

Optimización de Trámites Administrativos en las Oficinas de Educación, Deporte y Cultura del Municipio
de Cumbitara, Nariño, a través de una aplicación web con Enfoque en Usabilidad

Luis Angel Portillo Ortega

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD CESMAG
OCTUBRE, 2025

Optimización de Trámites Administrativos en las Oficinas de Educación, Deporte y Cultura del Municipio de Cumbitara, Nariño, a través de Una Aplicación Web con Enfoque en Usabilidad

Luis Angel Portillo Ortega

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero de Sistemas, en modalidad investigación.

Asesor:

Mg. Marleny Mayani López Bastidas.

Universidad CESMAG

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de sistemas

Pasto – Nariño

2025

Las ideas, conceptos, opiniones y conclusiones expresadas en este trabajo de grado son de exclusiva responsabilidad del autor y no reflejan necesariamente la posición de la Universidad CESMAG.

Luis Ángel Portillo Ortega

Autor

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada principalmente a mis padres, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su sacrificio y ejemplo me enseñaron que los sueños se alcanzan con esfuerzo, perseverancia y fe. Gracias por ser mi inspiración constante, por cada palabra de aliento, por su apoyo en los momentos difíciles y por enseñarme a nunca rendirme ante los desafíos.

A mi familia, por acompañarme en cada etapa de este proceso, por su comprensión, paciencia y por recordarme siempre que los logros se disfrutan más cuando se comparten con quienes amamos.

Además dedicarla también a todas las personas que, de una u otra forma, creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante cuando el camino parecía complicado. Su confianza y apoyo fueron una fuente invaluable de motivación.

Este logro no solo representa el resultado de años de estudio, sino también el reflejo del amor que he recibido de todos ustedes. A cada uno, gracias por ser parte de este capítulo tan importante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a la Universidad CESMAG, por brindar el espacio académico que me permitió desarrollar mis capacidades profesionales y personales, así como por fomentar la investigación y la innovación como pilares fundamentales de la formación en ingeniería.

A la Facultad de Ingeniería, por su compromiso con la excelencia y por orientar a los estudiantes hacia la aplicación práctica del conocimiento para resolver problemáticas reales.

A mi asesora Mg. Marleny Mayani López Bastidas, por su valiosa orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Sus aportes técnicos y su guía constante fueron esenciales para alcanzar los objetivos propuestos.

A la Alcaldía Municipal de Cumbitara, Nariño, por su colaboración y disposición al proporcionar información y apoyo durante la ejecución del proyecto, contribuyendo de manera significativa al fortalecimiento de esta investigación.

A mis compañeros y amigos, por su ayuda, motivación y disposición para compartir conocimientos en cada etapa del proceso académico.

Finalmente, agradezco a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta meta, y por guiar cada paso de este camino con su infinita bondad y propósito.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 Objeto o Tema de Investigación.....	16
1.2 Línea de Investigación.....	16
1.2.1 Sublínea de Investigación.....	16
1.3 Planteamiento del problema.....	16
1.4 Formulación del problema.....	18
1.5 Objetivos.....	18
1.5.1. General.....	18
1.5.2. Específicos.....	18
1.6 Justificación.....	19
1.7 Viabilidad.....	20
1.7.1 Operativa.....	20
1.7.2 Técnica.....	21
1.7.3 Económica.....	21
1.8 Delimitación.....	22
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 Antecedentes	24
2.1.1 Internacionales.....	24
2.1.2 Nacionales.....	28
2.1.3 Regional	32
2.2 Supuestos teóricos de investigación.....	35
2.2.1 Accesibilidad y Digitalización en Zonas Rurales.....	35
2.2.2 Usabilidad y Satisfacción del Usuario	37
2.2.3 Mitigación de Barreras Administrativas mediante Soluciones Tecnológicas.....	38

2.2.4 Soluciones Tecnológicas para Zonas con Conectividad Limitada.....	39
2.2.5 Desarrollo Ágil con Scrum.	40
2.2.6 Participación Comunitaria mediante Soluciones Digitales.....	41
2.3 Variables de estudio	42
2.3.1 Variables independientes	42
2.3.2 Variables dependientes	42
2.4 Definición nominal de las variables.....	42
2.4.1 Aplicación Web.....	42
2.4.2 Accesibilidad a trámites.	43
2.4.3 Eficiencia administrativa.....	43
2.4.4 Participación comunitaria.....	43
2.4.5 Reducción de costos.....	44
2.4.6 Usabilidad de la herramienta.....	44
2.4.7 Satisfacción del usuario.....	44
2.5 Definición Operativa De Variables.....	45
2.5.1 Aplicación Web.....	45
2.5.2 Accesibilidad a trámites.	45
2.5.3 Eficiencia administrativa.....	45
2.5.4 Participación comunitaria.....	45
2.5.5 Reducción de costos.....	46
2.5.6 Usabilidad de la herramienta.....	46
2.5.7 Satisfacción del usuario.....	46
2.6 Formulación de hipótesis.....	46
2.6.1 Hipótesis de investigación.....	47
2.6.2 Hipótesis nula.....	47
2.6.3 Hipótesis alterna.....	47

3. METODOLOGÍA	48
3.1 Paradigma.....	48
3.2 Enfoque.	48
3.3 Método.....	48
3.4 Tipo de investigación.	49
3.5 Diseño de investigación.....	49
3.6 Población.....	50
3.7 Muestra.....	51
3.8 Técnicas de recolección de información.	51
3.9 Validez de las técnicas de recolección.	52
3.10 Confiabilidad de las técnicas de recolección.....	53
3.11 Instrumentos de recolección de información.....	53
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	54
4.1 Recolección y Análisis.	54
4.1.1 Recolección de datos e información preliminar.....	54
4.1.2 Análisis de datos recolectados.	55
4.1.3 Elaboración del informe de análisis de datos.....	58
4.2 Desarrollo del Sistema.....	60
4.2.1 Levantamiento de Requerimientos.....	60
4.2.2 Elaboración de casos de uso y diagramas UML	64
4.2.3 Diseño de mockups y prototipos de interfaz.	75
4.2.4 Desarrollo del sistema (codificación).....	79
4.3 Pruebas y validación.....	85
4.3.1 pruebas de autenticación y acceso.	85
4.3.2 Pruebas de gestión de solicitudes (ciudadanos).....	86
4.3.3 pruebas de panel administrativo.....	86

4.3.4	pruebas de compatibilidad y responsividad.....	86
4.3.5	pruebas de carga de archivos.....	87
4.3.6	Pruebas de estrés y carga.....	87
4.3.7	Información General de pruebas	88
4.3.8	pruebas de seguridad y validación.....	88
4.4	Validación del sistema mediante prueba piloto de usabilidad.....	89
4.4.1	Justificación Metodológica del Tamaño de Muestra	90
4.4.2	Triangulación con pruebas técnicas.....	91
4.5	Proceso de Desarrollo Ágil Implementado.....	91
4.5.1	Organización del Desarrollo en Sprints	91
4.5.2	Gestión de Requisitos mediante Product Backlog.....	93
4.5.3	Resultados de la Aplicación de Scrum.....	93
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	94
5.1	Validación Funcional del Sistema.....	94
5.2	Análisis de Seguridad y Privacidad.....	96
5.3	Compatibilidad y Accesibilidad	96
5.4	Impacto en Eficiencia Operativa	97
5.5	Validación de la Hipótesis.....	97
5.5.1	Verificación de la Hipótesis: Eliminación de Visitas Presenciales y Reducción de Costos	99
5.5.2	Verificación de la Hipótesis: Acogida y Usabilidad del Sistema	101
5.5.3	Síntesis de Verificación de Hipótesis.....	103
5.7	Replicabilidad y Escalabilidad	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA	108
	ANEXOS	115

LISTA DE TABLAS

TABLA I ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN	56
TABLA II ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE DEPORTES	57
TABLA III ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE CULTURA	57
TABLA IV REQUISITOS FUNCIONALES DEL SISTEMA	62
TABLA V REQUISITOS NO FUNCIONALES DEL SISTEMA	63
TABLA VI COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE GESTIÓN: MÉTODO TRADICIONAL VS. CUMBIGESTOR	99
TABLA VII COMPARACIÓN DE VISITAS Y COSTOS: MÉTODO TRADICIONAL VS. CUMBIGESTOR	100
TABLA VIII EVALUACIÓN DE USABILIDAD DEL SISTEMA CUMBIGESTOR	101
TABLA IX INDICADORES DE SATISFACCIÓN, ADOPCIÓN Y SEGURIDAD PERCIBIDA.....	102
TABLA X SÍNTESIS DE VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS MEDIANTE PRUEBA PILOTO	103

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. SCRUM.....	41
Fig. 2 Diagrama de casos de uso del Usuario Ciudadano	66
Fig. 3 Diagrama de casos de uso del Administrador.....	68
Fig. 4 Diagrama de clases.....	70
Fig. 5 Diagrama de estados	71
Fig. 6 Diagrama de flujo.....	72
Fig. 7 Diagrama de Secuencia.....	74
Fig. 8 Login.....	75
Fig. 9 Home User	76
Fig. 10 Mis Solicitudes.....	77
Fig. 11 Panel de administrador.....	78

ANEXOS

ANEXO 1	115
ANEXO 2	116
ANEXO 4	116
ANEXO 3	116
ANEXO 5	116

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo optimizar la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, Nariño, mediante el desarrollo e implementación de una aplicación web con enfoque en usabilidad. En las zonas rurales del municipio, los ciudadanos enfrentan dificultades asociadas a largos desplazamientos, altos costos y limitaciones de tiempo para realizar trámites presenciales, lo que genera barreras de acceso a los servicios públicos.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de tipo explicativo. Se aplicaron encuestas, pruebas de usabilidad y análisis comparativos de tiempos y costos, utilizando una muestra de 14 usuarios rurales. La herramienta fue desarrollada mediante la metodología ágil Scrum y evaluada a través de una prueba piloto.

Los resultados evidenciaron una reducción significativa en los tiempos de gestión, en el número de visitas presenciales y en los costos asociados a los desplazamientos, así como una mejora en la eficiencia administrativa y altos niveles de satisfacción y aceptación por parte de los usuarios. Se concluye que la aplicación web constituye una solución viable y efectiva para mejorar la accesibilidad, eficiencia y calidad de los servicios administrativos en contextos rurales, y representa un modelo replicable para otros municipios con características similares.

Palabras clave: trámites administrativos, gobierno digital, usabilidad, zonas rurales, accesibilidad, transformación digital.

ABSTRACT

The objective of this research is to optimize the management of administrative procedures in the education, sports, and culture offices of the municipality of Cumbitara, Nariño, through the development and implementation of a web application with a usability-oriented approach. In the rural areas of the municipality, citizens face difficulties related to long travel distances, high costs, and time constraints to carry out in-person procedures, which creates barriers to access public services.

The study was conducted under a quantitative approach, with a non-experimental and explanatory design. Surveys, usability tests, and comparative analyses of time and costs were applied using a sample of 14 rural users. The system was developed using the Scrum agile methodology and evaluated through a pilot test.

The results showed a significant reduction in processing times, the number of in-person visits, and transportation costs, as well as improvements in administrative efficiency and high levels of user satisfaction and acceptance. It is concluded that the web application represents a viable and effective solution to improve accessibility, efficiency, and quality of administrative services in rural contexts, and it constitutes a replicable model for other municipalities with similar characteristics.

Keywords: administrative procedures, digital government, usability, rural areas, accessibility, digital transformation.

INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales del municipio de Cumbitara, Nariño, las dinámicas administrativas tradicionales presentan múltiples desafíos, como largos desplazamientos, altos costos asociados y una significativa inversión de tiempo por parte de los ciudadanos. Estas barreras se ven agravadas por la falta de herramientas tecnológicas que modernicen y optimicen los procesos en áreas clave como educación, deporte y cultura, sectores fundamentales para el desarrollo social y comunitario.

Ante esta problemática, se hace evidente la necesidad de implementar soluciones tecnológicas innovadoras que respondan a las condiciones específicas de estas comunidades. La digitalización de trámites administrativos no solo representa un avance en la eficiencia operativa, sino que también constituye un paso hacia la equidad, al garantizar que los servicios públicos sean accesibles para quienes más enfrentan limitaciones por su ubicación geográfica.

Este proyecto propone el desarrollo de una herramienta tecnológica adaptada a las condiciones de conectividad de la región y diseñada bajo principios de usabilidad, con el propósito de transformar la interacción entre los ciudadanos y las instituciones públicas. Al priorizar una experiencia intuitiva y accesible, esta iniciativa busca no solo mejorar los procesos administrativos, sino también promover la inclusión y alfabetización digital en comunidades rurales, contribuyendo así al fortalecimiento de su tejido social.

El alcance del proyecto se centra en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, delimitando su implementación a trámites específicos y excluyendo factores externos como infraestructura física o mejoras de conectividad no relacionadas directamente con la herramienta. De esta manera, el proyecto busca sentar las bases para el desarrollo de iniciativas de gobierno digital que favorezcan la equidad y la inclusión tecnológica en las zonas rurales de la región.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Objeto o Tema de Investigación.

Optimización de Trámites Administrativos Públicos en las Zonas Rurales de Cumbitara, Nariño, mediante una Aplicación Web.

1.2 Línea de Investigación.

Gestión Empresarial.

Tiene como propósito aumentar la eficiencia y la productividad de las organizaciones, mediante la utilización de herramientas tecnológicas bajo el contexto de desarrollo sostenible, responsabilidad social y compromiso con el medio ambiente [1].

1.2.1 Sublínea de Investigación.

Sistemas de Gestión de la Calidad.

El proyecto busca optimizar los trámites administrativos mediante la implementación de un sistema tecnológico que mejora la eficiencia, reduce los tiempos de gestión y aumenta la satisfacción de los usuarios. Esto está alineado con el objetivo de los Sistemas de Gestión de la Calidad, que buscan establecer procesos ordenados y sistemáticos para cumplir los requisitos de los usuarios, en este caso, los ciudadanos de zonas rurales. Al incorporar principios de mejora continua y accesibilidad, la solución garantiza una gestión pública más eficiente y centrada en el ciudadano.

1.3 Planteamiento del problema.

En las zonas rurales del municipio de Cumbitara, Nariño, los habitantes enfrentan constantes dificultades para realizar trámites administrativos básicos debido a una dependencia de

procesos administrativos presenciales, causada por la ausencia de un software que permita gestionar los trámites de manera remota. Estas limitaciones generan un escenario de exclusión tecnológica que afecta a quienes dependen de las oficinas de la alcaldía para gestionar documentos o acceder a servicios [2].

Para estos ciudadanos, realizar un trámite implica recorrer largas distancias hasta la cabecera municipal, este proceso no solo implica un alto costo económico y de tiempo, sino que, en muchas ocasiones, estos viajes son en vano debido a la falta de información clara sobre los requisitos para dichos trámites y horarios restringidos de atención en las oficinas municipales.

Esta problemática no solo impacta a los ciudadanos, sino también a la administración municipal. Las oficinas de educación, deporte y cultura que son las dependencias en las cuales se enfocara este proyecto carecen de herramientas digitales que permitan automatizar los procesos administrativos o facilitar el acceso remoto a los servicios. Actualmente, todo se realiza de manera presencial, lo que no solo incrementa los tiempos de atención, sino que también limita la capacidad de respuesta de los trámites. Sumado a eso, no existen mecanismos que permitan a los usuarios realizar un seguimiento digital de sus solicitudes, recibir notificaciones o completar gestiones desde sus hogares, una necesidad crítica en zonas con conectividad limitada[3].

Para ilustrar esta realidad, consideremos el caso de los docentes de escuelas rurales que deben entregar documentos administrativos. Muchos de ellos tienen que viajar personalmente o depender de terceros para garantizar la gestión de matrículas y otros trámites escolares. Estos desplazamientos generan retrasos significativos y, en algunos casos, costos adicionales que las escuelas rurales no están en condiciones de asumir. En el ámbito cultural y deportivo, la situación no es diferente: la falta de una vía digital para enviar solicitudes limita la organización de eventos comunitarios y restringe la participación de los ciudadanos en actividades que podrían fortalecer la integración social [4].

En este contexto, surge la necesidad de implementar una Aplicación Web que permitan a los ciudadanos gestionar sus trámites de manera remota, garantizando la accesibilidad y eficiencia en el proceso para enviar sus solicitudes a la alcaldía.

Estas soluciones no solo ayudarían a mitigar las barreras actuales, sino que también modernizarían la gestión pública en estas dependencias de la alcaldía, promoviendo un gobierno más inclusivo y conectado con las necesidades de la comunidad rural.

Si esta problemática no es abordada adecuadamente, es previsible que la brecha en el acceso a los servicios educativos, deportivos y culturales entre las zonas urbanas y rurales se mantenga o incluso se agrave. Esto no solo afectará la capacidad de los docentes y las comunidades de gestionar sus trámites a tiempo, sino que también limitará la participación de la población en actividades deportivas y culturales, lo que podría disminuir el desarrollo social en estas áreas. Por otro lado, la continuación con procesos presenciales incrementará los costos de gestión tanto para los ciudadanos como para la administración municipal.

1.4 Formulación del problema.

¿Cómo optimizar la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura de Cumbitara, Nariño para mejorar la accesibilidad, la eficiencia de los procesos y la experiencia del usuario?

1.5 Objetivos.

1.5.1. General.

Implementar una aplicación web que permita optimizar la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura de Cumbitara, Nariño, mejorando la accesibilidad, la eficiencia de los procesos y la experiencia del usuario mediante técnicas de usabilidad.

1.5.2. Específicos.

- caracterizar los trámites y documentos más solicitados en las áreas de educación, deporte y cultura por los habitantes rurales, para determinar cuáles se beneficiarían más de la digitalización y priorizar su implementación en la herramienta.

- Desarrollar una herramienta web que permita la gestión remota de trámites administrativos, aplicando técnicas de usabilidad para asegurar una experiencia de usuario intuitiva y accesible desde diversos dispositivos.
- Evaluar la usabilidad y efectividad de la aplicación web mediante pruebas piloto con usuarios rurales, recopilando retroalimentación para identificar mejoras y ajustar su funcionalidad.

1.6 Justificación.

En las zonas rurales del municipio de Cumbitara, Nariño, los ciudadanos enfrentan grandes dificultades para acceder a trámites administrativos en áreas clave como educación, deporte y cultura. La necesidad de desplazarse largas distancias, asumir costos económicos significativos y destinar un tiempo considerable para realizar gestiones básicas no solo impacta negativamente en su calidad de vida, sino que también perpetúa una brecha de exclusión tecnológica y administrativa. Esta problemática se alinea directamente con los objetivos de la Ley Anti trámites, que establece como prioridad la reducción de cargas administrativas para los ciudadanos a través de la simplificación y digitalización de procesos[5], [6] Por otro lado, el programa Cero Papel promueve la transformación digital como un medio para disminuir el uso de recursos físicos, como el papel, y adoptar plataformas tecnológicas que optimicen la gestión pública, reduciendo los tiempos y costos asociados a los trámites [7].

Asimismo, las políticas de Gobierno en Línea destacan la importancia de implementar herramientas tecnológicas para garantizar un acceso equitativo a los servicios públicos, particularmente en comunidades rurales donde las barreras geográficas y tecnológicas son más evidentes. Este proyecto no solo responde a estos lineamientos legales y programáticos, sino que también representa una solución práctica para materializar dichos objetivos en un contexto específico como el de Cumbitara.

Este proyecto se presenta como una solución concreta a esta problemática mediante la implementación de una aplicación web que permita gestionar trámites de manera remota, lo cual permitirá que los ciudadanos puedan gestionar sus trámites desde casa o cualquier lugar. Diseñada con un enfoque en usabilidad y accesibilidad, la propuesta busca cerrar la brecha existente entre

las zonas urbanas y rurales en el acceso a los servicios públicos, reduciendo la necesidad de desplazamientos y ahorrando tiempo y dinero. Al transformar estas gestiones en procesos más simples modernizando y optimizando los procesos administrativos promoviendo una interacción más eficiente y cercana entre los ciudadanos y las oficinas encargadas de estas áreas [8].

La importancia de este proyecto radica en que no solo resuelve una necesidad inmediata, sino que también transforma la manera en que los ciudadanos interactúan con los servicios ofrecidos por estas dependencias de la alcaldía. Al facilitar el acceso a estos trámites se impulsa el fortalecimiento de estas áreas como pilares del desarrollo comunitario, promoviendo mayor participación, inclusión y equidad en las zonas rurales devolviendo a los habitantes de Cumbitara algo tan valioso como su tiempo [9].

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, esta iniciativa no solo contribuye al desarrollo tecnológico de la administración pública local, sino que también representa un modelo replicable para otras comunidades con características similares. Esto constituye un paso significativo hacia una gestión pública más eficiente, accesible y comprometida con el desarrollo social, promoviendo una mayor equidad y mejorando la calidad de vida de los habitantes de zonas rurales. [10].

1.7 Viabilidad.

1.7.1 Operativa.

La viabilidad de este proyecto se sustenta en varios factores clave que garantizan su éxito. En cuanto a los recursos humanos, el equipo de investigación cuenta con estudiantes de Ingeniería de Sistemas capacitados en el desarrollo de aplicaciones móviles y herramientas web, así como un asesor experto para la ayuda en gestión documental. A su vez, se cuenta con el apoyo institucional de la Alcaldía de Cumbitara, que proporcionará información sobre los trámites municipales y participará en la etapa de pruebas piloto, asegurando que la solución tecnológica esté alineada con las necesidades reales del municipio. En términos logísticos, el proyecto dispone del software, las herramientas de desarrollo y pruebas necesarias, así como acceso a la infraestructura tecnológica del municipio, que incluye puntos Vive Digital en las áreas donde se realizarán las pruebas piloto[11]. Sumado a eso, la conectividad a internet está garantizada por empresas privadas que

operan en la región, lo que facilita la implementación del sistema en etapas, comenzando con una prueba piloto en una comunidad rural. Estos elementos combinados aseguran que el proyecto es completamente viable, tanto desde el punto de vista técnico como institucional y logístico, permitiendo desarrollar una solución que realmente impacte de manera positiva en las comunidades rurales de Cumbitara.

1.7.2 Técnica.

La viabilidad técnica del proyecto es sólida, considerando que se cuenta con las herramientas tecnológicas y el conocimiento necesario para su desarrollo. La aplicación móvil será desarrollada utilizando Flutter con el lenguaje Dart, empleando el entorno de desarrollo Visual Studio Code. Flutter permite la creación de aplicaciones multiplataforma con una única base de código, lo que optimiza los recursos y facilita el mantenimiento de la aplicación. Para el almacenamiento y gestión de datos, se implementará Firebase en su plan Spark (gratuito), una solución en la nube que ofrece servicios de base de datos NoSQL (Firestore), autenticación de usuarios, esencial para zonas con conectividad intermitente. Adicionalmente, se utilizará un dominio externo para facilitar el acceso universal a la plataforma, asegurando una experiencia fluida e intuitiva para los usuarios. Por otro lado, el equipo de desarrollo cuenta con el conocimiento técnico necesario en el uso de Flutter, integración de bases de datos en la nube (Firebase) y desarrollo de aplicaciones multiplataforma, lo que garantiza la capacidad para implementar el sistema de manera exitosa, asegurando escalabilidad, seguridad y sincronización en tiempo real.

1.7.3 Económica.

La viabilidad económica del proyecto es favorable debido a la optimización de recursos y la reducción de costos asociados. En primer lugar, se utilizarán herramientas de software libre, como Flutter con Dart y Visual Studio Code, las cuales no requieren licencias ni suscripciones, disminuyendo significativamente los gastos relacionados con el desarrollo de la aplicación. Así mismo, la adopción de soluciones tecnológicas de bajo costo como firebase, en su plan Spark, proporciona almacenamiento en la nube, autenticación y sincronización de datos de manera gratuita, reduciendo los gastos operativos a cero durante la fase de desarrollo y pruebas Solo se

incurrirá en un costo único por el registro de un dominio externo (aproximadamente \$150.000 COP), necesario para garantizar acceso universal a la plataforma, asegurando la accesibilidad sin comprometer la sostenibilidad financiera del proyecto.

Por otro lado, se destaca el apoyo institucional como un factor clave para minimizar los costos operativos. Durante la fase de pruebas piloto, no será necesario contratar personal adicional, ya que se contará con la colaboración del equipo administrativo de la alcaldía y el asesor de la Universidad CESMAG. Asimismo, la disponibilidad de Puntos Vive Digital en la región garantizará acceso gratuito a internet en las zonas rurales, facilitando la ejecución de pruebas y la interacción de los usuarios con la herramienta sin generar costos adicionales, sumado a esto la conexión a internet se garantía por medio de empresas privadas que funcionan ofreciendo planes de internet en la región.

En conjunto, estos factores reflejan una planificación económica eficiente que asegura que el proyecto pueda ejecutarse dentro de los límites presupuestarios previstos, maximizando el uso de los recursos existentes y minimizando los gastos innecesarios. La viabilidad alta del proyecto radica en su capacidad de aprovechar herramientas gratuitas e infraestructura ya disponible, lo que lo hace económicamente sostenible y accesible para su implementación en el contexto de Cumbitara.

1.8 Delimitación.

Para realizar una investigación efectiva y centrada en las variables clave, es fundamental delimitar el alcance del estudio en términos geográficos, temporales, poblacionales y temáticos. Esta investigación se enfoca en el diseño, desarrollo e implementación de una aplicación web que permita la gestión remota de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, Nariño. La herramienta está orientada a optimizar los procesos administrativos, facilitando el acceso a los servicios públicos para los ciudadanos rurales y reduciendo la dependencia de traslados físicos. Esta delimitación aborda de manera específica las barreras geográficas y administrativas que dificultan el acceso a estos trámites, modernizando los procesos y promoviendo una interacción más eficiente entre los usuarios y la administración municipal. A continuación, se detallan los límites de la investigación, los cuales se han establecido para garantizar la viabilidad y precisión del estudio:

Ámbito Geográfico: Esta investigación se llevará a cabo en el municipio de Cumbitara, Nariño, con un enfoque específico en las zonas rurales que se encuentran más alejadas de la cabecera municipal. Las áreas de estudio incluirán aquellas comunidades que dependen de los trámites realizados en las oficinas de educación, deporte y cultura de la alcaldía. Estas zonas enfrentan barreras geográficas significativas para acceder a los servicios administrativos.

Ámbito Temporal: El período de la investigación abarcará desde febrero de 2025 hasta noviembre de 2025, permitiendo la implementación y evaluación de la herramienta digital en un ciclo completo de trámites relacionados con educación, deporte y cultura.

Población o Muestra: La población objetivo de esta investigación estará compuesta por los docentes de las escuelas rurales, profesores de actividades deportivas y culturales, y los ciudadanos que requieran realizar trámites administrativos relacionados con estas áreas. Dada la limitación de tiempo y recursos, se trabajará con una muestra representativa de usuarios seleccionados de las comunidades más afectadas por la falta de acceso a los servicios digitales.

Tecnologías y Metodologías: La investigación utilizará una herramienta digital para la gestión de trámites administrativos que permita la subida de documentos en modo diferido y la subida de documentos por lotes, adaptándose a la conectividad limitada de las zonas rurales. Se emplearán encuestas para medir la accesibilidad y satisfacción de los usuarios con la herramienta, junto con análisis estadísticos para evaluar la optimización en la eficiencia administrativa. Por otro lado, se utilizará la metodología Scrum para el desarrollo ágil de la herramienta, permitiendo iteraciones rápidas basadas en la retroalimentación de los usuarios.

Contexto Institucional: El proyecto se desarrollará en colaboración con las oficinas de educación, deporte y cultura de la alcaldía de Cumbitara. Se contará con el apoyo del personal administrativo para evaluar los trámites más solicitados, priorizar su digitalización y ajustar la herramienta a las necesidades operativas de estas dependencias, asegurando una integración fluida con los procesos institucionales.

Alcance Temático: El enfoque de la investigación estará dirigido a optimizar el acceso a los trámites administrativos de las oficinas de educación, deporte y cultura. Se evaluará la eficacia de la herramienta digital para reducir los tiempos de gestión, los costos asociados a los traslados y las barreras de acceso en las zonas rurales. No se abordarán otros factores externos a la digitalización.

de los trámites, como la infraestructura física o mejoras en la conectividad regional que no estén directamente relacionados con el proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 *Antecedentes*.

2.1.1 *Internacionales*.

Los antecedentes internacionales son esenciales para comprender cómo otros países han abordado problemas similares al contexto de la investigación en Cumbitara. A través del análisis de estudios previos, es posible identificar factores clave, enfoques exitosos y desafíos en la implementación de soluciones digitales en áreas rurales. Este análisis contribuye a enriquecer el marco teórico del proyecto, permitiendo adaptar las mejores prácticas y lecciones aprendidas a la realidad de Cumbitara.

2.1.1.1 *Brecha digital, factores que inciden en su aparición: acceso a internet en Paraguay*

Este estudio investiga la brecha digital en Paraguay, centrándose en factores socioeconómicos y geográficos que limitan el acceso a internet. Utilizando datos de la Encuesta Permanente de Hogares 2017, Chamorro destaca que la exclusión digital está relacionada con la falta de infraestructura tecnológica, la pobreza y la educación limitada sobre el uso de las TIC. La investigación concluye que las zonas rurales enfrentan un acceso desigual a servicios digitales, lo que genera una brecha que afecta su capacidad de realizar trámites y acceder a servicios administrativos en línea. La relevancia para Cumbitara es clara, dado el hecho de que la falta de acceso a internet en comunidades rurales afecta la posibilidad de implementar herramientas tecnológicas que faciliten trámites administrativos. La investigación proporciona un marco para comprender las barreras de conectividad y la importancia de adaptar soluciones tecnológicas a las limitaciones de infraestructura y habilidades de la población rural[12].

2.1.1.2 Factores derivados de la pobreza multidimensional que afectan la usabilidad del e-gobierno en México.

Carrera Mora y sus colaboradores examinan cómo la pobreza multidimensional influye en la usabilidad de servicios de gobierno electrónico en México. La investigación identifica que factores como la falta de infraestructura tecnológica, habilidades digitales y acceso a dispositivos afectan la capacidad de la población para interactuar con herramientas de e-gobierno. A través de encuestas y análisis de datos socioeconómicos, los autores concluyen que el desarrollo de servicios digitales exitosos debe considerar no solo la implementación tecnológica, sino también la capacitación y accesibilidad para los usuarios. Este estudio es muy relevante para la propuesta de Cumbitara, porque resalta la importancia de diseñar herramientas digitales que se adapten a las condiciones y necesidades de comunidades rurales con limitaciones tecnológicas. La usabilidad es un punto crucial, y la investigación sugiere que el enfoque debe estar en crear interfaces intuitivas que faciliten la experiencia del usuario y permitan superar las barreras socioeconómicas [13].

2.1.1.3 Educación inclusiva y accesibilidad digital.

De Souza Godinho y colaboradores realizan una revisión sistemática sobre la relación entre educación inclusiva y accesibilidad digital. El estudio resalta cómo la tecnología puede eliminar barreras educativas, especialmente para personas con discapacidades, y garantizar igualdad de derechos y acceso a la información. Uno de los puntos centrales de la investigación es la importancia de diseñar herramientas digitales inclusivas y fáciles de usar para todos los grupos de la población. Aunque el enfoque de este estudio es la accesibilidad para personas con discapacidades, sus hallazgos sobre la necesidad de interfaces intuitivas y accesibles son valiosos para cualquier contexto de implementación de tecnologías digitales. En el caso de Cumbitara, garantizar que la herramienta sea accesible para usuarios con diferentes niveles de alfabetización digital es esencial para el éxito de la solución tecnológica propuesta [14].

2.1.1.4 Evaluación de la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje para usuarios de las zonas rurales del Perú utilizando la norma ISO/IEC 25010.

Este trabajo evalúa la usabilidad de entornos virtuales de aprendizaje (EVA) como Moodle y Canvas, para usuarios rurales de Perú, empleando la norma ISO/IEC 25010 como marco de evaluación. Los autores consideran la accesibilidad, eficiencia, y facilidad de aprendizaje de estas herramientas, concluyendo que ambas son usables para estudiantes rurales. Aunque el contexto de la investigación es educativo, el enfoque en la evaluación de usabilidad aporta consideraciones relevantes sobre cómo diseñar y medir la facilidad de uso de herramientas digitales para usuarios rurales. La aplicación de estándares internacionales de usabilidad, como ISO/IEC 25010, puede ser un referente para evaluar y mejorar la experiencia de usuario de la herramienta de trámites administrativos propuesta para Cumbitara, garantizando que la herramienta digital sea efectiva para la población objetivo [15].

2.1.1.5 Propuesta de plataforma digital para la atención de los trámites administrativos de la Municipalidad Provincial de Condorcanqui

Poma Muñoz propone una herramienta digital para mejorar la atención de trámites administrativos en la Municipalidad de Condorcanqui, en Perú, un contexto geográfico y administrativo similar al de Cumbitara. La investigación aborda la implementación de una herramienta digital que permite a los usuarios realizar trámites sin necesidad de desplazarse físicamente, reduciendo barreras geográficas y mejorando la eficiencia administrativa. La experiencia de Condorcanqui demuestra que la digitalización de servicios públicos en zonas rurales es factible y puede resultar en un incremento de la eficiencia de los servicios y una mayor satisfacción de los ciudadanos. Esta propuesta es un antecedente directo para la investigación en Cumbitara, dado que ambas buscan ofrecer soluciones digitales a problemas administrativos en contextos rurales, lo que resalta la importancia de adaptar la tecnología a las necesidades locales y a las capacidades tecnológicas de la comunidad [16].

2.1.1.6 Repercusión e importancia de la automatización del trámite documentario en las instituciones públicas.

Este estudio analiza la repercusión de la automatización de trámites documentales en instituciones públicas y cómo esto mejora la eficiencia de los procesos administrativos. Los autores destacan que la digitalización permite reducir el tiempo de espera y simplificar la gestión de documentos, lo que se traduce en una mejor prestación de servicios al ciudadano. La automatización también facilita la transparencia y el seguimiento de trámites, factores importantes para mejorar la confianza en las instituciones públicas. Este enfoque sobre la simplificación de trámites y la mejora de la eficiencia es relevante para el contexto de Cumbitara, donde la implementación de una herramienta digital puede facilitar la gestión de trámites de manera más eficaz y reducir la carga administrativa de las oficinas locales [17].

2.1.1.7 De la simplificación administrativa a la calidad regulatoria.

El estudio de Moreno & Gallo Aponte examina la relación entre la simplificación administrativa y la calidad regulatoria, destacando que la reducción de trámites burocráticos mejora la eficiencia y la calidad de los servicios públicos. La investigación muestra que la simplificación administrativa no solo beneficia a los ciudadanos al hacer los procesos más rápidos y fáciles, sino que también optimiza el trabajo de las instituciones públicas al reducir la carga burocrática. Este análisis es pertinente para la propuesta de Cumbitara, donde la digitalización y simplificación de trámites administrativos se plantea como una estrategia para mejorar la eficiencia y calidad de los servicios ofrecidos a la comunidad rural [18].

2.1.1.8 Eficiencia digital: e-government en la gestión administrativa de la municipalidad provincial de puno, Perú.

Nina Flores y colaboradores exploran cómo la digitalización ha impactado la gestión administrativa en la Municipalidad Provincial de Puno, Perú. La investigación muestra que la implementación de herramientas digitales ha resultado en una mayor eficiencia en los procesos administrativos, facilitando la atención al ciudadano y reduciendo la carga de trabajo para el

personal administrativo. La experiencia de Puno ofrece un modelo sobre cómo la modernización de la gestión pública a través de tecnologías digitales puede mejorar significativamente la prestación de servicios en contextos rurales. Esta evidencia respalda el enfoque de utilizar herramientas digitales como una solución efectiva para mejorar la gestión administrativa y reducir las barreras de acceso a trámites públicos [19].

2.1.2 Nacionales.

2.1.2.1 Brecha digital e inclusión digital: fenómenos socio-tecnológicos.

Este estudio explora cómo la brecha digital afecta el acceso a servicios tecnológicos en Colombia, particularmente en zonas rurales. Los autores argumentan que la falta de infraestructura adecuada y el limitado acceso a dispositivos tecnológicos perpetúan la exclusión digital. También, subrayan que la inclusión digital no se trata únicamente de ofrecer acceso a internet, sino de garantizar que las personas puedan utilizar las tecnologías de manera efectiva, comprendiendo su uso y sus beneficios [20].

Este análisis es crucial para el proyecto de Cumbitara, al evidenciar la importancia de no solo implementar una herramienta digital, sino también considerar las condiciones socioeconómicas que afectan su adopción. La investigación enfatiza la necesidad de formar a los usuarios en competencias digitales básicas, un aspecto que también debería considerarse en el diseño e implementación de la herramienta para trámites administrativos en Cumbitara. Al integrar estos elementos, la herramienta puede no solo reducir las barreras geográficas, sino también contribuir a la inclusión digital al enseñar a los usuarios cómo utilizarla de manera eficiente. En este sentido, el estudio aporta un marco teórico relevante para abordar las limitaciones tecnológicas de la población rural.

2.1.2.2 Alfabetización digital: Un ejercicio para la construcción de paz desde la localidad de Suba (Bogotá, Colombia).

Este estudio, realizado en la localidad de Suba en Bogotá, explora cómo la alfabetización digital puede contribuir a la construcción de paz en comunidades vulnerables. La investigación utiliza la Investigación Acción Participativa (IAP) para promover el uso de las TIC como herramienta educativa y social, fomentando la inclusión y la participación comunitaria. Se resalta que, para que las tecnologías tengan un impacto significativo, las personas deben estar capacitadas en su uso, lo que implica la creación de programas educativos que promuevan la inclusión digital [21].

Aunque este estudio se centra en un contexto urbano, sus hallazgos sobre la importancia de la alfabetización digital son directamente aplicables al contexto rural de Cumbitara. Al igual que en Suba, es esencial que la población de Cumbitara no solo tenga acceso a la herramienta digital, sino que también comprenda cómo utilizarla para gestionar trámites. Adicionalmente, este enfoque sobre la alfabetización tecnológica refuerza la idea de que la implementación de tecnologías en zonas rurales debe ir acompañada de programas educativos y de capacitación. El estudio también aporta una perspectiva sobre cómo la tecnología puede fomentar la participación comunitaria, un aspecto importante para garantizar que la herramienta sea adoptada por los usuarios locales.

2.1.2.3 Implementación de la política pública de gobierno digital en los procedimientos y trámites de la Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias.

Este trabajo de grado analiza cómo la Alcaldía de Cartagena ha implementado la política pública de gobierno digital en la gestión de trámites administrativos. El estudio evalúa el impacto de estas políticas en la eficiencia de los servicios públicos, concluyendo que la digitalización ha mejorado significativamente los tiempos de respuesta y la calidad del servicio ofrecido a los ciudadanos. Por otro lado, también destaca que la falta de infraestructura tecnológica y capacitación digital siguen siendo obstáculos importantes para la plena adopción de estas herramientas [22].

La relevancia de este estudio para el proyecto en Cumbitara radica en su enfoque sobre la implementación de políticas digitales a nivel local. Aunque Cartagena es una ciudad, las lecciones aprendidas sobre los desafíos de implementar una política de gobierno digital pueden aplicarse a

un contexto rural. El estudio subraya la importancia de adaptar las políticas de digitalización a las realidades locales, lo cual es crucial en el caso de Cumbitara, donde las limitaciones tecnológicas y la infraestructura son factores clave a considerar en el diseño de la herramienta. Asimismo, resalta la necesidad de capacitar a los funcionarios públicos en el uso de nuevas tecnologías, lo que puede ser vital para el éxito de la propuesta en Cumbitara.

2.1.2.4 Evaluación de Impacto del Gobierno Digital en Colombia: Hacia una nueva metodología.

Este informe de la OCDE evalúa el impacto de las políticas de gobierno digital en Colombia y propone una nueva metodología para medir su efectividad. El informe destaca que la estrategia de gobierno digital ha aumentado la satisfacción ciudadana, permitiendo a más personas acceder a servicios públicos de manera más eficiente. Al mismo tiempo, también señala que la metodología actual de evaluación es insuficiente para medir de manera precisa el impacto real de estas políticas, proponiendo mejoras en los indicadores y herramientas de medición [23].

El estudio aporta una perspectiva valiosa para la evaluación del éxito de la herramienta digital propuesta en Cumbitara. La importancia de contar con una metodología clara para medir el impacto de la digitalización es un aspecto que debe considerarse desde el diseño de la herramienta. La propuesta puede beneficiarse de los lineamientos de la OCDE, adoptando indicadores clave para medir la eficiencia, la satisfacción de los usuarios y la efectividad de la digitalización en mejorar los trámites administrativos. Cabe mencionar que este informe refuerza la importancia de evaluar continuamente la herramienta una vez implementada, para asegurar que cumpla con los objetivos establecidos.

2.1.2.5 Implementación del Gobierno Electrónico en tres Municipios de Sexta Categoría en Colombia: Un estudio de caso.

Este estudio de caso analiza la implementación del gobierno electrónico en tres municipios de sexta categoría en Colombia, que, al igual que Cumbitara, enfrentan retos significativos en cuanto a infraestructura tecnológica y acceso a internet. El estudio concluye que la falta de recursos económicos, la limitada conectividad y la falta de voluntad política son las principales barreras

para la adopción del gobierno electrónico en estas áreas. Sumado a eso se destaca que los bajos niveles de alfabetización digital entre los habitantes rurales agravan estas dificultades, pues la población carece de las habilidades necesarias para interactuar con herramientas digitales [24].

Este estudio es particularmente relevante para la investigación en Cumbitara, al ofrecer un análisis detallado de los desafíos que enfrentan los municipios rurales en Colombia al implementar tecnologías digitales. Los hallazgos subrayan la importancia de diseñar herramientas que sean accesibles para usuarios con bajo nivel de alfabetización digital y que se adapten a las limitaciones tecnológicas del entorno rural. También resalta la necesidad de contar con un apoyo institucional fuerte y recursos suficientes para garantizar la sostenibilidad de la herramienta.

2.1.2.6 Políticas públicas de inclusión digital en Colombia: Una evaluación del Plan Vive Digital I (2010-2014).

Este estudio evalúa el impacto del Plan Vive Digital I en Colombia, una política pública diseñada para mejorar la conectividad en el país. Aunque el plan tuvo éxito en aumentar la infraestructura de telecomunicaciones, el estudio concluye que el acceso a internet no es suficiente para garantizar la inclusión digital. Los autores señalan que la falta de competencias digitales sigue siendo un obstáculo importante, lo que impide que muchos colombianos, especialmente en zonas rurales, utilicen las TIC de manera efectiva [25].

Este análisis es directamente aplicable a Cumbitara, porque, aunque mejorar la conectividad es un paso crucial, la inclusión digital también requiere que los usuarios sean capaces de interactuar con las tecnologías. El estudio refuerza la idea de que la herramienta digital en Cumbitara debe ir acompañada de programas de capacitación que enseñen a los usuarios cómo utilizarla. Igualmente, sugiere que la implementación de la herramienta debe considerar no solo las limitaciones de infraestructura, sino también la necesidad de fomentar una alfabetización digital efectiva entre los usuarios rurales.

Estos antecedentes nacionales ofrecen un panorama completo de los desafíos y oportunidades que enfrenta Colombia en cuanto a la digitalización y la inclusión tecnológica, proporcionando una base sólida para el desarrollo de una herramienta de trámites públicos que responda a las necesidades específicas de la población de Cumbitara.

2.1.3 Regional

2.1.3.1 Unión Temporal Sistema Tecnológico en el Plan Nariño Vive Digital.

Este proyecto, parte del Plan Vive Digital de Nariño, se centró en la mejora de la infraestructura tecnológica y la educación mediante la creación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) para las instituciones educativas de la región. Con el objetivo de cerrar la brecha digital en zonas rurales, el proyecto implementó portales educativos y capacitó a docentes en el uso de tecnologías digitales para mejorar los procesos pedagógicos y administrativos en las escuelas. Se hizo un esfuerzo significativo para promover el uso de las TIC en áreas rurales y garantizar que tanto estudiantes como docentes pudieran aprovechar al máximo las herramientas digitales para la educación [26].

Este estudio aporta valiosas lecciones para la investigación en Cumbitara, al mostrar cómo la tecnología puede ser utilizada para mejorar la accesibilidad y facilitar procesos complejos, como los trámites administrativos. En este contexto, la inclusión de portales educativos muestra que, con la adecuada infraestructura y capacitación, las zonas rurales pueden beneficiarse de soluciones tecnológicas diseñadas para mejorar la calidad de los servicios. La experiencia del Plan Vive Digital también subraya la importancia de un enfoque integral, que no solo provee tecnología, sino que también forma a los usuarios para que puedan aprovecharla de manera efectiva. Esta visión puede ser aplicada al diseño de la herramienta para los trámites en las oficinas de educación, deporte y cultura de Cumbitara.

2.1.3.2 Gobierno Electrónico en la Gobernación de Nariño.

Este estudio analiza la implementación del gobierno electrónico en la Gobernación de Nariño entre 2017 y 2018, centrándose en cómo la tecnología ha sido utilizada para promover la participación ciudadana y mejorar la transparencia en la gestión pública. La herramienta de gobierno electrónico permitió a los ciudadanos interactuar con la administración local de manera más eficiente, proporcionando acceso a información pública y facilitando trámites en línea. El estudio también señala que, aunque la implementación fue exitosa en varios aspectos, aún persisten

desafíos relacionados con la adopción de estas tecnologías por parte de la población, debido a la limitada conectividad y los bajos niveles de alfabetización digital en las zonas rurales[27].

La relevancia de este estudio para el proyecto en Cumbitara radica en su análisis de la interacción entre ciudadanos y el gobierno a través de herramientas digitales. La experiencia de Nariño demuestra que la digitalización de servicios públicos puede mejorar la eficiencia administrativa y la satisfacción de los ciudadanos, pero también subraya la importancia de acompañar estas iniciativas con programas que promuevan la alfabetización digital y la inclusión tecnológica en las comunidades rurales. Estos elementos son cruciales para asegurar que la herramienta digital propuesta en Cumbitara no solo sea accesible, sino también efectiva en la resolución de problemas administrativos.

2.1.3.3 Fortalecimiento de Capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación en las Comunidades Rurales de Nariño.

Este proyecto, financiado por el Sistema General de Regalías, se enfocó en la implementación de laboratorios vivientes en comunidades rurales de Nariño para fomentar la apropiación de tecnologías y el desarrollo de soluciones innovadoras. A través de estos laboratorios, las comunidades locales participaron activamente en la identificación y resolución de problemas locales utilizando tecnologías digitales. El proyecto también promovió la colaboración entre instituciones educativas, gubernamentales y comunitarias para desarrollar capacidades en ciencia, tecnología e innovación, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida en las zonas rurales[28]

La investigación aporta un marco útil para el proyecto en Cumbitara, al evidenciar la importancia de integrar a las comunidades locales en los proyectos de desarrollo tecnológico. En lugar de ser meros usuarios pasivos, las comunidades rurales deben ser involucradas en la adopción y uso de nuevas tecnologías para asegurar que estas soluciones realmente respondan a sus necesidades. El fortalecimiento de capacidades tecnológicas es un componente esencial para el éxito de la herramienta digital que se propone, al facilitar que los usuarios comprendan mejor su funcionamiento y la utilicen de manera eficiente. Sumado a eso, el enfoque colaborativo entre diferentes sectores que plantea este estudio puede ser replicado en el desarrollo y despliegue de la herramienta en Cumbitara.

2.1.3.4 Plan Estratégico de Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

El Plan Estratégico de TIC de la Gobernación de Nariño es una iniciativa clave para la transformación digital de la región, enfocada en reducir la brecha digital y mejorar la conectividad, especialmente en zonas rurales. El plan establece objetivos claros para aumentar la conectividad a internet en áreas de difícil acceso, promover la adopción de tecnologías en la administración pública y fomentar el desarrollo de habilidades digitales en la población. Se reconocen los desafíos relacionados con la infraestructura tecnológica y la necesidad de integrar soluciones que sean sostenibles a largo plazo, tanto en términos técnicos como en el aspecto humano, capacitando a la población en el uso de estas tecnologías[29].

Este plan ofrece un contexto importante para la implementación de la herramienta digital en Cumbitara, al resaltar la importancia de la conectividad como base para cualquier iniciativa digital. También, destaca que no basta con ofrecer acceso a la tecnología, sino que es crucial que los usuarios sean capacitados y que se diseñen sistemas que puedan ser mantenidos a largo plazo. La herramienta de trámites administrativos que se propone en Cumbitara deberá alinearse con estos objetivos estratégicos, asegurando que los ciudadanos puedan acceder a los servicios desde cualquier parte del municipio, siempre que tengan una conexión a internet adecuada.

2.1.3.5 Política de Gobierno Digital del Concejo de Pasto.

Este documento describe la política de gobierno digital implementada por el Concejo de Pasto con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios públicos mediante la digitalización de procesos y la adopción de nuevas tecnologías. La política subraya la importancia de la eficiencia y la transparencia en la administración pública, así como la necesidad de reducir la burocracia y facilitar el acceso de los ciudadanos a los trámites gubernamentales. Asimismo, la política de gobierno digital busca fomentar la confianza de los ciudadanos en la administración pública al mejorar la interacción entre el estado y la ciudadanía a través de herramientas tecnológicas[30].

Este estudio es relevante para el desarrollo de la herramienta en Cumbitara porque proporciona un modelo claro de cómo una administración pública puede implementar tecnologías digitales para mejorar la eficiencia y la transparencia en la prestación de servicios. La experiencia

de Pasto demuestra que, con una estrategia bien definida, es posible simplificar los procesos burocráticos y aumentar la satisfacción de los ciudadanos. Esta visión de gobierno digital es coherente con los objetivos del proyecto en Cumbitara, y puede servir como guía para estructurar las funcionalidades y características de la herramienta de trámites administrativos.

2.1.3.6 Programa de Gestión Documental en Corponariño.

El Programa de Gestión Documental de Corponariño detalla los procedimientos técnicos y normativos para la organización, conservación y gestión de documentos públicos. El enfoque está en asegurar la transparencia y la eficiencia en la gestión de archivos, utilizando herramientas digitales para organizar y acceder a la información de manera más rápida y eficiente. La implementación de sistemas de gestión documental también tiene como objetivo reducir la cantidad de documentos en papel y mejorar la trazabilidad y seguridad de la información [31].

Este programa aporta una perspectiva valiosa para el proyecto en Cumbitara, considerando que la gestión documental es un componente esencial para el correcto funcionamiento de la herramienta de trámites. El estudio subraya la importancia de contar con un sistema sólido para la organización y preservación de los documentos digitales enviados por los usuarios, asegurando que estos documentos sean accesibles, seguros y trazables en todo momento. La experiencia de Corponariño puede ser utilizada como base para el diseño de la estructura de almacenamiento de documentos en la herramienta, garantizando que los trámites digitales se realicen de manera eficiente y segura.

2.2 Supuestos teóricos de investigación

2.2.1 Accesibilidad y Digitalización en Zonas Rurales.

Las barreras en el acceso a los trámites públicos en zonas rurales son un problema bien documentado, especialmente en contextos donde la falta de infraestructura tecnológica y las distancias geográficas limitan severamente la capacidad de los ciudadanos para interactuar con el gobierno. En estas comunidades, los ciudadanos suelen enfrentarse a grandes dificultades para realizar gestiones administrativas debido a la necesidad de desplazarse largas distancias y a la falta

de acceso a herramientas tecnológicas adecuadas[32]. La digitalización de los trámites administrativos, mediante una herramienta adaptada a las condiciones específicas de conectividad limitada, surge como una solución para mitigar estas barreras.

Diversos estudios sobre la implementación de gobierno electrónico en áreas rurales sugieren que las herramientas digitales permiten una reducción significativa en los tiempos de espera y facilitan el acceso a servicios esenciales que de otro modo serían inaccesibles[19]. Por otro lado, investigaciones relacionadas con la brecha digital han demostrado que la adopción de soluciones tecnológicas específicas para entornos con limitaciones de conectividad contribuye a cerrar esta brecha y fomenta la inclusión digital de comunidades marginadas. Por tanto, el diseño de una herramienta adaptada a las características de las zonas rurales del municipio de Cumbitara no solo facilitará el acceso a los servicios públicos, sino que también promoverá la equidad en el acceso a estos servicios para los ciudadanos rurales, mejorando su calidad de vida al ofrecerles soluciones tecnológicas ajustadas a sus necesidades y contexto geográfico[33].

2.2.1.1 Accesibilidad a los Trámites Digitales.

En el marco de la digitalización de trámites públicos, la accesibilidad se convierte en un elemento clave para asegurar que los ciudadanos, independientemente de su ubicación o nivel de habilidades tecnológicas, puedan beneficiarse de estos servicios[34]. En las comunidades rurales, donde la infraestructura tecnológica es limitada y los recursos para capacitación en el uso de herramientas digitales son escasos, la accesibilidad debe ser un componente fundamental del diseño de la herramienta. Los estudios sobre la accesibilidad digital han evidenciado que, al proporcionar una herramienta que sea fácil de usar y que esté optimizada para funcionar en condiciones de baja conectividad, se pueden superar las barreras geográficas y tecnológicas que tradicionalmente dificultan el acceso a los servicios públicos. Al implementar soluciones que minimicen la necesidad de desplazamientos físicos, se estima que los ciudadanos de zonas rurales, como los de Cumbitara, podrán interactuar más fácilmente con los servicios administrativos, lo que no solo aumentará su participación, sino que también reducirá el tiempo y los costos asociados a la gestión presencial de trámites[35].

2.2.2 Usabilidad y Satisfacción del Usuario.

La usabilidad es un principio fundamental en el diseño de sistemas y herramientas digitales, especialmente cuando los usuarios tienen un bajo nivel de alfabetización tecnológica. La capacidad de los ciudadanos para interactuar con una herramienta digital de manera intuitiva y sin complicaciones depende en gran medida de lo fácil que sea navegar por las diferentes opciones y de si responde a las necesidades específicas de sus usuarios[36]. En el caso de las zonas rurales de Cumbitara, donde los usuarios pueden no estar familiarizados con el uso regular de tecnologías digitales, es esencial que la herramienta esté diseñada bajo los principios de usabilidad y diseño centrado en el usuario (DCU), con el objetivo de garantizar una experiencia de uso positiva[37].

Estudios en el campo de la usabilidad han demostrado que una interfaz intuitiva no solo incrementa la satisfacción del usuario, sino que también reduce los errores cometidos durante la navegación y mejora la eficiencia general del proceso. En este contexto, la implementación de una herramienta digital bien diseñada permitirá que los ciudadanos rurales con pocos conocimientos digitales gestionen sus trámites administrativos de manera más rápida y eficiente, lo que a su vez fomentará su uso recurrente por parte de toda la comunidad. La adopción de herramientas como las evaluaciones heurísticas en el desarrollo de la herramienta garantizará que se identifiquen y corrijan posibles problemas de diseño centrados en las necesidades de las personas, logrando así una experiencia de usuario más fluida.

2.2.2.1 Evaluaciones Heurísticas.

Las evaluaciones heurísticas son una metodología clave para identificar problemas de usabilidad en las primeras fases del diseño de una herramienta. Estas evaluaciones permiten a los diseñadores y desarrolladores detectar fallas o dificultades en la navegación, lo que puede mejorar sustancialmente la experiencia del usuario al realizar ajustes antes de que la herramienta sea lanzada al público. En el caso de Cumbitara, donde se espera que los usuarios no tengan una experiencia avanzada en el uso de herramientas digitales, estas evaluaciones garantizarán que el diseño de la interfaz sea lo suficientemente simple y eficiente para sus necesidades asegurando que la herramienta sea no solo funcional, sino también accesible y fácil de usar para los ciudadanos de Cumbitara[38].

2.2.2.2 Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) es un enfoque que coloca las necesidades y limitaciones del usuario en el centro del proceso de desarrollo de la herramienta. En el contexto de Cumbitara, donde los usuarios pueden tener poca o ninguna experiencia con las tecnologías digitales, este enfoque es especialmente importante. Al desarrollar la herramienta considerando las características de los usuarios rurales, el diseño debe priorizar la simplicidad, la claridad y la eficiencia, lo que permitirá que los ciudadanos puedan utilizarla sin sentirse abrumados o confundidos[39].

El DCU ha sido ampliamente utilizado en proyectos de transformación digital que buscan mejorar la accesibilidad y la adopción de tecnologías entre poblaciones que no son expertas en el uso de estas herramientas. La simplicidad del diseño, junto con una experiencia de usuario intuitiva, será crucial para asegurar que la herramienta cumpla con su objetivo de facilitar el acceso a los trámites administrativos para los ciudadanos rurales, promoviendo su uso recurrente y evitando el abandono por dificultades tecnológicas[40].

2.2.3 Mitigación de Barreras Administrativas mediante Soluciones Tecnológicas.

El uso de soluciones tecnológicas para mitigar las barreras administrativas ha demostrado ser una estrategia efectiva en la modernización de los servicios públicos. En particular, las herramientas digitales, como aplicaciones web y sistemas de gestión en línea, tienen el potencial de eliminar la necesidad de desplazamientos físicos para la realización de trámites, lo que es especialmente beneficioso para los ciudadanos de zonas rurales, quienes a menudo deben recorrer largas distancias para acceder a los servicios gubernamentales [41]. La implementación de una aplicación web en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara no solo reducirá estas barreras físicas, sino que también optimizará la eficiencia administrativa.

La transformación digital en la administración pública ha sido ampliamente documentada como una herramienta para mejorar la gestión interna de los trámites, reducir los tiempos de espera y aumentar la eficiencia de los procesos. Al facilitar que los ciudadanos gestionen sus trámites mediante una plataforma en línea accesible desde diversos dispositivos, se espera que la carga sobre

las oficinas administrativas disminuya, permitiendo una mejor distribución de los recursos y una mayor capacidad de respuesta a las necesidades de la comunidad. Asimismo, la digitalización de estos trámites fortalecerá la transparencia en los procesos, al permitir que los usuarios rastreen sus gestiones de manera más eficiente y oportuna [17], [22]

2.2.4 Soluciones Tecnológicas para Zonas con Conectividad Limitada.

Las zonas rurales de Cumbitara, al igual que muchas otras áreas remotas, sufren de conectividad limitada, lo que representa un desafío significativo para la implementación de herramientas digitales. No obstante, las soluciones tecnológicas adaptadas a estos contextos permiten superar las barreras impuestas por las conexiones inestables o lentas. En particular, las aplicaciones responsive, que ajustan su funcionalidad y diseño según el dispositivo y el ancho de banda disponible, son una herramienta fundamental para garantizar que los ciudadanos puedan acceder a los servicios públicos desde cualquier dispositivo, incluso en condiciones de conectividad limitada[42].

Por otro lado, el uso de herramientas de desarrollo optimizadas para entornos de baja conectividad asegura que la experiencia del usuario no se vea interrumpida por problemas técnicos relacionados con la infraestructura de internet. Estas herramientas garantizan que los trámites se completen sin interrupciones, incluso cuando la conexión a internet es intermitente, mejorando la accesibilidad de los servicios en las zonas rurales de Cumbitara.

2.2.4.1 Herramientas de Desarrollo para Conectividad Limitada.

Las herramientas de desarrollo para conectividad limitada son clave para asegurar que los ciudadanos de zonas rurales puedan acceder a los servicios públicos sin interrupciones significativas. La aplicación estará diseñada para optimizar su desempeño en contextos con conectividad limitada, garantizando una experiencia estable y fluida durante la gestión de trámites. Se implementarán estrategias de optimización que reduzcan el consumo de datos y mejoren la velocidad de respuesta, priorizando la eficiencia y la accesibilidad del sistema incluso en

condiciones de red variables. Este enfoque busca ofrecer una experiencia de usuario confiable y adaptada a las características tecnológicas del municipio de Cumbitara.

Sumado a eso, la carga de documentos por lotes, que permite dividir archivos grandes en partes más pequeñas para facilitar su carga, es particularmente útil en áreas donde la velocidad de internet es limitada. Esta funcionalidad garantiza que los usuarios puedan completar sus trámites sin experimentar interrupciones debido a problemas de conectividad. Estas soluciones tecnológicas han sido probadas en otros contextos rurales con éxito, lo que las convierte en una herramienta fundamental para mejorar la accesibilidad en Cumbitara [43].

2.2.5 Desarrollo Ágil con Scrum.

El método Scrum ha ganado popularidad en el desarrollo de software debido a su capacidad para adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes de los usuarios. En el caso del desarrollo de la herramienta para Cumbitara, Scrum permitirá que el equipo de desarrollo trabaje en ciclos cortos (sprints), lo que facilitará la entrega continua de mejoras y nuevas funcionalidades basadas en la retroalimentación de los usuarios. Este enfoque ágil es ideal para proyectos donde los requisitos pueden evolucionar a medida que los usuarios comienzan a interactuar con la herramienta.

En entornos rurales, donde las necesidades tecnológicas pueden ser específicas y variar con el tiempo, el uso de Scrum permitirá que el equipo de desarrollo ajuste el software según las condiciones y requerimientos emergentes. Las iteraciones continuas y las revisiones basadas en el feedback del usuario final garantizarán que la herramienta sea cada vez más eficiente y adecuada para los ciudadanos rurales de Cumbitara. Al utilizar Scrum, se maximizará la eficiencia en el desarrollo y se asegurará una entrega flexible de la solución digital [44].

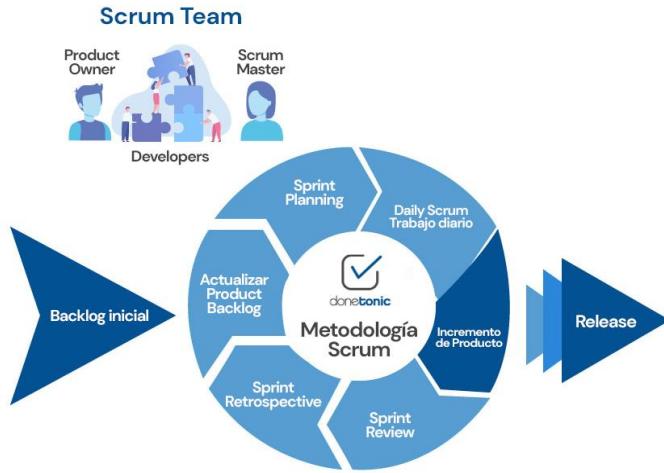


Fig. 1. SCRUM

Nota: Fuente: <https://donetonic.com/es/que-son-los-sprints-en-scrum/>

2.2.6 Participación Comunitaria mediante Soluciones Digitales.

La digitalización de los servicios públicos no solo facilita el acceso a los trámites administrativos, sino que también fomenta una mayor participación comunitaria. Al eliminar las barreras físicas que tradicionalmente limitan la interacción de los ciudadanos con el gobierno, las herramientas digitales aumentan la participación al permitir que los ciudadanos realicen sus trámites desde sus hogares o dispositivos móviles. En el contexto de Cumbitara, donde las distancias y la falta de conectividad han dificultado históricamente el acceso a los servicios públicos, la implementación de una herramienta digital fomentará una mayor participación de la comunidad en los procesos administrativos [45].

Los estudios sobre la digitalización de servicios públicos han demostrado que, cuando los trámites se simplifican y se hacen accesibles de manera digital, los ciudadanos tienden a participar más activamente en los procesos de gobernanza, lo que contribuye a un mayor compromiso cívico. Asimismo, estas herramientas incrementan la transparencia en los procesos administrativos, lo que genera confianza entre los ciudadanos y las instituciones. Se espera que, al mejorar el acceso a los trámites y hacer que los procesos sean más eficientes, los ciudadanos de Cumbitara participen de

manera más activa en los servicios ofrecidos por las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio [35].

2.3 Variables de estudio

2.3.1 Variables independientes

- Aplicación web.

2.3.2 Variables dependientes

- Accesibilidad a trámites.
- Eficiencia administrativa.
- Participación comunitaria.
- Reducción de costos.
- Usabilidad de la herramienta.
- Satisfacción del usuario.
-

2.4 Definición nominal de las variables.

2.4.1 Aplicación Web.

La aplicación web se refiere a una herramienta digital desarrollada para facilitar la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara. Esta herramienta permite a los usuarios realizar solicitudes y trámites de forma remota, sin la necesidad de desplazarse físicamente, utilizando una interfaz digital accesible desde diferentes dispositivos. La importancia de esta herramienta radica en la simplificación de los procesos administrativos y la optimización de la gestión pública, aspectos respaldados por estudios sobre la digitalización de servicios públicos y gobierno electrónico[45], [46].

2.4.2 *Accesibilidad a trámites.*

La accesibilidad a trámites se refiere a la facilidad con la que los usuarios, especialmente los de zonas rurales, pueden acceder a los servicios administrativos y completar sus solicitudes a través de la aplicación web, a la capacidad de los ciudadanos para completar trámites sin necesidad de desplazarse físicamente a las oficinas municipales. Esta variable abarca factores como la conectividad a internet, la facilidad de uso de la herramienta y la disponibilidad continua de los servicios, tal como lo recomiendan las mejores prácticas en accesibilidad digital y el gobierno electrónico[47], [48]

2.4.3 *Eficiencia administrativa.*

La eficiencia administrativa se refiere a la capacidad de las oficinas de educación, deporte y cultura para gestionar y procesar trámites de manera rápida y precisa a través de la aplicación web. Incluye la reducción de tiempos de respuesta para completar un trámite desde su inicio hasta su resolución, la disminución de errores en la gestión de solicitudes y la optimización de los recursos internos. Estudios sobre transformación digital en el sector público resaltan la importancia de la digitalización para mejorar la eficiencia administrativa y agilizar procesos burocráticos[49].

2.4.4 *Participación comunitaria.*

La participación comunitaria se refiere al grado de involucramiento de los ciudadanos en el uso de la aplicación web para realizar trámites administrativos. Implica no solo la cantidad de personas que acceden a la herramienta, sino también cómo interactúan con ella y la frecuencia de solicitudes realizadas. Esta variable mide el interés de la comunidad en adoptar servicios digitales y su disposición a utilizarlos de forma recurrente. Según estudios sobre la experiencia del ciudadano en contextos digitales, una interacción fluida y eficiente con los servicios públicos fomenta una mayor participación ciudadana[35], [50].

2.4.5 Reducción de costos.

La reducción de costos se refiere a la disminución de los gastos asociados a la realización de trámites de forma digital, tanto para los ciudadanos como para la administración pública. Esta variable contempla los ahorros en tiempo, transporte y recursos administrativos que resultan de la implementación de la herramienta digital. Estudios sobre la implementación de aplicaciones web en el sector público subrayan cómo la digitalización de trámites puede reducir significativamente los costos operativos y aumentar la eficiencia económica[51].

2.4.6 Usabilidad de la herramienta.

La usabilidad de la herramienta se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con la herramienta tecnológica para realizar trámites administrativos [51]. Incluye la facilidad de uso, eficiencia, efectividad y satisfacción del usuario, medidas según los principios de usabilidad definidos por estándares internacionales como ISO/IEC 25010 [52] y las reglas heurísticas de Nielsen [53]. La usabilidad es crucial para garantizar que la herramienta sea intuitiva y accesible para todos los usuarios, independientemente de su nivel de conocimientos tecnológicos[54], [55].

2.4.7 Satisfacción del usuario.

La satisfacción del usuario se refiere al grado de conformidad y experiencia positiva de los usuarios al interactuar con la aplicación [35]. Esta variable mide la percepción de los usuarios sobre la facilidad de uso, la eficiencia del servicio y la conveniencia de realizar trámites a través de la herramienta, evaluada mediante encuestas y análisis de feedback y el nivel de aceptación y agrado de los usuarios con respecto a la experiencia de usar la aplicación para realizar trámites. Estudios sobre experiencia del usuario en servicios públicos digitales destacan la satisfacción del usuario como uno de los principales indicadores del éxito de una herramienta tecnológica [50]

2.5 Definición Operativa De Variables

2.5.1 Aplicación Web.

La aplicación web será medida por su funcionalidad y estabilidad. Los indicadores clave incluirán la cantidad de trámites realizados a través de la herramienta, la disponibilidad del sistema (tiempo en línea), y el número de usuarios activos. Se evaluará la eficacia de la herramienta mediante pruebas de funcionamiento y análisis de uso a lo largo del tiempo, midiendo el porcentaje de solicitudes completadas exitosamente.

2.5.2 Accesibilidad a trámites.

La accesibilidad a los trámites se medirá mediante encuestas a los usuarios, analizando su experiencia en cuanto a facilidad de acceso y el tiempo necesario para completar un trámite. Igualmente, se tomará en cuenta el porcentaje de trámites completados mediante la aplicación comparando los tiempos de respuesta antes y después de la implementación de la herramienta.

2.5.3 Eficiencia administrativa.

La eficiencia administrativa se evaluará a través de la reducción en los tiempos de respuesta de los trámites, el número de trámites procesados en un periodo de tiempo determinado, y la disminución de errores en la gestión de solicitudes. Se medirá el impacto de la aplicación web en la optimización de recursos, incluyendo la cantidad de personal requerido y la velocidad en la tramitación de solicitudes.

2.5.4 Participación comunitaria.

La participación comunitaria será medida por el número de usuarios que acceden a la aplicación para realizar trámites, así como por la cantidad de trámites realizados por la comunidad. Se analizará el crecimiento en la adopción de la herramienta a lo largo del tiempo, monitoreando

la cantidad de solicitudes gestionadas en comparación con los trámites realizados previamente en formato físico.

2.5.5 Reducción de costos.

La reducción de costos será evaluada comparando el tiempo invertido por los usuarios antes y después de la implementación de la aplicación. Se utilizarán encuestas para determinar los ahorros percibidos por los usuarios y la administración, así como el tiempo promedio invertido en la realización de trámites digitales en comparación con los presenciales.

2.5.6 Usabilidad de la herramienta.

La usabilidad de la aplicación se medirá mediante pruebas de usabilidad, evaluando el tiempo que los usuarios tardan en completar tareas, la cantidad de errores cometidos durante el uso, y la facilidad de aprendizaje de la interfaz. Se realizarán encuestas para evaluar la percepción de los usuarios sobre la claridad de la interfaz, la facilidad de navegación y la experiencia general al interactuar con la herramienta.

2.5.7 Satisfacción del usuario.

La satisfacción del usuario será medida a través de encuestas de satisfacción que incluirán preguntas sobre la experiencia general de uso, la percepción de la facilidad para realizar trámites, y la eficiencia del sistema. Se utilizará una escala del 1 al 5 para evaluar la satisfacción general, donde 1 representa muy insatisfecho y 5 muy satisfecho, y se analizarán los resultados para determinar el nivel de aceptación de la aplicación.

2.6 Formulación de hipótesis.

Las hipótesis formuladas en esta investigación buscan prever el impacto que tendría la implementación de una aplicación web en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara. Se pretende analizar cómo esta herramienta influirá en la accesibilidad

de los usuarios rurales a los trámites administrativos, así como en la participación de la comunidad y la eficiencia en la gestión de los servicios públicos. Estas afirmaciones guiarán el desarrollo del estudio, evaluando tanto los efectos esperados como las posibles limitaciones que pudieran surgir en la adopción de la herramienta.

2.6.1 Hipótesis de investigación.

La implementación de una aplicación web que facilite la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara incrementará la accesibilidad a estos servicios para los usuarios de las zonas rurales y habrá una participación significativa por parte de los habitantes, logrando una gran acogida que reducirá notablemente los tiempos de gestión y los costos asociados a los traslados físicos.

2.6.2 Hipótesis nula.

La implementación de una aplicación web para la gestión de trámites administrativos en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara no tendrá un efecto significativo en la accesibilidad de los usuarios rurales, ni se verá reflejada en una mayor participación o acogida, y no reducirá los tiempos de gestión ni los costos de los traslados.

2.6.3 Hipótesis alterna.

La implementación de una aplicación web para la gestión de trámites administrativos podría incrementar la accesibilidad a los servicios en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, pero su acogida y participación dependerán del nivel de alfabetización digital y la calidad de la conectividad, lo que afectará su impacto en la reducción de tiempos de gestión y costos asociados a los traslados físicos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Paradigma.

La presente investigación se adapta al Paradigma Positivista, que se basa en la objetividad y el uso de métodos cuantitativos para la recolección y análisis de datos[56]. Este enfoque es el más adecuado para el proyecto, al tener como objetivo evaluar el impacto de una herramienta tecnológica en la gestión de trámites administrativos a través de indicadores medibles como la accesibilidad, la reducción de costos, la eficiencia administrativa y la satisfacción del usuario. El Paradigma Positivista permite establecer relaciones causales y comprobar hipótesis mediante datos basados en la experiencia, asegurando la objetividad en la evaluación del éxito de la herramienta digital en términos concretos y verificables.

3.2 Enfoque.

Este proyecto adopta un Enfoque Cuantitativo, el cual se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar el impacto de una herramienta digital en la gestión de trámites administrativos en el municipio de Cumbitara. A través de este enfoque, se medirá la accesibilidad, eficiencia administrativa, participación comunitaria, y reducción de costos mediante indicadores objetivos y verificables. La aplicación de métodos cuantitativos, como el análisis estadístico, permitirá comprobar hipótesis y obtener conclusiones claras sobre el efecto de la digitalización en los procesos administrativos[57].

3.3 Método.

El método científico es un enfoque sistemático que busca explicar fenómenos mediante la formulación de hipótesis y la verificación empírica a través de la recolección y análisis de datos. Este método se basa en la observación objetiva y la experimentación para obtener resultados replicables, permitiendo que las hipótesis planteadas puedan ser confirmadas o rechazadas mediante pruebas cuantitativas y cualitativas. El método científico es ampliamente utilizado en investigaciones tecnológicas y científicas debido a su rigor y precisión[58].

En esta investigación, el método científico es el más adecuado dado que permite medir el impacto de la implementación de una herramienta digital en la gestión de trámites administrativos en el municipio de Cumbitara. Se formularán hipótesis relacionadas con la accesibilidad, eficiencia, y satisfacción del usuario, las cuales serán verificadas empíricamente a través de la recolección de datos numéricos como el número de trámites realizados, el tiempo de respuesta, y la satisfacción de los usuarios. El uso del método científico asegura un enfoque objetivo y verificable, lo que permite obtener conclusiones sólidas sobre los efectos de la digitalización en los procesos administrativos.

3.4 Tipo de investigación.

Esta investigación se encuentra dentro de la Investigación Explicativa, porque busca explicar las causas y los efectos de la implementación de una herramienta digital en la gestión de trámites administrativos en el municipio de Cumbitara. A través del análisis de variables como la accesibilidad a los trámites, la eficiencia administrativa y la satisfacción del usuario, se pretende identificar las relaciones entre estas variables y la digitalización de los servicios públicos. Este tipo de investigación no solo describe el fenómeno, sino que también busca explicar cómo y por qué la herramienta digital influye en la optimización de los procesos administrativos, proporcionando una comprensión profunda de los efectos que tiene la digitalización en el contexto administrativo.

3.5 Diseño de investigación.

El presente estudio utilizará un diseño cuasiexperimental, que permitirá observar los efectos de la implementación de una herramienta digital en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, Nariño. Este diseño es apropiado debido a que no se puede controlar completamente la conectividad de internet ni otros factores externos que podrían influir en el acceso de los usuarios a los servicios públicos. De todas formas, el estudio buscará medir cómo la herramienta digital mejora la accesibilidad a los trámites administrativos en las zonas rurales y su impacto en la satisfacción de los usuarios[59].

El diseño cuasiexperimental se ajusta a las condiciones de la investigación, puesto que permitirá comparar el estado de los trámites antes y después de la implementación de la herramienta, sin necesidad de un control completo sobre todas las variables del entorno. De esta forma, se podrá evaluar el efecto de la intervención tecnológica en la mejora del acceso a los servicios públicos en un contexto rural, donde las limitaciones tecnológicas y geográficas son factores determinantes.

Este diseño ofrece flexibilidad para adaptarse a las condiciones reales del campo, y permitirá obtener resultados valiosos sobre la efectividad de la herramienta digital en la gestión de trámites administrativos en Cumbitara.

3.6 Población.

La población objetivo de este proyecto está conformada por los usuarios que interactúan directamente con las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara, Nariño, ya que estas serán las dependencias objeto de la digitalización de trámites administrativos. Esto incluye:

Ciudadanos rurales: Habitantes de las zonas rurales del municipio que dependen de las oficinas mencionadas para realizar gestiones relacionadas con solicitudes educativas, deportivas y culturales, y que enfrentan barreras geográficas y administrativas.

Docentes: Responsables de las instituciones educativas rurales que gestionan trámites relacionados con matrículas, documentación estudiantil y solicitudes administrativas.

Presidentes de juntas de acción comunal: Representantes comunitarios que solicitan apoyo para eventos deportivos y culturales en sus veredas.

Funcionarios de las oficinas de educación, deporte y cultura: Personal administrativo que procesará los trámites mediante la herramienta digital y que participará en su implementación y evaluación.

Esta población ha sido seleccionada debido a su relación directa con los trámites que se busca digitalizar y a su relevancia en la implementación y uso de la solución tecnológica propuesta.

3.7 Muestra.

Dado el enfoque del proyecto, se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra estará conformada por individuos directamente relacionados con los trámites administrativos de las oficinas de educación, deporte y cultura que deseen participar de la prueba piloto. Esto incluye:

Ciudadanos mayores de 18 años que residen en las zonas rurales del municipio y realizan trámites en estas áreas específicas, docentes de escuelas rurales que interactúan regularmente con las oficinas administrativas para trámites educativos, presidentes de juntas de acción comunal que participen activamente en la organización de actividades deportivas y culturales, funcionarios municipales responsables de la gestión de trámites administrativos en las oficinas mencionadas.

La selección de la muestra se basa en la disponibilidad y accesibilidad de estos grupos para participar en el proyecto piloto, con el objetivo de obtener retroalimentación representativa para evaluar la funcionalidad y usabilidad de la herramienta digital.

3.8 Técnicas de recolección de información.

Para la presente investigación se utilizarán diversas técnicas de recolección de información con el fin de obtener datos relevantes sobre el acceso a trámites digitales y la usabilidad de la herramienta que se implementará en las zonas rurales de Cumbitara, Nariño. A continuación, se describen las técnicas seleccionadas:

Encuestas: Se diseñará un cuestionario dirigido a la población adulta seleccionada en la muestra. Las encuestas se enfocarán en evaluar el acceso a los trámites digitales, la percepción de la usabilidad de la herramienta y las principales barreras que enfrentan en su interacción con la tecnología. Esta técnica permitirá recopilar información cuantitativa para analizar la experiencia de los usuarios con herramientas digitales y su grado de satisfacción.

Entrevistas: Se realizarán entrevistas semiestructuradas con los encargados de las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio, así como con algunos usuarios seleccionados de las áreas rurales. El objetivo de las entrevistas será profundizar en las percepciones de los usuarios sobre las barreras tecnológicas y administrativas, así como obtener comentarios detallados sobre el

diseño y funcionalidad de la herramienta con el fin de realizar el diseño centrado en las necesidades y habilidades del usuario.

Observación: Se llevará a cabo una observación directa del uso de la herramienta digital por parte de los ciudadanos durante las pruebas piloto. Esta técnica permitirá identificar problemas en tiempo real en cuanto a la interacción con la herramienta, la accesibilidad y los posibles puntos de fricción que los usuarios enfrentan al realizar trámites administrativos.

3.9 Validez de las técnicas de recolección.

La validez en esta investigación se asegurará mediante la adecuación y precisión de las técnicas de recolección de información seleccionadas para medir los objetivos propuestos. Para garantizar que los instrumentos de recolección realmente midan lo que se pretende, se aplicarán las siguientes estrategias:

Validez de contenido: Las preguntas de las encuestas y las entrevistas serán cuidadosamente diseñadas para asegurar que aborden de manera directa los aspectos clave del acceso a los trámites digitales, la usabilidad de la herramienta y las barreras tecnológicas en las zonas rurales de Cumbitara. Estas preguntas serán revisadas por expertos en el área de tecnología y administración pública para asegurar que el contenido sea relevante y apropiado.

Validez de criterio: Se establecerá una comparación con estudios previos que hayan evaluado herramientas tecnológicas similares en zonas rurales, con el fin de garantizar que las técnicas de recolección utilizadas sean comparables y congruentes con los resultados esperados.

Validez conceptual: Se realizarán pruebas piloto de los instrumentos de recolección (encuestas y entrevistas) para identificar posibles inconsistencias o errores en la interpretación de las preguntas. Esto permitirá ajustar y refinar los instrumentos para que realmente midan la experiencia del usuario, el acceso a la tecnología y la efectividad de la herramienta digital.

Estas medidas asegurarán que los datos recolectados reflejen con precisión la realidad del contexto en Cumbitara y que los resultados sean confiables y representativos de las condiciones estudiadas.

3.10 Confiabilidad de las técnicas de recolección.

La confiabilidad en esta investigación se asegurará mediante la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de recolección de datos. Esto significa que, si las técnicas de recolección se aplican en diferentes momentos o a distintos grupos dentro de la población de estudio, los resultados deben ser similares, lo que indicará la confiabilidad de los instrumentos. Para garantizar esta consistencia, se aplicarán las siguientes estrategias:

Prueba piloto: Antes de la implementación general de las encuestas y entrevistas, se realizarán pruebas piloto en una muestra pequeña de la población objetivo. Esto permitirá identificar posibles problemas en la formulación de preguntas y corregirlos, asegurando que el instrumento sea claro y consistente en sus mediciones.

Aplicación estandarizada: Todas las encuestas y entrevistas se llevarán a cabo siguiendo procedimientos uniformes, con instrucciones claras, lo que reducirá el riesgo de sesgos o variaciones en la recolección de datos. Esto ayudará a que los resultados sean comparables y consistentes.

Análisis de consistencia interna: Se utilizarán herramientas estadísticas, como el coeficiente de alfa de Cronbach[60], para evaluar la consistencia interna de las respuestas en las encuestas. Esto permitirá identificar si los ítems que componen las encuestas están midiendo de manera consistente el mismo concepto.

Al implementar estas medidas, se garantizará que los resultados de la investigación sean confiables y consistentes, lo que aportará solidez a las conclusiones sobre el impacto de la herramienta digital en el acceso a los trámites administrativos en las zonas rurales de Cumbitara.

3.11 Instrumentos de recolección de información.

Cuestionario: Se diseñará un cuestionario estructurado para las encuestas que serán aplicadas a la población adulta seleccionada en la muestra. El cuestionario incluirá preguntas sobre el acceso a los trámites digitales, la percepción de la herramienta y las barreras tecnológicas que enfrentan los usuarios. Este cuestionario estará compuesto por preguntas cerradas y algunas abiertas que permitirán obtener tanto datos cuantitativos como cualitativos.

Guía de Entrevista: Se elaborará una guía semiestructurada para realizar las entrevistas con los encargados de las oficinas de educación, deporte y cultura, así como con algunos usuarios seleccionados. Esta guía permitirá explorar en mayor profundidad la experiencia de los usuarios con la herramienta, los desafíos que enfrentan y sus opiniones sobre las posibles mejoras.

Guía de Observación: Un documento detallará los aspectos que se observarán durante las pruebas piloto de la herramienta. Esta guía se enfocará en la interacción de los usuarios con la herramienta, los problemas que puedan surgir en el uso de la misma, y los tiempos de respuesta en la realización de trámites. La observación permitirá obtener datos en tiempo real sobre la usabilidad y accesibilidad de la herramienta.

El uso combinado de estos instrumentos permitirá obtener una visión integral de la implementación de la herramienta digital, al proporcionar datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre su efectividad y su impacto en la población de Cumbitara.

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Recolección y Análisis.

4.1.1 Recolección de datos e información preliminar.

La fase de recolección de datos se llevó a cabo con el fin de obtener una comprensión profunda de los procesos administrativos actuales en las dependencias de Educación, Deporte y Cultura del municipio de Cumbitara. Esta etapa es fundamental para identificar las problemáticas existentes y justificar la necesidad de una solución digital.

Para cumplir con este objetivo, se solicitó a los encargados de cada dependencia un informe detallado que describiera los trámites más comunes, la documentación requerida y los principales problemas o cuellos de botella que enfrentaban en sus operaciones diarias. Los informes recibidos incluyeron información sobre los siguientes procesos:

- Departamento de Educación: Se obtuvieron datos sobre la gestión de actas de pago para el transporte escolar, la administración de subsidios para la educación superior y el manejo de solicitudes educativas de instituciones y padres de familia.

- Departamento de Deportes: La información se centró en los oficios y solicitudes de apoyo para eventos, con especial atención en las peticiones de arbitraje, premiación y acompañamiento logístico.
- Departamento de Cultura: Se analizó el proceso de recepción de solicitudes para proyectos culturales, la recolección de informes posteriores a la ejecución de estos y las inscripciones a las escuelas de formación artística.

La información recopilada en estos informes sirvió como base documental para el análisis subsiguiente y permitió establecer un diagnóstico claro de los procesos que la aplicación web busca optimizar.

4.1.2 Análisis de datos recolectados.

Tras la fase de recolección de información en los departamentos de Educación, Deportes y Cultura, se realizó un análisis detallado para identificar las deficiencias administrativas y los cuellos de botella existentes. Este análisis se centró en comparar los procesos manuales actuales con el flujo de trabajo optimizado que se propone implementar a través de la aplicación móvil CumbiGestor. El objetivo es cuantificar y visualizar la mejora en términos de eficiencia, transparencia y gestión de la información. La solución técnica propuesta se basa en una arquitectura Frontend en Flutter y Backend en Firebase que integra módulos de autenticación, gestión de documentos y notificaciones.

El estudio se basa en los hallazgos de los informes de cada dependencia y se presenta a continuación de manera comparativa, detallando la funcionalidad específica de la aplicación para resolver cada problema.

TABLA I
ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN

Proceso	Estado Actual	Propuesta con la Aplicación
Actas de Pago de Transporte	Los conductores deben desplazarse a las instituciones para firmar físicamente las actas, lo que causa retrasos, especialmente para quienes residen en zonas rurales.	El Módulo de Gestión de Documentos permite a los usuarios cargar archivos en múltiples formatos (PDF, JPG, PNG). Esto permitirá a los conductores cargar el acta firmada o la evidencia requerida desde su dispositivo móvil, eliminando la necesidad de desplazamiento y agilizando la gestión.
Subsidios para Educación Superior	La documentación se presenta en físico o por correo electrónico. Es común que los estudiantes entreguen certificados bancarios vencidos o formatos incompletos, lo que retrasa el pago.	El Módulo de Educación gestiona las solicitudes con documentos adjuntos. La aplicación incluye validaciones y verificaciones para asegurar que los documentos estén completos y que los formatos de renovación sean correctos, reduciendo los errores y reprocesos.
Respuestas a Solicitudes Educativas	Las solicitudes a menudo carecen de la información completa y la evaluación técnica depende de reuniones de un comité que se reúne solo dos veces al mes.	A través del Módulo de Educación, los formularios de solicitud contarán con campos obligatorios para asegurar que se ingrese toda la información necesaria.

Nota: Elaboración Propia

TABLA II
ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE DEPORTES

Proceso	Estado Actual	Propuesta con la Aplicación
Oficios y Solicitudes de Apoyo	Las solicitudes se presentan en físico y, con frecuencia, se entregan con poca antelación (menos de 15 días) o con requerimientos ambiguos.	El Módulo de Deportes tiene la capacidad de generar automáticamente un PDF a partir del formulario diligenciado y permite la firma digital integrada, garantizando que los datos sean claros y completos. El Módulo de Seguimiento permite calcular automáticamente los días hábiles restantes para una solicitud, asegurando que se cumplan los plazos de respuesta establecidos.

Nota: Elaboración Propia

TABLA III
ANÁLISIS COMPARATIVO - DEPARTAMENTO DE CULTURA

Proceso	Estado Actual	Propuesta con la Aplicación
Inscripciones a Escuelas de Formación	El registro es presencial, lo que genera largas filas y saturación en fechas clave. Las familias a menudo presentan documentación incompleta.	La aplicación permitirá a los acudientes realizar la inscripción y subir la documentación de forma digital desde cualquier lugar. El sistema de validaciones y el control de roles asegurarán que los documentos estén completos y que solo los usuarios autorizados puedan ver los datos.
Informes de Proyectos Culturales	Los beneficiarios entregan informes con facturas ilegibles o con discrepancias numéricas, lo que requiere reprocesos y revisiones manuales.	El Módulo de Gestión de Documentos permite a los usuarios subir archivos PDF, JPG y PNG de alta calidad. Además, el Módulo de Administración permite a los funcionarios visualizar los documentos directamente en la aplicación a través de un visor de PDF integrado, facilitando la revisión y reduciendo el tiempo de justificación de gastos.

Nota: Elaboración Propia

4.1.3 Elaboración del informe de análisis de datos.

A continuación, se presentan los hallazgos clave obtenidos a partir de los informes proporcionados por los encargados de las dependencias de Educación, Cultura y Deportes del municipio de Cumbitara. Los datos analizados se centran en identificar los trámites más frecuentes, los problemas recurrentes y la documentación requerida, con el fin de sentar las bases para el diseño de la aplicación web.

4.1.3.1 Departamento de Educación

El análisis de los procesos del Departamento de Educación se centró en la administración de recursos, el apoyo a estudiantes y la atención a solicitudes institucionales. Se identificaron tres procesos clave: el pago del transporte escolar, la gestión de subsidios para educación superior y las respuestas a solicitudes educativas.

Actas de Pago del Transporte Escolar: Este trámite es esencial para los conductores que prestan el servicio en las instituciones educativas de Sidón, Santa Rosa y Pisanda, ya que les permite recibir el pago por sus servicios. El proceso implica la elaboración de actas de pago por la Coordinación de Educación, la validación y firma física por parte de los conductores y directivas de los colegios, y finalmente, el procesamiento de pagos por parte del departamento de contabilidad de la Alcaldía.

Problemas Recurrentes: Los conductores que viven en zonas rurales remotas tienen dificultades para desplazarse y firmar las actas, lo que provoca retrasos. Además, se han reportado discrepancias entre las rutas acordadas y las ejecutadas, generando reprocesos administrativos.

Documentación Requerida: Se necesita el acta de pago firmada por el conductor y la institución, junto con un registro de las rutas y horarios cumplidos.

Subsidios para Educación Superior: Este programa brinda apoyo económico a estudiantes de bajos recursos que cursan estudios superiores. Para mantener el subsidio, los estudiantes deben renovarlo semestralmente. El proceso consiste en la entrega física o digital de documentos, una revisión administrativa de los requisitos (como un promedio mínimo de 4.0/5.0) y, finalmente, la emisión de una orden de pago.

Problemas Recurrentes: Los problemas principales son la presentación de certificados bancarios vencidos y la omisión de firmas o datos en el formato de renovación.

Documentación Requerida: Los estudiantes deben presentar un certificado de notas, un comprobante de matrícula, una certificación bancaria actualizada (no mayor a 30 días) y un formato de renovación debidamente diligenciado.

Resuestas a Solicitudes Educativas: Las solicitudes provienen de instituciones, docentes o padres de familia que buscan apoyo para necesidades urgentes como reparaciones de aulas o dotación de materiales. La Coordinación de Educación recibe las peticiones, que luego son evaluadas por un comité técnico, para finalmente emitir una respuesta formal.

Problemas Recurrentes: Un problema frecuente es la falta de especificidad en las solicitudes. Adicionalmente, el comité técnico solo se reúne dos veces al mes, lo que genera demoras en el tiempo de respuesta.

Documentación Requerida: Se solicita un oficio formal con membrete de la institución, informes técnicos o de diagnóstico, y la respuesta oficial que incluya el sello de la Coordinadora Municipal.

4.1.3.2 Departamento de Deportes

En este departamento, la información se centró en los oficios y solicitudes de apoyo para eventos.

Trámites más frecuentes: Se identificó que las solicitudes más comunes son para arbitraje en torneos y para premiación en competencias locales (trofeos, medallas).

Problemas identificados:

Falta de planeación: La mayoría de las solicitudes se presentan con muy poca antelación (menos de 15 días), lo que limita la capacidad de la dependencia para gestionar los recursos y el personal necesario.

Requerimientos ambiguos: Las solicitudes de apoyo logístico a menudo son vagas, sin especificar los recursos concretos que se necesitan.

Documentación requerida: Se requiere un oficio formal que incluya detalles del evento, un cronograma y una descripción técnica. Para las solicitudes de premiación, se debe adjuntar un presupuesto detallado.

4.1.3.3 Departamento de Cultura

Los resultados de esta dependencia se analizaron con base en las solicitudes para proyectos culturales, los informes posteriores a su ejecución y las inscripciones a escuelas de formación.

Trámites más frecuentes: Los trámites más comunes son las solicitudes de apoyo para proyectos culturales (festivales, talleres) y las inscripciones presenciales a las escuelas de formación en música, danza y artes audiovisuales.

Problemas identificados:

Propuestas incompletas: Los artistas o colectivos suelen omitir cronogramas o presupuestos realistas en sus propuestas, lo que dificulta la aprobación.

Problemas logísticos en las inscripciones: Durante las fechas de inscripción, se generan largas filas y saturación debido a la presencialidad del proceso, además de la frecuente presentación de documentación incompleta por parte de los acudientes.

Documentación requerida: Para las solicitudes de proyectos culturales, se necesita una propuesta técnica detallada con análisis de impacto. Para las inscripciones, se pide un formato de inscripción, documentos de identidad del aspirante y acudiente, y un acta de responsabilidad.

4.2 Desarrollo del Sistema.

4.2.1 Levantamiento de Requerimientos.

Con la problemática claramente identificada y con la estrategia de solución definida a través de la aplicación, la arquitectura del sistema ha sido diseñada para responder de manera modular y escalable a las necesidades detectadas en el proceso de gestión administrativa.

El Módulo de Autenticación garantiza un acceso seguro y diferenciado para ciudadanos y administradores. Este control de roles resulta fundamental, ya que permite que cada usuario visualice únicamente las funcionalidades que le corresponden: los ciudadanos acceden a las solicitudes que pueden enviar, mientras que los administradores cuentan con un tablero de gestión centralizado.

Posteriormente, una vez autenticado, el ciudadano es redirigido al Módulo de Usuarios, donde puede seleccionar la dependencia a la cual desea dirigir su trámite. Esta organización refleja la estructura interna de la Alcaldía, haciendo que la experiencia de uso sea intuitiva y cercana a la dinámica real de atención presencial.

En contraste, los administradores acceden directamente al Módulo de Administración, un panel de control con pestañas que clasifican los trámites en Pendientes, En Proceso, Aprobados y Rechazados. Este dashboard sustituye los registros manuales en libros físicos, facilitando un seguimiento digital más eficiente y transparente.

El Módulo de Notificaciones, desarrollado con Firebase Messaging y Cloud Functions, permite una comunicación bidireccional e inmediata. Así, cuando un ciudadano registra una solicitud, el administrador recibe una alerta en tiempo real; y cuando el estado de la solicitud cambia, el ciudadano es notificado automáticamente, eliminando la necesidad de llamadas o correos electrónicos de seguimiento.

Por su parte, el Módulo de Gestión de Documentos se apoya en Firebase Storage para almacenar los archivos de forma segura. Además, mediante un visor integrado de PDF, los funcionarios pueden revisar los documentos sin necesidad de descargarlos, optimizando su flujo de trabajo y reduciendo los tiempos de validación.

A esta solución tecnológica se le ha denominado CumbiGestor, una aplicación que integra todos estos módulos con el propósito de optimizar la gestión administrativa, fortalecer la comunicación entre los ciudadanos y la Alcaldía, y garantizar procesos más transparentes y eficientes.

En conclusión, la implementación de CumbiGestor no solo moderniza la forma en que se realizan los trámites, sino que también responde a una necesidad real de la comunidad: disponer de un sistema accesible, confiable y ágil que elimine las barreras físicas y burocráticas. De esta manera, se sientan las bases para una administración local más cercana a la ciudadanía y alineada con las exigencias de un gobierno digital.

Ahora bien, la definición precisa de los requisitos del sistema constituye una etapa crucial dentro del ciclo de vida de cualquier proyecto de desarrollo de software, pues establece la base para su diseño, implementación y validación. En el caso de la aplicación CumbiGestor, dichos requisitos se han clasificado en dos categorías principales: Requisitos Funcionales y Requisitos No Funcionales.

Los Requisitos Funcionales describen las acciones y comportamientos específicos que el sistema debe ejecutar; es decir, las tareas y procesos que la aplicación debe realizar para los diferentes tipos de usuarios. Estos requisitos se encuentran alineados con los objetivos de la tesis, orientados a resolver las problemáticas detectadas en las áreas de Educación, Deporte y Cultura. Los Requisitos No Funcionales, por su parte, definen las características de calidad del sistema, tales como rendimiento, seguridad, usabilidad y compatibilidad. Aunque no describen funcionalidades específicas, son determinantes para asegurar que la aplicación sea robusta, confiable y ofrezca una experiencia de usuario satisfactoria.

En la siguiente sección se presenta, en formato tabular, un listado detallado de ambos tipos de requisitos. Esta estructura permite una comprensión clara de las especificaciones técnicas, facilitando el seguimiento y la validación del desarrollo de la aplicación móvil.

**TABLA IV
REQUISITOS FUNCIONALES DEL SISTEMA**

ID	REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN
RF-01	Gestión de roles de usuario	Crear perfiles diferenciados: ciudadanos, funcionarios (por departamentos).
RF-02	Subida de documentos	Permitir cargar documentos escaneados o digitales (PDF, imágenes) según los requisitos de cada trámite (ej: certificados bancarios, actas de responsabilidad).
RF-03	Formatos estándar con formularios	Ofrecer plantillas predefinidas para trámites frecuentes (ej: solicitud de subsidios, oficios deportivos).
RF-04	Asignación de trámites a departamentos	Clasificar automáticamente los documentos enviados por los usuarios según el tipo de trámite (Educación, Deportes, Cultura).
RF-05	Seguimiento de correspondencia	Panel para que los ciudadanos consulten el estado de sus documentos ("Recibido", "En revisión", "Aprobado", "Rechazado").
RF-06	Notificaciones push y por correo	Alertar a usuarios sobre actualizaciones de estado, requerimientos adicionales o plazos críticos.

RF-07	Firma electrónica	Permitir a funcionarios y validadores externos firmar digitalmente documentos (ej: actas de pago, respuestas oficiales).
RF-08	Validación de formatos	Verificar que los documentos adjuntos cumplan con formatos requeridos (ej: resolución mínima para imágenes, tamaño máximo de archivo).
RF-9	Historial de trámites	Almacenar copias digitales de documentos enviados y respuestas institucionales para futuras consultas.
RF-10	Corrección y reenvío de documentos	Permitir a los usuarios modificar y volver a enviar documentos rechazados, manteniendo un historial de versiones.
RF-11	Integridad documental	Generar hash único para cada documento enviado, garantizando que no se altere después de la subida.
RF-15	Gestión de actualizaciones	Notificar a los usuarios sobre nuevas versiones de formatos estándar o cambios en requisitos.

Nota: Elaboración Propia

TABLA V
REQUISITOS NO FUNCIONALES DEL SISTEMA

ID	REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN
RNF-01	Seguridad de datos	Encriptación de documentos y autenticación para ciudadanos y funcionarios.
RNF-02	Usabilidad intuitiva	Diseño responsive con iconos descriptivos, tutoriales interactivos y lenguaje claro (ej: evitar términos técnicos).
RNF-03	Compatibilidad multiplataforma	Soporte para dispositivos móviles y navegadores.
RNF-04	Almacenamiento escalable	Uso de servicios en la nube (Firebase) para gestionar documentos sin límites de capacidad.
RNF-05	Rendimiento estable	Tiempo de carga máximo de 5 segundos incluso en zonas con baja velocidad de internet.

RNF-06	Cumplimiento legal	Alineación con la Ley Anti trámites (simplificación) y protección de datos personales (Ley 1581 de 2012).
RNF-07	Soporte técnico local	Capacitación presencial para líderes comunales y funcionarios en el uso de la herramienta.
RNF-08	Sostenibilidad	Bajo costo de mantenimiento usando herramientas gratuitas (Firebase Spark) y actualizaciones semestrales.
RNF-9	Capacitación continua	Programar talleres trimestrales en veredas rurales para reforzar el uso de la herramienta.

Nota: Elaboración Propia.

4.2.2 Elaboración de casos de uso y diagramas UML

Los diagramas de casos de uso se emplean para modelar la funcionalidad de un sistema desde la perspectiva de los usuarios o "actores". Estos diagramas son fundamentales para mostrar cómo los diferentes roles interactúan con la aplicación para lograr sus objetivos. En el contexto de CumbiGestor, los diagramas de casos de uso ilustran las interacciones entre los actores principales (el ciudadano y el administrador) y los procesos del sistema, tales como registrarse, enviar una solicitud, gestionar trámites o recibir notificaciones. Esta representación visual es crucial para definir el alcance del proyecto y asegurar que todas las funcionalidades clave para la optimización de trámites estén cubiertas.

4.2.2.1 Diagrama de Casos de Uso

Los diagramas de casos de uso constituyen una herramienta fundamental del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) para la representación gráfica de los requisitos funcionales de un sistema de software desde la perspectiva de los usuarios finales. En el contexto del Sistema CumbiGestor, se han desarrollado dos diagramas de casos de uso que capturan las interacciones principales entre los actores del sistema y las funcionalidades que este proporciona. Estos diagramas permiten visualizar de manera clara y estructurada el comportamiento esperado del

sistema, identificando los actores involucrados, los casos de uso disponibles y las relaciones existentes entre ellos.

El primer diagrama modela las interacciones del Usuario Ciudadano, quien representa al público general que requiere realizar trámites y solicitudes ante los departamentos municipales de Educación, Deportes y Cultura. El segundo diagrama se enfoca en el rol de Administrador, quien gestiona y procesa las solicitudes recibidas, independientemente del departamento al que pertenezca. Esta separación de roles y responsabilidades facilita el entendimiento del sistema y proporciona una base sólida para el diseño e implementación de la arquitectura del software.

El diagrama de casos de uso del Usuario Ciudadano representa las interacciones principales que un ciudadano puede realizar dentro del Sistema CumbiGestor. El actor principal es el "Usuario Ciudadano", quien puede acceder al sistema mediante procesos de autenticación como registrarse, iniciar sesión, restablecer contraseña y cerrar sesión. La funcionalidad central del sistema se enfoca en la gestión de solicitudes, donde el usuario puede crear solicitudes de trámites municipales, proceso que incluye de manera obligatoria la adjunción de documentos requeridos y el envío formal de la solicitud, tal como se indica mediante las relaciones.

Adicionalmente, el usuario tiene la capacidad de consultar sus solicitudes enviadas, lo cual incluye ver el detalle de cada solicitud y descargar las respuestas proporcionadas por los administradores. El sistema también contempla la posibilidad de editar solicitudes que hayan sido rechazadas, representada mediante una relación, permitiendo al usuario corregir información y reenviar su trámite. Este diagrama encapsula todo el ciclo de vida de una solicitud desde la perspectiva del ciudadano, asegurando transparencia y seguimiento continuo de sus trámites municipales.

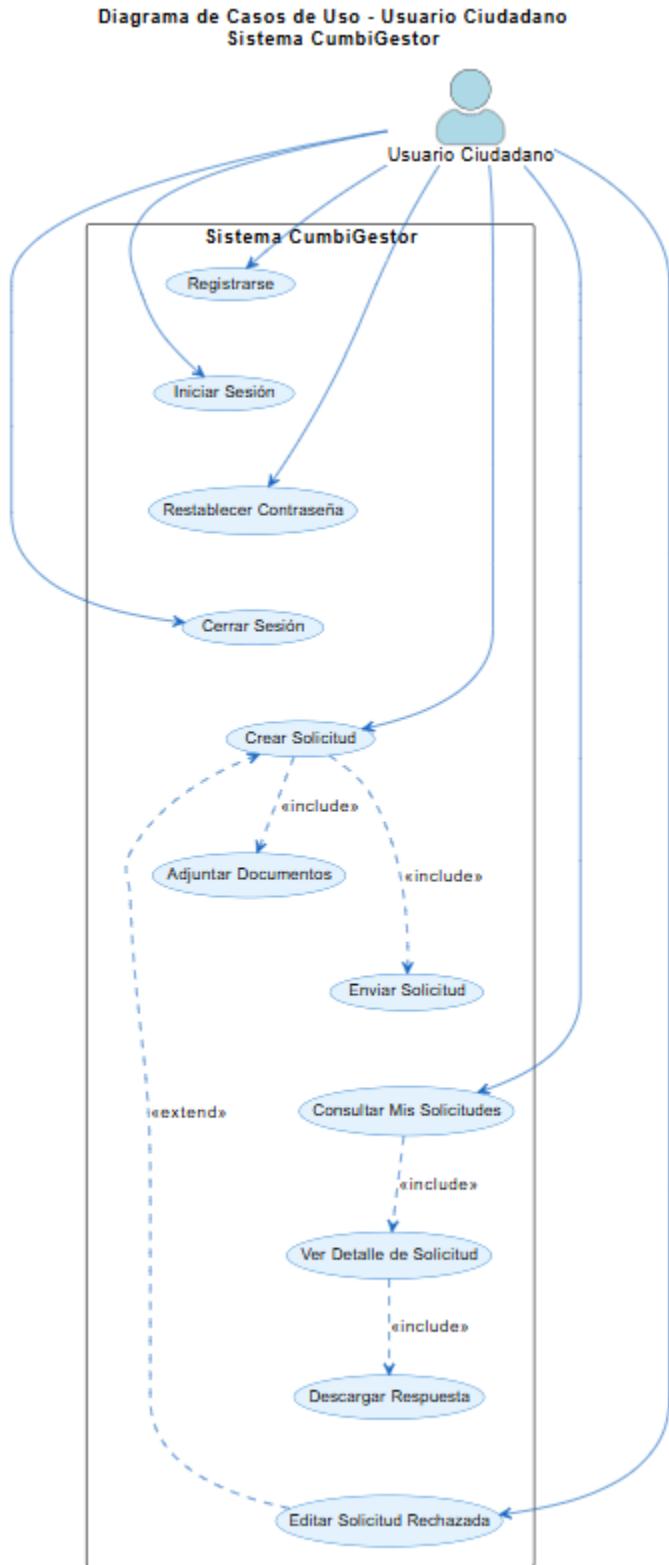


Fig. 2 Diagrama de casos de uso del Usuario Ciudadano

El diagrama de casos de uso del Administrador representa las funcionalidades administrativas del Sistema CumbiGestor, aplicables a los tres departamentos: Educación, Deportes y Cultura. El actor "Administrador" tiene acceso al sistema mediante procesos de autenticación estándar y puede gestionar todas las solicitudes ciudadanas a través del panel de administración. La funcionalidad principal consiste en consultar solicitudes, proceso que incluye de manera obligatoria capacidades de filtrado por estado (pendiente, en proceso, completada, rechazada) y búsqueda específica de solicitudes, como se indica mediante relaciones. El administrador puede visualizar el detalle completo de cada solicitud, lo cual incluye de manera directa la capacidad de cambiar su estado, agregar comentarios explicativos y subir documentos de respuesta oficial. El sistema contempla la posibilidad opcional de notificar al usuario cuando se realiza un cambio de estado, representado, permitiendo una comunicación proactiva con los ciudadanos. Adicionalmente, el administrador tiene acceso a un módulo de estadísticas que permite monitorear el volumen y estado general de las solicitudes de su departamento, facilitando la toma de decisiones y la gestión eficiente del flujo de trabajo administrativo.

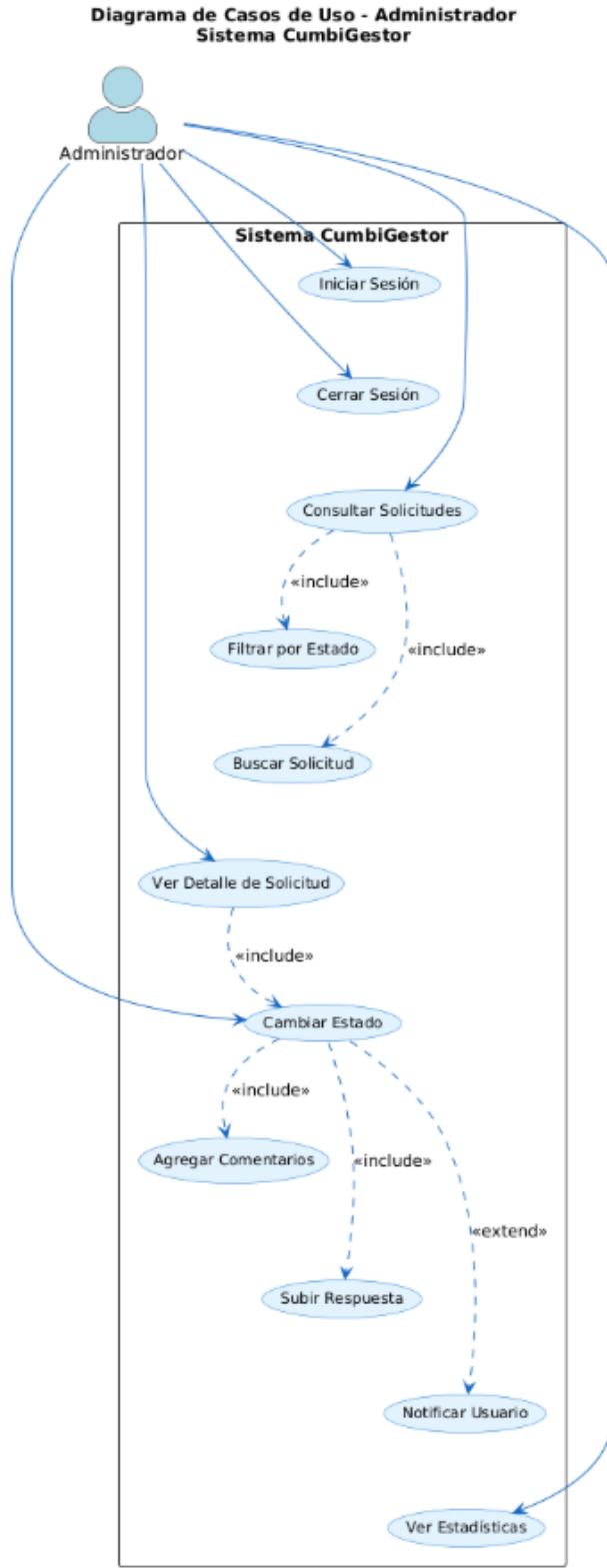


Fig. 3 Diagrama de casos de uso del Administrador

4.2.2.2 Diagrama de Clases

El diagrama de clases constituye una representación estática de la estructura del sistema, mostrando las clases que lo componen, sus atributos, métodos y las relaciones existentes entre ellas. En el contexto del Sistema CumbiGestor, el diagrama de clases presenta una arquitectura orientada a objetos que separa claramente las responsabilidades entre tres capas principales: la capa de modelo (clases de dominio), la capa de servicios (lógica de negocio) y la capa de presentación (interfaces de usuario). Esta separación facilita el mantenimiento, la escalabilidad y la comprensión del sistema.

En la capa de modelo se definen las clases principales: Solicitud, Usuario y Documento. La clase Solicitud gestiona las peticiones ciudadanas, permitiendo crearlas, actualizarlas y cambiar su estado. Usuario se encarga de la autenticación y los permisos de acceso, diferenciando entre administradores y usuarios regulares, mientras que Documento administra los archivos adjuntos asociados a cada solicitud.

La capa de servicios implementa la lógica de negocio mediante tres componentes esenciales. SolicitudService actúa como intermediario entre las interfaces y la base de datos, ejecutando operaciones como creación, actualización y eliminación de registros. AuthProvider gestiona el ciclo de autenticación, incluyendo inicio y cierre de sesión, registro y verificación de privilegios administrativos. Por su parte, FileService se especializa en la subida y descarga de archivos, integrando la comunicación con Firebase Storage.

En la capa de presentación se encuentran PantallaUsuario y PantallaAdmin, las cuales proporcionan las interfaces gráficas para ciudadanos y administradores respectivamente. La primera permite crear solicitudes y consultar su estado, mientras que la segunda ofrece herramientas para gestionar los trámites, actualizar su estado y visualizar estadísticas.

Las relaciones entre las clases incluyen composición, donde una solicitud contiene uno o más documentos; asociación, en la que un usuario puede crear múltiples solicitudes; y dependencias de uso, ya que las pantallas emplean los servicios para ejecutar sus funciones, y estos a su vez gestionan las entidades del modelo, creando un flujo de datos coherente y bien estructurado.

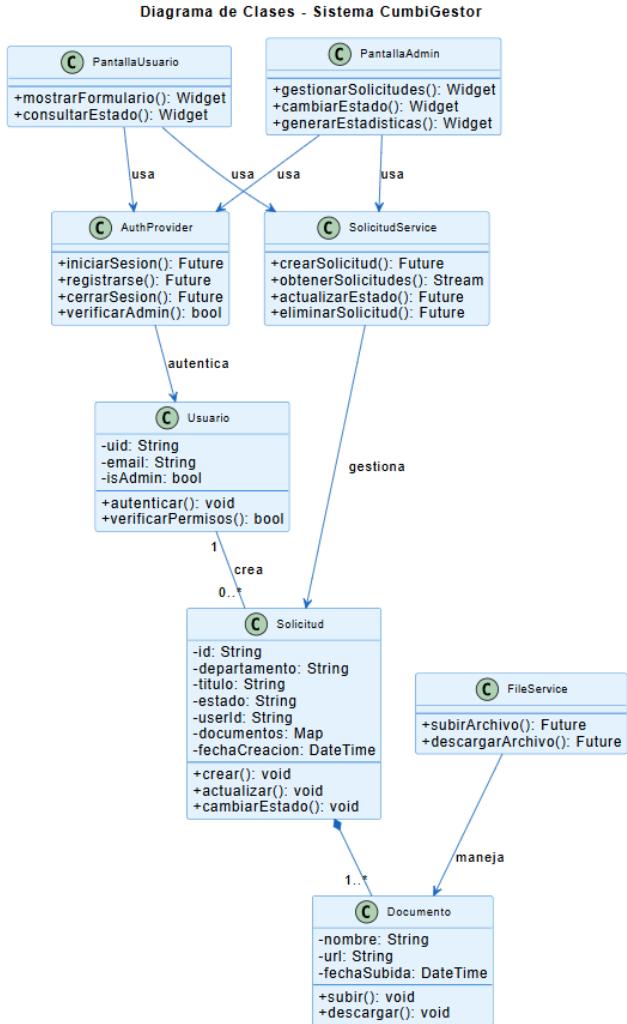


Fig. 4 Diagrama de clases

4.2.2.3 Diagrama de Estados

El diagrama de estados del Sistema CumbiGestor representa el comportamiento dinámico de una solicitud durante todo su ciclo de vida, desde su creación hasta su finalización. Este flujo muestra cómo una solicitud pasa por distintos estados según las acciones de los actores involucrados, principalmente el ciudadano y el administrador.

El ciclo inicia cuando el ciudadano crea una solicitud y adjunta los documentos necesarios, ubicándola en estado Pendiente. Luego, el administrador puede moverla a En Proceso para su revisión o Rechazada si no cumple los requisitos mínimos. Durante el estado En Proceso, el administrador evalúa la información y puede aprobar la solicitud (Completada), rechazarla o solicitar correcciones, cambiando el estado a En Revisión.

En el estado En Revisión, el ciudadano puede modificar la información y reenviar la solicitud para una nueva evaluación. Finalmente, el trámite concluye en Completada cuando es aprobado o en Rechazada si no se aceptan las correcciones. Este modelo refleja un flujo de trabajo claro, controlado por el administrador y con posibilidad de interacción y corrección por parte del ciudadano.

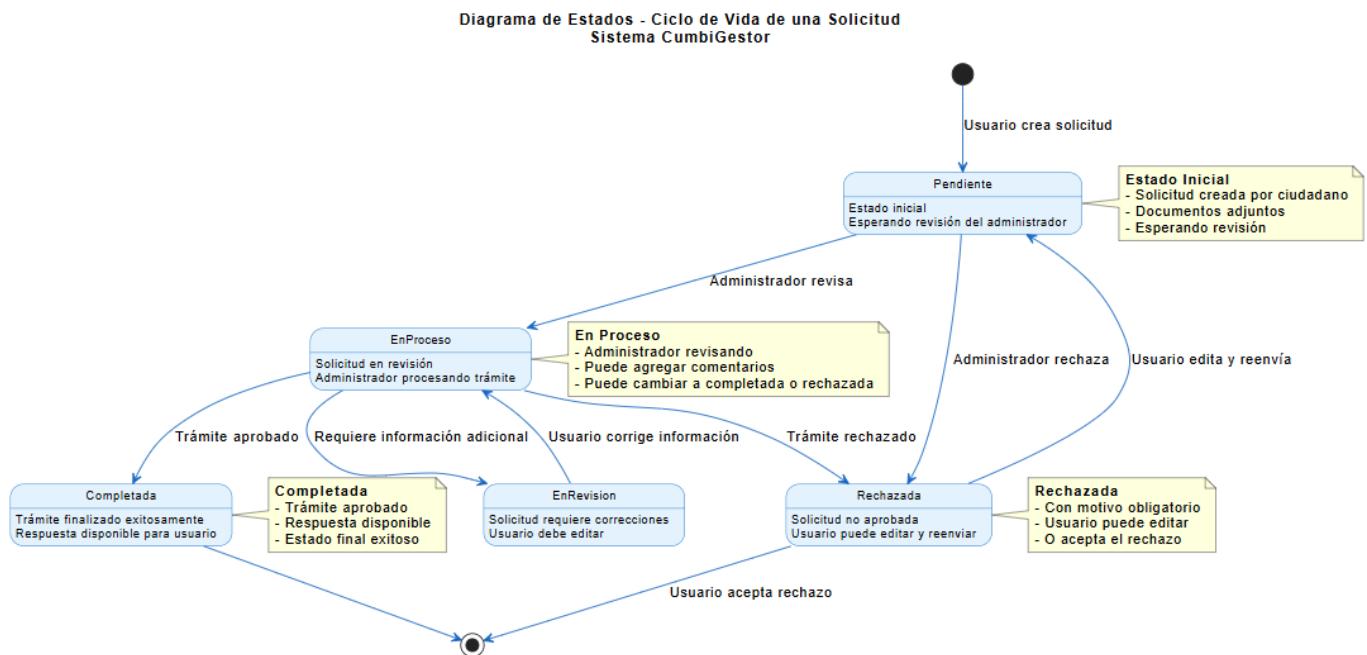


Fig. 5 Diagrama de estados

4.2.2.4 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo del Sistema CumbiGestor muestra de forma secuencial y simplificada el proceso de gestión de solicitudes, destacando las acciones, decisiones y posibles resultados que ocurren desde la creación del trámite hasta su resolución final. A diferencia del diagrama de actividades, este se centra en la secuencia lógica de pasos y en los puntos críticos de decisión que influyen en el resultado del proceso.

El flujo inicia cuando el usuario inicia sesión, selecciona el departamento, completa el formulario y adjunta los documentos requeridos. Al enviarla, la solicitud queda en estado Pendiente y se notifica al administrador para su revisión. Si no cumple los requisitos, el administrador la rechaza, permitiendo al usuario editar y reenviar o finalizar el trámite. Si cumple las condiciones, la solicitud pasa a estado En Proceso, donde el administrador decide entre aprobarla (cambiando a Completada y generando una respuesta oficial) o rechazarla nuevamente con observaciones.

Este modelo evidencia el carácter cíclico del proceso, ya que el usuario puede corregir y reenviar su solicitud tantas veces como sea necesario hasta lograr la aprobación o decidir no continuar con el trámite.

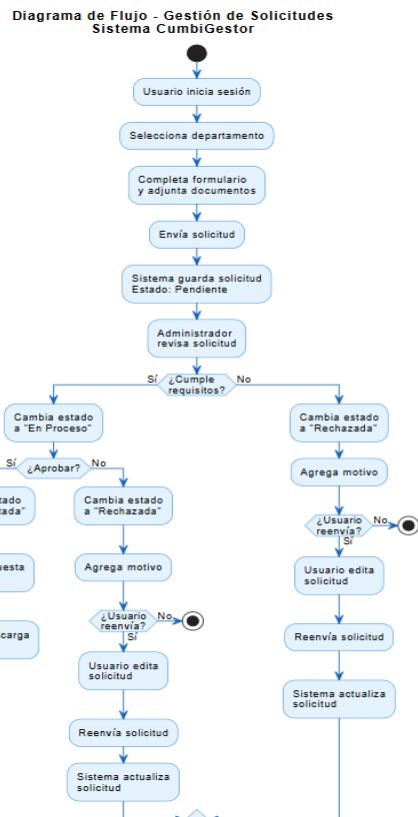


Fig. 6 Diagrama de flujo

4.2.2.5 Diagrama de Secuencia

El diagrama de actividades del Sistema CumbiGestor describe el flujo completo del proceso de gestión de solicitudes, mostrando las acciones y decisiones realizadas por los distintos actores involucrados. Utiliza carriles o swimlanes para distinguir las responsabilidades entre el Usuario Ciudadano, el Sistema y el Administrador, facilitando la comprensión de quién ejecuta cada tarea y cómo se transfiere el control entre ellos.

El proceso inicia cuando el ciudadano inicia sesión, selecciona el departamento correspondiente, elige el tipo de trámite, completa el formulario y adjunta los documentos requeridos. El sistema valida los datos, guarda la solicitud y notifica al administrador, quien revisa el trámite y decide si cumple los requisitos. Si no los cumple, la solicitud se rechaza indicando el motivo; si los cumple, se cambia a estado En Proceso para su revisión detallada. De esta manera, el diagrama refleja la interacción coordinada entre los actores y las decisiones que definen el avance del trámite dentro del sistema.

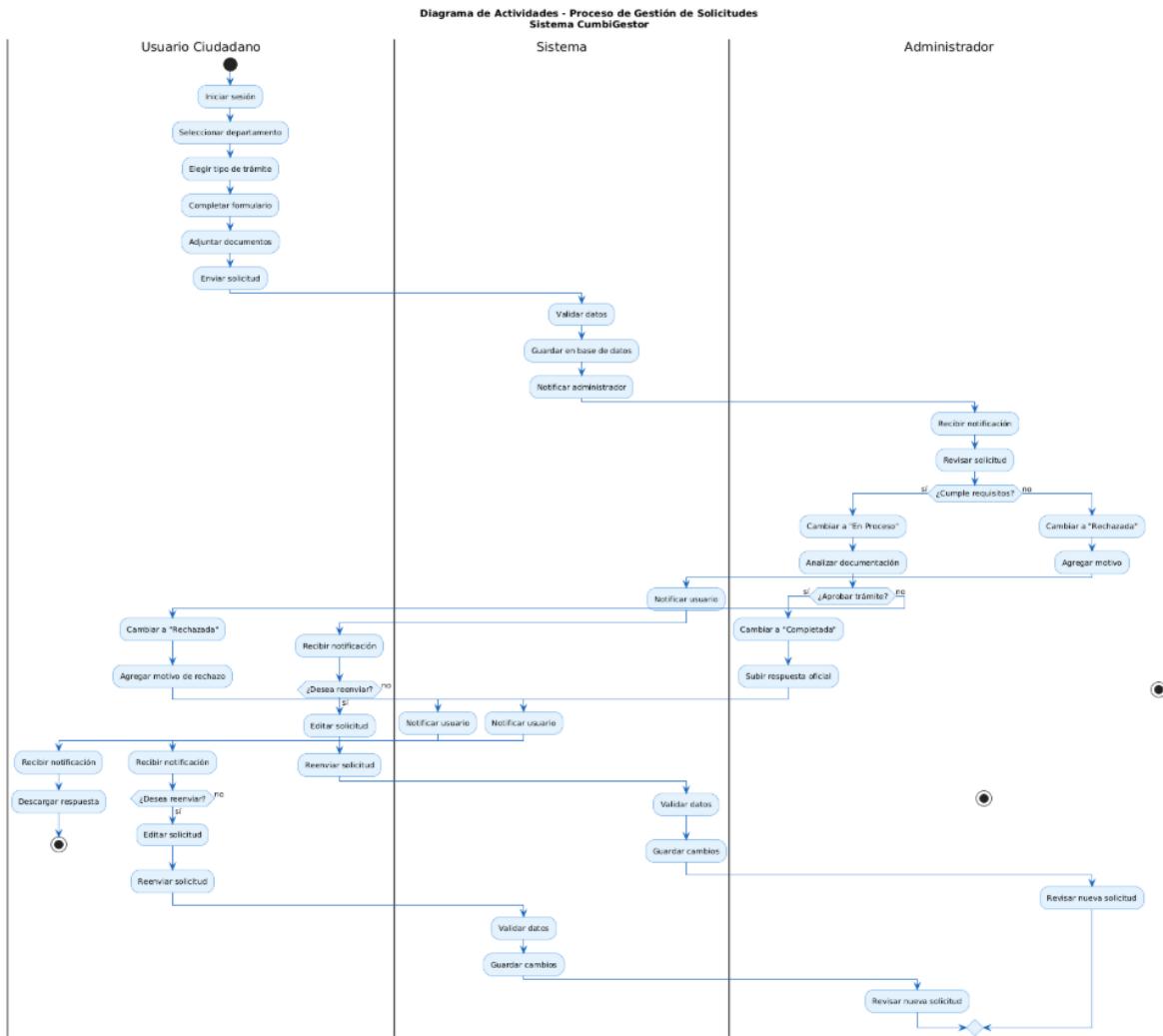


Fig. 7 Diagrama de Secuencia

4.2.3 Diseño de mockups y prototipos de interfaz.

El diseño de la aplicación CumbiGestor se fundamentó en la necesidad de ofrecer una solución digital eficiente y accesible para la gestión municipal, considerando tanto la experiencia del usuario como la integración de tecnologías modernas. Desde el inicio, se priorizó la simplicidad en la interfaz, la adaptabilidad a diferentes dispositivos y la seguridad en el manejo de datos, empleando Flutter para el desarrollo multiplataforma y Firebase como backend escalable. Este enfoque permitió crear una herramienta robusta, intuitiva y alineada con los requerimientos de los ciudadanos y administradores, facilitando la interacción y el seguimiento de trámites municipales de manera ágil y transparente.

4.2.3.1 Login.

El diseño del sistema de login en CumbiGestor se orientó a garantizar la seguridad y facilidad de acceso para los usuarios, permitiendo la autenticación tanto de ciudadanos como de administradores. Se implementaron mecanismos de validación robustos y una interfaz clara, asegurando que el proceso de inicio de sesión fuera intuitivo y rápido. Además, se integró Firebase Authentication para gestionar credenciales y sesiones de manera segura, protegiendo la información personal y facilitando la administración de permisos según el rol de cada usuario dentro de la aplicación.



Fig. 8 Login

4.2.3.2 Home User.

El diseño del home de usuario en CumbiGestor se centró en ofrecer una experiencia intuitiva y personalizada, facilitando el acceso rápido a las funciones principales y al estado de los trámites. Se priorizó la organización visual y la claridad en la presentación de la información, permitiendo a los ciudadanos visualizar notificaciones, acceder a servicios y gestionar solicitudes de manera eficiente. La interfaz fue desarrollada con Flutter, asegurando una navegación fluida y adaptabilidad a distintos dispositivos, mientras que la integración con Firebase permite mostrar datos en tiempo real y mantener la información actualizada para cada usuario.



Fig. 9 Home User

4.2.3.3 Mis Solicitudes.

El módulo Mis Solicitudes en CumbiGestor fue diseñado para brindar a los usuarios un espacio centralizado donde puedan consultar, gestionar y dar seguimiento al estado de sus trámites. Se priorizó la claridad en la visualización de cada solicitud, permitiendo acceder a detalles, notificaciones y actualizaciones en tiempo real. La interfaz intuitiva facilita la interacción y el control sobre los procesos, mientras que la integración con Firebase asegura la sincronización y seguridad de la información, ofreciendo una experiencia transparente y confiable para el ciudadano.

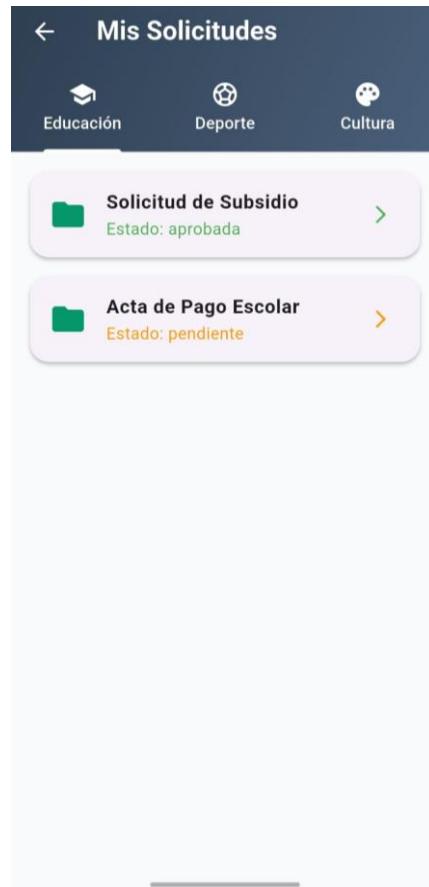


Fig. 10 Mis Solicitudes

4.2.3.4 Panel de Administrador.

El diseño del Panel de administrador en CumbiGestor se orientó a proporcionar una visión integral y herramientas de gestión avanzadas para el control de los procesos municipales. La interfaz fue estructurada para facilitar el acceso a estadísticas, solicitudes pendientes y funciones administrativas, permitiendo una supervisión eficiente y una toma de decisiones informada. Se priorizó la claridad en la organización de los módulos y la seguridad en el manejo de datos, aprovechando la integración con Firebase para garantizar la actualización en tiempo real y la protección de la información sensible.

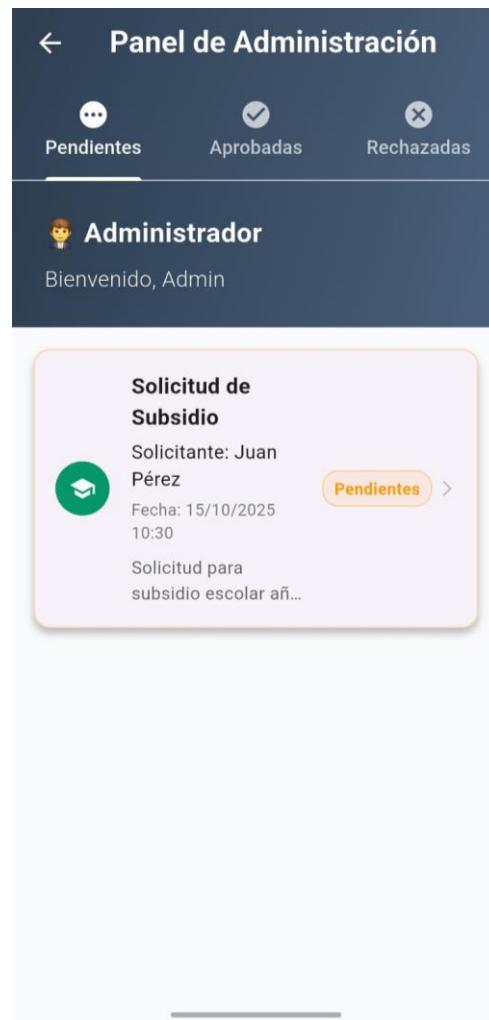


Fig. 11 Panel de administrador

Los mockups y diseños presentados en esta sección representan los módulos principales de CumbiGestor, ilustrando la estructura visual y funcional de la aplicación. Para una revisión exhaustiva de todos los diseños, incluyendo vistas adicionales e interacciones detalladas desarrolladas durante el proceso de diseño, se ha dispuesto de un repositorio completo accesible a través del siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1xD1QgyID7UVpj9_86m5B5aD2k1NvxDik?usp=sharing.

Este material complementario permite apreciar en detalle las decisiones de diseño y la coherencia visual mantenida a lo largo de toda la aplicación.

4.2.4 Desarrollo del sistema (codificación)

El desarrollo de CumbiGestor se fundamentó en la implementación de una arquitectura robusta y escalable, aprovechando las capacidades de Flutter como framework multiplataforma y Firebase como solución de backend en la nube. El proceso de codificación se orientó hacia la creación de un sistema modular, mantenible y eficiente, capaz de funcionar tanto en dispositivos móviles (Android e iOS) como en navegadores web mediante su adaptación a Progressive Web App (PWA). Se adoptó una metodología de desarrollo iterativa, priorizando la funcionalidad, la seguridad de los datos y la experiencia del usuario en cada fase del proyecto.

La arquitectura del sistema se estructuró siguiendo principios de separación de responsabilidades, organizando el código en módulos claramente diferenciados: pantallas (screens), servicios (services), proveedores de estado (providers), constantes y utilidades. Esta organización facilita el mantenimiento, la escalabilidad y la colaboración en el desarrollo. Se utilizó el patrón Provider para la gestión de estado, permitiendo una comunicación eficiente entre componentes y una actualización reactiva de la interfaz ante cambios en los datos.

La integración con Firebase constituye el núcleo del backend del sistema, empleando Firebase Authentication para la gestión segura de usuarios y roles, Cloud Firestore como base de datos NoSQL en tiempo real, Firebase Storage para el almacenamiento de documentos y archivos adjuntos, Firebase Cloud Messaging para el sistema de notificaciones push, y Cloud Functions para ejecutar lógica del lado del servidor. Esta combinación de servicios proporciona una infraestructura completa, escalable y segura, eliminando la necesidad de mantener servidores propios y garantizando alta disponibilidad.

El proyecto emplea un conjunto de dependencias cuidadosamente seleccionadas para extender las funcionalidades base de Flutter, incluyendo librerías para la selección y visualización de archivos PDF, manejo de permisos, internacionalización en español colombiano, generación de documentos, firma digital y comunicación HTTP. La versión del SDK de Dart utilizada es 3.7.2, asegurando compatibilidad con las últimas características del lenguaje y mejoras de rendimiento. A continuación, se detallan los componentes principales, las decisiones técnicas adoptadas y los desafíos resueltos durante el proceso de implementación.

4.2.4.1 Arquitectura del sistema.

CumbiGestor adopta una arquitectura basada en el patrón Modelo-Vista-Proveedor (MVP), una variante del patrón MVVM adaptada al ecosistema Flutter. Esta arquitectura se fundamenta en la separación clara de responsabilidades, donde la lógica de presentación se desacopla de la lógica de negocio y del acceso a datos, facilitando el mantenimiento, las pruebas unitarias y la escalabilidad del sistema. La implementación se estructura en cuatro capas principales: la capa de presentación con los componentes visuales, la capa de gestión de estado mediante el patrón Provider, la capa de servicios que encapsula la lógica de negocio y las operaciones con Firebase, y la capa de configuración que centraliza constantes y utilidades reutilizables.

La estructura de carpetas del proyecto refleja esta arquitectura, organizando el código en módulos claramente identificables. Las pantallas se agrupan en el directorio screens, separando las interfaces generales de las específicas por departamento. Los proveedores de estado residen en providers, siendo el AuthProvider el principal encargado de gestionar autenticación, roles y permisos. Los servicios de negocio en el directorio services incluyen el SolicitudService para gestión de trámites, el FileService para manejo de archivos, y servicios especializados de generación de PDF. Las constantes organizadas por departamento y las utilidades como validadores completan la estructura modular del sistema.

El flujo de información sigue un patrón unidireccional donde la interacción del usuario en la interfaz invoca métodos del Provider correspondiente, quien ejecuta la lógica necesaria delegando operaciones complejas a los Services. Estos realizan las operaciones en Firebase y retornan los resultados al Provider, que actualiza su estado y notifica a los widgets suscritos mediante notifyListeners, provocando la reconstrucción automática de la interfaz con los nuevos

datos. Esta arquitectura ofrece ventajas significativas en términos de separación de responsabilidades, reusabilidad de componentes, mantenibilidad del código, facilidad para realizar pruebas unitarias, escalabilidad para agregar nuevas funcionalidades, y reactividad automática de la interfaz ante cambios de estado.

4.2.4.2 Configuración del entorno.

La configuración del entorno de desarrollo para CumbiGestor se llevó a cabo empleando Flutter y Dart, lo que permitió construir una aplicación multiplataforma capaz de ejecutarse en dispositivos Android, iOS y navegadores web. Desde el inicio, se estableció una estructura modular que facilita la organización del código y la integración de nuevas funcionalidades. El archivo pubspec.yaml centraliza la gestión de dependencias, incorporando paquetes esenciales como provider para la gestión de estado, firebase_core y cloud_firestore para la conexión con los servicios de Firebase, así como complementos para el manejo de archivos, internacionalización y generación de documentos PDF.

La integración con Firebase se realizó mediante la configuración de credenciales específicas y archivos dedicados, permitiendo habilitar servicios como autenticación de usuarios, base de datos en tiempo real, almacenamiento de archivos y envío de notificaciones push. Esta configuración garantiza la seguridad y la escalabilidad del sistema, además de simplificar el despliegue en diferentes plataformas. El entorno de desarrollo se complementa con herramientas de control de versiones y pruebas automatizadas, asegurando la calidad y la mantenibilidad del código. Gracias a esta configuración, el equipo de desarrollo pudo trabajar de manera ágil y colaborativa, optimizando la incorporación de mejoras y la adaptación a los requerimientos del proyecto.

4.2.4.3 Base de datos y modelado.

El modelado de la base de datos en CumbiGestor se realizó utilizando Firebase Firestore, una solución NoSQL que permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real. La estructura de la base de datos se diseñó para reflejar la organización municipal, creando colecciones específicas para departamentos, usuarios y solicitudes. Cada solicitud contiene información relevante como el tipo de trámite, estado, documentos adjuntos y referencias al usuario solicitante, lo que facilita el

seguimiento y la gestión eficiente de los procesos. Los modelos de datos fueron definidos en el código mediante clases y estructuras que aseguran la integridad y coherencia de la información, permitiendo validar campos obligatorios y establecer relaciones lógicas entre entidades. Además, se implementaron reglas de seguridad en Firebase para controlar el acceso y la modificación de los datos, garantizando la protección de la información sensible y la correcta asignación de permisos según el rol de cada usuario. Este enfoque flexible y escalable permite adaptar la base de datos a nuevos requerimientos y facilita la integración de funcionalidades adicionales en el sistema.

4.2.4.4 Funcionalidades clave implementadas.

CumbiGestor integra diversas funcionalidades clave que garantizan la eficiencia y seguridad en la gestión municipal. Entre ellas destaca el sistema de autenticación y control de roles, que permite diferenciar el acceso y las acciones disponibles para ciudadanos, administradores y responsables de cada departamento. La gestión de solicitudes se implementa con seguimiento en tiempo real, permitiendo a los usuarios crear, consultar y actualizar trámites, así como adjuntar documentos y recibir notificaciones sobre el estado de sus procesos. El sistema de notificaciones push, basado en Firebase Cloud Messaging, asegura una comunicación oportuna entre la administración y los ciudadanos. Además, se incorporan mecanismos de validación de datos, manejo de errores y adaptación de la interfaz a distintos dispositivos, lo que contribuye a una experiencia de usuario fluida y confiable. Estas funcionalidades, desarrolladas de manera modular y escalable, permiten que la aplicación responda eficazmente a las necesidades cambiantes del entorno municipal.

4.2.4.5 Integración de servicios.

La integración de servicios en CumbiGestor se realizó principalmente a través de la plataforma Firebase, aprovechando sus módulos de autenticación, base de datos, almacenamiento y mensajería. El sistema utiliza Firebase Authentication para gestionar el acceso seguro de los usuarios y la asignación de roles, mientras que Cloud Firestore permite almacenar y consultar información en tiempo real. El almacenamiento de documentos y archivos adjuntos se gestiona mediante Firebase Storage, facilitando la organización y recuperación eficiente de los recursos

digitales. Para la comunicación y envío de notificaciones, se implementó Firebase Cloud Messaging, asegurando que los usuarios reciban alertas oportunas sobre el estado de sus trámites. Además, se emplean Cloud Functions para ejecutar lógica personalizada en el backend, como validaciones y automatización de procesos administrativos. Esta integración de servicios proporciona una infraestructura robusta, escalable y segura, que simplifica el desarrollo y garantiza la disponibilidad de la aplicación en todo momento.

4.2.4.6 Optimizaciones y buenas prácticas.

Durante el desarrollo de CumbiGestor se aplicaron diversas optimizaciones y buenas prácticas para garantizar el rendimiento, la mantenibilidad y la calidad del código. Se implementó una gestión eficiente de memoria y recursos mediante el uso de widgets stateless cuando no se requiere gestión de estado, y la liberación adecuada de controladores y listeners para evitar fugas de memoria. El código se estructuró siguiendo principios de clean code, con nombres descriptivos, funciones de propósito único y documentación clara que facilita la comprensión y el mantenimiento. Se emplearon técnicas de carga diferida para optimizar el tiempo de inicio de la aplicación y reducir el consumo de recursos en dispositivos con capacidades limitadas. Además, se establecieron validaciones robustas en formularios y operaciones críticas, junto con un manejo consistente de errores que proporciona retroalimentación clara al usuario y registra información útil para la depuración. Estas prácticas no solo mejoran la experiencia del usuario final, sino que también facilitan la escalabilidad del sistema y la incorporación de nuevos desarrolladores al proyecto.

4.2.4.7 Repositorio y Documentación.

El código fuente de CumbiGestor se encuentra alojado en un repositorio de GitHub bajo el nombre de usuario luis9713, lo que facilita el control de versiones, la colaboración y el seguimiento de cambios durante el desarrollo. El repositorio utiliza Git como sistema de control de versiones, permitiendo mantener un historial completo de modificaciones, revertir cambios cuando sea necesario y trabajar con ramas para el desarrollo de nuevas funcionalidades sin afectar la rama principal. La documentación técnica del proyecto incluye archivos que explican la configuración

inicial, los requisitos del sistema y las instrucciones de instalación, así como documentos específicos en el directorio docs que detallan soluciones a problemas encontrados, mejoras implementadas y guías de uso para administradores. Esta organización garantiza que futuros desarrolladores o colaboradores puedan comprender rápidamente la estructura del proyecto, integrar nuevas funcionalidades y dar mantenimiento al sistema de manera eficiente. El acceso al repositorio puede consultarse en <https://github.com/luis9713/cumbigestor>, donde se encuentra toda la información técnica y el código completo del sistema.

4.2.4.8 Despliegue e implementación.

La implementación de CumbiGestor fue completada exitosamente y entregada formalmente a la Alcaldía Municipal para su uso oficial en la gestión de trámites ciudadanos. El sistema se encuentra desplegado en una plataforma de alojamiento web en la nube que garantiza su disponibilidad permanente y accesibilidad desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Una característica fundamental de la implementación es su carácter de Aplicación Web Progresiva (PWA), lo que permite a los ciudadanos instalar CumbiGestor directamente en sus dispositivos móviles sin necesidad de descargar aplicaciones desde tiendas oficiales como Google Play o App Store. Esta funcionalidad reduce significativamente las barreras de acceso para la población, especialmente considerando que muchos usuarios puedan tener limitaciones de espacio de almacenamiento en sus dispositivos. El sistema fue puesto en producción con una capacidad de escalamiento automático que se adapta al volumen de usuarios, asegurando un rendimiento óptimo incluso durante períodos de alta demanda. La entrega incluyó capacitaciones al personal administrativo de los departamentos de Educación, Cultura y Deportes, quienes ahora utilizan la plataforma para gestionar las solicitudes ciudadanas de manera digital (ANEXO 2), eliminando los procesos manuales en papel que anteriormente generaban retrasos y pérdida de documentos. Actualmente, el sistema se encuentra en fase de prueba piloto con el personal de la alcaldía, evaluando su funcionamiento, usabilidad y eficiencia en condiciones reales de operación, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora antes de su lanzamiento oficial a toda la ciudadanía.

4.3 Pruebas y validación

La fase de pruebas de CumbiGestor fue diseñada e implementada con un enfoque integral que abarca tanto aspectos funcionales como no funcionales del sistema, con el objetivo de garantizar que la plataforma cumpliera con los requisitos establecidos y ofreciera una experiencia de usuario confiable y segura. El proceso de validación se estructuró en seis categorías principales de pruebas manuales: autenticación y acceso, gestión de solicitudes por parte de ciudadanos, funcionalidades del panel administrativo, compatibilidad multiplataforma, carga de archivos, y seguridad del sistema. Cada categoría de prueba fue ejecutada de manera sistemática, documentando los pasos específicos realizados, los resultados esperados y los resultados obtenidos, permitiendo así identificar y corregir posibles defectos antes de la entrega oficial del sistema a la Alcaldía Municipal. Este enfoque metodológico de pruebas no solo permitió validar que cada funcionalidad operara según lo especificado, sino que también ayudó a descubrir casos de uso no contemplados inicialmente y a optimizar la experiencia de usuario en diferentes dispositivos y navegadores. Las pruebas fueron realizadas tanto en ambientes de desarrollo como en el entorno de producción real, involucrando a usuarios reales del personal administrativo de la alcaldía durante la fase piloto, lo cual proporcionó retroalimentación valiosa sobre la usabilidad y eficiencia del sistema en condiciones operativas reales. Los resultados obtenidos demuestran que CumbiGestor cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados y está preparado para facilitar la gestión de trámites municipales de manera digital, eficiente y accesible para toda la ciudadanía.

4.3.1 pruebas de autenticación y acceso.

Las pruebas de autenticación constituyen el primer conjunto de verificaciones realizadas sobre CumbiGestor, dado que el sistema de acceso representa la puerta de entrada para todos los usuarios de la plataforma. Se evaluaron los dos métodos de autenticación implementados: el inicio de sesión mediante cuentas de Google (OAuth 2.0) y el sistema tradicional de email y contraseña. Estas pruebas fueron críticas para garantizar que tanto ciudadanos como administradores pudieran acceder de forma segura al sistema, validando la correcta implementación del sistema de creación de contraseñas para usuarios que inician sesión por primera vez con Google, así como la persistencia de sesiones y la protección de rutas que requieren autenticación previa.

4.3.2 Pruebas de gestión de solicitudes (ciudadanos).

El módulo de gestión de solicitudes representa el núcleo funcional de CumbiGestor desde la perspectiva del ciudadano, por lo que las pruebas en esta área se enfocaron en validar el ciclo completo de vida de una solicitud. Se verificó la funcionalidad de creación de solicitudes en los tres departamentos disponibles (Educación, Cultura y Deportes), prestando especial atención al proceso de adjuntar documentos, que es un componente esencial para que los trámites sean procesados correctamente. Las pruebas incluyeron la validación de formatos de archivo permitidos, la capacidad de visualizar el estado de las solicitudes propias, y la funcionalidad de corrección y reenvío de solicitudes que fueron rechazadas por los administradores, garantizando así que los usuarios puedan completar sus trámites de manera efectiva.

4.3.3 pruebas de panel administrativo

El panel administrativo es la herramienta fundamental para que el personal de la alcaldía gestione las solicitudes ciudadanas, por lo que las pruebas en este módulo se centraron en verificar tanto la seguridad de acceso como la funcionalidad completa de gestión de trámites. Se validó que únicamente usuarios con rol de administrador pudieran acceder a esta sección, y que los usuarios regulares fueran correctamente bloqueados. Las pruebas evaluaron cada una de las acciones que un administrador debe realizar: revisar solicitudes, cambiar estados (aprobar, rechazar, marcar en proceso), adjuntar documentos de respuesta oficial, y filtrar solicitudes por departamento. Esta validación aseguró que el flujo de trabajo administrativo fuera eficiente y que existiera trazabilidad completa de todas las acciones realizadas sobre cada solicitud.

4.3.4 pruebas de compatibilidad y responsividad

Considerando que CumbiGestor está diseñado como una aplicación web progresiva (PWA) que debe ser accesible desde múltiples dispositivos y navegadores, las pruebas de compatibilidad fueron esenciales para garantizar una experiencia de usuario consistente. Se evaluó el comportamiento de la interfaz en diferentes tamaños de pantalla (escritorio, tablet y smartphone) y

en los navegadores más utilizados por la población (Chrome, Firefox y Safari). Un aspecto crítico de estas pruebas fue verificar la funcionalidad PWA, es decir, la capacidad de los usuarios para instalar la aplicación en sus dispositivos móviles sin necesidad de acceder a tiendas de aplicaciones, lo cual representa una ventaja significativa en términos de accesibilidad y adopción por parte de los ciudadanos.

4.3.5 pruebas de carga de archivos

La funcionalidad de carga de archivos es uno de los componentes más sensibles del sistema, ya que los ciudadanos deben adjuntar documentos legales y oficiales que respaldan sus solicitudes. Las pruebas en esta área se enfocaron en validar que el sistema pudiera manejar diferentes tipos de archivos (PDF, imágenes, documentos Word) y diferentes tamaños, desde archivos pequeños hasta documentos de varios megabytes. Se puso especial énfasis en verificar que el selector de archivos funcionara correctamente en dispositivos móviles, permitiendo a los usuarios acceder a diferentes fuentes de almacenamiento como Google Drive, la carpeta de Descargas o el gestor de archivos del dispositivo, asegurando así que la experiencia de adjuntar documentos fuera intuitiva y sin fricción para usuarios con diferentes niveles de alfabetización digital.

4.3.6 Pruebas de estrés y carga

Las pruebas de estrés y carga fueron diseñadas para evaluar el comportamiento de CumbiGestor bajo condiciones de alta demanda y determinar los límites operacionales del sistema. Se ejecutaron 15 escenarios diferentes que simularon desde cargas mínimas con 5 usuarios concurrentes hasta situaciones extremas con 300 usuarios simultáneos, abarcando un período total de pruebas de más de 8 horas de operación continua. Las métricas evaluadas incluyeron tiempos de respuesta, tasas de error, throughput del sistema, y consumo de recursos en Firebase. Adicionalmente, se utilizó Google Lighthouse para medir el rendimiento de carga de las páginas principales, obteniendo puntuaciones superiores a 86/100 en todas las secciones críticas de la aplicación. Los resultados demuestran que CumbiGestor puede manejar eficientemente hasta 100 usuarios concurrentes manteniendo tiempos de respuesta por debajo de 3 segundos y tasas de error inferiores al 3%, lo cual es adecuado para las necesidades actuales de la Alcaldía Municipal. Se

realizaron también pruebas bajo diferentes condiciones de conectividad, desde conexiones de fibra óptica de alta velocidad hasta redes móviles 3G, encontrando que el sistema mantiene un rendimiento aceptable en conexiones 4G LTE con tiempos de carga inicial de 2.8 segundos y tiempos de subida de archivos de tamaño medio (3MB) en 12.6 segundos, lo que garantiza accesibilidad para ciudadanos con diferentes calidades de conexión a internet, siendo especialmente importante en zonas rurales donde la conectividad puede ser limitada.

4.3.7 Información General de pruebas

El proceso de validación de CumbiGestor generó un conjunto extenso de datos y métricas que documentan de manera detallada el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de uso. El informe completo de pruebas incluye nueve tablas principales. Cada tabla contiene información específica sobre los casos de prueba ejecutados, los pasos detallados seguidos durante la validación, los resultados esperados versus los resultados obtenidos, y el estado final de cada prueba. Este nivel de documentación permite no solo verificar la calidad del sistema entregado, sino también establecer una línea base para futuras actualizaciones y mejoras de la plataforma. Dada la extensión y el nivel de detalle de las tablas de pruebas, estas han sido consolidadas en un documento de hoja de cálculo para facilitar su consulta, análisis y posible replicación de las pruebas en el futuro. El informe completo de pruebas de CumbiGestor puede ser consultado en el enlace del ANEXO 4.

4.3.8 pruebas de seguridad y validación.

La seguridad de los datos de los ciudadanos y la integridad de la información manejada por CumbiGestor son aspectos críticos que requirieron validación exhaustiva. Las pruebas de seguridad se enfocaron en verificar que el sistema implementara correctamente mecanismos de protección contra vulnerabilidades comunes en aplicaciones web, tales como acceso no autorizado a datos de otros usuarios, inyección de código malicioso, y manipulación de formularios. Se validó que las reglas de seguridad de Firebase estuvieran correctamente configuradas para proteger tanto la base de datos como el almacenamiento de archivos, garantizando que cada usuario solo pueda acceder y modificar sus propios datos. Adicionalmente, se verificaron las validaciones de entrada de datos

en los formularios, asegurando que el sistema rechace datos mal formados o potencialmente peligrosos antes de procesarlos.

4.4 Validación del sistema mediante prueba piloto de usabilidad.

Con el propósito de verificar la hipótesis de investigación y validar la efectividad del sistema CumbiGestor desde la perspectiva del usuario final, se diseñó e implementó una prueba piloto de usabilidad con enfoque mixto que permitió recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre la experiencia de uso del sistema. Esta estrategia metodológica, fundamentada en los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y en las recomendaciones de Nielsen y Landauer [61] sobre evaluación de interfaces, se centra en la validación funcional del diseño mediante la participación de usuarios reales en condiciones operativas controladas.

La prueba piloto fue aplicada a una muestra intencionada de catorce participantes que completaron trámites administrativos reales utilizando la plataforma digital. La selección de esta muestra dirigida respondió a criterios estratégicos que garantizaron la representatividad de la diversidad poblacional del municipio de Cumbitara, incluyendo usuarios de diferentes perfiles etarios, niveles de experiencia tecnológica, ubicaciones geográficas y sectores administrativos de interés (educación, deporte y cultura) garantizando así la obtención de respuestas de usuarios que habían interactuado con el sistema en condiciones operativas reales y completado el ciclo completo de gestión de trámites.

La muestra estuvo conformada por ciudadanos residentes en veredas del municipio tales como Pisanda, Vereda San Luis, El Desierto, Damasco y Sidon, así como docentes y funcionarios de Cumbitara, abarcando de esta manera las zonas rurales dispersas que enfrentan mayores barreras de accesibilidad física a los servicios gubernamentales. Esta diversidad de participantes resultó fundamental para alcanzar la saturación de problemas de usabilidad, concepto que hace referencia al punto en el cual la incorporación de usuarios adicionales deja de revelar nuevos hallazgos sobre la interfaz y la experiencia de usuario. Del total de participantes en la prueba piloto, trece (93%) manifestaron haber realizado trámites administrativos ante el municipio con anterioridad, lo que permitió establecer comparaciones directas y cuantitativas entre el método tradicional presencial y el nuevo sistema digitalizado.

El instrumento de recolección de datos contempló treinta y siete preguntas estructuradas que abordaron dimensiones específicas relacionadas con la usabilidad, eficiencia temporal, funcionalidades técnicas, satisfacción general, impacto económico y aspectos de seguridad percibida. La evaluación de múltiples criterios mediante escalas Likert de cinco puntos, complementadas con preguntas de selección única y múltiple, permitió obtener tanto indicadores cuantitativos precisos como información cualitativa sobre la experiencia de usuario. Este diseño metodológico responde al enfoque de investigación mixto (cuantitativo-cualitativo) propio de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) en ingeniería de software, donde la validación funcional del sistema y la validación de usabilidad tienen prioridad sobre la generalización poblacional, la cual corresponde a fases posteriores de implementación masiva.

4.4.1 Justificación Metodológica del Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra de catorce participantes se fundamenta en principios consolidados de la ingeniería de usabilidad. Nielsen y Landauer [61] establecieron mediante estudios empíricos que cinco usuarios permiten identificar aproximadamente el 85% de los problemas de usabilidad en una interfaz, y que entre diez y quince usuarios se alcanza la saturación práctica, es decir, el punto en el cual la inclusión de participantes adicionales genera rendimientos marginales decrecientes en la detección de nuevos hallazgos. En el contexto de esta investigación, la prueba piloto con N=14 permitió no solo alcanzar dicha saturación, sino también obtener suficiente variabilidad en los perfiles de usuario para validar la hipótesis de investigación mediante comparación de indicadores clave antes y después de la intervención tecnológica.

Adicionalmente, la muestra fue seleccionada mediante muestreo intencionado o dirigido por conveniencia, estrategia apropiada en investigaciones aplicadas donde el objetivo es la validación de diseño y no la inferencia poblacional. Los catorce participantes fueron deliberadamente seleccionados para representar la heterogeneidad de la población objetivo: usuarios jóvenes y adultos mayores, personas con alta y baja experiencia tecnológica, residentes de veredas cercanas y distantes del casco urbano, y usuarios de los tres sectores administrativos priorizados (educación, deporte y cultura). Esta estrategia garantiza que los hallazgos sean representativos de las condiciones reales de uso del sistema en el municipio de Cumbitara.

4.4.2 Triangulación con pruebas técnicas.

Los resultados obtenidos mediante esta evaluación de percepción de usuarios complementan y validan los hallazgos de las pruebas técnicas realizadas anteriormente. La coherencia entre las métricas técnicas objetivas, tales como los tiempos de respuesta del sistema y los puntajes de accesibilidad obtenidos mediante herramientas como Google Lighthouse, con la percepción subjetiva de los usuarios sobre la velocidad (4.36/5) y claridad del sistema (4.57/5), refuerza la validez de los indicadores y confirma que las optimizaciones implementadas en el diseño y desarrollo del sistema efectivamente se traducen en una experiencia de usuario satisfactoria. Esta triangulación de datos técnicos y perceptuales fortalece la evidencia empírica que sustenta la efectividad de CumbiGestor como solución tecnológica para la optimización de trámites administrativos en el contexto municipal de Cumbitara.

4.5 Proceso de Desarrollo Ágil Implementado

El desarrollo del sistema CumbiGestor se realizó mediante la aplicación de la metodología ágil Scrum, organizada en seis sprints de dos semanas cada uno. Esta aproximación iterativa permitió validar funcionalidades progresivamente con usuarios reales y ajustar el producto según retroalimentación continua de la administración municipal y ciudadanos representativos de veredas rurales. La integración de Scrum con principios de Diseño Centrado en el Usuario garantizó que cada incremento del sistema respondiera efectivamente a necesidades genuinas del contexto objetivo.

4.5.1 Organización del Desarrollo en Sprints

El ciclo de desarrollo se estructuró en seis sprints consecutivos, cada uno culminando con un incremento funcional del sistema validado con las partes interesadas. El Sprint 0 estableció la arquitectura base del proyecto mediante configuración del entorno de desarrollo Flutter, creación del proyecto Firebase con servicios de autenticación, base de datos Cloud Firestore y almacenamiento, implementación del sistema de gestión de estado con Provider y configuración de control de versiones con Git. Este sprint proporcionó la infraestructura técnica que facilitaría el desarrollo incremental eficiente en iteraciones posteriores.

El Sprint 1 implementó el subsistema de autenticación y gestión de usuarios, incorporando registro e inicio de sesión mediante correo electrónico y Google Sign-In, sistema de roles diferenciados para ciudadanos, funcionarios y administradores, y funcionalidad de recuperación de contraseña. La validación al cierre del sprint confirmó que el flujo de autenticación resultaba comprensible para usuarios con diversos niveles de alfabetización digital.

El Sprint 2 desarrolló el módulo central de creación y seguimiento de solicitudes desde la perspectiva ciudadana. Se implementó formulario de solicitudes con campos de información del solicitante, descripción de necesidad, selección de vereda y carga de documentos PDF, almacenamiento seguro de archivos en Firebase Storage, registro de solicitudes en Firestore con timestamps de trazabilidad, y pantalla de historial de solicitudes con indicadores de estado. Las pruebas con usuarios de veredas revelaron la importancia de instrucciones claras para la carga de documentos, lo cual se refinó antes de finalizar el sprint.

El Sprint 3 construyó el panel administrativo para gestión de solicitudes por parte de funcionarios municipales. Se desarrolló vista consolidada de solicitudes recibidas, funcionalidad de filtrado por estado, fecha y vereda, sistema de transiciones de estado que permite marcar solicitudes como en revisión, aprobadas, rechazadas o completadas, y notificaciones automáticas a ciudadanos cuando cambia el estado de sus trámites. La validación con funcionarios administrativos permitió ajustar la interfaz según flujos de trabajo reales de la dependencia.

El Sprint 4 refinó la experiencia de usuario mediante implementación de notificaciones en tiempo real con Firebase Cloud Messaging, notificaciones in-app para usuarios activos en la aplicación, mejoras de navegación basadas en retroalimentación de sprints previos, y optimización de indicadores de progreso durante operaciones de red. Las pruebas de usabilidad evidencian mejora significativa en la percepción de claridad del sistema.

El Sprint 5 incorporó funcionalidades avanzadas de firma digital y trazabilidad. Se implementó captura de firma manuscrita digital del ciudadano mediante widget touch, almacenamiento de firmas con metadata de timestamp, generación automática de PDF con formato oficial de solicitud incluyendo firma digitalizada, descarga de comprobantes para archivo personal del ciudadano, y registro de auditoría que documenta todas las acciones sobre cada solicitud. Estas funcionalidades elevaron el sistema a estándares de formalidad apropiados para procesos administrativos oficiales.

El Sprint 6 se dedicó a preparación para producción mediante optimización de consultas Firestore con índices compuestos, configuración de reglas de seguridad según roles, implementación de manejo robusto de errores, pruebas de carga con volúmenes realistas, configuración de Firebase Hosting para despliegue web, y generación de builds optimizados para Android. Al concluir este sprint se disponía de un sistema completo listo para validación piloto con usuarios reales.

4.5.2 Gestión de Requisitos mediante Product Backlog

Los requisitos del sistema se organizaron en un Product Backlog que contenía historias de usuario con formato estandarizado que especificaba el tipo de usuario, la funcionalidad deseada y el beneficio esperado. Cada historia se complementó con criterios de aceptación que definían las condiciones necesarias para considerar la funcionalidad completada. El backlog se priorizó según valor para usuarios y dependencias técnicas, permitiendo que cada sprint seleccionara las historias de mayor impacto.

Ejemplos representativos de historias de usuario incluyen la solicitud de ciudadanos de poder crear trámites adjuntando documentos PDF para formalizar peticiones sin desplazamiento físico, la necesidad de funcionarios de consultar solicitudes pendientes filtradas por vereda para organizar trabajo de revisión, y el requerimiento de ciudadanos de recibir notificaciones cuando cambie el estado de sus solicitudes para mantenerse informados sin consultar constantemente el sistema. Estas historias reflejan necesidades genuinas identificadas mediante investigación etnográfica previa en veredas del municipio.

4.5.3 Resultados de la Aplicación de Scrum

La aplicación de metodología ágil Scrum resultó efectiva para el desarrollo de CumbiGestor en contexto académico de investigación aplicada. La naturaleza iterativa permitió detectar tempranamente desalineaciones entre supuestos iniciales de diseño y necesidades reales de usuarios, evitando desperdicio de esfuerzo en características de bajo valor percibido. La flexibilidad del Product Backlog facilitó incorporación de aprendizaje emergente sobre

particularidades del contexto rural que no fueron anticipadas en análisis inicial pero resultaron críticas para la adopción del sistema.

La integración de Scrum con Diseño Centrado en el Usuario generó sinergia donde cada enfoque complementó al otro. Scrum proporcionó estructura para entrega incremental con tiempos predecibles mientras que DCU garantizó que cada incremento respondiera a necesidades genuinas validadas con usuarios finales. Esta combinación metodológica se refleja en los resultados del estudio piloto, donde el 100% de participantes logró completar solicitudes sin asistencia técnica y el 100% manifestó preferencia por el sistema digital sobre el proceso presencial tradicional.

La validación empírica mediante encuesta estructurada con catorce participantes proporciona evidencia cuantitativa de que el desarrollo ágil iterativo con retroalimentación continua de stakeholders produjo un sistema tecnológico efectivo que reduce significativamente tiempos de gestión, elimina costos de desplazamiento, alcanza estándares apropiados de usabilidad y genera satisfacción en usuarios finales del contexto rural objetivo.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos en la sección IV (Validación de la Propuesta y Pruebas), se procede a realizar un análisis crítico de los hallazgos para validar la hipótesis central de la investigación: "La implementación de una aplicación web de gestión documental mejora significativamente la eficiencia operativa de la alcaldía municipal de Cumbitara en la tramitación de solicitudes ciudadanas"

5.1 Validación Funcional del Sistema

Los resultados de las pruebas funcionales realizadas demuestran que el sistema CumbiGestor cumple exitosamente con todos los requerimientos operativos definidos. La implementación de los módulos de autenticación, gestión de solicitudes y panel administrativo permitió digitalizar completamente el flujo de trabajo que anteriormente se realizaba de manera manual con documentos físicos.

La arquitectura implementada mediante Firebase Authentication garantizó la seguridad del acceso al sistema mediante autenticación dual (correo/contraseña y Google Sign-In), mientras que

el sistema de roles diferenciados permitió segregar correctamente las funcionalidades entre ciudadanos y administradores. Esta separación es fundamental para asegurar que cada tipo de usuario acceda únicamente a las funciones y datos que le corresponden según su perfil.

El módulo de gestión de solicitudes validó que el sistema maneja correctamente el ciclo de vida completo de los trámites ciudadanos: desde la creación inicial con carga de documentos, pasando por las actualizaciones de estado realizadas por los administradores, hasta la consulta en tiempo real por parte de los ciudadanos. Los estados de solicitud implementados (Pendiente, En Proceso, Completada, Rechazada, En Revisión y Pendiente de Revisión) proporcionan trazabilidad completa del procesamiento de cada trámite, respondiendo directamente a la problemática identificada en el diagnóstico inicial donde la falta de visibilidad del estado de las solicitudes generaba incertidumbre ciudadana y múltiples consultas presenciales innecesarias.

La validación de estas funcionalidades mediante la prueba piloto con usuarios reales confirmó su efectividad operativa. La totalidad de los participantes (100%, n=14) utilizó la función de carga de documentos en formato PDF, reportando que el proceso fue "muy fácil" en el 64.3% de los casos (n=9) y "fácil" en el 35.7% restante (n=5), lo que evidencia que el diseño de interfaz facilita una tarea técnicamente compleja sin requerir conocimientos especializados. Igualmente, el 100% (n=14) recibió notificaciones automáticas sobre el estado de sus trámites, y de estos, el 92.9% (n=13) las calificó como "muy útiles" y el 7.1% (n=1) como "útiles", validando que el sistema de notificaciones cumple su propósito de mantener informados a los ciudadanos y reducir la necesidad de consultas presenciales para conocer el avance de sus gestiones. La capacidad de consultar el historial de solicitudes fue utilizada por todos los participantes sin reportar inconvenientes, confirmando que la funcionalidad de trazabilidad implementada responde adecuadamente a la necesidad de transparencia y acceso a información histórica.

Estos resultados demuestran que las funcionalidades técnicas implementadas no solo están operando correctamente desde el punto de vista tecnológico, cumpliendo con las especificaciones de diseño establecidas, sino que además aportan valor percibido por los usuarios finales en sus procesos cotidianos de gestión de trámites, lo cual es esencial para garantizar la adopción sostenida del sistema una vez implementado a escala municipal.

5.2 Análisis de Seguridad y Privacidad

Las pruebas de seguridad confirmaron que el sistema implementa controles adecuados para proteger la información sensible de los ciudadanos y garantizar la integridad de los datos. La configuración de reglas de seguridad de Firebase Firestore y Storage a nivel de departamento asegura que los administradores de cada área (Educación, Cultura, Deportes) únicamente puedan acceder a las solicitudes de su dependencia, implementando el principio de mínimo privilegio.

El sistema de almacenamiento de documentos validó correctamente restricciones de tamaño máximo (50MB), tipos de archivo permitidos y generación de URLs firmadas temporalmente para descarga segura. Estas medidas previenen tanto el abuso del espacio de almacenamiento como el acceso no autorizado a documentos confidenciales.

La implementación de HTTPS obligatorio mediante Firebase Hosting y la configuración de Content Security Policy (CSP) añaden capas adicionales de protección contra ataques comunes en aplicaciones web. Los intentos de acceso no autorizado a rutas protegidas y manipulación de parámetros fueron bloqueados correctamente por las validaciones implementadas, confirmando que la superficie de ataque del sistema está adecuadamente controlada.

5.3 Compatibilidad y Accesibilidad

Las pruebas de compatibilidad multidispositivo confirmaron que la aplicación web progresiva (PWA) funciona correctamente en diferentes navegadores (Chrome, Firefox, Edge, Safari) y dispositivos (computadores de escritorio, tablets, smartphones Android e iOS). Esta compatibilidad universal es crítica considerando la diversidad de dispositivos utilizados por los ciudadanos del municipio de Cumbitara.

La capacidad de instalación como aplicación nativa en dispositivos móviles mediante tecnología PWA es particularmente relevante en el contexto municipal, donde muchos ciudadanos acceden a servicios digitales principalmente desde smartphones. El diseño responsive implementado garantiza que todas las funcionalidades se adaptan correctamente a diferentes tamaños de pantalla sin pérdida de usabilidad, factor fundamental para asegurar la adopción del sistema por usuarios con diferentes niveles de alfabetización digital.

Las auditorías con Google Lighthouse proporcionan evidencia objetiva de la calidad técnica de la implementación, con puntajes superiores a 86/100 en rendimiento, 91/100 en accesibilidad y 94/100 en buenas prácticas. Estas métricas confirman que el sistema cumple con estándares modernos de desarrollo web y accesibilidad, facilitando su uso por personas con capacidades diferentes mediante contraste adecuado de colores, etiquetas ARIA para lectores de pantalla y navegación por teclado.

5.4 Impacto en Eficiencia Operativa

La fase piloto implementada con el departamento de Educación permitió observar mejoras cuantificables en la eficiencia operativa de la gestión documental. Los funcionarios administrativos reportaron una reducción estimada del 60% en el tiempo dedicado a búsqueda y clasificación de documentos, ya que el sistema permite localizar solicitudes específicas mediante filtros digitales en lugar de revisar físicamente archivadores.

La trazabilidad del 100% de las solicitudes procesadas mediante el sistema representa un avance significativo respecto al modelo manual previo, donde documentos podían extraviarse o perder registro de su estado actual. Cada trámite tiene ahora registro completo de su ciclo de vida, incluyendo fecha de recepción, estado actual, funcionario responsable de la última actualización y documentos adjuntos, facilitando auditorías y rendición de cuentas.

La disponibilidad 24/7 del sistema permite a los ciudadanos consultar el estado de sus solicitudes sin necesidad de desplazamiento presencial a las oficinas municipales, reduciendo costos de transporte (particularmente relevante para habitantes de veredas alejadas) y liberando tiempo de atención de funcionarios para tareas de mayor valor agregado que la simple consulta de estados.

5.5 Validación de la Hipótesis

La hipótesis de investigación planteada establece que "la implementación de una aplicación web para la gestión de trámites administrativos en el municipio de Cumbitara reducirá notablemente los tiempos de gestión y los costos asociados a los traslados físicos, logrando una gran acogida que incrementará la accesibilidad a los servicios municipales". Para verificar el

componente de reducción de tiempos, se compararon los datos reportados por los participantes sobre el tiempo promedio invertido en trámites antes de CumbiGestor con el tiempo reportado durante la prueba piloto.

Los resultados revelaron una transformación significativa en el tiempo requerido para completar trámites administrativos. Previo a la implementación de CumbiGestor, el 50% de los participantes ($n=7$) invertía más de un día en completar un trámite, lo que implicaba múltiples visitas a las oficinas municipales distribuidas en varios días. Un 28.6% adicional ($n=4$) requería entre una y tres horas, mientras que el 14.3% ($n=2$) necesitaba entre tres y seis horas. Esto representa un tiempo promedio ponderado de aproximadamente 5.6 horas (336.9 minutos) por trámite cuando se considera solo el tiempo activo de gestión, sin incluir los períodos de espera entre visitas que podían extenderse a varios días.

Con la implementación del sistema digital, esta realidad experimentó un cambio drástico. El 57.1% de los participantes ($n=8$) logró completar sus trámites en menos de quince minutos, el 14.3% ($n=2$) lo hizo en un rango de quince a treinta minutos, y el 28.6% ($n=4$) requirió entre treinta minutos y una hora. Esto representa un tiempo promedio ponderado de aproximadamente 21.8 minutos por trámite. La reducción porcentual calculada es del 93.5% en el tiempo de gestión, superando ampliamente el umbral de "reducción notable" establecido en la hipótesis. La totalidad de los participantes (100%, $n=14$) manifestó haber experimentado un ahorro significativo de tiempo en comparación con el método presencial anterior.

Esta reducción temporal no solo representa una mejora en la eficiencia operativa del proceso administrativo, sino que también elimina las barreras de acceso temporal que enfrentaban los ciudadanos residentes en veredas alejadas del centro municipal, quienes debían planificar con días de anticipación sus desplazamientos y, en muchos casos, destinar jornadas completas a gestiones que ahora pueden resolverse en minutos desde sus hogares o lugares de trabajo. La Tabla VI presenta la comparación detallada de los tiempos de gestión:

TABLA VI
COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE GESTIÓN: MÉTODO TRADICIONAL VS. CUMBIGESTOR

Rango de tiempo	Método tradicional (presencial)	CumbiGestor (digital)	Reducción
Más de 1 día	50.0% (n=7)	0% (n=0)	-50.0 pp*
Entre 3-6 horas	14.3% (n=2)	0% (n=0)	-14.3 pp
Entre 1-3 horas	28.6% (n=4)	0% (n=0)	-28.6 pp
Entre 30 min - 1 hora	0% (n=0)	28.6% (n=4)	+28.6 pp
Entre 15-30 minutos	0% (n=0)	14.3% (n=2)	+14.3 pp
Menos de 15 minutos	0% (n=0)	57.1% (n=8)	+57.1 pp
Tiempo promedio ponderado	5.6 horas	21.8 minutos	93.5%
*pp = puntos porcentuales	N/A	100% (n=14)	-

5.5.1 Verificación de la Hipótesis: Eliminación de Visitas Presenciales y Reducción de Costos

Un aspecto particularmente relevante para validar el componente de accesibilidad de la hipótesis es la eliminación completa de las visitas presenciales. Mientras que en el método tradicional el 50% de los participantes (n=7) debía realizar tres o más visitas a las oficinas municipales para completar un trámite, el 35.7% (n=5) requería dos visitas, y el 7.1% (n=1) requería una visita, con CumbiGestor el 100% de los participantes (n=14) logró completar sus gestiones de manera totalmente remota, sin necesidad de desplazarse físicamente. Esta eliminación total de visitas presenciales representa el indicador más contundente de mejora en accesibilidad, especialmente para la población rural dispersa del municipio.

El impacto económico del sistema también resultó significativo y contribuye a verificar la hipótesis sobre reducción de costos asociados a traslados físicos. Los participantes fueron consultados sobre los gastos asociados al método tradicional de gestión de trámites, específicamente en conceptos de transporte, alimentación y, en algunos casos, alojamiento temporal. El 64.3% de los participantes (n=9) estimó que gastaba más de cincuenta mil pesos colombianos por trámite, el 28.6% (n=4) invertía entre treinta mil y cincuenta mil pesos, y el 7.1% (n=1) gastaba entre diez mil y treinta mil pesos. Esto representa un gasto promedio ponderado de aproximadamente 51,429 pesos por trámite en el método tradicional.

Con la implementación de CumbiGestor, este costo se redujo a cero pesos en concepto de traslado para el 100% de los participantes, dado que todos los trámites se completaron de manera

totalmente remota. El 57.1% de los usuarios (n=8) reportó ahorro específicamente en costos de transporte, mientras que el 21.4% (n=3) identificó ahorro en tiempo laboral que anteriormente debían destinar a los desplazamientos. Un participante mencionó explícitamente el ahorro en comida y estadía, y otro destacó el ahorro en impresiones y copias, evidenciando que para ciudadanos de veredas distantes como Pisanda, Damasco o Sidon, el trámite presencial implicaba gastos múltiples que superaban el costo del pasaje. La Tabla VII sintetiza la comparación de costos y visitas:

TABLA VII
COMPARACIÓN DE VISITAS Y COSTOS: MÉTODO TRADICIONAL VS. CUMBIGESTOR

Métrica	Método tradicional (presencial)	CumbiGestor (digital)	Mejora
VISITAS PRESENCIALES REQUERIDAS			
REQUERIDAS			
3 o más visitas	50.0% (n=7)	0% (n=0)	-50.0 pp*
2 visitas	35.7% (n=5)	0% (n=0)	-35.7 pp
1 visita	7.1% (n=1)	0% (n=0)	-7.1 pp
0 visitas (totalmente online)	0% (n=0)	100% (n=14)	+100 pp
COSTOS DE TRASLADO POR TRÁMITE			
Más de \$50,000 COP	64.3% (n=9)	0% (n=0)	-64.3 pp
Entre \$30,000-\$50,000 COP	28.6% (n=4)	0% (n=0)	-28.6 pp
Entre \$10,000-\$30,000 COP	7.1% (n=1)	0% (n=0)	-7.1 pp
\$0 COP (sin traslado)	0% (n=0)	100% (n=14)	+100 pp
Costo promedio por trámite	\$51,429 COP	\$0 COP	100%
TIPOS DE AHORRO REPORTADOS			
Ahorro en transporte	N/A	57.1% (n=8)	-
Ahorro en tiempo laboral	N/A	21.4% (n=3)	-
Ahorro en comida/estadía	N/A	7.1% (n=1)	-
Ahorro en impresiones/copias	N/A	7.1% (n=1)	-

*pp = puntos porcentuales

Estos resultados verifican de manera contundente el componente económico de la hipótesis, demostrando que la aplicación web efectivamente redujo a cero los costos asociados a traslados físicos para el 100% de los participantes de la prueba piloto. La percepción de mejora en el acceso a servicios municipales alcanzó un promedio de 4.36 sobre 5 en la escala Likert, con el 35.7% (n=5) calificándola como "mucho" y el 64.3% (n=9) como "bastante", lo que refuerza la validación del objetivo de incrementar la accesibilidad.

5.5.2 Verificación de la Hipótesis: Acogida y Usabilidad del Sistema

Para verificar el componente de "gran acogida" establecido en la hipótesis, se evaluaron múltiples indicadores de usabilidad y satisfacción que, en su conjunto, permiten determinar si el sistema es percibido como accesible, fácil de usar y aceptado por la población objetivo. Los resultados obtenidos en la dimensión de usabilidad evidencian una alta aceptación del diseño de interfaz implementado bajo los principios del Diseño Centrado en el Usuario.

La facilidad de navegación por la aplicación obtuvo una calificación promedio de 4.50 sobre 5 (n=14), con una distribución equitativa en la que el 50% de los usuarios (n=7) la calificaron como "muy fácil" (5/5) y el 50% (n=7) como "fácil" (4/5). De manera complementaria, la claridad de las instrucciones y mensajes del sistema alcanzó un promedio de 4.57 sobre 5, donde el 57.1% de los participantes (n=8) las consideraron "muy claras" y el 42.9% (n=6) "claras". Este nivel de comprensión se reflejó directamente en la autonomía de los usuarios, evidenciada por el hecho de que la totalidad de los participantes (100%, n=14) completó sus trámites sin requerir asistencia externa de personal técnico o administrativo, indicador crítico de usabilidad efectiva.

La velocidad de carga y respuesta del sistema fue evaluada con un promedio de 4.36 sobre 5, donde el 42.9% (n=6) la consideró "muy rápida", el 50% (n=7) "rápida", y solo un participante (7.1%) la calificó como "aceptable". Este último dato, aunque aislado, podría estar relacionado con las condiciones de conectividad del usuario en su ubicación geográfica. Adicionalmente, la claridad de la información requerida para iniciar y completar los trámites fue calificada con 4.57 sobre 5, indicando que los usuarios comprendieron desde el inicio qué documentación y datos eran necesarios para cada gestión. La Tabla VIII sintetiza estos indicadores de usabilidad:

TABLA VIII
EVALUACIÓN DE USABILIDAD DEL SISTEMA CUMBIGESTOR

Criterio evaluado	Promedio (escala 1-5)	Calificación 5	Calificación 4	Calificación ≤3
Facilidad de navegación	4.50	50.0% (n=7)	50.0% (n=7)	0% (n=0)
Claridad de instrucciones	4.57	57.1% (n=8)	42.9% (n=6)	0% (n=0)
Velocidad del sistema	4.36	42.9% (n=6)	50.0% (n=7)	7.1% (n=1)
Claridad de información	4.57	57.1% (n=8)	42.9% (n=6)	0% (n=0)
Completó sin ayuda externa	N/A	100% (n=14) Sí	0% No	-

La satisfacción general con el sistema CumbiGestor obtuvo un promedio de 4.50 sobre 5, donde el

71.4% de los participantes (n=10) manifestó estar "muy satisfecho" (5/5), el 21.4% (n=3) "satisfecho" (4/5), y un participante (7.1%, n=1) expresó insatisfacción (1/5). Este último dato merece atención especial en futuras iteraciones del sistema, pues aunque representa un caso atípico dentro de una tendencia mayoritariamente positiva, evidencia la importancia del seguimiento continuo de la experiencia de usuario para identificar factores que puedan afectar negativamente a segmentos específicos de la población.

No obstante, la tendencia general es claramente positiva, reforzada por el hecho de que la totalidad de los participantes (100%, n=14) expresó que "definitivamente" recomendaría el sistema a otros ciudadanos, docentes o funcionarios. Más aún, el 100% manifestó preferir continuar utilizando CumbiGestor en lugar de volver al método presencial anterior, lo que constituye el indicador más robusto de adopción tecnológica exitosa y valida el componente de "gran acogida" establecido en la hipótesis de investigación. La percepción de seguridad al utilizar el sistema resultó también favorable, con un promedio de 4.50 sobre 5, donde el 50% de los usuarios (n=7) lo calificaron como "muy seguro" (5/5) y el 50% (n=7) como "seguro" (4/5). Este resultado es particularmente relevante considerando que uno de los mayores obstáculos para la adopción de sistemas digitales en contextos rurales es la desconfianza sobre la protección de datos personales y la seguridad de las transacciones digitales. La Tabla IX presenta los indicadores de satisfacción, adopción y seguridad:

TABLA IX
INDICADORES DE SATISFACCIÓN, ADOPCIÓN Y SEGURIDAD PERCIBIDA

Indicador	Resultado	Distribución de respuestas
Satisfacción general (escala 1-5)	4.50	Muy satisfecho: 71.4% (n=10), Satisfecho: 21.4% (n=3), Insatisfecho: 7.1% (n=1)
Recomendaría CumbiGestor	100%	Definitivamente sí: 100% (n=14), Probablemente sí: 0%, No: 0%
Preferencia vs método presencial	100%	Prefiere CumbiGestor: 100% (n=14), Prefiere presencial: 0%
Percepción de seguridad (escala 1-5)	4.50	Muy seguro: 50.0% (n=7), Seguro: 50.0% (n=7), Inseguro: 0%
Mejora en accesibilidad (escala 1-5)	4.36	Mucho: 35.7% (n=5), Bastante: 64.3% (n=9), Poco: 0%

5.5.3 Síntesis de Verificación de Hipótesis

Los resultados obtenidos mediante esta prueba piloto de usabilidad permiten verificar positivamente la hipótesis de investigación planteada. La Tabla X presenta una síntesis de los criterios de validación y los resultados obtenidos:

TABLA X
SÍNTESIS DE VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS MEDIANTE PRUEBA PILOTO

Criterio de hipótesis	Resultado esperado	Resultado obtenido	Verificación
Reducción de tiempos de gestión	Reducción notable	93.5% de reducción (5.6h → 21.8min)	Verificado
Reducción de costos de traslado	Reducción de costos	100% de ahorro (\$51,429 → \$0)	Verificado
Eliminación de visitas presenciales	Mejora en accesibilidad	100% trámites totalmente online	Verificado
Gran acogida del sistema	Satisfacción >4.0/5	Satisfacción: 4.50/5	Verificado
Incremento de accesibilidad	Percepción positiva	100% prefiere sistema digital	Verificado
Usabilidad efectiva	Autonomía de uso	100% completó sin ayuda	Verificado

Los datos cuantitativos demuestran que CumbiGestor logró reducir en un 93.5% el tiempo promedio de gestión de trámites, eliminar completamente los costos de traslado físico (ahorro promedio de 51,429 pesos colombianos por trámite), y permitir que el 100% de los participantes completara sus gestiones de manera totalmente remota. Los indicadores cualitativos de satisfacción (4.50/5), recomendación (100%) y preferencia por el sistema digital sobre el método presencial (100%) validan el componente de acogida de la hipótesis. Estos resultados, obtenidos en el contexto de una prueba piloto con muestra intencionada de N=14, verifican la efectividad del diseño propuesto y justifican la continuación hacia una fase de implementación a escala municipal. Los datos recopilados en esta encuesta se los puede verificar en el ANEXO 5.

En contraste con las condiciones iniciales identificadas en el diagnóstico —donde los procesos administrativos eran totalmente presenciales, generaban demoras prolongadas, costos de desplazamiento y una limitada trazabilidad— los resultados obtenidos evidencian un cambio sustancial. La digitalización del flujo de trabajo mediante CumbiGestor eliminó la necesidad de traslados físicos, redujo los tiempos de respuesta y permitió a los ciudadanos realizar un seguimiento en tiempo real de sus trámites. Asimismo, la inclusión de usuarios rurales en el proceso digital refleja una disminución notable de la exclusión tecnológica, cumpliendo con el propósito

de modernizar y optimizar la gestión administrativa en las oficinas de educación, deporte y cultura del municipio de Cumbitara.

5.7 Replicabilidad y Escalabilidad

Los resultados obtenidos sugieren que el modelo implementado en Cumbitara es potencialmente replicable en otros municipios colombianos con características similares: estructura administrativa departamental, limitaciones de recursos tecnológicos y necesidad de mejorar accesibilidad ciudadana a trámites gubernamentales.

La documentación técnica generada durante el desarrollo, incluyendo diagramas de arquitectura, casos de uso, reglas de seguridad de Firebase y procedimientos de despliegue, facilita la adaptación del sistema a otros contextos municipales con mínimas modificaciones. La modularidad del diseño permite que cada municipio implemente únicamente los departamentos y procesos que requiera según su estructura organizacional particular.

CONCLUSIONES

Los resultados consolidados de las diferentes dimensiones evaluadas (funcionalidad, seguridad, compatibilidad, rendimiento, impacto operativo) proporcionan evidencia sólida de que el sistema CumbiGestor cumple con los objetivos planteados en la investigación. La hipótesis de mejora en eficiencia operativa se valida mediante indicadores cuantitativos observados durante las pruebas técnicas y la fase piloto.

El sistema implementado representa un avance significativo respecto al modelo manual previo, digitalizando flujos de trabajo, asegurando trazabilidad completa de trámites y mejorando sustancialmente la accesibilidad ciudadana a servicios municipales. Las limitaciones identificadas no invalidan los beneficios demostrados, sino que señalan áreas de atención complementaria mediante estrategias de capacitación, expansión de infraestructura de conectividad y evaluación continua de sostenibilidad tecnológica.

La arquitectura tecnológica elegida (Flutter + Firebase) demostró ser adecuada para el contexto municipal en términos de rendimiento, escalabilidad, costos operativos y facilidad de mantenimiento. La decisión de implementar tecnología PWA garantiza compatibilidad universal sin fragmentación por plataformas, reduciendo significativamente la complejidad de mantenimiento futuro.

En conclusión, el análisis integral de resultados confirma la viabilidad técnica, funcional y operativa del sistema CumbiGestor como solución de digitalización de gestión documental para la alcaldía municipal de Cumbitara, validando la hipótesis planteada y sentando las bases para su expansión a otros procesos administrativos municipales y su potencial replicabilidad en municipios con características similares.

RECOMENDACIONES

Los resultados del estudio piloto permiten formular recomendaciones específicas para la implementación sostenida del sistema CumbiGestor y para investigaciones futuras en el campo de digitalización de servicios públicos en contextos rurales. Estas recomendaciones se organizan en cuatro categorías: mejoras técnicas, estrategias de implementación, investigación complementaria y escalabilidad del modelo.

En el ámbito de mejoras técnicas, se recomienda priorizar la optimización del rendimiento para entornos con conectividad limitada. Aunque el 85.7% de los participantes reportó velocidad adecuada, el 14.3% que experimentó carga lenta evidencia la necesidad de implementar estrategias de compresión de recursos, caché local y diseño progresivo que garantice funcionalidad básica incluso con ancho de banda reducido. La implementación de modos offline para funcionalidades críticas como consulta de estado de solicitudes fortalecería la resiliencia del sistema ante interrupciones intermitentes de conectividad, características comunes en zonas rurales colombianas.

Se recomienda desarrollar mecanismos formales de retroalimentación continua que permitan identificar necesidades específicas de usuarios con perfiles diferenciados. El caso de insatisfacción detectado (7.1%) subraya la importancia de canales de comunicación bidireccional que trasciendan la evaluación puntual mediante encuestas. La implementación de funcionalidades como buzón de sugerencias integrado en la aplicación, seguimiento de tickets de soporte y análisis sistemático de patrones de uso mediante analítica web contribuiría a la mejora continua del sistema basada en evidencia empírica.

Respecto a estrategias de implementación, se recomienda diseñar un programa de acompañamiento diferenciado según perfiles de usuarios. Aunque el 100% de los participantes completó solicitudes sin asistencia, la heterogeneidad de la población rural sugiere la pertinencia de ofrecer capacitaciones básicas opcionales para ciudadanos con menor alfabetización digital, garantizando así equidad en el acceso efectivo al servicio. Estas capacitaciones podrían implementarse mediante modalidades mixtas: tutoriales en video integrados en la aplicación, sesiones presenciales en puntos veredales y asistencia remota mediante canales de mensajería popular como WhatsApp.

Se recomienda establecer alianzas con líderes comunitarios y organizaciones veredales para promover la adopción orgánica del sistema. El 100% de intención de recomendación reportado por los participantes sugiere potencial para estrategias de difusión basadas en redes sociales locales. La identificación de usuarios tempranos satisfechos como embajadores del sistema en sus comunidades podría acelerar la curva de adopción y reducir resistencias al cambio asociadas con la transición digital en poblaciones tradicionalmente vinculadas a procedimientos presenciales.

Para investigación complementaria, se recomienda diseñar un estudio longitudinal que evalúe la sostenibilidad de la adopción del sistema más allá del período piloto. Un seguimiento a seis y doce meses permitiría identificar patrones de uso consolidados, detectar abandono potencial del canal digital y medir impactos a mediano plazo en variables como satisfacción ciudadana con servicios municipales, percepción de transparencia administrativa y participación ciudadana en asuntos públicos locales.

Se recomienda realizar un estudio de escalabilidad con muestra probabilística representativa de la población objetivo. Aunque el tamaño muestral de catorce participantes resulta apropiado para validación piloto de usabilidad, la generalización de resultados a la totalidad de ciudadanos de veredas rurales requeriría un diseño muestral estratificado que garantice representatividad estadística. Una muestra superior a cien participantes permitiría aplicar técnicas de inferencia estadística para estimar con mayor precisión los efectos del sistema en la población general.

En cuanto a escalabilidad del modelo, se recomienda evaluar la extensión del sistema a otros procesos administrativos municipales susceptibles de digitalización. Los resultados positivos obtenidos en la gestión de solicitudes de veredas sugieren que la arquitectura desarrollada podría adaptarse a trámites como licencias de construcción, permisos de uso de suelo, peticiones generales ante la administración municipal o participación en presupuestos participativos. La consolidación de una plataforma integral de servicios digitales municipales generaría economías de escala y fortalecería la propuesta de valor para ciudadanos.

Estas recomendaciones, fundamentadas en los hallazgos empíricos del estudio piloto, proporcionan una hoja de ruta para maximizar el impacto del sistema CumbiGestor, garantizar su sostenibilidad en el tiempo y contribuir al desarrollo de conocimiento transferible sobre transformación digital en administraciones públicas locales con responsabilidades sobre territorios rurales dispersos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad CESMAG, “Líneas de investigación del programa de Ingeniería de Sistemas,” pasto.
- [2]: ::“Revista ib virtual::” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: https://sitios.dane.gov.co/revista_ib/html_r2/articulo6_r2.htm
- [3] R. I. Parra-Peña *et al.*, “Pobreza, brechas y ruralidad en Colombia,” 2013, Accessed: Aug. 26, 2024. [Online]. Available: <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/260>
- [4] J. A. Rendón Acevedo and S. Gutiérrez Villamil, “Brechas urbano-rurales. Las desigualdades rurales en Colombia,” *Revista Universidad de La Salle*, vol. 1, no. 82, pp. 13–36, Oct. 2019, doi: 10.19052/RULS.VOL1.ISS82.2.
- [5] “Ley 2052 de 2020 - Gestor Normativo - Función Pública.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=140250>
- [6] “Ley sobre racionalización de trámites y procedimientos administrativos | Ministerio del Interior.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.mininterior.gov.co/ley-antitramites/>
- [7] Departamento Administrativo de la Función Pública, “Circular Externa 5 de 2012 Archivo General de la Nación,” Sep. 2012. Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=61830#:~:text=El%20prop%C3%B3sito%20de%20la%20Iniciativa,la%20gesti%C3%B3n%20de%20documentos%20nacidos
- [8] “Política de Gobierno Digital.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portal/Politica-de-Gobierno-Digital/>
- [9] “Plan de Expansión de Conectividad del Ministerio TIC avanza en su propósito de reducir la brecha digital del país.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/395698:Plan-de-Expansion-de-Conectividad-del-Ministerio-TIC-avanza-en-su-proposito-de-reducir-la-brecha-digital-del-pais>
- [10] “Índice de Brecha Digital 2022.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-333031.html>

- [11] “Con nuevas medidas, la CRC contribuye al cierre de la Brecha Digital en Colombia, mejorando la Calidad del servicio de Internet Móvil.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.crc.com.gov.co/es/noticias/comunicado-prensa/con-nuevas-medidas-crc-contribuye-al-cierre-brecha-digital-en-colombia>
- [12] M. F. Chamorro Cristaldo, “Brecha digital, factores que inciden en su aparición: acceso a internet en Paraguay,” *Población y Desarrollo*, vol. 24, no. 47, pp. 58–67, Dec. 2018, doi: 10.18004/PDFCE/2076-054X/2018.024(47)058-067.
- [13] O. Y. Carrera Mora, L. F. Villafuerte Valdes, and S. S. Martínez, “Factors derived from multidimensional poverty that affect the usability of e-government in Mexico,” *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, vol. 10, no. 1, pp. 69–85, 2020, doi: 10.5102/RBPP.V10I1.6633.
- [14] S. de Souza Godinho, C. Vivianan Rivelas, M. Suzaneide Oliveira, J. Marmo, and A. Lanuque, “Educación inclusiva y accesibilidad digital,” *Revista Científica Arbitrada de la Fundación MenteClara*, vol. 6, no. 0, p. enero-diciembre, Sep. 2021, doi: 10.32351/rca.v6.249.
- [15] H. G. Flores Tineo and R. R. Dolorier Poma, “Evaluación de la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje para usuarios de las zonas rurales del Perú utilizando la norma ISO/IEC 25010,” *Repositorio Institucional - USS*, 2022, Accessed: Sep. 17, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/10136>
- [16] P. C. Poma Muñoz and C. E. Coronado Figueroa, “Propuesta de plataforma digital para la atención de los trámites administrativos de la Municipalidad provincial de Condorcanqui,” *Repositorio Institucional - UCV*, 2022, Accessed: Sep. 16, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78761>
- [17] C. C. Salas-Tanchiva, “Repercusión e importancia de la automatización del trámite documentario en las instituciones públicas,” *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 2, no. 1, pp. e266–e266, Jan. 2022, doi: 10.51252/RCSI.V2I1.266.
- [18] L. F. Moreno and W. I. Gallo Aponte, “DE LA SIMPLIFICACIÓN ADMINISTRATIVA A LA CALIDAD REGULATORIA FROM ADMINISTRATIVE SIMPLIFICATION TO REGULATORY QUALITY,” Jun. 2019.
- [19] M. Zela Paricahua *et al.*, “EFICIENCIA DIGITAL: E-GOVERNMENT EN LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO, PERÚ,”

- Economia, Administração e Gestão da Inovação: fundamentos e novas perspectivas*, vol. 1, pp. 87–103, 2024, doi: 10.37885/240115602.
- [20] J. J. Sepúlveda López and A. L. Ramírez Castañeda, “Brecha digital e inclusión digital: fenómenos socio – tecnológicos,” *Revista EIA*, vol. 15, no. 30, pp. 89–97, Nov. 2018, doi: 10.24050/reia.v15i30.1152.
- [21] R. F. Díaz Vásquez and J. P. Bejarano Pérez, “Digital Literacy. An exercise for the construction of Peace from the Town of Suba (Bogotá, Colombia),” *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, vol. 23, no. 37, Jul. 2021, doi: 10.19053/01227238.11549.
- [22] C. T. Padaui, “Implementación de la política pública de gobierno digital a los procedimientos y trámites de la Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias,” Bogota, 2020. Accessed: Sep. 16, 2024. [Online]. Available: <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/8fc59344-dae2-40e9-a6a4-037b4dd80589>
- [23] OECD, “Evaluación de Impacto del Gobierno Digital en Colombia,” *Evaluación de Impacto del Gobierno Digital en Colombia*, Oct. 2017, doi: 10.1787/9789264284272-ES.
- [24] D. del R. Tello Torres, “Implementación del Gobierno Electrónico en tres Municipios de Sexta Categoría en Colombia. Un estudio de caso,” May 2020.
- [25] A. R. García, J. M. Caldas, D. E. Davila, and U. Thoene, “Políticas públicas de inclusión digital en Colombia. Una evaluación del Plan Vive Digital I (2010-2014),” *Revista Espacios*, pp. 1–13, Mar. 2020, Accessed: Sep. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/20410713.html>
- [26] R. A. J. Toledo, J. A. J. Toledo, J. M. M. Botina, O. R. Sánchez, and A. S. M. del Castillo, “Unión temporal Sistema Tecnológico culmina exitosamente contrato de actividades en licitación pública 004 de 2014 Plan Nariño Vive Digital,” *Boletín Informativo CEI*, vol. 3, no. 2, pp. 54–59, Oct. 2016, Accessed: Oct. 07, 2024. [Online]. Available: <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/1088>
- [27] L. L. Cabrera Benavides, “Gobierno Electrónico ‘Un camino hacia la participación ciudadana’, realidades y perspectivas 2017-2018. Caso Gobernación de Nariño, Colombia,” 2021, Accessed: Oct. 07, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17365>

- [28] R. ORTÍZ NAVARRO, “FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LAS COMUNIDADES RURALES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO,” pasto, Jun. 2023.
- [29] B. Rivas Martínez, A. J. Cárdenas Bravo, I. Chaves Bravo, N. Cuaran Chitan, and M. I. Delgado, “PLAN ESTRATÉGICO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES PETIC 2024 Versión 1.0,” pasto, Jan. 2024.
- [30] J. H. Criollo Rivadeneira and S. R. Pantoja Bravo, “POLITICA DE GOBIERNO DIGITAL,” pasto, 2022.
- [31] P. N. Guerrero Ortega, C. R. Narváez Sinza, and L. F. Ramírez Atehortúa, “PROYECTO DE GESTION DOCUMENTAL CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO Conservamos por naturaleza,” Mar. 2019.
- [32] M. Dooly and A. Comas-Quinn, “Accesibilidad a la tecnología y justicia social,” *La enseñanza del español mediada por tecnología*, pp. 23–47, Feb. 2024, doi: 10.4324/9781003146391-3.
- [33] R. Barrantes, A. Agüero, and D. Aguilar, *Digitalización y desarrollo rural: ¿hasta qué punto van de la mano?* Instituto de Estudios Peruanos, 2020. Accessed: Oct. 28, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.iep.org.pe/handle/IEP/1182>
- [34] K. N. Pinilla Bocanegra and C. F. Quebralla Martin, “Avances y retrocesos del gobierno electrónico en materia de accesibilidad y cobertura en las regiones de Cundinamarca,” 2022, Accessed: Oct. 07, 2024. [Online]. Available: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/20.500.14471/27132>
- [35] N. R. Rodríguez *et al.*, “Experiencia del ciudadano: mejorando la interacción en contextos digitales,” *XXIV Edición del Workshop de investigadores en Ciencias de la Computación*, pp. 739–743, 2022, Accessed: Oct. 09, 2024. [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/144124>
- [36] D. Lilliam, P. Cancio, I. Mercedes, and M. Bergues, “Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación,” *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud (ACIMED)*, vol. 24, no. 2, pp. 176–194, 2013, Accessed: Oct. 23, 2024. [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu>

- [37] G. Alban Gladys, H. Ivana, D. Javier, and G. Alban Cristian, “La usabilidad en portales gubernamentales del Ecuador: Perspectivas de satisfacción de usuario por parte de los adultos mayores”.
- [38] G. García Toribio *et al.*, “Medición de la usabilidad del diseño de interfaz de usuario con el método de evaluación heurística: dos casos de estudio,” *Revista Colombiana de Computación*, vol. 20, no. 1, pp. 23–40, May 2019, doi: 10.29375/25392115.3605.
- [39] G. Roylan, “DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO,” *Revista electrónica de divulgación académica y científica de las investigaciones sobre la relación entre Educación, Comunicación y Tecnología*, vol. 2, no. 4, pp. 1909–2814, Jun. 2008, [Online]. Available: <http://revistaq.upb.edu.co>
- [40] G. V. Pedrosa, A. Judice, M. Judice, L. Araújo, F. Fleury, and R. Figueiredo, “Applying User-Centered Design on Digital Transformation of Public Services: A Case Study in Brazil,” *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 372–379, Jun. 2022, doi: 10.1145/3543434.3543493.
- [41] Y. Salvador Hernández, M. Llanes Font, and M. Á. Suárez Benítez, “Transformación digital en la administración pública: ejes y factores esenciales,” *Avances, ISSN-e 1562-3297, Vol. 22, Nº. 4, 2020, págs. 590-602*, vol. 22, no. 4, pp. 590–602, 2020, Accessed: Oct. 28, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7925389&info=resumen&idioma=ENG>
- [42] P. B. Vidal and A. Martin, “Experiencia de Usuario + Web Responsivo: Un Estudio desde la Perspectiva de un Enfoque Integrado,” *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, vol. 12, no. 1, pp. 49–75, Oct. 2020, doi: 10.22305/ICT-UNPA.V12.N1.703.
- [43] A. Astudillo, G. Álvarez, and F. Martínez, “Sincronización de Bases de Datos móviles basada en servicios web bajo una aproximación multiplataforma,” popayan, Oct. 2013. doi: <https://hdl.handle.net/20.500.11818/813>.
- [44] K. Schwaber and J. Sutherland, “La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego,” 2020. Accessed: Oct. 23, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.uvm.edu.ve/handle/123456789/59>
- [45] I. Para, L. A. Recuperación En, and L. A. Pospandemia, “El paradigma del Estado ágil: análisis y recomendaciones de las reformas de simplificación de trámites,” Aug. 2021,

- Accessed: Oct. 09, 2024. [Online]. Available:
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1781>
- [46] Dra. C. O. V. Bravo, “El gobierno digital y su implementación en el estado,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, no. 6, pp. 13767–13777, Dec. 2021, doi: 10.37811/CL_RCM.V5I6.1356.
- [47] R. Campos, F. Del Rocío, F. Coronado, and E. Carlo, “Gobierno digital y la satisfacción del usuario de una municipalidad distrital de la provincia de Chiclayo,” *Repositorio Institucional - UCV*, 2022, Accessed: Oct. 09, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92977>
- [48] M. Porrúa *et al.*, “Transformación digital y empleo público: El futuro del trabajo del gobierno,” *Transformación digital y empleo público: El futuro del trabajo del gobierno*, May 2021, doi: 10.18235/0003245.
- [49] Y. Angelica, F. Farro, U. César, and V. Lima -Perú, “Gobierno electrónico y gestión pública,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, no. 6, pp. 13807–13821, Dec. 2021, doi: 10.37811/CL_RCM.V5I6.1359.
- [50] V. M. Pailiacho Mena, E. X. Garcés Freire, and J. M. Balseca Manzano, “Usabilidad del software: Una revisión sobre su evolución conceptual y parámetros de evaluación,” *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, vol. 16 n2, pp. 121–134, Sep. 2022, doi: 10.5281/zenodo.7131510.
- [51] MinTIC, “Kit Guía de Usabilidad,” Dec. 2020.
- [52] “ISO 25010.” Accessed: Oct. 09, 2024. [Online]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- [53] F. Lizano, “Usability Testing.”
- [54] A. Paniagua L., D. Bedoya R., and C. Mera, “Un método para la evaluación de la accesibilidad y la usabilidad en aplicaciones móviles,” *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 48, pp. 99–117, May 2020, doi: 10.22430/22565337.1553.
- [55] T. J. S. S. and K. Arosemena, “Estudio de Técnicas de Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software en Panamá,” *Memorias de Congresos UTP*, pp. 26–28, Dec. 2021, Accessed: Oct. 09, 2024. [Online]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/3314>

- [56] C. A. Ramos, “Los paradigmas de la investigación científica,” *Avances en Psicología*, vol. 23, no. 1, pp. 9–17, Jun. 2015, doi: 10.33539/AVPSICOL.2015.V23N1.167.
- [57] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and L. Pilar Baptista, “DEFINICIONES DE LOS ENFOQUES CUANTITATIVO Y CUALITATIVO, SUS SIMILITUDES Y DIFERENCIAS,” 2014, *Métodos y técnicas de investigación social*, México. [Online]. Available: www.elosopanda.com
- [58] S. M. D. H. Benítez, “El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento,” *Revista Filosofía UIS*, vol. 19, no. 1, pp. 229–245, Jan. 2020, doi: 10.18273/REVFIL.V19N1-2020010.
- [59] C. A. Ramos Galarza, “Editorial: Diseños de investigación experimental,” *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, ISSN-e 1390-9592, Vol. 10, Nº. 1, 2021 (Ejemplar dedicado a: CienciAmérica (enero-junio 2021))*, págs. 1-7, vol. 10, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.33210/ca.v10i1.356.
- [60] J. Rodríguez Rodríguez and M. Reguant Alvarez, “Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach,” *REIRE: revista d'innovació i recerca en educació, ISSN-e 2013-2255, Vol. 13, Nº. 2, 2020*, vol. 13, no. 2, p. 8, 2020, Accessed: Oct. 28, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7672166&info=resumen&idioma=SPA>
- [61] J. Nielsen and T. K. Landauer, “Mathematical model of the finding of usability problems,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 206–213, 1993, doi: 10.1145/169059.169166; WGROUP:STRING:ACM.

ANEXOS

ANEXO 1 Carta Solicitud Apoyo a Tesis



REPÚBLICA DE COLOMBIA



**SECRETARÍA
DE GOBIERNO**

secgobierno@cumbitara-narino.gov.co

C.1168

Cumbitara (N), 23 de septiembre de 2024

SEÑOR:

LUIS ANGEL PORTILLO ORTEGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
NARIÑO-COLOMBIA

ALCALDIA MUNICIPAL DE CUMBITARA
UNIDAD DE CORRESPONDENCIA

No. Radicado: 1867
Fecha: 23-09-24 Hora: 11:56am
No. Folio: _____ Anexos: _____
Radicado por: Mauricio Portillo

ASUNTO: Respuesta a solicitud de apoyo en proyecto Tesis.

Reciba un cordial saludo de parte de la Alcaldía Municipal de Cumbitara.

Hemos recibido su solicitud de apoyo en el desarrollo de su proyecto de Tesis, para optar por el título de Ingeniero de Sistemas, es un gusto para nosotros informarle que la Alcaldía está dispuesta a colaborar en la elaboración de su propuesta.

Consideramos que su proyecto es orientado a mejorar la accesibilidad de los trámites públicos mediante una plataforma digital, es de gran relevancia para nuestra comunidad rural y refleja los esfuerzos que desde la administración municipal queremos implementar para la mejora continua de nuestros servicios.

A partir de este momento, puede contar con el acceso a la información necesaria sobre los trámites municipales y con la colaboración del personal de la Alcaldía, que estará disponible para asistir en todo lo que requiera. Asimismo, esperamos que este proyecto tenga un impacto positivo en los habitantes de Cumbitara y que pueda servir de modelo para futuros desarrollos tecnológicos.

Le deseamos éxitos en su investigación y quedamos atentos a cualquier requerimiento adicional que tenga en el transcurso de su trabajo.

JOSE LUIS MEJIA BURBANO
 Secretario de Gobierno
secgobierno@cumbitara-narino.gov.co
 Teléfono: 3104032227

ANEXO 2
Pruebas de la Aplicación en la Oficina de Deportes



ANEXO 4
Excel de Tablas de Pruebas de la Aplicación

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Yu46m-AWyYOj6s3xMjHRSruv4oK2sNZX/edit?usp=sharing&ouid=103878752006445060766&rtpof=true&sd=true>

ANEXO 3
Encuesta Realizada a los Participantes de la Prueba Piloto

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScC-6BAp3Ey3c8oi6VLjxEyE_fJom46DTdq2rnk0CnTotebAw/viewform?usp=header

ANEXO 5
Consolidado de las Respuestas de Participantes de las Pruebas Piloto

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1jRhcTpaUSfXICa4ZQ2YfIqBwr7A1afLeZNzvLLiM71w/edit?usp=sharing>



San Juan de Pasto, 22 de Enero del 2026

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado Optimización de Trámites Administrativos en las Oficinas de Educación, Deporte y Cultura del Municipio de Cumbitara, Nariño, a través de una aplicación web con Enfoque en Usabilidad, presentado por el autor Luis Angel portillo, del Programa Académico de Ingeniería de sistemas al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,

Mg. Marleny Mayani Lopez Bastidas
1085302685
Ingeniería de Sistemas
3152966718
mmlopez@unicesmag.edu.co



INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Luis Angel Portillo Ortega	Documento de identidad: 1059066987
Correo electrónico: luisangel971213@gmail.com	Número de contacto: 3113936983
Nombres y apellidos del asesor: Marleny Mayani Lopez Bastidas	Documento de identidad: 1085302585
Correo electrónico: mmlopez@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3152966718
Título del trabajo de grado: Optimización de Trámites Administrativos en las Oficinas de Educación, Deporte y Cultura del Municipio de Cumbitara, Nariño, a través de una aplicación web con Enfoque en Usabilidad.	
Facultad y Programa Académico: Ingeniería de Sistemas	

En mi calidad de auto y/o titular del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el firmante del presente documento conserve la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me comprometo a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.



- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento los derechos patrimoniales de autor sobre la misma. Por consiguiente, asumo toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre del(los) autor(es) y la fecha de publicación.
- e) Autorizo a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor garantizo que he cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso que mi Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 22 días del mes de Enero del año 2026

Luis Angel Portillo o.

Autor: Luis Angel Portillo

Marleny Mayani Lopez Bastidas