

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS

**APLICACIÓN WEB INTEGRADA A LA RED DE BLOCKCHAIN
HYPERLEDGER FABRIC PARA LA GESTIÓN DEL PROCESO DE
HOMOLOGACIÓN DE CRÉDITOS ACADÉMICOS ENTRE
INSTITUCIONES EDUCATIVAS.**

SANTIAGO ACEVEDO RODRÍGUEZ
FABIÁN CAMILO GÓMEZ CÉSPEDES

Informe avance como auxiliar del Proyecto de investigación Titulado:

Despliegue de Aplicaciones DLT-Blockchain en un TestBed.

A cargo de: Wilson Mauro Rojas Reales



25 de mayo de 2024

Índice

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ALCANCE DEL PROYECTO	4
2.1. Objetivos	4
2.1.1. Objetivo General	4
2.1.2. Objetivos Específicos	4
2.2. Pregunta de Investigación/Hipótesis a validar	4
2.3. Marco de Trabajo	4
3. CONTEXTO Y ANÁLISIS DEL MODELO BPSC	7
4. MARCO REFERENCIAL	10
4.1. Estado del Arte y Antecedentes	10
4.2. Marco Teórico	13
5. GESTIÓN DEL CRONOGRAMA	15
6. RESULTADOS A LA FECHA	17
6.1. Actualización del proyecto	17
6.2. Selección de universidades	17
6.3. Modelo de datos	20
6.4. Diagrama de componentes	21
6.5. Mockups de la Aplicación	21
6.6. Diseño de la interfaz de usuario	23
6.7. Implementación del Backend	24
6.8. Configuración de la Blockchain	24
6.9. Elaboración del Artículo	25
7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
8. LECCIONES APRENDIDAS	30
9. CONCLUSIONES	32
10. SIGUIENTES PASOS	33
11. BIBLIOGRAFÍA	34

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto hace parte de un proyecto, una investigación macro a cargo de los investigadores Wilson Rojas, Edward Guillen y Leonardo Ramírez, la cual consiste en hacer una serie de pruebas con tecnologías blockchain en diferentes ámbitos como la educación, las finanzas y la médica con el fin de evaluar una serie de variables para poder definir la seguridad de estas tecnologías en usos futuros, este proyecto tomará lugar en el sector educativo, envolviéndose en el proceso de homologación de créditos entre instituciones educativas.

Los procesos de homologación de créditos entre instituciones educativas suelen ser laboriosos y demorados para los responsables [1]. Se propone el desarrollo de una aplicación web que facilite la gestión y que se conecte con la plataforma Blockchain Hyperledger Fabric para darle seguridad a este procedimiento. La plataforma Blockchain de código abierto Hyperledger Fabric permite crear aplicaciones distribuidas y escalables que se benefician de las características de esta tecnología. Al integrar esta plataforma con la aplicación web, se pueden obtener ventajas como una mayor seguridad y transparencia en el proceso de validación de créditos. [2].

Se abordan los conceptos necesarios para entender el procedimiento de homologación de créditos, así como la tecnología Blockchain y su relación con la plataforma Hyperledger Fabric. Se presentan algunas alternativas de implementación que permitan una integración eficiente y efectiva de esta plataforma, así como se analiza las aplicaciones web existentes para la administración de los procesos de homologación de créditos.

Este documento también explorará los desafíos y las oportunidades que presenta el uso de Blockchain para la homologación de créditos, así como las implicaciones éticas y sociales que tiene. Se hará una comparación entre las ventajas y las limitaciones de las soluciones tradicionales y las basadas en Blockchain, así como se propondrán algunas recomendaciones y buenas prácticas para el desarrollo de este tipo de aplicaciones. También, se presentarán los resultados obtenidos y las conclusiones del proyecto.

Además de todo lo presentado, de una forma transversal este informe será fruto de una investigación para la construcción de un artículo guiado por el investigador para ser publicado con las directrices suministradas de la investigación macro. Este hablara de toda la investigación y la taxonomía empleada en ella, tocara los puntos técnicos de la tecnología a trabajar y finalmente hablara sobre el caso de estudio

propuesto con la aplicación web desarrollada a modo de prueba.

Más detalladamente, este artículo se adentra en el modelo de homologación de créditos y el funcionamiento de este sistema, y también explora los aspectos generales del blockchain, es decir, internamente, el funcionamiento en sí de la red y explica cada componente que una red común debería de tener y cómo debería estar configurada para poder funcionar en su forma básica. explora partes como los nodos, los contratos y los algoritmos de consenso, también habla de los tipos de blockchain y sus características, y finalmente se hablará de un caso de estudio con sus conclusiones.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Garantizar la integridad, confidencialidad y trazabilidad de la información durante el proceso de homologación de créditos académicos entre instituciones educativas mediante la integración de una aplicación web y la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric.

2.1.2. Objetivos Específicos

1. Seleccionar cinco Instituciones Educativas de educación superior en Colombia y modelar el proceso de homologación de créditos académicos.
2. Construir una aplicación web que permita la gestión de los procesos de homologación de créditos entre instituciones educativas e integrarla con la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric.
3. Evaluar el nivel de seguridad y tiempos de respuesta de la infraestructura de Blockchain desplegada e integrada con la aplicación web.

2.2. Pregunta de Investigación/Hipótesis a validar

La integración de la aplicación web y la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric incluye aspectos como la integridad, confidencialidad y trazabilidad de la información durante el proceso de homologación de créditos académicos entre instituciones educativas.

2.3. Marco de Trabajo

Este proyecto se caracteriza por tener dos partes bien diferenciadas. Por una parte, se requiere llevar a cabo un proceso de investigación preliminar que permitirá tener la base documental para llevar a cabo el desarrollo del producto. Para esta primera fase, se utilizará Analítica Descriptiva (es un conjunto de técnicas y herramientas estadísticas utilizadas para analizar y resumir datos de forma que se puedan comprender y visualizar patrones y tendencias). A continuación, se mostrará la forma del uso de la metodología en los diferentes objetivos.

– Seleccionar cinco Instituciones Educativas de educación superior en Colombia y modelar el proceso de homologación de créditos académicos.

1. Identificar y recolectar los requisitos necesarios: se deben recopilar los datos de las diferentes instituciones educativas y el proceso de homologación de créditos que se lleva a cabo en cada una de ellas.
2. Realizar un análisis exploratorio de los datos: se deben examinar los datos recopilados para entender mejor el proceso de homologación de créditos y cómo se lleva a cabo en cada institución.
3. Desarrollar un modelo de homologación de créditos: con la información recopilada y analizada, se puede desarrollar un modelo de homologación de créditos que incorpore los aspectos más importantes del proceso en las diferentes instituciones.

– Construir una aplicación web que permita la gestión de los procesos de homologación de créditos entre instituciones educativas e integrarla con la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric.

1. Recolectar datos sobre los requisitos de homologación, los errores frecuentes y otros aspectos relevantes.
2. Identificar las principales necesidades y requerimientos para el diseño de la aplicación web que permita la gestión de los procesos de homologación de créditos, así como las funcionalidades específicas que deberá incluir.

– Evaluar el nivel de seguridad y tiempos de respuesta de la infraestructura de Blockchain desplegada e integrada con la aplicación web.

1. Elaborar un análisis de los registros de transacciones de la cadena de bloques para identificar posibles vulnerabilidades de seguridad y detectar cualquier actividad sospechosa en la red.

Para llevar a cabo este proyecto, se ha seleccionado la red de Blockchain Hyperledger Fabric como la tecnología principal que permitirá la creación de una aplicación web que integrará todas las funcionalidades necesarias para el proceso de homologación de créditos, además de servir como base con una amplia literatura en aspectos similares de aplicaciones en la educación.

Este proyecto se desarrollará teniendo en cuenta un tablero de gestión KANBAN y haciendo uso de paquetes de trabajo para el control y seguimiento del proyecto, manteniendo un flujo de trabajo para el equipo. Como se muestra en la Figura 1

el EDT muestra los hitos del proyecto organizado en paquetes para el proceso y desarrollo de esta investigación.

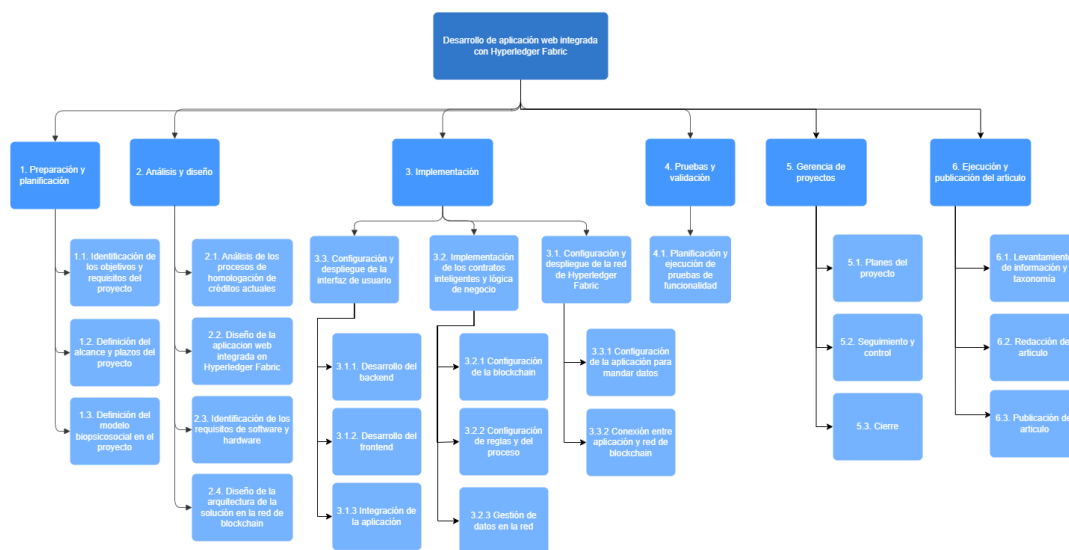


Figura 1: EDT propuesto para la metodología de trabajo

3. CONTEXTO Y ANÁLISIS DEL MODELO BPSC

Teniendo en cuenta la investigación en la cual este paquete de trabajo se sitúa hecha por los investigadores Wilson Rojas, Leonardo Ramírez y Edward Guillen. Se quiere por medio de la tecnología de registros distribuidos (DLT), evaluar la transparencia, eficiencia y seguridad en la gestión de sistemas de información en las industrias de la salud, la educación y el área financiera.

El análisis del modelo biopsicosocial se captará partiendo en lo que respecta al campo de la educación, más específicamente a la gestión del proceso de homologación de créditos y como por medio de este proyecto se podrá dar un punto de vista más amplio para resolver la hipótesis macro de la investigación que involucra los paquetes de trabajo y así poder contribuir con el objetivo general de la investigación el cual tiene como concepto evaluar el nivel de seguridad, eficiencia, inmutabilidad y trazabilidad de la información en el despliegue de aplicaciones web en cada paquete de trabajo.

Se ha implementado el enfoque del modelo BPSC en las instituciones educativas para abordar un problema importante: la homologación de créditos. Este procedimiento es esencial para verificar y comparar los créditos de los estudiantes en diferentes instituciones [3]. Sin embargo, hay problemas importantes con el procedimiento actual que retrasan todo el sistema. La validación de créditos entre instituciones se realiza manualmente, lo que resulta en una gran lentitud y complejidad innecesarias.

En lo que respecta a los estudiantes, el proceso de homologación de créditos se convierte en algo más que una transacción académica. Debido a la lentitud y complejidad del proceso, sus creencias en la validez y la eficiencia del sistema están impuestas a algo que no es bueno. Sus hábitos se ven afectados por la validación manual actual porque deben adaptarse a retrasos y falta de certeza en la transferencia de créditos. Este proceso complicado cambia sus expectativas sobre la experiencia educativa en general.

Por otro lado, las instituciones educativas también se ven afectadas por la ineficiencia del proceso de homologación de créditos. La necesidad de validar manualmente el proceso reduce la confianza en él y cambia su percepción de la eficacia de la colaboración entre instituciones por tener procesos diferentes. Sus hábitos se ven afectados por la lentitud y la falta de un sistema efectivo, lo que consume

recursos valiosos en un proceso que podría ser más productivo. Las instituciones hacen uso del mismo medio y artefacto que los estudiantes para hacer el intercambio de información requerida para el proceso. En la figura 2 se puede ver un contexto mas detallado de los actores propuestos para el modelo biopsicosocial y cultural con todas sus interacciones y en qué dimensión se esta afectando.

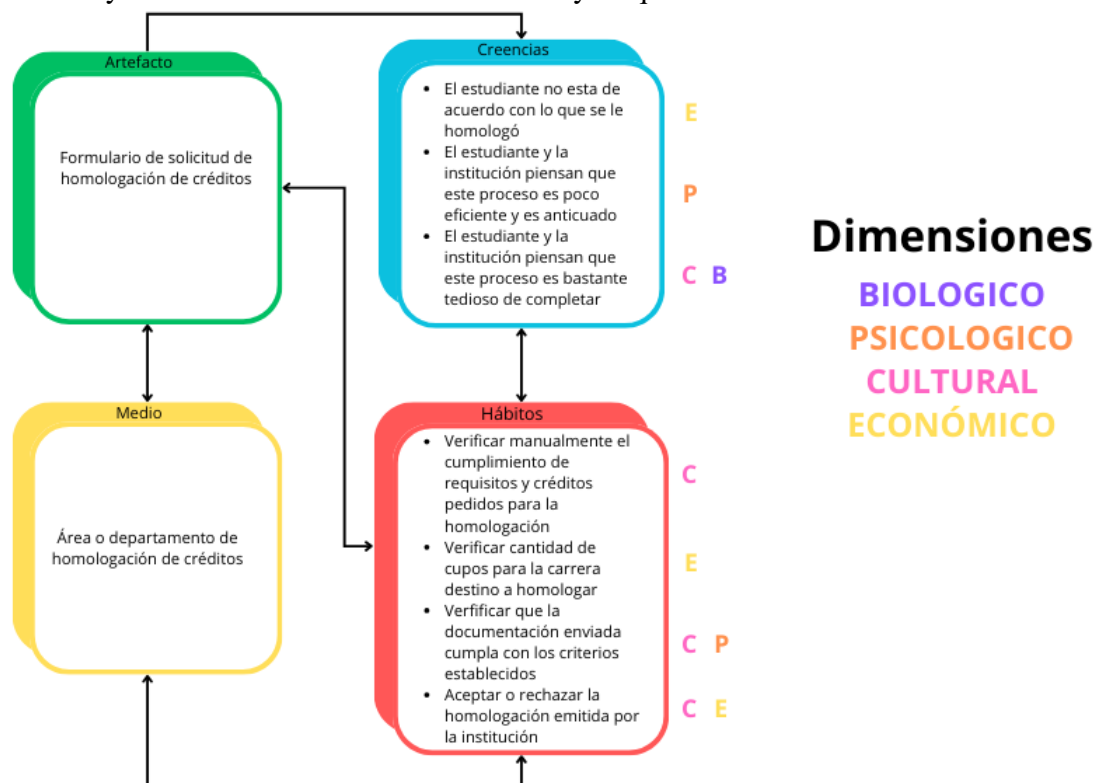


Figura 2: Modelo biopsicosocial desde el problema

La solución propuesta aborda el problema descrito agregando elementos que tienen un impacto directo en los hábitos, creencias, artefactos y medios de los estudiantes y las instituciones educativas. Al incorporar la tecnología Blockchain y los contratos inteligentes en el proceso de homologación de créditos, se abren nuevas posibilidades [3].

La adopción de esta solución cambia radicalmente la forma en que los estudiantes interactúan con el proceso de homologación. La red de blockchain automatizan la forma en la que se constituyen sus nuevos hábitos, aceleran la validación y eliminan los retrasos. Alterando positivamente sus creencias sobre la eficacia y la validez del

proceso, la confianza en el sistema se fortalece. El proceso de homologación, que antes era una fuente de frustración, se convierte en un punto vital que le permite avanzar académicamente. El medio eficiente y distribuido para su estandarización se convierte en un aliado para su proceso.

La solución propuesta desde la perspectiva de las instituciones educativas redefine la forma en que abordan la homologación. Los hábitos de dedicar tiempo y recursos a la validación manual ceden paso a una dinámica automatizada y optimizada que reduce en gran medida cualquier proceso innecesario y tedioso. Al considerar la confiabilidad y la automatización del proceso, las creencias surgen para compartirse entre instituciones por la estandarización de este proceso. El proceso de homologación, que antes era un problema, se convierte en una parte crucial de la colaboración educativa. La comunicación actual permite una colaboración segura y ágil. En la figura 3 se muestra a detalle las interacciones que tienen los actores a el estar en un contexto donde la solución esta implementada.

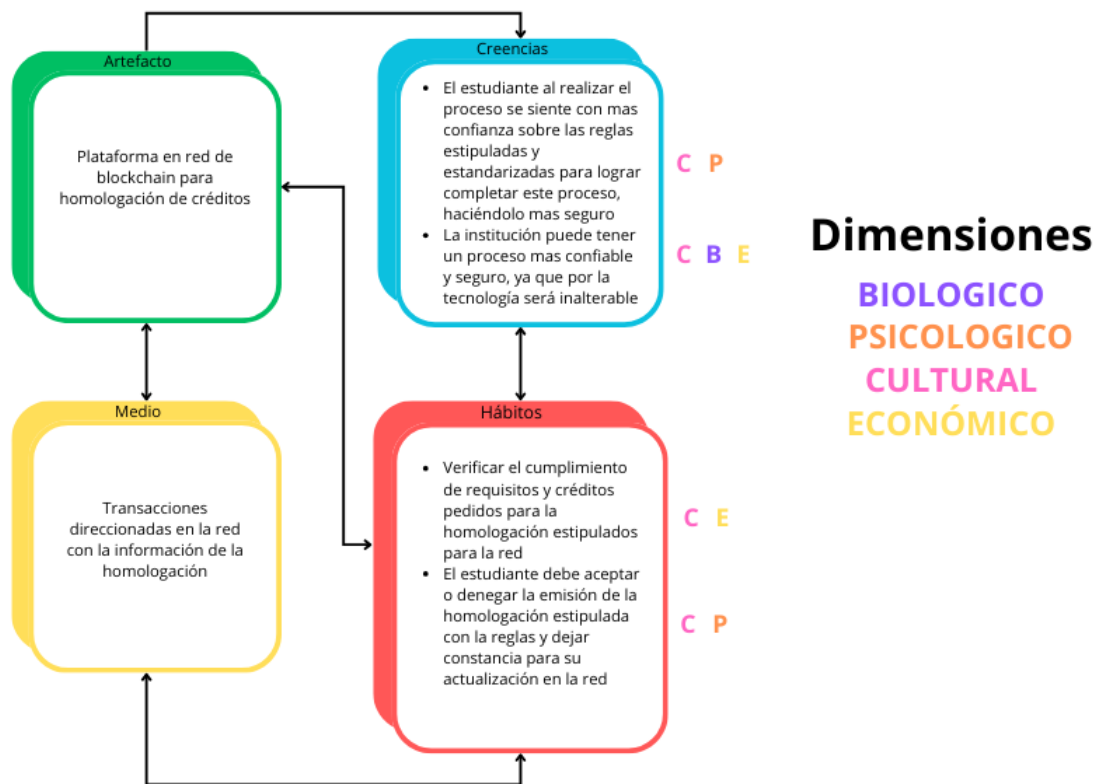


Figura 3: Modelo biopsicosocial desde la solución esperada

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Estado del Arte y Antecedentes

1. Introducción

Actualmente, los procedimientos de homologación de créditos en las instituciones educativas suelen exigir mucho trabajo y tiempo a los encargados. Se ha sugerido la creación de una aplicación web que gestione los procedimientos de homologación de créditos entre instituciones educativas y que interactúe con la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric como forma de mejorar y agilizar este proceso. La tecnología Blockchain de código abierto llamada Hyperledger Fabric se utiliza para crear aplicaciones distribuidas y escalables. Se pueden obtener múltiples ventajas conectando esta plataforma con la aplicación web, entre ellas una mayor seguridad y transparencia en el proceso de aprobación de créditos, una disminución de los errores y los tiempos de tramitación, y la posibilidad de contar con un registro inmutable y seguro de todos los procedimientos [2].

Este estado del arte abarcará los principios necesarios para comprender el procedimiento de homologación de créditos, así como la tecnología Blockchain y su conexión con la plataforma Hyperledger Fabric. Se darán algunas opciones de implementación que permiten integrar esta plataforma de forma eficaz y eficiente, así como se examinarán las aplicaciones web actuales para la gestión de los procesos de homologación de créditos. Se utilizó la metodología PRISMA para localizar y examinar investigaciones anteriores sobre Blockchain, su aplicación en la homologación de créditos académicos y en la educación en general. Se realizó una búsqueda exhaustiva de estas publicaciones en los 10 artículos que estaban relacionados con el tema actual de una selección inicial de 15 artículos que ira incrementando dependiendo de las necesidades del proyecto. En la figura 4 se puede evidenciar el uso de la metodología PRISMA para rescatar esa primera parte de la literatura.

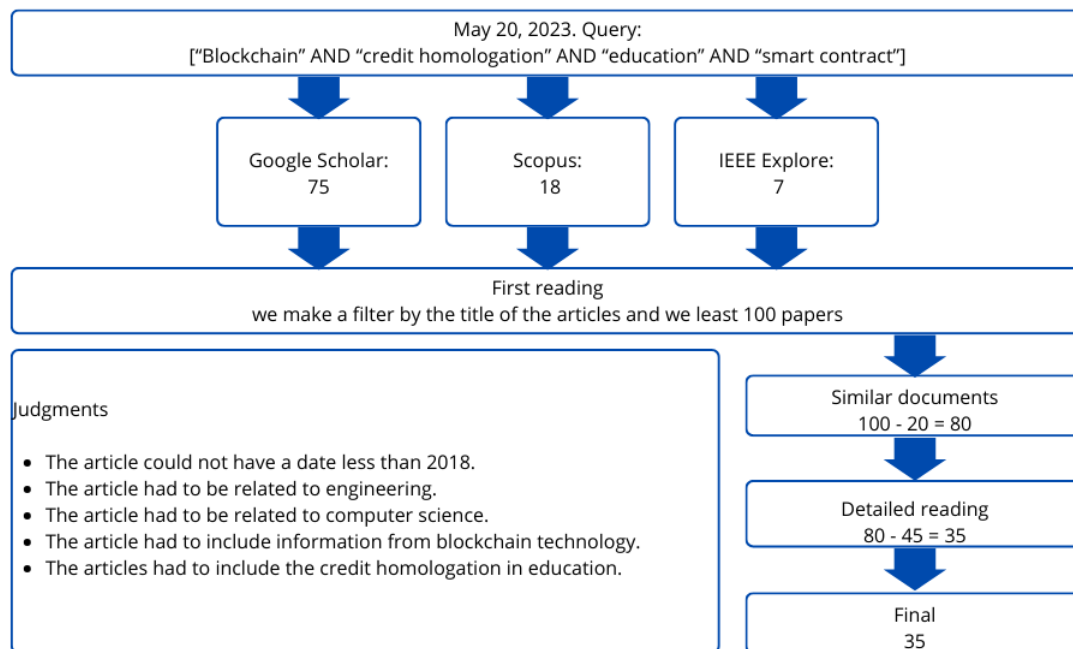


Figura 4: Modelo PRISMA

2. Contenido

2.1 Homologación de créditos académicos

El sistema de homologación de créditos académicos se refiere al proceso mediante el cual se comparan los estudios y créditos obtenidos por un estudiante en una institución educativa con los requeridos para continuar o completar sus estudios en otro programa académico u otra institución [4].

La problemática de este sistema radica en que el proceso de homologación puede ser largo y tedioso, requiere de una gran cantidad de recursos y personal, y puede estar sujeto a errores y retrasos en la toma de decisiones. Además, la falta de estandarización y armonización en los sistemas de homologación puede generar barreras adicionales para los estudiantes que buscan transferir sus créditos a otra institución. De lo anterior se han visto casos en los cuales una persona ha llegado a esperar hasta 27 meses para la convalidación de su título universitario fuera de su país natal [5]. Otro desafío es la falta de transparencia y trazabilidad en el proceso de homologación, lo que puede generar desconfianza en los estudiantes y

en las instituciones educativas. Lo anterior dicho ya que se han presentado casos de corrupción y estaba en esta homologación, visto especialmente en un caso en Colombia donde una red ofrecía agilizar el trámite en Colombia de forma ilícita ofreciendo especializaciones en el exterior [6]. Además, la falta de seguridad en el almacenamiento y transferencia de información personal y académica puede ser un riesgo para la privacidad y la seguridad de los estudiantes.

2.2 Blockchain

El Blockchain es una tecnología de registro distribuido que ha revolucionado diversos sectores. En su esencia, permite la creación de registros o bloques de información en una red de computadoras, de tal forma que estos registros sean seguros, verificables y no modificables [7]. En otras palabras, es una base de datos que se encuentra en una red descentralizada, lo que significa que no está controlada por ninguna entidad central. Esto ha permitido una mayor transparencia, eficiencia y seguridad en diversos procesos, lo que ha llevado a su adopción en diversas áreas, como la logística, la banca, la salud y la educación.

2.3 Blockchain en educación

La aplicación de la tecnología Blockchain en el ámbito educativo tiene múltiples beneficios, entre ellos, la mejora en la gestión de credenciales y diplomas, la automatización de procesos administrativos, la transparencia y trazabilidad en la gestión de información académica y la creación de sistemas de incentivos para fomentar la participación estudiantil [8]. Todo ello puede mejorar la calidad y eficiencia del sistema educativo, ahorrar tiempo y costos para las instituciones educativas y los estudiantes, así como aumentar la confianza en las credenciales y logros académicos de los estudiantes. Además de los beneficios mencionados anteriormente, la tecnología Blockchain también puede mejorar la interoperabilidad y la transferibilidad de créditos entre instituciones educativas. Al crear registros descentralizados y verificables de los logros académicos, puede ayudar a los estudiantes a transferir créditos de una institución a otra de manera más eficiente y transparente, lo que puede ahorrar tiempo y costos para los estudiantes y las instituciones educativas [8]. El Blockchain puede mejorar la seguridad y privacidad de los datos académicos, ya que permite a los estudiantes tener un mayor control sobre sus datos personales y académicos, así como la posibilidad de compartir solo la información relevante con las partes interesadas. Esto puede ayudar a proteger la privacidad y la seguridad de los estudiantes y evitar el uso indebido de sus datos personales [9].

2.4 Hyperledger Fabric

Hyperledger Fabric es una plataforma de Blockchain de código abierto diseñada para crear aplicaciones distribuidas y escalables. Fue desarrollada por la Fundación Linux en 2016 y se basa en una arquitectura modular y flexible que permite personalizar y adaptar la plataforma a diferentes casos de uso. Fabric utiliza un algoritmo de consenso llamado Proof of Elapsed Time (PoET) que se basa en el tiempo de espera aleatorio para seleccionar el nodo encargado de validar el siguiente bloque, lo que reduce significativamente el consumo de energía y aumenta la escalabilidad [10]. Además, Fabric ofrece una API fácil de usar y compatible con múltiples lenguajes de programación, lo que permite a los desarrolladores crear aplicaciones Blockchain personalizadas y adaptadas a sus necesidades. También cuenta con una herramienta de simulación que permite probar y depurar aplicaciones antes de implementarlas en un entorno de producción [10]. Hyperledger Fabric es una plataforma Blockchain flexible, escalable y fácil de usar, que ofrece una solución robusta y confiable para la creación de aplicaciones distribuidas en diferentes industrias y campos de aplicación.

3. Conclusiones

La construcción de una aplicación web que permita la gestión de los procesos de homologación de créditos entre instituciones educativas e integrarla con la plataforma de Blockchain Hyperledger Fabric puede ser una solución efectiva para abordar los desafíos actuales en la gestión de los procesos de homologación de créditos académicos. La aplicación de Blockchain en este contexto puede mejorar la eficiencia, transparencia y seguridad de los procesos de homologación de créditos, lo que puede ahorrar tiempo y costos para las instituciones educativas y los estudiantes, así como aumentar la confianza en las credenciales y logros académicos de los estudiantes. Además, la integración de Blockchain en la gestión de créditos académicos puede ser un paso importante hacia una mayor interoperabilidad y transferibilidad de créditos entre instituciones educativas, lo que puede mejorar la movilidad estudiantil y la flexibilidad en la educación superior.

4.2. Marco Teórico

El sistema de créditos académicos es un mecanismo que permite a las instituciones académicas reconocer y transferir los créditos correspondientes a uno o varios cursos de un programa profesional. Este sistema de créditos va de la mano para poder realizar una respectiva homologación o convalidación de asignaturas o

títulos realizados en otra institución educativa de Educación Superior permitiendo la movilidad de los estudiantes entre instituciones [11].

En las universidades de Colombia, el proceso de homologación implica la presentación de documentos y datos personales, tanto en formato físico como electrónico. Aunque se permite el envío de documentos escaneados por correo electrónico, sigue siendo un proceso manual y por ende, demorado. Por lo tanto, la digitalización de este proceso a través de un sistema de información ofrece una solución más segura y rápida.

La implementación de un sistema basado en blockchain para la homologación de créditos académicos simplifica y acelera las etapas de este proceso. Gracias a la transparencia y la inmutabilidad de blockchain podría prevenirse cualquier fraude académico o inexactitudes. Cada transacción registrada en el sistema podría ser rastreable y sin posibilidad de modificarse, lo que significa que los créditos que se registran no pueden ser alterados o falsificados [4].

Para el punto en el cual se evalúa la trazabilidad, confidencialidad y la integridad para que la tecnología pueda satisfacer los objetivos y directrices de esta investigación, la blockchain cuenta integralmente con mecanismos que cubren todos estos aspectos para cualquier caso y flujo de información que se quiera ingresar a la red, manejando la descentralización y accesos varios para cubrir la parte confidencial de los datos de los usuarios participantes [12], en el caso de la homologación serán los procesos internos que tenga cada institución, la integridad se defiende con el concepto que maneja blockchain de inmutabilidad de los registros que no permite la alteración de estos, finalmente la trazabilidad se mide por el flujo de la red, ya que al estar cada nodo en una red de blockchain este podrá visualizar cada registro y cambio que se permita realizar dentro del algoritmo de consenso que esté dispuesto por la organización certificadora u organizadores [13], para la investigación será el traspaso de estudiante y sus homologaciones.

5. GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Durante las primeras 15 semanas, se hará un enfoque en actividades de planificación, análisis y diseño detallado. En esta etapa, se definirán los roles y responsabilidades del equipo, asegurándose que todos los artefactos de gestión y control del trabajo queden en uso. Se preparará el entorno de trabajo, incorporando las herramientas adecuadas para el desarrollo del documento principal sin dejar de lado la investigación correspondiente para poder lograr la ejecución del proyecto. Así mismo se harán avances del artículo para poder lograr su finalización como se ha discutido con el investigador.

Alrededor de la semana 15 o 16, comenzará una fase de desarrollo mediante un enfoque de paquetes de trabajo. Se dividirá esta fase en diferentes entregas acordes a la implementación escrita en el EDT, cada una compuesta por aproximadamente 3 a 5 cartas para la gestión de actividades en el tablero de control. Esta estructura de paquetes permitirá un desarrollo incremental, lo que permitirá tener entregas funcionales y poder tomar decisiones de cambios oportunos cada vez que se finalice una actividad.

Durante las 25 semanas, la gerencia del proyecto desempeñará un papel esencial para asegurar que todas las etapas avancen de manera efectiva y eficiente. La planificación y coordinación serán claves para garantizar que los objetivos del proyecto se cumplan dentro del tiempo asignado para la investigación. En la figura 5 se ve más detallado el proceso que se plantea para el desarrollo de este proyecto haciendo un barrido por lo que se contempla realizar en cada semana.

Paquete de trabajo	Actividad	Semana																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1. Preparación y planificación	1.1. Identificación de los objetivos y requisitos del proyecto	■	■	■																							
	1.2. Definición del alcance y plazos del proyecto				■	■	■	■	■																		
	1.3. Definición del modelo biopsicosocial y cultural en el proyecto						■	■	■	■	■																
2. Análisis y diseño	2.1. Análisis de los procesos de homologación de créditos actuales								■	■	■	■	■														
	2.2. Diseño de la aplicación web integrada en Hyperledger Fabric												■	■	■	■	■										
	2.3. Identificación de los requisitos de software y hardware																										
	2.4. Diseño de la arquitectura de la solución en la red de blockchain																										
3. Implementación	3.1. Configuración y despliegue de la interfaz de usuario																										
	3.1.1. Desarrollo del backend																										
	3.1.2. Desarrollo del frontend																										
	3.1.3. Integración de la aplicación																										
	3.2. Implementación de los contratos inteligentes y lógica de negocio																										
	3.2.1. Configuración de la blockchain																										
	3.2.2. Configuración de reglas y del proceso																										
	3.2.3. Gestión de datos en la red																										
	3.3. Configuración y despliegue de la red de Hyperledger Fabric																										
	3.3.1. Configuración de la aplicación para mandar datos																										
3.3.2. Conexión entre aplicación y red de blockchain																											
4. Pruebas y validación	4.1. Planificación y ejecución de pruebas de funcionalidad																										
5. Gerencia de proyectos	5.1. Planes del proyecto	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	5.2. Seguimiento y control	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	5.3. Cierre	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	6. Ejecución y publicación del artículo																										

Figura 5: Cronograma planteado para el proyecto

6. RESULTADOS A LA FECHA

Se han realizado reuniones con el director del proyecto y se han planteado actividades y compromisos para avanzar en la investigación. Los artefactos de control permiten hacer un seguimiento al avance y al estado del proyecto, así como identificar posibles riesgos y oportunidades de mejora.

Los resultados realizados hasta ahora para poder avanzar en esta investigación son los siguientes:

6.1. Actualización del proyecto

Actualización al título, los objetivos, el enfoque metodológico y el EDT del proyecto, acorde con el cambio de tecnología blockchain de Hyperledger Sawtooth a Hyperledger Fabric.

6.2. Selección de universidades

Selección para la identificación de los procesos de homologación realizados en las universidades de Colombia, seleccionando a cinco instituciones principales para poder modelar los pasos de este procedimiento a través de diagramas de procesos para cada una. Las universidades que se seleccionaron y modelaron fueron:

1. Universidad del Valle (Véase el diagrama de procesos en el anexo 3)
2. Universidad de Los Andes (Véase el diagrama de procesos en el anexo 4)
3. Universidad Nacional de Colombia (Véase el diagrama de procesos en el anexo 5)
4. Universidad del Tolima (Véase el diagrama de procesos en el anexo 6)
5. Universidad de Pamplona de Colombia (Véase el diagrama de procesos en el anexo 7)

También como parte de estos procesos se decidió investigar el de la universidad El Bosque ya que al ser parte de esta institución, se puede entender mejor desde la parte interna del proceso en la que se está trabajando, ya que se puede llegar a revisar mejor la información. Así se puede evidenciar en la figura de la institución. Esta mejor mostrada en la parte de anexos

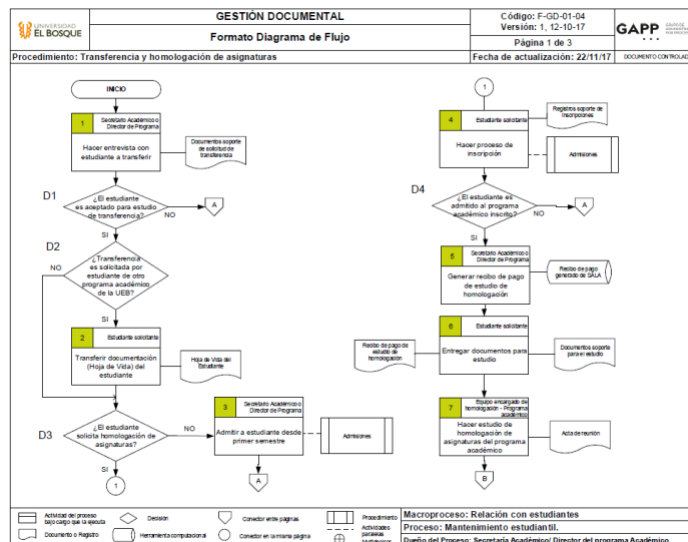


Figura 6: Diagrama de procesos de la Universidad El Bosque del proceso de homologación [14].

Después de plantear estos diagramas de procesos, la información permitió hacer una estandarización del proceso de homologación para abstraer los procedimientos y pasos más importantes, siendo así más compacto y generalizado. Así se puede evidenciar en la siguiente figura.

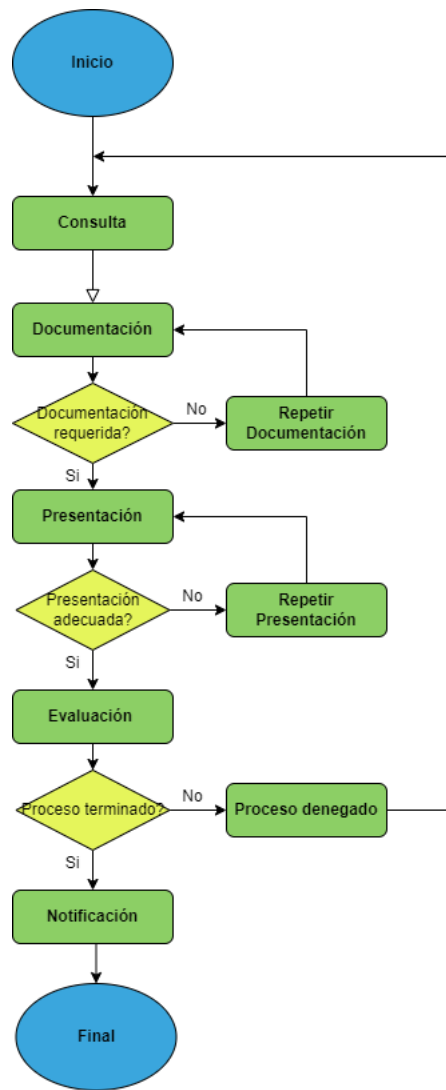


Figura 7: Diagrama de procesos de la estandarización del proceso de homologación.

6.3. Modelo de datos

Para esta instancia, teniendo una idea más clara sobre cómo se comporta el proceso de homologación en diferentes instituciones y sobre todo lo cambiante que puede llegar a ser, se ha discutido la realización de un modelo de datos que sirva como la base para poder entender el cómo se hará la correspondiente implementación y desarrollo de la aplicación para este proceso. La siguiente figura muestra el modelo de datos general que tendrá delimitada la aplicación.

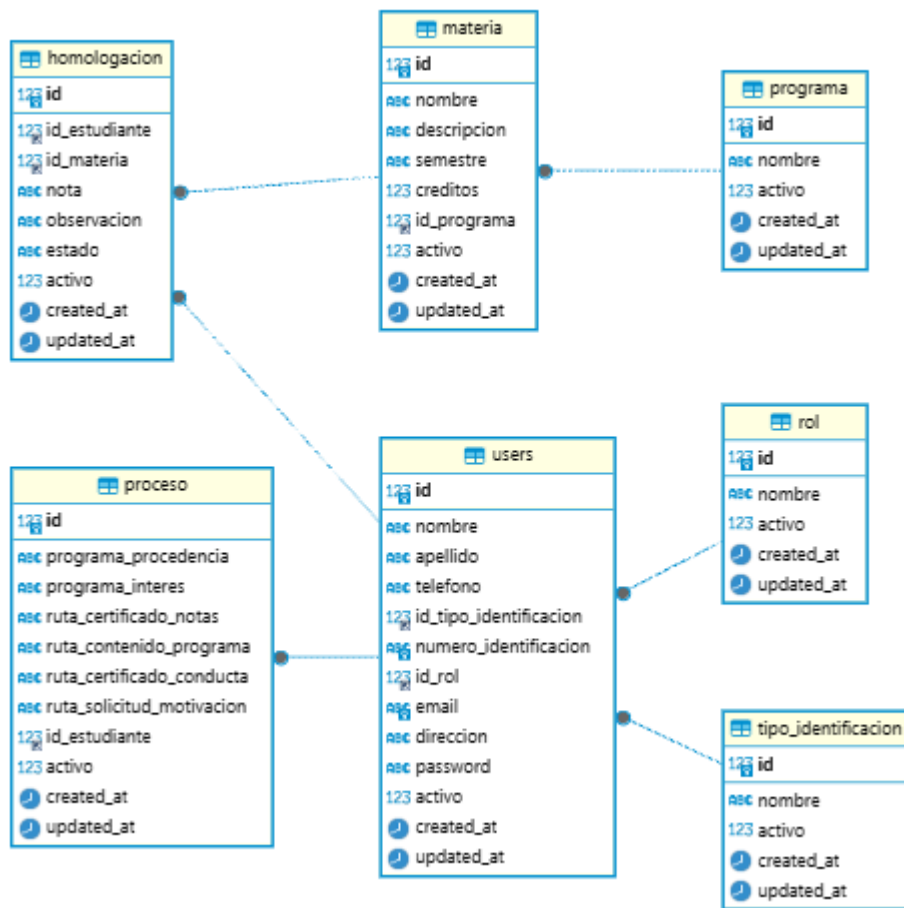


Figura 8: Modelo de datos general de la aplicación.

6.4. Diagrama de componentes

También se construyó un diagrama de componentes de la aplicación para poder entender como esta se va a ver desplegada, qué aspectos se tendrán en cuenta, como por ejemplo, las herramientas que se usaran aparte de la herramienta de Hyperledger Fabric, como puede ser la parte del modelado y la lógica y la parte visual de la aplicación, en la figura 11 se evidenciará el diagrama que explica mejor estas relaciones entre los diferentes componentes.

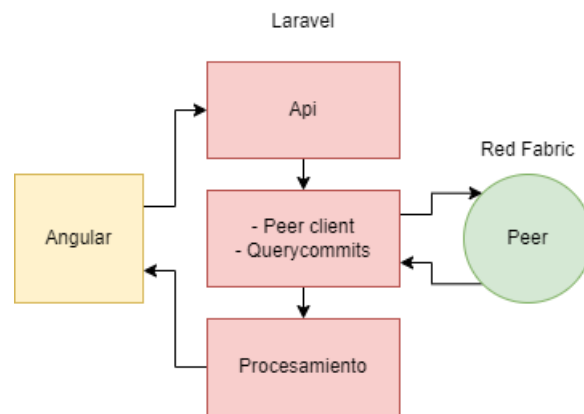


Figura 11: Diagrama de componentes de la estructura con Hyperledger Fabric.

6.5. Mockups de la Aplicación

A partir de definir la infraestructura del sistema, se realizaron los mockups gráficos de cada una de las funcionalidades que tendrá este sistema del proceso de homologación. Se tuvo en cuenta los dos módulos más importantes: módulo de usuario y módulo de administrador. En la siguiente figura se puede evidenciar.

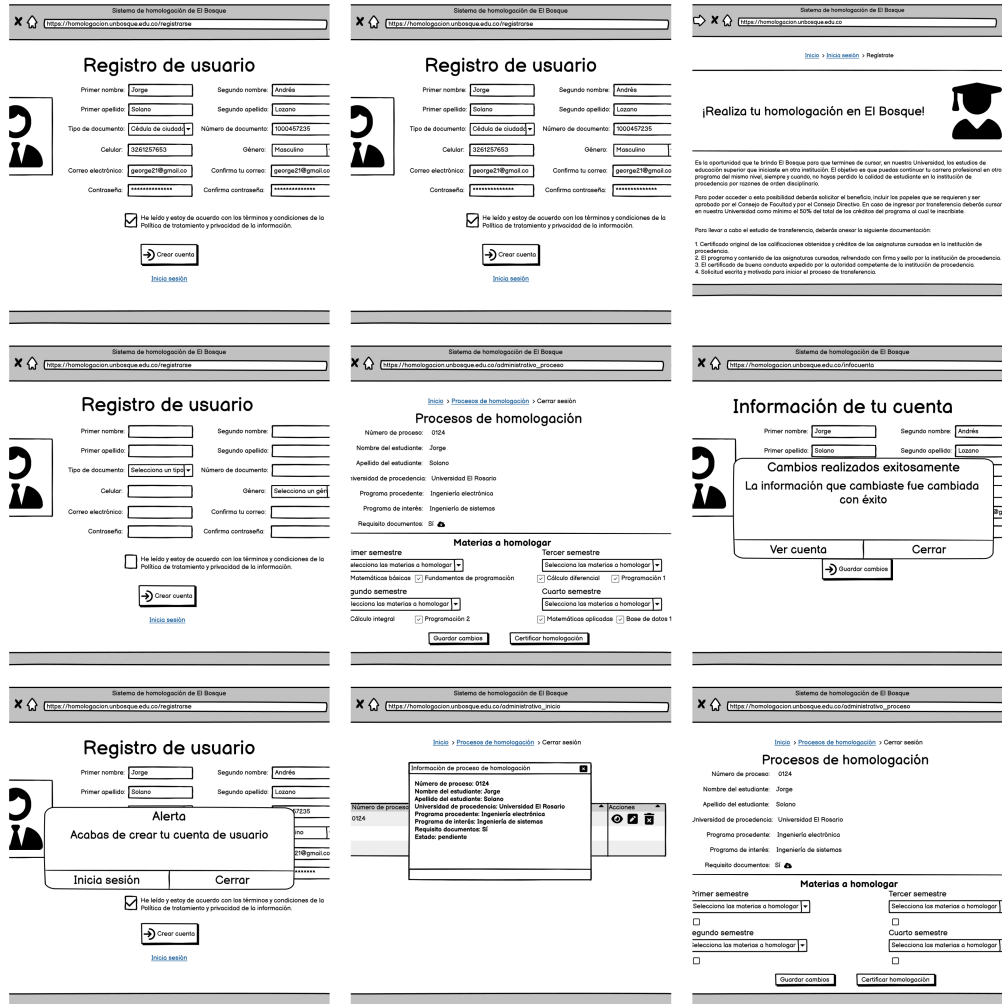


Figura 12: Mockups del sistema de homologación (Véase completos en el anexo 11)

6.6. Diseño de la interfaz de usuario

En el equipo se ha dado un paso crucial hacia la fase del diseño de la aplicación, al comenzar a modelar la interfaz de usuario tomando como referencia los mockups elaborados en y poder hacerlos con Angular. Este enfoque permite visualizar de manera más precisa cómo se verá y funcionará la aplicación final, además de darle una vista panorámica del proyecto para ver cómo se podrá integrar con la parte funcional de la blockchain.

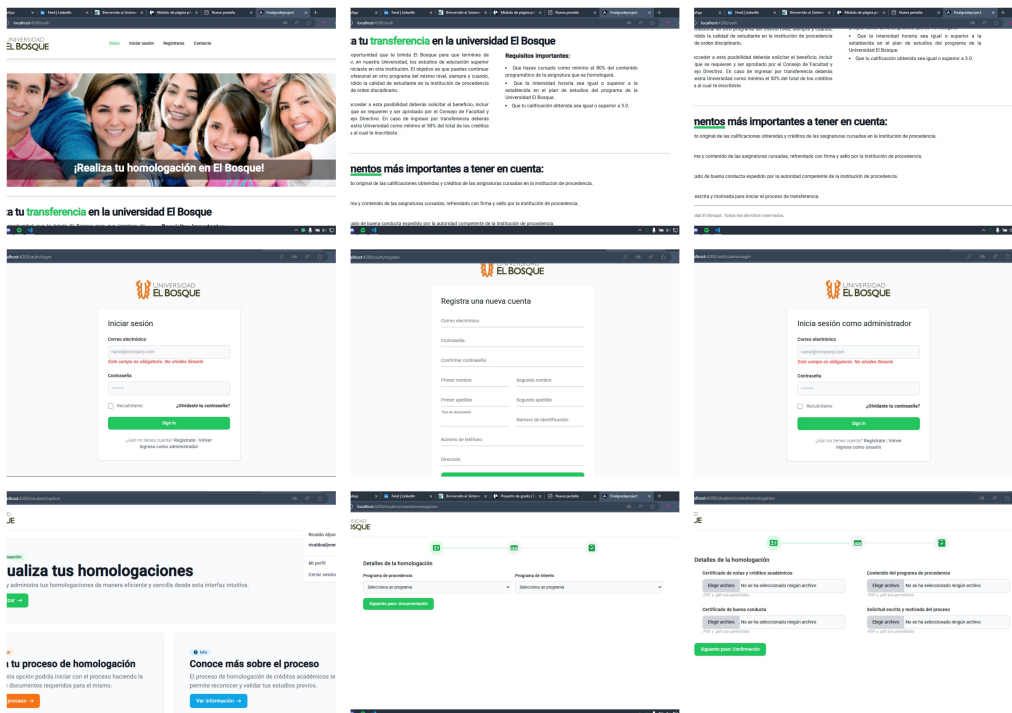


Figura 13: Diseño de interfaz de la página web (Véase completos del anexo 12 al anexo 14)

6.7. Implementación del Backend

Por otro lado, en el backend de la aplicación, se ha avanzado significativamente con la implementación de los modelos de datos y los servicios necesarios en Laravel. Esta elección tecnológica ofrece una sólida estructura para gestionar la lógica del proceso de homologación, el almacenamiento de datos para poder conectarse a la plataforma blockchain y la comunicación con la base de datos. Se ha trabajado en la definición de los modelos, las migraciones y en la creación de los servicios que serán consumidos por la interfaz de usuario a partir de los controladores, asegurando una integración fluida entre el frontend y el backend de la aplicación. En el anexo 15 se ve la lista de controladores y modelos usados para ser consumidos como API'S en el front.

6.8. Configuración de la Blockchain

Se inicio la configuración inicial de la red con blockchain Hyperledger Fabric, una tecnología prometedora para garantizar la seguridad y la integridad de los datos de la homologación. Durante esta etapa inicial, se estableció la configuración de las transacciones, definiendo los smart contracts que se usan y configurando los permisos de seguridad. Este proceso sienta las bases para la implementación completa, que permitirá una gestión descentralizada y transparente de los datos que se guarden. La siguiente figura muestra la etapa de montaje de la red.

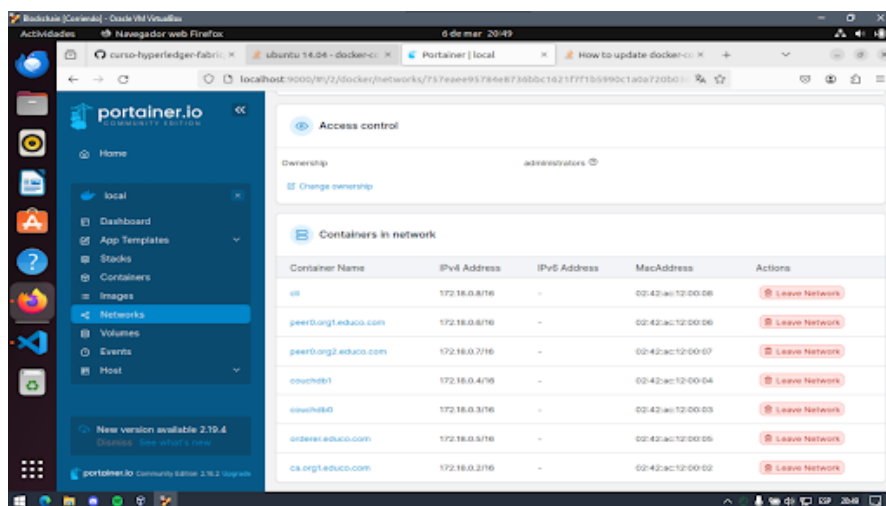


Figura 14: Configuración de la blockchain (Véase completos del anexo en el anexo 16)

En la capa de infraestructura, Hyperledger Fabric proporciona una serie de servicios esenciales para el funcionamiento de la red, incluyendo servicios de autenticación, ordenación de transacciones, gestión de identidades y comunicación entre los nodos. Estos servicios son adaptables a las necesidades específicas de cada red blockchain. Esto se puede evidenciar en lo que se requiera usar para implementarse a través de la configuración de la parte del “chain-code”, básicamente en estas modificaciones se definen una serie de reglas y parámetros para que las transacciones cumplan con los servicios que se quieren tener en funcionamiento en la red, de otra forma de verlo, esta configuración donde se encuentran los servicios a utilizar y los permisos para poder satisfacer la transacción es como se define el contrato inteligente de la red [15]. En la siguiente imagen se puede ver como está toda la configuración del canal de forma gráfica, con qué nodos actúa y su estructura dentro de la blockchain.

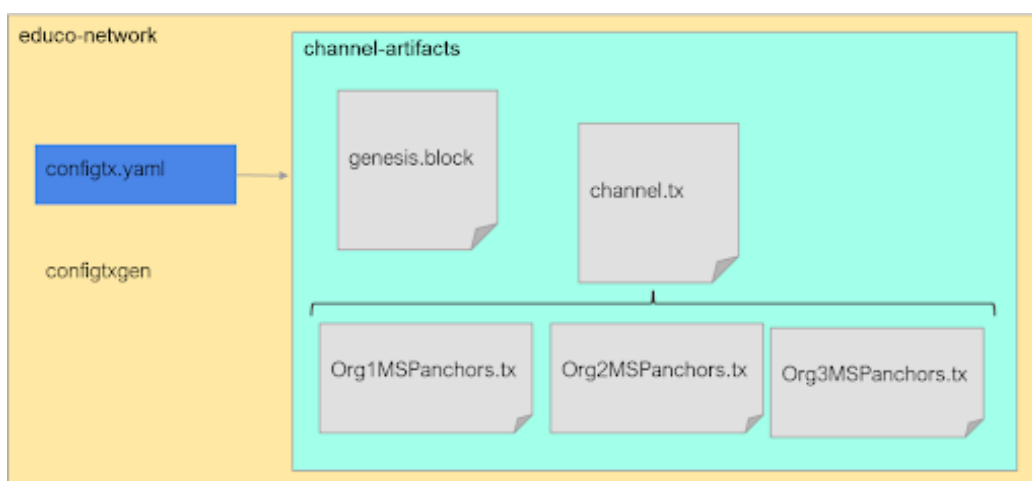


Figura 15: Configuración del canal de la red blockchain (Véase completos en el anexo 16)

6.9. Elaboración del Artículo

El proceso de elaborar este informe ha generado avances significativos que nutrirán la redacción del artículo del proyecto, enriqueciéndose con una base teórica que será fundamental para su conclusión y poder generar una intención relevante al proyecto.

El desarrollo del artículo ha sido fructífera a punto de ya tener un formato estable-

cido por el investigador donde se sigue una coherencia acorde a lo arrojado en la investigación hecha por los miembros del equipo, cuenta con aspectos tecnológicos y teóricos de los conceptos de la tecnología, la aplicación, y el proceso de homologación de créditos.

Este artículo está en vísperas de ser el borrador final para ser revisado por el investigador y que se de el visto bueno para empezar la búsqueda de fecha de publicación de este, así se completara uno de los entregables mas complejos de esta investigación y se bajara la carga de trabajo en la etapa final de este informe y proyecto.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta la fecha reflejan un progreso significativo en la investigación. La actualización del título, los objetivos, el enfoque metodológico y el EDT del proyecto con el cambio de tecnología blockchain de Hyperledger Sawtooth a Hyperledger Fabric demuestra una adaptabilidad importante para la investigación.

El recorrido taxonómico realizado para identificar los procesos de homologación en las universidades de Colombia ha proporcionado una visión detallada de los procedimientos existentes. La selección y modelado de cinco instituciones principales ha permitido una comparación y análisis exhaustivo. Este análisis ha llevado a la estandarización del proceso de homologación, lo que ha resultado en un procedimiento más compacto que permita empezar con el entendimiento de los procesos llevados a la lógica de la red de blockchain y poder plasmarlos con una mayor facilidad [1].

En este punto, se ha logrado una mejor comprensión del proceso de homologación en diferentes instituciones y su naturaleza cambiante. Esto ha llevado a discutir la importancia de la creación del modelo de datos, que desempeñará un papel fundamental en la aplicación en desarrollo. Ayudará a entender la estructura requerida para lograr la finalización de este proyecto y que se pueda tener una buena realización de la implementación.

La investigación de la infraestructura de la red Blockchain (en este caso Hyperledger Fabric) y la construcción del diagrama de componentes son pasos importantes en este proyecto. Es muy importante comprender la tecnología que se utilizará y cómo se integrará con la aplicación que se está desarrollando. Los diagramas de componentes brindan una descripción clara de la estructura y las relaciones de los elementos de la red Blockchain, que son fundamentales para el comienzo de la etapa de desarrollo y la implementación. En última instancia, esta investigación y visualización garantiza que el proyecto tenga un entendimiento externo de cómo se maneja toda la información de las homologaciones y cómo se comportan los datos a nivel de estructura.

Al explorar las tecnologías blockchain líderes como Ethereum, Hyperledger Fabric, y los proyectos consultados como Blockcerts y EduCTX, que están enfocados en los procesos de generación de credenciales y administrativos en el sector educativo, y al considerar la experiencia en la instalación y configuración de blockchain, es

evidente que la seguridad es un aspecto central que permea a través de todas estas plataformas. La instalación de cualquier sistema blockchain implica una cuidadosa consideración de los protocolos de seguridad para garantizar la integridad de los datos y la confianza en la red [16].

Por ejemplo, al instalar alguna blockchain y montar una red, se deben tomar medidas para proteger los contratos inteligentes y las transacciones que ocurren en la cadena de bloques. La configuración de permisos y la gestión de claves criptográficas son aspectos críticos para salvaguardar los activos digitales y mantener la privacidad de los usuarios. Para este caso, es la privacidad de los procesos de las homologaciones, como proteger la información personal de los aplicantes a este proceso y tener seguridad de que los datos no serán inalterables. La implementación de Hyperledger Fabric también requiere una atención meticulosa a la seguridad de los datos, especialmente en entornos empresariales donde la información sensible puede estar en juego. La modularidad de Fabric permite una mayor personalización de las políticas de seguridad y la gestión de identidades, lo que garantiza que solo las partes autorizadas tengan acceso a la red y sus recursos [17]. En el caso de este proyecto, el aspecto más clave con la modularidad será el poder ser específico con la información que se quiera mandar a la red.

Además, al considerar Blockcerts y EduCTX, la seguridad es un factor determinante en la emisión y verificación de registros académicos. La protección contra la falsificación y la manipulación de datos es esencial para mantener la integridad de las credenciales y garantizar la confianza en el sistema educativo. La instalación de estas plataformas blockchain implica la implementación de medidas de seguridad robustas, como la firma digital y el registro inmutable en la cadena de bloques, para proteger la autenticidad de los registros académicos [18].

Para este proyecto, en la experiencia personal con la instalación de blockchain, se ha encontrado que la seguridad es un área de enfoque crítico en cada etapa del proceso. Desde la configuración inicial hasta la gestión continua de la red, es fundamental implementar prácticas de seguridad sólidas para proteger los activos y garantizar la confiabilidad de la plataforma. Y así poder responder la clave de este proyecto, el poder asegurar la seguridad de los datos por medio de la integración de la red blockchain con el aplicativo [19]. Al comparar el desarrollo y lo investigado con las características de seguridad destacadas en Hyperledger Fabric, y lo visto en la implementación de Blockcerts y EduCTX, se puede evidenciar cómo los principios de seguridad se traducen en aplicaciones prácticas en una variedad de contextos.

Los avances realizados en la elaboración de este informe resultan fundamentales para el proyecto en su conjunto. No solo enriquecen la redacción del artículo en cuestión que hace parte de los entregables, sino que también refuerzan ayuda a que este refuerce el material teórico que sustenta todo el trabajo. Esta base es necesaria para darle al proyecto una dirección y un sentido relevante. El enriquecimiento al artículo no solo aporta más profundidad, sino que también mejora la capacidad del proyecto para abordar las cuestiones importantes, lo que contribuirá en gran parte a su éxito [20].

En la etapa actual del proyecto, se ha completado la redacción del artículo y se encuentra en revisión final por parte del investigador. Esta fase marca un hito significativo en el progreso del proyecto, ya que el artículo representa un componente crucial de los entregables planificados. Se ha dedicado un esfuerzo considerable para asegurar que el contenido del artículo sea exhaustivo y preciso, mostrando cada aspecto importante que se puede pensar al momento de adentrarse a este tema, con sus características generales, ejemplos y el caso de estudio que elabora este proyecto además de tener un enfoque particular en destacar la importancia de la seguridad en los procesos académicos y de homologación dentro del contexto de la tecnología blockchain.

8. LECCIONES APRENDIDAS

En cuanto al artículo, una de las primeras etapas claves es la revisión de literatura extensa sobre temas relacionados con el Proyecto. Esta fase inicial sienta las bases para el desarrollo de este y el documento principal a presentar, brindando la información esencial para cada sección del trabajo. Una colección de perspectivas amplias, investigaciones y métodos relevantes para el proyecto se convierte en la base de conocimientos necesaria para producir el artículo. Pueden surgir desafíos al seleccionar y filtrar la información, lo que enfatiza la importancia de mantener un enfoque claro en los objetivos del proyecto y del artículo.

Para el primer objetivo, al seleccionar y modelar los procesos de homologación en cinco instituciones principales, se puede comprender el hecho de que el proceso más compacto y estandarizado será clave para entender ciertas partes futuras del proyecto como la implementación de este en la red de blockchain y después entender cómo hacer que el proceso sirva tomando lo necesario de cada institución que se tome de prueba y que tenga una utilidad significativa. Además, con la implementación del aplicativo y la configuración del blockchain se percata que la seguridad es alta y es factible hacer que este testbed llegue en algún momento a un contexto real, además en otros contextos. [21].

Para el segundo objetivo de esta investigación, la curva de aprendizaje se tomó en dos partes, la construcción de la aplicación con la cual se contaba con aprendizaje previo sobre los temas técnicos para poder desarrollar, el problema más grande en este punto fue cómo poder modelar un proceso tan cambiante como lo es la homologación, ya que depende de un contexto completamente diferente según los requisitos de cada institución. En cuanto a los paquetes de trabajo, fue un proceso organizado y con bastante constancia de trabajo, esto ayudó a mantener el flujo, ya que todo fue bajo la guía de las cargas en las cartas del tablero de control del proyecto.

Sobre la curva de aprendizaje en la configuración de la red de blockchain, se puede decir que es bastante alta, es una herramienta que a simple vista es bastante nueva y, por ende, no tiene mucha documentación y la poca que se encuentra es bastante exclusiva y haciendo aclaración de que es una de las tecnologías más intuitivas de todas las que tiene Hyperledger. Es decir, el nivel de entendimiento es bastante complejo, al comenzar el proceso de configuración e instalación, lo más aconsejable siempre será conseguir un tutorial y en cierta parte de la construcción de la red empezar a buscar otras opciones de documentación con las cuales poder

seguir guiándose, dependiendo de los objetivos que se tengan propuestos para implementar en la red.

Como lecciones del tercer objetivo, en perspectiva, las temáticas aprendidas a lo largo del pregrado en materias anteriores ayudaron a poder entender el punto de la seguridad y como desglosarlo en lo que dice el objetivo general, que es, la integridad, la confidencialidad y la trazabilidad que menciona la investigación general, este objetivo es esencial para poder responder integralmente la investigación como tal. Da la visión panorámica de como el paquete de trabajo de auxiliar de investigación le da insumo para poder determinar estas variables y su impacto en la investigación macro.

9. CONCLUSIONES

Como conclusiones de los diferentes resultados que se dieron en este proyecto se puede decir que, el modelado de datos y la estandarización del proceso ayudó demasiado a entender las etapas para poder construir las demás partes y los puntos claves para poder validar la hipótesis general que se planteó. También como parte del primer resultado se pudo concluir la mejor forma de emplear la arquitectura blockchain y el despliegue de la aplicación teniendo en cuenta la naturaleza del ejercicio.

La construcción de la aplicación fue organizada siguiendo los paquetes de trabajo estipulados y también sirvió como base fundamental para poder hacer el modelo a configurar en la red de Blockchain, tomando siempre en cuenta las recomendaciones del investigador para poder sacar el mejor insumo para poder evaluar el tercer objetivo con un mejor entendimiento del comportamiento y las diferentes opciones de manipulación que tuviera la blockchain, se percató en el desarrollo que es bastante rígida de usar y que también es bastante compleja de implementar, pero en la etapa final se puede manejar la información de una forma sencilla.

Como último entregable. La configuración de la red de blockchain ayudo a entender cómo la integridad de los datos que se guardaban se ve inmutable porque no permite más registros que alteren los anteriores, la confidencialidad de la información está presente al tener organizaciones accedidas a la red con diferente naturalidad de permisos y la trazabilidad al manejar las homologaciones en el mismo canal con las diferentes instituciones. Por ende, los aspectos planteados en la hipótesis de este proyectos se ven en la usabilidad del flujo de información de la red implementada.

10. SIGUIENTES PASOS

1.1. Continuar la Investigación y el Entendimiento de la Tecnología a nivel técnico: Dado que las tecnologías blockchain están en constante evolución, es crucial que el investigador se mantenga al día con las últimas tendencias, desarrollos y aplicaciones en este campo. Esto puede implicar la lectura de investigaciones académicas, la participación en conferencias y eventos relacionados con blockchain, así como la exploración de casos de uso específicos en diferentes industrias.

2. Nutrir la Investigación: Para enriquecer aún más la investigación, el investigador y los colaboradores podrían explorar la posibilidad de colaborar con otros investigadores, tanto dentro como fuera de su campo de estudio. Esto podría implicar la realización de entrevistas con expertos en blockchain, la colaboración en proyectos de investigación conjuntos o la participación en grupos de discusión y comunidades en línea dedicadas a la tecnología blockchain.

3. Preparación para la Sustentación Final del Proyecto: A medida que la investigación se acerca a la fase final del proyecto, es importante dedicar tiempo y esfuerzo a prepararse para la sustentación final. Esto implica la creación de una presentación visual efectiva que resuma los principales hallazgos y conclusiones de la investigación, así como la práctica del discurso para asegurarse de que pueda comunicar las ideas de manera clara y persuasiva.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Srivastava, S. Dhar, A. D. Dwivedi, and J. Crichigno, “Blockchain education,” in *2019 IEEE Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering (CCECE)*. IEEE, 2019, pp. 1–5.
- [2] M. Turkanović, M. Hölbl, K. Košič, M. Heričko, and A. Kamišalić, “Eductx: A blockchain-based higher education credit platform,” *IEEE access*, vol. 6, pp. 5112–5127, 2018.
- [3] S. Guerreiro, J. F. Ferreira, T. Fonseca, and M. Correia, “Integrating an academic management system with blockchain: A case study,” *Blockchain: Research and Applications*, vol. 3, 2022.
- [4] “Sistema de créditos académicos - ...:ministerio de educación nacional de colombia:...” [Online]. Available: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87727.html>
- [5] “Joan, el biólogo que tardó 27 meses para homologar su título universitario en el extranjero.” [Online]. Available: https://www.antena3.com/noticias/sociedad/profesionales-denuncian-retrasos-27-meses-homologar-sus-titulos-universitarios-extranjero_02303066406039f1e80a40001518a21.html
- [6] “Corrupción min educación mineducación demoraría convalidación de títulos por posible corrupción : Mineducación demoraría convalidación de títulos por posible corrupción.” [Online]. Available: https://caracol.com.co/radio/2021/05/06/judicial/1620322587_035758.html
- [7] “(pdf) estudio sobre bitcoin y tecnología blockchain.” [Online]. Available: <https://acortar.link/mdmxpo>
- [8] B. Hameed, M. M. Khan, A. Noman, M. J. Ahmad, M. R. Talib, F. Ashfaq, H. Usman, and M. Yousaf, “A review of blockchain based educational projects,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, 2019.
- [9] E. P. Fedorova and E. I. Skobleva, “Application of blockchain technology in higher education,” *European Journal of Contemporary Education*, vol. 9, 2020.

- [10] “Hyperledger history: Everything you need to know - 101 blockchains.” [Online]. Available: <https://101blockchains.com/hyperledger-history/>
- [11] “Beneficios de blockchain - ibm blockchain — ibm.” [Online]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/benefits-of-blockchain>
- [12] T. Moura and A. Gomes, “Blockchain voting and its effects on election transparency and voter confidence,” in *Proceedings of the 18th annual international conference on digital government research*, 2017, pp. 574–575.
- [13] P. Alzate and D. Giraldo, “Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: transparencia, trazabilidad y seguridad,” *Universidad & Empresa*, vol. 25, no. 44, p. 6, 2023.
- [14] “¿en qué consiste la transferencia de estudiantes? — universidad el bosque.” [Online]. Available: <https://www.unbosque.edu.co/inscripciones/transferencias-estudiantes>
- [15] C. Cachin *et al.*, “Architecture of the hyperledger blockchain fabric,” in *Workshop on distributed cryptocurrencies and consensus ledgers*, vol. 310, no. 4. Chicago, IL, 2016, pp. 1–4.
- [16] R. Zhang, R. Xue, and L. Liu, “Security and privacy on blockchain,” *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 52, no. 3, pp. 1–34, 2019.
- [17] S. Brotsis, N. Kolokotronis, K. Limniotis, G. Bendiab, and S. Shiaeles, “On the security and privacy of hyperledger fabric: Challenges and open issues,” in *2020 IEEE World Congress on Services (SERVICES)*. IEEE, 2020, pp. 197–204.
- [18] M. Mulyati, I. Ilamsyah, A. Aris, M. S. Zahran *et al.*, “Blockchain technology: can data security change higher education much better?” *International Journal of Cyber and IT Service Management*, vol. 1, no. 1, pp. 121–135, 2021.
- [19] A. Ayub Khan, A. A. Laghari, A. A. Shaikh, S. Bourouis, A. M. Mamlouk, and H. Alshazly, “Educational blockchain: A secure degree attestation and verification traceability architecture for higher education commission,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 22, p. 10917, 2021.
- [20] L. M. Reidl-Martínez, “Marco conceptual en el proceso de investigación,” *Investigación en educación médica*, vol. 1, no. 3, pp. 146–151, 2012.
- [21] S. J. A. Guirao Goris, “Utilidad y tipos de revisión de literatura,” *Ene*, vol. 9, no. 2, pp. 0–0, 2015.