



Modelo basado en Blockchain para la implementación de una historia clínica electrónica familiar

Blockchain based model for the implementation of a family electronic medical record

Davinson Mellizo Gomez

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Ingeniería de Sistemas,
Universidad del Cauca, Popayán, Colombia
davinsonmellizo@unicauca.edu.co
ORCID: 0000-0002-5802-7412

Juan Minú Dussán

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Ingeniería de Sistemas,
Universidad del Cauca, Popayán, Colombia
arcangeljuan1@unicauca.edu.co

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.08.16.002>

Recibido: Junio 04, 2020

Aceptado: Julio 13, 2020

Resumen: El propósito de esta investigación es mejorar el proceso de la consulta médica en la medicina familiar desde la tecnología de cadena de bloques. La investigación diseña un modelo de red de la tecnología de cadena de bloques con la cual se implementa una historia clínica electrónica familiar que contenga todo el historial clínico de un paciente, así como también los antecedentes familiares, que permita tanto a los actores de la salud como médicos, laboratoristas, enfermeras e incluso al mismo paciente a tomar mejores decisiones en los tratamientos a seguir. A través del modelo propuesto se logra obtener mayor información del núcleo familiar de una persona y compartir las historias clínicas electrónicas entre todas las entidades de salud que pertenezcan a la red de cadena de bloques.

Palabras clave: *Cadena de Bloques, Hyperledger Fabric, Historia Clínica Familiar.*

Abstract: The purpose of this research is to improve the process of medical consultation in family medicine from Blockchain technology. The research designs a Blockchain technology network model with which a family electronic medical record is implemented that contains the entire medical history of a patient, as well as the family history that allows both health actors and doctors, laboratory workers, nurses and even the patient himself to make better decisions about the treatments to follow. Through the proposed model, it is possible to obtain more information about a person's family nucleus and share the electronic medical records among all the health entities that belong to the Blockchain network.

Keywords: *Blockchain, Hyperledger Fabric, Family Medical History.*

1. Introducción

En la medicina, contar con una historia clínica electrónica familiar, en cualquier momento, constituye una herramienta valiosa que permite a los actores del sistema de salud, tales como médicos, enfermeras, farmacéutas, laboratoristas e incluso al mismo paciente, tomar mejores decisiones sobre los tratamientos médicos a seguir [1][2][3]. Así como también esta información ayuda a prevenir enfermedades hereditarias y eventos adversos asociados a la falta de información [4]. En la historia clínica familiar no solo se cuenta con los componentes que hacen parte de una historia médico individual, sino que también se almacenan los antecedentes de un núcleo familiar que pueden afectar en un futuro la salud de un miembro de la familia.

La historia clínica actualmente se maneja a nivel individual, utilizando sistemas fragmentados, no estandarizados, no interconectados, con tecnologías centralizadas [3]. Estos sistemas presentan algunos inconvenientes, como lo son: el difícil acceso a la información debido a que esta se encuentra dispersa en muchos sistemas no interoperables, falta de información para la valoración de un paciente y la incapacidad de tener acceso a los antecedentes familiares de un paciente [5].

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo de red *Blockchain* que permita la gestión de la historia clínica electrónica a nivel familiar en un entorno de salud como lo son las entidades de salud colombianas, donde se debe garantizar la relación de las historias clínicas de cada miembro de un núcleo familiar, la interoperabilidad entre las entidades de salud, así como también la seguridad de los datos y el acceso a la información en cualquier instante. Finalmente se presenta la implementación de un prototipo basado en la arquitectura definida en esta investigación, que consta de dos interfaces que facilitan el acceso a la información por parte de los médicos y pacientes, con el objetivo de evaluar la red *Blockchain* y definir las ventajas y preocupaciones que se tienen frente a este tipo de sistemas de gestión de historias clínicas.

2. Estado del arte

En el área de la salud, la tecnología *Blockchain* en Colombia, así como también a nivel internacional desde hace un tiempo se ha desempeñado como una de las mejores opciones. En el 2018 [6], en Cundinamarca Colombia, desarrollaron un modelo de red *Blockchain* para evitar los problemas que se presentan en la inadecuada formulación de medicamentos, resolviendo problemas de los eventos adversos causados por los medicamentos, el cual fue implementado en una red hospitales de este departamento, siendo uno de los primeros en implementar sistema con dicha tecnología a nivel nacional y obteniendo grandes reconocimientos. El sistema se compone de un origen de datos que proporciona las contraindicaciones de cada medicamento, una capa donde estará las reglas del negocio y una capa donde estará un servicio web expuesto y listo para ser consumido por todo software que quiera hacer uso de esta funcionalidad.

Por otro lado, En 2017, también se propuso una plataforma llamada BC-MED [3], basada en *Blockchain* para la gestión de historias clínicas aplicado al sistema de salud colombiano, con el objetivo de convertir los sistemas centralizados que utilizan las entidades salud actualmente, en sistemas totalmente interoperables, con el fin de compartir la información y tener una historia electrónica única a la cual los pacientes puedan tener un fácil acceso. Para lo cual el sistema fue diseñado de tal forma que el paciente posea, controle y comparta sus propios datos de salud de forma fácil y segura sin violar la privacidad, lo que ofrece una nueva forma potencial de mejorar la inteligencia de los sistemas de salud mientras se mantienen privados los datos del paciente. El modelo propuesto tiene un acceso centrado en el propósito de la investigación, que garantiza que el paciente sea propietario y controle sus datos de atención médica, revocando dicha autoridad a las entidades de salud.

A nivel internacional, se han realizado algunas investigaciones como lo es el caso del trabajo desarrollado en el 2016, por Mayo Clinic [7], una de las clínicas más importantes de Estados Unidos, en el cual definió un sistema para compartir la información médica de sus instalaciones entre sí, para lo cual utilizan una red *Blockchain*, que genera grandes ventajas en las consultas médicas en comparación a otras clínicas que manejan sistemas locales. La *Blockchain* implementada en este trabajo se basa en una red distribuida pública, a la cual se le agregaron mecanismos de consenso implementados en la misma investigación con lo cual aseguran que la información que se encuentra distribuida en toda la red se almacene de forma segura. Sin embargo, las redes *Blockchain* públicas enfrentan grandes problemas de velocidad para acceder a la información dado sus complejos algoritmos de consenso que deben implementarse para registrar nuevas transacciones en la red, generando grandes desventajas frente a las *Blockchains* privadas.

Por otro lado, en el EE. UU, el Instituto de Tecnología de Massachusetts [8], desarrolló un sistema descentralizado de gestión de registros para manejar las historias clínicas, llamado MedRed, utilizando la tecnología *Blockchain*. Este sistema ofrece a los pacientes un registro completo e inmutable y un fácil acceso a su información médica en todos los proveedores y sitios de tratamiento. Al aprovechar las propiedades únicas de *Blockchain*, MedRec gestiona la autenticación, la confidencialidad, la responsabilidad y el intercambio de datos, consideraciones cruciales al manejar información confidencial. Un diseño modular se integra con las soluciones de almacenamiento de datos locales existentes de los proveedores, facilitando la interoperabilidad y haciendo que el sistema sea conveniente y adaptable. Por lo tanto, MedRec permite el surgimiento de la economía de datos, proporcionando grandes datos para empoderar a los investigadores al tiempo que involucra a los pacientes y proveedores en la elección de liberar metadatos. Sin embargo, esta solución no considera una historia donde se tenga en cuenta los determinantes familiares, económicos y sociales que puedan afectar la salud de un paciente.

Otra de las grandes aportaciones en la gestión de historias clínicas es el caso de MeDShare [9], en el cual plantean un sistema que aborda el tema del intercambio de datos médicos entre los custodios de grandes bases de datos clínicos en un entorno sin confianza. El sistema está basado en *Blockchain* y proporciona la procedencia de los datos, la auditoría y el control de la información compartida en la nube entre las entidades de Big Data. MeDShare supervisa las entidades que acceden a datos para uso malicioso desde un sistema de custodia de datos. En este modelo, las transiciones de datos y el intercambio de una entidad a otra, junto con todas las acciones realizadas en el sistema, se registran de manera a prueba de manipulaciones, así como también el sistema emplea contratos inteligentes y un mecanismo de control de acceso para rastrear de manera efectiva el comportamiento de los datos y revocar el acceso a las entidades infractoras en caso de que se detecten violaciones de los permisos en los datos.

Finalmente, el *framework Hyperledger Fabric* y la tecnología *Blockchain* ha sido utilizada diseñar modelos centrados en el paciente para el intercambio de historias clínicas. Por ejemplo, en el año 2017 [10], la organización Medicalchain, propuso un sistema para gestionar las historias clínicas electrónicas, de tal manera que dicho historial sea único y descentralizado, y dando al paciente el control de sus datos médicos, dándole el poder de compartir la versión única y más completa de su registro, con cada organización en su red médica.

Teniendo en cuenta la literatura revisada y descrita anteriormente, se puede afirmar que en Colombia como a nivel internacional, las entidades de salud como lo son los hospitales y clínicas de salud, utilizan sistemas de gestión de historias clínicas centralizados, con datos no estandarizados y que gestionan la historia clínica a nivel individual, dejando una gran preocupación frente a los antecedentes familiares y determinantes sociales que pueden afectar la salud de un paciente así como la de su núcleo familiar. Es por eso que, en esta investigación, se propone el uso de la tecnología *Blockchain* junto con el estándar HL7/FHIR (*Health Level Seven/Fast Healthcare Interoperability Resources*) para la implementación de un sistema de gestión de historias clínicas electrónicas familiares que permita compartir todas las historias clínicas entre las diferentes entidades de salud nombradas anteriormente, de forma segura y relacionando el historial de cada núcleo familiar, con el objetivo de proporcionar el fácil acceso a la información tanto para los actores de la salud como lo son los médicos, enfermeras, personal de laboratorio clínico, entre otros, he incluso al mismo paciente para tomar mejores decisiones frente a los tratamientos a seguir. Finalmente, cabe resaltar que la propuesta de esta investigación también mitiga algunos problemas como lo es la falta de información para realizar investigaciones en el área de la salud, la falta de información del núcleo familiar de un paciente para implementar planes de prevención de enfermedades hereditarias, los eventos adversos asociados a la falta de información del paciente, gastos innecesarios generados por la doble formulación de medicamentos y exámenes, y las pérdidas de tiempo generadas a los pacientes para acceder a su historial médico completo.

3. Solución propuesta

Para resolver los diversos problemas asociados con la falta de información en la historia clínica actual descritos anteriormente, elegimos diseñar una aplicación piloto desarrollada en un entorno virtual y luego implementada en una red privada, que permite compartir las historias clínicas electrónicas entre todas las entidades de salud como hospitales y clínicas, así como también relacionar las historias clínicas individuales para crear una historia clínica electrónica a nivel familiar. El sistema ha sido diseñado para que cada paciente pueda gestionar los permisos de quien puede tener acceso a su historia clínica mediante un sistema de gestión de permisos. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del sistema es utilizar el potencial de *Blockchain* para proponer un sistema de gestión de documentos que ayude a mejorar la atención médica y realizar prevenciones de enfermedades hereditarias, permitiendo que cada tarea se lleve a cabo de manera eficiente, reduciendo los costos excesivos y las demoras en el proceso, para lo cual, se hace necesario tomar una decisión adecuada sobre qué plataforma *Blockchain* usar para

el desarrollo de este sistema. Es por eso que se analizaron diferentes aspectos, que incluyen: (1) la naturaleza de *Blockchain*, (2) el número de transacciones y el tráfico admitido por la red, (3) la facilidad de desarrollo, (4) la implementación y (5) los costos involucrados. Por lo cual a continuación se describirá los diferentes tipos de *Blockchains* y la selección de *framework* utilizado en este trabajo.

3.1. *Blockchain privada Vs Blockchain pública*

Teniendo en cuenta que la tecnología *Blockchain* se puede dividir en dos tipos de red: el modelo de red privado y el modelo de red público, se realizó un estudio de cada uno de los tipos teniendo en cuenta las características requeridas para compartir información médica como lo es el acceso, la privacidad y la integridad de los datos.

Aunque inicialmente se consideró la posibilidad de usar una red pública de *Blockchain*, finalmente se optó por usar una plataforma que permitiría la implementación de una *Blockchain* privada por varias razones. En primer lugar, la solución propuesta busca principalmente administrar los permisos del usuario al proporcionar acceso restringido y confidencial a los datos almacenados dentro de la cadena de bloques. Es mucho más viable implementarlo dentro de una cadena de bloques privada que se guíe bajo el concepto de privilegios, que en una cadena de bloques de uso público donde, en teoría, cualquier usuario puede conectarse a la red y acceder a la información. En segundo lugar, se consideró la capacidad de adaptar la forma de almacenamiento, la estructura y el contenido de las transacciones según las propias necesidades del sistema y las reglas del proceso proporcionadas por la implementación de una cadena de bloques privada. Otro aspecto importante que se consideró está relacionado con los algoritmos de consenso dentro de la red, donde los algoritmos de prueba de trabajo o estaca generalmente se destacan en las redes públicas de *Blockchain*, que contribuyen a un mayor grado de control sobre la red en posibles ataques, pero requieren nodos participantes con una alta capacidad informática con el objetivo de poder minar dentro de la cadena de bloques. En el campo de la *Blockchain* privada, estos algoritmos pueden variar dependiendo de las necesidades y requisitos de la red y del sistema transaccional en sí, implementando mecanismos más eficientes en términos de recursos computacionales para el consenso entre los diferentes nodos participantes, una situación que es importante cuando se considera la infraestructura heterogénea que tienen las instituciones participantes [11][12].

3.2. *Selección de framework*

Al adoptar el modelo de *Blockchain* privado para el desarrollo de los prototipos, el siguiente paso se centró en elegir una plataforma adecuada entre varias opciones disponibles. En este aspecto, se consideraron diferentes opciones, optando al final por la plataforma *Hyperledger Fabric*. *Hyperledger Fabric* es una plataforma de código abierto con soporte para el desarrollo de *Blockchains* privados y orientada a diferentes áreas de aplicación entre las cuales se encuentra el área de la salud por la característica de solo dar acceso a la información con permisos de usuario. La Tabla 1 presenta una comparación entre algunas de las diferentes opciones de *Blockchain* consideradas, incluida la comparación [13–15].

3.3. *Sistema propuesto*

Una solución desde el área de la tecnología para fortalecer el proceso de atención médica en el modelo de medicina familiar, debe garantizar la relación de la historia clínica de un paciente con el historial de su núcleo familiar, así como el intercambio de la información médica entre entidades de salud, asegurando la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos clínicos, como también el no repudio de parte de los actores de la salud tales como médicos, enfermeras, laboratoristas y demás que pueden alterar los datos médicos de un paciente. Teniendo en cuenta lo anterior, se da la necesidad de diseñar un proceso que facilite la vinculación de las personas con su núcleo familiar y redefinir el proceso obtención de antecedentes personales y familiares de un paciente, en la Figura 1 y Figura 2 se presentan los BPMN (*Business Process Model and Notation*) que representan el proceso de creación de un núcleo familiar y una atención médica, respectivamente.

Teniendo en cuenta la Figura 1 cuando una Paciente tiene un nuevo miembro en su familia y este se dispone a realizar el proceso de “Vincular a un nuevo familiar”, este realiza un proceso de “Solicitud de permisos”, donde ingresa los datos de identificación de su familiar y el parentesco, con los cuales, luego de este proceso el sistema

de gestión de historias clínicas propuesto en este trabajo se dispone a “Validar los datos del Familiar”, con el cual identifica si este paciente no cuenta con un familiar del mismo parentesco al dado y si los datos de identificación de familiar corresponden a un paciente del sistema, lo cual si lo anterior es correcto el sistema procede a realizar el proceso de “Notificar al familiar”, con el cual se le envía la información de quien está solicitando los permisos para que el familiar proceda a validar dicha información y decida si acepta la solicitud de permisos o no, una vez el familiar haya tomado la decisión el sistema, procede a realizar la “Notificación del resultado” si la decisión del familiar es “No” o realizar el proceso de “Agregar a la lista de familiares del paciente” para luego realizar la “Notificación del resultado” si el familiar acepta la solicitud de permisos. Finalmente, el paciente “Recibe la notificación” y termina el proceso de vinculación de un nuevo familiar.

Tabla 1. Tabla comparativa de plataformas blockchain consideradas.

Aspecto	Multichain Public	Public Blockchains	Hyperledger Fabric	Chaincore
Costo	Sólo infraestructura	Costo por cada transacción	Sólo infraestructura	Sólo infraestructura
Administración de permisos	Configuraciones de permisos diferentes	Cada usuario individualmente	Configuraciones de permisos diferentes	Configuraciones de permisos diferentes
Opciones de privacidad	Tanto públicos como privados	Solo pública	Tanto públicos como privados	Tanto públicos como privados
Consenso	“MiningDiversity”	<i>Proof-of-work</i>	PBFT	Protocolo de consenso federado
Disponibilidad de información	Disponible solo con permisos de usuario	Para todos los usuarios de <i>Blockchain</i>	Disponible solo con permisos de usuario	Disponible solo con permisos de usuario
Compatibilidad	Compatible con <i>bitcoin core</i>	Por lo general, no es compatible con más <i>Blockchains</i>	No es compatible con más <i>Blockchains</i>	No es compatible con más <i>Blockchains</i>

Fuente: Elaboración propia.

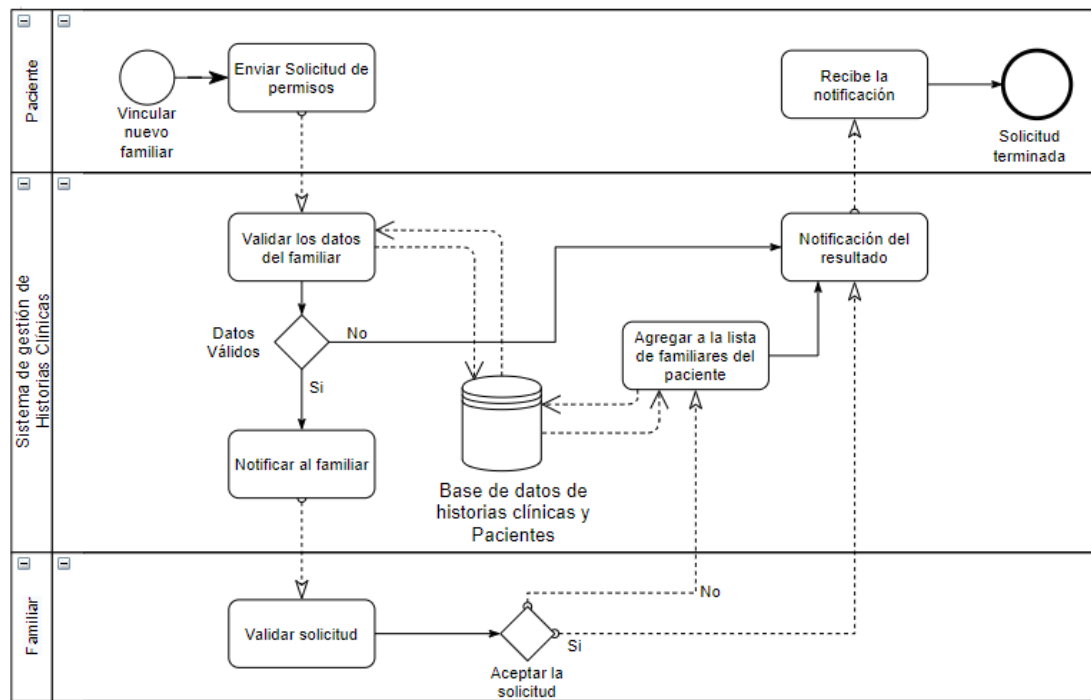


Figura 1. Diagrama de modelo de procesos de vinculación de un nuevo miembro familia.

Por otro lado, basados en la Figura 2 cuando un médico realiza un nuevo evento de una “Nueva consulta”, realiza un proceso de “Consulta de la historia clínica”, en el cual, el médico ingresa los datos de identificación del paciente y envía un mensaje al sistema de gestión de historias clínicas, el cual realiza una “Búsqueda de la Historia clínica del paciente” y luego una “Consulta antecedentes familiares”, con lo cual el médico puede proceder a realizar el proceso de “Descripción de los síntomas”, en el cual el paciente realiza el relato de los síntomas. Una vez el medico dispone de toda la información necesaria para la consulta, este se dispone a realizar la “Generación de recetas” y la “Generación de órdenes”, para finalmente “Actualizar el sistema remoto”, para que cualquier paciente o actor que haga parte de una entidad de salud pueda realizar la consulta de las historias clínicas.

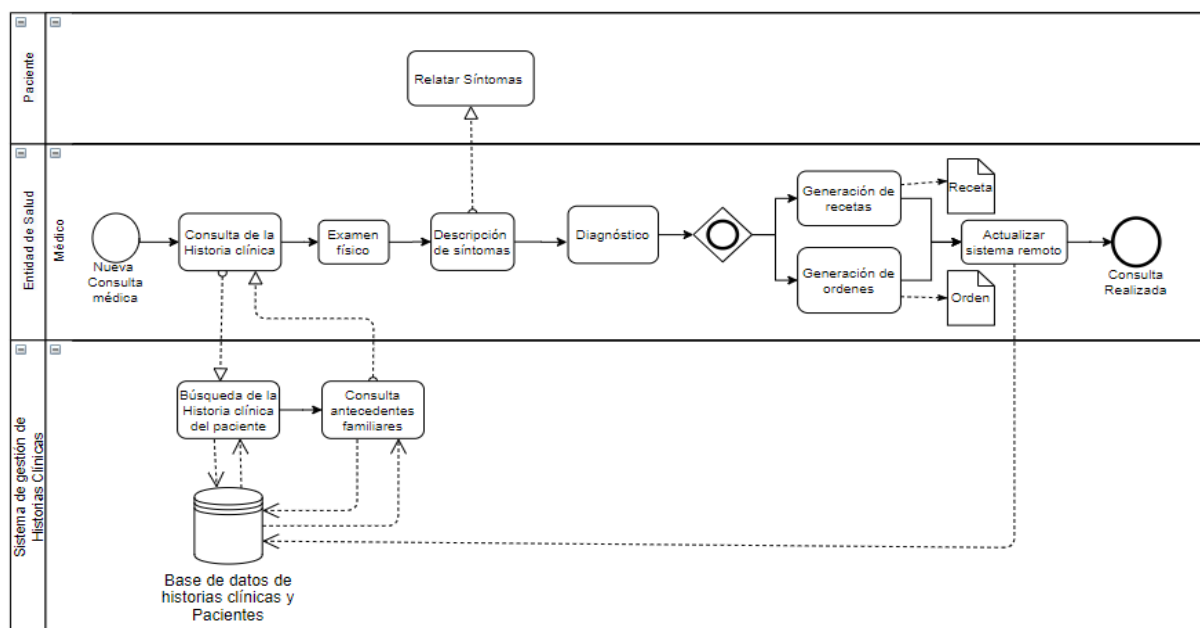


Figura 2. Diagrama de modelo de procesos de una atención medica redefinido.

Teniendo en cuenta los modelo de procesos BPMN, se puede notar que el nuevo proceso para obtener los antecedente familiares dentro de una consulta médica ya no es responsabilidad de los pacientes recordar dichos antecedentes, dado que su historia clínica ya está relacionada con el de su núcleo familiar, por otro lado, se eliminó la tarea de llevar su historial clínico impreso de cada una de las entidades a las cuales previamente había asistido, dando la posibilidad de realizar una mejor atención médica, realizar procesos de prevención y promoción, así como también eliminando los problemas de accesibilidad a la información para médicos, investigadores y pacientes, repetir exámenes, eventos adversos por falta de información, mediante el intercambio de la información en un sistema remoto, lo cual lleva a una significativa reducción tanto económica como de tiempo que puede ser de vital importancia para una buena atención médica y el cuidado de la salud.

3.3.1 Arquitectura general del sistema

En la Figura 3, se ilustra un diagrama de componentes en el cual, la capa de interfaces está compuesta por dos módulos que representan: (i) la interfaz para pacientes, la cual brinda funcionalidades como, ver la historia clínica a un paciente, modificar información personal que no represente hechos históricos clínicos, formar su núcleo familiar y finalmente eliminar el vínculo con un miembro de su familia, y (ii) la interfaz para actores de la salud, con la cual médicos, enfermeras, laboratoristas, entre otros. Pueden acceder a historias clínicas de los pacientes, así como a la de sus familiares, para realizar los procesos médicos correspondientes según sea el caso.

Por otro lado, la capa de la lógica, se compone de dos módulos, inicialmente con el módulo “Gestión de usuarios”, con el cual las interfaces se identifican para determinar el nivel de permisos que tiene un usuario, si éste existe, o gestiona la creación y modificación si es el caso de un nuevo usuario. El módulo de “Gestión de historias clínicas electrónicas familiares” brinda el acceso, creación y modificación de las historias. Finalmente, en la capa de persistencia se encuentra el módulo donde está la red *Blockchain* definida en este trabajo para gestionar y almacenar de forma segura los datos de los pacientes, actores de la salud e historias clínicas electrónicas familiares de cada paciente que acceda a una consulta médica de un centro hospitalario que esté inscrito al sistema propuesto en este trabajo. Teniendo en cuenta que *Blockchain* se basa en una serie de nodos distribuidos, en la red definida en este trabajo, cada entidad de salud que haga parte del sistema será constituida como un nodo más de la red donde se almacenará una copia exacta de toda la información con los cuales se garantiza el acceso a la información en cualquier instante a pacientes y a los actores de la salud de cualquier entidad que pertenezca a la red *Blockchain*.

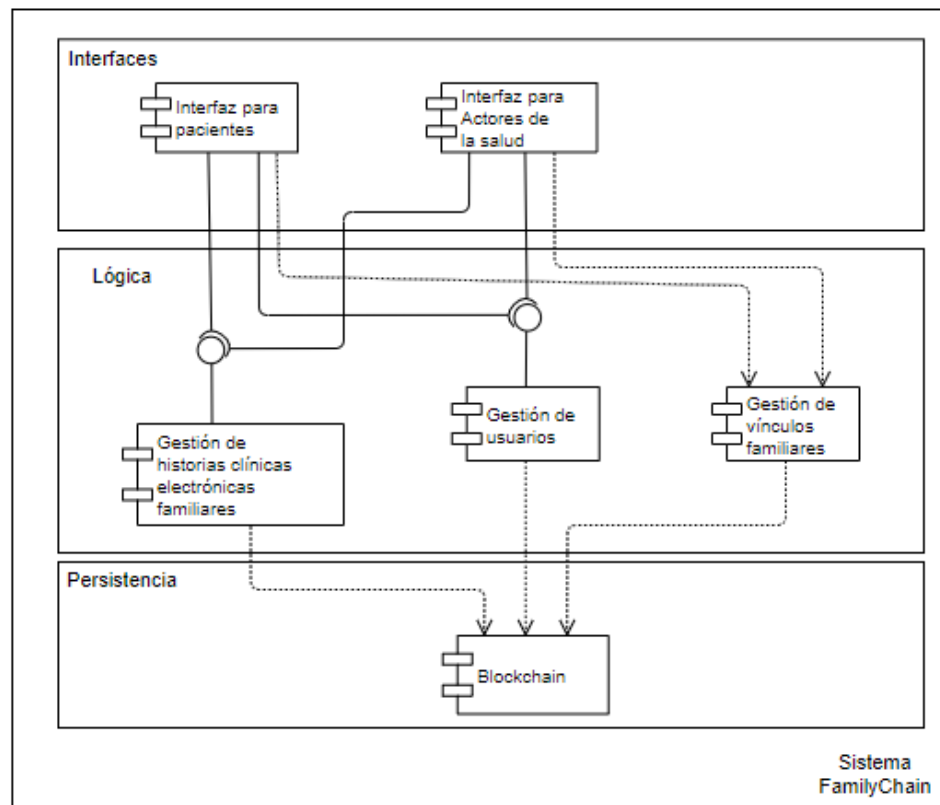


Figura 3. Diagrama de componentes del sistema propuesto.

3.3.2. Modelo de datos

Para la definición del modelo de datos, teniendo en cuenta que para este trabajo se utilizó el *framework Hyperledger Fabric* y este almacena la información en el *World State* (encargado de mantener el valor actual de los atributos de un objeto, para nuestro caso las historias clínicas, como un libro contable en el cual se almacenan de forma única) de la red *Blockchain* que implementa el *framework*, se realizó un análisis de los posibles modelos que pueden aportar ventajas en las consultas complejas dada la magnitud de la información que se gestiona en las entidades de salud. Teniendo en cuenta lo anterior, en la investigación realizada en este trabajo, se encontró un estándar llamado FHIR [16], definido por la Organización *Health Level Seven* (o HL7 por sus siglas en inglés), el cual define todos los aspectos de la interoperabilidad clínica (atención sanitaria, administración, investigación, etc.) en unidades básicas (paciente, observación, procedimiento, etc.) denominadas recursos. Teniendo en cuenta lo anterior y objetivo de esta investigación de crear una historia clínica electrónica a nivel familiar distribuida, se definió un modelo de datos donde se reúnen todos los componentes de la historia clínica individual implementada en los sistemas de gestión de historias clínicas utilizados actualmente y los aspectos requeridos en la medicina familiar, como se pueden ver en la Figura 4.

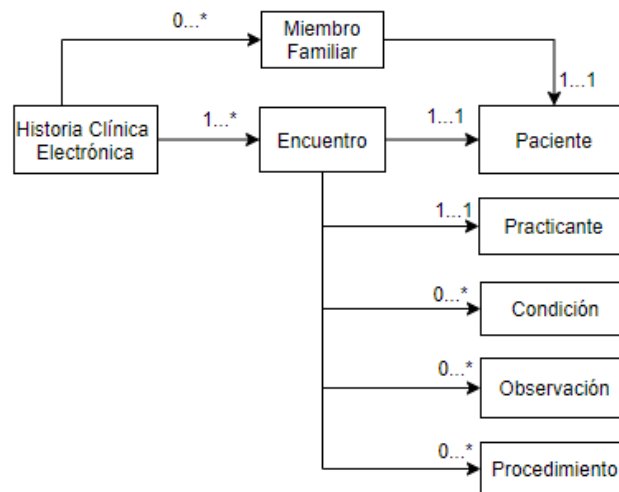


Figura 4. Modelo de datos del sistema propuesto.

3.4. Roles del sistema

En el sistema propuesto, se definen tres (3) roles: 1 Administrador del sistema, el administrador del sistema, tiene la capacidad de crear tanto entidades de salud, así como también los médicos que pertenecen a dicha entidad, 2 Paciente, El paciente tiene la capacidad de crear su núcleo familiar, para lo cual tiene la opción de enviar solicitudes para obtener permisos de sus familiares, así como también la opción de aceptar o rechazar solicitudes que a él le envíen, por otro lado, tiene la capacidad de consultar su historial clínico, teniendo en cuenta que no puede consultar la información de sus familiares por privacidad de la información y 3 Médico, el médico tiene la capacidad de realizar nuevas consultas a los pacientes, para lo cual éste puede consultar la historia clínica de dicho paciente, así como también los antecedentes familiares de las personas que hagan parte del núcleo familiar del paciente. sin embargo, teniendo en cuenta que en las entidades de salud existen muchos más roles tales como enfermeras, laboratoristas, entre otros. El sistema dada su modularidad soporta crear dichos roles y sus permisos sin necesidad de modificar la arquitectura del sistema, permitiendo definir el nivel de acceso a la información de cada rol teniendo en cuenta las normas y políticas definidas en cada entidad de salud.

4. Funcionalidades del sistema propuesto

Teniendo en cuenta los que en el sistema existen roles tanto de médico como de paciente se decidió construir dos aplicaciones, las cuales facilitan el acceso a la información por parte de los médicos y de los pacientes.

4.1. Aplicación para médicos

Esta aplicación facilita el acceso a las historias clínicas familiares por parte de los médicos para realizar una evaluación de cada paciente. En la Figura 5 se puede visualizar la búsqueda de un paciente en la cual se despliega la información básica del paciente.

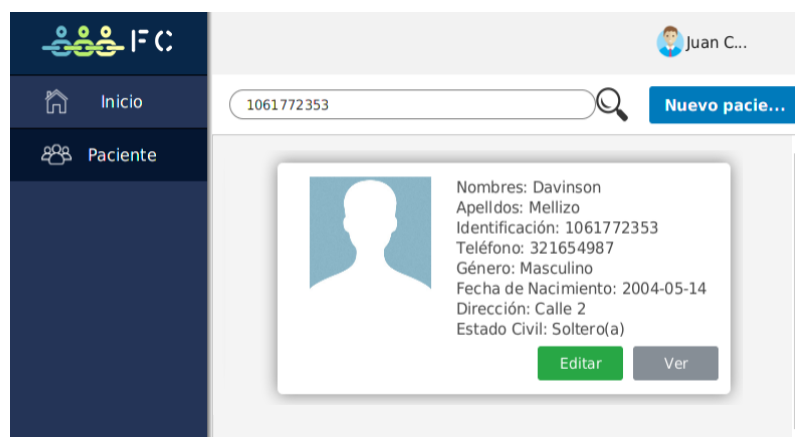
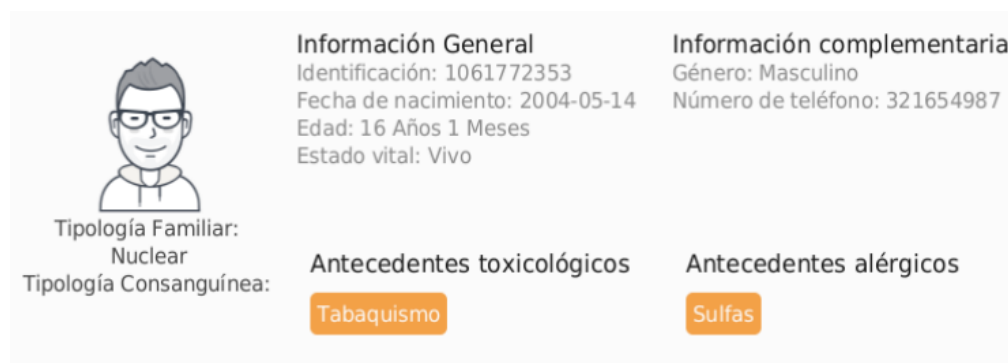


Figura 5. Funcionalidad de Buscar un paciente.

Por otro lado como lo podemos ver en la Figura 6 y Figura 7, los médicos pueden visualizar tanto los antecedentes personales así como los antecedentes familiares que son obtenidos desde las historias clínicas de los miembros de la familia del paciente que puede afectar a corto o largo plazo la salud de dicha persona. Así como también pueden visualizar todos los encuentros (consultas médicas) que a lo largo de la vida de una persona ha tenido en cualquier entidad de salud que haga parte de la red *Blockchain*, así como se puede visualizar en la Figura 8.



The interface displays patient demographic information in a structured layout. On the left, there is a placeholder for a patient's profile picture. To the right, the information is organized into three main sections: 'Información General' (General Information), 'Información complementaria' (Complementary Information), and 'Antecedentes' (Medical History). The 'Información General' section includes fields for Identification (1061772353), Date of Birth (2004-05-14), Age (16 Years 1 Month), and Vital Status (Alive). The 'Información complementaria' section includes Gender (Male) and Phone Number (321654987). Below these, there are two tabs for 'Antecedentes': 'Antecedentes toxicológicos' (Toxicological History) showing 'Tabaquismo' (Smoking) and 'Antecedentes alérgicos' (Allergic History) showing 'Sulfas' (Sulfas).

Información General
 Identificación: 1061772353
 Fecha de nacimiento: 2004-05-14
 Edad: 16 Años 1 Meses
 Estado vital: Vivo

Información complementaria
 Género: Masculino
 Número de teléfono: 321654987

Tipología Familiar: Nuclear
 Tipología Consanguínea:

Antecedentes toxicológicos
 Tabaquismo

Antecedentes alérgicos
 Sulfas

Figura 6. Información demográfica de un paciente.

Antecedentes

Antecedentes				
<div>Personales</div> <div>Familiares</div>				
Histórico de atenciones				
Fecha de Diag...	Parentesco	Diagnóstico	Comentarios	Detalles
2020-05-06-	Hijo	Diabetes Mellitus		Ver
2020-05-08-	Hijo	Tabaquismo		Ver

Figura 7. Antecedentes familiares de un paciente.

Información Médica

Información Médica		
<div>Atenciones</div> <div>Otra Información Médica</div> <div>Prescripciones</div> <div>Documentos</div> <div>Vacunas</div>		
Histórico de atenciones		
Fecha	Médico	Ver
22/6/120 : 17:58:15	Juan Carlos Urtado	Ver

Figura 8. Historial de atenciones médicas de un paciente.

4.2. Aplicación para pacientes

Esta aplicación facilita el acceso a la información como lo es la historia clínica electrónica familia, tipo de núcleo de familia, miembros familiares del paciente, así como la visualización y actualización de la información personal del paciente que no haga parte del historial clínico. Como se puede observar en la Figura 9, el paciente puede visualizar los encuentros (consultas médicas) que a lo largo de su vida ha tenido, pero no modificar dicha información. Por otro lado, para lograr el objetivo de esta investigación, gestionar las historias clínicas a nivel familiar, se le da la posibilidad al paciente de crear su núcleo familiar mediante un mecanismo de solicitudes como se puede evidenciar en la Figura 10 y Figura 11. Lo anterior permite relacionar las historias clínicas de un paciente con las de sus familiares para determinar que antecedentes familiares puede afectar la salud de dicho paciente.

PERSONAL

Mi Historia Clínica

Histórico de Atenciones

Fecha	Médico	Tipo de Consulta	Enfermedad	Observaciones	Acción
22/6/20 : 17:58:15	Juan Carlos Urtado	Tipo de Consulta	Dolor abdominal	Fuertes dolores abdominales con dolor de cabeza	Ver

Antecedentes Registrados en la Atención

Toxicológicos Patológicos Quirúrgicos Alérgicos

Tabaquismo-2020-06-24

Figura 9. Historial de atenciones médicas del paciente.

FamilyChain

Davidson Mellizo

Relaciones

Familiares

+ Agrega un nuevo Familiar

Número de Identificación del Familiar	Tipo de Relación	Acciones	Estado de Solicitud
25593357	Hijo	Eliminar	Aceptada
10660581	Hijo	Eliminar	Aceptada

Figura 10. Familiares del paciente.

FAMILIA

Permisos

Solicitudes

Número de Identificación de Solicitante	Tipo de Relación	Acciones	Estado de Solicitud
10660581	Padre	Ignorar Aceptar	Pendiente

Figura 11. Permisos solicitados al paciente.

5. Conclusiones

La propuesta del uso de la tecnología *Blockchain* facilita la gestión de información sensible como lo es las historias clínicas y otros datos médicos, así como también ayuda a la interoperabilidad entre sistemas de salud y rompe con los esquemas centralizados que detienen los avances investigativos en el sector salud por falta de información. La implementación de una historia clínica electrónica familiar que contenga el historial de un paciente desde su nacimiento ayuda a la valoración de un paciente, así como también prevenir enfermedades hereditarias. Por otro lado, el uso de herramientas como lo es *Hyperledger Fabric* facilita el desarrollo de la tecnología *Blockchain*, sin tener que preocuparse por la seguridad de la información.

Además, las características de la tecnología *Blockchain* permite mejorar aspectos como lo es la seguridad del sistema, dado que las redes *Blockchain* no tiene solo un punto de acceso a la información si no que consiste en información distribuida en múltiples nodos, por lo que es difícil de realizar ataques como DDoS. Por otro lado, al ser una tecnología que no permite eliminar o modificar sin un consentimiento previo la información una vez sea guardada, hace que no se pueda alterar dicha información en la red y garantiza el no repudio de alguien que haya realizado alteraciones a la información de la red.

6. Agradecimientos

Agradecemos a nuestro director y codirector de trabajo de grado Mg. Ricardo Antonio Zambrano Segura y PhD. Diego Mauricio López, profesores de la Universidad del Cauca, quienes nos guiaron para el desarrollo tanto de nuestra tesis como la elaboración de este artículo.

7. Referencias

- [1] Alberto, C. (2012). La historia clínica: elemento fundamental del acto médico. *Revista Colombiana de Cirugía*, 27 (1), 15–24.
- [2] Haga, S. B., Bekendorf, J., Boughman, J., Dolan, S., Dujdinovic, L. (2009). Understanding Genetics: A New York - Mid-Atlantic Guide for Patients and Health Professionals. *The New York - Mid-Atlantic Consortium For Genetic And Newborn Screening Services*, (16), 105. doi: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2011.09.002>
- [3] Gutiérrez, O., Saavedra, J. J., Wightman, P. M. (2018). BC-MED : Plataforma de registros médicos electrónicos sobre tecnología Blockchain. *2018 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), Medellin*, (1), 1–6. doi: <https://doi.org/10.1109/ColComCon.2018.8466733>
- [4] Shah, M., Zhu, K., Palmer, R. C., y Wu, H. (2007). Family history of cancer and utilization of prostate, colorectal and skin cancer screening tests in U.S. men. *Preventive Medicine*, 44 (5), 459–464. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2006.12.016>
- [5] Zhang, P., White, J., Schmidt, D. C., Lenz, G., Rosenbloom, S. T. (2018). FHIRChain : Applying Blockchain to Securely and Scalably Share Clinical Data. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 267–278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.07.004>
- [6] Mora R., M. F., Ortiz B. (2018). *Modelo De Gestion De Historias Medicas, Basado En Tecnologia Blockchain, Orientado a La Identificacion Automatica De Anomalias En Las Prescripciones Medicas*. (1), 1-61.
- [7] Peterson, K., Deeduvanu, R., Kanjamala, P., Boles, K. (2016). A blockchain-based approach to health information exchange networks. *Proc. NIST Workshop Blockchain Healthcare*, 1 (1), 1–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.363>
- [8] Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., Lippman, A. (2016). MedRec: Using blockchain for medical data access and permission management. Trabajo presentado en *Proceedings 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, Vienna, Austria. doi: <https://doi.org/10.1109/OBD.2016.11>
- [9] Xia, Q., Sifah, E. B., Asamoah, K. O., Gao, J., Du, X., Guizani, M. (2017). MeDShare: Trust-Less Medical Data Sharing among Cloud Service Providers via Blockchain. *IEEE Access*. (5), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2730843>
- [10] Albeyatti, A. (2017). *Medicalchain - Blockchain for electronic health records*. Londres, UK: Medicalchain. Recuperado de: <https://medicalchain.com>

- [11] Treiblmaier, H., Beck, R. (2019). *Business Transformation through Blockchain*. Palgrave Macmillan, Cham: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99058-3>
- [12] Manav, G. (2018). *Blockchain for Dummies* (3rd IBM Limited Edition). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Nakamoto, S. (n.d.). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Recuperado de: www.bitcoin.org
- [14] Greenspan, G. (n.d.). *MultiChain Private Blockchain-White Paper*. Recuperado de: <http://coinsecrets.org/>
- [15] HyperLedger Foundation. (2018). Hyperledger Architecture. *Oncology Letters*, 1 (4), 4129–4136. doi: <https://doi.org/10.3892/ol.2018.9166>.
- [16] HL7. (2019). *FHIR v4.0.1*. Recuperado de: <https://www.hl7.org/fhir/>