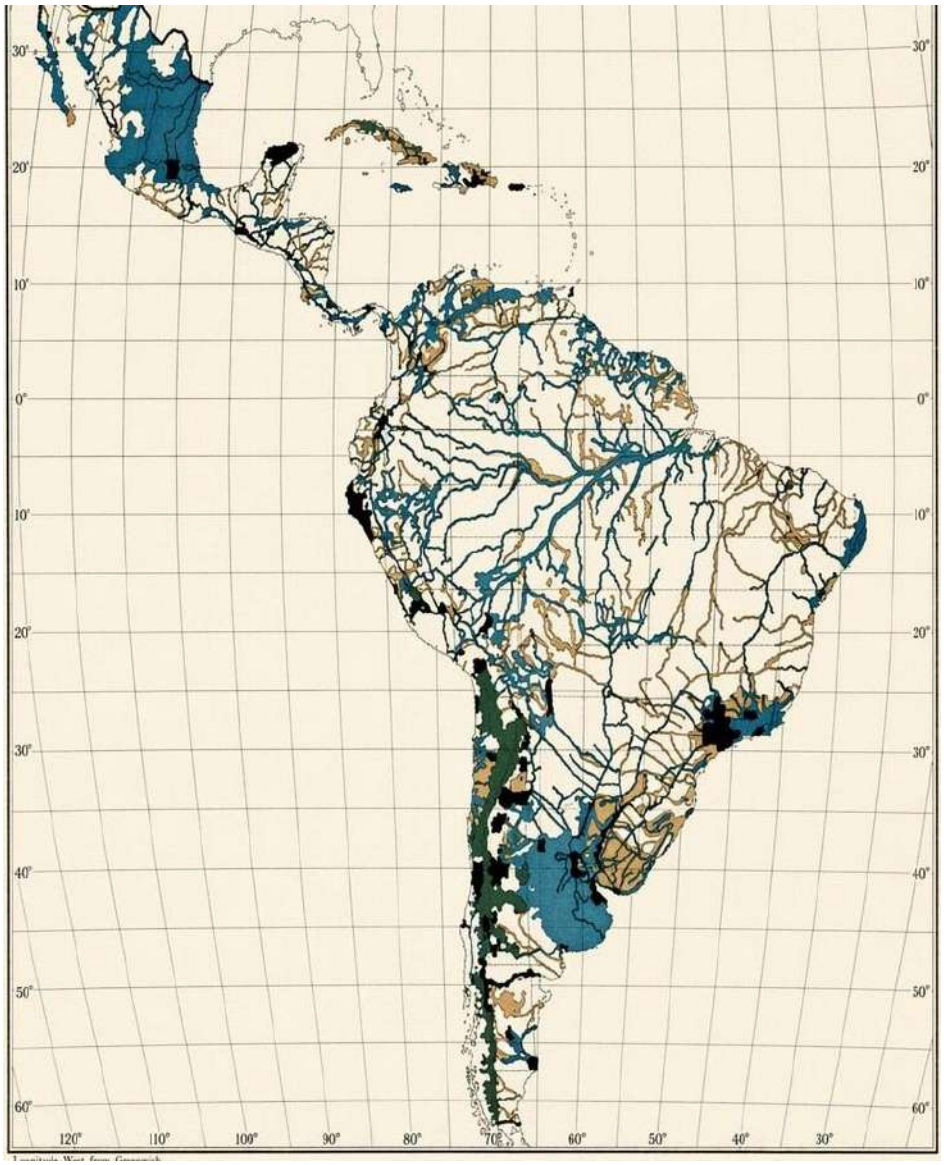
Revista Latinoamericana de Difusión Científica
Volumen 8 – Número 15
Depósito Legal ZU2019000058 - ISSN 2711-0494

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 8 - Número 15
Julio – Diciembre 2026
Maracaibo – Venezuela

Hacia un marco teórico integrado para la gobernanza de Sistemas Blockchain: Dimensiones, modelos y compensaciones en redes públicas y privadas

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.21607555

Israel Romero Apo*

RESUMEN

La gobernanza de los sistemas blockchain constituye un problema teórico no resuelto que condiciona la legitimidad, la seguridad y la sostenibilidad de las infraestructuras de registro distribuido. El objetivo de este artículo de revisión es construir un marco teórico integrado que articule, de manera coherente, las dimensiones técnica, económica y legal-social de la gobernanza, superando la fragmentación analítica que separa los mecanismos internos a la cadena (on-chain) de los procesos de coordinación humana externos (off-chain). El método, cualitativo y sistemático, siguió las directrices PRISMA 2020 para sintetizar treinta y seis estudios primarios indexados, organizados según una taxonomía de capas y arquetipos de coordinación, contrastando las soluciones de redes públicas y permisionadas. Los hallazgos revelan que ambos paradigmas resuelven de forma inversa una tensión estructural entre descentralización política, eficiencia operativa y resiliencia de seguridad, tensión que se conceptualiza como un trilema de la gobernanza. Las redes públicas maximizan la resistencia a la censura a costa de la concentración plutocrática del poder de voto y de la exposición a ataques de manipulación económica; las redes privadas optimizan la eficiencia y la rendición de cuentas a costa de la centralización y del riesgo de captura. El marco propuesto formaliza un flujo dinámico tripartito que conduce toda propuesta de cambio desde la deliberación social, pasando por la validación económica, hasta la ejecución técnica. Se concluye que la gobernanza no es un atributo binario sino un continuo multidimensional, y se proponen tres preguntas de investigación abiertas como agenda futura.

PALABRAS CLAVE: Gobernanza blockchain, Descentralización, Mecanismos de consenso, Organizaciones autónomas descentralizadas.

*Profesora. Universidad Privada Franz Tamayo, Bolivia. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3547-9891 E-mail: israel.romero.apo@gmail.com

Recibido: 10/03/2026 Aceptado: 05/05/2026

Towards an Integrated Theoretical Framework for the Governance of Blockchain Systems: Dimensions, Models, and Trade-offs in Public and Private Networks

ABSTRACT

The governance of blockchain systems constitutes an unresolved theoretical problem that conditions the legitimacy, security, and sustainability of distributed ledger infrastructures. The objective of this review article is to build an integrated theoretical framework that coherently articulates the technical, economic, and legal-social dimensions of governance, overcoming the analytical fragmentation that separates on-chain mechanisms from external off-chain human coordination processes. The method, qualitative and systematic, followed the PRISMA 2020 guidelines to synthesize thirty-six indexed primary studies, organized according to a taxonomy of layers and coordination archetypes, contrasting the solutions adopted by public and permissioned networks. The findings reveal that both paradigms inversely resolve a structural tension among political decentralization, operational efficiency, and security resilience, a tension conceptualized as a governance trilemma. Public networks maximize censorship resistance at the cost of plutocratic concentration of voting power and exposure to economic manipulation attacks; private networks optimize efficiency and accountability at the cost of centralization and the risk of capture. The proposed framework formalizes a dynamic tripartite flow that drives every change proposal from social deliberation, through economic validation, to technical execution. It is concluded that governance is not a binary attribute but a multidimensional continuum, and three open research questions are proposed as a future agenda.

KEYWORDS: Blockchain governance, Decentralization, Consensus mechanisms, Decentralized autonomous organizations.

Introducción

La tecnología de registro distribuido ha transitado, en poco más de tres lustros, desde una curiosidad criptográfica marginal hasta una infraestructura institucional capaz de coordinar la actividad económica de millones de agentes sin recurrir a una autoridad central. Este desplazamiento ha desplazado, a su vez, el eje del debate académico: la pregunta dominante ya no es si los sistemas blockchain pueden funcionar técnicamente, sino cómo deben gobernarse para preservar su integridad a lo largo del tiempo. El propósito u objetivo general de la presente investigación es construir un marco teórico integrado que permita comprender, comparar y evaluar los mecanismos de gobernanza de los sistemas

blockchain, articulando de manera coherente sus dimensiones técnica, económica y legal-social, tanto en redes públicas como privadas.

La necesidad de un marco integrado obedece a una constatación recurrente en la literatura especializada: la gobernanza de blockchain ha sido estudiada de forma fragmentaria, mediante aproximaciones disciplinares que rara vez dialogan entre sí. Los enfoques de ingeniería han privilegiado el análisis de los mecanismos de consenso y de la seguridad de los contratos inteligentes; los enfoques económicos han concentrado su atención en la tokenómica y en el diseño de incentivos; y los enfoques jurídicos y sociales han examinado la responsabilidad legal y la coordinación comunitaria. Esta dispersión ha impedido la formulación de una teoría unificada. Como advierten Liu et al. (2021), la ausencia de principios de gobernanza claramente definidos ha conducido a vulnerabilidades en la toma de decisiones autónoma on-chain y a una coordinación off-chain engorrosa y poco transparente. La gobernanza, en este sentido, se ha convertido en el verdadero cuello de botella de la adopción institucional.

La actualidad del problema es difícil de exagerar. La proliferación de organizaciones autónomas descentralizadas, el despliegue de protocolos de finanzas descentralizadas que custodian decenas de miles de millones de dólares y la migración de las principales redes públicas hacia mecanismos de prueba de participación han transformado la gobernanza en un campo de disputa con consecuencias económicas tangibles. Khan et al. (2020) sostienen que la elección de las estrategias de gobernanza puede modelarse como un juego no cooperativo cuyo equilibrio determina la estabilidad de toda la red, mientras que Ziegler y DuPont (2023) documentan la rápida expansión y la simultánea inmadurez del campo de estudio de las organizaciones autónomas descentralizadas. A ello se suma la evidencia, cada vez más sólida, de que los mecanismos de gobernanza constituyen una superficie de ataque crítica. Saad et al. (2019: 1) declaran explorar "de forma sistemática la superficie de ataque" del blockchain (traducción propia), sistematizando un amplio repertorio de vectores de vulnerabilidad que incluye, de manera destacada, las bifurcaciones y la manipulación de los procesos de decisión.

Frente a este panorama, el presente artículo de revisión persigue tres metas específicas. En primer lugar, disecciona la ontología de la gobernanza distinguiendo sus componentes on-chain y off-chain y desglosando sus capas técnica, económica y legal-social. En segundo lugar, modela de forma comparativa los arquetipos de gobernanza

propios de las redes públicas y de las redes permisionadas, proponiendo una matriz orientada a variables métricas. En tercer lugar, formaliza el trilema de la gobernanza como tensión estructural entre descentralización política, eficiencia operativa y resiliencia de seguridad, y propone, a partir de la síntesis de la literatura revisada, un marco teórico integrado de flujo dinámico. La revisión se sustenta exclusivamente en fuentes primarias verificables y descargadas, con el fin de garantizar la trazabilidad y la rigurosidad de la fundamentación.

1. Revisión de literatura

1.1. *Sección A. Epistemología y dimensiones de la gobernanza*

La gobernanza de blockchain puede definirse, en una primera aproximación, como el conjunto de procesos mediante los cuales una comunidad de participantes determina, implementa y hace cumplir las reglas que rigen la evolución de un protocolo de registro distribuido. Esta definición, aparentemente sencilla, encierra una distinción ontológica fundamental que organiza todo el campo: la separación entre la gobernanza on-chain y la gobernanza off-chain. La gobernanza on-chain comprende los mecanismos cuya lógica está codificada en el propio protocolo y cuya ejecución es automática y verificable: los contratos inteligentes que tabulan votos, los tokens que confieren derechos de decisión proporcionales y los procedimientos de actualización que se activan al alcanzarse un umbral cuantitativo predefinido. La gobernanza off-chain, en cambio, abarca la coordinación humana que ocurre fuera de la cadena: la deliberación en foros, la formulación de propuestas de mejora, los conocidos BIPs en Bitcoin y EIPs en Ethereum, la negociación entre desarrolladores, mineros y usuarios, y la construcción de consensos sociales que preceden y legitiman cualquier cambio técnico.

Liu et al. (2021) proponen un marco comprehensivo que articula esta dualidad en torno a seis dimensiones: descentralización, derechos de decisión, incentivos, rendición de cuentas, ecosistema y responsabilidades legales y éticas. Su contribución es significativa porque demuestra que ni la gobernanza on-chain ni la off-chain son autosuficientes: la primera ofrece transparencia y resistencia a la manipulación, pero adolece de rigidez y de incapacidad para gestionar la ambigüedad; la segunda aporta flexibilidad deliberativa, pero introduce opacidad y costes de coordinación elevados. En un trabajo posterior, Liu et al. (2022) profundizan esta intuición mediante un lenguaje de patrones que cataloga catorce

soluciones arquitectónicas recurrentes, organizadas según aborden vulnerabilidades de los mecanismos algorítmicos on-chain o disputas comunitarias off-chain. Este enfoque de patrones es epistemológicamente relevante porque traslada al dominio de la gobernanza una metodología consolidada en la ingeniería de software, sugiriendo que las soluciones de coordinación pueden abstraerse, nombrarse y reutilizarse.

La integración de ambos planos no es meramente teórica. Cao et al. (2021) demuestran, en el contexto de las cadenas de suministro, que un marco de gobernanza de datos eficaz requiere entrelazar mecanismos on-chain y off-chain de manera que las decisiones humanas queden ancladas en registros inmutables y las reglas automáticas permanezcan sujetas a supervisión deliberativa. Esta complementariedad sugiere que la dicotomía on-chain/off-chain, lejos de ser una oposición excluyente, describe los dos extremos de un continuo de automatización de la decisión colectiva.

El fenómeno que mejor revela la naturaleza profunda de la gobernanza blockchain es la bifurcación o fork. Cuando una comunidad no logra consenso sobre la evolución de su protocolo, la inmutabilidad de la cadena se traduce en la posibilidad de divergencia: el código se duplica y dos historias paralelas coexisten. Conviene distinguir entre la bifurcación suave (soft fork), retrocompatible, en la que las reglas nuevas son un subconjunto de las antiguas y los nodos no actualizados siguen aceptando los bloques nuevos, y la bifurcación dura (hard fork), no retrocompatible, en la que el endurecimiento o la relajación de las reglas obliga a todos los participantes a actualizarse so pena de quedar en una cadena distinta. Yiu (2021) ofrece una panorámica exhaustiva de las bifurcaciones como mecanismo de coordinación, mostrando que el fork es simultáneamente una válvula de escape democrática, que permite la salida (exit) cuando la voz (voice) fracasa, y una amenaza a la seguridad y al valor de la red, en tanto fragmenta la comunidad, el poder de hash y la liquidez. La célebre escisión que dio origen a Ethereum Classic tras el ataque a The DAO, o la separación de Bitcoin Cash en la disputa sobre el tamaño de bloque, ilustran cómo la gobernanza off-chain fallida cristaliza en divergencia on-chain.

La teoría de la elección social aporta herramientas formales para analizar estas dinámicas. Abramowitz et al. (2021) modelan la bifurcación democrática como un problema de elección de bandos: cuando una comunidad debe dividirse, los principios de la elección social determinan qué asignaciones de agentes a las cadenas resultantes son estables y equitativas. Su análisis sugiere que el fork, lejos de ser un mero fallo de coordinación, puede

concebirse como un procedimiento legítimo de agregación de preferencias bajo condiciones de desacuerdo irreductible. En una línea complementaria, Amanatidis et al. (2022) examinan la selección descentralizada de actualizaciones cuando los expertos que evalúan las propuestas son semi-estratégicos, es decir, persiguen tanto la calidad técnica como su interés particular; sus resultados iluminan el funcionamiento real de los procesos de propuesta de mejora del tipo BIP/EIP, en los que un cuerpo de especialistas filtra y prioriza los cambios antes de someterlos al consenso amplio.

De esta revisión emerge una arquitectura de tres capas que estructura analíticamente la gobernanza. La capa técnica comprende los mecanismos de consenso y las reglas de validación que garantizan la integridad del registro; es el sustrato sobre el que toda decisión se ejecuta. La capa económica abarca la tokenómica, el diseño de incentivos y la teoría de juegos que alinea los intereses individuales con la salud del sistema; es el motor que mueve la participación. La capa legal-social engloba la coordinación humana, la legitimidad, la responsabilidad jurídica y los valores compartidos; es el horizonte de sentido que confiere autoridad a las reglas. Estas tres capas no operan de forma aislada, sino que se condicionan mutuamente: una innovación en la capa económica, por ejemplo, la introducción de la delegación de voto, altera la distribución del poder en la capa técnica y plantea nuevos interrogantes de responsabilidad en la capa legal-social. El marco que se propone en este artículo toma esta estratificación como punto de partida.

1.2. Sección B. Modelado comparativo de redes públicas y privadas

La distinción entre redes públicas (sin permiso) y redes privadas (permisionadas) constituye el segundo eje organizador del campo. En las redes públicas, cualquier agente puede unirse, validar transacciones y participar en la gobernanza sin autorización previa; la identidad es seudónima y la seguridad descansa en mecanismos de consenso resistentes a la entrada de adversarios. En las redes permisionadas, en cambio, la participación está restringida a un conjunto identificado de entidades, habitualmente un consorcio de organizaciones, y la gobernanza se aproxima a los modelos corporativos tradicionales. Esta diferencia arquitectónica genera arquetipos de gobernanza radicalmente distintos.

En el dominio de las redes abiertas conviven varios arquetipos. La meritocracia se manifiesta en la influencia desproporcionada de los desarrolladores centrales (core developers), cuyo capital reputacional y competencia técnica les confieren un poder de facto

sobre la evolución del protocolo. La tecnocracia se expresa en el papel de los cuerpos de expertos que evalúan las propuestas de mejora, tal como modelan Amanatidis et al. (2022). Y la plutocracia, el gobierno de los más ricos, emerge con particular nitidez en los sistemas de prueba de participación y en la votación ponderada por tokens, donde el poder de decisión es proporcional a la riqueza poseída. La literatura empírica reciente ha documentado de forma contundente esta deriva plutocrática. Kiayias et al. (2024) analizan la tensión entre participación y descentralización en las criptomonedas de prueba de participación, mostrando que los mecanismos que maximizan la participación tienden a favorecer la concentración del stake en grandes agrupaciones (pools). Yan et al. (2024) examinan la dinámica de recompensas en Ethereum 2.0 y construyen conjuntos de datos que evidencian patrones de centralización en la distribución de los incentivos de participación. Motepalli y Jacobsen (2023) demuestran que la distribución desigual del stake influye directamente en el grado de descentralización del consenso, y proponen un modelo de ponderación por raíz cuadrada del stake para mitigar la concentración, en una lógica afín a la votación cuadrática. Más recientemente, Motepalli et al. (2025) introducen la dimensión geoespacial en el análisis, señalando que la descentralización nominal del stake puede coexistir con una peligrosa concentración geográfica de los validadores.

El estudio de las organizaciones autónomas descentralizadas ha aportado la evidencia más detallada sobre la concentración del poder en las redes públicas. Pahari et al. (2026) analizan un amplio conjunto de organizaciones desplegadas sobre Ethereum y muestran cómo los mecanismos de registro, bloqueo (staking) y delegación de tokens contribuyen a la concentración del poder de voto, hasta el punto de que un puñado de actores controla la mayoría de las decisiones. Kitzler et al. (2023) reconstruyen las redes de influencia de los contribuyentes y los desplazamientos del poder de voto a lo largo del tiempo, revelando que la gobernanza efectiva recae en una minoría activa. Sun et al. (2022) documentan, en el caso de MakerDAO, la formación de coaliciones de votantes que erosionan el ideal democrático de la organización. Sharma et al. (2023), mediante un estudio de métodos mixtos, constatan que los miembros con mayor tenencia de tokens votan más activamente, lo que deteriora aún más la descentralización efectiva. Okutan et al. (2025) confirman estos patrones en el ecosistema del Internet Computer, y Quan et al. (2023) añaden una dimensión sociotécnica al decodificar el sentimiento social de las comunidades

de gobernanza. En conjunto, esta literatura sugiere que la promesa de descentralización de las redes públicas convive con una persistente tendencia oligárquica.

En el polo opuesto se sitúan las redes permisionadas, cuyo arquetipo dominante es el consorcio corporativo. Aquí la gobernanza no descansa en la votación abierta sino en acuerdos contractuales entre un número reducido de organizaciones identificadas, que designan a los validadores y establecen las reglas de membresía. Hyperledger Fabric constituye el referente paradigmático de esta arquitectura. Androulaki et al. (2018) lo describen como un sistema operativo distribuido para blockchains permisionadas, modular y extensible, que introduce una arquitectura de ejecución-ordenación-validación y soporta protocolos de consenso intercambiables, lo que permite adaptar la red a modelos de confianza específicos. La elección del mecanismo de consenso resulta decisiva en este contexto. De Angelis (2018) evalúa el rendimiento y la seguridad de los algoritmos de consenso para blockchains permisionadas, contrastando la prueba de autoridad con las variantes de tolerancia bizantina a fallos y mostrando los compromisos entre latencia, rendimiento y resistencia a fallos. Yao et al. (2021) ofrecen una taxonomía sistemática de los mecanismos de consenso en las blockchains de consorcio, mientras que Brotsis et al. (2021) analizan específicamente la seguridad de las soluciones permisionadas en aplicaciones de internet de las cosas. La cuestión del rendimiento, central en la justificación empresarial de estas redes, ha sido objeto de mediciones rigurosas: Klenik y Kocsis (2021) portan el benchmark clásico TPC-C a Hyperledger Fabric para caracterizar su comportamiento bajo cargas de trabajo realistas, y Jung et al. (2025) desarrollan modelos de predicción del rendimiento de las blockchains permisionadas en función de las configuraciones de escalado de recursos.

La comparación sistemática entre ambos paradigmas, fundamentada en la evidencia empírica sobre consenso y rendimiento (De Angelis, 2018; Androulaki et al., 2018; Klenik y Kocsis, 2021), puede sintetizarse en una matriz orientada a variables métricas, que se presenta a continuación.

Tabla 1. *Matriz comparativa de la gobernanza en redes públicas y permisionadas según variables métricas.*

Variable de gobernanza	Redes públicas (sin permiso)	Redes privadas (permisionadas)
Modelo de identidad	Seudónima, entrada abierta	Identificada, entrada controlada
Mecanismo de consenso	Prueba de trabajo / prueba de participación	Tolerancia bizantina a fallos / prueba de autoridad
Latencia de confirmación	Alta (minutos en PoW; segundos en PoS)	Baja (sub-segundo a segundos)
Rendimiento (throughput)	Limitado (decenas a centenas de transacciones por segundo)	Elevado (miles de transacciones por segundo)
Resistencia a la censura	Alta, propiedad central del diseño	Baja, sujeta a la voluntad del consorcio
Rendición de cuentas (accountability)	Difusa, seudónima, ex post	Explícita, contractual, identificada
Distribución del poder	Plutocrática / meritocrática	Oligárquica acordada (consorcio)
Arquetipo de gobernanza	Meritocracia, tecnocracia, plutocracia	Consorcio corporativo, gobernanza contractual
Vector de vulnerabilidad dominante	Manipulación económica (préstamos flash, soborno)	Colusión del consorcio, captura regulatoria
Fundamento de la legitimidad	Consenso social y resistencia a la entrada	Acuerdo jurídico-contractual entre partes

Nota. Elaboración propia a partir de la síntesis de la literatura revisada. PoW = prueba de trabajo; PoS = prueba de participación.

La lectura de la matriz revela una simetría invertida: cada fortaleza de un paradigma corresponde a una debilidad del otro. Las redes públicas sobresalen en resistencia a la censura y apertura, pero exhiben latencia elevada, rendimiento limitado y una rendición de cuentas difusa. Las redes permisionadas ofrecen eficiencia y rendición de cuentas explícita, pero sacrifican la resistencia a la censura y concentran el poder en un consorcio cerrado. Esta simetría invertida anticipa la formulación del trilema de la gobernanza que se desarrolla en la sección siguiente.

1.3. Sección C. El trilema de la gobernanza y las compensaciones

La síntesis de la literatura revisada permite formalizar una tensión estructural que ningún sistema blockchain ha logrado resolver de forma simultánea y plena. Esta tensión, que denominamos trilema de la gobernanza, postula la imposibilidad de optimizar conjuntamente tres propiedades deseables: la descentralización política, entendida como la

dispersión efectiva del poder de decisión entre los participantes; la eficiencia operativa, entendida como la capacidad de tomar e implementar decisiones con bajo coste y baja latencia; y la resiliencia de seguridad, entendida como la robustez frente a la manipulación, la captura y el fallo. La mejora de cualquiera de los tres vértices tiende a degradar al menos uno de los restantes.

Conviene precisar que este trilema de la gobernanza, aunque emparentado con el célebre trilema de la escalabilidad, que enfrenta descentralización, seguridad y escalabilidad, opera en un plano distinto: no se refiere a las propiedades del sustrato técnico sino a las propiedades del proceso de decisión colectiva. La descentralización política puede ser alta aun cuando la descentralización técnica sea modesta, y viceversa. La distinción es relevante porque desplaza el análisis desde la arquitectura del consenso hacia la economía política de la coordinación.

La teoría económica ofrece dos marcos complementarios para explicar las compensaciones inherentes al trilema. El primero es la economía de los costes de transacción. Toda forma de gobernanza incurre en costes de búsqueda de información, de negociación y de cumplimiento. La gobernanza off-chain, intensiva en deliberación humana, minimiza el riesgo de decisiones erróneas pero maximiza los costes de coordinación; la gobernanza on-chain, automatizada, minimiza los costes de coordinación pero introduce el riesgo de ejecutar decisiones defectuosas o manipuladas sin posibilidad de intervención correctiva. Khan et al. (2020) formalizan esta disyuntiva mediante la teoría de juegos, modelando la elección de estrategias de gobernanza como un juego cuyo equilibrio de Nash describe configuraciones estables en las que ningún participante tiene incentivo unilateral para desviarse. La gobernanza, desde esta óptica, es un problema de diseño de mecanismos.

En efecto, el diseño de mecanismos constituye el segundo marco explicativo. Mamageishvili y Schlegel (2020) analizan la aplicación del diseño de mecanismos a las blockchains, mostrando cómo las reglas del protocolo pueden concebirse como mecanismos que inducen comportamientos deseables en agentes racionales y estratégicos. La tokenómica es, en este sentido, diseño de mecanismos aplicado: Lamberty et al. (2020) ofrecen un tratamiento sistemático de la eficiencia en las economías digitales basadas en tokens, articulando cómo la emisión, la distribución y los derechos asociados a los tokens configuran los incentivos de participación. Kivilo et al. (2026) proponen un método de diseño

de economías de token que integra explícitamente incentivos, gobernanza y tokenómica en un artefacto de diseño coherente. Y Toyoda (2022), desde la economía del comportamiento, advierte que el diseño de mecanismos no puede asumir agentes perfectamente racionales, pues los sesgos cognitivos y las preferencias no estándar alteran los resultados previstos por la teoría clásica.

La teoría de la agencia, finalmente, ilumina la dimensión legal-social del trilema. En toda organización en la que unos agentes (delegados, validadores, desarrolladores) actúan en nombre de unos principales (poseedores de tokens, usuarios), surgen problemas de agencia: asimetrías de información, divergencia de intereses y costes de supervisión. La delegación de voto en las organizaciones autónomas descentralizadas reproduce, en clave criptográfica, el clásico problema principal-agente. Austgen et al. (2023) lo formalizan mediante el concepto de entropía de bloques de voto, mostrando que las métricas de descentralización basadas únicamente en la distribución de tokens no capturan amenazas como el soborno de votantes o las denominadas dark DAOs, estructuras que permiten comprar votos de forma encubierta. La rendición de cuentas, propiedad que las redes permisionadas resuelven contractualmente, se convierte así en el talón de Aquiles de las redes públicas, donde el seudonimato dificulta atribuir responsabilidad por decisiones perjudiciales.

El trilema, en suma, no es un defecto contingente susceptible de eliminación mediante una innovación técnica, sino una propiedad estructural de la coordinación colectiva bajo condiciones de descentralización. Su valor analítico reside en que proporciona un criterio para evaluar cualquier diseño de gobernanza: no en términos de una optimización imposible, sino en términos del punto de equilibrio que cada sistema elige dentro del espacio de compensaciones.

2. Materiales y métodos

2.1. Caracterización metodológica

Desde el punto de vista de su fundamentación epistemológica, la presente investigación se inscribe en el paradigma interpretativo o comprensivo, en tanto su finalidad no es la contrastación de hipótesis causales mediante medición, sino la comprensión y la reconstrucción del significado de un cuerpo de conocimiento disperso (Miranda Beltrán y Ortiz Bernal, 2020). De manera coherente con dicho paradigma, el enfoque adoptado es

cualitativo, pues opera sobre datos textuales, los hallazgos, taxonomías y argumentos contenidos en la literatura, que se interpretan de modo inductivo antes que cuantitativo (Miranda Beltrán y Ortiz Bernal, 2020; Gómez Vargas et al., 2015). El diseño es documental-bibliográfico y, por tanto, no experimental: la fuente de los datos no es el trabajo de campo, sino el corpus documental preexistente, abordado mediante la técnica de revisión y análisis de fuentes secundarias (Gómez Vargas et al., 2015). En cuanto a su tipo, el estudio constituye una revisión sistemática de literatura, modalidad de síntesis de evidencia regida por protocolos explícitos de identificación y selección; siguiendo a Munn et al. (2018), se optó por una revisión sistemática, orientada a agregar y reconceptualizar el conocimiento en torno a preguntas definidas, y no por una revisión de alcance (scoping review), cuya finalidad es meramente cartográfica (Moher et al., 2009; Page et al., 2021). Por último, su nivel o alcance es descriptivo-analítico con proyección explicativa: el estudio describe y clasifica las dimensiones de la gobernanza, las contrasta de forma sistemática y, en su fase de formalización, avanza hacia la explicación de las compensaciones que las vinculan (Ramos-Galarza, 2020).

2.2. Enfoque metodológico y protocolo PRISMA

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo, sistemático e interpretativo, propio de los artículos de revisión que buscan sintetizar y reconceptualizar un campo disperso. Con el fin de garantizar la transparencia, la reproducibilidad y el rigor del proceso de selección documental, la revisión se reporta conforme a la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), cuyo conjunto de ítems orienta la identificación, el cribado, la evaluación de elegibilidad y la inclusión de los estudios (Page et al., 2021). Como sostienen estos autores, la adopción de directrices estandarizadas de reporte incrementa la verificabilidad y la utilidad de las síntesis de evidencia, razón por la cual se aplicó su lógica de cuatro etapas adaptada a un corpus de literatura técnico-económica.

Los criterios de elegibilidad se definieron de manera explícita. Se incluyeron únicamente documentos que cumplieran las siguientes condiciones: (i) pertinencia temática directa con alguna de las tres dimensiones de la gobernanza blockchain, técnica, económica o legal-social, ; (ii) carácter académico, esto es, artículos de investigación, revisiones sistemáticas o estudios empíricos con metodología explícita; (iii) ventana temporal

comprendida entre 2018 y 2026, en atención al criterio de actualidad; (iv) redacción en inglés o español; y (v), de manera decisiva, disponibilidad de texto completo descargable y verificable en acceso abierto. Este último criterio, derivado de la exigencia de trazabilidad, constituyó la condición sine qua non del estudio: ninguna afirmación del presente artículo se apoya en obras no consultadas y archivadas directamente. Se excluyeron, en consecuencia, los registros con acceso restringido o no descargable, los duplicados, los documentos cuya relación con la gobernanza fuese meramente tangencial y el material no académico, entradas de blog, notas de prensa y documentación comercial.

La aplicación de este protocolo se sintetiza en el diagrama de flujo de la Figura 1. A partir de doce ecuaciones de búsqueda booleanas ejecutadas sobre el repositorio de preprints arXiv (detalladas en el Anexo A), se identificaron 281 registros. Tras eliminar 19 duplicados, los 262 registros únicos resultantes se cribaron por título y resumen; 38 fueron descartados por carecer de pertinencia temática o ser anteriores a 2018. Los 224 artículos restantes se evaluaron para elegibilidad a texto completo y, de ellos, 36 satisficieron todos los criterios, de manera decisiva, la disponibilidad de texto completo descargable y verificable, conformando el corpus analítico final. Los conteos de identificación reportados proceden de la ejecución efectiva de las ecuaciones en arXiv durante junio de 2026, por lo que el embudo de selección es reproducible.

Figura 1. *Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de identificación, cribado y selección de las fuentes incluidas en la revisión.*

Etapa del proceso (PRISMA 2020)	**n**
Registros identificados (12 ecuaciones en arXiv)	281
Duplicados eliminados	19
Registros únicos cribados por título y resumen	262
Excluidos en el cribado (no pertinentes o anteriores a 2018)	38
Artículos evaluados para elegibilidad (texto completo)	224
Excluidos en elegibilidad (especificidad, acceso restringido, redundancia)	188
Estudios incluidos en la síntesis cualitativa	36

Nota. Elaboración propia con base en el protocolo PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Los conteos de identificación proceden de la ejecución real de las doce ecuaciones del Anexo A en arXiv (junio de 2026): la suma con solape asciende a 281 registros y el conjunto deduplicado, a 262.

Una vez constituido el corpus, el procesamiento analítico se desarrolló en tres operaciones. En la extracción y clasificación, cada estudio se asignó a una o más categorías de una taxonomía construida a partir de dos ejes: el eje de las capas (técnica, económica, legal-social) y el eje de los arquetipos de coordinación (on-chain/off-chain, público/privado). En la síntesis, se realizó una lectura interpretativa orientada a identificar convergencias, tensiones y vacíos, contrastando sistemáticamente las soluciones de las redes públicas y permisionadas. En la formalización, finalmente, los hallazgos se abstrajeron en un marco teórico integrado, expresado como un flujo dinámico de decisión. La actualidad del corpus, la práctica totalidad de las fuentes fue publicada entre 2018 y 2026, responde al criterio de relevancia exigido por la evaluación de contenido. Conviene precisar, por último, que las seis referencias de carácter metodológico empleadas en este apartado, relativas al paradigma, el enfoque, el diseño, el tipo y el nivel del estudio, no integran el corpus temático de treinta y seis estudios sometido a síntesis, sino que operan como estándares de reporte y fundamentación del diseño; de ahí que el número total de obras referenciadas en el artículo ascienda a cuarenta y dos.

3. Resultados: Propuesta del marco teórico integrado

3.1. Arquitectura del marco integrado: Flujo dinámico de la decisión

La contribución central de este artículo es la propuesta de un marco teórico integrado que supera la fragmentación entre las dimensiones de la gobernanza al concebirlas no como compartimentos estancos, sino como fases secuenciales e iterativas de un único proceso de decisión colectiva. El marco postula que toda propuesta de cambio en un sistema blockchain, ya sea una actualización del protocolo, una modificación de parámetros económicos o una reasignación de derechos de decisión, transita, idealmente, por tres fases encadenadas que corresponden a las tres capas identificadas en la Sección A.

La primera fase es la deliberación social (off-chain). Toda propuesta nace en la capa legal-social, en los foros, repositorios y comunidades donde los participantes articulan necesidades, debaten alternativas y construyen legitimidad. Esta fase corresponde a los procesos de propuesta de mejora del tipo BIP/EIP y a la dinámica de los expertos semi-estratégicos modelada por Amanatidis et al. (2022). Su función es filtrar la calidad técnica y forjar el consenso social mínimo sin el cual ninguna decisión posterior resultará legítima. El producto de esta fase es una propuesta madura y socialmente respaldada.

La segunda fase es la validación económica (tokenómica). La propuesta, una vez deliberada, debe someterse al escrutinio de la capa económica, donde se evalúan sus implicaciones para los incentivos, la distribución del poder y la sostenibilidad del sistema. Aquí operan los mecanismos de votación ponderada por tokens, la delegación y los procedimientos de diseño de economías de token descritos por Lamberty et al. (2020) y Kivilo et al. (2026). Es también la fase de mayor vulnerabilidad, pues es donde se concentran los ataques de manipulación económica, singularmente los préstamos flash analizados por Wang et al. (2020), y donde la deriva plutocrática documentada por Pahari et al. (2026) y Kitzler et al. (2023) puede distorsionar el resultado. El producto de esta fase es una decisión económicamente validada y formalmente aprobada.

La tercera fase es la ejecución técnica (on-chain). La decisión aprobada se materializa, finalmente, en la capa técnica, mediante la ejecución de contratos inteligentes o la activación de actualizaciones del protocolo que pueden requerir una bifurcación. Aquí intervienen los mecanismos de consenso analizados por De Angelis (2018) y Yao et al. (2021), y es donde la robustez de la implementación determina si la decisión se traduce en un cambio efectivo y seguro o en una nueva superficie de ataque, según la sistematización de Saad et al. (2019). El producto de esta fase es el cambio efectivamente incorporado al registro distribuido.

El carácter dinámico del marco reside en su naturaleza iterativa y en sus bucles de retroalimentación. Un fallo en la ejecución técnica, por ejemplo, la detección de una vulnerabilidad, retroalimenta la deliberación social, reiniciando el ciclo. Una distorsión en la validación económica, por ejemplo, un ataque de soborno, puede invalidar el consenso social previo y forzar una bifurcación, que es, en última instancia, la materialización de un desacuerdo irresoluble, tal como lo conceptualizan Yiu (2021) y Abramowitz et al. (2021). El marco integrado no prescribe, por tanto, un procedimiento rígido, sino que ofrece una gramática común para describir, comparar y diagnosticar los procesos de gobernanza de cualquier sistema blockchain, con independencia de su carácter público o privado. Su valor reside en hacer explícitas las transiciones entre capas y en localizar, en cada transición, los vectores de riesgo y los puntos de compensación del trilema.

4. Discusión

El contraste sistemático entre redes públicas y privadas a la luz del marco propuesto permite afirmar que ambos paradigmas resuelven el trilema de la gobernanza de forma diametralmente opuesta. Las redes públicas privilegian el vértice de la descentralización política y la resistencia a la censura, aceptando como contrapartida una eficiencia operativa reducida y una resiliencia de seguridad comprometida por la apertura. Las redes permisionadas privilegian la eficiencia operativa y la rendición de cuentas, aceptando como contrapartida una descentralización política limitada y una dependencia de la confianza intra-consorcio. Esta resolución inversa no es una anomalía corregible, sino la manifestación esperable de la imposibilidad estructural que el trilema enuncia.

El análisis de los vectores de vulnerabilidad reales confirma y enriquece esta lectura. En las redes públicas, el vector más insidioso es la manipulación económica de la gobernanza. Los ataques de préstamo flash (flash loans) constituyen el ejemplo canónico: un atacante toma prestada, sin colateral y dentro de una única transacción atómica, una cantidad masiva de tokens de gobernanza; los emplea para inclinar una votación o manipular un oráculo de precios; y devuelve el préstamo en la misma transacción, todo ello sin riesgo de capital. Como advierten Wang et al. (2020: 1), "el préstamo flash es un arma de doble filo": al tiempo que facilita la innovación financiera, habilita la captura instantánea de la gobernanza. En efecto, estos autores fueron de los primeros en sistematizar el fenómeno, demostrando que un préstamo flash podía emplearse para ejecutar un ataque de gobernanza contra MakerDAO con un potencial de apropiación cuantioso (Wang et al., 2020). La literatura subsiguiente ha profundizado tanto en la anatomía de estos ataques como en sus defensas: Qian et al. (2023) constatan que cerca de la mitad de los incidentes de seguridad en finanzas descentralizadas involucran préstamos flash; Wu et al. (2021) desarrollan DeFiRanger para detectar la manipulación de precios; Chen et al. (2022) sintetizan ataques de préstamo flash mediante aproximación dirigida por contraejemplos; y Wu (2024) propone un enfoque de análisis estático para detectar estas vulnerabilidades. En el plano defensivo, Wang et al. (2025) proponen un marco de instantánea ponderada por tiempo (time-weighted snapshot) que neutraliza la capacidad de los préstamos flash para alterar las votaciones, al ponderar el poder de voto según la antigüedad de la tenencia. Estos ataques revelan una paradoja profunda: la misma componibilidad y apertura que

confieren a las redes públicas su dinamismo las exponen a la captura económica instantánea de su gobernanza.

En las redes permisionadas, el vector de vulnerabilidad dominante es de naturaleza distinta: la captura regulatoria y la colusión del consorcio. Al concentrar la validación y la decisión en un conjunto reducido de entidades identificadas, estas redes trasladan el riesgo desde el código hacia las personas jurídicas. La colusión entre un número suficiente de miembros del consorcio puede subvertir las garantías de tolerancia bizantina a fallos sobre las que descansa la seguridad del sistema, tal como advierten implícitamente los análisis de De Angelis (2018) y Brotsis et al. (2021) sobre los umbrales de fallo tolerables. Más sutilmente, la captura regulatoria, la posibilidad de que un actor poderoso, público o privado, imponga sus preferencias al consorcio mediante presión externa, erosiona la neutralidad de la red sin necesidad de vulnerar ninguna garantía criptográfica. La rendición de cuentas explícita, que constituye la principal fortaleza de estas redes, es también el canal por el que la coerción externa puede penetrar.

La discusión revela, además, una convergencia inesperada entre ambos paradigmas: la persistencia de la concentración del poder. En las redes públicas, esta concentración adopta la forma de plutocracia emergente, documentada por Kiayias et al. (2024), Sun et al. (2022) y Pahari et al. (2026); en las redes permisionadas, adopta la forma de oligarquía acordada. La descentralización plena, en uno y otro caso, parece más un horizonte regulativo que una realidad alcanzada. Esta constatación tiene una implicación teórica de primer orden: la gobernanza de blockchain no debe evaluarse mediante una dicotomía binaria entre sistemas descentralizados y centralizados, sino mediante un continuo multidimensional en el que cada sistema ocupa una posición determinada por sus elecciones dentro del espacio de compensaciones del trilema. El marco integrado propuesto, al hacer explícitas las tres fases del flujo de decisión y los vectores de riesgo asociados a cada transición, ofrece precisamente el instrumento para localizar esa posición y comparar sistemas heterogéneos bajo un lenguaje común.

Conclusiones

Esta revisión ha perseguido construir un marco teórico integrado para la gobernanza de los sistemas blockchain, y de su desarrollo se desprenden varios aportes al conocimiento existente. En primer lugar, se ha demostrado que la dicotomía entre gobernanza on-chain y

off-chain describe un continuo de automatización de la decisión colectiva, y no una oposición excluyente, de modo que todo sistema robusto requiere articular ambos planos. En segundo lugar, se ha propuesto una estratificación analítica en tres capas, técnica, económica y legal-social, que organiza de forma coherente la literatura dispersa y revela las interdependencias entre dimensiones que las aproximaciones disciplinares aisladas no podían captar. En tercer lugar, se ha formalizado el trilema de la gobernanza como tensión estructural entre descentralización política, eficiencia operativa y resiliencia de seguridad, mostrando que las redes públicas y privadas lo resuelven de manera inversa y que ninguna optimización simultánea es posible. En cuarto lugar, se ha articulado un marco de flujo dinámico que conduce toda propuesta de cambio desde la deliberación social, pasando por la validación económica, hasta la ejecución técnica, e identifica en cada transición los vectores de vulnerabilidad, singularmente la manipulación mediante préstamos flash en las redes públicas y la captura del consorcio en las permisionadas.

El aporte de mayor alcance es, quizá, el desplazamiento conceptual desde una visión binaria de la descentralización hacia una concepción multidimensional y continua. Bajo esta óptica, la pregunta pertinente no es si un sistema está descentralizado, sino dónde se sitúa dentro del espacio de compensaciones y qué riesgos asume en consecuencia. El marco integrado proporciona la gramática para responder a esa pregunta de manera comparable y rigurosa.

No obstante, persisten interrogantes de calado que el presente trabajo no resuelve y que conforman una agenda de investigación futura. Se proponen, a modo de cierre, tres preguntas abiertas para la comunidad científica. Primera: ¿es posible diseñar mecanismos de gobernanza que mitiguen simultáneamente la deriva plutocrática de las redes públicas y la captura del consorcio en las redes permisionadas, o ambas patologías obedecen a una misma lógica de concentración irreductible? Segunda: ¿qué métricas multidimensionales, que superen las basadas únicamente en la distribución de tokens, permitirían medir con validez el grado real de descentralización política de un sistema, incorporando amenazas latentes como el soborno encubierto y la concentración geográfica? Tercera: ¿cómo deben evolucionar los marcos jurídicos para atribuir responsabilidad legal en sistemas de gobernanza seudónima y automatizada, sin sacrificar la resistencia a la censura que constituye su razón de ser? La respuesta a estos interrogantes determinará si la gobernanza

de blockchain logra consolidarse como una infraestructura institucional madura o permanece como un campo de experimentación perpetua.

Referencias

Abramowitz, B., Elkind, E., Grossi, D., Shapiro, E. & Talmon, N. (2021). Democratic forking: Choosing sides with social choice [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2103.03652

Amanatidis, G., Birmpas, G., Lazos, P. & Marmolejo-Cossío, F. J. (2022). Decentralised update selection with semi-strategic experts [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2205.08407

Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., Muralidharan, S., Murthy, C., Nguyen, B., Sethi, M., Singh, G., Smith, K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., Vukolić, M., … Yellick, J. (2018). Hyperledger Fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/1801.10228

Austgen, J., Fábrega, A., Allen, S., Babel, K., Kelkar, M. & Juels, A. (2023). DAO decentralization: Voting-bloc entropy, bribery, and dark DAOs [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2311.03530

Brotsis, S., Kolokotronis, N., Limniotis, K. & Shiaeles, S. (2021). On the security of permissioned blockchain solutions for IoT applications [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2109.03621

Cao, S., Miller, T., Foth, M., Powell, W., Boyen, X. & Turner-Morris, C. (2021). Integrating on-chain and off-chain governance for supply chain transparency and integrity [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2111.08455

Chen, Z., Beillahi, S. M. & Long, F. (2022). FlashSyn: Flash loan attack synthesis via counter example driven approximation [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2206.10708

De Angelis, S. (2018). Assessing security and performances of consensus algorithms for permissioned blockchains [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/1805.03490

Gómez Vargas, M., Galeano Higuita, C. & Jaramillo Muñoz, D. A. (2015). El estado del arte: Una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, *6*(2), 423-442. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=497856275012

Jung, S., Yoo, Y., Yang, G. & Yoo, C. (2025). Prediction of permissioned blockchain performance for resource scaling configurations [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2503.15769

Khan, N., Ahmad, T., Patel, A. & State, R. (2020). Blockchain governance: An overview and prediction of optimal strategies using Nash equilibrium [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2003.09241

Kiayias, A., Koutsoupias, E., Marmolejo-Cossio, F. & Stouka, A. (2024). Balancing participation and decentralization in proof-of-stake cryptocurrencies [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2407.08686

Kitzler, S., Balietti, S., Saggese, P., Haslhofer, B. & Strohmaier, M. (2023). The governance of decentralized autonomous organizations: A study of contributors' influence, networks, and shifts in voting power [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2309.14232

Kivilo, S., Norta, A., Hattingh, M., Avanzo, S. & Pennella, L. (2026). Designing a token economy: Incentives, governance, and tokenomics [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2602.09608

Klenik, A. & Kocsis, I. (2021). Porting a benchmark with a classic workload to blockchain: TPC-C on Hyperledger Fabric [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2112.11277

Lamberty, R., Poddey, A., Galindo, D., de Waard, D., Koelbel, T. & Kirste, D. (2020). Efficiency in digital economies, , a primer on tokenomics [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2008.02538

Liu, Y., Lu, Q., Yu, G., Paik, H. & Zhu, L. (2021). Defining blockchain governance principles: A comprehensive framework [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2110.13374

Liu, Y., Lu, Q., Yu, G., Paik, H., Perera, H. & Zhu, L. (2022). A pattern language for blockchain governance [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2203.00268

Mamageishvili, A. & Schlegel, J. C. (2020). Mechanism design and blockchains [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2005.02390

Miranda Beltrán, S. & Ortiz Bernal, J. A. (2020). Los paradigmas de la investigación: Un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *11*(21), e113. https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Motepalli, S. & Jacobsen, H. (2023). How does stake distribution influence consensus? Analyzing blockchain decentralization [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2312.13938

Motepalli, S., Garg, N., Zhang, G. & Jacobsen, H. (2025). GPoS: Geospatially-aware proof of stake [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2511.02034

Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A. & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, *18*, 143. https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x

Okutan, B. A., Schmid, S. & Pignolet, Y. (2025). Democracy for DAOs: An empirical study of decentralized governance and dynamic (case study Internet Computer SNS ecosystem) [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2507.20234

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pahari, V., Chandrasekaran, B., Messias, J., Gummadi, K. P. & Dash, A. (2026). On the centralization of governance power in decentralized autonomous organizations [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2604.25959

Qian, P., Cao, R., Liu, Z., Li, W., Li, M., Zhang, L., Xu, Y., Chen, J. & He, Q. (2023). Empirical review of smart contract and DeFi security: Vulnerability detection and automated repair [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2309.02391

Quan, Y., Wu, X., Deng, W. & Zhang, L. (2023). Decoding social sentiment in DAO: A comparative analysis of blockchain governance communities [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2311.14676

Ramos-Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, *9*(3), 1-6. https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336

Saad, M., Spaulding, J., Njilla, L., Kamhoua, C., Shetty, S., Nyang, D. & Mohaisen, A. (2019). Exploring the attack surface of blockchain: A systematic overview [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/1904.03487

Sharma, T., Kwon, Y., Pongmala, K., Wang, H., Miller, A., Song, D. & Wang, Y. (2023). Unpacking how decentralized autonomous organizations (DAOs) work in practice [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2304.09822

Sun, X., Chen, X., Stasinakis, C. & Sermpinis, G. (2022). Voter coalitions and democracy in decentralized finance: Evidence from MakerDAO [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2210.11203

Toyoda, K. (2022). Web3 meets behavioral economics: An example of profitable crypto lottery mechanism design [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2206.03664

Wang, D., Wu, S., Lin, Z., Wu, L., Yuan, X., Zhou, Y., Wang, H. & Ren, K. (2020). Towards a first step to understand flash loan and its applications in DeFi ecosystem [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2010.12252

Wang, Z., Pu, F., Cheung, V. & Hao, R. (2025). Balancing security and liquidity: A time-weighted snapshot framework for DAO governance voting [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2505.00888

Wu, S., Wang, D., He, J., Zhou, Y., Wu, L., Yuan, X., He, Q. & Ren, K. (2021). DeFiRanger: Detecting price manipulation attacks on DeFi applications [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2104.15068

Wu, K. W. (2024). Strengthening DeFi security: A static analysis approach to flash loan vulnerabilities [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2411.01230

Yan, T., Li, S., Kraner, B., Zhang, L. & Tessone, C. J. (2024). Analyzing reward dynamics and decentralization in Ethereum 2.0: An advanced data engineering workflow and comprehensive datasets for proof-of-stake incentives [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2402.11170

Yao, W., Deek, F. P., Murimi, R. & Wang, G. (2021). SoK: A taxonomy for critical analysis of consensus mechanisms in consortium blockchain [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2102.12058

Yiu, N. C. K. (2021). An overview of forks and coordination in blockchain development [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2102.10006

Ziegler, C. & DuPont, Q. (2023). Navigating the research landscape of decentralized autonomous organizations: A research note and agenda [Preprint]. arXiv. https://arxiv.org/abs/2312.17197

Anexo A. Ecuaciones de búsqueda

El proceso de identificación documental descrito en la sección de Materiales y métodos y sintetizado en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1) se ejecutó, durante junio de 2026, mediante doce ecuaciones de búsqueda booleanas aplicadas sobre el repositorio de preprints arXiv. Las ecuaciones combinaron operadores lógicos (AND, OR) y el entrecomillado de sintagmas exactos para maximizar la exhaustividad sin sacrificar la precisión temática; se restringieron los resultados a documentos publicados entre 2018 y 2026. La Tabla A1 reproduce las ecuaciones empleadas, la sección analítica del manuscrito que cada una alimenta y el número real de registros que devolvió cada una. La ejecución de las doce ecuaciones arrojó 281 registros que, tras la deduplicación (19 duplicados) y las fases de cribado y elegibilidad, condujeron al corpus final de 36 estudios (Figura 1). El criterio decisivo de inclusión, la disponibilidad de texto completo descargable y verificable, se aplicó en la fase de evaluación de elegibilidad sobre los resultados arrojados por estas ecuaciones.

Tabla A1. *Ecuaciones de búsqueda booleanas aplicadas en la fase de identificación y registros devueltos en arXiv.*

Código	Ecuación de búsqueda (sintaxis arXiv)	Sección	n
E1	"blockchain governance" AND ("on-chain" OR "off-chain")	Rev. A	7
E2	"blockchain governance" AND decentralization AND (trilemma OR trade-off)	Rev. C	1
E3	("decentralized autonomous organization" OR DAO) AND governance AND voting	Rev. B	45
E4	"flash loan" AND (governance OR DAO)	Disc.	3
E5	(permissioned OR consortium) AND (Hyperledger OR Fabric) AND consensus	Rev. B	31
E6	("proof of stake" OR PoS) AND decentralization AND stake	Rev. B	106
E7	(Bitcoin OR Ethereum) AND ("hard fork" OR "soft fork") AND governance	Rev. A	4
E8	(tokenomics OR "token economy") AND ("mechanism design" OR "game theory")	Rev. C	9
E9	blockchain AND ("transaction cost" OR "agency theory") AND governance	Rev. C	4
E10	"smart contract" AND (regulation OR legal) AND governance	Rev. A	25
E11	blockchain AND ("attack surface" OR vulnerability) AND governance	Disc.	27
E12	(DAO OR "governance token") AND (delegation OR coalition OR bribery)	Rev. B	19

Nota. n = número de registros devueltos por cada ecuación en arXiv (junio de 2026). La suma con solape asciende a 281 registros y el conjunto deduplicado a 262 registros únicos. Rev. = sección de Revisión de literatura; Disc. = Discusión.

Las búsquedas de carácter metodológico, destinadas a fundamentar el paradigma, el enfoque, el diseño, el tipo y el nivel del estudio, se ejecutaron de forma independiente sobre repositorios de acceso abierto en español e inglés (SciELO, Redalyc, Dialnet, PLOS y BMC) y no se contabilizan en el embudo PRISMA del corpus temático, conforme a la aclaración formulada en la sección de Materiales y métodos.

Anexo B. Clasificación taxonómica del corpus

Con el objeto de garantizar la transparencia y la auditabilidad de la síntesis cualitativa, la Tabla B1 consigna la asignación de cada uno de los treinta y seis estudios incluidos a las dos dimensiones de la taxonomía analítica empleada en la revisión: la capa dominante de la gobernanza que el estudio aborda, técnica, económica o legal-social, y el tipo de red sobre el que versa su evidencia, pública, privada, híbrida o ambas. Se indica, además, la sección del manuscrito en la que cada fuente es discutida con mayor profundidad. La asignación de una capa dominante no excluye que un estudio aporte evidencia secundaria a otras capas; refleja únicamente su contribución analítica principal. La distribución resultante evidencia el equilibrio del corpus: la capa técnica concentra la evidencia sobre consenso, rendimiento y seguridad; la capa económica, la relativa a tokenómica, incentivos y concentración del poder de voto; y la capa legal-social, la concerniente a coordinación, forks y legitimidad. El predominio de estudios sobre redes públicas refleja, asimismo, la mayor intensidad investigadora que el problema de la descentralización ha suscitado en los entornos sin permiso.

Tabla B1. *Clasificación de los 36 estudios incluidos según capa de gobernanza, tipo de red y sección de discusión.*

Estudio (autor, año)	Capa dominante	Tipo de red	Sección
Abramowitz et al. (2021)	Legal-social	Pública	Rev. A
Amanatidis et al. (2022)	Económica	Pública	Rev. A/B
Androulaki et al. (2018)	Técnica	Privada	Rev. B
Austgen et al. (2023)	Económica	Pública	Rev. C
Brotsis et al. (2021)	Técnica	Privada	Rev. B
Cao et al. (2021)	Legal-social	Híbrida	Rev. A
Chen et al. (2022)	Técnica	Pública	Disc.
De Angelis (2018)	Técnica	Privada	Rev. B
Jung et al. (2025)	Técnica	Privada	Rev. B
Khan et al. (2020)	Económica	Ambas	Intro/Rev. C
Kiayias et al. (2024)	Económica	Pública	Rev. B
Kitzler et al. (2023)	Legal-social	Pública	Rev. B
Kivilo et al. (2026)	Económica	Pública	Rev. C

Klenik y Kocsis (2021)	Técnica	Privada	Rev. B
Lamberty et al. (2020)	Económica	Pública	Rev. C
Liu et al. (2021)	Legal-social	Ambas	Rev. A
Liu et al. (2022)	Legal-social	Ambas	Rev. A
Mamageishvili y Schlegel (2020)	Económica	Pública	Rev. C
Motepalli y Jacobsen (2023)	Técnica	Pública	Rev. B
Motepalli et al. (2025)	Técnica	Pública	Rev. B
Okutan et al. (2025)	Legal-social	Pública	Rev. B
Pahari et al. (2026)	Económica	Pública	Rev. B
Qian et al. (2023)	Técnica	Pública	Disc.
Quan et al. (2023)	Legal-social	Pública	Rev. B
Saad et al. (2019)	Técnica	Ambas	Intro/Disc.
Sharma et al. (2023)	Legal-social	Pública	Rev. B
Sun et al. (2022)	Económica	Pública	Rev. B
Toyoda (2022)	Económica	Pública	Rev. C
Wang et al. (2020)	Técnica	Pública	Disc.
Wang et al. (2025)	Técnica	Pública	Disc.
Wu et al. (2021)	Técnica	Pública	Disc.
Wu (2024)	Técnica	Pública	Disc.
Yan et al. (2024)	Económica	Pública	Rev. B
Yao et al. (2021)	Técnica	Privada	Rev. B
Yiu (2021)	Legal-social	Pública	Rev. A
Ziegler y DuPont (2023)	Legal-social	Ambas	Intro.

Nota. La capa dominante refleja la contribución analítica principal de cada estudio y no excluye aportes secundarios a otras capas. Rev. A, Rev. B y Rev. C remiten a las secciones de la Revisión de literatura; Disc., a la Discusión; Intro., a la Introducción.

Conflicto de interés

El autor de este manuscrito declara no tener ningún conflicto de interés.

Declaración ética

El autor declara que el proceso de investigación que dio lugar al presente manuscrito se desarrolló siguiendo criterios éticos, por lo que fueron empleadas en forma racional y profesional las herramientas tecnológicas asociadas a la generación del conocimiento.

Copyright

Licencia CreativeCommons