

Blockchain como coadyuvante para la selección del contratista en el proceso de contratación estatal*

Blockchain as a support for contractor selection in the state contracting process
Blockchain como ferramenta auxiliar na seleção do empreiteiro no processo de contratação pública

Ivonne Yulieth Cadavid Valencia¹

Dimaro Alexis Agudelo Mejía²



¹ Universidad de Medellín, Colombia. Correo: yulieth.cadavid@gmail.com.  ORCID: 0009-0007-4436-9626.

² Universidad de Medellín, Colombia. Correo: dagudelo@udemedellin.edu.co.  ORCID: 0000-0001-6184-124X.

Resumen

La revolucionaria tecnología del *blockchain* ha realizado grandes transformaciones en diferentes ámbitos de la economía y la industria, y en el campo específico de la contratación estatal podría emplearse para asegurar el cumplimiento de principios como la transparencia en los diferentes procesos de selección de contratistas, la eficiencia y la reducción de posibles riesgos latentes de corrupción. El estudio delimita su análisis a las modalidades de selección que operan con criterios de ponderación competitiva, tales como licitación pública, selección abreviada, concurso de méritos y mínima cuantía, y excluye expresamente la contratación directa, en la medida en que sus causales taxativas no involucran procesos de ponderación objetiva entre oferentes y, por tanto, requieren un

análisis diferenciado de investigación. Esta tecnología, a través de los contratos inteligentes, promete agilizar y garantizar la eficiencia de los diferentes procesos de la contratación estatal, garantizando la integridad y mejorando la trazabilidad de los contratos.

Con el fin de abordar el objetivo principal, se estructuró una metodología cualitativa de carácter descriptivo-propositivo, sustentada en un enfoque epistemológico hermenéutico-jurídico que combina la revisión documental de manera sistemática con un análisis crítico comparado. Esta metodología se divide en dos etapas: en la primera se realiza el compendio de información de índole descriptiva tanto del *blockchain* como de la contratación estatal; para ello, se realizó una búsqueda de bibliografía en bases de datos, tanto de acceso público como restringidas, concretamente Scopus, SciELO y Dialnet, con literatura publicada entre 2018 y 2025 y normativa colombiana vigente, identificando principalmente términos y fuentes base. Para ello se definieron tres categorías de análisis: (i) caracterización tecnológica del *blockchain*, (ii) marco normativo y constitucional de la contratación estatal,

*Artículo resultado del proyecto de investigación “Blockchain como coadyuvante para la selección del contratista en el proceso de Contratación Estatal” desarrollado en el marco de la Maestría Contratación Estatal, Facultad de Derecho, de la Universidad de Medellín, (Medellín, Colombia).

y (iii) límites jurídicos a la automatización de la selección.

En la segunda etapa se acudió a métodos propositivos, mitigando sesgos de índole cultural inherentes a la no adopción de tecnologías como el *blockchain* o sesgos de conocimientos previos, para finalmente darle respuesta a la pregunta: ¿De qué manera el *blockchain* puede coadyuvar en la selección del contratista en el proceso de contratación estatal? Como resultado de este ejercicio investigativo, el artículo propone un modelo arquitectónico funcional de *blockchain* que articula cinco capas funcionales: una de infraestructura, protocolo, smart contracts, interoperabilidad e interfaz, y una capa transversal de gobernanza institucional, identificando los dominios en los que la automatización es jurídicamente viable y aquellos que permanecen reservados al juicio humano motivado.

Como objetivos de esta investigación se estructuraron los siguientes: Objetivo general: formular posibles métodos de aplicación de la tecnología *blockchain* como coadyuvante en la observancia de criterios de ponderación para la selección del contratista en el proceso de contratación estatal. Objetivos específicos: 1. Definir la tecnología del *blockchain* como herramienta tecnológica disruptiva. 2. Delimitar los criterios de ponderación para los procesos de selección del contratista en la contratación estatal en Colombia. 3. Proponer métodos de aplicación de la tecnología *blockchain* en los procesos de selección en la contratación estatal en Colombia.

Palabras clave:

blockchain, cadena de bloques, contratos inteligentes, contratación estatal, planeación, transparencia, gobernanza digital.

Abstract

The revolutionary *blockchain* technology has brought about significant transformations in various sectors of the economy and industry. In the specific field of government contracting, it could be employed to ensure adherence to principles such as transparency in contractor selection processes, efficiency, and the reduction of latent risks of corruption. The study limits its analysis to procurement methods that operate under competitive evaluation criteria, such as public bidding, simplified selection, merit-

based competition, and low-value procurement, and expressly excludes direct contracting, insofar as its exhaustive statutory grounds do not involve objective comparative evaluation among bidders and therefore require a differentiated research analysis. This technology, through smart contracts, promises to streamline and enhance the efficiency of state contracting processes, ensuring integrity and improving the traceability of contracts.

To address the primary objective, a qualitative methodology of a descriptive-propositional nature was structured and employed within a hermeneutic-legal epistemological approach that combines systematic documentary review with critical comparative analysis. This methodology was structured in two stages: first, a compilation of descriptive information on *blockchain* and government contracting was conducted. This involved a bibliographic search in both publicly accessible and restricted databases, specifically Scopus, Web of Science, SciELO, and Dialnet, using literature published between 2018 and 2025, as well as current Colombian regulations, primarily identifying terms and key sources.

For this purpose, three categories of analysis were defined: (i) technological characterization of *blockchain*, (ii) the regulatory and constitutional framework of public procurement, and (iii) legal limits to the automation of contractor selection. In the second stage, propositional methods were employed to mitigate cultural biases inherent in the non-adoption of technologies like *blockchain* or biases arising from prior knowledge. This was done to answer the question: How can *blockchain* contribute to contractor selection in the government contracting process? As a result of this research exercise, the article proposes a functional *blockchain* architectural model for SECOP that articulates five layers—infrastructure, protocol, smart contracts, interoperability, and interface—together with a cross-cutting institutional governance layer, identifying the domains in which automation is legally feasible and those that remain reserved for reasoned human judgment.

To develop this research, the following objectives were structured: General objective: To propose potential methods for applying *blockchain* technology as an aid in ensuring compliance with weighting criteria for contractor selection in the government contracting

process. Specific objectives: 1. Define *blockchain* technology as a disruptive technological tool. 2. Outline the weighting criteria for contractor selection processes in government contracting in Colombia. 3. Propose methods for applying *blockchain* technology in contractor selection processes within Colombian government contracting.

Keywords:

blockchain, planning, state contracting, smart contracts, transparency, digital governance.

Resumo

A tecnologia revolucionária do *blockchain* promoveu grandes transformações em diferentes setores da economia e da indústria, e, no âmbito específico das contratações públicas, poderia ser utilizada para garantir o cumprimento de princípios como a transparência nos diversos processos de seleção de contratados, a eficiência e a redução de possíveis riscos latentes de corrupção. O estudo limita sua análise às modalidades de seleção que operam com critérios de ponderação competitiva, tais como licitação pública, seleção abreviada, concurso por mérito e valor mínimo, e exclui expressamente a contratação direta, na medida em que suas causas exaustivas não envolvem processos de ponderação objetiva entre proponentes e, portanto, requerem uma análise diferenciada de investigação. Essa tecnologia, por meio dos contratos inteligentes, promete agilizar e garantir a eficiência dos diferentes processos de contratação pública, assegurando a integridade e melhorando a rastreabilidade dos contratos.

Com o objetivo de abordar o tema principal, foi estruturada uma metodologia qualitativa de caráter descritivo-propositivo, fundamentada em uma abordagem epistemológica hermenêutico-jurídica que combina a revisão documental de forma sistemática com uma análise crítica comparativa. Essa metodologia divide-se em duas etapas: na primeira, realiza-se a compilação de informações de caráter descritivo tanto sobre o *blockchain* quanto sobre a contratação pública; para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em bancos de dados, tanto de acesso público quanto restrito, especificamente Scopus, Scielo e Dialnet, com literatura publicada entre 2018 e 2025 e a legislação colombiana vigente, identificando principalmente termos e fontes de referência. Para isso, foram

definidas três categorias de análise: (i) caracterização tecnológica do *blockchain*, (ii) marco normativo e constitucional das contratações públicas e (iii) limites jurídicos à automação da seleção.

Na segunda etapa, foram utilizados métodos propositivos, mitigando vieses de natureza cultural inerentes à não adoção de tecnologias como o *blockchain* ou vieses decorrentes de conhecimentos prévios, para, finalmente, responder à pergunta: De que maneira o *blockchain* pode contribuir para a seleção do contratante no processo de contratação pública? Como resultado desse exercício de investigação, o artigo propõe um modelo arquitetônico funcional de *blockchain* que articula cinco camadas funcionais: infraestrutura, protocolo, smart contracts, interoperabilidade e interface, além de uma camada transversal de governança institucional, identificando os domínios nos quais a automação é juridicamente viável e aqueles que permanecem reservados ao julgamento humano motivado.

Os objetivos desta pesquisa foram estruturados da seguinte forma: Objetivo geral: formular possíveis métodos de aplicação da tecnologia *blockchain* como auxiliar no cumprimento dos critérios de ponderação para a seleção do contratante no processo de contratação pública. Objetivos específicos: 1. Definir a tecnologia *blockchain* como ferramenta tecnológica disruptiva. 2. Delimitar os critérios de ponderação para os processos de seleção de contratados nas contratações públicas na Colômbia. 3. Propor métodos de aplicação da tecnologia *blockchain* nos processos de seleção nas contratações públicas na Colômbia.

Palavras-chave:

blockchain, cadeia de blocos, contratos inteligentes, contratação pública, planejamento, transparência, governança digital.

Introducción

La sociedad, en su continua dinámica de evolución y desarrollo, demanda innovación en los diferentes sectores de interacción en los que interviene; ahora bien, en el marco del desarrollo de la transformación digital del Estado, algunos gobiernos han avanzado paulatinamente en la implementación de infraestructuras digitales y, en años recientes,

en la adopción de tecnologías emergentes como el *blockchain*. Sin embargo, para el caso de Colombia no varía dicha demanda de renovación y actualización tecnológica, en especial en la utilización de esta en los procesos que desarrollan las entidades estatales.

En esa misma línea de innovar en la tecnología aplicable en los sistemas utilizados en la contratación estatal, Colombia ha ido emergiendo en temas tales como el Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOPI), la publicación de los procesos de contratación, las plataformas de comercio electrónico, la firma electrónica, entre otros, los cuales ya se encuentran regulados en nuestra normativa actual; sin embargo, en ese proceso de constante cambio de la sociedad han surgido nuevas tecnologías que permitirían facilitar el uso de diversos procesos que aún se encuentran sin actualizar.

Así las cosas, en Colombia actualmente se presentan aún métodos tradicionales en la contratación estatal que no abordan el desarrollo de nuevas tecnologías que podrían significar agilidad en procesos previos a la suscripción del contrato estatal, análisis de manera objetiva de los requisitos legales y asignación de puntajes a los posibles adjudicatarios en contratos, reducción de la corrupción al momento de adjudicación y ejecución de los contratos. En efecto, si bien las normas que han regulado la materia han introducido reformas significativas en principios tales como la eficiencia y la transparencia, aún están latentes los riesgos de corrupción, direccionamiento de pliegos, manipulación de propuestas e inclusive discrecionalidad en la evaluación.

Desde una perspectiva comparada más amplia, la literatura internacional evidencia que la tensión entre automatización y garantías procedimentales no es exclusiva del ordenamiento colombiano. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha señalado, a través de sus recomendaciones sobre gobernanza digital, como la del 2020, la necesidad de repensar las instituciones públicas en la era digital, promoviendo administraciones más eficientes, inclusivas y confiables mediante la incorporación estratégica de tecnologías emergentes. Posteriormente, en la Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe del 2024, la OCDE profundizó el análisis sobre las start-ups de GovTech, entendidas como modelos de innovación pública basados en el uso de tecnologías

digitales, la interoperabilidad institucional y la colaboración entre el sector público y empresas tecnológicas para optimizar la prestación de servicios estatales y fortalecer la transparencia administrativa.

En este contexto, tecnologías como *blockchain* y los *smart contracts* han comenzado a ser analizadas como mecanismos capaces de automatizar etapas verificables de los procedimientos de contratación pública, especialmente en actividades relacionadas con la validación documental, la trazabilidad de actuaciones y la ejecución automática de condiciones previamente parametrizadas. Sin embargo, se siguen identificando tensiones con la auditabilidad de los algoritmos, así como brechas de acceso tecnológico que podrían generar barreras asimétricas dentro de los procesos de contratación pública. En consecuencia, la doctrina jurídica colombiana sobre contratación estatal aún presenta una limitada articulación entre los debates sobre gobernanza algorítmica, transformación digital del Estado y tecnologías *blockchain* aplicadas a la selección objetiva del contratista, lo que constituye el principal vacío científico que motiva la presente investigación.

Así las cosas, para dar aplicabilidad a dichas tecnologías, se hace necesario rediseñar el marco normativo para facilitar su funcionamiento, toda vez que la legislación actual no contempla el desarrollo de tecnologías tales como *blockchain*.

Teniendo en cuenta los beneficios que implica el uso del *blockchain* en las diferentes etapas, se considera pertinente abordar en el presente artículo la importancia que traería este en la etapa de selección del contratista.

Ahora bien, para analizar la aplicabilidad del *blockchain* en la actualidad en Colombia, se hace necesario verificar la legislación que actualmente regula la contratación estatal; en esa medida y, en primera instancia, se debe analizar la normativa a través del Código Civil Colombiano, el cual ha establecido cómo se clasifican los contratos, instaurando tres tipos: reales, consensuales y solemnes. Los reales son aquellos que se perfeccionan con la entrega de una cosa; ahora bien, en lo referente a los contratos consensuales, son aquellos que se perfeccionan con el mero consentimiento; respecto a los contratos solemnes, son aquellos que deben cumplir con ciertas formalidades que establece la ley.

De igual manera, en el Estatuto General de Contratación se han determinado de forma taxativa cuáles son las solemnidades a las que se debe recurrir para poder suscribir los contratos que se encuentran sujetos a dicha normativa. Las solemnidades en la contratación estatal implican que, previo a poder llegar a la suscripción del contrato que es objeto de interés de la entidad contratante, se dio cumplimiento a criterios de ponderación que dan observancia a principios tales como el de selección objetiva, transparencia, responsabilidad, igualdad y economía.

Consecuencialmente, y debido al cambio de la sociedad, la Ley 80 de 1993 ha sufrido algunas modificaciones, pero, frente a la actual revolución tecnológica, podría encontrarse obsoleta en algunos aspectos; ya que, para la realidad existente de ese entonces no era concebible utilizar tecnologías como las que hoy se encuentran disponibles en nuestro mundo actual.

Por lo cual, se considera al *blockchain* como una manera de evaluar los criterios de selección de los contratistas, como una solución emergente a la actualización de tecnologías de la sociedad, a través de las cadenas de bloques que se establezcan respecto de cada proceso de contratación, en aras de valorar la importancia de dar observancia a los principios, así como de ofrecer una solución a los riesgos de corrupción actuales.

En este punto, la revisión sistemática de la literatura permite identificar vacíos en la producción jurídica colombiana sobre el tema, en cuanto a una carencia de análisis crítico comparado que dialogue con experiencias internacionales documentadas; de igual manera, existe una insuficiente discusión sobre la validez jurídica de los *smart contracts* a la luz del ordenamiento jurídico colombiano; asimismo, se evidencia la ausencia de modelos arquitectónicos concretos que articulen el *blockchain* con el ecosistema institucional colombiano, particularmente con el SECOP. No obstante, esto implica la necesidad de establecer marcos normativos que modifiquen la regulación actual.

Por lo tanto, el *blockchain* es un sistema que permite reducir los riesgos de corrupción en tres aspectos previos a la suscripción del contrato, que son de gran relevancia: en primera instancia, con los pliegos definitivos que fueron publicados, ya que, de ninguna manera, estos podrán ser modificados

salvo por adendas; en segunda instancia, a través de propuestas encriptadas, dado que estas no podrán ser modificadas, alteradas o manipuladas; en tercer lugar, el sistema es quien evalúa y publica los resultados, otorgando puntaje automático, sin necesidad de que un ser humano evalúe el mismo.

Con respecto a la necesidad latente de la sociedad de actualizar los diferentes procesos en la contratación estatal, por medio de tecnologías que solucionan temas tales como la corrupción y la disminución de términos debido al aumento de agilidad en los procesos, el *blockchain* brinda apertura a una tecnología que no se puede descartar, que, si bien generaría costos a corto plazo, los disminuye a largo plazo, en cuanto a la reducción de tiempos del personal que interviene en los procesos de selección de contratación, así como en el proceso de aminorar la corrupción.

Blockchain y sus componentes tecnológicos esenciales

Para comprender su potencial aplicación institucional, esta sección define el *blockchain*, sus orígenes criptográficos, describiendo sus componentes estructurales, tipos de red y plataformas de desarrollo, con énfasis en los *smart contracts* como mecanismo de ejecución automática de condiciones previamente establecidas.

Al momento de definir el *blockchain*, podemos encontrar diversos conceptos que pueden esclarecer el uso que tiene este, el cual no es único ni excluyente, sino que, antes bien, se encuentra diversificado en plataformas que usan lenguajes diferentes, dependiendo de la utilización que se le quiera dar.

Para hablar de los orígenes del *blockchain* es necesario abordar conceptos previos como la criptografía moderna y la cadena de bloques. En lo que corresponde a la criptografía moderna, esta se vio ampliamente influenciada por las blind signatures de David Chaum, quien, a su vez, en su tesis doctoral habló de la privacidad de sistemas digitales. De igual manera, el concepto de cadena de bloques tuvo su origen con Stuart Haber y W. Scott Stornetta, de manera tal que usaron seguridad criptográfica para almacenar información a través de cadena de bloques.

Pero no fue hasta 2008 cuando apareció, con

Satoshi Nakamoto, el Bitcoin y así surgió y se consolidó el *blockchain* en la manera en que actualmente lo conocemos.

Referido este contexto histórico, el *blockchain* puede definirse como una tecnología de contabilidad distribuida que establece un sistema descentralizado de confianza colectiva mediante soluciones matemáticas de consenso entre las partes involucradas ((Wenhua et al., 2023).), cuya unidad básica es el bloque de información identificado por un hash, que corresponde al número que identifica al bloque, el cual es único e irrepetible y que a su vez encadena cada registro con el anterior, haciendo imposible su alteración sin que todos los nodos de la red lo detecten (Ramírez, 2020).

Para el caso de la tecnología *blockchain*, la seguridad que proporciona surge en la creación de la cadena de bloques, que a su vez se basa en una estructura descentralizada.

Aunado a lo anterior y tal como lo ha definido Luzia Menegotto Frick De Moura, el *blockchain* funciona como un algoritmo que replica cada operación en diversos servidores que la validan por consenso (Moura, 2018). Esto implica que ningún nodo actúa de manera aislada, por lo cual un cambio en la red será detectado en la cadena de registro.

El *blockchain* corresponde a una base de datos que se encuentra protegida criptográficamente y organizada mediante cadena de bloques, por lo cual *blockchain* cumple una función de autoprotección, lo que facilita una estructura que opera de manera descentralizada, a través de mecanismos de consenso tales como PoW (*Proof of Work*) o PoS (*Proof of Stake*), en los cuales los nodos validan y adicionan el siguiente bloque en la cadena. Una vez los nodos validan esta cadena, las transacciones en ese bloque son inmutables, de tal manera que lo registrado no puede ser modificado de manera retroactiva si no existe consenso en la cadena de bloques.

Así las cosas, la cadena de bloques contiene, según Juan Pablo Valencia Ramírez:

Información: en materia de transferencias de valor, el bloque contiene, Emisor - Receptor - Fecha - Hora: minuto y segundo - Cantidad y en general la secuencia que ha seguido dicha transacción. Hash: es el número que identifica al bloque, se trata de un número

único e irrepetible que cada bloque contiene, más el número del bloque anterior, esto permite que se forme la cadena. Este número de “identificación” va a depender de la información que el contenga, si la información se cambia el número también lo hará y romperá la cadena y todos los participantes de la red se darán cuenta del intento de fraude (Valencia-Ramírez, 2020, p. 49).

Teniendo en cuenta lo anteriormente referenciado, encontramos que la cadena de bloques se encuentra conformada por una información que contiene ciertos datos según la secuencia que ha seguido la transacción; en lo que respecta al hash, se trata de la manera de identificar el bloque, creando así una cadena de bloques.

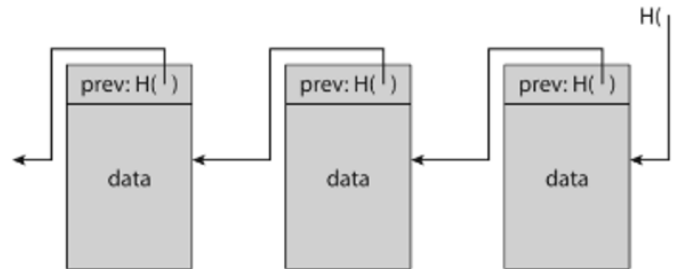
En lo que respecta a la cadena de bloques de información con los apuntadores hash, que se conectan con los anteriores, se puede observar el siguiente gráfico, que sirve como fuente de explicación de cómo se encuentran conectadas estas cadenas de bloques y la manera en que transmiten la información, véase la figura 1:

No obstante, los elementos básicos para conocer los componentes básicos del *blockchain* se clasifican en:

- Un nodo: puede ser un ordenador personal o, según la complejidad de la red, una megacomputadora. Con independencia de la capacidad de cómputo, todos los nodos han de poseer el mismo software/protocolo para comunicarse entre sí. De otro modo, no podrán conectarse ni formar parte de la red de una *blockchain*, sea esta pública, privada o híbrida. Si en una *blockchain* pública estos nodos no tienen por qué identificarse, en una *blockchain* privada los nodos se conocen entre sí, pudiendo también ser iguales entre ellos.
- Un protocolo estándar: en forma de software informático para que una red de ordenadores (nodos) pueda comunicarse entre sí. Existen protocolos muy conocidos, como el TCP/IP para Internet o el SMTP para el intercambio de correos electrónicos. El protocolo de una *blockchain* funciona de la misma forma: otorga un estándar común para definir la comunicación entre los ordenadores participantes en la red.

Figura 1

Block chain. A block chain is a linked list that is built with hash pointers instead of pointers.



Fuente: Narayanan et ál. (2016).

- Una red entre pares o P2P (*Peer-to-Peer*, en inglés): se trata de una red de nodos conectados directamente en una misma red. Un ejemplo muy conocido de red P2P es BitTorrent.
- Un sistema descentralizado: a diferencia de un sistema centralizado, donde toda la información está controlada por una única entidad, aquí son todos los ordenadores conectados los que controlan la red porque todos son iguales entre sí; es decir, no hay una jerarquía entre los nodos, al menos en una *blockchain* pública. En una privada sí puede haber jerarquía (Domingo, 2018).

Por ende, se encuentra que, basados en un algoritmo con clave, conocido como criptografía, la cual cumple con un método de codificación segura. Ahora bien, en lo que respecta a la cadena de bloques, diseñada para almacenar registros, una vez validada según lo que anteriormente fue definido, se continúa con la emisión de la siguiente cadena de bloques, de manera que no existe la posibilidad de que se genere mutabilidad. El *blockchain* es una herramienta tecnológica que reduce el número de intermediarios en procesos de transacción, mitigando amenazas de seguridad y las posibles vulneraciones que se pueden presentar con el uso de tecnologías diferentes al *blockchain*.

Para ilustrar mejor, el *blockchain* tiene diversos usos; el más conocido de ellos es el de las criptomonedas, la más relevante de las cuales es Bitcoin. Entre otros usos, encontramos los *smart contracts*, que se utilizan para la automatización de

procesos y transacciones; la identidad digital, que utiliza la plataforma Sovrin y otras para verificar la identidad en línea de manera segura, así como sistemas de autenticación para prevenir el fraude; la votación electrónica, que puede ser utilizada en procesos electorales para disminuir el fraude electoral y garantizar procesos sujetos a la transparencia; la propiedad intelectual, donde permite registrar patentes que garanticen la autoría de las creaciones; la inteligencia artificial y el Big Data, donde proporciona la inmutabilidad e integridad de los sistemas de información; entre otros usos, como la creación de redes sociales, cadenas de suministro y hasta el sector inmobiliario.

Generalmente, estos sistemas se encuentran en aplicaciones descentralizadas denominadas dApps, como es el caso de Bitcoin, las finanzas descentralizadas, las redes sociales y los *smart contracts*. Esta descentralización garantiza que no se ejecuten aplicaciones en servidores centralizados, sino que estén distribuidas por una red de nodos, evitando puntos únicos de falla del sistema, así como garantizando la inmutabilidad.

Habría que decir también que existen plataformas de *blockchain* que pueden servir para transacciones con criptomonedas, *smart contracts* y dApps; las más destacadas son: Bitcoin, que corresponde a un sistema de alta seguridad y tiene como propósito transacciones de criptomonedas; Ethereum, la cual es muy utilizada para el desarrollo de *smart contracts*; NEO, que permite desarrollar *smart contracts* y

dApps, al igual que TEOS, Avalanche, Solana, Binance Smart Chain o BSC, Cardano, entre otros, que permiten el desarrollo de contratos inteligentes; Hyperledger, el cual es muy útil en cadenas de suministro y soluciones empresariales.

En lo que corresponde a las plataformas de desarrollo, Ethereum constituye una de las más relevantes para el uso del *blockchain* e implementación de los *smart contracts*. Ethereum es definida de la siguiente manera por Metcalfe:

Ethereum tiene decenas de miles de nodos funcionando en un momento específico. Cada nodo se encarga de almacenar una copia idéntica de todos los registros de transacciones. El nodo que valida el siguiente lote de transacciones, denominado bloque, se denomina nodo de minería. Los bloques son a su vez validados por cada nodo de minería. (Metcalfe, 2020, p. 84)

Queda por aclarar que, para el desarrollo de la tecnología *blockchain*, si bien existen plataformas, estas hacen uso de lenguajes y, entre estos, encontramos lenguajes de programación tales como Python, Solidity, JavaScript, Vyper, C++, Rust, Golang y Java.

En lo correspondiente a Python, es muy popular el uso de este, debido a su sintaxis clara y sencilla que permite desarrollar el *blockchain*, dado que “se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, fuertemente tipado, multiplataforma y orientado a objetos” (González Duque, 2011, p 6).

Respecto a Solidity y JavaScript, ambos son muy usados para el desarrollo o como método para interactuar con *smart contracts*, los cuales operan en Ethereum. Solidity es el principal lenguaje utilizado en la programación para estructurar los smart contracts en Ethereum. En lo que respecta a JavaScript, se utiliza para desarrollar aplicaciones web, permitiendo la interactividad del cliente y del servidor.

Vyper es una alternativa diferente a Solidity que se usa para Ethereum, toda vez que es menos complejo, es de fácil lectura y escritura, y tiene una sintaxis de menor complejidad. Vyper es compatible con Ethereum, pero no tiene la amplitud para ser adoptado como Solidity.

El lenguaje de programación C++ es versátil y otorga amplia capacidad para proporcionar controles detallados en el sistema. Por lo cual, el *blockchain* utiliza diferentes plataformas y lenguajes dependiendo de la necesidad que se tenga para hacer uso de este.

La revolucionaria prerrogativa del sistema se encuentra en que esta modalidad de tracto no es, a diferencia del registral decimonónico, manejable, falsificable, alterable o manipulable por persona o servidor público alguno. En la cadena de bloques no impera un administrador central de la base de datos, por lo que no existe riesgo de destrucción o manipulación de los computadores, servidores o registros centrales. (López-Jiménez, 2019, p. 198)

A través del *blockchain* se evita el desarrollo de actividades fraudulentas, debido a que fortalece la seguridad en los procesos donde se encuentre siendo utilizado, por lo cual es un sistema que, a través de su cadena de bloques basada en una codificación segura, crea medios inalterables que se encuentran debidamente protegidos por medio de mecanismos criptográficos.

Hay que mencionar además que el *blockchain* puede representar gran seguridad en los sistemas de información por los grandes controles de seguridad que maneja lo cual es importante teniendo en cuenta los grandes riesgos que asumen las entidades que prestan servicios a su comunidad, lo cual puede comprometer la confidencialidad e integridad de la información que poseen (Quintana-Cortés, 2020).

De otro lado, es importante resaltar que el *blockchain* no es solo un sistema que se pueda utilizar para transacciones, en el cual se conoce y se ha venido empleando por la amplia seguridad que este representa. No obstante, no es un único método para realizar transferencias de manera segura y confiable, sino que es más que ello.

Tales son las diversas aplicaciones que tiene la tecnología del *blockchain*, que a su vez puede ser utilizada en la integración con el mundo real, tales como los *smart contracts* o contratos inteligentes definidos como mecanismos de ejecución de obligaciones que operan de manera automática ante la verificación del cumplimiento de una condición previamente establecida (Padilla Sánchez, 2020).

De igual modo, basados en la capacidad para generar nuevos bloques, las redes se dividen en “sin permisos” o permissionless y “con permisos” o permissioned. Dadas estas características se puede dividir en tres tipos fundamentales el *blockchain*: *blockchain* pública, en la que cualquier persona puede acceder, crear bloques y participar en la validación; en lo que respecta al *blockchain* de consorcio este es controlado por un conjunto de nodos preseleccionados y puede ser pública o restringida; por último, la *blockchain* privada en la cual los permisos de lectura son públicos o restringidos, pero la cadena de bloques es centralizada en una organización (Monllau Jaques, 2018).

En cuanto a la importancia de los smart contracts, como representación de los diferentes usos del *blockchain*, es importante detallar que:

Las modificaciones que se ejecuten en el *blockchain* y los contratos inteligentes quedaran registradas y al alcance de todos los nodos que forman parte de la cadena de bloques. Esto quiere decir que al impulsar el uso de esta tecnología en principio todos los ciudadanos podrían formar parte de la red de modo y la información sería público. (Figueroa Castillo, 2021, p. 105)

Aunado a lo anteriormente informado:

una vez se haya registrada la información de una operación, esta no se puede cambiar sin que el público se dé cuenta de los cambios realizados. Sin duda, este sería un gran inconveniente para el usuario que aproveche ilícitamente del sistema, pues al quedar todo grabado no podrá ocultar los cambios realizados. (Figueroa Castillo, 2021, p. 105)

Cabe señalar entonces que la tecnología del *blockchain* facilita la seguridad, imparcialidad y transparencia de los procesos de selección a través de una cadena de bloques que permite que no existan cambios en la información por registrar, así como mecanismos de transferencias seguras y transparentes.

La contratación estatal en Colombia

Las características técnicas abordadas respecto al *blockchain* en el capítulo anterior, particularmente en temas como la inmutabilidad de los registros, la

descentralización de la información, la trazabilidad documental de los registros y, de igual manera, los mecanismos de validación distribuida permiten advertir la potencial aplicación dentro de los procesos de contratación estatal.

Lo anterior cobra especial relevancia en el contexto de la contratación estatal en Colombia, donde el régimen de contratación pública se encuentra estructurado sobre principios como la transparencia, la publicidad, la selección objetiva y la eficiencia administrativa, los cuales dependen en gran medida de la integridad y la confiabilidad de la información que circula durante las diferentes etapas contractuales.

Bajo esta perspectiva, resulta necesario analizar la evolución normativa de la contratación estatal colombiana y los principios que orientan sus diferentes etapas; por ello, en este capítulo se abordarán las grandes reformas que se introdujeron en la contratación estatal en Colombia en diferentes normativas, haciendo énfasis en aquellas relacionadas con la transparencia, la publicidad, la selección objetiva y el uso de herramientas tecnológicas en las diferentes etapas contractuales. Asimismo, se desarrollarán las diferentes etapas del proceso de contratación, haciendo una síntesis de ellas, con el propósito de identificar los principales riesgos asociados a la gestión de la información, la trazabilidad documental y el control de las actuaciones administrativas. Lo anterior permitirá, en el capítulo siguiente, analizar la potencial incorporación de tecnologías *blockchain* como un mecanismo de fortalecimiento de los principios de transparencia, integridad y confianza en la etapa precontractual.

Bien ha sido regulada en nuestra normativa a través de la Constitución Política de Colombia la finalidad esencial del Estado, estableciendo por medio del artículo 209 la función administrativa:

La función administrativa está al servicio de los intereses generales y se desarrolla con fundamento en los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad, mediante la descentralización, la delegación y la desconcentración de funciones.

Las autoridades administrativas deben coordinar sus actuaciones para el adecuado

cumplimiento de los fines del Estado. La administración pública, en todos sus órdenes, tendrá un control interno que se ejercerá en los términos que señale la ley. (CP, 1991, art. 209, Col.)

Aunado a lo anteriormente referenciado, a través de la Ley 80 de 1993 se ha buscado crear un régimen de la contratación estatal, por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. A través de esta ley se buscaba establecer las reglas y principios que fueran aplicables a toda la contratación estatal, así como establecer principios que posteriormente fueron regulados por normativa que buscaba clarificar los mismos y establecer un régimen de aplicabilidad dentro de las diferentes etapas contractuales, de tal manera que se establecieran claros parámetros de estos.

Posteriormente, a través de la Ley 1150 de 2007, “Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos”, se introdujeron reformas significativas en lo que corresponde a mejorar la eficiencia, la transparencia y la selección objetiva; además, se introdujeron modelos de selección adicionales, así como se promovió en la misma el uso de plataformas tecnológicas tales como el SECOP, de conformidad con lo dispuesto en la normativa anterior por medio de la Ley 527 de 1999.

Ahora bien, en lo que corresponde al principio de Selección Objetiva en el artículo 5° de la Ley 1150 de 2007, se rediseñó el principio, teniendo en cuenta criterios que fueron posteriormente adicionados por el artículo 88 de la Ley 1474 de 2011 y modificados por el artículo 5° de la Ley 1882 de 2018.

Posteriormente, se encuentran reformas que fueron realizadas por medio de la Ley 2195 de 2022 en el marco de la contratación estatal, donde se desarrollan medidas en materia de transparencia y lucha contra la corrupción, tales como la obligación de publicar en el SECOP para entidades no sometidas al Estatuto de Contratación Estatal. La incorporación progresiva de herramientas tecnológicas en la contratación estatal evidencia que el ordenamiento jurídico colombiano ha transitado hacia modelos de contratación digital basados en la publicidad y el acceso a la información; sin embargo,

persisten problemáticas relacionadas con la alteración documental, la trazabilidad de las actuaciones, la fragmentación de la información y los riesgos de direccionamiento contractual.

Estos principios, ampliamente especificados en la Ley 80 de 1993, son base fundamental en los procesos de contratación y deben aplicarse en los diferentes procesos de selección de los contratistas.

La contratación estatal o el contrato estatal constituye un instrumento jurídico mediante el cual el Estado busca satisfacer las necesidades colectivas y de esta manera materializar los fines esenciales de la administración pública. En ese sentido el contrato estatal no puede entenderse de manera única como “un acuerdo de voluntades, dado entre una Entidad Estatal como contratante, y un particular como contratista por regla general, con el objeto de cumplir con un fin del Estado; siendo la satisfacción de este fin, el cometido” (Restrepo-Montoya, 2020). Esta característica adquiere especial importancia en la actualidad donde la gestión de la información contractual, así como la confiabilidad de los procesos de selección han comenzado a vincularse con herramientas tecnológicas de validación y trazabilidad digital.

Por lo cual, el contrato estatal surge de la necesidad del Estado de satisfacer un fin esencial, por lo que en el contrato debe quedar plasmado el objeto del mismo de manera clara y precisa.

En este orden de ideas, hay que tener claro que la Administración no goza de discrecionalidad per se para contratar, porque dada la naturaleza del interés público que se pretende satisfacer, debe acudir a la adjudicación sujeta como todo proceso de escogencia del contratista al principio de selección objetiva y de transparencia consagrados en el artículo 209 constitucional (Nieves-López, 2017).

El proceso de contratación inicia por medio de una necesidad que debe satisfacer el interés general y que el Estado está en la obligación de subsanar, por lo cual se contemplan tres etapas en los procesos de contratación de las diferentes entidades estatales: la precontractual, la contractual y la postcontractual.

Se comprende el contrato estatal como el acto jurídico a través del cual un sujeto particular, llamado contratista se obliga con la entidad estatal contratante a una determinada prestación que puede

ser de dar, hacer o no hacer (Forero Hernández, 2020), cuya finalidad esencial es la satisfacción del interés general a través de un régimen de derechos y obligaciones (Forero Hernández, 2023). Esta naturaleza jurídica es determinante para los fines de la presente investigación: si el contrato estatal existe para satisfacer el interés general bajo un régimen reglado de obligaciones, entonces las herramientas tecnológicas que coadyuvan a la administración deben ser evaluadas para lograr eficiencia y preservar garantías jurídicas en favor de la administración y la ciudadanía.

Así las cosas, en la etapa precontractual se identifican momentos como la fase de planeación, donde es la entidad estatal la llamada a realizar un proceso de análisis para conocer el objeto del proceso que se desarrollará; también en esta etapa se genera una fase de invitación, es decir, donde se publican los estudios previos y los pliegos de condiciones. Por último, se presenta la etapa donde se selecciona el contratista y así se finaliza esta etapa cuando se da la adjudicación del contrato.

La fase de planeación se encuentra regida por el principio que contiene el mismo nombre, cuya función dentro del proceso contractual es garantizar que la entidad estatal identifique con precisión la necesidad a satisfacer, defina los criterios de selección con suficiente anticipación y estructure los estudios previos y pliegos de condiciones sobre bases técnicas y jurídicas verificables (Aponte Díaz, 2014).

Este principio es fundamental para los fines de esta investigación porque es precisamente en la fase de planeación donde se parametrizan los criterios que un sistema *blockchain* codificaría en los *smart contracts*, por lo cual, si la parametrización es deficiente, incompleta o sesgada, la automatización del proceso no corregirá el error, sino que lo ejecutará de la manera en que fue codificado.

Como se logra vislumbrar, en dicha etapa de planeación convergen varios principios, entre los cuales se encuentran el de transparencia, la selección objetiva y la planeación, que están regulados en nuestra normativa colombiana. En dicha etapa es la entidad estatal la que verifica cuál es la modalidad de selección aplicable al caso específico, atendiendo a lo establecido en la Ley 1150 de 2007.

En ese sentido, se ha precisado que el principio de planeación opera como un eje articulador

de las diferentes etapas del proceso contractual, determinando los insumos necesarios, los responsables y posibles riesgos (Amaya Rodríguez, 2016). Esta precisión en los procesos de selección es primordial en un sistema *blockchain*, ya que los criterios de evaluación deben estar completamente definidos y codificados antes de la apertura del proceso, sin posibilidad de ajuste posterior, lo que convierte al principio de planeación no solo en un requisito jurídico sino en una condición técnica de viabilidad del sistema automatizado.

Pues bien, los principios que convergen en las etapas de la contratación estatal y, en especial, en la etapa de selección del contratista, han tenido especial desarrollo en la normativa vigente, siendo adicionados o modificados en el transcurrir del tiempo.

La Corte Constitucional, en sentencia C-713 de 2009 respecto del principio de transparencia, mencionó que el objetivo de la Ley 1150 de 2007 es garantizar la transparencia y la eficiencia en los procesos de contratación que lleven a cabo las Entidades Estatales, evitando el direccionamiento de los mismos desde los pliegos de condiciones. (Quintero, 2014, p. 20)

Habría que decir también que, respecto al principio de selección objetiva, debe tenerse en cuenta que la finalidad esencial de la contratación traduce el supuesto constitucional de realización del interés general, por lo cual impone, como principio de ineludible observancia: la selección objetiva del contratista (Mantilla-Pallares, 2014).

En efecto, el principio de planeación responde al propósito de buscar eficiencia y efectividad en el procedimiento administrativo que, en contratación, obligaría a suponer la búsqueda de la optimización de los recursos (Jaramillo-Gómez, 2021).

En esta etapa precontractual se ha establecido, por medio de la Ley 1150 de 2007, en su artículo 8°, la obligación de publicar tanto los estudios previos como los pliegos de condiciones, los cuales se profundizarán más adelante.

Paralelamente, encontramos la elaboración del plan anual de adquisiciones, en la cual la entidad estatal está llamada a incluir las necesidades de contratación que se encuentran determinadas para el

año; así las cosas, este plan debe estar alineado con el presupuesto y las políticas de la institucionalidad; los estudios previos, que contienen un análisis detallado de la descripción de la necesidad que tiene la entidad estatal, aquí debe quedar expresamente plasmado y justificado lo que se va a contratar; en los pliegos de condiciones encontramos todos los requisitos de los oferentes, ya sean técnicos, financieros, entre otros, que garanticen que se cumplen de manera objetiva y transparente; estudios de mercado en los cuales se conocen las condiciones, precios de los proveedores y características que coadyuvan a la elaboración de los pliegos; posteriormente, una vez concluida la etapa de publicación y aclaraciones, se realiza la recepción y evaluación de las propuestas para, en última instancia, elaborar el acta de adjudicación de la propuesta que resultó ganadora del proceso de selección.

En lo que corresponde a la etapa contractual, es importante detallar previamente que los contratos se clasifican en reales, solemnes y consensuales, tal como se ha consagrado en el artículo 1500 del Código Civil colombiano:

El contrato es real cuando, para que sea perfecto, es necesaria la tradición de la cosa a que se refiere; es solemne cuando está sujeto a la observancia de ciertas formalidades especiales, de manera que sin ellas no produce ningún efecto civil; y es consensual cuando se perfecciona por el solo consentimiento. (Ley 84 de 1873, art. 1500, Col.)

Pero conviene precisar que el contrato estatal existe una vez hay un acuerdo entre el objeto que debe ser prestado y debe, por normativa, elevarse a escrito, toda vez que el contrato estatal específicamente es un contrato solemne, es decir, que goza de formalidades especiales, tal como se encuentra establecido en el artículo 39 de la Ley 80 de 1993, el cual establece:

Los contratos que celebren las entidades estatales constarán por escrito y no requerirán ser elevados a escritura pública, con excepción de aquellos que impliquen mutación del dominio o imposición de gravámenes y servidumbres sobre bienes inmuebles y, en general, aquellos que conforme a las normas legales vigentes deban cumplir con dicha formalidad. (Ley 80 de 1993, art. 39, Col.)

En la etapa contractual se vigila el cumplimiento y la ejecución del contrato. En relación con esta etapa contractual, se puede avizorar que se presentó la adjudicación a un contratista que, en el marco de los principios de transparencia, selección objetiva y planeación, cumplía con los requisitos para realizar la contraprestación, por lo cual, en la etapa de ejecución, existe la supervisión de los contratos en cumplimiento y desarrollo de este.

Referente a la supervisión del contrato “se desarrolla por parte de la entidad contratante cuando el seguimiento al contrato no requiera de conocimientos especializados, pero a quien se designe para cumplir las tareas de supervisión deberá ser idóneo para vigilar el cumplimiento del contrato” (Mármol, 2013).

Lo cierto es que también es en esta etapa de ejecución donde, debido al cumplimiento del contrato y las cláusulas establecidas en él, se realiza el pago en virtud de la culminación o avance del contrato, esto según lo consagrado en la Ley 80 de 1993, donde se establece en el numeral 1 que “Tendrán derecho a recibir oportunamente la remuneración pactada y a que el valor intrínseco de la misma no se altere o modifique durante la vigencia del contrato” (Ley 80 de 1993, art. 5, Col.).

Partiendo de lo anteriormente mencionado, es en esta etapa donde la entidad estatal está llamada a verificar el cumplimiento del contrato a través de la supervisión o el apoyo que esta designe. Una vez se dé observancia a los avances que se han pactado en el contrato, se realizarán los pagos en la manera en que efectivamente se hayan determinado en el contrato estatal.

Finalmente, se comprende que, la etapa postcontractual se da en virtud de la terminación del contrato (Bahamón Jara, 2018). Por lo cual, el inicio de la ejecución de la liquidación se define desde los estudios previos a partir del acta de recibo a satisfacción o acta final; o si las partes están de acuerdo con establecer una fecha diferente de inicio para la liquidación; o de no establecerse dentro del contrato dichas especificaciones, se entenderá que el término para iniciar la liquidación del contrato será a partir de la culminación de este por cualquier razón (Acosta, 2016).

Esta etapa postcontractual, aunque no constituye el objeto de la presente investigación, resulta relevante

para señalar que los registros generados por el sistema *blockchain* durante las etapas anteriores constituirían el soporte documental sobre el cual se realizaría la liquidación.

Por lo cual, se observa que en la contratación estatal se deben aplicar principios que son de especial importancia en el desarrollo de las diferentes etapas que conforman la contratación estatal. Debido a lo mencionado anteriormente, no se pueden desconocer principios a la hora de avanzar en los diferentes momentos que hacen parte de la contratación estatal, puesto que el inadecuado actuar de un funcionario puede traer consecuencias que generen responsabilidades a la entidad estatal.

No obstante, pese al amplio desarrollo normativo y jurisprudencial de los principios abordados en el presente capítulo, en la práctica de la contratación estatal continúan presentándose problemáticas relacionadas con la trazabilidad de las actuaciones administrativas, la integridad de la información contractual y los riesgos de alteración o direccionamiento en los procesos de selección. En ese sentido, los desafíos contemporáneos de la contratación estatal no solo exigen el cumplimiento formal de los principios jurídicos, sino también la implementación de herramientas tecnológicas que permitan fortalecer los mecanismos de control, verificación y confianza institucional.

Posibles formas de aplicación del *blockchain* en la contratación estatal en Colombia

En esta parte del artículo se analizarán algunas posibles formas de aplicación del *blockchain* en la contratación estatal colombiana, especialmente en actuaciones relacionadas con la etapa precontractual. En efecto, aunque el ordenamiento jurídico colombiano ha incorporado herramientas tecnológicas de gran importancia para garantizar la transparencia y la publicidad, aún persisten riesgos asociados al direccionamiento de procesos de contratación, la falta de trazabilidad de las modificaciones y las dificultades en el seguimiento de las actuaciones precontractuales. En este escenario, *blockchain* es una herramienta con potencial capacidad de fortalecimiento institucional en la contratación estatal, especialmente en aquellas actuaciones donde la transparencia y la verificabilidad

de la información constituyen elementos esenciales para la garantía del interés general.

Bajo este contexto, las tecnologías emergentes, como el *blockchain*, adquieren relevancia dentro de la contratación estatal colombiana, particularmente por su capacidad para garantizar la inmutabilidad de los registros, la trazabilidad documental y la transparencia en la gestión de la información contractual. Por este motivo, resulta pertinente analizar las posibles formas de aplicación del *blockchain* en la contratación estatal en Colombia, especialmente en aquellas actuaciones desarrolladas durante la etapa precontractual.

Con base en los elementos tecnológicos y normativos previamente desarrollados, esta sección examina las condiciones jurídicas y técnicas bajo las cuales el *blockchain* puede coadyuvar en la selección del contratista, presenta experiencias comparadas de implementación y propone un modelo arquitectónico de cinco capas articulado con el ecosistema institucional colombiano.

La incorporación del *blockchain* en el sector público no constituye una posibilidad especulativa sino una tendencia documentada, tal como lo ha definido Bernal, la Administración Pública también podría beneficiarse de estas tecnologías en las concesiones administrativas, en la contratación o en procesos internos (Bernal Blay, 2018).

Así las cosas, se abordó en el capítulo segundo del presente artículo la importancia, para la contratación estatal, de la observancia de principios tales como la transparencia, la planeación y la selección objetiva, que garanticen el debido proceso, para lo cual la tecnología *blockchain* podría coadyuvar de manera relevante en el desarrollo y aplicación de estos principios en las diferentes etapas de la contratación.

El *blockchain* podría aplicarse en la etapa de selección y ejecución del contrato; en lo correspondiente a la etapa de selección, la cual es la fase inicial o de planeación en la contratación, permite identificar y seleccionar al contratista de manera objetiva, dando observancia a los requisitos publicados, como los estudios previos y pliegos de condiciones, en los cuales se establecen características que permitirán seleccionar al contratista.

En la etapa de ejecución, los *smart contracts* se autoejecutan una vez verificado el cumplimiento de

las condiciones previamente acordadas, reduciendo la intervención humana en el seguimiento contractual y eliminando trámites burocráticos que actualmente generan demoras e incrementan el riesgo de irregularidades, la seguridad de este mecanismo se sustenta en el cifrado criptográfico asimétrico, que garantiza que solo las partes autorizadas pueden acceder, certificar y verificar la información contractual, dotando al registro de un valor probatorio superior al de los documentos tradicionales (Benítez-Eyzaguirre, 2021).

No obstante, el análisis detallado de esta etapa excede el objeto de la presente investigación, que se concentra en la fase de selección del contratista, por lo que su desarrollo queda planteado como una línea de investigación futura de especial relevancia institucional.

Por lo cual, los *smart contracts* pueden ser utilizados en la etapa de ejecución para verificar que se realice el pago una vez se garantice el porcentaje de cumplimiento que ha sido establecido en el contrato.

En efecto, los *smart contracts* son comúnmente usados tanto en la etapa de selección como de ejecución de un contrato ya que utilizan un lenguaje de programación que realiza una serie de tareas bajo unas instrucciones, por lo que el modo de cumplimiento solo tiene una única lectura sin llegar a discrepancias o errores, este lenguaje informático se ejecuta automáticamente si el desarrollo es el correcto, reduciendo los costes y el tiempo para su elaboración (García Mateo, 2018).

Ahora bien, la parte que será de especial enfoque en este capítulo es lo correspondiente al proceso de selección del contratista, atendiendo a principios tales como la transparencia, la planeación, la selección objetiva, entre otros, que actúan como principios rectores en la contratación estatal.

Se considera que la tecnología del *blockchain* podría revolucionar el proceso de selección del contratista, toda vez que, según lo mencionado en el capítulo anterior, las entidades estatales están en la obligación de establecer criterios públicos para seleccionar al contratista, cumpliendo con unos estudios previos y un pliego de condiciones donde sea claro el objeto que se desarrollará posteriormente en el contrato. Por lo cual, de manera consecuente, a través de esta tecnología se podrían establecer, en el lenguaje correspondiente, las características del proponente, al

cual posteriormente, según los códigos cifrados, se le adjudicará el contrato, siempre y cuando cumpla con los requisitos correspondientes.

Jenny Alexandra Triana Casallas, et al., definen un elemento adicional de especial relevancia en la tecnología *blockchain* en los procesos de licitación, el *blockchain* puede actuar como mecanismo de control de acceso a la información confidencial, de manera que ningún sujeto ajeno a la entidad contratante puede acceder a las propuestas hasta que el sistema habilite su apertura en el momento exacto y previamente establecido (Triana Casallas, 2020). Por su parte, Dutta et ál. (2020). sostiene que *blockchain* mejora la visibilidad, la transparencia, la automatización de procesos, la seguridad de los datos, la trazabilidad y la confianza entre los actores de una cadena de operaciones, especialmente cuando se busca reducir opacidad, asegurar integridad documental y facilitar auditorías sobre las decisiones de adjudicación.

Así las cosas, la licitación pública manejada por medios digitales, como por ejemplo los portales electrónicos de contratación y compra públicas, se puede hacer aún más transparente si se utiliza la tecnología *blockchain*. Para ello es necesario que la entidad gubernamental contratante publique y administre la licitación utilizando estas redes y por medio del uso de *smart contracts*, esto es, como código informático autoejecutable que establece las reglas para que las partes puedan interactuar entre sí, y que una vez programado, no puede ser modificado. De esta manera, la licitación se publica en línea, registrando cada paso del proceso en *blockchain*, garantizando que dichos registros serán inmutables e inalterables; los proponentes van siguiendo dichos pasos que van siendo habilitados por los contratos inteligentes, o conjunto de reglas autoejecutables, para entregar una oferta técnica, una oferta económica, hacer preguntas durante el proceso, denunciar irregularidades y solicitar rectificaciones, entre otros. En este sentido, por ejemplo, cualquier intento de los proveedores de aumentar o disminuir sus ofertas después de la presentación inicial se registraría automáticamente en *blockchain*, lo que por un lado dificultaría la posibilidad de su alteración y, por el otro, facilitaría la detección de posibles casos de corrupción. Otras irregularidades como la entrega de propuestas de modo extemporáneo, sería imposible puesto que el contrato inteligente rechazaría la transacción (Cetina, 2020).

El principal argumento que sirve como base para la adopción de tecnologías como *blockchain* es la gran capacidad que presenta para volver más eficientes los diferentes procesos que adelantan las entidades estatales, así como para garantizar un método descentralizado que almacene de manera segura y confiable la información.

Por ello, se ha utilizado el *blockchain* en diferentes países; uno de los principales que ha establecido estrategias para utilizar el *blockchain* ha sido Emiratos Árabes Unidos, que, a través de la “Dubai Blockchain Strategy”, busca ser gestionado mediante esta tecnología. La estrategia se basará en tres pilares estratégicos: eficiencia gubernamental, creación de industria y liderazgo internacional.

Entre otros ejemplos de practicidad, se observa Estonia, la cual ha sido pionera en utilizar *blockchain* en usos gubernamentales, lo que a su vez ha permitido la gestión de los diferentes registros que se encuentran enmarcados en la salud y ha permitido la evolución de servicios de índole gubernamental de manera electrónica, mejorando la seguridad de la información y, por supuesto, contribuyendo a la transparencia.

Georgia también ha implementado un registro de tierras por medio de una cadena de bloques. A su vez, Singapur ha sido un líder en el uso de tecnologías tales como *blockchain*, utilizándola en la verificación de cumplimientos normativos, pagos, identidad digital, entre otros, y estableciendo una normativa sólida para el uso de *blockchain* en este sector.

Para el caso de Colombia, se observa que existió un plan piloto en los procesos de contratación en la ciudad de Medellín, por medio del Programa de Alimentación Escolar.

El *blockchain* mostró aplicabilidad en varios aspectos de la contratación pública. En primer lugar, el mecanismo *blockchain* pseudoanonimiza los proveedores, pero no borra sus actuaciones dentro del proceso licitatorio, lo cual cierra la ventana para que se puedan conocer todos los proponentes y haya acuerdos irregulares entre empresas o entre un proponente y un funcionario para direccionar la licitación. Una vez que los términos de referencia de la licitación se hacen públicos, estos no pueden ser alterados. (Cetina, 2020, p. 7)

A su vez, se inició un proyecto con la Agencia Nacional de Tierras en 2022 que buscaba la digitalización de las propiedades en Colombia, lo que implicaba el Registro Nacional de Tierras.

Ahora bien, se observa que en Colombia se han realizado acercamientos a través del Ministerio TIC en cuanto a que se publicó una guía que sirve de referencia para la implementación de la tecnología *blockchain* en las entidades públicas, con el fin de apoyar el uso de estas tecnologías; esta guía contiene lineamientos y recomendaciones.

De igual manera, en la India se ha buscado incursionar con esta tecnología para la gestión de contratación en el sector público, a través de *smart contracts*, disminuyendo así la corrupción e incentivando la automatización para el cumplimiento de términos contractuales.

En Canadá se han realizado pruebas con *smart contracts* para asegurar pagos en la ejecución de contratos de proyectos públicos, así como la verificación de entregables, en aras de garantizar la transparencia en la ejecución del contrato.

Así como se observa, también se ha utilizado en países como Chile “*blockchain* ya se ha usado en calidad de piloto en Chile para certificar las órdenes de compra, de manera tal de lograr trazabilidad en el proceso de licitación o compras del gobierno” (Cetina, 2020).

Sin embargo, desde una perspectiva comparada, la Unión Europea ha avanzado y reconocido que la transformación digital del Estado exige una redefinición simultánea de los mecanismos de control, responsabilidad y garantía de derechos, mediante el Reglamento UE 2024/1689, mientras que en Colombia se han buscado desarrollar planes piloto que buscan soluciones tecnológicas puntuales, sin consolidar paralelamente una estrategia de gobernanza digital que las articule con los principios constitucionales de la función administrativa.

Es precisamente en ese espacio entre el derecho administrativo consolidado y la gobernanza algorítmica emergente donde se ubica el vacío científico de esta investigación y donde adquiere plena justificación analizar las posibles formas de aplicación del *blockchain* en la contratación estatal colombiana, especialmente en aquellas actuaciones desarrolladas durante la etapa precontractual.

Ahora bien, teniendo en cuenta las plataformas y el lenguaje de programación mencionados en el artículo primero, se realizará un análisis general del posible lenguaje de programación que puede utilizarse para aplicar el *blockchain* en la contratación estatal, así como de la posible plataforma que se podría usar.

Para el caso de los procesos de selección de un contratista, se podría utilizar una plataforma como Ethereum a través de un lenguaje de programación de Solidity; sin embargo, es importante detallar que se pueden utilizar otros lenguajes de programación y otras plataformas.

En este caso específico, se abordará como ejemplo el lenguaje de programación Solidity, el cual se podría sugerir como el método más conveniente para seleccionar al contratista, dado que permite automatizar el proceso de selección de contratistas, la evaluación de ofertas y la adjudicación de contratos. Utilizando como ejemplo de lenguaje inicial:

```
pragma solidity ^0.8.0;
contract ContractorSelection {
```

A su vez, en dicho lenguaje se pueden establecer límites, en aras de que no se vea alterado y se garantice la transparencia de los procesos; como ejemplo, se podría utilizar el código: `modifier onlyOwner() { require(msg.sender == owner, "El contratista ya está registrado en el RUP"); }` Así como se puede establecer lenguaje específico para clasificar un contratista, por ejemplo:

```
function addContractor(address
_contractor) public onlyOwner {
require(!isContractor[_contractor], "El
contratista ya está registrado en el
RUP");
contractors.push(_contractor);
isContractor[_contractor] = true; }
// O
// establecer como ejemplo el código para
// eliminar al contratista a través de:
function removeContractor(address
_contractor) public
onlyOwner { require(isContractor[_contractor],
"El contratista no está registrado en el RUP");
isContractor[_contractor] = false;
```

Sin embargo, existen otros lenguajes, como Vyper, que resultan más fáciles de aplicar o de usar que el utilizado por Solidity; sin embargo, para el caso específico, se considera la pertinencia del lenguaje

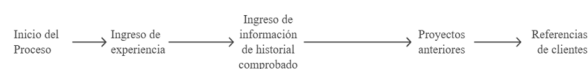
de programación Solidity. Respecto al lenguaje que maneja Python, aunque no se utiliza para la interacción de *smart contracts*, un script de Python puede gestionar la presentación y selección de contratistas.

Un caso que puede ilustrar mejor la aplicación del *blockchain* en la contratación estatal podría ejemplificarse de la siguiente manera:

Una entidad del orden territorial en Colombia requiere publicar una licitación en la que se busca la construcción, rehabilitación o mantenimiento de infraestructura pública, en lo que respecta a una carretera. Este proceso se basa en tres etapas:

- El proceso de contratación inicia con la publicación en una plataforma blockchain que se encuentra diseñada para los procesos de contratación de la entidad estatal. Esta plataforma contiene todos los registros almacenados de manera inmutable en la cadena de bloques, garantizando la transparencia desde el inicio. En esta etapa se detallan los requisitos que se les evaluarán a los proponentes, estableciendo, tal como se detalló anteriormente, el lenguaje, donde se detalle que, de no tener “x” o “y” requisitos, no se cumpliría y será eliminado del proceso de selección. Lo anterior nos permite, a través de los smart contracts, que en la etapa de evaluación se realice la valoración según los requisitos preestablecidos, estableciendo, por ejemplo, los siguientes criterios, como se muestra en la figura 2:

Figura 2
Flujo del proceso de verificación de experiencia del proponente

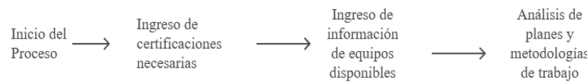


Fuente: elaboración propia.

Así como se plasmarían criterios de capacidad técnica presupuestados de la siguiente manera, véase en la figura 3:

Figura 3

Flujo del proceso de evaluación de la capacidad técnica del proponente



Fuente: elaboración propia.

- La segunda etapa contiene el registro de propuestas, donde cualquier interesado puede participar, siempre y cuando cargue la documentación necesaria, es decir, certificados y experiencias previas en la plataforma; es importante resaltar que estas propuestas son enviadas de manera cifrada, lo que permite verificar el tiempo exacto de presentación de la oferta en el momento exacto en que el contenido sea habilitado.
- La tercera etapa es aquella en la que se evalúan las propuestas y se realiza de manera automática la selección del contratista, siempre y cuando se hayan establecido en la primera etapa criterios claros y específicos en cuanto al precio, cumplimiento de requisitos técnicos, la calidad, la experiencia, entre otros. Cuando una propuesta cumple con todos los requisitos y, de hecho, supera los umbrales, el sistema puede adjudicar de manera automatizada el contrato, es decir, sin intervención humana. Así, según los criterios anteriormente detallados, la evaluación se realizaría sobre estas características, tal como se observa en la Figura 4 y Figura 5:

Figura 4

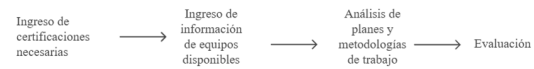
Flujo de evaluación de la experiencia y referencias del proponente



Fuente: elaboración propia.

Figura 5

Proceso de evaluación de certificaciones



Fuente: elaboración propia.

Si la entidad establece que se requieren 5 años de experiencia y, para ello, se debe ingresar la certificación de manera “X”, al igual que un historial comprobado con proyectos anteriores y referencias de clientes tipo “Y”, este ingreso de certificaciones y de información de equipos necesarios y planes de trabajo debe cumplir con los criterios “X” y “Y” anteriormente detallados; de lo contrario, se rechazará la oferta. En caso de que se presente un oferente que cumpla con dichos criterios, el sistema, de manera automática, evaluará y adjudicará el contrato, siempre que se hayan cumplido las características anteriormente detalladas.

El uso del blockchain, en combinación con la inteligencia artificial (IA), permitiría también evaluar propuestas con criterios complejos, es decir, viabilidades financieras, características complejas de experiencia, calificación técnica, realizando comparaciones de propuestas de manera automatizada e interoperabilidad. Una vez se adjudica el contrato, la información y los acuerdos quedan claramente registrados, lo que permite verificar en cualquier momento las condiciones originales del contrato.

Ahora bien, el flujo del proceso de selección del contratista se desarrollaría, tal como se puede observar en la Figura 6:

A su vez, estas etapas anteriormente detalladas estarían conformadas por un modelo arquitectónico de *blockchain* aplicable en Colombia en cinco capas funcionales y una capa transversal de gobernanza, con interoperabilidad e integración al ecosistema GovTech colombiano. Estas capas funcionales estarían conformadas por:

- La primera capa de infraestructura comprende una red descentralizada de nodos validadores, integrada por entidades contratantes, entes de control, universidades públicas y privadas como nodos académicos, sociedad civil con capacidad técnica y Colombia Compra Eficiente

Figura 6
Proceso de evaluación de certificacionesCiclo de contratación electrónica con smart contracts y blockchain

Primera etapa			Segunda etapa			Tercera etapa		
1. Planeación Estudios previos y pliegos • La entidad parametriza criterios objetivos en <i>smart contracts</i> • Hash del pliego registrado en cadena (immutable)	→	2. Publicación Se da la apertura del proceso • Publicación con <i>timestamp</i> • Adendas trazables y firmadas • Observaciones registradas en bloques sucesivos	→	3. Presentación Se realizan propuestas cifradas. • Oferentes envían propuesta cifrada con clave time-lock • Imposible alterar fecha/hora • Apertura simultánea garantizada	→	4. Evaluación Se realiza una verificación automatizada • <i>Smart contracts</i> revisa requisitos habilitantes • Calcula puntajes ponderables • Rechaza incumplimientos	→	5. Adjudicación Acto en cadena • Adjudicación registrada • Hash inmutable • Publicación automática en SECOP II

Fuente: elaboración propia.

como rector del sistema. Para esta capa, esta configuración constituye una red pública abierta, lo que permitiría combinar la garantía de inmutabilidad con control institucional y el cumplimiento de la normativa.

- La segunda capa de protocolo *blockchain* y oráculos, combina infraestructuras técnicas Hyperledger Fabric como red permissionada principal y una cadena lateral Ethereum conectada a la red principal por interoperabilidad, con el fin de ejecutar smart contracts en Solidity. La función de los oráculos certificados será conectar la cadena de datos externos bajo protocolos de autenticación verificables. El almacenamiento de documentos de gran volumen se realizaría mediante IPFS o sistemas equivalentes, con cifrado.
- La tercera capa de infraestructura estará conformada por *smart contracts* que comprenden cinco módulos funcionales especializados. SC-1 gestiona los pliegos de condiciones: una vez publicados, el hash del documento queda immutable, y las adendas posteriores se registran como bloques sucesivos con sello temporal. SC-2 gestiona las propuestas: los oferentes envían su oferta cifrada con clave time-lock, que solo se activa en la hora exacta de apertura, garantizando simultaneidad y eliminando la posibilidad de alterar la fecha o el contenido. SC-3 verifica los requisitos habilitantes contra los datos provistos por los oráculos. SC-4

calcula los puntajes ponderables sobre criterios objetivos previamente parametrizados. SC-5 registra el acto administrativo de adjudicación, vinculándolo al expediente completo del proceso.

- La cuarta capa, denominada *interoperabilidad con el ecosistema institucional*, articula el sistema con el ecosistema institucional preexistente: SECOP II, el RUP como fuente autorizada de información sobre proponentes, Colombia Compra Eficiente, la TVEC para acuerdos marco y agregación de demanda, el Registro Único Empresarial y Social (RUES) y la DIAN para identidad jurídica y tributaria, el sistema PILA para seguridad social, y los repositorios de antecedentes de la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la República y la Fiscalía General de la Nación. La interoperabilidad opera mediante oráculos, no mediante acceso directo a las bases externas, lo que preserva la integridad de los registros oficiales y permite versionar las consultas con sello temporal.
- La quinta capa de interfaz de usuario y acceso ciudadano incluye el portal de oferentes, el dashboard de control para órganos de fiscalización, herramientas de veeduría ciudadana, la API pública de datos abiertos y módulos de auditoría.

Ahora bien, la capa transversal de gobernanza será la que atraviesa todo el modelo; se articula por medio del marco normativo aplicable, la política de

protección de datos, la política de gobierno digital, los estándares técnicos del Ministerio de las TIC y la auditoría algorítmica. Estas etapas estarían conformadas tal como aparecen en la Figura 7:

Figura 7

Arquitectura de capas del sistema de contratación electrónica con blockchain y smart contracts

Capa transversal de gobernanza	Capa 5. Interfaz de usuario y acceso ciudadano					
	Portal de oferentes		Dashboard de control	Veeduría ciudadana abierta	API pública	Auditoría
			Entes de control		(datos abiertos)	
Protección de datos						
Política Gobierno Digital	Capa 4. Interoperabilidad con el ecosistema institucional					
Ciberseguridad	SECOP II		RUP	TVEC	RUES / DIAN	PILA
	Colombia Compra			Tienda Virtual		Antecedentes
Estándares técnicos MinTIC						
Auditoría algorítmica y trazabilidad	Capa 3. Smart contracts (Solidity / Vyper)					
	SC-1 Pliegos		SC-2 Propuestas	SC-3 Habilitantes	SC-4 Ponderación	SC-5 Adjudicación
	Hash inmutable - Adendas trazables		Cifrado tipo time-lock - Apertura simultánea	Verificación automática de requisitos	Cálculo objetivo y automático de puntajes	Acto registrado en cadena
	Capa 2. Protocolo blockchain y oráculos					
	Hyperledger Fabric		Ethereum	Oráculos certificados	IPFS / Cifrado	
			Smart contracts en EVM	Verifican datos externos	red descentralizada para almacenar y compartir archivos	
	Capa 1. Infraestructura — Red descentralizada de nodos validadores					
	Entidad contratante		CCE	Entes de control	MinTIC / DNP	Universidades
	(nodo principal)		Colombia Compra Eficiente	CGR, PGN, FGN	(gobernanza)	(nodo académico)
						Sociedad civil

Fuente: elaboración propia.

En todo caso, lo anteriormente referenciado se trata de ejemplos y sugerencias para utilizar un lenguaje que permita hacer uso de este tipo de *smart contracts*; no obstante, cada desarrollo de programación que se utilice en los casos específicos requiere el análisis de un profesional que permita determinar cuál es el mecanismo más idóneo para lograr la aplicabilidad e interoperabilidad.

Posteriormente a la selección del contratista, hay una posible aplicación de *smart contracts* en la ejecución del contrato, que no se abordará a profundidad en el presente artículo dado que supera los objetivos propuestos; sin embargo, es

importante mencionar que esta tecnología resulta bastante interesante en esta etapa de ejecución, ya que implica un sistema de automatización integral desde la firma del contrato, de manera que las condiciones del contrato se codifican dentro del smart contract, lo que involucra que un avance o una entrega del contrato será verificado a través del sistema, garantizando la veracidad de la información, y, de manera consecuencial, se realizan los pagos de forma automatizada. De igual manera, se puede establecer penalización por el no cumplimiento en estándares de calidad o incluso de términos en los plazos del contrato de manera automática. Este

progreso se registra y puede ser verificado en tiempo real, aumentando la transparencia y permitiendo identificar cualquier tipo de irregularidad en el proceso.

No obstante, la implementación de este tipo de arquitectura *blockchain* y de mecanismos automatizados de selección contractual no se encuentra exenta de tensiones jurídicas e institucionales, pues plantea desafíos técnicos y operativos, así como la necesidad de analizar riesgos asociados a la gobernanza algorítmica, la ciberseguridad, la protección de datos personales, los sesgos automatizados y las brechas tecnológicas institucionales.

En primer lugar, la gobernanza algorítmica comprende mecanismos de supervisión y control sobre sistemas automatizados, que pueden ser utilizados por la administración pública, particularmente respecto de la parametrización de los *smart contracts* y de los criterios de evaluación incorporados en los algoritmos. En ese sentido, aunque la automatización busca reducir márgenes de discrecionalidad, las decisiones continúan dependiendo de parámetros previamente definidos por operadores humanos.

A su vez, la auditabilidad de las decisiones automatizadas resulta fundamental para garantizar los principios de transparencia y debido proceso, y permite rastrear y verificar cómo el sistema adopta una determinada decisión dentro del proceso contractual.

De igual manera, la ciberseguridad constituye un desafío relevante, pues, aunque el *blockchain* ofrece altos estándares de seguridad criptográfica, persisten riesgos asociados a accesos no autorizados, vulnerabilidades externas o fallas en los mecanismos de interoperabilidad. Desde la literatura técnica especializada, Javaid et al., han advertido que la protección de redes industriales y sistemas de acceso constituyen una prioridad máxima ante la amenaza de ciberataques, señalando que los modelos tradicionales de ciberseguridad centralizada deben ser reemplazados por modelos distribuidos, rigurosos y adaptativos que se basen en esquemas de cifrado de clave pública y algoritmos de seguridad de datos, lo que resulta igualmente aplicable a los sistemas de contratación pública operados sobre infraestructuras *blockchain* (Mohd Javaid, 2021). En este mismo sentido, Wu et ál. (2024) advierten que los contratos

inteligentes enfrentan desafíos de seguridad asociados a vulnerabilidades técnicas, incidentes de ataque y limitaciones de las soluciones actuales de auditoría, verificación y detección de anomalías, por lo que su implementación exige controles técnicos previos y posteriores a su despliegue (Guangfu Wu, 2024).

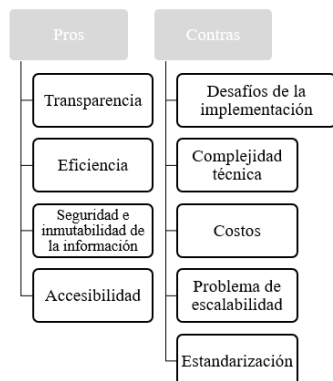
De forma similar, la protección de datos personales adquiriría especial importancia debido a la interoperabilidad entre plataformas estatales como SECOP, RUP, DIAN Y PILA, lo que exige garantizar el cumplimiento de los principios establecidos en la Ley 1581 de 2012 y la protección del habeas data. A su vez, la protección de datos personales es relevante debido a la interoperabilidad entre plataformas estatales. Este desafío no es exclusivo del ámbito de la contratación estatal: Herazo Narváez et ál. (2022), en su análisis de los retos jurídicos del *blockchain* en Colombia, identificaron la protección de datos personales como uno de los tres grandes desafíos legales para la implementación de esta tecnología en el país, señalando que las organizaciones que operen soluciones basadas en *blockchain* deben cumplir con la implementación de una política de tratamiento de datos.

Lo anterior adquiere una dimensión adicional en el contexto de la contratación pública, toda vez que la arquitectura propuesta implica el procesamiento simultáneo de datos de múltiples fuentes institucionales, lo que exige garantizar no solo el cumplimiento formal de dichas normas, sino también la protección efectiva del derecho al habeas data, reconocido por la Corte Constitucional colombiana como un derecho fundamental autónomo.

Finalmente, las brechas tecnológicas existentes entre entidades estatales y oferentes podrían generar riesgos de exclusión digital, particularmente en territorios con menores capacidades técnicas o limitaciones de infraestructura tecnológica, afectando principios como la igualdad y la libre concurrencia dentro de los procesos de contratación pública.

Ahora bien, a pesar de que se tienen grandes cambios significativos que, de manera positiva, aporta la tecnología *blockchain*, se observa que también hay unos contras que implica el uso de esta tecnología, que a continuación se detallan de manera resumida, véase Figura 8:

Figura 8
Pros y contras de la implementación de blockchain en procesos de selección de contratistas



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los grandes beneficios que ya se han detallado ampliamente, se observa que el *blockchain* también tiene grandes retos y contras que es importante detallar en cuanto a los desafíos que implica la implementación de este, entre los cuales se encuentra la posible eliminación de sesgos, la implementación mediante la estandarización previamente regulada normativamente. La complejidad técnica que puede implicar tanto para la entidad contratante como para los proponentes, así como las altas inversiones que pueden implicar para las entidades a corto plazo, brecha que se ve disminuida a largo plazo por la reducción de los índices de corrupción. A su vez, se observa un posible problema de escalabilidad en la implementación de la tecnología *blockchain*, en lo que corresponde tanto a la entidad contratante como al contratista.

Así las cosas, con el fin de reducir estos contras que se resumen anteriormente, en lo que respecta a problemas de escalabilidad, complejidad técnica y desafíos de la implementación, el Estado se encuentra llamado a realizar una estandarización clara en el desarrollo de estas tecnologías. No obstante, se encuentra un reto del Estado para facilitar el uso de estas tecnologías, con el ánimo de que los procesos de contratación sean abiertos y de fácil aplicación para los proponentes, entre los cuales se encuentra la necesidad del Gobierno de ofrecer guías

y videos tutoriales que expliquen cómo se realiza la interacción en estas plataformas, es decir, utilizar material didáctico sencillo que permita a los posibles proponentes aplicar a los diferentes procesos que se habiliten. A su vez, se deben ofrecer programas de capacitación en contratación por *blockchain* dirigidos a la población interesada en aplicar, que incluso sean gratuitos para enseñarles usos prácticos de esta tecnología.

En cuanto a la interfaz que se utilice por parte de la entidad estatal, debe garantizarse que sea amigable e intuitiva, así como que la plataforma sea más automática y de menor intervención manual. También deben facilitarse centros de soporte técnico que busquen atender dudas durante la adopción del sistema.

El Estado podría ofrecer incentivos para aquellos contratistas que adopten este tipo de plataformas, así como desarrollar proyectos piloto en diferentes regiones.

Por lo cual:

se necesitan desarrolladores expertos en *blockchain* para ayudar a los clientes a identificar la plataforma y el método de *blockchain* óptimos para desarrollar e implementar contratos inteligentes según las necesidades de su organización. Los diferentes sistemas de *blockchain* permiten el desarrollo y la implementación de contratos inteligentes (por ejemplo, Ethereum, Hyperledger Fabric, NEM, STELLAR, Waves y Corda). Debido a su lenguaje de scripting restringido y su énfasis en la seguridad sobre la programabilidad, Bitcoin rara vez se mencionó cuando se abordaron los contratos inteligentes. Las redes de Bitcoin no pueden soportar contratos inteligentes complejos. Además, los contratos básicos que se pueden llevar a cabo en Bitcoin suelen ser difíciles de redactar y caros de llevar a cabo. (Taherdoost, 2023)

En esta línea, Arnold et al. sostienen que los sistemas de información basados en *blockchain* pueden mejorar los procesos de contratación estatal al ofrecer registros compartidos, verificables y resistentes a alteraciones; sin embargo, advierten que su diseño debe equilibrar descentralización, escalabilidad,

seguridad y privacidad, especialmente cuando se manejan datos sensibles entre organizaciones (Valeriya Arnold, 2026). Esta idea resulta aplicable a la fase de selección del contratista, en la medida en que permite pensar una arquitectura tecnológica que fortalezca la trazabilidad, la auditabilidad y la confianza del procedimiento sin desconocer la protección de información reservada o sensible.

Ahora bien, la articulación es limitada en el ordenamiento jurídico colombiano en cuanto a este tema en lo que respecta al desarrollo en la contratación estatal, pero esto de ninguna manera constituye una deficiencia aislada ni exclusiva del contexto nacional, Lu Yang advierte que el *blockchain* se encuentra aún en etapas tempranas de su desarrollo (Lu, 2019).

Esto implica que, incluso en los sistemas jurídicos y académicos más avanzados, persisten importantes vacíos en cuanto al conocimiento en aplicaciones institucionales, así como en sus límites normativos y sus riesgos operativos. Esta condición de incipiente madurez tecnológica explica el motivo por el cual la contratación estatal, tanto en Colombia como en América Latina, no ha logrado aún estructurar de manera sistemática los debates sobre gobernanza algorítmica, transformación digital del Estado y aplicación del *blockchain* a la selección objetiva del contratista.

A pesar del potencial transformador del *blockchain* y de los *smart contracts* en su aplicación a la contratación estatal, su implementación enfrenta actualmente importantes límites normativos, constitucionales y probatorios dentro del ordenamiento jurídico colombiano.

Desde la perspectiva normativa, Colombia reconoce la equivalencia funcional de los mensajes de datos y las firmas electrónicas mediante la Ley 527 de 1999, pero lo anterior no implica que los *smart contracts* puedan sustituir las exigencias propias del contrato estatal, ya que continúan sometidos a principios constitucionales y administrativos tales como la legalidad, la transparencia, la selección objetiva, la planeación, la responsabilidad y la prevalencia del interés general; estos principios exigen actuaciones motivadas y controlables por parte de la administración pública.

En este contexto, los *smart contracts* presentan una limitación estructural, ya que muchas decisiones

contractuales estatales requieren interpretación jurídica, valoración probatoria y análisis contextual que no pueden reducirse a una lógica computacional predeterminada, en temas como modificaciones contractuales, restablecimiento del equilibrio económico, declaratorias de incumplimiento o aplicación de cláusulas excepcionales.

De la misma manera, en el ámbito constitucional, la implementación de mecanismos automatizados debe garantizar el debido proceso administrativo, el derecho de contradicción y la posibilidad de control judicial efectivo sobre las decisiones derivadas del sistema. La opacidad algorítmica en la programación contractual podría afectar el principio de publicidad previsto en el artículo 209 de la Constitución Política.

En materia probatoria, aunque el *blockchain* ofrece inmutabilidad documental y trazabilidad, ello no suprime completamente controversias sobre autenticidad, responsabilidad o validez de la información registrada. La cadena de bloques, si bien garantiza la integridad de los datos incorporados, no necesariamente la veracidad material del contenido inicialmente ingresado al sistema. En consecuencia, persisten riesgos asociados a errores humanos o incluso a la manipulación de datos de origen.

Por ello, la incorporación de *blockchain* en la contratación estatal colombiana debería entenderse como una herramienta tecnológica complementaria de apoyo a la gestión y no como un mecanismo autónomo de sustitución de la función administrativa, especialmente en aquellas actuaciones sometidas a discrecionalidad reglada, control judicial o interpretación jurídica compleja.

Conclusiones

Teniendo en cuenta lo anteriormente detallado en el transcurso del artículo, se puede identificar que el *blockchain* representa grandes utilidades en diferentes sectores actualmente y, debido a ello, es un mecanismo que puede facilitar, a través de la tecnología, procesos tales como la selección del contratista en la contratación estatal.

A su vez, los principios de la contratación estatal son un pilar fundamental en esta, ya que permiten que, dentro de las diferentes etapas de la contratación, no se prioricen intereses de terceros que podrían viciar el proceso en sí mismo, debido a una

contratación sin el cumplimiento de los requisitos, lo que podría acarrear la tipificación de delitos tales como la celebración indebida de contratos, corrupción, peculado, entre otros.

Así las cosas, se puede avizorar que, a través de la cadena de bloques, se puede generar información que no podrá ser fácilmente alterada; en esa medida, el *blockchain* puede jugar un papel muy importante en la fase inicial de la contratación estatal, toda vez que se puede establecer, por medio de lenguaje de programación, los requisitos que debe cumplir un contratista para ser seleccionado y, a su vez, se le adjudique el contrato.

Por lo tanto, el *blockchain* representaría fundamentalmente la aplicación de principios tales como la selección objetiva, la transparencia y, no menos relevante, el principio de planeación, ya que el administrador del sistema es el único que puede ingresar la información de los requisitos que debe cumplir el contratista y, de manera consecutiva, el sistema se encargará de elegir al interesado que cumpla con aquellos requisitos que han sido previamente consignados en el lenguaje de programación, dejando a un lado las subjetividades o intereses que se pueden originar y visualizar actualmente en los diferentes procesos de contratación de la administración pública.

Es de esta manera que el *blockchain* cumple una labor importante en la fase inicial en procesos tales como los pliegos definitivos, en el entendido de que estos no podrán ser modificados, salvo por adendas que los modifiquen; en segunda instancia, representa un papel fundamental a través de propuestas encriptadas, dado que estas no podrán ser modificadas, alteradas o manipuladas; en tercer lugar, el sistema es el que se encarga de evaluar y publicar los resultados, otorgando puntaje automático, sin necesidad de que un ser humano evalúe lo mismo.

No obstante, si bien se han visto reflejados en el desarrollo del presente artículo los grandes beneficios que trae la tecnología *blockchain* en la contratación estatal, se observa que esta debe ser regulada para poder ser aplicada, lo que implica actualizar nuestro sistema legislativo a las necesidades y realidades que se viven actualmente, sin desconocer los principios pilares de la contratación estatal en Colombia.

En ese sentido, se hace necesario regular lo correspondiente a nuevos sistemas de control que

se podrían implementar en las diferentes entidades estatales, en lo que respecta a los sistemas que se utilizarían en los procesos de selección de los contratistas, estableciendo altos parámetros de seguridad por medio del *blockchain*, de tal manera que se permita que se implementen de manera obligatoria, gradual y progresiva en ciertas entidades estatales, con el fin de garantizar los diferentes principios anteriormente mencionados y de tal manera que se eliminen subjetividades que podrían actualmente estar interviniendo de manera indirecta en los diversos procesos de selección de los contratistas.

Así las cosas, se vislumbra que el *blockchain* representa un factor de gran control de seguridad, reforzando los sistemas de información, con el fin de evitar riesgos que impliquen perturbaciones en los diferentes sistemas de las entidades estatales.

De lo anteriormente detallado, se puede inferir que el mundo actual tiene grandes necesidades, y en especial en lo que respecta a la contratación estatal, ya que la pertinencia de la utilización de estas tecnologías hace una invitación formal a las diferentes entidades estatales a regular y permitir su uso en las diferentes etapas del proceso.

Por lo cual, el *blockchain*, una vez sea implementado en los procesos de selección, facilitará y coadyuvará a la agilidad de estos, ya que permitirá la automatización de procesos en los cuales actualmente intervienen diferentes subjetividades, de tal manera que, a través de la adopción de un sistema encriptado donde se introduce la información del contratista que se debe seleccionar según la necesidad actual del ente estatal, se elegirá una vez se cumplan dichos criterios por parte del contratista que se postula.

Aunado a lo anterior, se disminuirá el tiempo en el que un funcionario debe intervenir y analizar a quienes se postulan al proceso de selección, ya que, a través del sistema *smart contracts*, se seleccionará de manera automática una vez se cumplan los criterios de selección establecidos, de tal manera que el personal que interviene en dicho proceso podrá aportar al desarrollo de otras etapas de este, agilizando el proceso y, de igual manera, impactando en la reducción de la corrupción.

Así las cosas, los hallazgos de la presente investigación permiten responder que el *blockchain* puede coadyuvar en la selección del contratista en la contratación estatal colombiana, en la medida en

que actúe como herramienta de apoyo y soporte tecnológico a la decisión administrativa y no como su sustituto.

Concretamente, el *blockchain* coadyuva en tres etapas verificables del proceso de selección, tales como la fase de publicación, la de presentación de ofertas y la de evaluación, garantizando la inmutabilidad de los pliegos de condiciones, asegurando la integridad de las propuestas y la confidencialidad de estas, y automatizando la verificación de requisitos habilitantes y el cálculo de criterios objetivos previamente parametrizados, reduciendo la discrecionalidad humana en aquellos aspectos donde el ordenamiento jurídico no la requiere ni la justifica.

Sin embargo, la experiencia comparada demuestra que los países que han avanzado con mayor solidez en la implementación de *blockchain* en el sector público no lo han hecho como resultado exclusivo de la disponibilidad tecnológica, sino de la construcción previa de marcos institucionales que articulan la innovación con los principios que legitiman la actuación administrativa. Malta y Emiratos Árabes Unidos constituyen referentes en este sentido, no por limitarse a la adopción de la tecnología, sino por haber definido con claridad las condiciones jurídicas, los mecanismos de control y las responsabilidades institucionales bajo las cuales esa tecnología opera.

Por lo cual, esta coadyuvancia solo es jurídicamente legítima e institucionalmente sostenible cuando se dan condiciones concurrentes que Colombia aún no ha consolidado, como un marco normativo que reconozca expresamente la validez de los *smart contracts* en el ciclo contractual público; una estrategia de gobernanza digital que articule la innovación tecnológica con los principios constitucionales de la función administrativa; y mecanismos de auditoría algorítmica que garanticen que la automatización no reproduzca sesgos ni genere exclusión digital entre los oferentes.

En ese orden de ideas, la pregunta que motivó esta investigación no admite una respuesta puramente técnica. El *blockchain* puede coadyuvar en la selección del contratista en la medida en que el Estado colombiano adopte las decisiones jurídicas, normativas e institucionales que conviertan esa coadyuvancia en un mecanismo legítimo de fortalecimiento de los principios de transparencia, selección objetiva y planeación, y no en una fuente

adicional de riesgos para el interés general que la contratación pública está llamada a proteger.

Referencias

- Acosta, N. (2016). *Problemática de la liquidación de los contratos estatales en Colombia* [Trabajo de grado, Repositorio Institucional UMNG; Universidad Militar Nueva Granada]. <https://hdl.handle.net/10654/14685>
- Amaya Rodríguez, C. F. (2016). El principio de planeación en la contratación estatal, un principio no tipificado. *Revista Vía Iuris*, 20, 105–119. <https://revistas.libertadores.edu.co/index.php/ViaIuris/article/view/714>
- Aponte Díaz, I. (2014). Las fallas de planeación y su incidencia en el contrato estatal de obra. *Revista Digital de Derecho Administrativo*, 11, 177–207. <https://doi.org/10.18601/21453908.n11.08>
- Arnold, V., Guggenberger, T., Stramm, J., & Urbach, N. (2026). Designing a blockchain-based information system for procurement processes: Balancing decentralization, scalability, and security while maintaining privacy. *Information Systems*, 140, 102723. <https://doi.org/10.1016/j.is.2026.102723>
- Bahamón Jara, M. L. (2018). *Elementos y presupuestos de la contratación estatal*. Universidad Católica de Colombia.
- Benítez-Eyzaguirre, L. (2021). Blockchain para la transparencia, gestión pública y colaboración. *Teknokultura: Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 18(1), 23–32. <https://doi.org/10.5209/tekn.71514>
- Bernal Blay, M. Á. (2018). *Blockchain, Administración y contratación pública*. Observatorio de Contratación Pública. <https://obcp.es/opiniones/blockchain-administracion-y-contratacion-publica>
- Cetina, C. (2020). *Blockchain e integridad: Aplicaciones de política pública* (Policy Brief No. 20). CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1651>
- Colombia. (1873). *Ley 84 de 1873. Por medio de la cual se expide el Código Civil de los Estados Unidos de Colombia*. Diario Oficial No. 2867.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094.
- Constitución Política de Colombia. (1991). *Artículo 209 [principios de la función administrativa]*.
- Domingo, C. (2018). *Todo lo que querías saber sobre bitcoin, criptomonedas y blockchain: Y no te atrevas a preguntar*. Temas de Hoy.
- Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations:

- Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- Figueroa Castillo, V. A., Villacreses Parrales, C. A., Chóez Calle, J. E., Barreto Pin, J. X., & Maldonado Zúñiga, K. (2021). El blockchain y los contratos inteligentes; una forma de reducir la corrupción. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 14(5), 99–108. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/867>
- Forero Hernández, C. F. (2020). *El contrato estatal*. Ediciones Unibagué. <https://doi.org/10.35707/9789587543537>
- Forero Hernández, C. F. (2023). *Aspectos actuales de la contratación estatal en Colombia*. Unibagué. <https://doi.org/10.35707/9789587544169>
- García Mateo, P. (2018). *Blockchain aplicado al sector público* [Tesis de maestría, RiuNet Repositorio; Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/111762>
- González Duque, R. (2011). *Python para todos*. Universidad de las Ciencias Informáticas. https://www.academia.edu/11118285/Python_PARA_TODO_RA%C3%BAI_Gonz%C3%A1lez_Duque_Python_PARA_TODO
- Herazo Narváez, M., Carrasquilla-Díaz, L., De Luque-Pisciotti, A., Guarín, A. F., Arrieta Barrios, T., & Gallego-Nicholls, J. F. (2022). Legal challenges for blockchain implementation in Colombia. *Procedia Computer Science*, 210, 323–327. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10158>
- Jaramillo-Gómez, J. D. (2021). *Mejoras normativas sobre la aplicabilidad del principio de planeación en la contratación estatal en el caso del diseño adecuado de los estudios previos* [Trabajo de grado, Repositorio Institucional RIUCaC; Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/21e5fe0f-1e76-4829-853c-4982ec6541bd>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., & Suman, R. (2021). Blockchain technology applications for Industry 4.0: A literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2(4), 100027. <https://doi.org/10.1016/j.bcr.2021.100027>
- López Jiménez, D. (2019). Blockchain: La revolución industrial de Internet. *Revista de Derecho*, 19, 197–201. <https://doi.org/10.22235/rd.v0i19.1721>
- Lu, Y. (2019). The blockchain: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.04.002>
- Mantilla-Pallares, C. M. (2014). Importancia del principio de selección objetiva del contratista en el procedimiento de licitación pública en Colombia. *Principia Iuris*, 22, 141–161. <https://doi.org/10.54167/principia-iuris.v1n22.946>
- Mármol, G. J. (2013). Análisis de la supervisión del contrato estatal: Función de vigilancia y mecanismo anticorrupción. *Academia & Derecho*, 4(7), 145–169. <https://doi.org/10.18041/2215-8944/academia.7.2531>
- Metcalf, W. (2020). Ethereum, smart contracts, DApps. In M. Yano, C. Dai, K. Masuda, & Y. Kishimoto (Eds.), *Blockchain and crypto currency* (pp. 77–93). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3376-1_5
- Monllau Jaques, T. M. (2018). La blockchain, una oportunidad para el auditor. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 27, 61–70. https://accid.org/wp-content/uploads/2019/04/El_blockchain_una_oportunidad_para_el_auditor_T_Monllaulogo.pdf
- Moura, L. M. F. de. (2018). *Blockchain: Perspectiva tecnológica para a administração pública no Brasil* [Trabajo de conclusión de curso, Lume; Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/185021>
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies: A comprehensive introduction*. Princeton University Press.
- Nieves-López, J. G. (2017). El principio de selección objetiva en la licitación pública: Análisis desde la etapa precontractual. *Verba Iuris*, 12(37), 13–24. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/verbaiuris/article/view/1020/790>
- Padilla Sánchez, J. A. (2020). Blockchain y contratos inteligentes: Aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos. *Revista de Derecho Privado*, 39, 175–201. <https://doi.org/10.18041/01234366.n39.08>
- Quintana Cortés, J. L. (2020). La tecnología blockchain y su pretendida aplicación a la contratación pública como mecanismo para lograr mayor integridad. *Revista Española de Control Externo*, 22(64), 150–171. <https://doi.org/10.61423/recex.2020.7776793>
- Quintero, M. A. (2014). *El principio de transparencia en el régimen de contratación estatal en Colombia* [Trabajo de grado, Repositorio Institucional UMNG; Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/13180>
- Restrepo Montoya, C. A. (2020). De la contratación estatal en Colombia. *Pluriverso*, 13(13), 79–95. <https://publicaciones.unaula.edu.co/index.php/Pluriverso/article/view/1360>
- Taherdoost, H. (2023). Smart contracts in blockchain technology: A critical review. *Information*, 14(2), 117. <https://doi.org/10.3390/info14020117>

- Triana Casallas, J. A., Cueva Lovelle, J. M., & Rodríguez Molano, J. I. (2020). Smart contracts with blockchain in the public sector. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(3), 63–72. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.07.005>
- Valencia-Ramírez, J. P. (2020). Derecho, tecnología e innovación: Blockchain y contratos inteligentes. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, 8(16), 46–55. <https://doi.org/10.36825/riti.08.16.005>
- Wenhua, Z., Qamar, F., Abdali, T. A. N., Hassan, R., Jafri, S. T. A., & Nguyen, Q. N. (2023). Blockchain technology: Security issues, healthcare applications, challenges and future trends. *Electronics*, 12(3), 546. <https://doi.org/10.3390/electronics12030546>
- Wu, G., Wang, H., Lai, X., Wang, M., He, D., & Chan, S. (2024). A comprehensive survey of smart contract security: State of the art and research directions. *Journal of Network and Computer Applications*, 226, 103882. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.103882>

Citar como:

Cadavid Valencia, I. Y. & Agudelo Mejía, D. A. (2026). Blockchain como coadyuvante para la selección del contratista en el proceso de contratación estatal. *IUSTA*, (64), 25-50.

 <https://doi.org/10.15332/25005286.10632>

Recibido: 11/01/2026

Evaluado: 18/02/2026

Aceptado: 18/03/2026