



## Módulo 3. Integración estratégica entre Blockchain e Inteligencia Artificial

En los módulos anteriores analizamos cómo *blockchain* introduce una arquitectura distribuida para el registro, validación y circulación de información y valor en entornos digitales, transformando la intermediación financiera, los modelos de negocio y la gestión de activos digitales. A partir de estas infraestructuras emergieron fenómenos como las **Finanzas Descentralizadas (DeFi)** y la **tokenización de activos**, que reorganizan los mecanismos de intercambio, financiamiento y gobernanza en la economía digital contemporánea.

Sin embargo, el desarrollo de estas infraestructuras tecnológicas no ocurre de manera aislada. En el actual escenario de transformación digital, *blockchain* comienza a converger con otras tecnologías emergentes capaces de ampliar sus capacidades operativas. Entre ellas, la **Inteligencia Artificial (IA)** ocupa un lugar central, ya que permite analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y automatizar procesos de toma de decisiones en entornos organizacionales y productivos. La integración entre ambas tecnologías introduce nuevas formas de estructurar procesos, gestionar información y coordinar actividades económicas en redes digitales distribuidas.

Mientras *blockchain* aporta **trazabilidad, transparencia y verificabilidad de los registros**, la inteligencia artificial contribuye con **capacidad analítica, aprendizaje automático y optimización de procesos**. Esta complementariedad tecnológica permite diseñar sistemas en los cuales los

datos pueden registrarse de forma segura en infraestructuras distribuidas, mientras que los algoritmos analizan esa información para generar predicciones, automatizar decisiones o mejorar la eficiencia operativa de los sistemas productivos y organizacionales.

En este panorama, la convergencia entre **blockchain, inteligencia artificial y automatización** comienza a configurar nuevas arquitecturas tecnológicas que influyen en la forma en que las organizaciones gestionan datos, diseñan procesos y coordinan decisiones. La incorporación de algoritmos en infraestructuras distribuidas también plantea interrogantes sobre **gobernanza algorítmica, calidad de los datos, seguridad de la información y control institucional**, especialmente cuando las decisiones automatizadas afectan procesos financieros, logísticos o regulatorios.

En esta unidad abordaremos la **integración estratégica entre blockchain e inteligencia artificial**, analizando cómo la interacción entre ambas tecnologías permite construir nuevos modelos operativos basados en datos confiables, contratos inteligentes y procesos automatizados. A lo largo del desarrollo examinaremos su impacto en la gestión organizacional, la toma de decisiones y la estructura de los ecosistemas digitales emergentes.

☰ Blockchain + IA: complementariedad tecnológica y nuevos modelos operativos

☰ Automatización avanzada y nuevos ecosistemas descentralizados

☰ Referencias

# Blockchain + IA: complementariedad tecnológica y nuevos modelos operativos

---

La convergencia entre *blockchain* y **Inteligencia Artificial (IA)** representa una de las transformaciones más relevantes dentro de las arquitecturas digitales contemporáneas. Ambas tecnologías responden a problemáticas distintas dentro de los sistemas informacionales: mientras *blockchain* proporciona **infraestructuras seguras y distribuidas para el registro y validación de datos**, la inteligencia artificial se orienta al **análisis, aprendizaje automático y toma de decisiones basada en grandes volúmenes de información**. La integración de estas capacidades permite construir sistemas capaces de gestionar información confiable y, al mismo tiempo, automatizar procesos complejos de análisis y decisión (Badidi, 2022).

En términos operativos, *blockchain* introduce un **registro distribuido e inmutable** que permite almacenar transacciones o eventos de forma verificable por todos los participantes de una red. Cada bloque contiene información validada mediante

mecanismos criptográficos y consenso distribuido, lo que asegura la integridad del sistema y reduce la dependencia de intermediarios centrales. Este tipo de arquitectura permite construir redes en las que múltiples actores comparten información sin necesidad de confiar plenamente entre sí, ya que la confianza se traslada al protocolo tecnológico (Badidi, 2022).

Por su parte, la **Inteligencia Artificial** incorpora herramientas analíticas capaces de identificar patrones, realizar predicciones y optimizar procesos a partir de datos históricos y en tiempo real. Técnicas como *machine learning* y *deep learning* permiten que los sistemas informáticos desarrollen modelos predictivos capaces de mejorar su desempeño mediante el aprendizaje continuo. En entornos empresariales y urbanos, estos modelos permiten anticipar comportamientos de mercado, optimizar flujos logísticos o mejorar la gestión de recursos en sistemas complejos (Badidi, 2022).

La integración de ambas tecnologías genera una relación de **complementariedad funcional**. *Blockchain* proporciona **datos confiables, auditables y trazables**, mientras que la inteligencia artificial utiliza esos datos para producir análisis y decisiones automatizadas. En este sentido, la calidad y confiabilidad de los datos registrados en la *blockchain* mejora significativamente la precisión de los modelos de IA, ya que reduce la probabilidad de

manipulación o inconsistencias en los conjuntos de datos utilizados para el entrenamiento de algoritmos.

**Tabla 1. Complementariedad funcional entre *Blockchain* e Inteligencia Artificial**

Tecnología	Capacidades tecnológicas	Impacto operativo
<b><i>Blockchain</i></b>	<p>Registro distribuido e inmutable</p> <p>Mecanismos de consenso descentralizado</p>	<p>Trazabilidad y seguridad de los datos</p> <p>Validación confiable de transacciones</p>
<b>Inteligencia Artificial</b>	<p><i>Machine learning</i> y <i>deep learning</i></p> <p>Automatización algorítmica</p>	<p>Análisis predictivo</p> <p>Optimización de procesos</p>
<b>Integración IA + <i>Blockchain</i></b>	<p>Datos verificables + análisis</p>	<p>Sistemas autónomos y</p>

	automatizado	decisiones programables
--	--------------	----------------------------

*Fuente: elaboración propia con base en Badidi (2022).*

Uno de los puntos de convergencia más relevantes aparece en el desarrollo de **smart contracts** capaces de interactuar con algoritmos inteligentes. Los contratos inteligentes son programas que se ejecutan automáticamente cuando se cumplen determinadas condiciones registradas en la red *blockchain*. Al integrarse con sistemas de inteligencia artificial, estos contratos pueden incorporar **criterios analíticos dinámicos**, permitiendo que determinadas decisiones contractuales se adapten a información proveniente de modelos predictivos o análisis en tiempo real.

Este tipo de sistema tecnológico permite desarrollar sistemas de **automatización organizacional avanzada**, en los que determinados procesos empresariales se ejecutan sin intervención directa de intermediarios humanos. Por ejemplo, en redes logísticas o energéticas, los contratos inteligentes pueden ejecutar pagos automáticos cuando sensores o dispositivos *IoT* registran determinados eventos. La inteligencia artificial, por su parte, puede analizar patrones de consumo, prever demanda o ajustar condiciones contractuales en función de escenarios futuros.

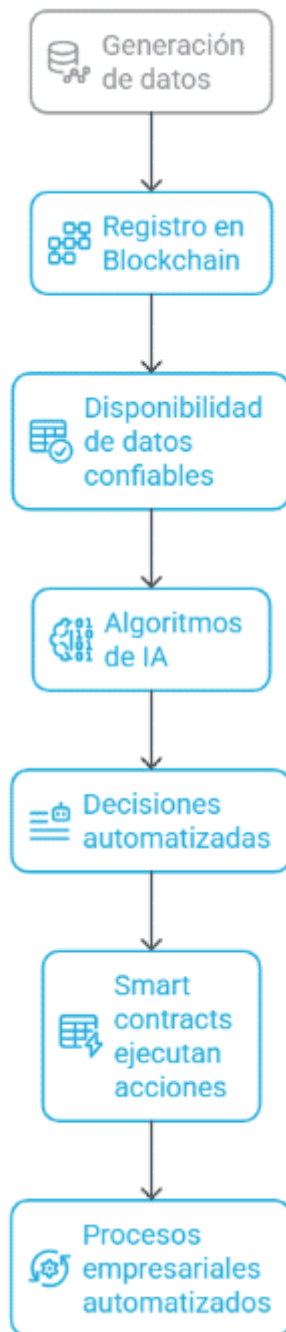
Otra dimensión relevante de esta convergencia es el desarrollo de modelos de gobernanza algorítmica, donde las reglas de funcionamiento de determinados sistemas económicos o institucionales se implementan mediante código informático. En estos sistemas, las decisiones no dependen únicamente de autoridades centrales, sino que se ejecutan mediante reglas programadas que utilizan datos registrados en blockchain y algoritmos de análisis automatizado. Este enfoque permite aumentar la transparencia y la trazabilidad de las decisiones, ya que las reglas del sistema quedan registradas en protocolos verificables.

La integración entre *blockchain* e inteligencia artificial también abre nuevas posibilidades para la **monetización descentralizada de datos**. En ecosistemas digitales distribuidos, los datos pueden *tokenizarse* y compartirse de forma segura entre múltiples actores sin necesidad de transferir el control total de la información a una plataforma centralizada. Este modelo permite crear mercados de datos donde organizaciones, dispositivos *IoT* o usuarios individuales pueden intercambiar información de forma segura y verificable.

Un ejemplo relevante se observa en el desarrollo de soluciones de **IA de borde (*edge AI*)**, donde los algoritmos de aprendizaje automático se ejecutan directamente en dispositivos cercanos a la fuente de datos, como sensores urbanos o sistemas industriales. Estos dispositivos pueden registrar eventos en redes *blockchain* para asegurar la integridad de la información generada, mientras que los algoritmos procesan los datos localmente para generar respuestas en tiempo real. Este enfoque permite reducir latencias, optimizar el uso de redes y mejorar la privacidad de los datos.

En entornos urbanos, industriales o logísticos, esta arquitectura integrada permite desarrollar sistemas capaces de **coordinar múltiples dispositivos y actores de manera autónoma**, lo que constituye uno de los pilares tecnológicos de las llamadas *smart cities*. La combinación de sensores, inteligencia artificial y registros distribuidos permite monitorear infraestructuras, gestionar recursos energéticos, optimizar sistemas de transporte o coordinar servicios públicos de manera más eficiente.

**Figura 1. Integración operativa entre *Blockchain* e Inteligencia Artificial**



Fuente: elaboración propia con base en Badidi (2022).

---

Desde una perspectiva profesional, la convergencia entre *blockchain* e inteligencia artificial redefine la forma en que las organizaciones gestionan datos, diseñan procesos y toman

decisiones estratégicas. Las empresas que adoptan estas tecnologías pueden construir infraestructuras capaces de **automatizar operaciones, mejorar la trazabilidad de la información y optimizar la gestión del riesgo**, especialmente en sectores intensivos en datos como finanzas, logística, energía o administración pública.

En síntesis, la integración entre *blockchain* e inteligencia artificial permite avanzar hacia **ecosistemas digitales más transparentes, automatizados y descentralizados**, en los cuales los datos verificables registrados en infraestructuras distribuidas se combinan con algoritmos de análisis avanzado para coordinar procesos productivos, decisiones económicas y operaciones organizacionales en tiempo real.

## **Oráculos, datos confiables y machine learning en redes descentralizadas**

En los sistemas basados en *blockchain*, los *smart contracts* operan dentro de un entorno cerrado que solo puede procesar información disponible en la propia red. Esta característica garantiza integridad y seguridad, pero también genera una limitación estructural: los contratos inteligentes no pueden acceder directamente a información proveniente del mundo real. Para resolver esta limitación surgen los **oráculos**, mecanismos que permiten conectar el entorno *on-chain* de la *blockchain* con el mundo

externo o *off-chain*. Estos sistemas funcionan como intermediarios tecnológicos capaces de introducir datos externos en la red o transmitir información desde la *blockchain* hacia sistemas físicos o digitales externos (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

La incorporación de oráculos permite que los contratos inteligentes reaccionen ante eventos reales. Por ejemplo, un contrato puede ejecutar automáticamente un pago cuando un sensor registra determinada temperatura, cuando una acción alcanza cierto precio en el mercado o cuando se confirma la entrega de un producto en una cadena logística. De esta manera, los ***smart contracts*** dejan de depender exclusivamente de datos internos y pueden interactuar con información proveniente de mercados financieros, sensores *IoT* o bases de datos externas (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

Desde el punto de vista técnico, los oráculos pueden adoptar distintas formas según el tipo de información que transmiten y el origen de los datos. Existen oráculos que obtienen información desde fuentes digitales como sitios web o bases de datos, mientras que otros utilizan sensores físicos o dispositivos conectados para registrar eventos del mundo real. Esta diversidad de arquitecturas permite adaptar los oráculos a múltiples contextos de aplicación, desde mercados financieros hasta sistemas de seguros o logística.

## **Tabla 2. Tipos de oráculos en ecosistemas *blockchain***

Criterio de clasificación	Tipo de oráculo	Descripción	Ejemplos de aplicación
Origen del dato	Oráculos de software	Obtienen información de fuentes digitales como bases de datos, APIs o sitios web	Precios de criptomonedas, tasas de interés
	Oráculos de hardware	Recogen información del mundo físico mediante sensores o dispositivos conectados	Logística, monitoreo ambiental, <i>IoT</i>
Dirección del flujo	Oráculos <i>inbound</i>	Introducen datos del mundo	Activación de contratos inteligentes

		externo en la <i>blockchain</i>	
	Oráculos <i>outbound</i>	Transmiten información desde la <i>blockchain</i> hacia sistemas externos	Activación de dispositivos o procesos
<b>Función computacional</b>	Oráculos computacionales	Procesan datos fuera de la <i>blockchain</i> antes de enviarlos al contrato inteligente	Evaluación crediticia, cálculos complejos

*Fuente: elaboración propia con base en Papadouli y Papakonstantinou (2023).*

En el escenario de la convergencia tecnológica entre *blockchain* e inteligencia artificial, los **oráculos basados en IA** adquieren un rol particularmente relevante. Estos sistemas no solo transmiten datos, sino que también pueden procesarlos mediante técnicas de *machine learning*,

generando interpretaciones o predicciones que luego son utilizadas por contratos inteligentes. De esta manera, la interacción entre **IA y blockchain** permite construir sistemas capaces de ejecutar decisiones automatizadas basadas en análisis de datos complejos (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

Por ejemplo, un **oráculo inteligente** puede evaluar la solvencia crediticia de un solicitante utilizando modelos de *machine learning* entrenados con grandes volúmenes de datos financieros. El resultado de ese análisis puede ser transmitido automáticamente a un contrato inteligente que determine la aprobación o rechazo de un préstamo. De forma similar, los oráculos pueden analizar información climática para activar seguros paramétricos, o procesar datos logísticos para liberar pagos una vez confirmada la entrega de mercancías.

Además de permitir el acceso a información externa, los oráculos contribuyen a reducir la rigidez operativa de los contratos inteligentes. Los **smart contracts** ejecutan instrucciones previamente definidas mediante estructuras del tipo «si ocurre X, entonces ejecutar Y». No obstante, la realidad económica y contractual suele presentar situaciones imprevistas. En estos casos, los oráculos pueden proporcionar información adicional que permita ajustar o interpretar el funcionamiento del contrato, introduciendo mayor flexibilidad en sistemas automatizados (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

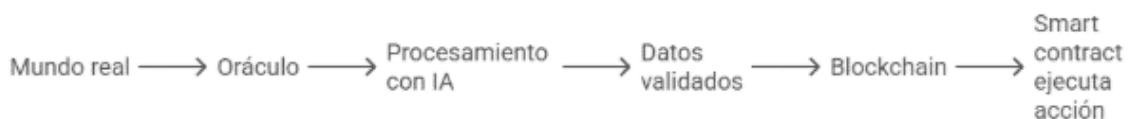
La integración de inteligencia artificial en los oráculos amplía todavía más estas capacidades. Los sistemas de IA pueden interpretar lenguaje natural, analizar patrones en grandes volúmenes de datos y evaluar escenarios complejos. Estas funciones permiten que los oráculos participen en tareas como la verificación de condiciones contractuales, la identificación de incumplimientos o el análisis de eventos que afectan la ejecución de un contrato.

No obstante, este modelo tecnológico también introduce desafíos importantes relacionados con la **calidad y confiabilidad de los datos**. El funcionamiento de un contrato inteligente depende completamente de la información que recibe del oráculo. Si los datos transmitidos son incorrectos, manipulados o incompletos, el contrato puede ejecutar acciones equivocadas. Este fenómeno es conocido en la literatura como el «*oracle problem*», que refiere al riesgo de que un sistema automatizado dependa de información externa cuya veracidad no puede verificarse completamente dentro de la *blockchain* (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

A este problema se suma el denominado **efecto *black box*** de muchos sistemas de inteligencia artificial. Los modelos de *machine learning* suelen producir resultados complejos cuya lógica interna no siempre es transparente incluso para sus propios desarrolladores. Esta opacidad puede generar dificultades para explicar o auditar determinadas decisiones automatizadas, especialmente en contextos sensibles como operaciones financieras o contratos legales.

Para mitigar estos riesgos, algunas arquitecturas proponen el uso de **redes de oráculos descentralizadas**. En estos sistemas, múltiples oráculos independientes proporcionan datos sobre el mismo evento, y la información final utilizada por el contrato inteligente se determina mediante mecanismos de consenso o agregación estadística. Este enfoque reduce la probabilidad de manipulación o errores individuales, aumentando la confiabilidad del sistema.

## **Figura 2. Flujo de datos entre mundo real, oráculos y contratos inteligentes**



En términos profesionales, la comprensión del funcionamiento de los oráculos resulta relevante para evaluar la viabilidad de soluciones basadas en *blockchain*. Sectores como **finanzas, seguros y logística** dependen cada vez más de la integración entre datos del mundo real y sistemas automatizados de ejecución contractual. En seguros paramétricos, por ejemplo, los contratos inteligentes pueden liberar pagos automáticamente cuando un oráculo confirma la ocurrencia de un evento climático específico. De manera similar, en cadenas de suministro globales los sensores conectados pueden informar la ubicación o el estado de mercancías, activando pagos o sanciones contractuales de forma automática.

La convergencia entre **oráculos, blockchain e inteligencia artificial** abre la posibilidad de construir sistemas económicos altamente automatizados, en los que las decisiones se ejecutan de manera programada sobre la base de datos verificables. A su vez, esta misma arquitectura exige nuevas estrategias de gobernanza tecnológica, auditoría algorítmica y gestión del riesgo, especialmente en lo relativo a la calidad de los datos y la responsabilidad frente a errores en sistemas automatizados.

En resumen, los oráculos constituyen un componente estructural en la evolución de los ecosistemas *blockchain*. Al conectar el mundo digital de la *blockchain* con información externa y capacidades analíticas basadas en *machine learning*, estos sistemas permiten transformar los contratos inteligentes en herramientas capaces de interactuar con entornos económicos reales y dinámicos.

CONTINUAR

# Automatización avanzada y nuevos ecosistemas descentralizados

---

En los módulos anteriores se analizaron las transformaciones que las tecnologías basadas en blockchain han introducido en los sistemas financieros digitales, especialmente a través de las Finanzas Descentralizadas (DeFi), la tokenización de activos y la aparición de nuevos modelos económicos basados en infraestructura distribuida. Estas innovaciones permitieron replantear la intermediación financiera, habilitar mercados digitales más abiertos y crear mecanismos programables para la circulación de valor. Por otra parte, el verdadero alcance de estas tecnologías comienza a evidenciarse cuando se integran con sistemas de automatización avanzada y herramientas de Inteligencia Artificial, capaces de ampliar las capacidades operativas de las redes descentralizadas.

En entornos económicos cada vez más digitalizados, las organizaciones enfrentan el desafío de gestionar grandes volúmenes de datos, coordinar múltiples actores y ejecutar decisiones en tiempo real. En estas condiciones, los **smart contracts** representan una herramienta tecnológica que permite traducir reglas operativas o contractuales en código informático ejecutable dentro de redes *blockchain*. Estos contratos inteligentes posibilitan la ejecución automática de procesos previamente definidos, reduciendo tiempos de operación, mejorando la trazabilidad de las transacciones y disminuyendo la necesidad de intermediación institucional.

No obstante, el potencial de estas herramientas se amplía significativamente cuando se combinan con sistemas de **automatización organizacional** y arquitecturas tecnológicas capaces de interactuar con datos del mundo real. La integración entre **smart contracts**, redes de sensores, plataformas digitales y algoritmos de análisis permite diseñar infraestructuras capaces de ejecutar procesos empresariales de manera autónoma, desde la verificación de condiciones contractuales hasta la ejecución de pagos o transferencias de activos.

A lo largo de esta unidad se analizará cómo la evolución de los **contratos inteligentes avanzados** y la integración con tecnologías de análisis de datos están dando lugar a nuevas

formas de organización económica y coordinación digital. En particular, se examinará el desarrollo de **procesos empresariales automatizados**, sistemas de **compliance programable**, mecanismos de **auditoría en tiempo real** y nuevas arquitecturas de **inteligencia artificial descentralizada**, que comienzan a configurar ecosistemas productivos cada vez más autónomos y distribuidos.

En términos profesionales, comprender estas dinámicas resulta relevante para evaluar el impacto que la automatización basada en *blockchain* puede generar en estructuras organizacionales, modelos de negocio y procesos de toma de decisiones en entornos digitales.

## **Automatización, smart contracts avanzados y procesos autónomos**

La evolución de los sistemas basados en *blockchain* ha permitido desarrollar mecanismos de **automatización contractual** capaces de ejecutar acuerdos digitales de manera programada. En este marco, los **smart contracts** funcionan como programas informáticos almacenados en una red *blockchain* que ejecutan automáticamente determinadas acciones cuando se cumplen condiciones previamente definidas. Esta lógica programable permite traducir reglas contractuales tradicionales en código

ejecutable, reduciendo la necesidad de intervención humana en la ejecución de acuerdos (ENAE International Business School, 2025).

El concepto de **smart contract** fue introducido en la década de 1990 por el criptógrafo Nick Szabo, quien propuso la idea de contratos digitales autoejecutables. Sin embargo, la implementación práctica de este concepto se consolidó recién con el desarrollo de plataformas *blockchain* programables como *Ethereum*, que permiten crear aplicaciones descentralizadas capaces de ejecutar código contractual de forma distribuida (ENAE International Business School, 2025).

En el ámbito organizacional, la incorporación de **contratos inteligentes** permite transformar la forma en que se diseñan y ejecutan procesos empresariales. En lugar de depender de intermediarios o verificaciones manuales, las reglas del proceso se integran directamente en el código del contrato. Cuando las condiciones definidas se verifican en la red, el sistema ejecuta automáticamente las acciones previstas, como transferencias de activos, validación de eventos o activación de servicios (ENAE International Business School, 2025).

Este enfoque posibilita la construcción de **procesos empresariales autoejecutables**, donde las distintas etapas de una operación se activan de manera programada dentro de la

infraestructura digital. Por ejemplo, en una operación logística internacional, el sistema puede liberar automáticamente un pago cuando un sensor confirma la entrega de una mercancía en un puerto específico. En este caso, la verificación del evento y la ejecución del pago forman parte de un mismo proceso automatizado.

Además de facilitar la ejecución de contratos, esta arquitectura tecnológica permite desarrollar mecanismos de **compliance automatizado**. Las reglas regulatorias o los requisitos operativos pueden integrarse directamente en los contratos inteligentes, garantizando que determinadas condiciones se cumplan antes de que una transacción sea autorizada. Este enfoque reduce errores operativos y permite incorporar controles normativos en la propia infraestructura digital de la organización (ENAE International Business School, 2025).

**Tabla 3. Aplicaciones empresariales de los *smart contracts* en procesos automatizados**

Área de aplicación	Función automatizada	Impacto organizacional
Finanzas	Transferencias automáticas y pagos	Reducción de tiempos de

	programados	liquidación
Logística	Verificación de entrega y liberación de pagos	Mayor trazabilidad en cadenas de suministro
Sector inmobiliario	Transferencia automática de propiedad	Simplificación de procesos contractuales
Gestión laboral	Automatización de nóminas y acuerdos laborales	Reducción de tareas administrativas
Educación	Certificación y validación de títulos	Verificación global de credenciales

*Fuente: elaboración propia con base en ENAE Business School (2025).*

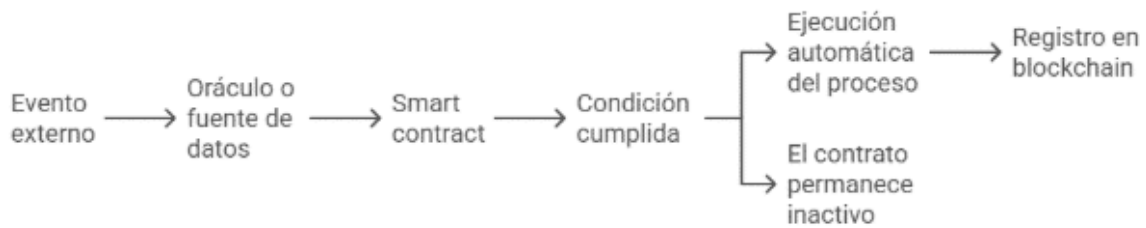
Otro aspecto relevante de estos sistemas es la posibilidad de ejecutar **pagos automáticos basados en eventos**. En este modelo, el contrato inteligente se programa para ejecutar determinadas acciones financieras cuando se verifica un evento específico. Este enfoque resulta especialmente útil en sectores donde las operaciones dependen de condiciones objetivas

verificables, como precios de mercado, indicadores climáticos o resultados de procesos logísticos.

Un ejemplo representativo de esta lógica se observa en los denominados **seguros paramétricos**. En este modelo, el pago de la indemnización se activa automáticamente cuando un evento medible alcanza determinado umbral, como una precipitación inferior a un nivel específico o la ocurrencia de un desastre natural registrado por sensores o sistemas meteorológicos. La automatización reduce tiempos administrativos y facilita la ejecución rápida de compensaciones.

La automatización también permite implementar sistemas de **auditoría en tiempo real**. Dado que todas las transacciones registradas en una *blockchain* quedan almacenadas de forma inmutable y transparente, los organismos de control o las propias organizaciones pueden verificar el estado de los contratos y las operaciones en cualquier momento. Esta característica facilita la trazabilidad de las operaciones y mejora la supervisión de procesos críticos (ENAE International Business School, 2025).

**Figura 3. Automatización de procesos mediante *smart contracts***



Made with  Napkin

Fuente: elaboración propia con base en ENAE Business School (2025).

---

La implementación de estos sistemas también genera impactos estructurales en la organización de los mercados. Al permitir la ejecución automática de acuerdos, los **smart contracts** contribuyen a reducir la necesidad de intermediarios tradicionales como bancos, notarios o entidades de verificación. Este fenómeno puede traducirse en menores costos operativos, mayor velocidad en las transacciones y una estructura de procesos más eficiente.

No obstante, la adopción de contratos inteligentes también implica desafíos técnicos y organizacionales. La implementación de estas soluciones requiere conocimientos especializados en programación *blockchain*, arquitectura de sistemas distribuidos y gestión de infraestructuras digitales. Asimismo, la seguridad del código se convierte en un elemento central, ya que errores de programación o vulnerabilidades pueden afectar la ejecución de los contratos.

A pesar de estos desafíos, el uso empresarial de **smart contracts** continúa expandiéndose en distintos sectores económicos. Su capacidad para automatizar acuerdos, reducir intermediación y garantizar la ejecución programada de procesos los posiciona como una herramienta relevante en la evolución de la **automatización organizacional basada en blockchain**.

Desde una perspectiva profesional, comprender el funcionamiento de estos mecanismos resulta necesario para analizar cómo las organizaciones pueden integrar sistemas de **automatización contractual**, optimizar procesos internos y desarrollar modelos de negocio basados en infraestructuras digitales descentralizadas.

## IA descentralizada: tendencias y casos emergentes

El desarrollo reciente de la **Inteligencia Artificial (IA)** ha estado dominado por grandes plataformas tecnológicas que concentran infraestructura, datos y capacidad de procesamiento. Este modelo centralizado ha permitido avances significativos en el desarrollo de modelos de aprendizaje automático, aunque también ha generado una concentración de poder sobre el acceso a los datos, los mecanismos de entrenamiento y la distribución de los beneficios económicos asociados a estas

tecnologías. Frente a esta situación, comienzan a surgir propuestas basadas en **IA descentralizada**, que combinan tecnologías de *blockchain* con arquitecturas colaborativas para distribuir la creación, el acceso y la gobernanza de los sistemas de inteligencia artificial (ChainUp, 2025).

Las redes de **IA descentralizada** buscan transformar la estructura tradicional de los sistemas de inteligencia artificial mediante la creación de infraestructuras abiertas donde múltiples actores pueden participar en el desarrollo y uso de modelos. En estos ecosistemas, desarrolladores, investigadores, proveedores de datos y operadores de infraestructura computacional pueden colaborar en la construcción de modelos de IA sin depender de una plataforma centralizada que controle todo el proceso (ChainUp, 2025).

Uno de los elementos centrales de estas arquitecturas es la aparición de **mercados descentralizados de IA**. Estas plataformas funcionan como entornos *peer-to-peer* donde distintos participantes pueden intercambiar componentes del ecosistema de inteligencia artificial, como modelos, conjuntos de datos o capacidad de procesamiento computacional. A través de **smart contracts**, las transacciones y recompensas se gestionan automáticamente, permitiendo que los participantes reciban incentivos por sus contribuciones al sistema (ChainUp, 2025).

En este modelo, los desarrolladores pueden publicar modelos de IA, los proveedores de datos pueden ofrecer conjuntos de datos etiquetados y los propietarios de infraestructura informática pueden aportar potencia de cálculo. Estos recursos se combinan en un mercado abierto donde los participantes reciben compensaciones mediante *tokens* o mecanismos de pago automatizados. Este sistema introduce una **economía colaborativa de la inteligencia artificial**, en la que la creación de valor se distribuye entre múltiples actores.

**Tabla 1. Componentes de los ecosistemas de IA descentralizada**

Componente del ecosistema	Función principal	Ejemplo de participación
Desarrolladores de modelos	Creación y mejora de algoritmos de IA	Publicación de modelos en redes abiertas
Proveedores de datos	Suministro de conjuntos de datos para entrenamiento	Datos etiquetados o registros sectoriales

Proveedores de infraestructura	Aporte de capacidad computacional	Redes de GPU distribuidas
Usuarios y empresas	Consumo de servicios de IA	Integración en aplicaciones o plataformas
Gobernanza comunitaria	Definición de reglas del sistema	Participación en DAO

*Fuente: elaboración propia con base en ChainUp (2025).*

**Otro aspecto relevante de estos ecosistemas es la aparición de modelos de entrenamiento colaborativo. En lugar de entrenar algoritmos en infraestructuras centralizadas, los modelos pueden desarrollarse mediante contribuciones distribuidas de múltiples nodos participantes. Cada nodo puede aportar datos, potencia computacional o evaluaciones de desempeño de los modelos, generando sistemas de aprendizaje colectivo que evolucionan a partir de la interacción de múltiples actores (ChainUp, 2025).**

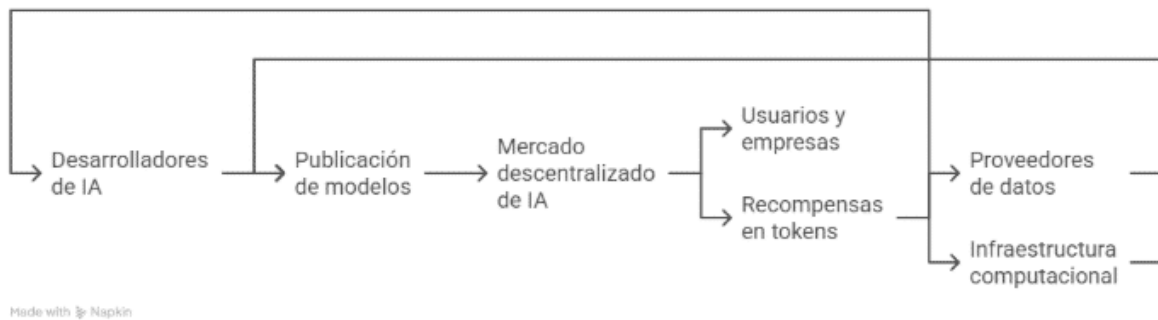
No obstante, este modelo tecnológico también introduce desafíos importantes relacionados con la **calidad y confiabilidad de los datos**. El funcionamiento de un contrato inteligente depende completamente de la información que recibe del oráculo. Si los datos transmitidos son incorrectos, manipulados o incompletos, el contrato puede ejecutar acciones equivocadas. Este fenómeno es conocido en la literatura como el **«oracle problem»**, que refiere al riesgo de que un sistema automatizado dependa de información externa cuya veracidad no puede verificarse completamente dentro de la *blockchain* (Papadouli y Papakonstantinou, 2023).

A este problema se suma el denominado **efecto black box** de muchos sistemas de inteligencia artificial. Los modelos de *machine learning* suelen producir resultados complejos cuya lógica interna no siempre es transparente incluso para sus propios desarrolladores. Esta opacidad puede generar dificultades para explicar o auditar determinadas decisiones automatizadas, especialmente en contextos sensibles como operaciones financieras o contratos legales.

Para mitigar estos riesgos, algunas arquitecturas proponen el uso de **redes de oráculos descentralizadas**. En estos sistemas, múltiples oráculos independientes proporcionan datos sobre el mismo evento, y la información final utilizada por el contrato

inteligente se determina mediante mecanismos de consenso o agregación estadística. Este enfoque reduce la probabilidad de manipulación o errores individuales, aumentando la confiabilidad del sistema.

## Figura 2. Flujo de datos entre mundo real, oráculos y contratos inteligentes



Fuente: elaboración propia con base en ChainUp (2025).

Existen diversos proyectos que exploran este enfoque de inteligencia artificial distribuida. Entre los ejemplos más conocidos se encuentran **Bittensor**, **SingularityNET**, **OpenxAI** y **OG**, plataformas que permiten desarrollar, entrenar y comercializar modelos de inteligencia artificial dentro de redes abiertas. Estos proyectos experimentan con mecanismos de incentivos basados en *tokens*, sistemas de evaluación colaborativa de modelos y mercados abiertos para servicios de IA.

Desde un enfoque empresarial, estos ecosistemas pueden ofrecer nuevas oportunidades de innovación. Las empresas pueden acceder a modelos experimentales desarrollados por comunidades globales de investigadores, utilizar infraestructuras de computación distribuidas o participar en mercados de datos abiertos. Este enfoque puede facilitar procesos de experimentación tecnológica con costos relativamente menores que los asociados a infraestructuras propietarias.

No obstante, la expansión de la **IA descentralizada** también plantea desafíos importantes relacionados con la **privacidad de los datos**, la **responsabilidad sobre decisiones algorítmicas** y los **marcos regulatorios** aplicables. La participación abierta en redes descentralizadas puede generar incertidumbre sobre quién

responde ante errores o usos indebidos de los sistemas de inteligencia artificial.

Asimismo, la gobernanza distribuida introduce nuevas preguntas sobre la forma en que deben definirse reglas, estándares y mecanismos de supervisión en sistemas donde las decisiones se toman colectivamente mediante protocolos tecnológicos. Estos desafíos requieren el desarrollo de marcos regulatorios y modelos de gobernanza capaces de equilibrar la innovación tecnológica con la protección de derechos y la estabilidad institucional.

De este modo, la **IA descentralizada** representa una evolución en la arquitectura de los sistemas de inteligencia artificial, orientada a distribuir el desarrollo, la propiedad y el acceso a los recursos tecnológicos. La combinación entre *blockchain*, incentivos criptoeconómicos y colaboración abierta permite explorar nuevas formas de construir ecosistemas de inteligencia artificial más abiertos, participativos y transparentes.

## **Riesgos éticos y regulatorios en la convergencia entre Blockchain e Inteligencia Artificial**

La integración entre *blockchain* e **Inteligencia Artificial (IA)** introduce nuevas posibilidades para automatizar procesos, gestionar datos de forma distribuida y desarrollar sistemas económicos basados en infraestructuras digitales. Sin embargo, esta convergencia tecnológica también plantea **desafíos éticos y regulatorios** vinculados a la gobernanza de los datos, la transparencia de los algoritmos y la responsabilidad sobre decisiones automatizadas. A medida que estas tecnologías se integran en sistemas financieros, administrativos y productivos, se generan tensiones entre principios que en ocasiones resultan difíciles de equilibrar, como **transparencia, privacidad y automatización**.

Uno de los primeros desafíos se relaciona con la **transparencia estructural de las redes *blockchain***. Las transacciones registradas en estas redes suelen ser visibles y auditables por los participantes, lo que permite mejorar la trazabilidad de las operaciones y reducir la posibilidad de manipulación de datos. Esta característica resulta particularmente relevante en entornos donde se requiere confianza entre actores que no necesariamente se conocen o confían entre sí. Sin embargo, cuando estas infraestructuras se combinan con sistemas de inteligencia artificial que utilizan grandes volúmenes de datos, la transparencia puede entrar en tensión con la necesidad de proteger información sensible o datos personales.

En este contexto surge una tensión entre **transparencia y privacidad**. Mientras la *blockchain* facilita el acceso verificable a los registros de información, los sistemas de inteligencia artificial suelen requerir conjuntos de datos amplios para entrenar modelos predictivos. La exposición excesiva de estos datos podría afectar derechos relacionados con la protección de la información personal, la confidencialidad empresarial o la seguridad de los sistemas. Por esta razón, muchas arquitecturas tecnológicas exploran mecanismos como almacenamiento descentralizado, anonimización de datos o técnicas de preservación de privacidad para equilibrar estas dimensiones.

**Otra dimensión crítica se vincula con la automatización de decisiones mediante contratos inteligentes y algoritmos de IA. En los sistemas basados en smart contracts, las reglas contractuales se ejecutan automáticamente cuando se verifican determinadas condiciones. Cuando estos contratos incorporan resultados generados por algoritmos de inteligencia artificial, las decisiones pueden depender de modelos complejos cuyo funcionamiento interno no siempre es completamente comprensible para los usuarios o incluso para los propios desarrolladores.**

Esta situación introduce desafíos relacionados con la **responsabilidad y la rendición de cuentas**. En sistemas altamente automatizados puede resultar difícil determinar quién es responsable ante un error, una decisión incorrecta o un resultado inesperado generado por un algoritmo. Las organizaciones que implementan estas tecnologías deben considerar mecanismos de auditoría, supervisión humana y evaluación continua de los modelos para garantizar un uso responsable de la automatización.

Además, los sistemas de inteligencia artificial pueden reproducir **sesgos algorítmicos** presentes en los datos utilizados durante el entrenamiento. Cuando estos modelos se integran en infraestructuras *blockchain* y participan en procesos automatizados, los sesgos pueden amplificarse a gran escala. Por ejemplo, un algoritmo de evaluación crediticia que reproduzca sesgos en los datos históricos podría afectar el acceso al financiamiento de determinados grupos sociales.

Desde una perspectiva regulatoria, estos desafíos impulsan la necesidad de desarrollar **marcos normativos adaptados a la convergencia entre tecnologías emergentes**. Las autoridades regulatorias enfrentan el desafío de equilibrar la promoción de la innovación tecnológica con la protección de derechos fundamentales, la estabilidad de los mercados y la seguridad de

los sistemas digitales. Esto implica considerar aspectos como la protección de datos, la gobernanza algorítmica, la trazabilidad de las decisiones automatizadas y la responsabilidad jurídica en sistemas descentralizados.

### **Clasificación de tensiones éticas en sistemas *Blockchain-IA***

- **Transparencia vs. privacidad de los datos**

Las redes blockchain favorecen la trazabilidad y la auditabilidad de la información, mientras que los sistemas de IA requieren grandes volúmenes de datos que pueden incluir información sensible. Esta combinación exige mecanismos que permitan verificar operaciones sin exponer datos confidenciales.

- **Automatización vs. supervisión humana**

Los *smart contracts* y los algoritmos de IA permiten ejecutar decisiones de forma automática. No obstante, los sistemas complejos requieren mecanismos de supervisión que permitan intervenir cuando se detectan errores, fallos de código o resultados inesperados.

- **Innovación tecnológica vs. regulación institucional**

El desarrollo acelerado de soluciones basadas en *blockchain* e inteligencia artificial suele avanzar más rápido que los marcos regulatorios existentes. Los reguladores deben diseñar

normativas que acompañen la innovación sin obstaculizar el desarrollo tecnológico.

- **Eficiencia operativa vs. responsabilidad jurídica**

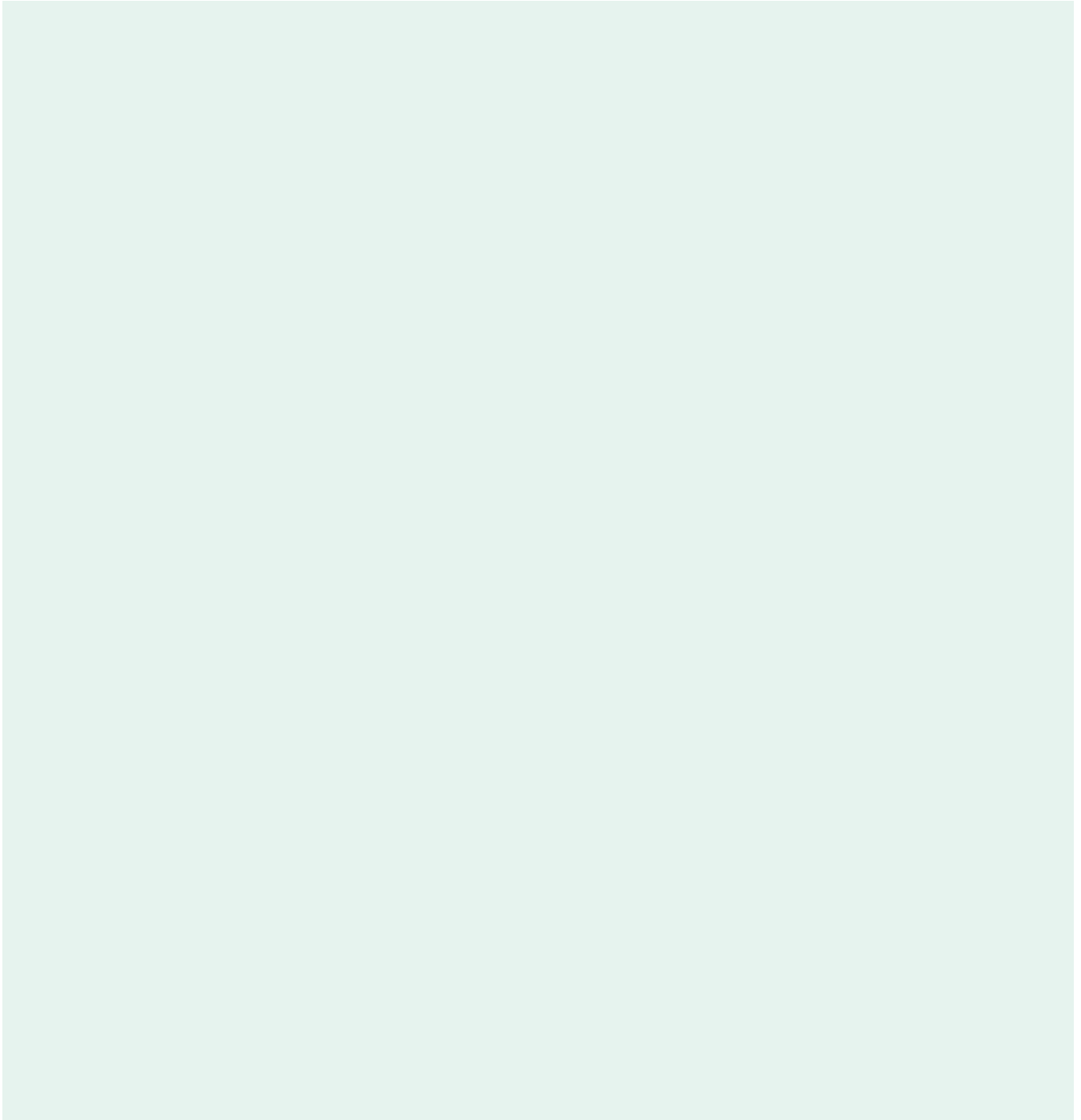
La automatización de procesos reduce costos y tiempos de operación, pero también plantea interrogantes sobre la responsabilidad legal cuando las decisiones son ejecutadas por sistemas algorítmicos distribuidos.

En términos generales, la convergencia entre **blockchain** e **inteligencia artificial** introduce oportunidades significativas para mejorar la eficiencia de los sistemas digitales y ampliar las capacidades de automatización. No obstante, su implementación requiere abordar cuidadosamente las tensiones entre **transparencia, privacidad, gobernanza algorítmica y regulación**, aspectos que resultan centrales para garantizar el desarrollo responsable de estas tecnologías.

CONTINUAR

# Referencias

---



Badidi, E. (2022). *Edge artificial intelligence and blockchain for smart and sustainable cities: Promises and potential*. **Sustainability**, **14**(13), 7609. <https://doi.org/10.3390/su14137609>

Papadouli, V., & Papakonstantinou, V. (2023). *A preliminary study on artificial intelligence oracles and smart contracts: A legal approach to the interaction of two novel technological advances*. **Computer Law & Security Review**, **51**, 105869. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364923000791>

ENAE International Business School. (2025, 2 de junio). *Smart contracts: Qué son y cómo están revolucionando los negocios y la educación*. <https://www.enaes.es/blog/smart-contracts-que-es>

ChainUp. (2025, 25 de julio). *Mercados de IA descentralizados: IA preparada para el futuro con blockchain resistente a la censura*. <https://www.chainup.com/es/blog/Mercados-descentralizados-de-IA-con-blockchain-resistente-a-la-censura/>

CONTINUAR