

# Arquitectura software de referencia para la gestión de la información de salud basada en tecnología Blockchain

Edgar Roberto Dulce Villareal  
James Hernán Betancourt Romo  
Doctorado en Ciencias de la Electrónica  
Ingeniería de Telecomunicaciones  
UNAD, Colombia  
[edgar.dulce@unad.edu.co](mailto:edgar.dulce@unad.edu.co)  
[james.betancourt@unad.edu.co](mailto:james.betancourt@unad.edu.co)

Jaime Benavides Castillo  
Fredy Alberto Varón Guzmán  
Ingeniería Electrónica  
UNAD, Colombia  
[jgbenavidesc@unadvirtual.edu.co](mailto:jgbenavidesc@unadvirtual.edu.co)  
[favarong@unadvirtual.edu.co](mailto:favarong@unadvirtual.edu.co)

**Resumen** - La asistencia sanitaria siempre ha sido fundamental para la sociedad, donde las emergencias en salud surgen todos los días, causando dolencias y enfermedades que se deben diagnosticar, tratar y manejar. Es una necesidad para todas las personas contar con servicios de salud de calidad, eficiencia, seguridad y con transparencia. Tener funcionando estos servicios presenta retos tecnológicos en salud, tales como almacenamiento, consulta y transmisión de datos, además, su implementación está asociada a la disminución de la morbilidad y mortalidad.

En los últimos años, se ha demostrado que el intercambio de información entre instituciones médicas beneficia a la industria sanitaria, conllevando una mejor atención y servicio hacia el paciente. Hoy en día se presentan múltiples problemas derivados de la incertidumbre de contar con una información pertinente, completa, disponible y confiable. Esto adiciona desafíos relacionados con el rendimiento, seguridad, interoperabilidad, acoplamiento, entre otros factores que exhiben los actuales sistemas de información en salud en la administración de los Registros Médicos Electrónicos (EHR).

El campo sanitario se investiga diariamente en muchos campos, en nuestro caso, relacionado con la tecnología Blockchain, directamente en los procesos de gestión de la información referente a la salud y el cómo mejorar la disponibilidad,

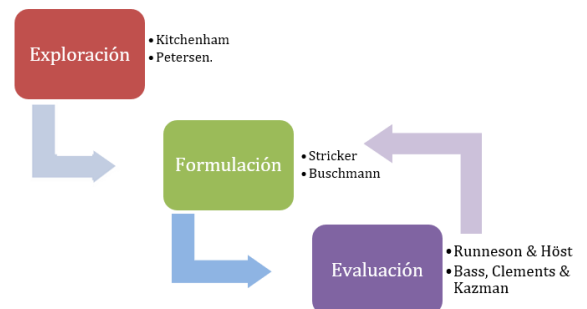
trazabilidad, confidencialidad, integridad, interoperabilidad, entre otras características propias de la información de calidad.

En la presente investigación se propone Diseñar una arquitectura software de referencia, que sirva como una herramienta para la gestión de información sensible a la salud utilizando tecnología Blockchain.

**Palabras clave**— Arquitectura de software; blockchain; salud.

## I. MATERIALES Y MÉTODOS

En el proceso de investigación se incluyen tres fases esenciales: Exploración, Formulación y Evaluación, adaptadas de Metodología de la investigación Científica y Tecnológica de Cegarra [1]. En la Figura 1 se presentan las actividades, posteriormente se describen:



**Figura 1. Proceso de desarrollo de la investigación.**

**Exploración:** en esta actividad se utilizará como estrategia metodológica la guía para revisiones sistemáticas de literatura en ingeniería de software de Kitchenham [2], utilizando el método sugerido por Petersen [3], con el fin de establecer y evaluar los atributos de calidad, tácticas y patrones arquitectónicos que guían el desarrollo de las arquitecturas de referencia.

**Formulación:** pretende definir los componentes de la arquitectura software de referencia, utilizando la descripción de una arquitectura de referencia basada en patrones [4], descrita en varios casos reales mencionados por [5].

**Evaluación:** en esta actividad, la arquitectura de referencia permitirá evaluar la viabilidad y factibilidad en el departamento de Nariño, mediante estudios de caso prácticos siguiendo la metodología de Runeson y Höst [6]. Esto incluye la utilización del método de evaluación de la arquitectura propuesto por Bass [7]. Con base en los resultados, se analizan oportunidades de mejora y se ajusta la arquitectura para obtener una arquitectura válida y ajustada

## II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto se encuentra en la fase de Exploración, hasta la fecha (julio de 2021) se ha realizado un Mapeo Sistemático de Literatura (SMS), cuyo resultado fue publicado en el marco del Third International Workshop on Gerontology (IWoG 2020) realizado en el mes de noviembre de 2020. El resultado de este mapeo se publicó en Springer LNBE como “The Role of the Blockchain Technology in the Elderly Care Solutions: A Systematic Mapping Study” [8].

En este mapeo se obtuvieron algunas conclusiones:

“La mayor parte de la investigación realizada sobre la tecnología Blockchain en la salud de las personas, se centra en cuestiones como el almacenamiento, la seguridad y la privacidad de los datos confidenciales.

Blockchain tiene muchas características de seguridad que incluyen confidencialidad, anonimato, descentralización, integridad, disponibilidad, no repudio y trazabilidad de datos, que la convierten en una tecnología ideal para el apoyo de servicios, sistemas y productos, que en el campo del cuidado de la salud son necesarios para mejorar la calidad de vida a las personas.

No existe un denominador común para el tipo de blockchain utilizado en los trabajos analizados, aunque la mayoría prefieren blockchain privada, en la que existe un mayor control sobre el registro, transmisión y consulta de datos. Por otro lado, existen soluciones que por su complejidad o diseño, integran dos tipos diferentes de blockchain, aprovechando los beneficios de cada uno de ellos.”

Actualmente, se adelanta otro SMS mucho más maduro y focalizado hacia el desarrollo de la investigación que el anterior y el cual tiene como objetivo dar una mejor dirección a la investigación. El SMS permitirá identificar, clasificar y perfilar algunos aspectos de la investigación en relación con la tecnología blockchain en un entorno sanitario.

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes del SMS que se adelanta actualmente:

### A. Descripción del protocolo de investigación

Seleccionamos la metodología de Petersen [3] para la realización de la SMS. El propósito del estudio es explorar el campo de la tecnología blockchain en relación con la arquitectura de software en el campo de la salud. Los SMS nos permitirán identificar y clasificar temas de investigación en la tecnología blockchain relacionados con las soluciones de atención médica. Además, se pueden combinar diferentes facetas del esquema para responder preguntas de investigación más específicas. Un SMS se divide en varios pasos a saber, la definición de las preguntas de investigación, la realización de la búsqueda, la búsqueda de artículos relevantes, la redacción de palabras clave mediante resúmenes y la extracción de datos.

### B. Preguntas de investigación

El primer paso en un SMS es definir las preguntas de investigación que el estudio debe responder.

Para la búsqueda de estudios primarios relacionados, se definieron las siguientes preguntas de investigación:

- RQ1: ¿Cuáles son las características generales de las investigaciones seleccionadas?
- RQ2: ¿Qué soluciones de arquitectura de software se han propuesto para las aplicaciones software basadas en blockchain en el ámbito de la salud?
- RQ3: ¿En qué áreas, campos o sectores de la salud están enfocadas las soluciones de arquitectura blockchain propuestas?
- RQ4: ¿Cuáles son las bondades y desafíos de utilizar blockchain en aplicaciones informáticas del sector salud?
- RQ5: ¿Cómo se realizó la validación de la arquitectura propuesta, son experimentos, pruebas de concepto, estudios de caso o se han descrito únicamente?
- RQ6: ¿Qué tipo de decisiones de diseño se ha propuesto con respecto a patrones de diseño arquitectónico, tácticas, estrategias de arquitectura y cuáles son las razones de su aplicación?
- RQ7: ¿Qué atributos de calidad se han priorizado en las arquitecturas blockchain en salud propuestas?

#### C. Realizar la búsqueda

El segundo paso es buscar y recopilar todos los artículos de investigación relacionados con la tecnología blockchain en relación con las soluciones de arquitectura referentes a la salud, basándose en una cadena de búsqueda específica construida a partir del contexto de la investigación y las preguntas de la investigación. Elegimos la siguiente cadena de búsqueda:

(Software OR System OR ecosystem) AND (architecture OR architectural OR architecting) AND (pattern OR attribute OR tactic OR view OR strategy OR "trade-off" OR "design decision" OR style) AND (Blockchain) AND (Health OR healthcare)

Una vez identificadas las palabras clave para la tarea de búsqueda, seleccionamos las bases de datos electrónicas relevantes para realizar la búsqueda, el análisis de los resultados de [9], quienes brindan un listado de bases de datos importantes en el campo de la Ingeniería y la Computación. Luego, para enfocar la búsqueda, se acotó esta lista obteniendo las 4 bases de datos que cubren los congresos y revistas más importantes en el campo de la tecnología. Seleccionamos cuatro bases de datos científicas para realizar nuestra búsqueda: ACM Digital Library, Scopus, IEEE Explore y Web of Science. Usamos un diagrama de burbujas para reportar las frecuencias que se muestran en la Figura 2, en la que se puede ver el número total de artículos categorizados por tipo de artículo, en cada una de las bases de datos.

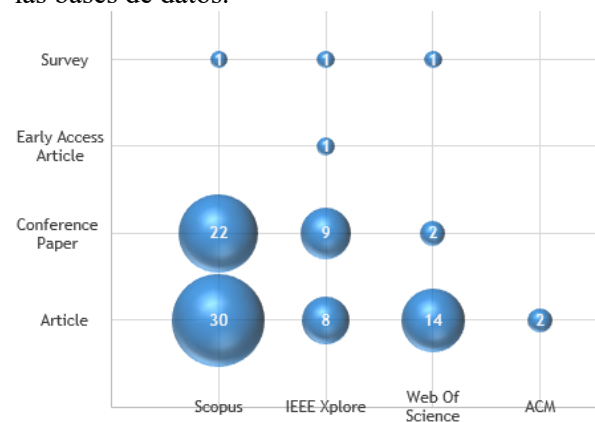


Figura 2. Visualización del número de artículos obtenidos, por tipo en cada una de las bases de datos

#### D. Búsqueda de artículos relevantes

En la Tabla 1. Se muestran los criterios de inclusión (I) y exclusión (E) para agregar o eliminar artículos al análisis

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

Inclusión	Exclusión
I1: Artículos publicados en los últimos cinco (5) años (2015 - 2020)	E1: Informes técnicos y documentos que se encuentran disponibles en forma de resúmenes, encuestas o presentaciones (literatura gris) y estudios secundarios (SMS)
I2: Si Varios artículos están relacionados con el mismo estudio, solo se selecciona el más reciente.	E2: Artículos en idiomas distintos al inglés o español.

I3: Si un artículo describe más de un estudio, cada estudio se evalúa individualmente.	E3: Estudios que no estén relacionados con la cadena de búsqueda directamente.
I4: Si existen versiones cortas y completas del mismo estudio, esta última es el que se incluye.	E4: Artículos identificados con el tipo Artículo (Paper Journal), Documento de conferencia y artículo de EarlyAccess

### E. Palabras clave utilizando resumen

Una vez que se han definido los criterios de inclusión y exclusión, la siguiente etapa en el SMS, después de encontrar los artículos relevantes a través de resúmenes son las palabras clave. En esta etapa, utilizamos el proceso definido por [3], como se muestra en la figura 3. Los títulos y resúmenes (y en ocasiones la introducción y las conclusiones), son revisados para identificar aquellos considerados irrelevantes para los temas estudiados. Una vez aplicados estos criterios, se leerán detenidamente todos los artículos.

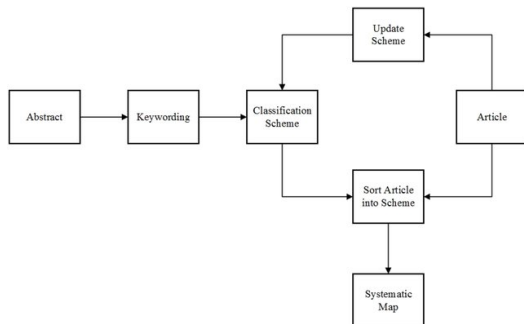


Figura 3. Construyendo el esquema de clasificación

Actualmente el SMS está en la etapa de clasificación de los resultados.

Paralelamente al SMS descrito anteriormente, se está desarrollando un caso exploratorio en alianza con el Hospital Universitario Departamental de Nariño, que busca generar un estudio de caso tendiente a la gestión de información de la salud a través de la plataforma de blockchain Hyperledger Fabric y el cual servirá como insumo para validar la arquitectura generada en este proyecto. En este proyecto, se está avanzando en la conformación de los grupos focales que permitirán obtener directamente algunos parámetros globales sobre la información gestionada en un centro de salud real, posteriormente se analizará y desplegará un piloto

blockchain, para administrar esta información. Vale la pena resaltar que este proyecto desarrollado entre el la UNAD y el Hospital Universitario Departamental de Nariño se encuentra en desarrollo dentro de las convocatorias de proyectos PIE de la UNAD.

## III. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el SMS realizado anteriormente y la formulación de la propuesta se pueden obtener conclusiones parciales:

Hay muchos desafíos relacionados a la tecnología Blockchain, uno de ellos es la falta de arquitecturas o modelos maduros que permitan brindar elementos claros para futuros desarrollos que implementen blockchain. El uso de prácticas de ingeniería de software en sistemas basados en blockchain para mejorar la interoperabilidad del ecosistema sanitario es leve.

El SMS encontró pocos estudios dedicados a problemas de ingeniería de software, tales como: el proceso de desarrollo, la ingeniería de requisitos y el aseguramiento de la calidad. Además, se deben abordar los problemas de escalabilidad, rendimiento y latencia. Asimismo, es necesario profundizar en las pruebas de concepto y generación de productos prácticos.

Este proyecto busca desarrollar una base conceptual sobre los aspectos arquitecturales para soportar mediante una arquitectura de referencia, la toma de decisiones que integren sistemas de información en salud con la tecnología Blockchain, para gestionar información sensible con altas expectativas de seguridad y confiabilidad de la información.

## REFERENCIAS

- [1] J. Cegarra, *metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Madrid: Díaz de Santos, 2004.
- [2] B. Kitchenham and P. Brereton, “A systematic review of systematic review process research in software engineering,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 55, no. 12, pp. 2049–2075, 2013, doi: 10.1016/j.infsof.2013.07.010.

- [3] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, “Systematic mapping studies in software engineering | Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 2008, pp. 68–77.
- [4] F. andOtros Buschmann, “Pattern-Oriented Software Architecture. Wiley. Obtenido de.” 1996, [Online].
- [5] V. Stricker, K. Lauenroth, P. Corte, F. Gittlerc, S. De Panfilis, and K. Pohl, *Creating a reference architecture for service-based systems - A pattern-based approach*. IOS Press, 2010.
- [6] P. Runeson and M. Höst, “Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering,” *Empir. Softw. Eng.*, vol. 14, no. 2, p. 131, 2008, doi: 10.1007/s10664-008-9102-8.
- [7] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice , Second Edition*. Westford: Pearson Education, 2003.
- [8] E. Dulce and J. Hurtado, “The Role of the Blockchain Technology in the Elderly Care Solutions: A Systematic Mapping Study,” in *Gerontechnology III*, 2021, pp. 23–34.
- [9] T. Dyba, T. Dingsoyr, and G. K. Hanssen, “Applying Systematic Reviews to Diverse Study Types: An Experience Report,” in *First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2007)*, 2007, pp. 225–234, doi: 10.1109/ESEM.2007.59.