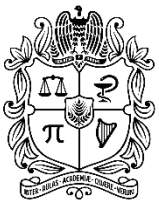


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Aplicación de la Tecnología Blockchain en un Prototipo para la Gestión de las Denuncias de la Comisaría de Familia de Fusagasugá

Laurent Fernando Castañeda Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas
Bogotá D.C., Colombia
2024

Aplicación de la tecnología Blockchain en un Prototipo para la Gestión de las Denuncias de la Comisaría de Familia de Fusagasugá

Laurent Fernando Castañeda Ramírez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación

Director:
(Ph.D.) Jorge Eliecer Camargo Mendoza

Línea de Investigación:

Ciberseguridad

Grupo de Investigación:

UNSecureLab

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas

Bogotá D.C., Colombia

2024

Vivir con gran valentía y morir dejando una fama heroica.

A mis padres Luis Fernando Castañeda y María Aurora Ramírez que ha sido mi motor académico, con su esfuerzo e inteligencia.

A mi hermana Caren Melanie Castañeda Ramírez que siempre me asesoró en los temas jurídico.

A mi amada esposa, Paola Andrea Espino, cuyo amor, paciencia y apoyo incondicional han sido fundamentales en la realización de mis metas. Y a mi hija Emilie, quien con su sonrisa y energía ilumina mi camino y es la fuerza que impulsa mi vida.

Al profesor Jorge Eliécer Camargo por su comprensión, paciencia y guía para la realización y consolidación de este trabajo.

A mis buenos amigos Peludo, Rapiña, Robert Oppenheimer y Laika que me acompañaron en el proceso.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Laurent Fernando Castañeda Ramírez

Fecha 28/08/2024

Resumen

Aplicación de la Tecnología Blockchain en un Prototipo para la Gestión de las Denuncias de la Comisaría de Familia de Fusagasugá

El Blockchain es una tecnología famosa gracias a las criptomonedas, por sus bondades como la validación, sincronización e inmutabilidad de los registros. Esto proporciona confianza entre las partes interesadas. Aunque esta tecnología posee un potencial significativo, su implementación en el sector público ha experimentado un retraso notable. Es normal que muchos municipios gestionen sus procesos con sistemas de información. Sin embargo, la integridad y la confianza en la información pueden ser puestas en duda, lo que puede ocasionar un aumento de los costos, disminuir el bienestar de la comunidad y deteriorar la imagen de la comunidad ante el gobierno local.

El escenario de interés es la Comisaría de Familia de Fusagasugá, donde su sistema de información presenta falacias en distintas partes de su actividad. Esto ofrece la oportunidad para la construcción de un prototipo para el registro y seguimiento de las denuncias con tecnología Blockchain.

La metodología aplicada es la deductiva, con un enfoque en la investigación cualitativa. Se buscó entender el funcionamiento desde lo general como organización hasta el nivel de sus procesos. Se realizó una panorámica de procesos para identificar aquellos que fueran de interés. Una vez identificados, la metodología BPM, siendo BPMN su producto para determinar la manera de integrar la tecnología Blockchain

Se construyó un prototipo usando metodologías de desarrollo de software. Este fue puesto a prueba por algunos miembros de la comisaría con el fin de validar el prototipo. Los

resultados obtenidos a través de una encuesta demostraron que se cumplió con el objetivo planteado, donde la información cuenta con validación e integridad.

Palabras clave: Blockchain, Gestión Documental, Sector Público, Gestión de los Procesos

Abstract

Application of Blockchain Technology in a Prototype for Managing Complaints at the Family Police Station of Fusagasugá

In the public sector, all the procedures that are filed form files, which are stored in file cabinets or in relational databases. The importance of these to achieve the objectives of the family police stations has made it necessary to protect them from falsification and accidental modification. With blockchain technology, the storage, modification, and distribution of each action within the process will be based on consensus and openness of information, complying with the principles of authenticity, reliability, and integrity of documents, allowing the registration and management of each complaint.

En el sector público, todos los trámites que se radican forman expedientes, los cuales se almacenan en archivadores o en bases de datos relacionales. La importancia de estos para la consecución de los objetivos de las comisarías de familia ha hecho necesario protegerlos de falsificaciones y modificaciones accidentales. Con la tecnología Blockchain, el almacenamiento, modificación y distribución de cada acción dentro del proceso se basará en el consenso y la apertura de la información, cumpliendo con los principios de autenticidad, confiabilidad e integridad de los documentos, permitiendo el registro y gestión de cada denuncia.

Keywords: Blockchain, Smart Contract, Public Sector, Document Management

Contenido

Pág.

1. Introducción 1
Objetivos 2
1.1 Contribución 3
1.2 Organización del documento 3

2. Marco teórico 5
2.1 Comisaría de familia 5
2.2 Blockchain 7
2.3 Oportunidades de negocio que ofrece el Blockchain a las empresas y gobiernos 12
2.4 Aplicaciones del Blockchain en el mundo 15

3. Modernizando la comisaría de familia: Un análisis de las oportunidades que ofrece el Blockchain 19
3.1 Empatizar 19
3.1.1 Documentación 19
3.1.1.1 Normatividad 19
3.1.1.2 Generalidades de la comisaría de familia de Fusagasugá 20
3.1.1.3 Participación 22
3.2 Definir 22
3.2.1 Identificación de procesos 22
3.2.2 Descubrimiento de procesos 24
3.3 Idear 31
3.4 Prototipar 33
3.4.1 Primer paso 33
3.4.1.1 Documento electrónico 34
3.4.1.2 Expediente electrónico 35
3.4.1.3 Beneficios del Blockchain con la gestión pública 37
3.4.2 Segundo paso 41
3.5 Evaluar 41

4. Diseño del prototipo 43
4.1 Requerimientos funcionales y no funcionales 43
4.1.1 Requerimientos funcionales 43
4.1.2 Requerimientos no funcionales 44
4.2 Etapas del diseño 44
4.2.1 Casos de uso 44
4.2.2 Contrato inteligente 47
4.2.3 Modelo entidad-relacional 49

4.2.4 Diagramas de secuencia 50
4.2.5 Diagramas de estado 54
4.2.6 Arquitectura del prototipo 54
4.3 Etapa de construcción 55
4.3.1 Selección de leguajes de programación 56
4.3.2 Entornos y herramientas de desarrollo 56
4.3.3 Codificación y despliegue del Contrato 58
4.3.4 Construcción de los microservicios 59
4.3.5 Despliegue de los microservices 64
4.4 Etapa de pruebas 65

5. Evaluación 67
5.1 Elaboración del diseño de la evaluación 67
5.2 Descripción de la evaluación 67
5.3 Análisis de resultados 68

6. Conclusiones 73

7. Trabajos futuros 76

8. Anexo 1: Codificación del contrato inteligente 77

9. Anexo 2: Repositorio del proyecto 81

10. Anexo 3: Documentación del proyecto 82

Lista de figuras

Figura 1 Plan estratégico de negocios. 5
Figura 2 Nuevo nodo - Blockchain 7
Figura 3 Funcionamiento de una red Blockchain 10
Figura 4 Pirámide organizacional 21
Figura 5 Estructura organizacional 21
Figura 6 Panorámica de procesos 23
Figura 7 Proceso de reparto 24
Figura 8 Proceso de registro y diagnóstico - infancia y adolescencia 24
Figura 9 Proceso de apertura - infancia y adolescencia 25
Figura 10 Proceso de restablecimiento - infancia y adolescencia. 25
Figura 11 Proceso de cierre - infancia y adolescencia. 26
Figura 12 Proceso de cierre - infancia y adolescencia 27
Figura 13 Proceso de apertura - tercera edad 27
Figura 14 Proceso de restablecimiento - tercera edad 28
Figura 15 Proceso de cierre - tercera edad 28
Figura 16 Proceso de registro y diagnóstico - violencia intrafamiliar 29
Figura 17 Proceso de apertura - violencia intrafamiliar 29
Figura 18 Proceso de restablecimiento - violencia intrafamiliar 30
Figura 19 Proceso de cierre - violencia intrafamiliar 30
Figura 20 Subproceso de levantamiento de diagnóstico 31
Figura 21 Características de un documento electrónico 35
Figura 22 Hoja de Control de una denuncia 36
Figura 23 Folio electrónico 40
Figura 24 Índice electrónico 40
Figura 25 Diagrama del Control Sheet 48
Figura 26 Diagrama BPMN creación de un expediente electrónico 48
Figura 27 Diagrama BPMN anexión de un documento en el expediente electrónico. Fuente: Autor 48
Figura 28 Diagrama BPMN validar anexión al expediente electrónico 49
Figura 29 Diagrama entidad-relación 50
Figura 30 Diagrama de secuencia ingreso al prototipo 51
Figura 31 Diagrama de secuencia registro de una denuncia 51
Figura 32 Diagrama de secuencia remisión de denuncia sin estado de revisión 52
Figura 33 Diagrama de secuencia anexión de un documento 52
Figura 34 Diagrama de secuencia descarga de un documento 53
Figura 35 Diagrama de secuencia descarga de un expediente 53
Figura 36 Diagrama de secuencia cierre del expediente 54

Figura 37 Diagrama de estados 54
Figura 38 Diagrama de la arquitectura del sistema 55
Figura 39 Imagen generada en Remix 58
Figura 40 Despliegue del contrato. 59
Figura 41 Jerarquía de carpetas de Angular 60
Figura 42 Arquitectura RoR 61
Figura 43 Arquitectura Onion 62
Figura 44 Jerarquía de proyectos en la solución 63
Figura 45 Máquina virtual en azure. 65
Figura 46 Funcionario probando el prototipo 68
Figura 47 Gráfica con los resultados de la pregunta no 1 69
Figura 48 Gráfica con los resultados de la pregunta no 2 69
Figura 49 Gráfica con los resultados de la pregunta no 3 70
Figura 50 Gráfica con los resultados de la pregunta no 4 71
Figura 51 Gráfica con los resultados de la pregunta no 5 71
Figura 52 Gráfica con los resultados de la pregunta no 6 72

Lista de tablas

Tabla 1 Principios rectores de la comisaria 7
Tabla 2 Caso de uso registrar denuncia 45
Tabla 3 Caso de uso agregar documento 46
Tabla 4 Caso de uso hoja de trabajo 46
Tabla 4 Tecnologías Seleccionadas 56
Tabla 6 Verificación de los Requerimientos 66

Lista de abreviaturas

Abreviatura	*Término*
ANT	Agencia Nacional de Tierras
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Model and Notation
CPC	Constitución Política de Colombia
DLT	Acrónimo de Tecnología de Contabilidad Distribuida
DO	Diario Oficial
IAAS	Infrastructure as a Service
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia
ORM	Object-Relational Mapping
P2P	Peer to Peer
PAAS	Platform as a Service
RITA	Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada
UN	Universidad Nacional de Colombia

1. Introducción

El Blockchain ha surgido como tecnología que ha cautivado la atención de académicos, empresarios, funcionarios públicos, particulares, entre otros. Su potencial ofrece un valor agregado en diferentes procesos donde se requiera que la información cumpla con las siguientes características: validación, sincronización e inmutabilidad de los registros para brindar confianza entre las partes interesadas.

En las áreas de trabajo en donde se está experimentando actualmente, la más rezagada es en la esfera pública donde el interés ha sido menor debido a varias causas, entre ellas, porque no cuenta con la flexibilidad y recursos de que dispone el sector privado. Existen varios ejemplos de la implementación de la tecnología Blockchain en el sector público como son:

- E-Residency o ciudadanía digital en los países bálticos [19] [20].
- Programas de anticorrupción en los Estados Bálticos
- Programa de Verificación de Medicina en Mongolia [3].
- Gracias a sus beneficios como son: la validación, sincronización e inmutabilidad de los registros, lo que proporciona confianza entre las partes [1] gracias a algoritmos de confianza y mecanismos de consenso

En Colombia, el estado no es ajeno a estos cambios y dentro de su marco normativo, define los principios esenciales para el desarrollo de la función administrativa, conforme al Artículo 209 de la C.P, donde la descentralización juega como uno de los pilares de la estructura del Estado.

Dentro de las iniciativas que se han desarrollado en Colombia sobresale la Lucha Contra la Corrupción con un proyecto piloto, donde la tecnología Blockchain se propone como una solución efectiva en la lucha contra la corrupción, procesos de licitación y con la contratación pública. La participación del Banco Interamericano de Desarrollo y la

Procuraduría General de la Nación desarrolló un Software de PoC (Prueba de Concepto) para las licitaciones públicas con tres componentes fundamentales:

- Software de PoC basado en Blockchain para licitaciones públicas.
- Recomendaciones de índole legal, de políticas y gobernanza.
- Apropiación de la sociedad civil y participación estratégica

El escenario de pruebas para el software para la adquisición del Programa de Comidas en las Escuelas Públicas PAE de Colombia. El planteamiento de las capacidades de mantenimiento, transparencia, automatización de funcionalidades, descentralización de decisiones y mayor participación, emparentadas con políticas y sistemas de gobernanzas complementarias, para un sistema de contratación más transparente [34].

Blockchain de Tierras fue un proyecto entre la Universidad Nacional de Colombia (UN), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MicTIC). Donde se desarrolló un prototipo para la adjudicación de predios de restitución identificando riesgo tales como: la manipulación, ajustes no consensuados y omisiones: para evitar que se materialicen en amenazas [34].

RITA por parte de la Universidad Francisco José de Caldas que ofrece soporte para proyectos basados en Blockchain como son: Integridad de Diplomas con Blockchain, Sistema Notarial sobre Blockchain, Sistema de seguimiento al programa de alimentación escolar asegurado con Blockchain, entre otros [34].

En este trabajo se explora e indagan los conceptos y características de los registros de las tecnologías de registro distribuido y los implementa en un prototipo para un sistema de registro y seguimiento de las denuncias radicadas en la Comisaría de Familia del municipio de Fusagasugá, y para ello, se propusieron los siguientes objetivos.

Objetivos

Objetivo General: Desarrollar un prototipo con tecnología Blockchain para el registro y seguimiento de las denuncias en la comisaria de familia del municipio de Fusagasugá.

Objetivos Específicos:

- Realizar un análisis de la eficiencia, eficacia y falencias en los procesos judiciales que existan incertidumbre en la veracidad de la información en la Comisaría de Fusagasugá con metodologías agiles.
- Diseñar la arquitectura del prototipo a través de diagramas y mockups.
- Selección de las herramientas tecnológicas disponibles para la creación del prototipo en base en la literatura disponible.
- Construir el prototipo con base en la información recolectada y arquitectura propuesta.
- Aplicar casos de prueba funcionales para la comprobación del correcto funcionamiento del prototipo.

1.1 Contribución

La principal contribución de este trabajo es la construcción e implementación de un prototipo para el registro y seguimiento de las denuncias donde los integrantes de la comisaría puedan gestionar los procesos a través de un índice electrónico dentro de la Blockchain y dotándolo de las capacidades de la mantenibilidad de los registros, trasparencia y auditabilidad en tiempo real, y mayor participación ciudadana. Para alcanzarlo, se creó un contrato inteligente que fue desplegado la red de registro distribuido Ethereum. También se requirió del apoyo de un sistema centralizado para cargar con una parte de la lógica de negocio y repositorio de los documentos. Al final, el prototipo fue puesto a prueba por algunos integrantes de la Comisaría quienes expresaron que les resulta útil en sus actividades diarias.

El contrato inteligente creado, el código del sistema centralizado, aplicado del usuario y manual de usuario han sido publicados en repositorios públicos para que aquellas personas interesadas puedan descargarlos, estudiarlos, aplicarlos o realizar otro fin. Los enlaces se encuentran en el **Anexo No 2**.

1.2 Organización del documento

El presente documento se encuentra organizado en las siguientes secciones:

- Capítulo 2: En los estados del arte se presentan los conceptos claves del Blockchain, contratos inteligentes, redes y registros descentralizados, y ejemplos

de implementaciones en el mundo y local, para el entendimiento de sus limitantes y beneficios, y para los requerimientos y aspectos de diseño en el prototipo.

- Capítulo 3: Se presenta el levantamiento y análisis de información de la comisaría como organización, desde lo general a lo particular, y levantamiento de los procesos utilizando la metodología Business Process Management (BPM) y una revisión de las normas colombianas de archivo e índice electrónico.
- Capítulo 4: Describe las etapas realizadas para la construcción del prototipo desde sus etapas preliminares, arquitectura, codificación y pruebas funcionales finales.
- Capítulo 5: Describe la evaluación realizada y opinión del prototipo por parte de los miembros de la comisaría.
- Capítulo 6: Conclusiones obtenidas en el presente trabajo y mejoras futuras

2. Marco teórico

A continuación, se presentan algunos aspectos importantes para proporcionar un contexto adecuado.

2.1 Comisaría de familia

Comisaría de Familia es organismo distrital o municipal, o intermunicipal, cuya misión es prevenir, garantizar, restablecer y reparar los derechos de los miembros de un núcleo familiar en el que se han presentado casos de violencia intrafamiliar. Las comisarías de familia, como un ente protector y restaurador de derechos en caso de violencia en el ámbito familiar, tiene como prioridad atender y optimizar los procesos legales para un correcto restablecimiento y prevención de vulneración en los derechos de los miembros de una familia, como lo establecen los artículos 1, 2 y 12 de la Ley 2126/01 [33].

Figura 1 Plan estratégico de negocios.
Fuente: Autor, basado en la Ley 2126 de 21 [33]

Donde sus principios rectores en los cuales toda persona de las Comisarías de Familia deberá orientarse:

Principios	Descripción
Respeto Y Garantía De Los Derechos Humanos	Las Comisarías de Familia deben orientar sus actuaciones conforme a los parámetros constitucionales y acuerdos internacionales en materia de una efectiva protección y garantía de los derechos humanos de las personas usuarias del servicio.
Oportunidad	Las actuaciones de las Comisarías de Familia deben tener una respuesta inmediata en materia de protección y garantía de los derechos en riesgo o son víctimas en el contexto familiar.
Eficacia	Las actuaciones de las Comisarías de Familia deben ser respondidas de manera eficaz en el contexto de vulneración, violencia y/o amenaza de los derechos que están en riesgo o son víctimas, y que propenda por la no repetición de ésta.
Eficiencia	Las Comisarías de Familia deben contar con los recursos y medios humanos, técnicos y tecnológicos para el cumplimiento de su objeto misional.
Autonomía e Independencia	Las Comisarías de Familia cuentan con autonomía e independencia para interpretar y aplicar la ley, para garantizar los derechos fundamentales, actuando dentro del marco de esta.
Debida Diligencia	La actuación de las Comisarías de Familia debe estar dirigidas a garantizar, restablecer y reparar los derechos de las personas que están en riesgo o han sido víctimas de violencia en el contexto familiar.
Interés Superior de los Niños, Niñas y Adolescentes	Conforme a los parámetros constitucionales e internaciones en la materia, la Comisaría de Familia deberá garantizar la satisfacción integral y simultánea de todos los derechos de los niños, niñas y adolescentes integrantes de la familia.
No Discriminación	En las actuaciones de las Comisarías de Familia no puede haber cabida a cualquier tipo de discriminación.
Imparcialidad	El actuar de las Comisarías de Familia no habrá de inclinarse intencionadamente para favorecer o perjudicar a alguna de las partes.
Atención Diferenciada e Interseccional	Las Comisarías de Familia garantizarán la aplicación del enfoque diferencial e interseccional, considerando las necesidades y situaciones particulares de los territorios.

Enfoque de Género	Las Comisarías de Familia reconocerán la existencia de relaciones de poder, subordinación, inequidad, roles diferenciados, según parámetros de lo masculino y femenino que puedan llegar a vulnerar derechos de cualquier integrante de la familia
Corresponsabilidad	La familia, la sociedad y el Estado son responsables de manera conjunta de prevenir y de erradicar la violencia en el contexto familiar.
Coordinación	Todas las entidades que tengan dentro de sus funciones la atención a víctimas de violencia por razones de género en el contexto familiar y víctimas de otras violencias en el contexto familiar deberán ejercer acciones coordinadas y articuladas con el fin de brindar una atención y protección integral.

Tabla 1 Principios rectores de la comisaria
Fuente: Autor basado en la ley 2126/01

2.2 Blockchain

El Blockchain es una tecnología o método que se ha vuelto famosa desde la salida de las Criptomonedas gracias a sus beneficios como son: la validación, sincronización e inmutabilidad de los registros, lo que proporciona confianza entre las partes [1], gracias a algoritmos de confianza y mecanismos de consenso.

En el Blockchain, cuando se realiza una transacción, ésta se agrupa con otras en un bloque. Este bloque se distribuye a través de una red de nodos (dispositivos) que están conectados a una red Blockchain, como se muestra en la **Figura 2**.

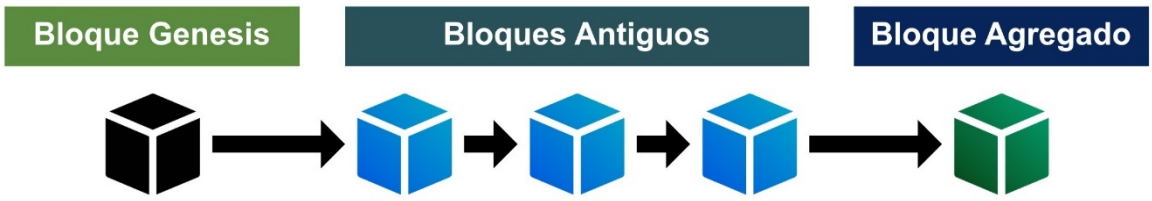


Figura 2 Nuevo nodo - Blockchain
Fuente: Autor

Existen principalmente tres tipos de Blockchain que son utilizados actualmente [41]:

- Blockchain Público: Es una cadena de bloques al alcance de todo el mundo, cualquiera puede unirse para minar o hacer transacciones. Un buen ejemplo de un Blockchain público es el Bitcoin.

- Blockchain Privado: Es una cadena de bloques autorizada donde cierto grupo de personas puede leer o hacer transacciones y requiere la invitación de un administrador.
- Consorció de Blockchain: Es la combinación de una arquitectura centralizada y descentralizada, cuando hay múltiples organizaciones que lo implementan y comparten la responsabilidad del mantenimiento.

Al igual que otras tecnologías disruptivas, empiezan desde el sector privado como la banca, cadenas de suministros, energías renovables, bienes raíces, medicina, etc, el Blockchain también ofrece oportunidades en el sector público en mejoras de los procesos, pero estos cambios normalmente son lentos y existe una fuerte discusión si efectivamente el gobierno debe aplicar tecnologías que hasta ahora están siendo probadas en el sector privado [5].

Una persona u organización en sus actividades cotidianas consagrados en objetivos crean datos que dependiendo de la importancia son almacenados en diferentes medios, pero el asegurar la confiabilidad de los registros es un requisito mínimo en una variedad de contextos diferentes donde los sistemas de registros o archivos, si hablamos de los tradicionales, proporcionan los servicios necesarios para lograr los objetivos, esto representa un problema común donde no se ha establecido el almacenamiento de los registros como una función de archivo [12].

Algunos ejemplos de organizaciones con función de archivos son organizaciones responsables de registros civiles de nacimientos, defunciones y matrimonios, registros de tierras y repositorios de transacciones financieras. En cada uno de estos casos, si los registros son inseguros o no, existe una confianza en ellos y el funcionamiento de la organización será frustrado. Un ejemplo es una oficina de registro civil que, al no contar con datos confiables, puede ocasionar que los ciudadanos no puedan demostrar su identidad como condición para trámites estatales como son los servicios sociales o ejercer su derecho al voto, un registro poco confiable puede ser de los títulos de tierras y ocasionar que resulten en manos de otros, incentivando a la corrupción como lo explica [4]. Además, dichos registros a menudo deben ser almacenados por largos períodos de tiempo y que pueden extenderse más allá de la vida útil de un sistema de base de datos o servidor. La

pérdida o la imposibilidad de recuperar estos datos pueden impedir que los ciudadanos puedan hacer trámites con el Estado, en tales casos pueden conducir a una disminución de la confianza de éstos con el gobierno [12], [1].

La confianza en los datos comienza con el proceso de creación de éstos: quién los crea y cómo los crean. Entonces un registro confiable es aquel contenido que es una representación completa y precisa de las transacciones, actividades o hechos que certifiquen y los que se puedan depender para lograr los objetivos y la autenticidad, por otro lado, depende de los procesos de establecer y preservar la identidad e integridad de los registros desde la creación y preservación.

Los individuos y las organizaciones han buscado nuevas formas de preservar los registros y los nuevos avances tecnológicos como lo menciona Sullivan y C. Burger [11] están dando nuevas tecnológicas o métodos y una de ellas es el Blockchain. En la literatura del Blockchain, Prieto [1] lo definió como una tecnología o método en el que nos permite validar, mantener y sincronizar el contenido a través de una transacción digital (libro mayor) y que, al ser replicado en varios usuarios, por lo tanto, una primera interpretación es una tecnología descentralizada de transacciones [12]. El Blockchain apareció hace 20 años como un método para sellar documentos digitales de forma segura, el fin era registrar con orden en que se creaban los documentos [8].

La popularización del Blockchain apareció en el sector financiero cuando en el 2008 Satoshi Nakamoto [23] en él cual lo describió como la criptología y libro abierto como lo menciona [6], lo usó para crear el Bitcoin, lo que lo dotó de una descentralización frente a un banco central, inmutabilidad y confiabilidad.

El Blockchain es una tecnología disruptiva que promete muchos casos de usos como son: la reducción de la infraestructura I.T, validación de las transacciones, contratos digitales, datos públicos para todo el mundo, etc. Por el contrario, también representa desafíos como lo menciona Prieto [1] como una regulación legal, la propiedad del Blockchain, operaciones entre distintos Blockchain, ubicación del libro y el control sobre los libros.

La información al ser descentralizada, los ciudadanos, organizaciones e instituciones, pueden controlar sus datos personales con relación a probar su identidad, demostrar su

ciudadanía, mantener un registro financiero y educativo, pero ciertamente esto, sólo es posible, si existen facilidades en las transacciones y la infraestructura debida. Es adecuado para el modelo de gobernanza múltiple para las partes interesadas [36].

Las cadenas de bloques se encuentran distribuidos parcialmente o en su totalidad en una red de dispositivos en donde cada dispositivo es un nodo y entre ellos verifican los eventos y transacciones que se registren y luego se publican a través de cadenas de bloques y registro en el libro mayor [8] a lo que se le llama Prueba de trabajo, como se muestra en la **Figura 3**.

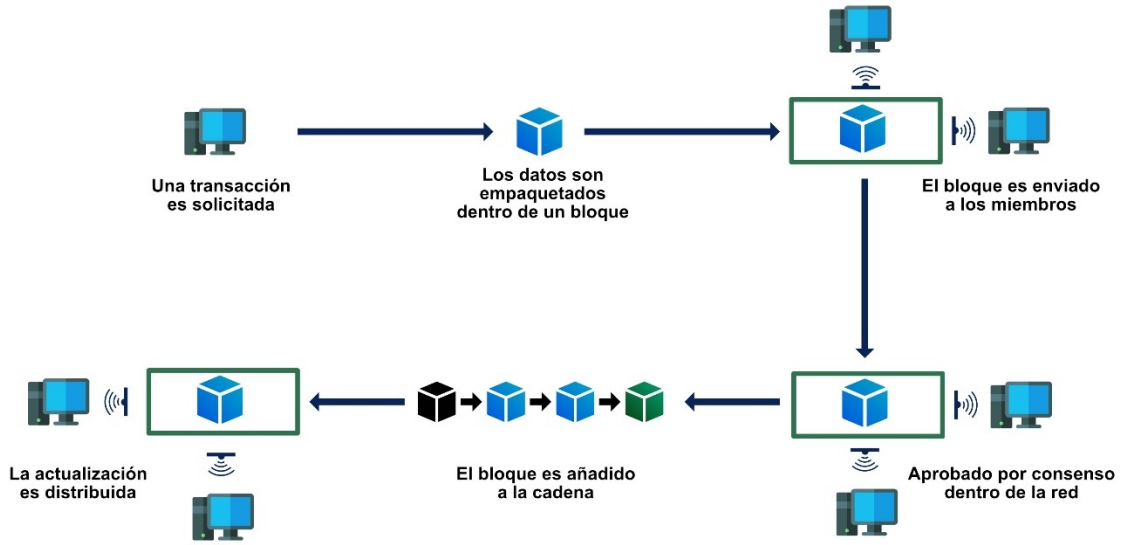


Figura 3 Funcionamiento de una red Blockchain
Fuente: Autor

Aunque el artículo está enfocado en el Blockchain como tecnología, es conveniente comentar como esta tecnología es usada en los bitcoins (moneda virtual) para generar confianza. En el artículo de Satoshi Nakamoto [25] supongamos que existen dos billeteras bitcoin, A y B, la billetera A propone la transferencia de Bitcoin a otra billetera B. La red "mesh" distribuida de Bitcoin comprueba el libro mayor público como lo menciono Prieto [1] que existe suficiente Bitcoin en la billetera A. Si hay suficiente Bitcoin, los nodos especializados llamados mineros [9] agruparán la propuesta con otras transacciones acreditadas para crear un nuevo bloque para Blockchain. Los bloques son criptográficamente "hash" [13], éste se coloca, junto con algunos otros datos, en el

encabezado del bloque propuesto. Este encabezado se convierte en la base para la prueba de trabajo como es en la referencia [25] realizada por los nodos mineros en la red Bitcoin. Cuando un nodo minero llega a una solución para la prueba de trabajo, otros nodos lo verifican y luego cada uno. El nodo que confirma la solución actualiza Blockchain con el hash del encabezado del bloque propuesto. Esto se convierte en la cadena de identificación del nuevo bloque, ahora parte del libro mayor distribuido en Blockchain. Se confirma el pago de la billetera A, a la transacción de la billetera B, y todas las demás transacciones que contiene el bloque [12], [25] [26].

La tecnología Blockchain está formada por una cadena electrónica de hash de firmas digitales. Las firmas digitales son una forma de criptografía asimétrica donde participan una clave pública y una privada [8] o lo que es, un conjunto propietario de acceso para demostrar la autenticidad de un mensaje digital o documentos [12], [25]. Una firma digital válida le da al destinatario una verificación para entender que el mensaje fue creado por un remitente, que el remitente no puede negar haberlo enviado y que el mensaje no fue alterado en tránsito, o lo que quiere decir, que mantiene su integridad. Las firmas digitales se usan comúnmente para la distribución de software, transacciones financieras y en otros casos en los que es importante detectar la falsificación o la manipulación. [12] [25].

Ahora el Blockchain hace parte de los DLT [21], a lo que se refiere que permite la transferencia digital de valor entre dos entidades desconocidas sin la necesidad de un tercero confiable [1]. En resumen, DLT permite a cualquier persona realizar transacciones con otra, en cualquier lugar sobre una base P2P. Los DLT mejoran la transparencia de los intercambios de información, haciendo que las obligaciones como fideicomiso o contratos inteligentes [16] sean mucho más fáciles de cumplir entre las partes que realizan las transacciones. El servicio de transferencia o validación de la información valor normalmente lo prestan intermediarios como son bancos, instituciones gubernamentales u organizaciones acreditada. Como la tecnología está configurada para permitir el intercambio digital de valor P2P, la cadena de bloques, para muchos observadores como hace referencia [21], representa una innovación revolucionaria y disruptiva.

Las cadenas de bloques se pueden clasificar, por ejemplo, cadenas de bloques autorizadas sin permiso, de propósito específico optimizadas para la gestión de activos y cadenas de bloques de propósito general diseñadas para permitir a los usuarios escribir

sus propios programas para almacenarlos en la cadena de bloques y ejecutarlos automáticamente de manera distribuida [21].

Las ideas recibidas sobre qué Blockchain debe usarse se basan en la percepción de que el papel clave de esta tecnología, es desbloquear los ahorros de costos y asegurar ganancias de eficiencia, al tiempo que permite una transformación generalizada del modelo de negocio.

Sun J, Yan J, Zhang K [8] hace mención cómo en Estados Unidos un litigio dio a la criptomoneda y el Blockchain una naturaleza que va más allá de una simple moneda sino formas de propiedad intangibles, por lo que el concepto muta dependiendo de la interpretación de la normativa ortodoxa y la progresista.

Los beneficios que ofrece a las organizaciones son estructurales, modo de operación de las actividades y modelo de gestión de la misma organización, entonces los beneficios tangibles es la racionalización de los costes, propiedad intelectual y los pagos son trasparentes y fiables [6].

En [2] se explica cómo el Blockchain se aplica en sectores como son: empresas a consumidores, empresas a empresas y gobierno a empresas. Las oportunidades que ofrece en el sector gubernamental son el almacenamiento digital, autenticación de la información, el mantenimiento de registros, etc. En áreas como son: almacenamiento distribuido, redes de igual a igual, criptografía, contratos inteligentes, algoritmos de conceso, leyes y regulaciones como lo menciona [6].

2.3 Oportunidades de negocio que ofrece el Blockchain a las empresas y gobiernos

Almacenamiento digital, autenticación y mantenimiento, esto en el registro título de propiedad de tierras e intelectual [12], [8], la gestión de identidad y autenticación para políticas migratorias del país, por seguridad nacional, para elecciones e identificación de fraudes de identidad [11], [9], [10].

Los contratos inteligentes son soluciones que utilizando el Blockchain crean contratos entre dos o más participantes. Tienen una similitud con el uso del Bitcoin, donde los contratos inteligentes están descentralizados en un entorno y sus términos son ejecutados por el sistema del Blockchain cuando se cumplen las condiciones [35].

Las DApps (Decentralized Apps) permiten el desarrollo para interactuar con Blockchain, usando los contratos inteligentes [42] y proporcionan funcionalidades y utilidades para sus usuarios. Una de las grandes fortalezas es que las DApps operan sin la intervención humana y no pertenecen a una entidad u organización, pero las DApps distribuyen tokens que representan su propiedad.

Los contratos inteligentes se basan en pruebas criptográficas en vez de la confianza como lo explica [8], esta innovación es empujada por los valores y principios de la sociedad capitalista occidental y plasmado en las leyes que se van trasformando y adaptándose no sólo a los cambios sociales, sino también ha creado nuevos paradigmas. Una reinvención de la jurisprudencia [8] de los contratos para alterar los principios formales normativos. Existen preocupaciones legales en la descentralización del Blockchain cuando existe una violación, actividad negligente o fraudulenta de datos o dinero a quien debe hacerse responsable [14].

Existe una complejidad frente a la privacidad, es cierto que la naturaleza del Blockchain vuelve los registros al acceso público, existen contradicciones con las necesidades de privacidad de los beneficiarios. Sin embargo, la privacidad de las identidades individuales de los usuarios no implica la exposición de información personal sensible. Por lo tanto, proporciona un potencial para una mayor transparencia, con el fin de evitar casos como la evasión fiscal, por ejemplo, las autoridades pueden hacer actividades de revisión fiscal y proteger a los involucrados de las indagaciones públicas en asuntos financieros privados. El cifrado recrea una barrera física que define la intrusión de un individuo en la propiedad de otro y define las molestias y daños [8].

El Blockchain se ha convertido en una herramienta socioeconómica, legal y política cada vez más potente que despierta el interés tanto de individuos como de organizaciones y el gobierno [14].

En la confianza ciudadana y codificación existen áreas como son las leyes y exigibilidad legal en la jurisprudencia y confianza inteligente a través del código escrito [1], [14].

Nuevos mercados de servicios de pago digital lo que lleva a la inclusión financiera para los ciudadanos no bancarizados y elimina barreras de pago. [15] [16].

En plena globalización donde el mundo cada vez está más conectado a un mercado global existen dos categorías: actividades transfronterizas y E-Residency [24] [27]. En las actividades transfronterizas existe un mercado global libre, iniciativas comerciales [38], ofrece mejores servicios y productos a los ciudadanos y conduce a competencias mundiales entre las empresas [17], [18] mientras que la E- Residency permite actividades comerciales, [19], [20].

Los individuos y organizaciones interactúan entre sí, lo que llamamos transacciones, no obstante, en la mayoría de los casos en que una de las partes requiere una validación de la información de la otra parte, por lo que se entra en la necesidad que un tercero participe como validador y esto representa un aumento de los costos (tiempo y esfuerzo). El Blockchain [37] ofrece un entorno descentralizado donde ningún tercero tiene control sobre los datos y la confianza viene a través de un sistema soberano mantenido por las partes en donde las transacciones se mancan en un libro cronológicamente y al ser público las personas participan en el sistema por lo que lo vuelve auditable [1].

Dado que la información se copia y se mantiene por la comunidad no se puede modificar o actualizar sin la autorización del libro mayor [38].

El Blockchain también representa grandes desafíos que han sido olvidados por los investigadores por la seguridad y la privacidad, un aumento de su uso acarrea problemas de latencia, escalabilidad y rendimiento.

Existen problemas de enfoque de estudio porque la atención se la ha llevado el concepto de confianza para solucionar los problemas que tiene el modelo tradicional de confianza [8].

Desafíos a futuros para las cadenas de bloques es: alta integridad de las transacciones, privacidad de los nodos para evitar hackeos y disminución de poder de cómputo para la confirmación de las transacciones.

Importancia de la seguridad el libro mayor no será modificado hasta que todos los nodos hayan aprobado la transacción, pero al comprobar el nodo y modificarlos existe un doble gasto [39].

Aunque sí es verdad que sus propiedades son la seguridad, anonimato e integridad de los datos, las áreas como el rendimiento, latencia y escalabilidad. Se han dejado de lado todas estas características en favor de la privacidad y seguridad [40].

Se propone unas direcciones de investigación: como el Blockchain influye en la eficiencia y eficacia administrativa y del mercado, protección de la privacidad y la seguridad, integración del Blockchain y el Fintech, y tecnologías de cadena cruzada [6].

Estos son los problemas del Blockchain: tamaño descomunal de los bloques, brecha de seguridad cuando un individuo u organización controlan más del 50% de los bloques, a esto se le llama el problema de 51%, existe mucho desperdicio de recursos al crearlo, las APIs para consumo no son muy amigables, por lo que resultan ser difíciles, existen problemas de los nodos respecto al problema de las versiones.

2.4 Aplicaciones del Blockchain en el mundo

El mercado de los medicamentos es difícil de auditar por diferentes circunstancias que van desde la producción del medicamento, importación del mismo, si no se produce en el país hasta la cadena de suministros en las farmacias, en Mongolia el 40% de los medicamentos que circulan son falsos, por lo que el gobierno de Mongolia ha creado el Programa de Verificación de Medicina en Mongolia (MMVP), para poder cumplir con este programa se creó la Organización de Verificación de Medicinas de Mongolia (MMVO) con los siguientes pasos: serialización de la medicina por código QR u otros identificadores, seguridad en la

manipulación de las medicinas verificación, e informe de cumplimiento a través de aplicaciones móviles [3].

La primera ley de tecnología de Kranzberg afirma que "la tecnología no es ni buena ni mala, ni es neutral. Kranzberg nos enfatiza que las innovaciones son instanciadas moral y éticamente. [22].

La utilización de tecnologías para mejorar la eficiencia y eficacia del gobierno ofrece muchas posibilidades, pero no es excepto a que presente oportunidades de corrupción, como en el artículo [4] menciona la corrupción: La corrupción es el abuso de la autoridad confiada para obtener ganancias ilícitas.

La corrupción trae efectos negativos como son: reduce la confianza pública de los gobiernos, ocasiona un debilitamiento de las instituciones, obstaculiza el crecimiento económico, crea economías ineficientes y desiguales.

Las causas de la corrupción son variadas y van desde agentes principales que poseen información privilegiada lo que se le llama información asimétrica y discreción política sobre la distribución de recursos, por lo que uno de los pasos es reducir la discreción política y mejorar la supervisión y responsabilidad [25].

El uso de las TIC ofrece oportunidades en la reducción de la asimetría de la información, automatización de los procesos, limitación de la discreción de los funcionarios y la reducción de los funcionarios y terceros.

El Blockchain gestiona la cadena de suministros de la información por lo que ofrece total transparencia y sus aplicaciones son variadas: transacciones, documentos públicos, seguimiento de presupuesto, registro de tierras, registro de empresas, remodelar sistemas contables y de pagos.

Las ciudades modernas se enfrentan a desafíos complejos al intentar mejorar la calidad de vida de sus habitantes, sin contar que más de la mitad de la población vive en ciudades,

por lo que existen muchos problemas como son los embotellamientos, emisiones de dióxido de carbono, eliminación de residuos [7].

Colombia no ha sido ajena en el uso del Blockchain en el sector público. Actualmente, diversas entidades gubernamentales y no gubernamentales han desarrollado casos de uso se han realizado varios ejemplos de implementación diferentes áreas de lo público [34].

3. Modernizando la comisaría de familia: Un análisis de las oportunidades que ofrece el Blockchain

El objetivo del trabajo es la creación de un prototipo utilizando la tecnología Blockchain para el registro y seguimiento de las denuncias de la Comisaría de Familia.

En este capítulo se aborda el levantamiento de los procesos de negocio de la comisaría para analizar la eficiencia, eficacia y falencias de los procesos judiciales y la veracidad de la información con la metodología ágil Design Thinking.

3.1 Empatizar

En la primera etapa de la metodología el objetivo fue crear un sentimiento y entendimiento empático del problema que se intenta solucionar, y como se puede implementar la tecnología Blockchain.

La recolección de información es importante para aproximarse al ambiente de la comisaría, comprender sus necesidades y sus preferencias. Para conseguirlo se realizó de diferentes maneras.

3.1.1 Documentación

Cada una de las entidades que componen el Estado Colombiano son creadas y regidas por medio de un marco legal en el cual indican su creación conformación funcionamiento de éstas en las entidades territoriales en que operan.

3.1.1.1 Normatividad

La primera fuente de información son las leyes que rigen y regulan a las comisarías de familia del país, siendo las siguientes:

a) Ley 2126 del 2021: Por la cual se regula la creación, conformación y funcionamiento de las comisarías de familia, se establece el órgano rector y se dictan otras disposiciones.
b) Ley 294 de 1996: Por la cual se desarrolla el artículo 42 de la Constitución Política y se dictan normas para prevenir, remediar y sancionar la violencia intrafamiliar.
c) Ley 575 de 2000: Por medio de la cual se reforma parcialmente la Ley 294 de 1996.
d) Ley 1257 de 2008: Por la cual se dictan normas de sensibilización, prevención y sanción de formas de violencia y discriminación contra las mujeres, se reforman los Códigos Penal, de Procedimiento Penal, la Ley 294 de 1996 y se dictan otras disposiciones.
e) Convivencia y Seguridad Ciudadana - Secretaría de Gobierno de Fusagasugá.
f) Guía Práctica de Recepción de Denuncias - Dirección Nacional de Seccionales y de Seguridad Ciudadana.

3.1.1.2 Generalidades de la comisaría de familia de Fusagasugá

Las comisarías de familia “son dependencias o entidades de carácter administrativo e interdisciplinario del orden municipal o distrital, con funciones administrativas y jurisdiccionales, conforme a los términos establecidos en la presente ley”, como lo menciona el Artículo 3 del Concepto 115541 de 2023 [43].

Generalidades de la comisaría de familia de Fusagasugá

Todos los municipios del país deben contar con Plan de Desarrollo Municipal, el cual es un instrumento de planificación que orienta las acciones de las administraciones municipales durante un periodo de gobierno. La Comisaría de Familia de Fusagasugá, en este plan, se encuentra en la Categoría Operacional (procesos y prácticas en la organización) en la Pirámide Organizacional del municipio, como se presenta en la **Figura 4**.

Figura 4 Pirámide organizacional
Fuente: Autor

Su Estructura Organizacional y Sistema Jerárquico, como se presenta en la **Figura 5**. Con en la cual se ordenan y dirigen los diferentes componentes de la Alcaldía de Fusagasugá, con la finalidad de alcanzar sus objetivos propuestos.

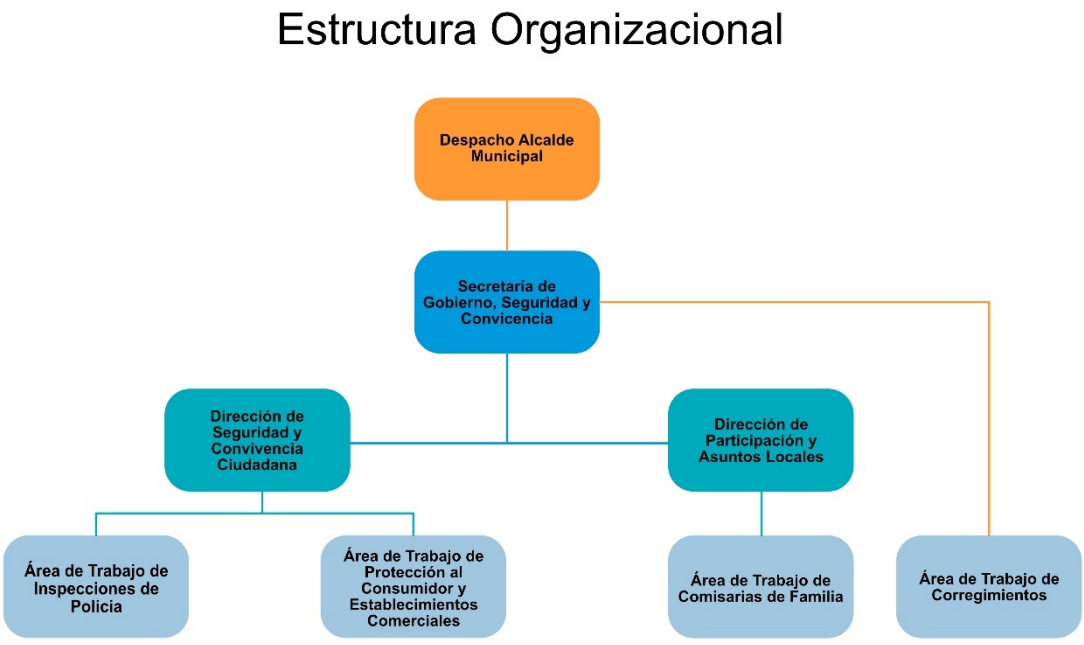


Figura 5 Estructura organizacional
Fuente: Alcaldía municipal de Fusagasugá

3.1.1.3 Participación

En la recolección de la información se utilizaron las siguientes herramientas y técnicas de manera iterativa:

a) Entrevista no estructurada: fue no estructurada con la finalidad de alcanzar dos objetivos:
   i. Presentación del objeto de la maestría y finalidad.
   ii. Obtener una idea más clara de las generalidades de la Comisaría de Familia y qué procesos manejan y cómo los manejan.
b) Entrevista semiestructurada: con base en la primera entrevista, la segunda se centró en el levantamiento de las actividades realizadas para los tres tipos de denuncias que maneja la comisaría de familia con preguntas preparadas.
c) Entrevista estructurada: la tercera y última entrevista se realizó con el motivo de ajustar los modelos levantados de los tres tipos de denuncias con preguntas ya construidas.

En consecuencia, con la recolección de información desde el lado documental y participativo surgió un problema inicial, donde los procesos y su gestión de las denuncias en la comisaría se está realizando con métodos tradicionales no tecnificados (formularios en papel, registros manuales y procesos basados en papel) en el cual surge la preocupación acerca de la precisión, confiabilidad y consistencia de la información recopilada ocasionando que aumenten los costos (tiempo y esfuerzo) para cumplir con su objetivo.

3.2 Definir

Una vez definido el problema acerca de la veracidad de la información, se realizó una identificación de los procesos para tener un análisis de la eficiencia, eficacia y falencias en los procesos judiciales y poder definir los límites y el público objetivo.

3.2.1 Identificación de procesos

En el conjunto de las funciones administrativas que componen las denuncias (procesos) y que son realizados de forma secuencial con el objetivo de cumplir con las funciones y

alcanzar el objetivo de forma más eficiente. La Comisaría de Familia de Fusagasugá tampoco está exenta de ello.

Los procesos inician con la apertura del expediente donde se almacena el histórico de los documentos producidos en el ciclo de vida del proceso, el Archivo General de la Nación lo define de la siguiente manera *"El expediente además de ser la esencia de las actuaciones de la administración, pues reúne de manera orgánica los documentos que se producen o reciben en desarrollo de un mismo trámite o actuación y se acumulan de manera natural reflejando el orden en que dicho trámite es ejecutado"* [29].

Por tal motivo un primer paso para la realización del prototipo es la identificación de los procesos o trámites de la Comisaría de Familia a lo cual se identificaron los tres procesos principales que rigen

Panorámica de procesos

La creación del modelo de panorama de procesos con la **Figura 6,** basada en el marco de trabajo APQC como **Anexo 3 APQC Framework**:

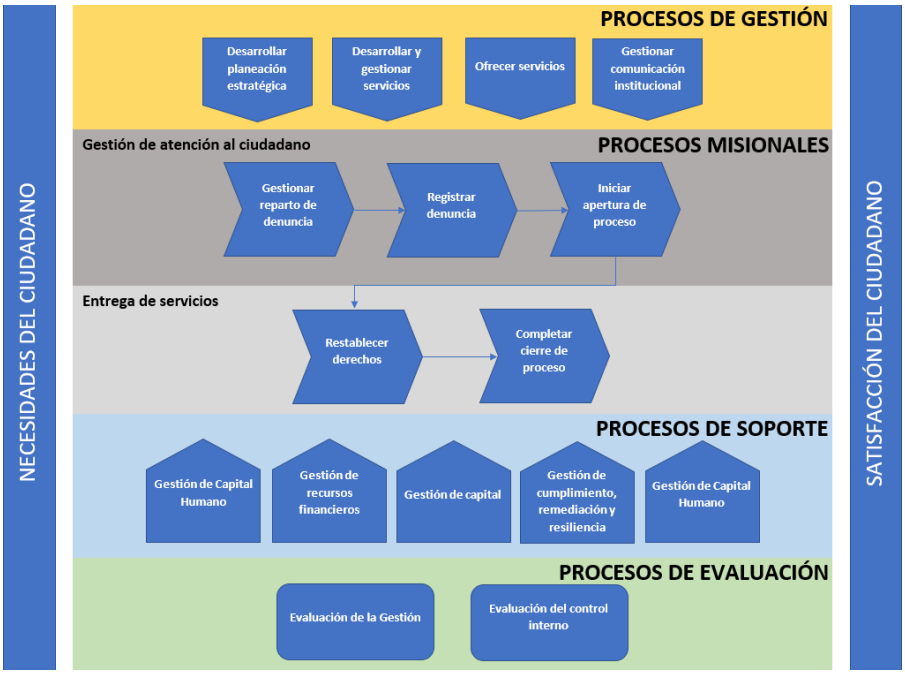


Figura 6 Panorámica de procesos
Fuente: Autor

3.2.2 Descubrimiento de procesos

En la creación de los modelos de procesos misionales, a partir del proceso de registro y diagnóstico hasta el cierre del proceso, existen tres variantes adecuadas a los tres tipos de denuncia que se reciben (Infancia y adolescencia, Tercera Edad, y Violencia intrafamiliar). El modelado de procesos misionales se realiza usando notación BPMN.

Proceso de reparto de la denuncia: Este proceso es común para los tres tipos de denuncia que pueden ser recibidos, a partir de la información obtenida se modela el proceso como se muestra en la **Figura 7**:

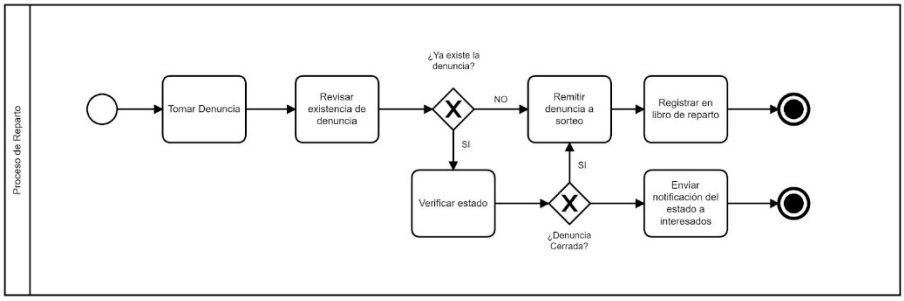


Figura 7 Proceso de reparto
Fuente: Autor

Procesos para denuncias en categoría infancia y adolescencia: Se encuentran los procesos de registro, apertura de proceso, restablecimiento de derechos y cierre de proceso propios de esta categoría:

1. **Proceso de registro y diagnóstico:** En el proceso de registro y diagnóstico se recibe y registra la denuncia, diagnosticando la situación de los involucrados, como se muestra en la **Figura 8**.

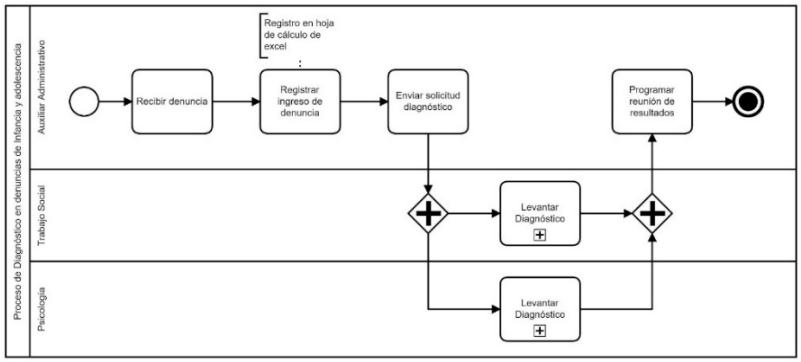


Figura 8 Proceso de registro y diagnóstico - infancia y adolescencia
Fuente: Autor

2. **Proceso de apertura:** En el proceso de apertura se diagnostica la denuncia y se establece si procede abrir proceso legal o no, cuando se abre proceso legal se registra la apertura, se notifica a las partes involucradas y se remite al comisario de familia, como se muestra en la **Figura 9**.

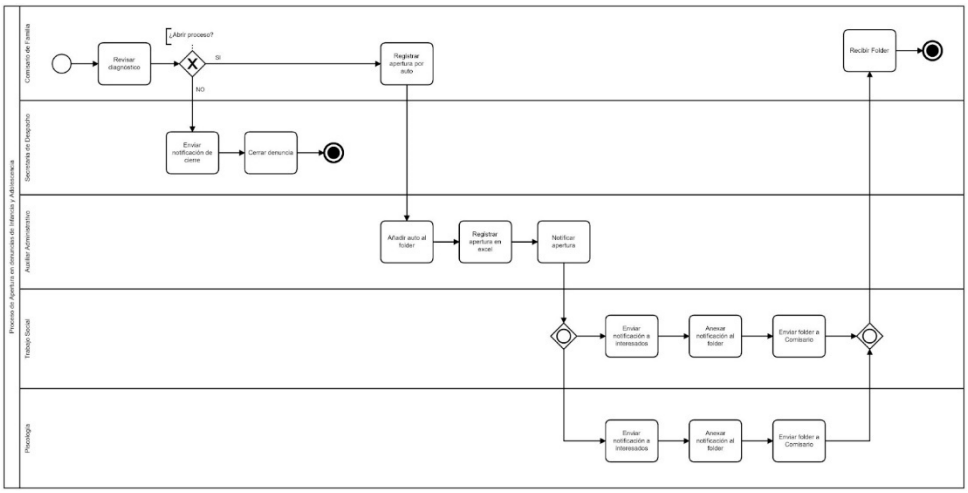


Figura 9 Proceso de apertura - infancia y adolescencia
Fuente: Autor

3. **Proceso de restablecimiento:** En este proceso, se restablecen los derechos de la víctima y se realiza recaudo de pruebas y seguimiento del caso con la finalidad de prevenir amenazas y vulneración de derechos, este proceso sigue hasta que los derechos vulnerados hayan sido restablecidos y se prosigue a la etapa de cierre de proceso, como se muestra en la **Figura 10**.

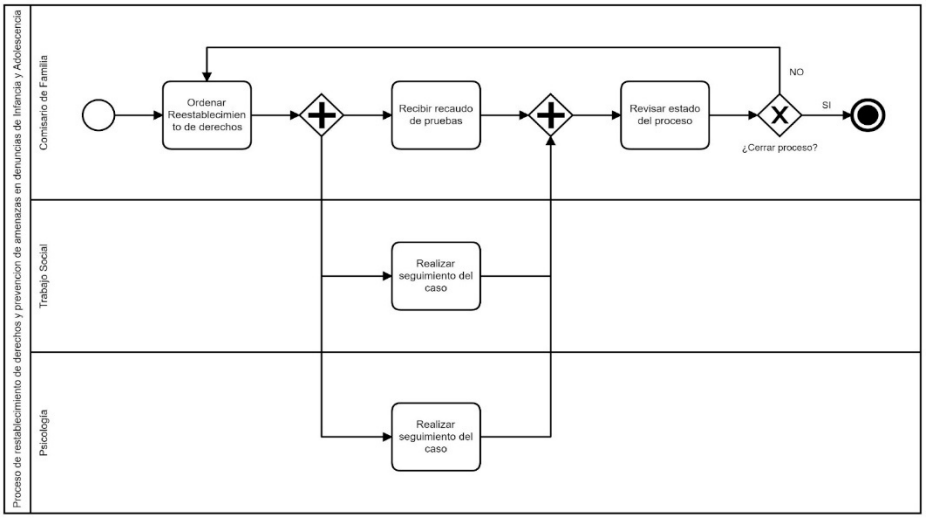


Figura 10 Proceso de restablecimiento - infancia y adolescencia.
Fuente: Autor

4. **Proceso de cierre:** El proceso de cierre se realiza por medio de un auto, después se notifica a los interesados, se registra y archiva el proceso legal, como se muestra en la **Figura 11**.

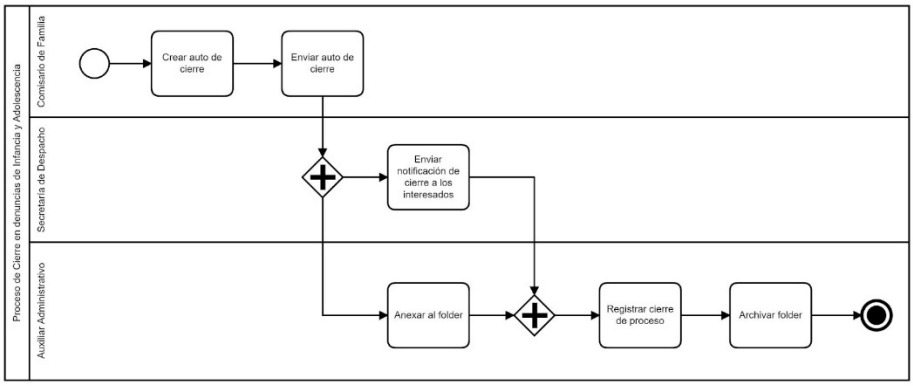


Figura 11 Proceso de cierre - infancia y adolescencia.
Fuente: Autor

Procesos para denuncias en categoría de tercera edad: Se encuentran los procesos de registro, apertura de proceso, restablecimiento de derechos y cierre de proceso propios de esta categoría, los cuales comparten similitudes con los procesos denuncias de infancia y adolescencia, éstos han sido modelados como se ilustra a continuación.

1. **Proceso de registro y diagnóstico:** En el proceso de registro y diagnóstico para denuncias de la tercera edad, se realizan las mismas actividades que para denuncias de Infancia y Adolescencia, sin embargo, se adiciona una etapa de comprobación de la solicitud y validez de las declaraciones de la denuncia cuando el denunciante es una tercera persona, como se muestra en la **Figura 12**.

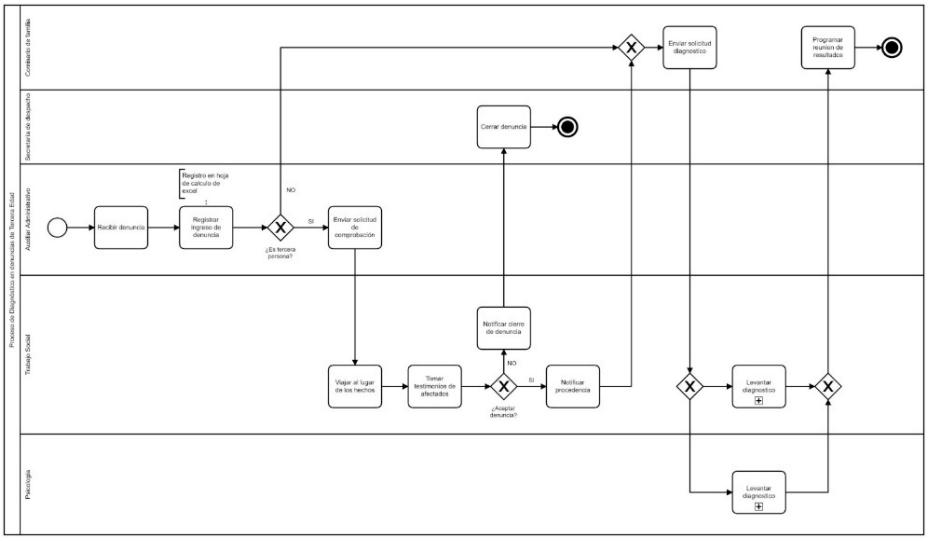


Figura 12 Proceso de cierre - infancia y adolescencia
Fuente: Autor

2. **Proceso de apertura:** El proceso de apertura en denuncias de la tercera edad es más simplificado, sus actividades también se encuentran en el proceso de apertura de denuncias en infancia y adolescencia, como se muestra en la **Figura 13**.

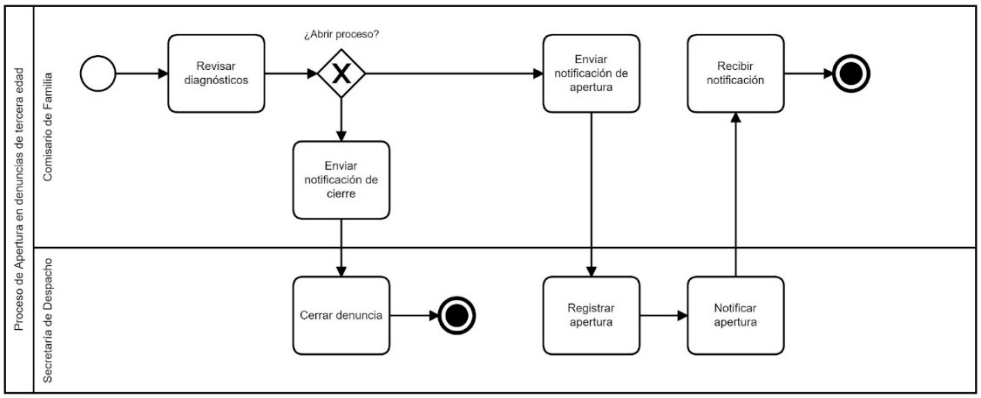


Figura 13 Proceso de apertura - tercera edad
Fuente: Autor

3. **Proceso de restablecimiento:** El procedimiento de restablecimiento para denuncias de la tercera edad es análogo al de denuncias de infancia y adolescencia, sin embargo, en este caso, se realizan audiencias, en donde, según el caso, se asegura el restablecimiento y prevención de vulneración de derechos, o, se debe remitir a un ente externo (Fiscalía) para la continuación y culminación del proceso, como se muestra en la **Figura 14**.

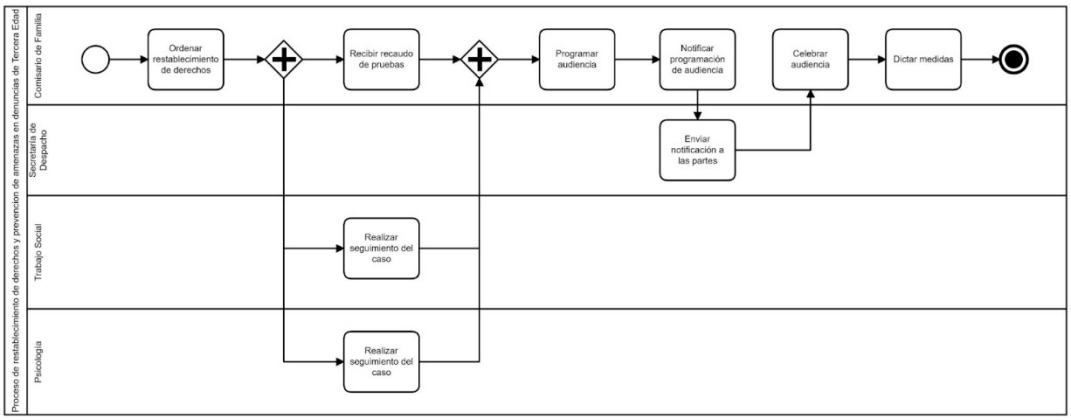


Figura 14 Proceso de restablecimiento - tercera edad
Fuente: Autor

4. **Proceso de cierre:** En el proceso de cierre de denuncias de la tercera edad, se toma la decisión, con base en el resultado de la audiencia anterior, si se puede cerrar la denuncia o remitir a la entidad externa (Fiscalía) para su continuación, como se muestra en la **Figura 15**.

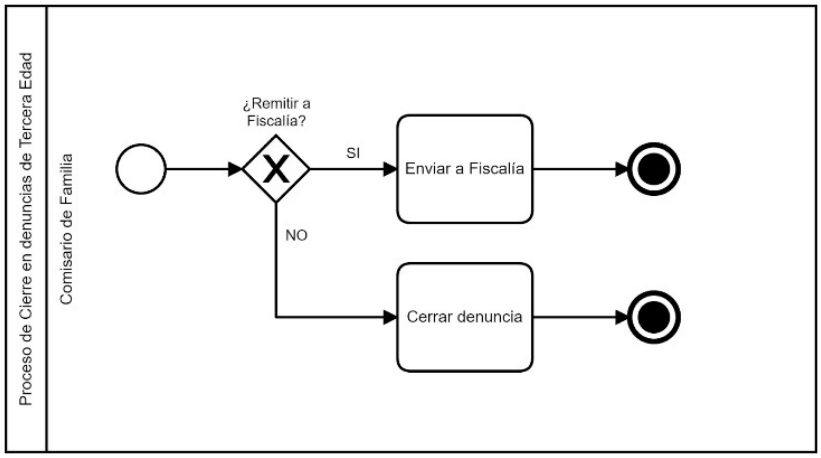


Figura 15 Proceso de cierre - tercera edad
Fuente: Autor

Procesos para denuncias en categoría de violencia intrafamiliar: Se encuentran los procesos de registro, apertura de proceso, restablecimiento de derechos y cierre de proceso propios de esta categoría, los cuales comparten similitudes con los procesos denuncias de anteriores, éstos han sido modelados como se ilustra a continuación.

1. **Proceso de registro y diagnóstico:** En el proceso de registro y diagnóstico para denuncias de violencia intrafamiliar, es el mismo proceso de registro y diagnóstico para denuncias de tercera edad, como se muestra en la **Figura 16**.

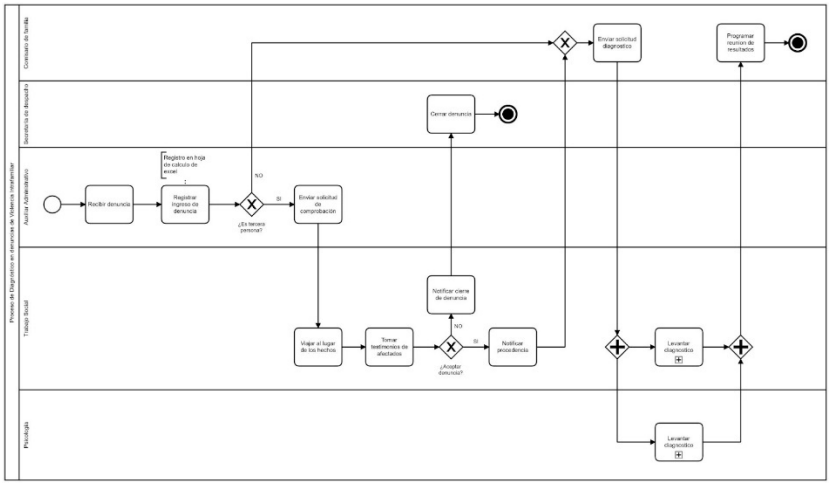


Figura 16 Proceso de registro y diagnóstico - violencia intrafamiliar
Fuente: Autor

2. **Proceso de apertura:** El proceso de apertura en denuncias de la violencia intrafamiliar también coincide con el proceso de apertura en denuncias de la tercera edad, como se muestra en la **Figura 17**.

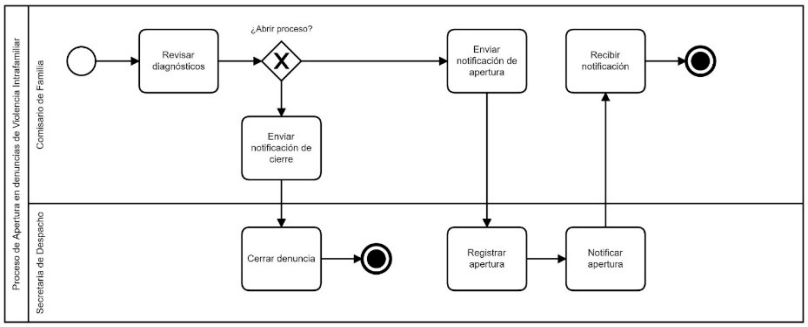


Figura 17 Proceso de apertura - violencia intrafamiliar
Fuente: Autor

3. **Proceso de restablecimiento:** El proceso de restablecimiento en denuncias de violencia intrafamiliar coincide con el proceso de restablecimiento en denuncias de tercera edad, con excepción que, existe el proceso de evaluación de cierre del proceso legal, lo cual evita que el caso sea remitido a un ente externo, como se muestra en la **Figura 18**.

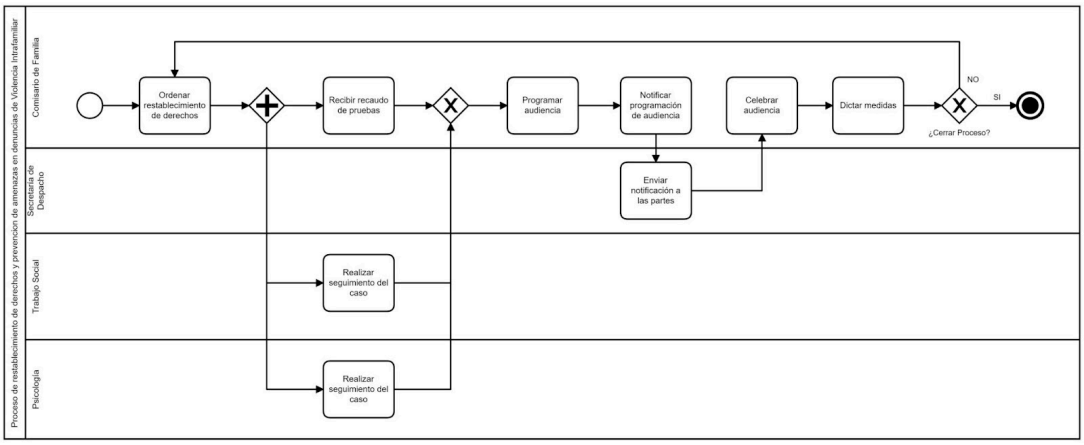


Figura 18 Proceso de restablecimiento - violencia intrafamiliar
Fuente: Autor

Proceso de c

ierre: En el proceso de cierre de denuncias de violencia familiar coincide con el proceso de cierre de denuncias de infancia y adolescencia, donde se crea el auto de cierre, se notifica a los interesados y se archiva el caso, como se muestra en la **Figura 19**.

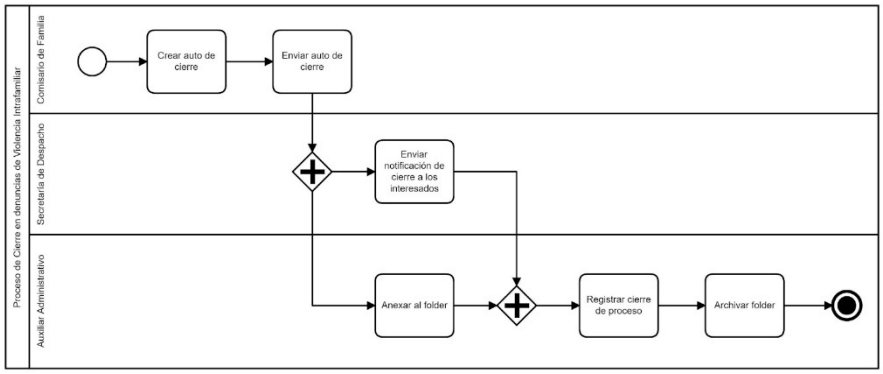


Figura 19 Proceso de cierre - violencia intrafamiliar
Fuente: Autor

Subproceso de levantamiento de diagnóstico: Este subproceso se encuentra en los procesos de registro y diagnóstico, como se muestra en la **Figura 20**.

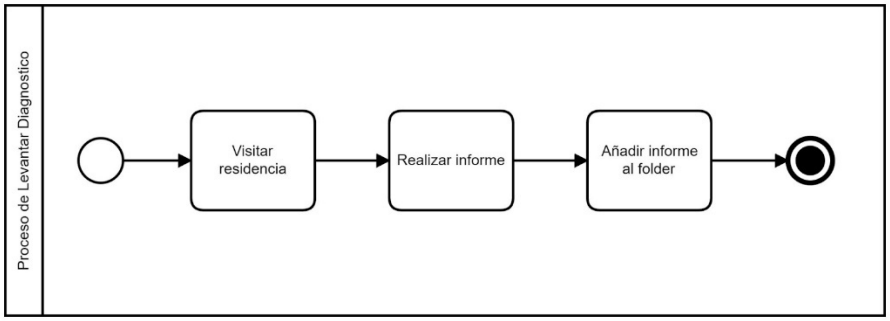


Figura 20 Subproceso de levantamiento de diagnóstico
Fuente: Autor

Aplicabilidad de los procesos en las actividades cotidianas

En los descubrimientos de los procesos se ha diagramado el conjunto de procesos detrás de los tres tipos de denuncias, hay que hacer la salvedad que estos diagramas son la representación del deber ser, pero existen periodos de tiempo que por diferentes causas estos flujos son alterados empíricamente para poder cumplir con el objetivo de la comisaría.

3.3 Idear

La fase de ideación se inicia explicando el problema, se inició con una explicación del problema u oportunidad que motiva para generar soluciones. Esta fase consistió en generar nuevas posibilidades, incentivando la imaginación de los participantes para generar propuestas y cómo éstas crean diferentes alternativas a la solución.

Para ello, el grupo de funcionarios de la comisaria, en el cual se realizaron tres rondas, iniciando la primera ronda con las siguientes preguntas: ¿Cómo poder hacer una gestión más flexible en la asignación de las tareas? ¿Cómo consultar el estado de una denuncia de manera fácil?, ¿Cómo consultar los documentos anexados a una denuncia? ¿Cómo mantener la integridad de la información de los procesos? ¿Cómo publicar la información sin reserva sumarial a los interesados? y ¿Cómo realizar de una manera fácil la copia del expediente para enviarlo después al Archivo General de la Nación?

Una vez diligenciadas las preguntas se prosiguió con la segunda ronda donde se socializaron las respuestas de cada participante, para luego debatirlas y encontrar o sintetizar la posible solución.

La tercera ronda consistió en que el grupo volviera a responder las preguntas con las respuestas ya socializadas por dos motivos: el primero fue dejar documentado las soluciones que el grupo dio a las preguntas y como comprobante de validación frente a la solución del problema.

La síntesis de las respuestas fueron las siguientes:

- ¿Cómo poder hacer una gestión más flexible en el trámite de una denuncia?: Existe un problema en la comisaría con la alta rotación del personal no permanente (contratos por prestación de servicios) que trastorna los flujos de procesos establecidos y en muchas ocasiones se transforman empíricamente para cumplir con el objetivo de la comisaría. Por lo que el grupo propuso que la asignación de los pasos en cada denuncia sea de manera abierta para dotarlo de flexibilidad y sólo la comisaría pueda tener la potestad de cerrar las denuncias.
- ¿Cómo consultar el estado de una denuncia de manera fácil?: Consultar el estado de una denuncia es un problema recurrente, puesto que, en muchos casos, la información contenida en la Hoja de Control no siempre se encuentra actualizado, el expediente no se encuentra a la mano o simplemente no existe. El grupo propuso la implementación de un aplicativo donde se pueda consultar el estado y el histórico de las denuncias. El aplicado debe garantizar la inmutabilidad de la información una vez ingresada en la Hoja de Control, previniendo alteraciones o manipulaciones.
- ¿Cómo consultar los documentos anexados a una denuncia? ¿Cómo mantener la integridad de la información de los procesos?: Las respuestas de estas dos preguntas son similares y por tal motivo convergieron en una única respuesta. La propuesta fue que el aplicativo permitiera agregar y consultar los documentos de cada denuncia al estilo SECOP I, sin que se pueda modificar o alterar su contenido y que el mismo aplicativo se encargue de autenticidad.
- ¿Cómo publicar la información sin reserva sumarial a los interesados? Muchas veces los involucrados en la denuncia o sus representantes legales quieren saber la información básica de la denuncia y el estado en que se encuentra. Sin embargo, es fundamental garantizar que los documentos asociados a la denuncia no sean de acceso público. Por tal motivo, se propone implementar una funcionalidad en el aplicativo para consultar esa información basándose como lo tienen las plataformas

de los juzgados y cualquier entidad de control pueda acceder a ellos sin tener que pedir permiso.

- ¿Cómo realizar de una manera fácil la copia del expediente para enviarlo después al Archivo General de la Nación? La tarea de enviar los expedientes al Archivo General de la Nación o proporcionar las copias a los implicados o sus representantes legales llega a ser tediosa y poco eficiente. Este proceso requiere una compilación física de los documentos, verificación como anexo en la Hoja de Control y transformarlos en el formato solicitado para su entrega. Por lo que se propone crear una función en un aplicativo el cual cree el expediente con su Hoja de Control para luego compartirlo con el o los interesados.

Finalmente, como hallazgos de la fase de ideación el principal problema en la gestión de las denuncias es la carencia de un sistema tecnificado que les permita llevar un mejor control y seguimiento de éstas. Por lo tanto, el desarrollo de un prototipo para el registro y seguimiento de las denuncias podría mejorar la gestión de las denuncias, prestar un mejor servicio y cumplir con el objetivo de la comisaría.

3.4 Prototipar

Una vez completado la fase de ideación, se organizó las ideas surgidas en grupos coherentes para crear una solución que fuese viable, con el fin de seleccionar la propuesta que será prototipado.

3.4.1 Primer paso

El primer paso para la creación de prototipo que cumpla con la viabilidad técnica y normativa fue la diagramación de los flujos que las demandas deben realizar usando un tablero como herramienta de trabajo y la participación de los integrantes de la comisaría.

Atendiendo a la viabilidad y cumplimiento requisitos normativos se procedió a realizar una segunda etapa de Empatizar enfocado en la gestión de documentos, con el fin de aportar la mejor solución en la gestión de los documentos.

3.4.1.1 Documento electrónico

Las entidades públicas están obligadas a tener un Sistema de Gestión Documental que engloba el conjunto procesos y recursos de la organización para el almacenamiento y recuperación de los documentos. Para el Estado Colombiano se define como *"Creación y Control de Registros de información de la Entidad, para lo cual es necesario emplear mecanismos reguladores de las funciones y actividades desarrolladas por los Servidores y terceros de la Entidad"* [30]. Por consiguiente, los beneficios de una buena Gestión Documental son ahorro del tiempo en los procesos, posible desburocratización y simplificación de los procesos entre otros.

Un documento, en un sentido amplio lo podremos definir con el resultado de las acciones, funciones o actividades producidas o recibidas por parte de la Comisaría de Familia, que es una Entidad Pública. Además, un documento puede encontrarse en diferentes formas, ya sea en papel o digital, y sirve como registro oficial de las decisiones o procedimientos que la comisaría ha realizado.

La legislación colombiana, ha establecido una amplia gama de definiciones para definir un "documento" y sus diferentes formas, como son: los documentos de archivo, electrónico, digital, mensajes de datos y documentos electrónicos de archivo. Por otra parte, están clasificados en tres tipos: físicos, electrónicos y digitales.

Una de las soluciones propuestas por la comisaría es el almacenamiento de los documentos de cada expediente en el prototipo, por tal motivo, fue necesario la aclaración sobre que es un Documento Electrónico. Para el Archivo General de la Nación lo define como *"la información generada, enviada, recibida, almacenada y comunicada por medios electrónicos, ópticos o similares"* [31] y para que un documento de la comisaría se considere válido debe cumplir 3 características que lo dotan de autenticidad, integridad y disponibilidad, como lo expone la **Figura 21**.

Figura 21 Características de un documento electrónico
Fuente: Autor

3.4.1.2 Expediente electrónico

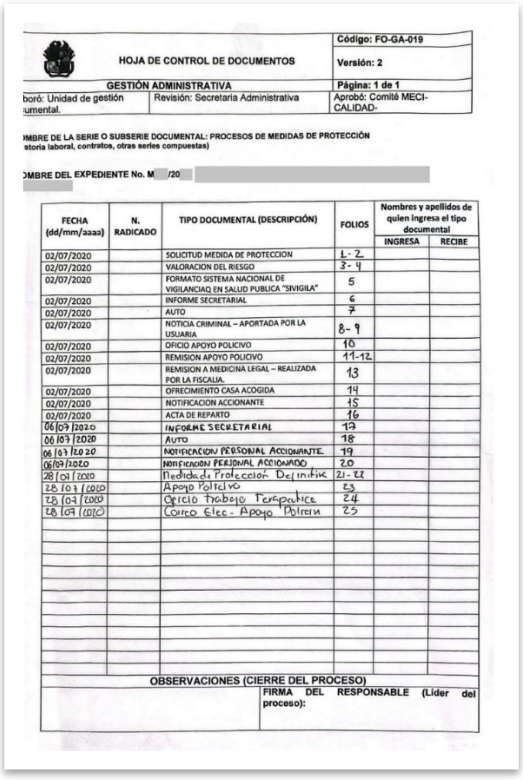
Un expediente en la comisaría es el conjunto de documentos producidos o recibidos durante el ciclo de vida de la denuncia, acumulados por un individuo, entidad o unidad administrativa. Están vinculados o relacionados entre sí y conservados manteniendo la integridad y en el orden en que fueron procesados como lo sostienen el Artículo 6 Acuerdo 003 de 2015 por parte del Archivo General de la Nación [28] y el Decreto 1080 de 2015 en su Artículo 2.8.2.7.12 *"El expediente debe reflejar la secuencia de las diligencias realizadas dentro de una misma actuación o trámite"* [32] acerca de que todo documento interno o externo es procesado y anexado al expediente.

Elementos de un expediente

En el Sistema de Gestión Documental del municipio de Fusagasugá, la apertura de un Expediente se realiza por medio de una Solicitud de Medidas Cautelares. Este proceso es la aceptación de una denuncia, la cual es registrada en el índice de la Hoja de Control. En este registro, los documentos se ingresan en el orden en que son procesados, permitiendo así un seguimiento preciso del estado de la denuncia.

La Hoja de Control que el prototipo va a crear debe cumplir con una serie de requisitos para que sea válido y cumpla con los entandares de Sistema de Gestión Documental del municipal, como se muestra en la **Figura 22** son:

- Nombre de serie o subserie: Hace referencia al tipo de proceso o trámite que se está realizando.
- Nombre del Expediente: Contiene el número del expediente y el nombre con que se desea nombrar el expediente.
- Índice: Contiene en orden secuencia los documentos que son anexados en el expediente. En ella se detalla la fecha de anexión, No de Radicado, Tipo de Documento, Folios y el nombre del funcionario quien Ingresa o Recibe.
- Firma del Responsable: el encargado de liderar el expediente, respecto a la Comisaría de Familia sería el Comisario(a) de Familia.



HOJA DE CONTROL DE DOCUMENTOS

Código: FO-GA-019
Versión: 2
Página: 1 de 1

GESTIÓN ADMINISTRATIVA

boró: Unidad de gestión umental. | Revisión: Secretaria Administrativa | Aprobó: Comité MECI-CALIDAD-

MBRE DE LA SERIE O SUBSERIE DOCUMENTAL: PROCESOS DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN storia laboral, contratos, otras series compuestas)

MBRE DEL EXPEDIENTE No. M /20

FECHA (dd/mm/aaaa)	N. RADICADO	TIPO DOCUMENTAL (DESCRIPCIÓN)	FOLIOS	Nombres y apellidos de quien ingresa el tipo documental	
				INGRESA	RECIBE
02/07/2020		SOLICITUD MEDIDA DE PROTECCION	1- 2		
02/07/2020		VALORACION DEL RIESGO	3- 4		
02/07/2020		FORMATO SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIAQ EN SALUD PUBLICA "SIVIGILA"	5		
02/07/2020		INFORME SECRETARIAL	6		
02/07/2020		AUTO	7		
02/07/2020		NOTICIA CRIMINAL – APORTADA POR LA USUARIA	8- 9		
02/07/2020		OFICIO APOYO POLICIVO	10		
02/07/2020		REMISION APOYO POLICIVO	11-12		
02/07/2020		REMISION A MEDICINA LEGAL – REALIZADA POR LA FISCALIA.	13		
02/07/2020		OFRECIMIENTO CASA ACOGIDA	14		
02/07/2020		NOTIFICACION ACCIONANTE	15		
02/07/2020		ACTA DE REPARTO	16		
06/07/2020		INFORME SECRETARIAL	17		
06/07/2020		AUTO	18		
06/07/2020		NOTIFICACION PERSONAL ACCIONANTE.	19		
06/09/2020		NOTIFICACION PERSONAL ACCIONADO	20		
28/08/2020		Medida de Proteccion Definitiva	21- 22		
28/08/2020		Apoyo Policivo	23		
28/08/2020		Oficio Trabajo Terapeutico	24		
28/09/2020		Correo Elec- Apoyo Policivo	25		

OBSERVACIONES (CIERRE DEL PROCESO)

FIRMA DEL RESPONSABLE (Lider del proceso):

Figura 22 Hoja de Control de una denuncia
Fuente: Comisaría de Familia de Fusagasugá

Desventajas del actual sistema de gestión documental

Entre las desventajas identificadas empíricamente por los funcionarios de la comisaría al hacer seguimiento de las denuncias, las que más sobresalieron son las siguientes:

- No es posible acreditar que los documentos anexados al expediente sean lo que pretenden ser, sin caer en la falacia de autoridad por el visto bueno de los encargados de custodiar los expedientes.
- No existe la certeza de la persona quien elaboró o anexó el documento a la Hoja de Control lo haya manipulado el anexado u otro documento.
- La Hoja de Control al ser un soporte físico es fácil que su información de pierda por deterioro, por manipulación o perdida de ésta.
- No existe alguna herramienta para asegurar que el contenido de un documento sea una representación completa, fidedigna y precisa de las operaciones. Lo que dificultaría el seguimiento o trámite de la denuncia.
- Los documentos del expediente no están protegidos para sufrir alteraciones en un tiempo prolongado.
- La búsqueda de un expediente no es eficiente con el tiempo y esfuerzo para buscar un expediente determinado y no es eficaz porque muchas veces no se encuentra el objeto de búsqueda.

3.4.1.3 Beneficios del Blockchain con la gestión pública

El Blockchain ofrece una alternativa a los sistemas tradiciones para el registro y seguimiento de las denuncias gracias a sus beneficios como son: la validación, sincronización e inmutabilidad de los registros, lo que proporciona confianza entre las partes [1], gracias a algoritmos de confianza y mecanismos de consenso.

La creación y administración de un Expediente Electrónico a través de un Contrato Inteligente donde el registro de cada actuación administrativa a través de transacciones por los funcionarios de la comisaría. El estado e histórico podrán ser consultados por cualquier interesado y la gestión será más fácil al ser sistematizada.

Blockchain como soporte para los expedientes electrónicos

De acuerdo con el Archivo General de la Nación para que un documento electrónico se considere valido, el prototipo debe cumplir con las características de autenticidad, integridad y disponibilidad [31]. A continuación, se expone cómo los contratos inteligentes pueden cumplir con las características exigidas por el Archivo General de la Nación.

Autenticidad	El contrato inteligente garantiza la autenticidad de los documentos dentro de un expediente por las siguientes características: • Se puede identificar con precisión la denuncia del expediente al que pertenece el documento. • Es posible identificar el autor que incorporó el documento al expediente, así como la fecha y hora. • Mantiene un historio de las actuaciones administrativas pasadas. • Puede demostrar que los documentos son lo que pretender ser sin alteraciones.
Integridad y Fiabilidad	El valor obtenido por procesar los documentos con funciones Hash y luego guardarlos en el bloque permite que cualquier persona pueda repetir la acción y verificar la Integridad y Fiabilidad
Disponibilidad	En el ámbito académico y empresarial, muchos autores y programadores suelen integrar las aplicaciones Blockchain con el almacenamiento de documentos a través del protocolo IPFS en un sistema de archivo distribuido y en la mayoría de los casos cumple con las necesidades del caso, pero en las comisarías la naturaleza de sus documentos no permite realizar tal implementación. Aunque es cierto que la legislación colombiana en el Artículo 74 de la Constitución Política, establece que "*todas las personas tienen derecho a acceder a los documentos públicos, salvo aquellos que establezca la ley*", siempre que dichos documentos no tengan carácter de reserva sumarial o legal, conforme a la ley y la constitución. El Departamento Administrativo Público en su Concepto 596951 de 2020, en párrafo 5 aclaran *"La reserva legal sólo puede operar sobre la información que compromete derechos fundamentales o bienes constitucionales …",* por lo tanto, cualquier documento de la

	comisaría puede ser causante de la violación de los derechos fundamentales o infantiles plasmados en los Artículos 11 al 41 y 44 de la Constitución Política, y por tal motivo adquieren el carácter de reversa legal o sumarial. Dependiendo del tipo de la denuncia, puede haber múltiples violaciones siendo el más común el Artículo 15 de la C.P "Todas las personas tienen derecho a su intimidad personal y familiar y a su buen nombre, y el Estado debe respetarlos y hacerlos respetar…" El Estado Colombiano ha reconocido la importancia del uso del Blockchain en la administración pública con la publicación de la "*Guía para el uso y la implementación de tecnología de registros distribuidos (DLT/Blockchain) en el sector público*", pero es ambiguo respecto al almacenamiento y custodia de los documentos con carácter de reserva legal y puede ocasionar problemas legales para la comisaría en un futuro, por tal motivo, en este trabajo se adaptará el prototipo con respecto a los documentos según el Artículo 17 del Acuerdo 03 de 2015 *"Repositorios digitales confiables de expedientes electrónicos"* [28]*,* donde el Estado puede delegar la preservación de los documentos electrónicos a empresas o entidades públicas para su monitoreo, planeación, mantenimiento garantizando el acceso y preservación. Por tal razón, el almacenamiento descentralizado queda descartado.

Elementos de un expediente electrónico

Dentro del acuerdo 003 de 2015, Artículo 9 *"Elementos del expediente electrónico de archivo"* [28] debe contar con los siguientes requisitos parar ser considerado como tal y tener la validez archivística:

- Documentos e electrónicos de archivo: cuando el documento electrónico contiene información y metadatos, evidencie las actuaciones de una persona natural, jurídica o de la misma administración, son agrupados como resultado de las actividades de los mismos funcionarios de la comisaría en sus actividades.

- Foliado electrónico: Es la asociación de la anexión de un documento electrónico con el Índice Electrónico. El motivo es garantizar su integridad, orden y autenticidad.

- En el índice electrónico se puede identificar en la columna 9 y 10 (Pagina_Inicio y Pagina_Fin) plasma el orden de las páginas con que cada documento es anexado, como se muestra en la **Figura 23**.

Id	Nombre Documento	Tipología Documental	Fecha Creacion Documento	Fecha Incorporacion Expediente	Valor Huella	Funcion Resumen	Orden Documento Expediente	Pagina Inicio	Pagina Fin	Formato	Tamaño	Origen
20165550000001TD	Acto administrativo nombramiento	Resolución	3/01/2016	3/01/2016	IKFRNZPLI6293	MD5	1	1	3	PDF/A	527 KB	Digitalizado
20165550000002TD	Comunicación notificación nombramiento	Comunicación	5/01/2016	5/01/2016	CSTTEQMTX0719	MD5	2	4	4	PDF/A	64 KB	Digitalizado
20165550000003TD	Comunicación aceptación nombramiento	Comunicación	8/01/2016	8/01/2016	WLMRUZTYH5098	MD5	3	5	5	PDF/A	64 KB	Electrónico
20165550000004TD	Acta de posesión	Acta de posesión	12/01/2016	12/01/2016	GXYTGBONZ8617	MD5	4	6	6	PDF/A	461 KB	Electrónico
20165550000005TD	Contrato laboral	Contrato	12/01/2016	12/01/2016	ATTBMRKGN7788	MD5	5	7	10	PDF/A	527 KB	Electrónico

Figura 23 Folio electrónico
Fuente: Guía para la gestión de documentos y expedientes electrónicos

- Índice Electrónico: contiene la identificación de los documentos electrónico que hacen parte del expediente electrónico. Los documentos deben están ordenados cronológicamente, así como otros datos para preservar la integridad, recuperación de éste y mejorar la gestión del proceso o trámite, como se muestra en la **Figura 24**.

Id	Nombre_Documento	Tipologia_Documental	Fecha_Declaracion_Documento	Fecha_Incorporacion_Expediente	Valor_Huella	Funcion_Resumen	Orden_Documento_Expediente	Pagina_Inicio	Pagina_Fin	Formato	Tamaño	Origen
20165550000001TD	Acto administrativo nombramiento	Comunicación	20/01/2016	25/01/2016	TLFRNZPLI6389	MD5	1	1	4	PDF/A	50 KB	Digitalizado
20165550000002TD	Comunicación notificación nombramiento	Comunicación	5/02/2016	5/03/2016	CSTTEQMTX0719	MD5	2	5	5	PDF/A	64 KB	Digitalizado
20165550000003TD	Aceptación nombramiento	Testigo documental	8/01/2016	8/02/2016	WLMRUZTYH5098	MD5	3	6	6	FISICO	64 KB	Fisico
20165550000004TD	Comunicación nombramiento	Comunicación	8/01/2016	8/02/2016	WLMRUZTYH5098	MD5	4	7	8	PDF/A	64 KB	Electrónico

Figura 24 Índice electrónico
Fuente: Guía para la gestión de documentos y expedientes electrónicos

- Firma del índice electrónico: cuando un proceso o tramite ha finalizado, debe firmarse digitalmente el cierre del expediente.
- Metadatos o información virtual contenida en ellos.

3.4.2 Segundo paso

El segundo paso consistió en la planificación de la estructura del prototipo y organización de los elementos y su funcionamiento. Para realizar este paso en un inicio se realizó una representación visual tablero como herramienta de trabajo y que posteriormente se traspasaron a wireframes para su perfeccionamiento por cada presentación realizada a la comisaría.

Con los wireframes lo suficientemente maduros, se procedió a la creación del prototipo a través de mockups web con base en los mismos wireframes. En este último paso también se diseñó un manual de identidad que los funcionarios validaron en cada presentación y confirmaran con un visto bueno al producto presentado. La propuesta del prototipo se detalla en el **Anexo 3 Manual de Identidad y Mockups,** donde se expone la versión final del prototipo para una mayor claridad al lector.

3.5 Evaluar

En la fase de evaluación, se buscó minimizar las posibles opciones, refinando las ideas plasmadas en el prototipo a partir de una retroalimentación y posteriormente validándolo. La identificación de las dificultades que se pueden presentar en la implementación de la solución y así tener éxito también entra en los objetivos de la evaluación.

En la sesión de evaluación se usó la técnica de pensamiento creativo Lluvia de Ideas que aporta el pensamiento creativo para nuevas ideas para la resolución de los problemas y la herramienta tecnológica Adobe XD que permite que el usuario pruebe la interacción del cómo sería el prototipo, como lo detalla el **Anexo 3 Manual de Identidad y Mockups, y la Navegación Interactiva del Prototipo.**

Al concluir está fase y obtener la aprobación de los miembros de la Comisaría de Familia, se procedió a la construcción del prototipo. Para ello, se empleó la metodología de gestión de proyectos Waterfall, la cual se identifica por su enfoque lineal y secuencias. Gracias a esa característica permitió cumplir con los tiempos presupuestados y administrar las tareas a realizar de manera organizada y progresiva.

4. Diseño del prototipo

A continuación, se describirán todos los pasos que se han realizado para la construcción de prototipo con la metodología de gestión de proyectos Waterfall.

4.1 Requerimientos funcionales y no funcionales

El levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales fue necesario su implementación para la documentación de las funcionalidades que tendrá el prototipo y cuáles van a ser sus límites para tener la claridad con los funcionarios de la comisaria.

4.1.1 Requerimientos funcionales

El prototipo debe cumplir con el siguiente listado de comportamientos, sus capacidades y cualidades:

RF 1 El prototipo debe ser accesible desde un navegador web para su uso desde computadores y dispositivos móviles.

RF 2 El prototipo debe ser capaz de distinguir entre un usuario anónimo y un usuario tipo funcionario para gestionar las denuncias.

RF 3 El prototipo debe ser mostrarle al usuario que denuncias tiene asignadas para su gestión.

RF 4 El prototipo debe registrar los tres tipos denuncias que la Comisaría de Familia tiene como función.

RF 5 El prototipo debe mostrar la información del estado de la denuncia para que el usuario pueda gestionar la misma.

RF 6 El prototipo debe permitir administrar los Sujetos Procesales de la denuncia.

RF 7 El prototipo debe ser capaz de almacenar los documentos generados por la gestión de la denuncia y que puedan ser validados en su autenticidad para poder ser consultados.

RF 8 El prototipo debe permitir buscar la denuncia(s) de interés según la parametrización del funcionario.

RF 9 El prototipo debe ser capaz de exportar todos los documentos y generar un expediente físico.

RF 10 El prototipo debe ser capaz de acotar las funcionalidades disponibles según el rol que el usuario posea.

4.1.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son los siguientes:

RNF 1 Seguridad: El almacenamiento de los datos en la Cadena de Bloques debe ser datos no sujetos reserva sumarial y que deban perdurar en el tiempo.

RNF 2 Confiabilidad: El almacenamiento de los datos en la Cadena de Bloques debe ser siempre la correcta.

RNF 3 Disponibilidad: Los documentos almacenados deben estar siempre disponibles para su consulta.

RNF 4 Usabilidad: El prototipo debe ser intuitiva, fácil de comprender y manipular para correcto uso en las actividades diarias.

4.2 Etapas del diseño

En esta etapa del proyecto se realizó un desarrollo detallado de Casos de Uso, utilizando una plantilla específica. Se diseña el Contrato Inteligente, la Base de Datos Relacional, los Diagramas de Secuencia y Estado, y se define la arquitectura del prototipo. Esta fase es crucial para establecer las bases sólidas sobre las que se construirá el prototipo.

4.2.1 Casos de uso

A continuación, se encuentra el listado con los Casos de Uso desarrollados para el prototipo, mostrando solo aquellas relacionadas con el registro y seguimiento de las

denuncias desde la **Tabla 1** hasta la **Tabla 3**. El listado completo de los Casos de Uso se encuentra como documento aparte en el **Anexo 4**.

CU-03	Registrar Denuncia	
Versión	1.0	
Dependencias	RF 4	
Precondición	El funcionario debe tener un rol no administrativo.	
Descripción	El funcionario ingresa y llena los datos básicos crear la denuncia.	
Secuencia normal	**Paso**	**Acción**
	1	El funcionario ingresa a la sección registrar denuncia desde la barra lateral.
	2	El funcionario debe llenar el formulario con el nombre de la denuncia y el tipo al que pertenece y presiona en el botón registrar.
	3	El prototipo valida que todos los campos estén llenos.
	4	La denuncia es registrada y el prototipo abre el detalle de la denuncia para su gestión.
Postcondición	El funcionario podrá ver el detalle (información básica) y las diferentes opciones para continuar con la gestión de la denuncia.	
Excepciones	**Paso**	**Acción**
	4	Si el prototipo se queda sin gas, no se podrá registrar la denuncia.
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 2 Caso de uso registrar denuncia
Fuente: Autor

CU-06	Agregar Documento	
Versión	1.0	
Dependencias	RF 7	
Precondición	El funcionario debe tener un rol no administrativo y el estado de la denuncia no debe ser Registrado, Sujetos Procesales Registrados o Finalizado	
Descripción	El funcionario podrá ingresar todos los documentos finales que irán en el expediente para gestionar la denuncia. Los documentos deben ser en formato PDF.	
Secuencia normal	**Paso**	**Acción**
	1	Desde el Detalle de la Denuncia seleccionar la pestaña Gestionar y luego presionar en el botón Agregar Documento.
	2	El funcionario presiona en el botón cargar documento.
	3	El funcionario llena el formulario con la información correspondiente al documento a anexar y presionar el botón registrar.

	4	Una vez subido el documento el prototipo mostrará un mensaje de confirmación y redirigirá al detalle de la denuncia.
	5	El documento se puede ver anexado en la hoja de control o en el expediente para ser descargado.
Postcondición	Los participantes podrán ver el detalle de cada documento subido (metadatos), descargarlos individualmente o el expediente completo.	
Excepciones	Ninguno.	
Comentarios	La funcionalidad solo permite subir documentos, mas no modificarlos por lo que el usuario debe estar seguro del documento a subir.	

Tabla 3 Caso de uso agregar documento
Fuente: Autor

CU-08	Hoja de Control	
Versión	1.0	
Dependencias	RF 7 y RF 9	
Precondición	La denuncia debe tener por lo menos un documento agregado, el usuario debe ser no administrativo, el estado de la denuncia no debe ser registrado o sujetos procesales registrados.	
Descripción	El funcionario podrá ver en el Detalle de la Denuncia el listado de los documentos que se han agregado, el detalle de cada documento agregado y descargarlo si es el caso.	
Secuencia normal	**Paso**	**Acción**
	1	Desde el detalle de la denuncia selecciona la pestaña Hoja de Control.
	2	2.1 El funcionario descarga el documento de interés.
		2.2 Selecciona la fila de interés.
	3	El prototipo abre un modal donde se muestra toda la información del documento.
	4	El funcionario descarga el documento de interés.
Postcondición	Ninguno.	
Excepciones	Ninguno.	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 4 Caso de uso hoja de trabajo
Fuente: Autor

4.2.2 Contrato inteligente

El Contrato Inteligente es el encargado de la lógica de negocios relacionada con la gestión de los expedientes a través de índices electrónicos, donde el conjunto de documentos y las actuaciones electrónicas producidas o recibidas durante el desarrollo de la denuncia, se conserva su registro electrónicamente durante todo el ciclo de vida, con el fin de garantizar su consulta en el futuro como lo exige el Artículo 6 del Acuerdo 003 de 2015 [28].

Cada vez que se registra una denuncia automáticamente publica el Contrato Inteligente una red Blockchain. Este contrato se asocia una dirección criptográfica única llamada **Address** y el almacenamiento de la dirección del agente quien lo creo y lo envió a la red.

Cabe anotar que dentro del contrato no se almacena la denuncia, sino el índice electrónico apoyado por un valor hash y un identificador único que lo vincula a otros sistemas externos con objetivo de reducir costos en su ejecución.

Dentro de este trabajo es importante que el lector visualice la entidad **Control Sheet** que es el contrato como un documento que tiene un encabezado y un cuerpo compuesto de la siguiente manera, el código puede ser consultado en el **Anexo 1**:

- **Encabezado:** Almacena la información básica del expediente de la denuncia, como se puede ver en la **Figura 25**.
- **Cuerpo:** Almacena el histórico de los documentos y actuaciones que ha tenido la denuncia dentro de su ciclo de vida, como se puede ver en la **Figura 25**.

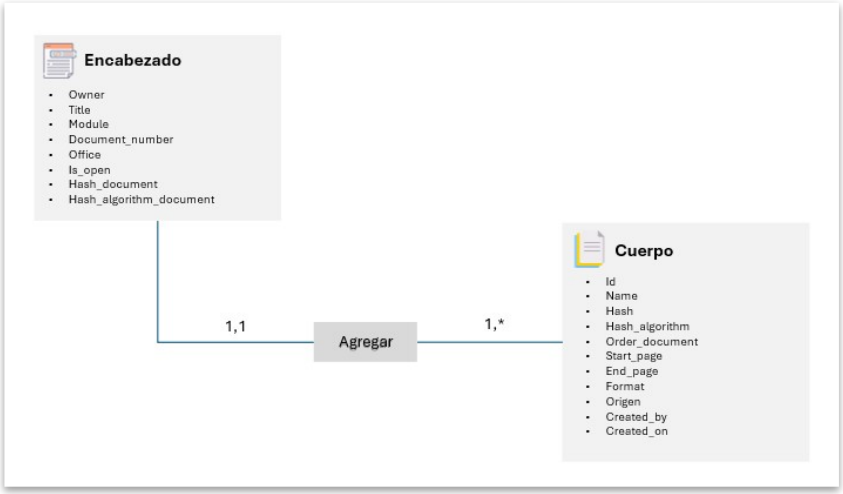


Figura 25 Diagrama del Control Sheet
Fuente: Autor

Flujo de la Creación de un Expediente Electrónico

En la **Figura 26** se muestra como al crear una denuncia, se publica el Contrato Inteligente en la red Blockchain. Este contrato inteligente contiene los datos de cabecera, que indican el tipo de proceso, el número de identificación, propietario, lugar y otros datos relevantes. Esta acción se conoce como la creación del Expediente Electrónico.

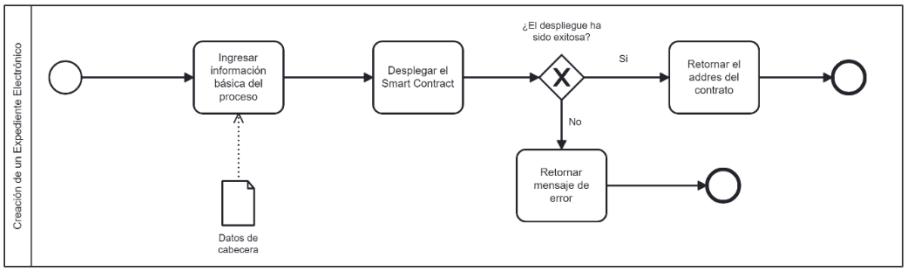


Figura 26 Diagrama BPMN creación de un expediente electrónico
Fuente: Autor

Cuando un funcionario realiza la acción de anexar un documento, el sistema realiza un proceso al documento validando y obteniendo la información de este, en el subproceso **Validar Anexión de un Documento**, luego registra el documento en el índice electrónico (cuerpo) del contrato inteligente, como se muestra en la **Figura 27.**

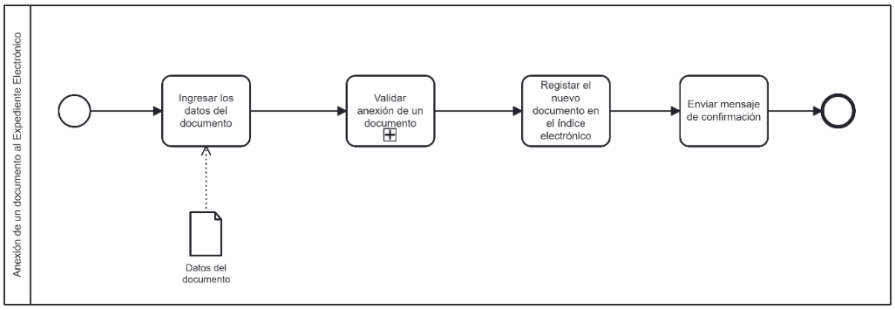


Figura 27 Diagrama BPMN anexión de un documento en el expediente electrónico.
Fuente: Autor

El Contrato Inteligente realiza validaciones para garantizar la seguridad de las transacciones. Estas validaciones incluyen la verificación de la **Wallet,** desde la que se intenta realizar la transacción y la comprobación de si el expediente asociado está abierto o no. Como se muestra en el siguiente diagrama, estas validaciones son cruciales para prevenir fraudes y errores en el manejo de los expedientes, como se muestra en la **Figura 28.**

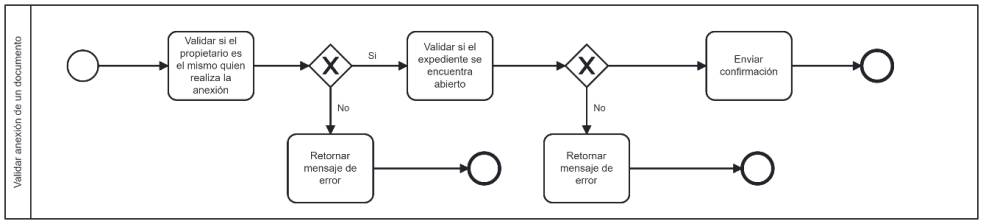


Figura 28 Diagrama BPMN validar anexión al expediente electrónico
Fuente: Autor

4.2.3 Modelo entidad-relacional

El Modelo Entidad-Relación expone todas las entidades que cuenta la base de datos y que tendrá la función de apoyo a los Contratos Inteligentes, como se muestra en la **Figura 29.**

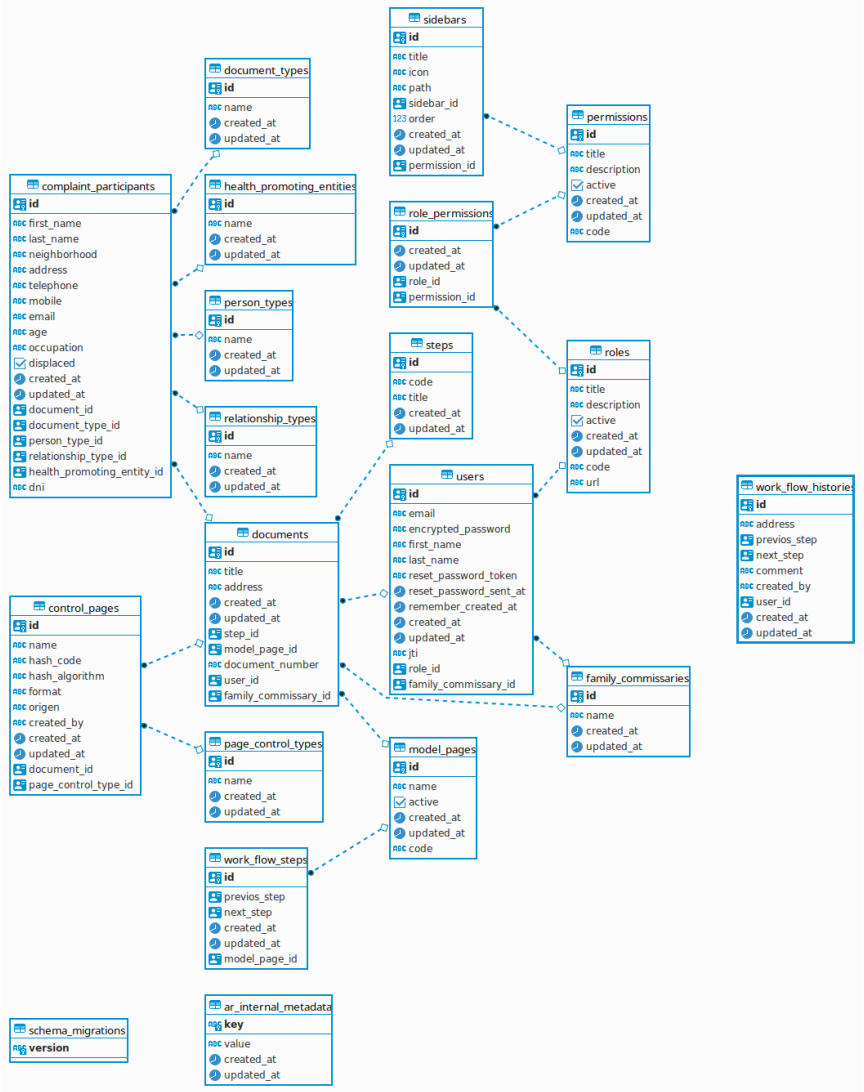


Figura 29 Diagrama entidad-relación
Fuente: Autor

4.2.4 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia más relevantes del prototipo estructuran las acciones principales dentro de un trámite en la Comisaría de Familia. A continuación, se presentan desde la **Figura 30** hasta la **Figura 36**.

En la **Figura 30** ilustra el ingreso de al prototipo por parte del usuario de la comisaría, sin importar el rol a que pertenezca.

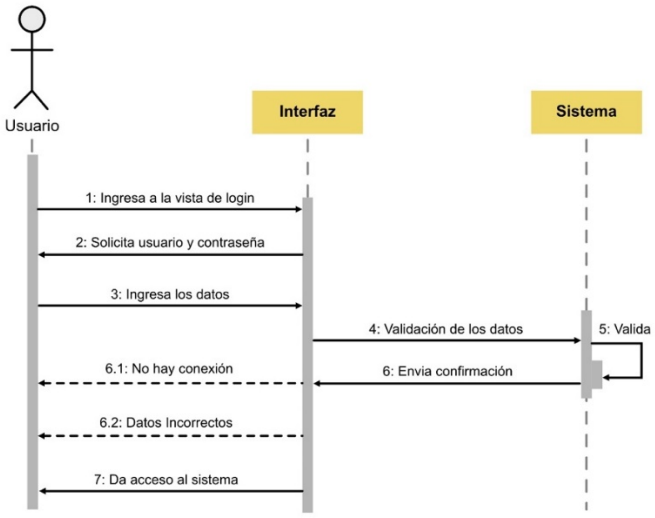


Figura 30 Diagrama de secuencia ingreso al prototipo
Fuente: Autor

En la **Figura 31** se registra la denuncia, donde participan todos los componentes del prototipo y al final de la secuencia se despliega el **Contrato Inteligente**.

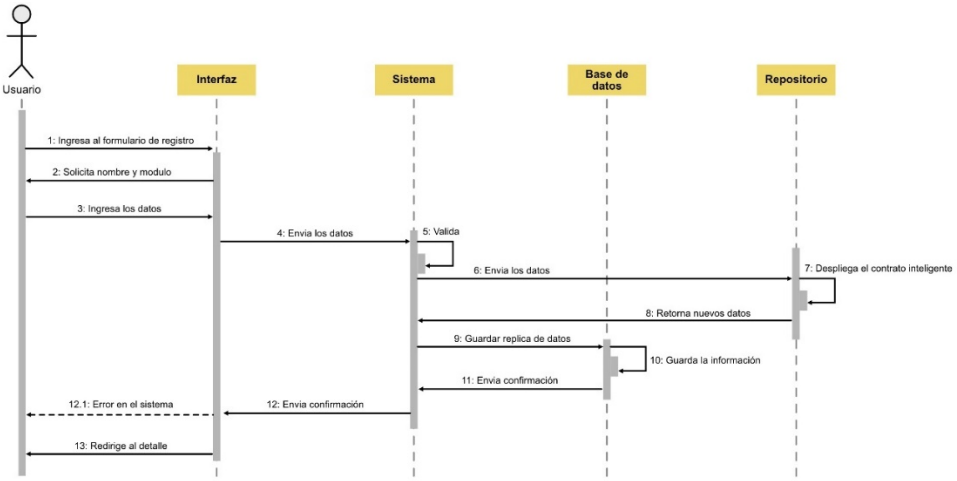


Figura 31 Diagrama de secuencia registro de una denuncia
Fuente: Autor

En la **Figura 32** ilustra la secuencia cuando un funcionario de la comisaría envía la denuncia a otro funcionario para su gestión y el estado de está es no “Revisión”.

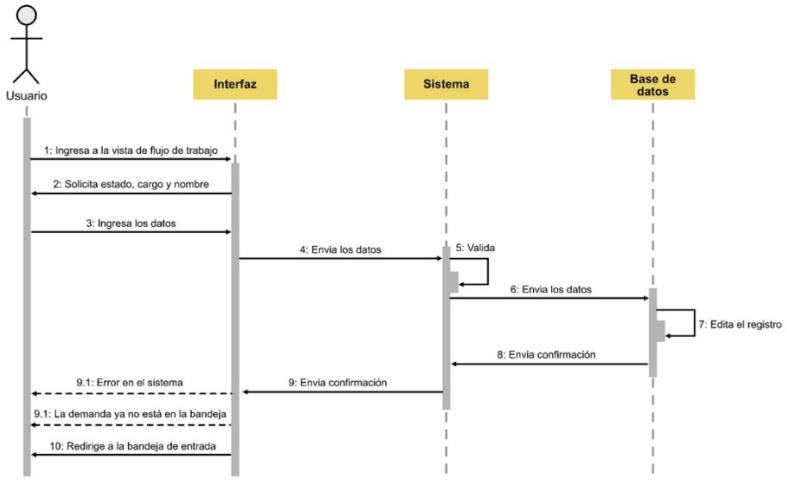


Figura 32 Diagrama de secuencia remisión de denuncia sin estado de revisión
Fuente: Autor

En la **Figura 33** ilustra qué partes dentro del sistema participan cuando se anexa un documento.

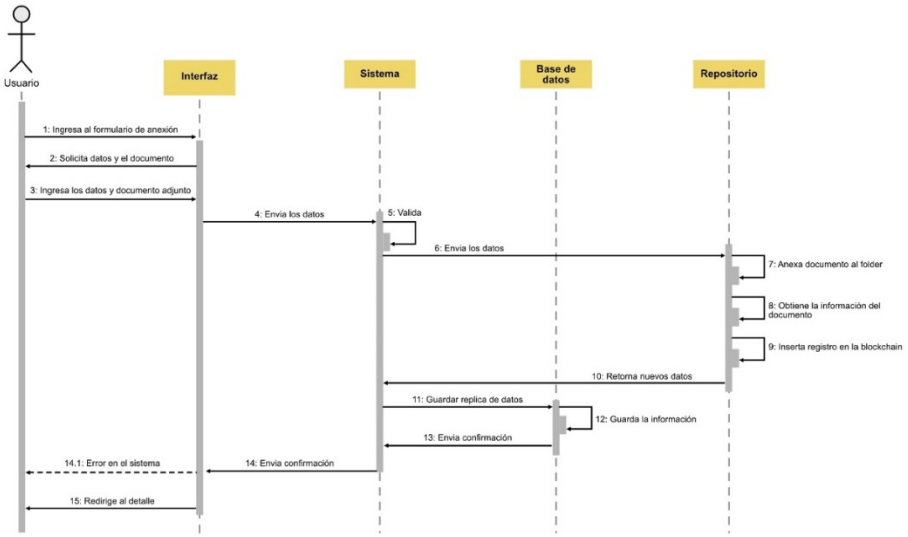


Figura 33 Diagrama de secuencia anexión de un documento
Fuente: Autor

En las **Figuras 34 y 35** ilustra la secuencia cuando un usuario con credenciales quiere obtener la copia de un documento específico o el expediente completo.

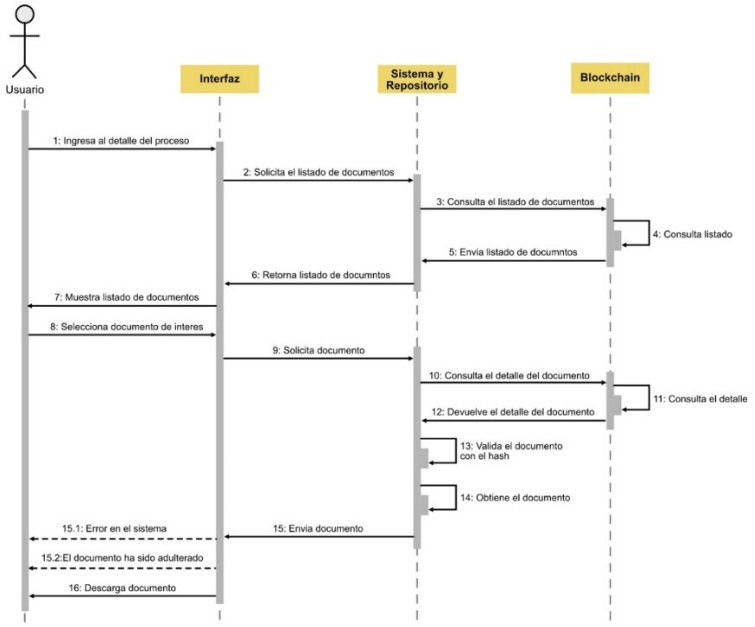


Figura 34 Diagrama de secuencia descarga de un documento
Fuente: Autor

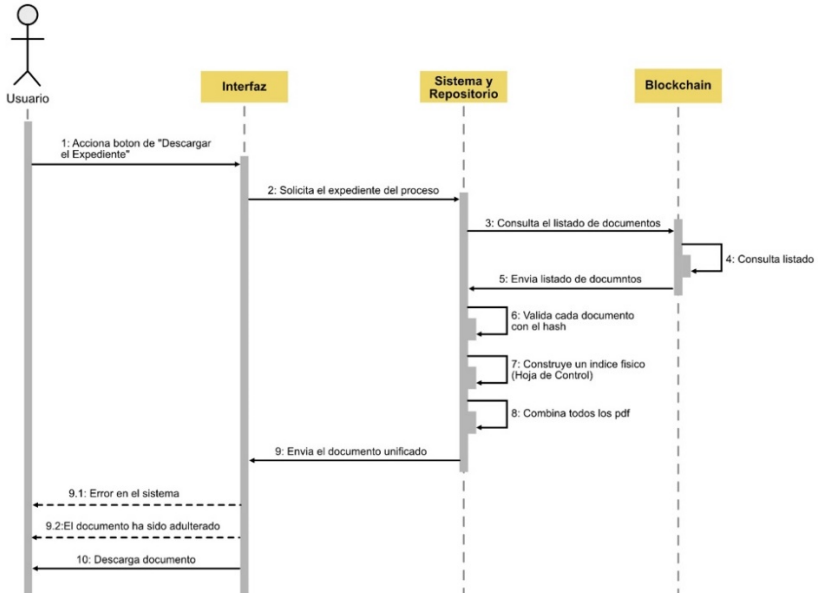


Figura 35 Diagrama de secuencia descarga de un expediente
Fuente: Autor

En la **Figura 36** ilustra cuando una denuncia ha terminado de realizar los trámites correspondientes y puede ser cerrado.

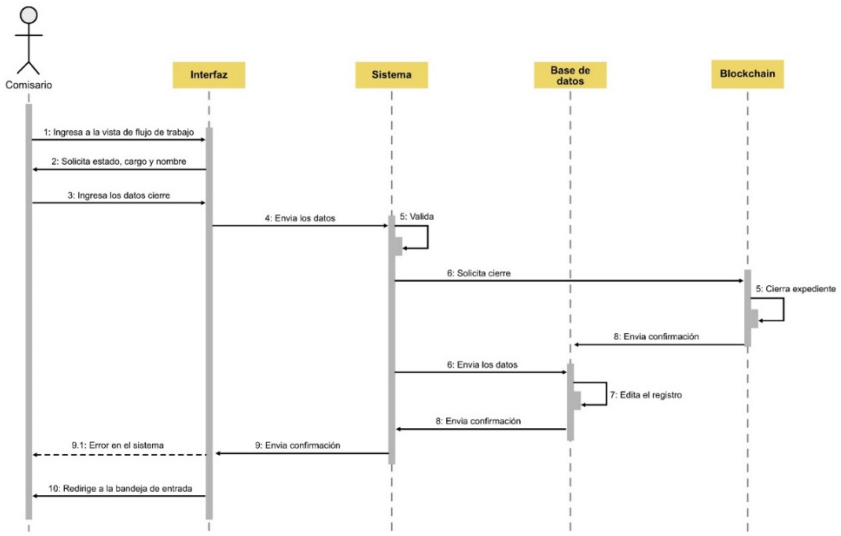


Figura 36 Diagrama de secuencia cierre del expediente
Fuente: Autor

4.2.5 Diagramas de estado

En la **Figura 37,** el diagrama de estados ilustra los distintos estados que puede tener una denuncia en su ciclo de vida, desde su creación hasta su finalización.

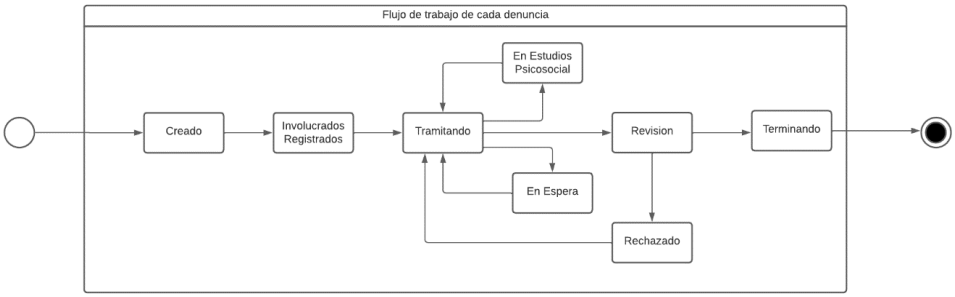


Figura 37 Diagrama de estados
Fuente: Autor

4.2.6 Arquitectura del prototipo

Es evidente que ciertos lenguajes de programación brindan ventajas para enfrentar desafíos específicos. Por tal motivo, al construir el prototipo, se decidió no optar por una

aplicación monolítica, dada la complejidad que implica su desarrollo y pruebas. En cambio, se dividió en tres partes o microservicios, cada microservicio tiene una responsabilidad única, como se muestra en la **Figura 38**.

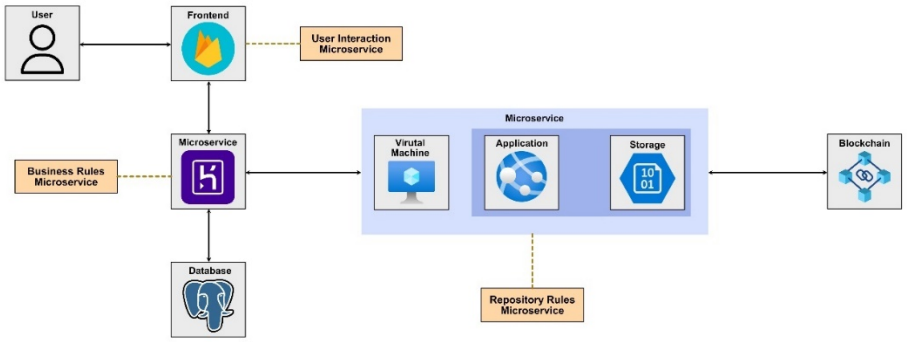


Figura 38 Diagrama de la arquitectura del sistema
Fuente: Autor

Listado de Microservicios:

- **User Interaction Microservice:** el microservicio que tiene como responsabilidad la interacción del usuario con las destinas funcionalidades del prototipo.
- **Business Rules Microservice:** el microservicio que tiene como responsabilidad las reglas de negocio de alto nivel que rigen la Comisaría de Familia, mas no su repositorio y Expediente Digital.
- **Repository Rules Microservice:** el microservicio encargado de gestionar el repositorio e interactuar con la red Blockchain para el despliegue de los Contratos Inteligentes.

4.3 Etapa de construcción

En esta sección se describen las herramientas que se han utilizado para el desarrollo del prototipo, tales como:

- Lenguajes de Programación y Librerías
- Entornos de Desarrollo
- Arquitectura de los Microservicios

4.3.1 Selección de leguajes de programación

Para el desarrollo del prototipo se seleccionaron lenguajes de programación que resultarán fáciles de aprender y trabajar, y que contarán con una amplia documentación para su uso en aplicaciones web y Ethereum. En la **Tabla 16** aparece la lista de los lenguajes elegidos:

Lenguaje	Uso	Frameworks y Librerías
C# y Solidity	Construcción de Repository Rules Microservice	• **.Net 6:** framework de trabajo. • **Nethereum:** permite el acceso y la interacción de los contratos inteligentes Ethereum públicos • **iText:** creación y manipulación de los ficheros PDF para lenguajes de programación Java y .Net.
Ruby	Construcción de Business Rules Microservice	• **Ruby on Rails 6:** framework de trabajo. • **Devise:** librería de autenticación de usuarios basado en Warden • **ActiveRecord:** ORM para interactuar con la base de datos relacional
HTML, CSS y Javascript	Construcción de User Interaction Microservice	• Angular 14

Tabla 5 Tecnologías seleccionadas
Fuente: Autor

4.3.2 Entornos y herramientas de desarrollo

Para la construcción del prototipo se requiere de un conjunto de entornos y herramientas especializados como los siguientes:

Ganache

Ganache es un software que nos permite crear y simular una red Ethereum local en el equipo. Es útil, porque nos permite desarrollar y probar todos nuestros Contratos Inteligentes sin tener que pagar por ETH y su configuración es muy sencilla.

Remix

Remix es un entorno de desarrollo integrado (IDE) usado desde el navegador web para el desarrollo, testeo y depuración de Contratos Inteligentes en Solidity, también puede generar los publicados ABI y Bitecode.

Visual Studio

Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) usado para el desarrollo de aplicaciones escritorio, móviles, websites, entre otros. Incluye un editor de código con tecnología Intellisense y refactorización de código, depuración del código y control de versiones. Además, dispone de una opción centralizada para la instalación de librerías de terceros.

Visual Studio Code

Es un editor de código fuente, de software libre y multiplataforma. Desarrollador por Microsoft permite trabajar con diferentes lenguajes de programación y con su librería de extensiones que permite potenciar el trabajo de codificación.

Docker

Docker es una tecnología (plataforma de software) de contenedores que permite crear, probar e implementar aplicaciones muy rápido. El contenedor es la unidad estándar que incluye en su ambiente todo lo necesario para que la aplicación pueda ser ejecutada, esto incluye librerías, código, tiempos de ejecución entre otros. También Docker sirve para escalar las aplicaciones en entornos de producción.

PostgreSQL

PostgreSQL es una base de datos relacional de código abierto que proporciona diferentes funciones SQL, subconsultas, disparadores, funciones entre otros. Es utilizado

principalmente para el almacenamiento de datos en las aplicaciones web, móviles, geoespaciales y de análisis.

NodeJs

NodeJs es un entorno de ejecución de JavaScript, multiplataforma y de código abierto para la creación de aplicaciones de red y del lado del servidor rápidas y estables.

4.3.3 Codificación y despliegue del Contrato

Una vez definida la lógica de negocio del contrato inteligente, se implementó utilizando el lenguaje Solidity versión 0.8.6. El código, denominado ControlSheet.sol, puede consultarse en el **Anexo 1**. El despliegue y las pruebas del contrato se realizaron en la máquina virtual de Ethereum en Ganache.

Billetera Digital

Una vez desplegado el contrato, es posible interactuar con él a través de una conexión JSON-RPC. Para enviar transacciones, estas deben ser firmadas digitalmente. La billetera digital facilita la conexión a la red y la gestión de las claves necesarias para las firmas, como se muestra en la **Figura 39**.

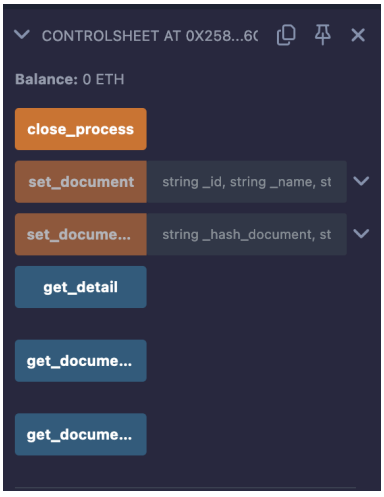


Figura 39 Imagen generada en Remix
Fuente: Autor

Despliegue del contrato y transacciones

El despliegue del contrato exige la entrada de datos básicos del Expediente Digital en el entorno de desarrollo. Tras el despliegue, las consultas y adiciones de transacciones quedan accesibles. Para el correcto funcionamiento del contrato inteligente, se emplea la red Ganache, como se muestra en la **Figura 40**.

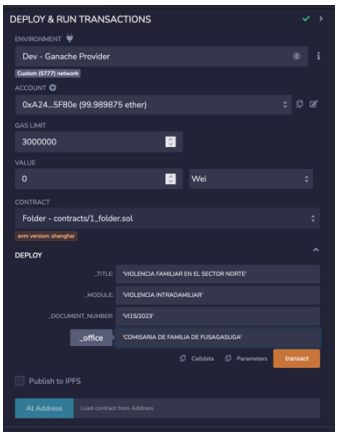


Figura 40 Despliegue del contrato.
Fuente: Autor

El despliegue del contrato inteligente implica que el estado del contrato inteligente se actualiza cada vez que se agrega una transacción. Estas transacciones pueden corresponder a la incorporación de documentos al índice electrónico o al cierre del Expediente Digital por parte del Comisario de Familia. Para la integración con otros componentes del sistema, una vez validado el correcto funcionamiento de la lógica de negocio, se requieren los archivos **ABI** en formato **JSON** y **Bytecode** en formato **TXT**.

4.3.4 Construcción de los microservicios

De acuerdo con el diagrama de la arquitectura diseñada, se requerido el desarrollo tres microservicios, cada uno con su responsabilidad única que permitieran un desarrollo rápido, frecuente y confiable:

- Dentro de las ventajas que ofrece la arquitectura de microservicios son:
- Disminuye la complejidad de una aplicación cuando esta se vuelve más grande.
- Simplifica las pruebas funcionales de cada recurso.
- Los componentes son desplegados independientemente.

- Aprovecha el potencial de cada lenguaje de programación, sus herramientas, sus librerías, entre otros, para que trabajen en equipo para alcanzar un objetivo.

User Interaction Microservice

Este microservicio se encarga de la interacción del usuario con el prototipo. Existen diversos frameworks disponibles: como Vue.js, React y Angular, que brindan ventajas consistencia, eficiencia, compatibilidad entre navegadores y creación rápida de prototipos e interacciones.

Para este proyecto, se seleccionó Angular 14 debido a su arquitectura MVC, que facilita la curva de aprendizaje, al uso de TypeScript para un desarrollo más ágil, y a las herramientas de despliegue de Google con Firebase, que simplifican el trabajo, como se muestra en la **Figura 41.**

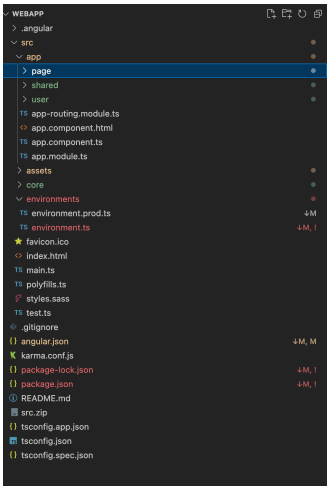


Figura 41 Jerarquía de carpetas de Angular
Fuente: Autor

Business Rules Microservice

Este microservicio se encarga de las reglas de negocio de alto nivel que rigen la Comisaría de Familia, excluyendo el repositorio y el Expediente Digital.

El segundo microservicio, construido en Ruby On Rails, tiene las siguientes responsabilidades:

- Implementar las reglas de negocio relacionadas con los procesos de la Comisaría de Familia.
- Administrar el control, acceso y responsabilidades de los usuarios dentro del prototipo.
- Duplicar los datos almacenados en la Blockchain en la base de datos para optimizar las consultas.
- Actuar como intermediario entre las peticiones del usuario y el acceso al repositorio.

Para su desarrollo, se optó por el framework Ruby on Rails debido a sus beneficios:

- **Eficiencia de tiempo:** Ruby on Rails ofrece conceptos y marcos de desarrollo rápidos de aprender y aplicar, además de contar con la arquitectura MVC y un conjunto de herramientas que aceleran y simplifican la codificación.
- **Gran cantidad de herramientas y bibliotecas:** Ruby on Rails dispone de una amplia gama de librerías, conocidas como Gemas, que son útiles para resolver problemas específicos.
- **Enorme comunidad:** Existe una gran comunidad de desarrolladores de Ruby on Rails, lo que facilita encontrar soporte o soluciones para cualquier problema que pueda surgir durante el desarrollo del microservicio o ante dudas técnicas.

Cabe destacar que, debido al objetivo del microservicio y la división de responsabilidades, la capa "View" de la arquitectura MVC no es necesaria, ya que la responsabilidad de la interacción con el usuario recae en el microservicio "User Interaction Microservicie", como se muestra en la **Figura 42.**

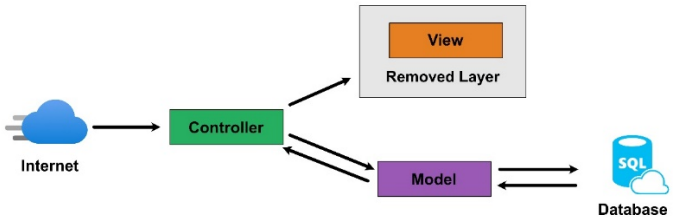


Figura 42 Arquitectura RoR
Fuente: Autor

Repository Rules Microservice

Es microservicio encargado de la administración del repositorio de los documentos que tiene cada denuncia y las peticiones a la red Ethereum. Dentro de las necesidades para construir este microservicio se encuentra que sea fácil de construir, mantener y probar.

La arquitectura elegida para su construcción fue la Arquitectura de Cebolla (Onion Architecture) **Figura 43** con el framework .Net 6 gracias a que ofrece los siguientes beneficios:

- **Escalabilidad:** Como el diseño de la arquitectura es modular simplifica el escalado de la aplicación sin alterar la capa del dominio central donde se almacena la lógica de negocio. Gracias a esto la construcción del servicio que está encargada con la red Ethereum puede ser modificada y expandida sin alterar otros componentes.
- **Testeabilidad:** Es más fácil probar cada capa dentro de la solución independientemente para encontrar y corregir los posibles errores.
- **Flexibilidad:** es adaptable a las modificaciones que se desarrollen por lo que es útil para probar nuevos algoritmos y librerías de Ethereum que mejor se acomoden a las necesidades del desarrollo.

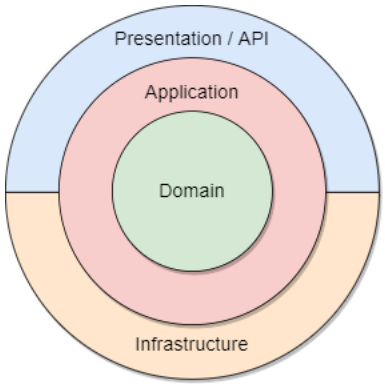


Figura 43 Arquitectura onion - dotnet-onion-architecture
Autor: NilavPatel en Github

La configuración de este microservicio define las siguientes rutas:

- **Documentos:** Ruta donde se almacenan todos los documentos de los procesos registrados.
- **Plantillas:** Ubicación de las plantillas utilizadas en el sistema.

- **Interfaces ABI y Bytecode:** Ruta para acceder a los archivos de interfaz ABI y Bytecode necesarios para consultas y transacciones.

La carpeta "Templates" contiene dos plantillas:

- **Hoja de control:** Esta plantilla sirve como portada de cada expediente y muestra su estado actual.
- **Notificación:** Este PDF informa al usuario cuando un documento dentro del expediente electrónico no coincide con el hash almacenado en la Blockchain.

Al crear un expediente digital, el microservicio genera una carpeta dentro de la máquina virtual, nombrándola con el número del expediente. Esta carpeta almacena todos los documentos anexados al expediente, identificados cada uno con una llave GUID como se muestra en la **Figura 44**.

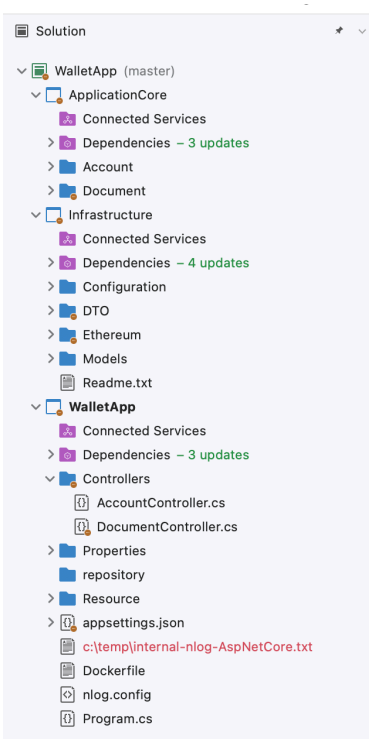


Figura 44 Jerarquía de proyectos en la solución
Fuente: Autor

4.3.5 Despliegue de los microservices

Para el despliegue de los tres microservicios, se seleccionaron dos tipos de servicios en la nube (Cloud Computing) que ofrecen diversas ventajas, como la configuración del hardware (potencia de procesamiento y almacenamiento), el software necesario para ejecutar las aplicaciones, la facilidad de despliegue y configuración, y la realización del ciclo de pruebas funcionales.

Los microservicios **User Interaction Microservice** y **Business Rules Microservice** se desplegaron en el servicio PaaS ofrecido por las plataformas Heroku y Firebase. Este tipo de servicio se centra en la implementación y administración de las soluciones, brindando ventajas como:

- Configuración del hardware y software necesarios para ejecutar las aplicaciones.
- Facilidad de despliegue y configuración.
- Realización del ciclo de pruebas funcionales.

El tercer microservicio no puede ser desplegado en un servicio PaaS por sus limitaciones. Este microservicio requiere una configuración específica de hardware y software para funcionar correctamente, lo cual sólo puede ofrecer un servicio IaaS.

Además de publicar el proyecto en el IIS, se configuró dentro de la máquina virtual la ubicación de almacenamiento para los siguientes elementos:

- Documentos.
- JSON y Bytecode obtenidos de la compilación del código en Solidity.
- Plantillas para la Hoja de Control y el aviso de manipulación.

Asimismo, se instaló el entorno de desarrollo Ganache, que simula una red Ethereum privada, como se muestra en la **Figura 45**.

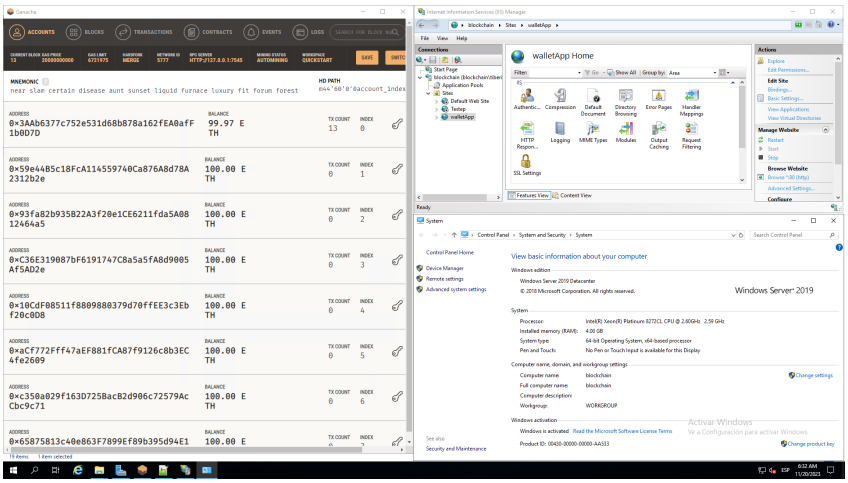


Figura 45 Máquina virtual en azure.
Fuente: Autor

4.4 Etapa de pruebas

La realización de pruebas en el software son las tareas realizadas para demostrar que un programa realiza las funciones para las cuales fue construida. Son absolutamente necesarias para detectar los errores y entregar un producto viable para su uso.

Para verificar el correcto funcionamiento de cada funcionalidad dentro del prototipo se creó un Plan de Pruebas Funciones, donde pone a prueba cada Caso de Uso y de secuencia, y dependiendo del criterio de aceptación puede evaluarse si la prueba fue exitosa o fallida, como aparece en el **Anexo 4** con el documento **Plan de Pruebas Funcionales**.

Una vez evaluado se registra en forma resumida si los Casos de Uso cumplen con los Requisitos Funcionales como se muestra en la **Tabla 17**.

Requerimiento	Comportamiento	Si	No
RF-1 Accesibilidad desde el navegador web	¿Es accesible el prototipo desde el navegador web de un PC?	X	
	¿Es accesible el prototipo desde el navegador web de un celular?	X	
RF-2 Registro por tipo de proceso	¿Se puede catalogar los procesos por el tipo?	X	
RF-3 Estado del proceso	¿Cualquier usuario puede acceder a la información?		X
	¿Se puede consultar el estado del proceso, aunque el usuario no lo tenga asignado?	X	
	¿Es posible consultar todos los procesos desde la bandeja de entrada?		X

RF-4 Persistencia de los documentos	¿Los documentos están disponibles?	X	
	¿Cualquiera puede acceder a los documentos?		X
	¿Valida que el documento sea el que dice ser en el índice electrónico?	X	
RF-5 Búsqueda de procesos	¿Se puede buscar el proceso según la parametrización del usuario?	X	
RF-6 Expediente Digital	¿Cualquier usuario puede acceder al expediente digital?		X
	¿Se puede obtener la totalidad del expediente?	X	
RF-7 Permisos de Usuario	¿Existe una acotación de permisos según el rol?	X	

Tabla 6 Verificación de los requerimientos
Fuente: Autor

5. Evaluación

En este apartado se describe cómo fue evaluado el prototipo por parte de los integrantes de la Comisaria de Familia de Fusagasugá que son el público objetivo. Se pretendió probar el prototipo en un ambiente lo más parecido al real y valorar si es de utilidad para dicha comisaría.

5.1 Elaboración del diseño de la evaluación

Como la intención de validar el objetivo del trabajo final, se realizaron pruebas de concepto, gestionando denuncias ficticias por algunos miembros de la comisaría en su espacio de trabajo ya que se dispone de los equipos.

Los participantes fueron los funcionarios que desempeñan los cargos en la Comisaría de Familia, Secretaría de Despacho, Trabajador Psicosocial y el Auxiliar Administrativo.

Las sesiones de prueba programadas fueron concretas con temas lineales entre sesión para aprovechar el tiempo, dadas las dificultades y molestias que se ocasionan, ya que cuatro integrantes no están activos en horario de atención.

5.2 Descripción de la evaluación

A continuación, se explicarán la tres sesiones y las actividades realizadas durante la evaluación:

1. **Presentación y objetivos del trabajo:** La primera sesión se realizó la presentación del trabajo, las motivaciones, el objetivo, el alcance del prototipo y la finalidad de la evaluación. Cada participante dio su concepto acerca del trabajo, mejoras y contribuciones futuras.
2. **Presentación del prototipo y su demo:** La segunda sesión se presentó el prototipo en un ambiente de producción donde las actividades fueron: mostrar su

funcionamiento con un procedo de Violencia Intrafamiliar, primeras interacciones con el prototipo y ronda de preguntas y respuesta con énfasis por la seguridad de la información.

3. **Gestión de procesos simulados**: En la última sesión los participantes realizaron la gestión de dos procesos con datos ficticios como lo muestra la **Figura 46**. El objetivo de esta sesión fue probar el prototipo en un ambiente de desarrollo y evaluar las opiniones.

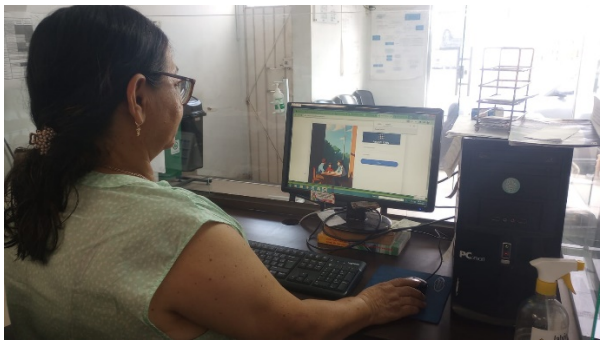


Figura 46 Funcionario probando el prototipo
Fuente: Autor

Una vez concluida esta actividad, se distribuyó un cuestionario con una serie de preguntas destinadas a evaluar las opiniones y sugerir posibles mejoras.

5.3 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por las encuestas realizadas en la sesión práctica, con su respectivo análisis.

1. ¿Ha oído hablar de aplicaciones de Blockchain en productos o plataformas distintas al prototipo que se ha presentado?

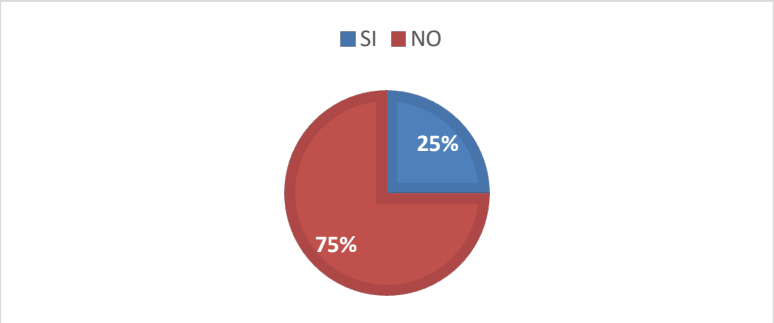


Figura 47 Gráfica con los resultados de la pregunta no 1
Fuente: Autor

El 75% de los participantes indicó que no están familiarizados con ningún producto o plataforma que utilice Blockchain. En contraste, el 25% restante ha oído hablar del concepto en el contexto de las criptomonedas.

2. ¿Confía usted en que se registren en un índice electrónico (hoja de control) los documentos anexados en el Blockchain (base de datos distribuida)?

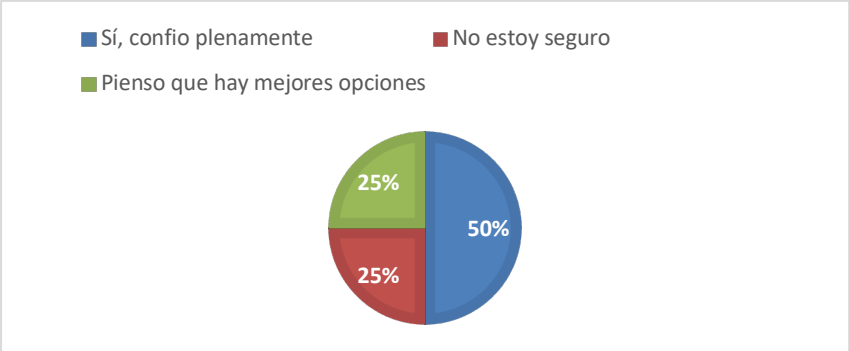


Figura 48 Gráfica con los resultados de la pregunta no 2
Fuente: Autor

El 50% de los participantes expresó confianza en la implementación de Blockchain, mientras que un 25%, mostró incertidumbre y el restante 25% considera que existen alternativas superiores.

Esta división de opiniones podría atribuirse a dos factores principales: el temor a la divulgación de Datos con Reserva Sumarial, y la percepción de que existen opciones más eficientes.

3. ¿Considera que la accesibilidad de la información (sin reserva sumarial) en la cadena de bloques pública de Ethereum beneficia a las partes interesadas?

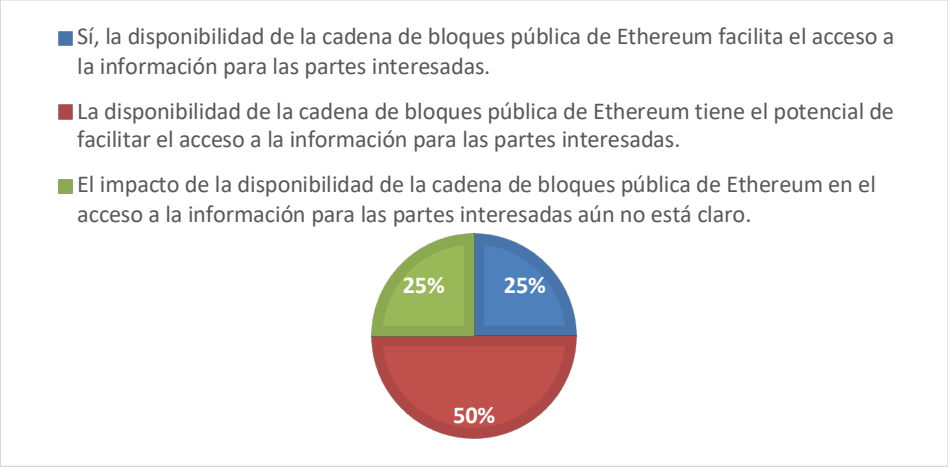


Figura 49 Gráfica con los resultados de la pregunta no 3
Fuente: Autor

El 50% de los participantes cree que la cadena pública Ethereum tiene el potencial para facilitar el acceso a la información, mientras que un 25% opina que los métodos actuales para acceder a la información son suficientes, y el restante 25% restante no tiene una opinión clara sobre el impacto de la cadena de bloques en este aspecto.

El resultado muestra que un 75% de los participantes cree que el Blockchain tiene la capacidad de disponer públicamente de los datos que no son de reserva sumarial y que son de interés, lo que es uno de los objetivos de los entes públicos acerca del acceso a la información pública.

4. ¿Usted cree que el prototipo tiene la capacidad para validar la veracidad de los documentos?

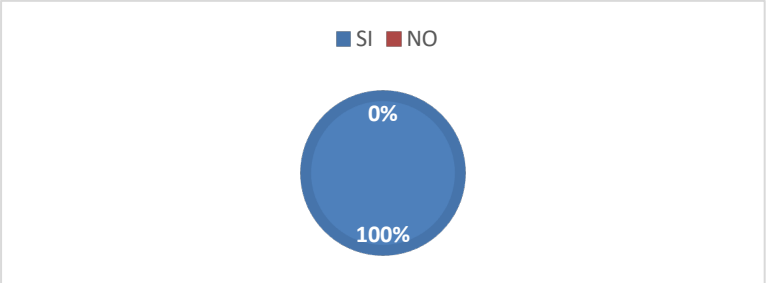


Figura 50 Gráfica con los resultados de la pregunta no 4
Fuente: Autor

El 100% de los participantes manifestó que el prototipo sí tiene la capacidad de validar la autenticidad de los documentos y que las posibles razones en su respuesta es que los participantes entendieron la función que desempeñan los algoritmos hash, que los documentos se encuentren centralizados en un repositorio, o simplemente porque el acceso a ellos está sistematizado.

5. ¿Confía en que la información con Reserva Sumarial se mantiene adecuadamente confidencial?

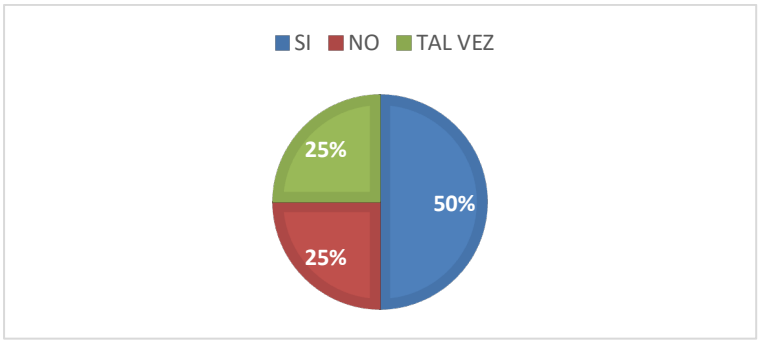


Figura 51 Gráfica con los resultados de la pregunta no 5
Fuente: Autor

El 50% de los participantes cree que se mantiene la confidencialidad de la información, mientras que un 25% mostró incertidumbre y el restante 25% considera que no se mantiene la confidencialidad de la información.

Esta división de opiniones podría atribuirse al desconocimiento de las normas que existen sobre las leyes de archivo o desconfianza en la forma en que la información del expediente electrónico es pública.

6. ¿Usted cree que el prototipo puede mejorar la gestión en los procesos de la Comisaría de Familia?

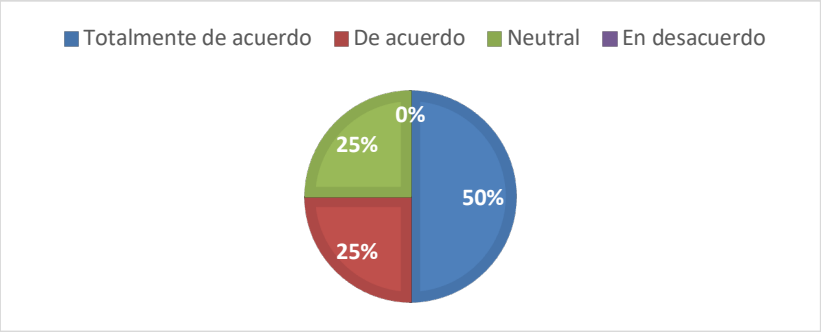


Figura 52 Gráfica con los resultados de la pregunta no 6
Fuente: Autor

El 50% de los participantes está totalmente de acuerdo, mientras que un 25% está de acuerdo, y un 25% se considera neutral, no hubo desacuerdo.

El resultado de las opiniones manifiesta que el prototipo mejoró la gestión de los procesos con impactos diferentes. Las posibles causas son la centralización de los procesos en un solo sitio, y la facilidad en la búsqueda para su trámite.

6. Conclusiones

A continuación, se exponen las conclusiones a las que se llegó con la realización e implementación del prototipo cumpliendo con los objetivos establecidos:

El análisis obtenido de la eficiencia, eficacia y falencias de los procesos judiciales a través de la metodología Design Thinking con la participación de un gran parte de los funcionarios se logró concluir que existen problemas que entorpecen el cumplimiento del objetivo de la comisaría. La eficiencia y eficacia se ven comprometidas por la disponibilidad de los recursos materiales y la permanencia del personal con alta rotación según la administración actual, por consiguiente, existe un sobreesfuerzo en la gestión de las denuncia y riesgo de no conseguir a tiempo las actividades previas al restablecimiento de los derechos vulnerados. La centralización de la gestión de las denuncias en un único aplicativo donde se pueda crear e ir agregando cada actuación en la denuncia fue la solución seleccionada para la construcción del prototipo con alternativa al sistema actual y poder reducir las falencias con la veracidad de la información en la custodia de los documentos y los datos expuestos al público.

Para diseñar la arquitectura, se completó una serie de etapas, desde la concepción de Wireframes como propuesta inicial del prototipo, hasta su refinamiento por parte de los miembros de la comisión, y finalmente su concreción en Mockups **Anexo 4**.

La elaboración de diagramas de Entidad-Relación, Secuencia y Estados modeló el flujo que debía cumplir el prototipo para satisfacer los Casos de Uso. La recopilación de necesidades tecnológicas se enfocó en construir un prototipo modular, con funcionalidades independientes para su desarrollo y despliegue, flexible al permitir el uso de diferentes tecnologías y lenguajes de programación.

Estas características, junto con la posibilidad de utilizar funcionalidades de terceros en lugar de desarrollarlas desde cero, condujeron a la elección de una arquitectura de microservicios frente a la tradicional monolítica.

En la actualidad, el desarrollo de nuevos prototipos usando el Blockchain se ve favorecido por una gran cantidad herramientas, lenguajes y librerías. Entre las opciones más populares, según la literatura consultada, se encuentran Javascript junto al framework React y el complemento Metamask como Wallet, en conjunto con Solidity para la programación de contratos inteligentes en Ethereum.

El desarrollo prototipo requirió de una herramienta que facilitara el despliegue de contratos inteligentes en una red Blockchain Ethereum y para su desarrollo, prueba y posterior publicación un entorno de producción. En consecuencia, se optó por Ganache, una herramienta que satisfacía esta necesidad.

Se descartó el uso de Javascript en la creación de los dos microservicios, puesto que en la máquina virtual (IaaS) donde se almacenan los documentos y se despliegan, registran y se consultan los contratos inteligentes se requirió un lenguaje fuertemente tipado con librerías bien documentadas, por tal motivo se optó por C# con el Framework .Net 6. Adicionalmente, Ruby con el Framework Ruby on Rails fue requerido para el microservicio que llevó la lógica de negocios.

Lo importante de la selección de tecnologías y herramientas fue la facilidad y velocidad en la creación, comprobación y despliegue de las funcionalidades para la construcción del prototipo.

Una vez seleccionadas las tecnologías y la definición de la arquitectura, se procedió a la construcción, prueba y despliegue de los tres microservicios. Inicialmente, se realizó localmente ejecutando las imágenes Docker en contenedores y posteriormente en servicios de la nube.

El uso de Azure para la máquina virtual con Windows Server facilitó el despliegue del microservicio basado en tecnología .Net, conservó a salvo los documentos de la comisaría

y permitió tener una red Blockchain para el despliegue de los contratos. En Heroku dispone de un servicio SaaS que automatizó el despliegue y actualizaciones del microservicio en Ruby On Rails, mientras que en Firebase se utilizó para el despliegue del portal web.

La creación de las pruebas funcionales fue una de las actividades más importantes en el ciclo de desarrollos del prototipo porque evaluó las funcionalidades desarrolladas y que éstas cumplieran con los requisitos plasmados en los Casos de Uso. La estrategia adoptada en realizar pruebas fue en dos iteraciones. La primera iteración cuando el prototipo estaba en la etapa de desarrollo el cual permitió refinar o reconstruir funcionalidades que no cumplían con los requisitos y la segunda cuando el prototipo estuvo finalizado para comprobar que las características y funcionalidades trabajando en conjunto estuvieran lo suficientemente maduro para publicarlo para que los funcionarios de la comisaría pudieran usarlo.

Gracias a las pruebas funcionales no hubo incidentes tecnológicos en la prueba del prototipo por parte de los funcionarios de la comisaría. La sesión de prueba del prototipo por los funcionarios entre el manejo, dudas, preguntas y el cuestionario expresaron que el registro y seguimiento de las denuncias a través de la tecnología Blockchain mejoró la gestión de las denuncias y confiaban la forma como los documentos plasmados en el Índice Electrónico proporcionan la transparencia de la denuncia frente a los interesados y ciudadanía al ser público sin exponer los datos sensibles.

7. Trabajos futuros

Existen diversas características y funcionalidades que pueden ser implementadas en el prototipo para dotarlo de mayor utilidad y mejorar la gestión de las denuncias para lograr el cumplimiento del objetivo de la comisaria.

Un gran inconveniente presentado fue el almacenamiento y custodia de los documentos que componen un expediente, debido a que la normatividad colombiana respecto a la Gestión Documental no ha sido actualizada existe un riesgo jurídico para almacenar documentos con reserva sumarial y como resultado el almacenamiento debe ser centralizado. Una posible mejora es la expedición de un marco normativo que clarifique que otras formas además de la centralizada son una opción viable para el almacenamiento.

El prototipo puede mejorarse en la creación de documentos dotándolo de una función que permita la creación y edición de estos con plantillas ya preestablecida con componentes web como es WYSIWYG y dejar el cargue de documentos como una opción secundaria.

Por último, agregar la capacidad de no solo almacenar archivos en formato PDF sino también en formato multimedia como son imágenes, videos y pistas de audio que son materiales recabados por los trabajadores sociales.

8. Anexo 1: Codificación del contrato inteligente

El contrato inteligente creado para este trabajo es el siguiente:

ControlSheet.sol

```
// SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
pragma solidity =0.8.6;

contract ControlSheet {
    address owner;
    string title;
    string module;
    string document_number;
    string office;
    bool is_open;
    string hash_document;
    string hash_algorithm_document;

    uint32 index = 0;

    struct detail_struct {
        string title;
        string module;
        string document_number;
        address owner;
        bool is_open;
        string hash_document;
        string hash_algorithm_document;
    }

    struct paper_control {
        string id;
        string name;
        string hash;
```

```
        string hash_algorithm;
        uint32 order_document;
        uint32 start_page;
        uint32 end_page;
        string format;
        string origen;
        string created_by;
        string created_on;
    }

    mapping(uint => paper_control) private list_of_paper_control;

    constructor(
        string memory _title,
        string memory _module,
        string memory _document_number,
        string memory _office
    ) {
        owner = msg.sender;

        title = _title;
        module = _module;
        document_number = _document_number;
        office = _office;
        is_open = true;
        hash_document = "";
        hash_algorithm_document = "";
    }

    function get_detail() public view returns (detail_struct memory) {
        return
            detail_struct(
                title,
                module,
                document_number,
                owner,
                is_open,
                hash_document,
                hash_algorithm_document
            );
    }

    function set_document(
        string memory _id,
```

```
        string memory _name,
        string memory _hash,
        string memory _hash_algorithm,
        uint32 _number_pages,
        string memory _format,
        string memory _origen,
        string memory _created_by,
        string memory _created_on
    ) public {
        require(
            msg.sender == owner,
            "Solo el propietario puede agregar registros."
        );
        require(is_open == true, "El expediente se encuentra cerrado");

        uint32 start_page = 1;
        uint32 end_page = _number_pages;

        if (index > 0) {
            start_page = list_of_paper_control[index - 1].end_page + 1;
            end_page = start_page + _number_pages - 1;
        }

        list_of_paper_control[index] = paper_control(
            _id,
            _name,
            _hash,
            _hash_algorithm,
            (index + 1),
            start_page,
            end_page,
            _format,
            _origen,
            _created_by,
            _created_on
        );
        index++;
    }

    function set_document_hash(
        string memory _hash_document,
        string memory _hash_algorithm_document
    ) public {
        hash_document = _hash_document;
        hash_algorithm_document = _hash_algorithm_document;
```

```
    }

    function get_documents() public view returns (paper_control[] memory)
{
        paper_control[] memory data = new paper_control[](index);

        for (uint i = 0; i < index; i++) {
            paper_control storage item = list_of_paper_control[i];
            data[i] = item;
        }
        return data;
    }

    function get_document_amount() public view returns (uint32) {
        return index;
    }

    function close_process() public {
       require(
            msg.sender == owner,
            "Solo el propietario puede agregar registros."
       );
       is_open = false;
    }
}
```

9. Anexo 2: Repositorio del proyecto

Todo el código escrito para la creación del prototipo se encuentra alojado en la plataforma de desarrollo GitHub para su consulta y consta de las siguientes partes:

El código de la interfaz de usuario está disponible para su consulta en el repositorio de GitHub correspondiente.

User Interaction Microservice https://github.com/lfcastanedar/UserInteraction	

El código del microservicio, encargado de manejar las reglas de negocio del prototipo, está disponible para su consulta en el repositorio de GitHub correspondiente.

Business Rules Microservice https://github.com/lfcastanedar/BusinessRuleMicroservice	

El código del microservicio, que opera en una máquina virtual e interactúa con la red descentralizada de Ethereum, está disponible para su consulta en el repositorio de GitHub correspondiente.

Repository Rules Microservice https://github.com/lfcastanedar/RepositoryRulesModel	

10. Anexo 3: Documentación del proyecto

En el repositorio Documentación del Proyecto se encuentra toda la documentación recopilada para el desarrollo del prototipo en formato documento o mockup, el cual está disponible para su consulta.

El repositorio contiene los siguientes documentos:

- Casos de Uso
- Plan de Pruebas Funcionales
- Manual de Usuario
- Mockups
- Manual de Identidad y Mockups
- APQC Framework

Para acceder al prototipo se puede a través de la siguiente:

- https://comisaria-blockchain.web.app/

Documentación del proyecto https://github.com/lfcastanedar/FamilyCoinDocuments	

Bibliografía

[1] Prieto, J. Das, Ashok Kumar Ferretti, Stefano Pinto, António Corchado, Juan Manuel. Blockchain And Applications - International Congress. Volumen 7, 2019.

[2] Grover, P., Kar, A. K., & Vigneswara Ilavarasan, P. Blockchain for Businesses: A Systematic Literature Review. in Lecture Notes in Computer Science (including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (Vol. 11195 LNCS, pp. 325–336). Año (2018).

[3] Observatory of Public Sector Innovation. Embracing Innovation In Government. Febrero del 2019.

[4] Adam, Isabelle, Fazekas, Mihály. Are Emerging Technologies Helping Win the Fight Against Corruption in Developing Countries? University Oxford. Year 2019.

[5] Rahman, Tawhid, Rahman, Author, Tawhid, S M Ahokangas. Digital Government Review of Panama Enhancing the Digital Transformation of the Public Sector.

[6] Observatory of Public Sector Innovation. Embarcing Innovation in Government Global Trends 2019. February 2019.

[7] Xu, Min, Chen, Xingtong, Kou, Gang. A Systematic Review of Blockchain. Year 2019.

[8] Sun J, Yan J, Zhang K. Blockchain-based Sharing Services: What Blockchain Technology Can Contribute to Smart Cities. Year 2016.

[9] Robert Herian. Blockchain and the (re)Imagining of Trusts Jurisprudence. August 2017

[10] Manski S. Building the Blockchain World: Technological Commonwealth or Just More of the Same? 21 September 2017

[11] Sullivan, C., Burger, E.: E-residency and Blockchain. Comput. Law Secur. Rev. 33(4), 470–481 (2017).

[12] Kewell, B., Adams, R., Parry, G.: Blockchain for Good? Strat. Chang. 26(5), 429437 (2017)

[13] Lemieux, V.L.: Trusting Records: is Blockchain Technology the Answer? Rec. Manag. J. 26(2), 110–139 (2016).

[14] D. Valdeolmillos, Y. Mezquita, A. González-Briones, Alfonso y J. M Corchado. Blockchain Technology: A Review of the Current Challenges of Cryptocurrency. Año 2020.

[15] Giancaspro, M.: Is a 'Smart Contract' Really a Smart Idea? Insights From a Legal Perspective. Comput. Law Secur. Rev. 33(6), 825–835 (2017).

[16] Larios-Hernández, G.J.: Blockchain Entrepreneurship Opportunity in the Practices of the Unbanked. Bus. Horiz. 60(6), 865–874 (2017).

[17] Zamani, E.D., Giaglis, G.M.: With a Little Help From the Miners: Distributed Ledger Technology and Market Disintermediation. Ind. Manag. Data Syst. 118(3), 637–652 (2018).

[18] Gomber, P., Kauffman, R.J., Parker, C., Weber, B.W.: On the Fintech Revolution: Interpreting the Forces of Innovation, Disruption, and Transformation in Financial Services. J. Manag. Inf. Syst. 35(1), 220–265 (2018).

[19] Shermin, V.: Disrupting Governance with Blockchains and Smart Contracts. Strat. Chang. 26(5), 499–509 (2017).

[20] Sullivan, C., Burger, E.: E-residency and Blockchain. Comput. Law Secur. Rev. 33(4), 470–481 (2017).

[21] Zalan, T.: Born global on Blockchain. Rev. Int. Bus. Strat. 28(1), 19–34 (2018).

[22] Spearpoint, M.: A Proposed Currency System for Academic Peer Review Payments Using the Blockchain technology. Publications 5(3), 19 (2017).

[23] Nakamoto, S. (2009), Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, Available at: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

[24] Walport, M. (2016). Distributed Ledger Technology: Beyond Blockchain. A Report by the UK Government Chief Scientific Adviser.

[25] Kranzberg, M. (1986). Technology and History: "Kranzberg's Laws." Technology and Culture, 27, 544–560.

[26] Ley 594 de 2000 Congreso de Colombia. Por medio de la Cual se Dicta la Ley General de Archivos y se Dictan otras Disposiciones. Junio 14 del 2000. D.O. No. 44084.

[27] Decreto 4840 De 2007 El Presidente de la República De Colombia. Por el Cual se Reglamentan los Artículos 52, 77, 79, 82, 83, 84, 86, 87, 96, 98, 99, 100, 105, 111 y 205 de la Ley 1098 de 2006. Diciembre 17 de 2007. D.O. No. 46846.

[28] Acuerdo 3 de 2015 Archivo General de la Nación. Por el Cual se Establecen Lineamientos Generales para las Entidades del Estado en Cuanto a la Gestión de Documentos Electrónicos Generados Como Resultado del Uso de Medios Electrónicos de Conformidad con lo Establecido en el Capítulo IV de la Ley 1437 de 2011, se Reglamenta el Artículo 21 de la Ley 594 de 2000 y el Capítulo IV del Decreto 2609 de 2012. Marzo 14 de 2014. D.O. No. 49431.

[29] Acuerdo 2 de 2014 Archivo General de la Nación. Por Medio del Cual se Establecen los Criterios Básicos para Creación, Conformación, Organización, Control y Consulta de los Expedientes de Archivo y se Dictan otras Disposiciones. 14 de Marzo de 2014. D.O. No. 49097.

[30] Colciencias. (Vigente desde su liberación en GINA). Manual de Gestión Documental. (Código: A104M03. Versión 00). Gonzales Jhon, Yate Diana y Gloria Pereira.

[31] Archivo General de la Nación. G.INF.07 Guía para la Gestión de Documentos y Expedientes Electrónicos. Versión 1.0. Año 2017.

[32] Decreto 1080 de 2015. Por Medio del Cual se Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura. 26 de mayo de 2015. D.O. No. 49523.

[33] Ley 2126 de 2021. Por La Cual Se Regula La Creación, Conformación Y Funcionamiento De Las Comisarías De Familia, Se Establece El Órgano Rector Y Se Dictan Otras Disposiciones. 4 de agosto de 2021. D.O. No. 51756.

[34] Espinosa Sergio. Guía de Referencia de Blockchain para la Adopción e Implementación de Proyectos en el Estado Colombiano. Versión 1. Año 2020.

[35] Yli-Huumo, Jesse Ko, Deokyoon Choi, Sujin Park, Sooyong Smolander, Kari. Where Is Current Research on Blockchain Technology? —A Systematic Review. Year 2016.

[36] Scott, B., Loonam, J., Kumar, V.: Exploring the Rise of Blockchain technology: Towards Distributed Collaborative Organizations. Strat. Chang. 26(5), 423–428 (2017).

[37] Kahn, T. Baron, Vieyra y J. Cruz. Digital Technologies for Transparency in Public Investment New Tools to Empower Citizensand Governments. Año 2018.

[38] Ayei E. Ibor, Ofem A. Ofem, Julius N. Obidinnu. A Conceptual Framework for Augmenting the Security of Digitized Academic Records in Nigerian Tertiary Institutions Using Blockchain Technology. Abril 2018.

[39] Muhammad Irfan Khalid, Jawaid Iqbal, Ahmad Alturki,3 Saddam Hussain, Amerah Alabrah and Syed Sajid Ullah. Blockchain-Based Land Registration System: A Conceptual Framework. 2022.

[40] Westphal E, Leiding B, Seitz H. Blockchain-based Quality Management for a Digital Additive Manufacturing Part Record.

[41] Maharshi Dave, Rajkumar Banoth. Blockchain-based, Decentralized Evidence Archive System using IPFS. 2022.

[42] Zhang Peng, Walker Michael, White Jules, Schmidt. Metrics for Assessing Blockchain-based Healthcare Decentralized Apps. 2017.

[43] Concepto 115541 de 2023. Departamento Administrativo de la Función Pública. 21 de marzo de 2023. Radicado No. 20236000115541.