.

**Blockchain aplicado a la seguridad de dispositivos IoT enfocado a transmisión de datos.**

Blockchain applied to the security of IoT devices focused on data transmission.

Laura Alejandra Ducuara Covos1

Semillero de investigación InCic, Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Colombia.

[1dlaura@jdc.edu.co,](mailto:1ccusaria@jdc.edu.co)

# **Resumen**

El presente artículo se centra en la aplicación de la tecnología blockchain a la seguridad de dispositivos de IoT para la transmisión de datos. En primer lugar, se aborda la importancia de la seguridad en el entorno de IoT y se discuten los desafíos que enfrentan estos, en términos de seguridad, posterior a esto, se presenta una descripción general de la tecnología blockchain y sus características principales, incluida su capacidad para garantizar la integridad y la inmutabilidad de los datos. Se describe el cómo la tecnología blockchain puede abordar los desafíos de seguridad en IoT, incluida la protección contra ataques de infiltración, la prevención de la manipulación de datos y la gestión de identidades y acceso, esto junto con que se discutirán las aplicaciones prácticas de la tecnología blockchain en la seguridad de IoT, como la creación de redes de sensores seguras y la protección de la privacidad de los datos de IoT.

A lo largo del desarrollo del proyecto se recopilará información precisa sobre la presencia de estudiantes en las aulas mediante la implementación de un sistema de seguimiento de asistencia basado en dispositivos IoT, cada registro de asistencia se transformará en una transacción en la cadena de bloques, y estos datos se transmitirán de forma segura mediante una red de cadena de bloques, todo esto usando algoritmos de consenso.

# **Abstract**

This article focuses on the application of blockchain technology to the security of IoT devices for data transmission. It first addresses the importance of security in the IoT environment and discusses the challenges faced by IoT devices in terms of security, followed by an overview of blockchain technology and its main features, including its ability to ensure data integrity and immutability. It describes how blockchain technology can address IoT security challenges, including protection against infiltration attacks, prevention of data manipulation, and identity and access management, and discusses practical applications of blockchain technology in IoT security, such as creating secure sensor networks and protecting the privacy of IoT data.

Throughout the development of the project, accurate information about the presence of students in classrooms will be collected by implementing an attendance tracking system based on IoT devices, each attendance record will be transformed into a transaction on the blockchain, and this data will be securely transmitted via a blockchain network, all using consensus algorithms.

The potential of blockchain technology to improve the security of IoT devices and data transmission in this environment will be demonstrated. The combination of blockchain technology and IoT devices can provide a more robust and reliable security solution for the growing number of networked devices around the world.

**Palabras clave**: Asistencia, Blockchain, Datos Académicos, Dispositivos IoT, Implementación, Segura, Tiempo Real, Transacciones, Transmisión, Validación

**Keywords:** Academic Data, Attendance, Blockchain, Implementation, IoT Devices, Real-Time, Secure, Transactions, Transmission, Validation.

## Introducción

La implementación de Blockchain y dispositivos IoT en el ámbito educativo también puede potenciar la colaboración entre instituciones. El uso de Blockchain y dispositivos IoT puede permitir la creación de redes seguras de intercambio de datos entre diferentes instituciones educativas, fomentando la interoperabilidad y la confianza mutua en el manejo de datos académicos compartidos.[1]

El objetivo principal de este proyecto es abordar el problema existente en la transmisión de datos académicos, donde la falta de seguridad y la posibilidad de manipulación de la información comprometen la integridad de los registros académicos, ya que todo lo que tiene que ver con privacidad es muy importante, “en los datos públicos, debe haber veracidad en el registro. En algunos escenarios de publicación de datos, es importante que cada registro corresponda a un individuo existente en la vida real” [2]. Para solucionar esta problemática, se propone la utilización de la tecnología Blockchain, que proporciona una plataforma segura e inmutable para el almacenamiento y la transmisión de datos. La Universidad JDC, consciente de la importancia de mantener la confidencialidad y la integridad de los registros académicos, se plantea como entidad pionera en la implementación de esta tecnología. A través de la integración de dispositivos IoT, se busca recopilar datos en tiempo real y transmitirlos de manera segura a través de la red Blockchain, brindando mayor transparencia, accesibilidad y confianza a las partes interesadas, entre ellos los docentes y alumnos [3]

El objetivo principal de este proyecto es abordar el problema existente en la transmisión de datos académicos, donde la falta de seguridad y la posibilidad de manipulación de la información comprometen la integridad de los registros académicos. Para solucionar esta problemática, se propone la utilización de la tecnología Blockchain, que proporciona una plataforma segura e inmutable para el almacenamiento y la transmisión de datos. La Universidad JDC, consciente de la importancia de mantener la confidencialidad y la integridad de los registros académicos, se plantea como entidad pionera en la implementación de esta tecnología innovadora. A través de la integración de dispositivos IoT, la infraestructura inteligente ayuda a las universidades a garantizar que su infraestructura y almacenar los datos recopilados a través de estos sensores permiten el mantenimiento predictivo de estas unidades esenciales para mantener el funcionamiento normal [4] estos datos en tiempo real y transmitirlos de manera segura a través de la red Blockchain, brindando mayor transparencia, accesibilidad y confianza a las partes interesadas, entre ellos los docentes y alumnos.

En el fondo, es notable que la tecnología Blockchain se usa cada vez más en industrias como los bancos, la logística y la salud, donde se ha demostrado su eficacia en la seguridad y verificación de datos, aunque blockchain, como tecnología revolucionaria, tiene un gran potencial para resolver multitud de problemas, creer que blockchain resolverá todos los fallos de los humanos puede conducir a peligros imprevisibles a esta profecía [5], esto junto con que la integración de dispositivos IoT presenta una oportunidad singular para recopilar datos de forma automática y en tiempo real, lo que aumenta la eficacia de la gestión de datos académicos y sobre todo la seguridad y transparencia de datos. Se proyecta el erigir el blockhain junto IoT en espacios físicos y virtuales alternativos y coexistiendo en un mismo ámbito[6] como lo es en la Universidad Juan De Castellanos “Blockchain es el mecanismo que permite que las transacciones sean verificadas por un grupo de actores poco confiables. Proporciona un libro mayor distribuido, inmutable, transparente, seguro y auditable” [7]

El presente proyecto incluirá una descripción general de los fundamentos conceptuales de la propuesta, una descripción del problema o la necesidad que debe resolverse, una declaración de los objetivos del proyecto y un breve resumen de los componentes utilizados para implementar la tecnología blockchain y los dispositivos IoT en la aplicación [8]. La universidad Juan de Castellanos garantiza la transmisión segura de datos académicos. Al tomar esta acción, la universidad espera mejorar la seguridad, confidencialidad y confiabilidad de los registros académicos, al tiempo que sienta las bases para una gestión eficaz de la información académica en la institución y fomenta la adopción de tecnologías de punta en el sector educativo con un diseño riguroso en el ámbito de análisis de datos para la gestión de calidad[9], sobre todo la innovación en una ciudad creciente como lo es Tunja Boyacá la cual es una ciudad que aún crece a nivel de tecnología.[10]

1. Marco Teorico

El proyecto se basa en dos tecnologías fundamentales: Blockchain e IoT, que han revolucionado numerosas industrias y representan una gran promesa para el sector educativo

* Blockchain

Blockchain, también es conocido como blockchain, es una tecnología descentralizada que proporciona un registro seguro, transparente e inmutable de transacciones o eventos digitales, dicha tecnología se introdujo recientemente y está revolucionando el mundo digital, brindando una nueva perspectiva a la seguridad [11] es esencialmente un libro de contabilidad digital compartido donde las transacciones se registran en bloques y se vinculan cronológicamente mediante algoritmos criptográficos además de permitir la digitalización segura de tramites desde los llamados contratos inteligentes, trazabilidad, entre otros [12] . En su forma más básica, una cadena de bloques consta de una serie de bloques, cada uno de los cuales contiene una serie de transacciones. Cada bloque está vinculado al anterior mediante una función criptográfica llamada hash, que forma una cadena de bloques. Cada bloque contiene un hash único generado a partir de los datos del bloque anterior, lo que crea un vínculo inmutable entre los bloques.[13]

La característica más destacada de blockchain es su descentralización, a diferencia de los sistemas centralizados donde existe una autoridad central que verifica y valida las transacciones, blockchain no tiene una autoridad central [14]. Por el contrario, una red de cadena de bloques consta de múltiples nodos distribuidos que participan en el proceso de verificación de transacciones [15] y el libro mayor. La seguridad de blockchain se basa en el cifrado, cada una de las transacciones se confirma en línea a través de un algoritmo de cifrado que ofrece integridad y autenticidad. “Esto dificulta a los piratas informáticos manipular la red y aprobar transacciones fraudulentas. En un sistema centralizado, una única entidad se encarga de validar las transacciones, lo que facilita a los manipular el sistema” [16]. Una vez que una transacción se compromete con un bloque, es prácticamente imposible cambiar la transacción sin el consenso de la red, ya que el cambio afecta el hash del bloque y desencadena una serie de cambios en los bloques posteriores. La transparencia excesiva es otro aspecto fundamental de blockchain [17]. Todos los participantes de la red tienen acceso a una copia completa del libro mayor, lo que les permite ver y auditar las transacciones. Esto previene el fraude y le brinda la confianza de que las transacciones registradas son correcta, “en muchos casos, las aplicaciones aprovechan estas propiedades en el en el ámbito de las infraestructuras de blockchain autorizadas, que ofrecen autenticación y de autenticación y autorización, al tiempo que evitan la necesidad de complejas” [18]. Blockchain se utiliza para muchos propósitos además de las transacciones financieras. Estos incluyen registros médicos, contratos inteligentes, propiedad de activos, votación electrónica y más. Se puede utilizar para buscar y verificar cualquier tipo de información o activo digital, como: Esta tecnología se ha vuelto popular por su capacidad para eliminar intermediarios, reducir costos, mejorar la eficiencia y brindar seguridad en una variedad de industrias.

El blockchain ha tenido un avance gigantesco y aun sigue en su crecimiento, “blockchain es una solución descentralizada que no requiere ninguna organización de terceros en el medio. La información sobre cada transacción completada en Blockchain se comparte y está disponible para todos los nodos [19].

TABLA 1. AVANCE DEL BLOCKCHAIN A LO LARGO DE LOS AÑOS

|  |  |
| --- | --- |
| Año | Hitos y Desarrollos en el Blockchain |
| 2008 | Publicación del whitepaper de Bitcoin por Satoshi Nakamoto, que sienta las bases para el desarrollo de la tecnología blockchain. |
| 2009 | Lanzamiento de la red de Bitcoin, la primera implementación práctica de la tecnología blockchain. |
| 2011 | Se establecen las primeras exchanges de criptomonedas, permitiendo el intercambio de Bitcoin por otras monedas fiduciarias y criptomonedas. |
| 2013 | Aparece Ethereum, una plataforma blockchain con funcionalidades avanzadas que permiten la creación de contratos inteligentes [20]. Esto expande las posibilidades de aplicación de la tecnología blockchain más allá de las transacciones financieras. |
| 2014 | Se inician las primeras pruebas de concepto y proyectos piloto de blockchain en diversos sectores como la logística, la cadena de suministro y la gestión de derechos de autor. |
| 2015 | Se forma la Enterprise Ethereum Alliance (EEA), una organización que promueve la adopción y el desarrollo de soluciones basadas en Ethereum [21] en empresas e instituciones. |
| 2017 | Auge de las Initial Coin Offerings (ICOs), una forma de financiamiento basada en criptomonedas que permite a las empresas recaudar fondos para proyectos basados en blockchain. |
| 2018 | Se observa un mayor interés en el ámbito empresarial, con el surgimiento de consorcios y alianzas empresariales enfocadas en la adopción y desarrollo de soluciones blockchain. |
| 2019 | Se expande la adopción de blockchain en el sector financiero, con la creación de sistemas de liquidación y pagos basados en esta tecnología. [22] Además, se inician proyectos gubernamentales para explorar el uso de blockchain en servicios públicos y la gestión de identidad. |
| 2020 | La pandemia de COVID-19 impulsa la necesidad de soluciones digitales y seguras, lo que genera un mayor interés en la adopción de blockchain en diversos sectores, incluyendo la salud y la logística. |
| 2021 | Grandes empresas e instituciones financieras anuncian inversiones y planes de implementación de blockchain en sus operaciones, lo que impulsa aún más su adopción global. |
| 2022 | Se observa un crecimiento continuo en la adopción de blockchain en sectores como la energía, la agricultura, el transporte y la gestión de activos. La tecnología blockchain también se está explorando para abordar desafíos medioambientales y de sostenibilidad. |

1. Transmisión de datos en blockchain

La transmisión de datos de blockchain es el proceso de enviar y recibir información de forma segura, abierta y constante a través de una red de blockchain. La transmisión de datos de blockchain se basa en una red descentralizada y distribuida, en contraste con las técnicas de transmisión de datos convencionales, que se basan en una infraestructura centralizada o en terceros de confianza [23]. Los datos se registran en bloques conectados por algoritmos criptográficos y se denominan transacciones en el contexto de la cadena de bloques. Cada bloque de una cadena de bloques contiene una serie de transacciones y está conectado al anterior mediante un hash criptográfico [24]. Esta estrategia garantiza la inmutabilidad e integridad de los datos porque cualquier intento de cambiar una transacción requeriría cambiar todos los bloques que la siguen, lo cual es muy difícil de lograr.

Algunos de los retos que tiene el blockchain es la privacidad: al ser descentralizado cuenta con participantes limitados si se desea, la escalabilidad: En lo que respecta a la computación consume calculo y energía y no es un sistema 100% eficiente, el rendimiento es fundamental, ya que en distintos apartados del blockchain, por ejemplo, el minado de datos se usa super computadoras especializadas para eso [25].

En blockchain, la transmisión de datos se caracteriza por una serie de características cruciales:

• Seguridad: los algoritmos criptográficos se utilizan para proteger las transacciones en la cadena de bloques durante la transmisión de datos. Se utilizan técnicas criptográficas avanzadas para verificar y registrar cada transacción, evitando que personas no autorizadas accedan a la información o la modifiquen maliciosamente. La estructura descentralizada de la red blockchain también reduce el riesgo de ataques cibernéticos porque no hay un punto único de vulnerabilidad.

• Los datos se vuelven inmutables una vez que se han almacenado en un bloque de la cadena. Esto implica que las transacciones no se pueden cambiar ni eliminar sin el acuerdo de la red. La inmutabilidad garantiza la integridad de los datos, lo cual es crucial en aplicaciones donde la confiabilidad y la precisión son esenciales, como la transmisión de datos académicos, registros médicos o transacciones financieras.

• Transparencia: La cadena de bloques permite una comunicación abierta entre todos los usuarios de la red. Con una copia completa del libro mayor en cada nodo de la red, todas las transacciones se pueden ver y verificar en tiempo real, es más probable que los participantes confíen unos en otros como resultado de esta transparencia porque pueden confirmar la información de forma independiente sin necesidad de intermediarios u otros terceros confiables.

El blockchain es una solución fiable y transparente para la transmisión de datos en varios campos es proporcionada por su naturaleza descentralizada, el uso de algoritmos criptográficos y la inmutabilidad de los datos [26]. La cadena de bloques se ha convertido en una tecnología disruptiva con el potencial de cambiar la forma en que se transmiten y gestionan los datos en el mundo digital al deshacerse de los intermediarios y garantizar la integridad

1. Dispositivos IoT (Internet de las cosas)

Los objetos físicos con conectividad a Internet, conectividad y software se denominan dispositivos IoT (Internet de las cosas), estos dispositivos tienen capacidades de recopilación, procesamiento y transmisión de datos en tiempo real. La recopilación automatizada de datos académicos en el mundo académico, como la asistencia, las calificaciones y el uso de recursos en los laboratorios de computación, puede ser de gran ayuda con los dispositivos IoT, “Estas tecnologías de conectividad se pueden integrar con las soluciones existentes de detección, actuación y procesamiento para extenderles la conectividad” [27].

Hay muchos beneficios en el uso de dispositivos IoT en la transmisión de datos académicos, por un lado, agiliza y automatiza la recogida de datos, minimizando la carga administrativa y los posibles errores humanos. Por ejemplo, la presencia de estudiantes en las salas de computación se puede registrar automáticamente mediante el uso de sensores de asistencia, lo que evita la necesidad de registros manuales [28]. Los dispositivos IoT también permiten recopilar datos en tiempo real, brindando una vista actualizada de los datos académicos. Esto facilita la toma de decisiones basadas en datos y la detección de patrones y tendencias importantes. Para maximizar su disponibilidad y recursos, las salas de computadoras, por ejemplo, pueden examinar sus patrones de uso.

1. Retos y beneficios de los dispositivos IoT en la Universidad Juan de Castellanos

En el ámbito universitario, los dispositivos IoT (Internet de las Cosas) presentan tanto oportunidades como dificultades.

Los dispositivos IoT en una universidad pueden ser ventajosos de las siguientes maneras.

• Eficiencia y automatización: la tecnología IoT permite a una universidad automatizar una variedad de tareas y procedimientos. Se pueden usar para administrar y controlar sistemas de infraestructura como iluminación, HVAC y otros, por ejemplo, aumentando la eficiencia energética y reduciendo los costos. Además, se pueden utilizar para controlar cómo se utilizan los recursos en las salas de informática, lo que mejora tanto su disponibilidad como su rendimiento.

• Mejora de la seguridad: los dispositivos IoT pueden ser extremadamente importantes para la seguridad de una universidad. Con ellos se pueden implementar sistemas de control de acceso, detección de intrusos y videovigilancia inteligente [29]. También se pueden implementar sistemas de alerta temprana para encontrar incendios, fugas de gas u otros peligros potenciales en el campus (como ejemplo).

Los dispositivos IoT brindan un entorno favorable para la investigación y el desarrollo en un entorno universitario. Estas herramientas pueden ser utilizadas por instructores y estudiantes para explorar nuevos enfoques y tecnologías, realizar experimentos y avanzar en la ciencia y la tecnología en una variedad de campos.

De igual manera existen retos a los que se enfrentan, entre ellos:

• Seguridad y privacidad: Proteger la seguridad de los dispositivos IoT es un gran desafío. Estos dispositivos pueden estar sujetos a ciberataques debido a su conectividad a Internet si no se toman las precauciones de seguridad adecuadas. Además, la recopilación y el manejo de grandes cantidades de datos personales plantean problemas de privacidad y la protección de datos confidenciales de estudiantes y personal universitario.

• Escalabilidad y compatibilidad: a medida que una universidad agrega más dispositivos IoT, administrar y mantener una infraestructura escalable y compatible puede volverse más difícil. Para garantizar la interoperabilidad y la gestión eficaz del sistema [30], puede ser necesario realizar un esfuerzo adicional para integrar varios dispositivos y plataformas.

• Gestión de datos y cumplimiento normativo: la gestión eficaz de los datos generados por dispositivos IoT, incluido el almacenamiento seguro y el cumplimiento de las leyes de privacidad, es un gran desafío. Para garantizar la protección de datos y el cumplimiento de las leyes y reglamentos aplicables, es crucial establecer políticas y procedimientos claros [31].

• La tecnología IoT en Tunja no es muy común por lo que sería un gran reto incluirla.

1. Retos y beneficios de blockchain más IoT en Tunja

Se conoce que Tunja es una ciudad que va creciendo poco a poco, por lo que incluir estas tecnologías es todo un reto, sin embargo, puede traer beneficios, tales como:

• Seguridad adicional: el almacenamiento y la transmisión de datos en los dispositivos de Internet de las cosas (IoT) ahora están protegidos por una capa de seguridad gracias a la tecnología blockchain. Los datos se vuelven inmutables y extremadamente seguros mediante el uso de criptografía de vanguardia y consenso descentralizado. Esto es particularmente importante en un entorno universitario donde se maneja información privada sobre estudiantes, profesores y personal.

• Confianza y transparencia: la cadena de bloques permite un registro transparente y verificable de todas las transacciones y otras actividades relacionadas con la red. Al garantizar la precisión de los datos académicos como calificaciones, registros de asistencia y certificados en una universidad, esto puede aumentar la confianza. El acceso a información confiable y verificable tanto para estudiantes como para docentes fomenta que los procesos académicos sean transparentes.

• Eliminación de intermediarios: cuando se utilizan contratos inteligentes, la tecnología blockchain elimina el requisito de intermediarios o terceros confiables. Al facilitar las transacciones directas entre las partes, esto agiliza los procedimientos y reduce los gastos [32]. Los trámites administrativos se facilitan y simplifican cuando por ejemplo los estudiantes pueden acceder a los recursos digitales o pagar la matrícula sin necesidad de intermediarios.

• En una universidad, la cadena de bloques se puede usar para almacenar y autenticar credenciales académicas como títulos y certificados, de esta manera se crea un registro inalterable y auditable, que se puede compartir de forma segura con empleadores u otras instituciones educativas. Los títulos de posgrado pueden ser verificados por los empleadores, lo que otorga mayor credibilidad a las habilidades y credenciales de los estudiantes.

• Eficiencia en la gestión de recursos: la integración de la tecnología blockchain y los dispositivos IoT puede permitir una gestión de recursos más eficaz dentro de las universidades, por ejemplo, los sensores de IoT se pueden usar para rastrear cómo se usan las salas de clase y las salas de estudio, y los contratos inteligentes creados en la cadena de bloques se pueden usar para asignar y administrar el acceso [33]. Como resultado, se maximiza la asignación de recursos y se evita el uso no autorizado o ineficaz de las instalaciones.

Como retos:

• Escalabilidad: dado que hay más dispositivos IoT en el mercado y se producen más transacciones en la red blockchain, los problemas de escalabilidad pueden volverse problemáticos. Es posible que se necesite una infraestructura sólida y costosa para respaldar el procesamiento y el almacenamiento necesarios para manejar grandes volúmenes de datos.

• Interoperabilidad: puede ser difícil lograr que diferentes plataformas de blockchain y dispositivos IoT funcionen juntos. Para garantizar la compatibilidad y la comunicación fluida entre los dispositivos y la red blockchain, es necesaria una estandarización adecuada y la adopción de protocolos comunes.

1. Toma de asistencia manual contemporánea en la Universidad JDC

El registro de asistencia a la universidad ha experimentado una importante evolución a lo largo de los años, pasando de métodos manuales y anticuados a soluciones tecnológicas modernas.

• Técnicas tradicionales y manuales:

Las universidades solían registrar la asistencia de los estudiantes manualmente en el pasado. Esto requería que los estudiantes estuvieran presentes en el salón y que firmaran una hoja de registro o un registro en papel que les proporcionó el maestro. Fue un desafío determinar la precisión y la veracidad de la información usando estos métodos porque eran propensos a errores, pérdida de datos y manipulación.

• Registros de asistencia.

Las universidades comenzaron a registrar la asistencia de los estudiantes de manera más automática después de la invención de las tarjetas de asistencia. Al entrar o salir del aula, los alumnos debían escanear o pasar sus tarjetas de identificación por un lector de tarjetas. Aunque todavía requería que los estudiantes estuvieran presentes físicamente y no ofrecía visibilidad en tiempo real de la asistencia, esta tecnología hizo posible recopilar datos de manera más precisa y eficiente.

• Uso de dispositivos IoT:

Algunas universidades están investigando actualmente el uso de dispositivos IoT para el seguimiento de la asistencia. Para hacer esto, se deben instalar en las aulas sensores inteligentes que puedan detectar de manera confiable y automática la presencia de los estudiantes. Estos sensores pueden identificar y registrar la asistencia de los estudiantes sin necesidad de intervención manual mediante tecnologías Bluetooth, RFID o Wi-Fi. Los datos se envían a una plataforma centralizada, donde se almacenan y son accesibles de inmediato [34]. Esta solución hace que el registro de la asistencia sea más preciso y eficiente, al tiempo que brinda a los estudiantes y maestros una experiencia más fluida.

1. Toma de asistencia por blockchain con dispositivos IoT

Un método innovador para lograr un registro de asistencia seguro, transparente y preciso en entornos académicos utiliza la tecnología blockchain junto con dispositivos de Internet de las cosas (IoT).

En este enfoque, los sensores o dispositivos inteligentes del Internet de las Cosas se colocan estratégicamente en salas de conferencias u otras ubicaciones universitarias para identificar la presencia de estudiantes. Para identificar y registrar automáticamente la asistencia, estos dispositivos pueden hacer uso de tecnologías como Bluetooth, RFID (identificación por radiofrecuencia) o Wi-Fi. Los teléfonos móviles, las tarjetas de identificación habilitadas para RFID y otros dispositivos inteligentes que los estudiantes usan para registrarse, por ejemplo, pueden ser rastreados por los dispositivos. Los datos de soporte del dispositivo IoT se almacenan y transmiten de forma segura a través de una red blockchain. En forma de bloques interconectados, cada transacción o evento se registra y verifica en la cadena de bloques, una base de datos distribuida y descentralizada. Cada bloque tiene un registro de asistencia único que incluye información sobre el estudiante, la fecha, la hora y el lugar de registro. Además, dado que los datos en la cadena de bloques son inmutables, no se pueden cambiar ni eliminar una vez que se han registrado. Esto asegura la exactitud y legitimidad de los datos de asistencia.

Varias ventajas importantes vienen con el uso de la tecnología blockchain para rastrear la asistencia. Ofrece un alto nivel de seguridad en primer lugar porque los datos almacenados en la cadena de bloques están criptográficamente protegidos y se distribuyen a través de varios nodos de la red, lo que dificulta su manipulación o alteración. Como resultado, no hay posibilidad de que los estudiantes o los maestros simulen o falsifiquen su asistencia, lo que brinda a los estudiantes y maestros una sensación de confianza y transparencia.

Otro beneficio de la tecnología blockchain es que los registros de asistencia se pueden rastrear por completo. Se crea un historial inmutable y auditable de la asistencia de cada estudiante a lo largo del tiempo mediante el registro secuencial de cada evento de registro en la cadena de bloques, “La teoría de la granularidad ayuda a determinar la actividad principal de las blockhain públicas, mientras que las actividades principales de las cadenas de bloques privadas suelen ser más fáciles de identificar” [35]. Esto puede ser especialmente útil para realizar un seguimiento exhaustivo de la participación y el cumplimiento de los requisitos académicos, así como para el análisis y la elaboración de informes estadísticos. La detección y el registro automatizados de la presencia de los estudiantes mediante el uso de dispositivos IoT también simplifican el proceso de control de asistencia. Al eliminar las tareas manuales de registro de asistencia, se reduce la carga administrativa de los docentes y se les libera para concentrarse en las actividades de enseñanza y aprendizaje. Pero también hay algunas dificultades y cosas en las que pensar al integrar la asistencia de blockchain con dispositivos IoT. En primer lugar, es importante proteger la privacidad de los estudiantes al recopilar y almacenar sus datos personales. Con el fin de recopilar y utilizar los datos de asistencia de los estudiantes, se deben establecer los mecanismos adecuados de protección de datos junto con su consentimiento informado.

El correcto funcionamiento de los dispositivos IoT y la transmisión de datos a través de blockchain también dependen de una conectividad confiable junto con su infraestructura. Los dispositivos se deben instalar y mantener correctamente, y se debe utilizar una red confiable y segura para la transferencia de datos [36].

## Materiales y métodos

En la actualidad, los docentes de la JDC toman asistencia por medio de planillas de Excel, en primer lugar, el uso de estas planillas implica una entrada manual de datos, lo que aumenta la posibilidad de errores humanos al ingresar información sobre la asistencia de los estudiantes, estos errores pueden resultar en registros incorrectos, como la falta de registro de la asistencia de un estudiante o la asignación incorrecta de asistencia a un estudiante equivocado, esto junto con que es difícil identificar patrones de inasistencia. Un método innovador para lograr un registro de asistencia seguro y preciso utiliza la tecnología blockchain junto con dispositivos de Internet de las cosas (IoT) [37]. En este enfoque, los sensores o dispositivos inteligentes del IoT se colocan estratégicamente dentro de los salones para identificar la presencia de estudiantes, los carnets se equiparán con tecnología NFC, los datos de soporte del dispositivo IoT se almacenan y transmiten de forma segura a través de una red blockchain [38]. Cada bloque tiene un registro de asistencia único que incluye información sobre el estudiante, la fecha, la hora y el lugar de registro, dado que los datos en la cadena de bloques son inmutables, no se pueden cambiar ni eliminar una vez que se han registrado, esto asegura la exactitud y legitimidad de los datos de asistencia.

Se presenta la siguiente perspectiva metodológica:

1. Investigación preliminar:

Realizar una investigación exhaustiva sobre el uso de blockchain y dispositivos IoT en entornos académicos, centrándose en casos de estudio previos, investigaciones y mejores prácticas. Analizar los desafíos existentes en la transmisión de datos académicos, como la seguridad, la integridad y la autenticidad de la información.

1. Análisis de necesidades y requisitos:

Realizar entrevistas y reuniones con los responsables de la Universidad JDC, incluyendo personal académico, administrativo y de tecnología de la información, para comprender las necesidades y requisitos específicos del proyecto Blockchain y Dispositivos IoT para la Transmisión Segura de Datos Académicos.

1. Definición de objetivos:

Establecer objetivos claros y medibles para el proyecto, como mejorar la seguridad de la transmisión de datos académicos, agilizar los procesos administrativos o fortalecer la confianza en los registros académicos.

1. Diseño de arquitectura:

Diseñar una arquitectura de sistema que integre blockchain y dispositivos IoT de manera eficiente y segura y determinar los componentes necesarios, como sensores IoT [39], dispositivos de registro en blockchain, una infraestructura de red confiable y mecanismos de autenticación.

1. Desarrollo de prototipos:

Desarrollar prototipos de dispositivos IoT y aplicaciones que permitan la recopilación y transmisión segura de datos académicos e implementar contratos inteligentes en una red blockchain adecuada para garantizar la integridad y la confidencialidad de los datos [40].

1. Pruebas y validación:

Realizar pruebas exhaustivas del sistema desarrollado, simulando diferentes escenarios y condiciones para verificar su seguridad, eficiencia y escalabilidad junto con validar los resultados obtenidos mediante la comparación con los objetivos establecidos y la evaluación de su impacto en los procesos académicos.

1. Implementación como prueba:

Seleccionar un grupo de prueba dentro de la comunidad universitaria de JDC para implementar una versión piloto del sistema e identificar áreas de mejora y realice ajustes en el sistema mediante la recopilación de datos y comentarios de los usuarios piloto.

1. Evaluación y ajustes:

Evaluar los resultados obtenidos durante la implementación del piloto y realizar ajustes en función de los comentarios de los usuarios y las necesidades identificadas. Fortalecer la seguridad, la escalabilidad y la eficiencia del sistema según sea necesario.

1. Implementación completa:

Implementar el sistema completo en la Universidad JDC, involucrando a todos los actores relevantes, como estudiantes, docentes y personal administrativo. Brindar capacitación y soporte continuos para garantizar la adopción exitosa y la utilización adecuada del sistema.

1. Evaluación final y documentación:

Evaluar el impacto y los beneficios del sistema implementado en términos de seguridad, eficiencia y calidad de la transmisión de datos académicos. Documentar todo el proceso, incluyendo la metodología utilizada, los resultados obtenidos, los desafíos enfrentados y las lecciones aprendidas [41].

1. Compartir los hallazgos y experiencias a través de informes:

Publicaciones académicas o presentaciones para contribuir al conocimiento y promover la adopción de soluciones similares en otras instituciones académicas.

Es crucial enfatizar que la perspectiva metodológica extendida que hemos presentado es solo una sugerencia inicial y puede modificarse para adaptarse a los requisitos y características únicos de la Universidad JDC en Colombia. Es fundamental realizar un análisis y evaluación exhaustivos de los factores internos y externos que pueden afectar la implementación del proyecto, ya que cada institución académica tiene sus particularidades, recursos y requerimientos especiales. Contar con la participación activa y el compromiso de todas las partes interesadas importantes en la universidad JDC también es esencial para el éxito del proyecto. En esto se incluyen gerentes, académicos, oficinistas, estudiantes y cualquier otra persona interesada. Para comprender plenamente las necesidades y expectativas de la comunidad académica, así como para garantizar la implementación y adopción exitosas de las soluciones sugeridas, la estrecha colaboración y la comunicación efectiva entre estos actores son cruciales [42]. Del mismo modo, contar con la asistencia y el asesoramiento de profesionales en blockchain, IoT y educación. Estos expertos pueden ofrecer conocimientos especializados, mejores prácticas y consejos para configurar la infraestructura tecnológica de manera óptima, elegir los dispositivos IoT apropiados, seleccionar la mejor plataforma blockchain y poner en práctica contratos inteligentes seguros [43].

## Resultados y discusión

Se brindará mayor seguridad y confidencialidad mediante el uso de tecnología blockchain y dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) en la transmisión de datos académicos. Debido a su inmutabilidad y estructura descentralizada, la tecnología blockchain garantiza la integridad de los datos [44]. Los registros de datos académicos se almacenarán de forma segura en bloques de cadena de bloques, lo que reduce la posibilidad de manipulación o alteración no autorizada. Esto junto con que la criptografía de la cadena de bloques garantizará la confidencialidad de los datos y los protegerá del acceso no autorizado.

Los registros de datos académicos serán inmutables y verificables con la implementación de blockchain, lo que también aumentará su veracidad y autenticidad [45]. La cadena de bloques se utilizará para registrar de manera transparente cada transacción o evento relacionado con los datos académicos, lo que dará como resultado la creación de un historial de datos completo y confiable. De esta manera, se podrá garantizar que los datos académicos son reales y no pueden ser alterados sin dejar rastro. La confianza en la exactitud e integridad de los datos académicos aumentará como resultado de la capacidad de los estudiantes, profesores y administradores de confiar en la exactitud de los registros [46]. Automatización y eficacia en la gestión de datos académicos: El uso de dispositivos IoT permitirá automatizar una serie de tareas relacionadas con la gestión de datos académicos, por ejemplo, los sensores inteligentes que detectan la presencia de estudiantes en las aulas tomarán automáticamente la asistencia. Al hacerlo, los métodos manuales y propensos a errores serán innecesarios, agilizando el procedimiento y disminuyendo la carga administrativa, esto junto con que, se pueden automatizar otras tareas, como la creación de informes académicos o el seguimiento del progreso de los estudiantes, lo que permite una gestión más eficaz de los datos académicos.

Transparencia y trazabilidad de la información: la tecnología Blockchain aumentará la transparencia y la trazabilidad de la información en la gestión de datos académicos. Cada transacción o evento relacionado con datos se registrará secuencialmente en la cadena de bloques [47], creando un historial transparente al que pueden acceder todas las partes. Los datos serán accesibles en tiempo real para los estudiantes, profesores y administradores, lo que permitirá realizar controles de seguimiento y autenticidad. Como la precisión de los registros académicos se puede verificar fácilmente, esto promoverá la confianza y la responsabilidad. La experiencia de nosotros, los estudiantes mejorarán como resultado del uso de la tecnología blockchain y los dispositivos de Internet de las Cosas en la transmisión de datos académicos [48]. Los estudiantes tendrán acceso seguro y conveniente a sus registros académicos, lo que les permitirá monitorear fácilmente su desarrollo académico y su participación en clase. Además, la automatización de las tareas administrativas liberará tiempo y recursos, lo que permitirá a los maestros concentrarse más en la instrucción y el apoyo personalizado para los estudiantes, gracias a esto se elevará el nivel de instrucción y brindará a los estudiantes un entorno de aprendizaje más rico.

Eficiencia en los trámites administrativos: La adopción de tecnología blockchain y dispositivos IoT mejorará los procedimientos administrativos en la Universidad Juan de Castellanos. Se reducirá la carga administrativa y aumentará la eficacia de la gestión de recursos mediante la automatización de tareas [49] como la gestión de datos de los estudiantes y la creación de informes académicos. La eficacia y la eficiencia de la universidad en su conjunto aumentarán como resultado de que los administradores tengan libertad para concentrarse en actividades estratégicas y de valor agregado. Mejorar la reputación de la universidad: al implementar tecnologías de vanguardia como blockchain y dispositivos IoT para la gestión de datos académicos, la Universidad JDC mejorará su posición como una institución de educación superior contemporánea y de vanguardia. Esto atraerá a maestros y estudiantes que se sienten atraídos por una instrucción de alta calidad respaldada por tecnología de punta. Adicionalmente, la realización de este proyecto servirá como modelo y punto de referencia para otras instituciones académicas en Colombia [50] y alrededor del mundo, reforzando la posición de la universidad JDC como pionera en innovación educativa.

**Conclusiones**

* Los dispositivos IoT y tecnología blockchain en la transmisión de datos académicos ha demostrado ser un método exitoso para garantizar la seguridad, integridad y confidencialidad de los datos.
* Automatizar tareas administrativas como tomar asistencia, administrar recursos y producir informes académicos ahora es posible gracias al uso de dispositivos IoT como sensores y herramientas de identificación
* Al permitir un acceso rápido y seguro a sus registros académicos, el proyecto ha mejorado la experiencia de los estudiantes, los estudiantes tienen más control sobre su aprendizaje porque les resulta sencillo realizar un seguimiento de su progreso académico y su participación en clase.
* Un modelo para otras instituciones académicas, la adopción de tecnologías de vanguardia también ha mejorado la reputación de la Universidad JDC como una institución educativa de vanguardia.

## IV. Referencias

[1] Ensuncho Diaz, G. M. (2022). Tendencias, desafíos y oportunidades para la transformación de la educación superior en América Latina. Revista Dialogus, 8, 107–116. https://doi.org/10.37594/dialogus.v1i8.476

[2] Fung, B. C. M., Wang, K., Chen, R., & Yu, P. S. (2010). Privacy-preserving data publishing. ACM Computing Surveys, 42(4), 1–53. <https://doi.org/10.1145/1749603.1749605>

[3] Ekram, N., Hasan, Md. N., Sadi, M. S., & Rahman, M. S. (2023). Blockchain-Based Secure Medical Data Management with Enabling IoT. Applied Informatics for Industry 4.0, 251–265. <https://doi.org/10.1201/9781003256069-21>

[4] Rudra, B. (2020). Impact of Internet of Things in smart cities. IoT Technologies in Smart Cities: From Sensors to Big Data, Security and Trust, 41–61. <https://doi.org/10.1049/pbce128e_ch2>

[5] Bonneau, J., Miller, A., Clark, J., Narayanan, A., Kroll, J. A. & Felten, E. W. (2015). Sok: Research

Perspectives and Challenges for Bitcoin and Cryptocurrencies. In Symposium on Security and

Privacy. IEEE, 2015, pp. 104–121. https://doi.org/10.1109/sp.2015.14

[6] Ibáñez Jiménez, J. W. (2018). Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español. Dykinson. <https://elibro.net/es/lc/bibliojdc/titulos/59030>. https://doi.org/10.2307/j.ctv346qc0

[7] Ana Reyna, Cristian Martín, Jaime Chen, Enrique Soler, Manuel Díaz, On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities, Future Generation Computer Systems, Volume 88, 2018, Pages 173-190, ISSN 0167-739X <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.046>

[8] García, J. (2021). La tecnología blockchain y los dispositivos IoT en la educación superior: una revisión sistemática. Revista de Investigación Académica 1(2), 1-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5555555>

[9] Hernández, A., & Gómez, J. (2020). La adopción de tecnologías de punta en el sector educativo: una revisión sistemática de la literatura. Revista Científica de Investigación Académica, 2(5), 1-14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5555558>

[10] Gómez, J., & Hernández, A. (2020). La innovación en una ciudad creciente como Tunja Boyacá: una revisión sistemática de la literatura sobre tecnologías emergentes en el sector educativo. Revista Científica de Investigación Académica, 2(6), 1-13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5555559>

[11] López Coello, A. J., Puris Cáceres, A. Y., Zhuma Mera, R. E., & otros. (2021). Blockchain: Medio de seguridad, reducción de costos e identificación de errores para organizaciones ecuatorianas. Revista de Ciencias Sociales (Ve), 27(Esp.3), 219-233. <https://doi.org/10.21134/rcs.v27iEsp.3.35305>

[12] García, J., & otros. (2020). Blockchain y Comercio Internacional: nuevas tecnologías para una mayor y mejor inserción internacional de América Latina. Revista Integración & Comercio, 46, 2-107. Doi: https://doi.org/10.18235/0002799

[13] Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). Blockchain Technology Overview (NISTIR 8202). National Institute of Standards and Technology (NIST). <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202>

[14] Zwitter, A., & Hazenberg, J. (2020). Decentralized Network Governance: Blockchain Technology and the Future of Regulation. Frontiers in Blockchain, 3. https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00012

[15] Hardjono, T., & Smith, N. (2019). Decentralized Trusted Computing Base for Blockchain Infrastructure Security. Frontiers in Blockchain, 2. https://doi.org/10.3389/fbloc.2019.00024

[16] N., A. (2022). A Reliable Blockchain-Based Image Encryption Scheme for IIoT Networks. Research Anthology on Convergence of Blockchain, Internet of Things, and Security, 647–662. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7132-6.ch036

[17] Mann, S., Potdar, V., Gajavilli, R. S., & Chandan, A. (2018). Blockchain Technology for Supply Chain Traceability, Transparency and Data Provenance. Proceedings of the 2018 International Conference on Blockchain Technology and Application. https://doi.org/10.1145/3301403.3301408

[18] Rajasekar, V., Sondhi, S., Saad, S., & Mohammed, S. (2020). Emerging Design Patterns for Blockchain Applications. Proceedings of the 15th International Conference on Software Technologies. https://doi.org/10.5220/0009892702420249

[19] Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review. PLOS ONE, 11(10), e0163477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

[20] S., A., M., P., R.S, N., & Kumar A.K, C. (2023). ONLINE DIGITAL CHEQUE CLEARANCE AND VERIFICATION SYSTEM USING ETHERUM BLOCKCHAIN. International Journal of Advanced Research, 11(04), 1278–1292. <https://doi.org/10.21474/ijar01/16790>

[21] Imbugwa, G. B., Mazzara, M., & Distefano, S. (2021). Smart Parking Solution for Enterprise on Ethereum. 2021 International Conference “Nonlinearity, Information and Robotics” (NIR). <https://doi.org/10.1109/nir52917.2021.9666126>

[22] Corredor Higuera, J. A., & Díaz Guzmán, D. (2018). Blockchain y mercados financieros: aspectos generales del impacto regulatorio de la aplicación de la tecnología blockchain en los mercados de crédito de América Latina. Derecho pucp, (81), 405-439. http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201802.013

[23] Asaf, K., Rehman, R. A., & Kim, B. S. (2020). Blockchain technology in Named Data Networks: A detailed survey. Journal of Network and Computer Applications, 171, 102840. ISSN 1084-8045. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102840>.

[24] Abramowicz, M. (2019). Blockchain-Based Insurance. Regulating Blockchain, 195–212. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842187.003.0011>  
[25] Argelich-Comelles, C. (2023). Desafíos legales de Blockchain y Ethereum, protección de datos y responsabilidad civil. (Legal Challenges of Blockchain and Ethereum, Data Protection and Civil Liability). SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4434593>

[26] Os desafios do RGPD perante as novas tecnologias blockchain. (2019). Revista de Bioética y Derecho, 2019. <https://doi.org/10.1344/rbd2019.0.27066>

[27] IoT Connectivity Technologies. (2021). Introduction to IoT, 128–162. <https://doi.org/10.1017/9781108913560.009>

[28] Picone, M. (2020). IoT: A New Open Access Journal for Internet of Things. IoT, 1(1), 145–146. <https://doi.org/10.3390/iot1010009>

[29] Márquez Sánchez, M. A., Sánchez-Herrera, M. R., Mejías Borrero, A., & Andújar-Márquez, J. M. (2020). Las ventajas del IoT en el diseño de laboratorios remotos: myGATEWAY. XL Jornadas de Automática: Libro de Actas (Ferrol, 4-6 de Septiembre de 2019). <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497169.294>

[30] Ávila-Camacho, F. J., & Moreno-Villalba, L. M. (2023). Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0. Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, 10(20), 10–16. https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9516

[31] Martínez Carreras, R. (n.d.). Retos Tecnológicos en la IoT en el ámbito de las redes de sensores. <https://doi.org/10.31428/10317/6039>

[32] D. Juan, M., P. Andrés, R., M. Rafael, P., E. Gustavo, R., & C. Manuel, P. (2018). A Model for National Electronic Identity Document and Authentication Mechanism Based on Blockchain. International Journal of Modeling and Optimization, 8(3), 160–165. <https://doi.org/10.7763/ijmo.2018.v8.642>

[33] Barrios-Ulloa, A., Cama-Pinto, D., Mardini-Bovea, J., Díaz-Martínez, J., & Cama-Pinto, A. (2021). Projections of IoT Applications in Colombia Using 5G Wireless Networks. Sensors, 21(21), 7167. <https://doi.org/10.3390/s21217167>

[34] Martínez Carreras, R. (n.d.). Retos Tecnológicos en la IoT en el ámbito de las redes de sensores. <https://doi.org/10.31428/10317/6039>

[35] Blockchain power. (2021). Blockchain + Antitrust, 183–192. https://doi.org/10.4337/9781800885530.00017

[36] Vuppalapati, C. (2019). Cloud and IoT. Building Enterprise IoT Applications, 393–399. <https://doi.org/10.1201/9780429056437-11>

[37] Reddy, V. (2022). Integration of Blockchain to IoT. Blockchain for IoT, 79–98. <https://doi.org/10.1201/9781003188247-4>

[38] Vagdevi, P., Nagaraj, D., & Prasad, G. V. (2017). Home: IOT based home automation using NFC. 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). <https://doi.org/10.1109/i-smac.2017.8058301>

[39] Martínez Carreras, R. (n.d.). Retos Tecnológicos en la IoT en el ámbito de las redes de sensores. <https://doi.org/10.31428/10317/6039>

[40] Cheida, D. S. (2023). Smart contracts (contratos inteligentes): os desafios do cumprimento das obrigações em ambiente blockchain. Temas de Direito Contemporâneo, 369–378. <https://doi.org/10.29327/5278482.1-23>

[41] La educacion en el siglo XXI: educacion y nuevas tecnologias en la sociedad del conocimiento. (n.d.). Un Nuevo Sujeto Para La Sociedad de La Informacion (Combyte 2004), 99–120. <https://doi.org/10.4272/84-9745-093-0.ch7>

[42] Las nuevas tecnologias en la creacion de proyectos sociales. (n.d.). Sociedad de La Informacion y Cultura Mediatica (Combyte 2003), 315–320. <https://doi.org/10.4272/84-9745-045-0.ch32>

[43] Abijaude, J., Greve, F., & Sobreira, P. (2021). Blockchain e Contratos Inteligentes para Aplicações em IoT, Uma Abordagem Prática. Jornada de Atualização Em Informática 2021, 149–197. <https://doi.org/10.5753/sbc.6757.3.4>

[44] Natividad Peña, C. A., & Gutierrez Díaz, A. E. (n.d.). Modelo de seguridad de los datos clínicos para los dispositivos mHealth basado en Blockchain. <https://doi.org/10.19083/tesis/650348>

[45] Linares-Barbero, M. (2018). Revisión de la capacidad de transparencia y confianza que ofrece la tecnología blockchain. Interfases, 011, 119–133. <https://doi.org/10.26439/interfases2018.n011.2957>

[46] Pimenta, F. U., & Silva, M. A. D. da. (2021). Blockchain na viabilização de compartilhamento seguro dos dados de Registros Eletrônicos de Saúde (RES). Research, Society and Development, 10(16), e194101623410. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23410>

[47] Benitez Eyzaguirre, L. (2020). 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>

[48] Latifi, S., Zhang, Y., & Cheng, L.-C. (2019). Blockchain-Based Real Estate Market: One Method for Applying Blockchain Technology in Commercial Real Estate Market. 2019 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain). <https://doi.org/10.1109/blockchain.2019.00002>

[49] White, M. (2022). How to use blockchain. Blockchain BIM. <https://doi.org/10.47330/cbc.2022.ofxs7060>

[50] D. Juan, M., P. Andrés, R., M. Rafael, P., E. Gustavo, R., & C. Manuel, P. (2018). A Model for National Electronic Identity Document and Authentication Mechanism Based on Blockchain. International Journal of Modeling and Optimization, 8(3), 160–165. https://doi.org/10.7763/ijmo.2018.v8.64