



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

BLOCKCHAIN Y EMR, UN MODELO PARA LA GESTION SEGURA Y CONFIABLE

Beneficios de implementación del Blockchain en los sistemas
de registros médicos electrónicos - EMR

Autores:

Jessica Alejandra Ángel Pérez

Santiago Misas Quiñonez

Stiven Saavedra

Tutor:

Juan Pablo Vélez Urrea

COORPORACION UNIVERSITARIA REMINGTON

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS

SEMINARIO DE GRADO

PALMIRA, VALLE DEL CAUCA

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia que me han brindado un apoyo constante, y me han orientado por el buen camino, por darme su amor incondicional y su paciencia. Gracias por sus consejos y palabras de aliento que me dieron fuerzas para vencer los obstáculos que se han presentado en mi vida. A mi madre por haberme enseñado que debo esforzarme y ser constante para conseguir todo lo que me proponga, que debo ser fuerte y aprender a confiar en mis propias decisiones y a mi padre por brindarme su apoyo económicamente para poder ser una profesional.

Jessica Alejandra Ángel Pérez.

Dedico este trabajo a Dios, por darme en cada momento sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada paso de este camino dándome la fe y la perseverancia necesaria para alcanzar esta meta. A mis padres por su amor incondicional, apoyo contaste y enseñanzas, ellos que han sido mi mayor inspiración y motivación para superar cada obstáculo. A mi universidad por brindarme el conocimiento, las herramientas y el espacio para crecer tanto personal como profesionalmente, gracias por ser el pilar en la construcción de mis sueños y mi futuro.

Santiago Misas Quiñones

Agradecimientos

Queremos brindarles el agradecimiento a nuestros familiares y a la comunidad Remington por estar brindando su apoyo durante esta etapa de nuestras vidas. Gracias a Dios por darnos la oportunidad de culminar nuestra carrera, y continuar día a día siendo mejores personas y llenas de conocimiento.

Gracias a todas esas personas que estuvieron presentes, durante este proceso, que fue de superación y un logro más para nosotros, esperamos poder seguir contando con su apoyo incondicional, fue un placer compartir tiempo de calidad y aprendizaje con ustedes.

Tabla de Contenidos

1. RESUMEN	5
1.1. PALABRAS CLAVE.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. MARCO CONCEPTUAL.....	7
3.1. <i>FIGURA 1. BLOCKCHAIN EN ORGANIZACIONES.....</i>	8
3.2. BLOCKCHAIN	9
3.3. EMR (REGISTRO MEDICO ELECTRÓNICO)	9
3.4. INTEGRACIÓN DE BLOCKCHAIN EN EMR	9
3.5. BENEFICIOS DE LA INTEGRACIÓN.....	9
4. MARCO CONTEXTUAL:.....	10
4.1. SEGURIDAD Y PRIVACIDAD:.....	11
4.2. INTEROPERABILIDAD Y PORTABILIDAD:.....	12
4.3. EFICIENCIA Y TRANSPARENCIA:.....	12
4.4. <i>FIGURA 2. FLUJO DEL BLOCKCHAIN.....</i>	13
5. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL APRENDIZAJE	13
5.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA:.....	14
5.2. MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO:.....	14
5.3. CARACTERÍSTICAS CLAVE DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN:	15
5.4. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN:	15
6. TABLAS Y GRAFICAS.....	15
7. OBJETIVOS ESPECIFICOS:	15
8. OBJETIVO GENERAL:.....	16
9. CONCLUSIONES.....	16
10. RECOMENDACIONES	17
11. REFERENCIAS	17

1. Resumen

El Blockchain tiene el potencial de revolucionar el EMR y mejorar la atención médica, la salud es uno de los sectores que recibe un gran beneficio de la tecnología.

En esta era digital, el EMR es un sistema indispensable, que gestiona y almacena todos los datos médicos de los pacientes de una forma mas eficiente y segura, esta herramienta incluye datos como: historial médico, diagnósticos, tratamientos, medicamentos, resultados de imágenes y exámenes médicos. Esta tecnología permite crear un sistema de registro descentralizado seguro y transparente.

La capacidad que tiene de garantizar la integridad y seguridad de la información, sin necesidad de intermediarios, evitando duplicar la información y permitiendo un acceso mas seguro y controlado a los registros médicos, hace que sea una solución innovadora.

1.1. Palabras clave

EMR– Registro medico electrónico, salud digital, interoperabilidad, infraestructura tecnológica, integridad de datos, sistema descentralizado, trazabilidad, atención médica, gestión de información.

2. Introducción

En 1991 los científicos de investigación Stuart Haber y W. Scott Stornetta, propusieron una solución práctica para que los documentos digitales con sello de tiempo no pudieran ser modificados o alterados. El sistema consistía en una cadena de bloques con seguridad criptográfica para almacenar estos documentos, ya en 1992, incorporaron arboles de Merkle lo que permitía almacenar en un solo bloque múltiples documentos. Sin embargo con el paso del tiempo se dejó de usar esta tecnología y en 2004 caduco.

En 2008 un persona con el seudónimo de Satoshi Nakamoto que público un documento donde describe el concepto de un moneda completamente nueva, un sistema descentralizado (peer to peer) conocido como Bitcoin.

En 2009 mino el primer bloque de bitcoin obteniendo una recompensa de 50 bitcoins. La tecnología surgió de su función como un mecanismo de verificación de las criptomonedas, el aumento de las plataformas peer to peer, ha facilitado el intercambio comercial entre individuos, y las empresas han aprovechado estos recursos dentro de la llamada economía colaborativa. (De Filippi, 2017) el intercambio de valor de una manera segura y descentralizada, sin la necesidad de un intermediario.

Luego de que apareció el bitcoin, se han realizado múltiples artículos científicos y académicos, relacionados con la aplicación de esta gran tecnología.

Los autores (Páez y Bouvarel, 2019) junto con dos colaboradores colombianos, publicaron un artículo denominado “*An Architecture for Biometric Electronic Identification Document System Based on Blockchain*”, proponen en este documento una arquitectura para la identificación electrónica biométrica, que se basa en la verificación de las transacciones con verificación de identidad de servicios básicos de salud, declaración y pago de impuestos, tramites notariales y registro de actividades económicas entre otros. Para validar al usuario debe contar con certificado digital con la clave pública o privada, que se entrega a cada usuario mediante un PIN de verificación.

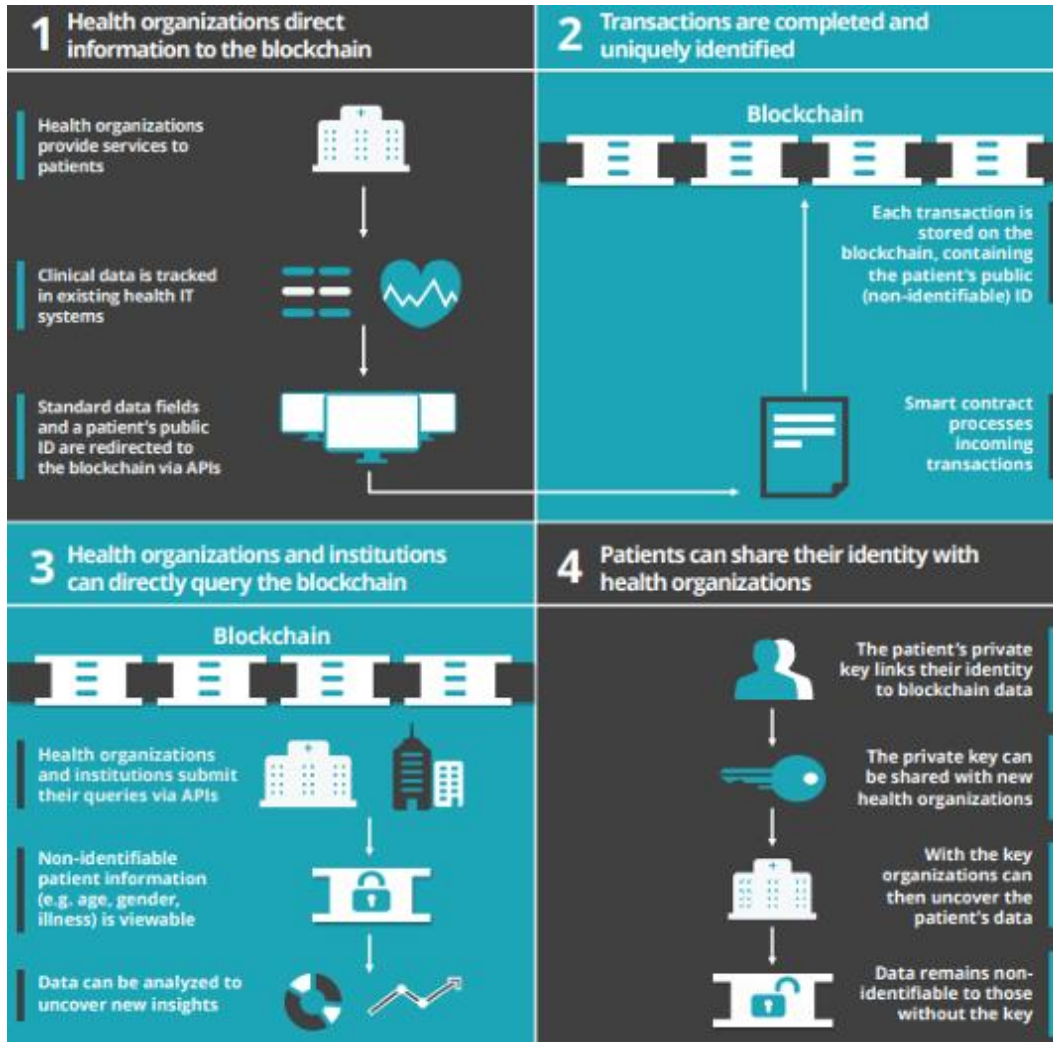
En el artículo de (Sharma R, Canadá 2018) Blockchain en la atención sanitaria, la tecnología afecta positivamente a los resultados de la atención médica de las empresas y las partes interesadas que optimizan los procesos comerciales, obteniendo una mejora en los resultados de los pacientes, como la gestión y el mejoramiento de los datos, reduciendo costos y mejorando la relación de los datos con la atención médica.

Diversos Artículos se han presentado exponiendo a esta tecnología con una gran potencial para transformar el área de la salud, especialmente en la gestión de registros médicos electrónicos y la capacidad que tiene para garantizar la privacidad, interoperabilidad, privacidad y trazabilidad de los datos médicos, explorando nuevas posibilidades cada vez para impulsar la tecnología.

3. Marco conceptual

El marco conceptual de esta investigación se basa en la integración de la tecnología Blockchain y el EMR (registro médico electrónico), que tiene como objetivo la transformación digital. En este marco se considera las actuales tendencias en la gestión de los datos médicos, la seguridad, privacidad de estos y mejora en la atención médica.

El Blockchain es un registro compartido que no puede ser alterado, almacenando cada una de las transacciones dentro de un libro contable digital. Los usuarios pueden verificar la información, lo que permite que la colaboración sea confiable entre los accesos de la red.



3.1. Figura 1. Blockchain en organizaciones.

Nota: La implementación del Blockchain dentro de una organización médica, implica de un proceso complejo, tal como se describe en la imagen, que incorpora desde la planificación, hasta la ejecución. Muestra la un modelo de los datos, protocolos de acceso, reglas de autorizaciones y demás etapas por la cual pasa la información médica.

Sin embargo se necesitan esfuerzos en conjunto de los gobiernos, reguladores, instituciones médicas sanitarias y empresas tecnológicas para aprovechar todo el potencial de esta tecnología innovadora que crece cada día.

3.2. Blockchain

Se define como una tecnología de registro descentralizado, donde se pueden gestionar y almacenar todos los datos, de una forma segura, transparente y ágil, sin necesidad de intermediarios. Se basa en una red de nodos donde se registran los movimientos o transacciones, en el libro mayor, creando así registros permanentes y seguros.

3.3. EMR (registro medico electrónico)

Es un sistema digital que recopila la información de los pacientes de una manera más organizada, segura y eficiente, facilitando a profesionales de la salud a tomar decisiones informadas, y permitiendo el acceso para actualizar información más rápida y precisa mejorando la atención a los pacientes.

3.4. Integración de blockchain en EMR

Tiene como ventaja mejorar la seguridad y privacidad, revolucionando la forma en la que se gestionan los registros. Inmutabilidad, que los registros no pueden alterados. Transparencia, que permite rastrear los cambios y accesos a la información. Interoperabilidad, permite el intercambio de información entre diferentes sistemas de salud. Control de acceso, autorizaciones para modificar o ver registros. Autenticidad y eficiencia, evitando falsificación, y reduciendo costos con la gestión de la información.

3.5. Beneficios de la integración

Mejora la confianza en la información, reduce riesgos y facilita accesos autorizados para la gestión de la información. En contexto con el EMR puede iniciarse desde el nacimiento de una persona, en el sentido en que los centros médicos generan identidades digitales que se almacenaran como información neonatal, enfermedades, historial clínico parental; mapeo genético, integración de identidades digitales del personal médico, proveedores de medicamentos y demás participantes involucrados. Podrían integrarse tanto médicos como pacientes a través de aplicativos que de alguna manera le han medicado, quien los haya atendido y a que exámenes ha sido remitido. Los principales beneficiarios de esta tecnología aplicada al EMR, serían los usuarios

que acceden a la información necesaria, a los centros médicos que llevan el control más efectivo de los procesos para remitir a dicha distribución al personal médico, al gobierno que optimiza la distribución de recursos adecuados para su aprovechamiento y por último a la industrias farmacéuticas que planean y controlan la disposición de los medicamentos de acuerdo a las necesidades.

4. Marco contextual:

La capacidad que proporciona esta tecnología para crear innumerables registros digitales, transparentes y distribuidos, especialmente el manejo de registros médicos electrónicos.

(MDPI). Una de las principales dificultades en el sistema de salud ha sido la integración de los datos del paciente desde su nacimiento hasta su atención en las últimas etapas de la vida. Esto se debe a la implementación de múltiples sistemas fragmentados que no facilitan la creación de un expediente clínico unificado. Blockchain, con su capacidad para descentralizar y asegurar la información, ofrece una solución que permite la interoperabilidad y la integridad de los datos clínicos en diferentes entornos de salud.

El blockchain puede ofrecer una solución al permitir la creación de un registro médico unificado que siga al paciente a lo largo de todas las instituciones de salud que visita. Mediante su estructura distribuida y segura, esta tecnología facilita que la información esté disponible en tiempo real para los profesionales de la salud autorizados, garantizando así un acceso rápido y seguro a los datos. (Zheng, 2020).

Además ofrece la oportunidad de desarrollar casos de uso concretos que podrían revolucionar la atención médica. Entre ellos, la creación de un historial médico unificado que esté disponible para médicos y pacientes en todo momento, la mejora en la trazabilidad de medicamentos a lo largo de la cadena de suministro, y la posibilidad de realizar

investigaciones clínicas de forma segura y anónima mediante el uso de registros cifrados. (Benchoufi & Ravaud, 2017).

Hoy la gestión de la salud debe pensarse como una Smart Health Care (SHC). El aprovechamiento de las tecnologías debe trascender el ejercicio de la salud, desde la atención por parte de las entidades médicas, la comunicación paciente-medico, hasta la gestión del big data, resultado de las múltiples entradas de datos en el entorno de la salud. (Sundaravadivel, 2018), integra varias características como el conocimiento del contexto y demás que se unen en un marco de gestión de la salud inteligente que satisface un equilibrio sostenible de los servicios, dispositivos médicos, tecnologías, sistemas de gestión, aplicaciones y, por supuesto, de los usuarios finales, los pacientes. (Sundaravadivel, 2018).

Las bondades de la tecnología de blockchain, también entendida como *information tecnologia*, (Bambara, J., y Allen, P., 2018) son una alternativa de solución para los retos que se presentan en la gestión de la salud y los pacientes. (Puthal, D., 2018) señala que una de las aplicaciones del Blockchain es el la *Smart Health Care*. Tiene que ver con el *record Keeping*, (registro) del personal de la salud y los pacientes. El control del acceso a la información y la gestión del cuidado de la salud.

4.1. Seguridad y privacidad:

Control de acceso que permite establecer las reglas específicas para cada usuario, asegurándose que solo los autorizados puedan ingresar a estos registros médicos.

Criptografía, el algoritmo que los datos médicos usan para cifrar y garantizar la privacidad y confidencialidad.

Inmutabilidad, que hace que una vez se haya hecho el registro no pueda ser eliminado o alterado protegiendo la integridad de los datos.

Anonimizar los datos de los pacientes, manteniendo los datos confidenciales mientras facilita la investigación y análisis de estos.

4.2. Interoperabilidad y portabilidad:

Historial médico completo y permanente que tiene el paciente a lo largo de su vida, facilitando un mejor diagnóstico o tratamiento.

Acceso unificado que pueden obtener los pacientes sin necesidad de depender de un intermediario, para acceder y conectarse a través de internet.

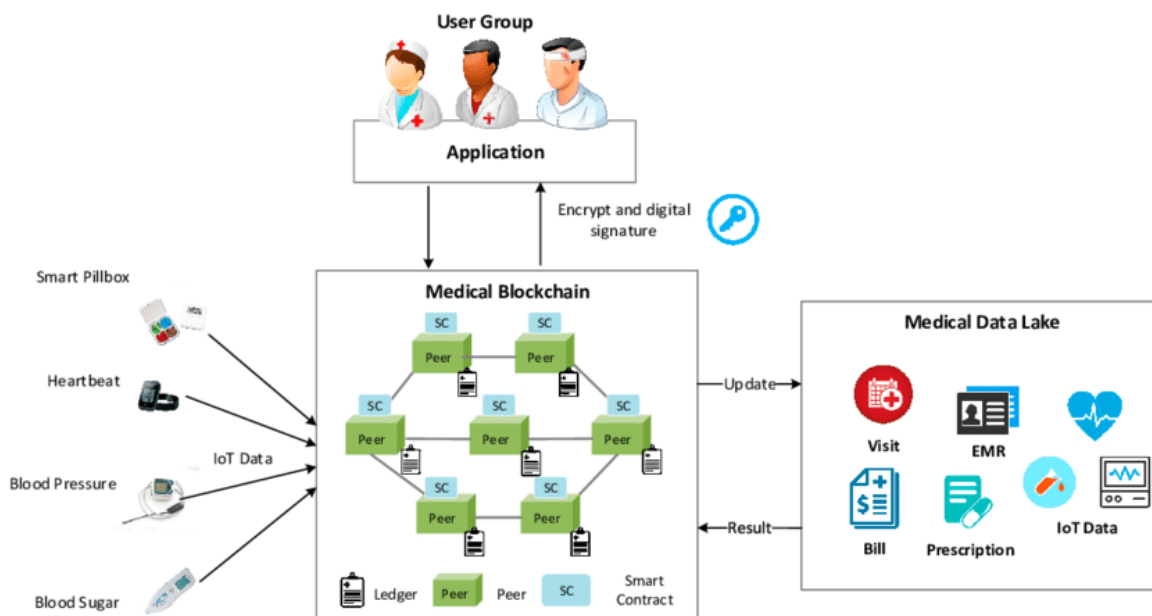
Compartir los datos del paciente con facilidad a diferentes proveedores de atención médica, que permiten una mejor coordinación y seguimiento del paciente.

4.3. Eficiencia y transparencia:

Trazabilidad, las transacciones registradas de los datos de los pacientes, permiten el seguimiento del historial médico, la actualización de datos comprobando la transparencia y responsabilidad del personal con acceso.

Eficiencia de la tecnología al agilizar y simplificar los procesos relacionados a los registros médicos, reduciendo tiempos, costos y flujo de trabajo.

Automatización de registros, reduce la necesidad de intervención médica manual, y minimiza los errores.



4.4. Figura 2. Flujo del Blockchain

Nota: El proceso del sistema de salud actual, donde muestra cómo se gestiona y almacena la información que produce diariamente de manera efectiva. Cada día aumenta el número de transacciones por ende el número de registros, tratamientos, historial clínico y estudios, entre otros debe ser custodiado para su seguridad. El Blockchain maneja las herramientas totalmente adecuadas para controlar el volumen de la información, aumentando la transparencia, y generando la confianza en sus pacientes. Además que se podrá consultar en cualquier momento la historia clínica, que garantiza que el tratamiento sea basado en sus antecedentes para mayor efectividad.

Un aspecto importante a resaltar es la posibilidad de acceder al registro completo de los medicamentos que son producidos por diferentes entidades en el mundo, con el Blockchain se realizara el debido seguimiento de la entrega de estos y el lugar de fabricación y así verificar que sea autentico y original.

5. Desarrollo e implementación del aprendizaje

La implementación del blockchain en el sector de la salud ha sido potente para el almacenamiento de gran cantidad de información, brindando garantía y seguridad de ello. Claude y Jesse Ehrenfeld (2018) nombran que, el objetivo es tener un registro único e irreplicable de los datos, lo que ayuda a la generación de las certificaciones y aprobaciones, debido a esto recomiendan que el proceso sea segmentado, ya que así se puede ofrecer un mejor servicio complementando al sistema. Quiere decir que la mayor parte de la información se separa en bloques aislados de la cadena y por otra parte se encuentra información básica y procesos en el sistema de cadena de bloques.

Colombia puede convertirse en un referente con la implementación de esta tecnología, el 1% de las empresas ha implementado el blockchain y un 3% se encuentra en proceso de

implementación, sus características deben ser aprovechadas para el desarrollo del mismo y preste servicios que sean dirigidos a los ciudadanos.

5.1. Arquitectura del sistema:

Se busca incursionar en el competitivo mercado de la medicina digitalizada con registros de salud electrónicos con un sistema totalmente integrado y sistema de gestión de la práctica, que podría beneficiar tanto a médicos como a pacientes es por esta razón que se implementa un sistema para integrar las capacidades de procedimiento de datos y análisis avanzado con flujos de trabajo clínicos, esta arquitectura EMR involucra varias capas que interactúan entre sí, incluyendo la infraestructura de almacenamiento de datos, seguridad e interoperabilidad.

La combinación de Blockchain con registros médicos electrónicos (EMR) para crear un sistema robusto, seguro y descentralizado para la gestión y análisis de datos de la salud, al integrar Blockchain en la arquitectura de un EMR proporciona una capacidad adicional de seguridad, transparencia y control sobre los datos médicos, resolviendo problemas clave relacionados con la interoperabilidad, privacidad e integridad de los datos.

5.2. Modelos de aprendizaje automático:

Random Forest se implementa para predicciones relacionadas con diagnósticos médicos, riesgos de enfermedades o recomendaciones de tratamiento personalizado, utilizando blockchain las predicciones y decisiones tomadas por el modelo pueden ser auditadas para asegurar la integridad y la transparencia del proceso.

5.3. Características Clave de desarrollo e implementación:

Predicción de enfermedades: puede predecir si un paciente desarrollará una enfermedad crónica basándose de múltiples características clínicas como son: historial médico, datos genéticos y factores ambientales.

Evaluación de riesgos: Evalúa el riesgo de complicaciones durante el tratamiento, ayudando a los médicos a tomar decisiones basadas en datos.

Recomendación de tratamientos: El modelo puede analizar los datos de pacientes anteriores para sugerir tratamiento personalizado con altas probabilidades de éxito.

5.4. Resultados de la implementación:

Arquitectura del sistema EMR y Uso de Blockchain.

Como resultado podemos obtener un sistema integrado que se encarga de procesar datos y realizar un análisis avanzado con los flujos de trabajo clínicos.

En el uso de Blockchain podemos obtener como resultado la proporción de una capa adicional de seguridad, asegurando la integridad y privacidad de los datos médicos. También permite una mayor transparencia y control de los datos médicos, abordando problema de privacidad e interoperabilidad.

6. Tablas y Graficas

7. Objetivos específicos:

- Analizar la integración de la tecnología Blockchain en los sistemas EMR, evaluando su impacto en la seguridad, transparencia y control de acceso de los registros médicos.

- Implementar algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest, para realizar predicciones y recomendaciones de tratamientos personalizados, garantizando la transparencia y auditabilidad, que es el registro integral de los datos mediante Blockchain.
- Evaluar la interoperabilidad y portabilidad de los datos médicos dentro de la arquitectura EMR basada en Blockchain, facilitando un acceso unificado a los pacientes y proveedores de salud.

8. Objetivo general:

Desarrollar un sistema integrado basado en la tecnología Blockchain para mejorar la seguridad, transparencia y gestión de los registros médicos electrónicos (EMR), con tal de optimizar la atención médica y garantizar la interoperabilidad y privacidad de los datos de los pacientes.

9. Conclusiones

La integración de la tecnología Blockchain en los registros médicos electrónicos EMR representa una solución innovadora para los desafíos actuales en el manejo de datos médicos, especialmente en términos de seguridad, transparencia e interoperabilidad. Al garantizar la inmutabilidad de los registros, se protege la integridad y privacidad de la información médica sin la necesidad de intermediarios, lo que reduce los riesgos asociados a la manipulación o pérdida de datos, al combinar Blockchain con algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest, entre otros, se potencia el análisis de datos clínicos para mejorar la predicción de enfermedades y ofrecer tratamientos, aumentando así la eficiencia y efectividad en la atención médica.

En muchas ocasiones se presentan pérdidas de información del paciente, por lo que se debe iniciar uno desde cero para acceder a los tratamientos o procesos a los que se remita para su salud, al contar con esta tecnología se evitan reproceso que generan largos tiempos en atención a la solicitud de los pacientes.

Esta tecnología tiene el potencial de transformar profundamente el sector salud, facilitando la gestión segura y eficiente de la información, beneficiando tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes.

10. Recomendaciones

- Cuando se solicita información sensible como historial médico, se evidencia inconsistencias y entregas erróneas, debido a que usuarios comparten información privada, que compromete a terceros la seguridad de los datos de los usuarios o pacientes, evitar compartir información para dar una mejor gestión al acceso de la data.
- Establecer sistemas que desarrollan metodologías y negocios más óptimos como la implementación del blockchain, es rentable dado a que se evita reproceso y genera confianza en usuarios y demás beneficios.
- Al acceder a la información privada del usuario y migrar los datos de una entidad a otra, procurar que el usuario realice las solicitudes personalmente o autorice legalmente el proceso.

11. Referencias

- (De Filippi, 2017), Blockchain and value systems in the sharing economy: The illustrative case of Backfeed.
https://econpapers.repec.org/article/eeetefoso/v_3a125_3ay_3a2017_3ai_3ac_3ap_3a105-115.htm
- Lucas, B., & Paez, R. V. (2019). *An Architecture for Biometric Electronic Identification Document System Based on Blockchain*. Consensus algorithm for a private blockchain. En W. Li, & G. Zuo (Eds.), ICEIEC 2019 - Proceedings of 2019 IEEE 9th International Conference on Electronics Information and

- Emergency Communication (pp. 264-271). Artículo 8784500 (ICEIEC 2019 - Proceedings of 2019 IEEE 9th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. <https://doi.org/10.1109/ICEIEC.2019.8784500>
- Sharma, R. Blockchain en la atención sanitaria ; FCCCO: Ontario, ON, Canadá, 2018. [Google Scholar]
 - P. Zheng, Z. Zheng, J. Wu and H. -N. Dai, "XBlock-ETH: Extracting and Exploring Blockchain Data From Ethereum," in IEEE Open Journal of the Computer Society, vol. 1, pp. 95-106, 2020, doi: 10.1109/OJCS.2020.2990458. keywords: {Blockchain;Smart contracts;Data mining;Bitcoin;Blockchain;data analytics;ethereum;smart contracts}.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9086439/citations#citations>
 - Benchoufi, M., Ravaud, P. Blockchain technology for improving clinical research quality. *Trials* **18**, 335 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2035-z>
 - Chisaba Pereira, C. A. (2017). La gestión en salud a través de blockchain: una herramienta del futuro inmediato. *Hojas De El Bosque*, 3(6), 50–56.
<https://doi.org/10.18270/heb.v3i6.2619>
<https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/HEB/article/view/2619>
 - D. Puthal, N. Malik, S. P. Mohanty, E. Kougianos and C. Yang, "The Blockchain as a Decentralized Security Framework [Future Directions]," in IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 7, no. 2, pp. 18-21, March 2018, doi: 10.1109/MCE.2017.2776459. keywords: {Cryptography;Cloud computing;Computer security;Authentication}.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8287055>