

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL IMPLEMENTADA EN EL ÁREA DE
INGENIERÍA CLÍNICA PARA LA GESTIÓN DE LAS HOJAS DE VIDA DE LOS
EQUIPOS MÉDICOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (PRUEBA PILOTO)**

Bryan Ernesto Cepeda Blanco

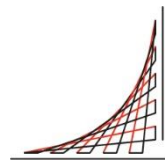
Práctica profesional

Tutor

M.Sc. Jefferson Sarmiento Rojas



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2020**

AGRADECIMIENTOS

Las exorbitantes temperaturas en el municipio de Bosconia; en fondo, el leve sonido de un ventilador portátil de 5 Voltios; música contemporánea resonando en mis oídos para hacer del ambiente un lugar más placentero. Las 3 fueron condiciones fundamentales para redactar este apartado, gracias a ellas, entendí muchas cosas que ayudaron en culminar la segunda etapa de mi vida, la universidad.

Gracias a la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais y al ingeniero Kevin González junto a sus compañeros de trabajo “*Nono*” y “*Luisfer*” por extender su mano para apoyarme durante este proceso de aprendizaje. El futuro ingeniero biomédico que llegaré a ser está completamente agradecido.

Compañeros y amigos de la carrera, quien diría que hace más de 8 meses fue la última vez que nos veríamos en este año tan inusual. Todos los recuerdos que he vivido con ustedes son irremplazables, ahora y siempre harán parte de mí.

Ingenieros, Maestros, Profesores, Tutor, Agradezco todo, desde las malas notas, hasta las felicitaciones, el tiempo que permanecí sentado frente a un tablero (físico/virtual) fue completamente aprovechado.

Gracias a mi familia de Bogotá, tía Mónica, tío Hermes, primas Alison y Cindy por brindarme un hogar para cumplir mi sueño, aprendí tanto con ustedes, en ningún otro lado hubiera lo comprendido mejor. Madre, Abuela y Abuelo, gracias por apoyarme desde tan pequeño, por más que crezca, su labor nunca acaba, los quiero.

Mis amigos de la infancia, quienes aún siguen estando a mi lado, gracias por las largas conversaciones recordando viejos tiempo, todo lo que hemos compartido juntos hasta ahora, y lo que falta. No veo la hora de volver a reunirnos y hacer el asado que tanto anhelamos.

Mi querida Luna, me enseñaste lo que significa el amor incondicional, que sin importar el tiempo que haya estado lejos de mi hogar, cada vez que volvía a Barranquilla me recibías como si fuera la primera vez. Gracias por estos 11 años junto a nosotros. Descansa en paz.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	7
2. INTRODUCCIÓN.....	8
3. OBJETIVOS	11
3.1. General.....	11
3.2. Específicos	11
4. METODOLOGÍA	12
4.1. Fases del proyecto	12
5. RESULTADOS	18
6. DISCUSIÓN.....	27
7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	29
8. CONCLUSIONES	30

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Información requerida por cada equipo médico dentro de la documentación realizada en el departamento de biomédica (HDV: Hoja de vida, PDM: Protocolo de mantenimiento, RDS: Reporte de servicio técnico)	18
Tabla II. Límites del Plan “Spark” de Cloud Firestore	19
Tabla III. Tabla de codificación de la información dentro de la base de datos	24
Tabla IV. Registro de tiempos de los dos métodos de generación de documentos para los equipos médicos.....	25
Tabla V. Registro de tiempo de los dos métodos de búsqueda de documentos para los equipos médicos.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Experiencia de usuario para el diseño de aplicaciones.	10
Figura 2. Modelo de metodología espiral.	12
Figura 3. Circulo de relación para la toma de decisión del uso de la base de datos.	13
Figura 4. Encuesta para selección de base de datos.	14
Figura 5. Requerimientos principales para la elaboración de la aplicación móvil.	15
Figura 6. Código identificador de la información almacenada por el usuario autenticado. 16	
Figura 7. Diagrama de resultados de la evaluación de requerimientos.	19
Figura 8. De izquierda a derecha: Logo de la clínica, banderas de Bosconia y Cesar; paleta de colores; diseño inicial de la aplicación.	21
Figura 9. Métodos de acceso a la aplicación móvil (azul; registro directo en la aplicación; rojo: acceso vía Google).	21
Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación móvil.	22
Figura 11. Menú principal de la aplicación móvil.	23
Figura 12. Método de búsqueda para cada documento	24
Figura 13. Resultados segunda encuesta (Experiencia de usuario).	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para la gestión de documentos validado por la institución.....	32
Anexo 2. Prototipo 1 de la aplicación móvil.....	35
Anexo 3. Diagrama de flujo para la prueba del software.	36
Anexo 4. Cuestionario para determinar los requerimientos principales	37
Anexo 5. Cronograma de actividades.	43
Anexo 6. Cuestionario 2 (Experiencia de usuario)	44

1. RESUMEN

Introducción: Dentro de una institución prestadora de salud, se encuentra el departamento de biomédica, el cual se encarga de la gestión hospitalaria, manteniendo en orden y funcionamiento los equipos médicos. Esta labor lleva consigo la tarea de mantener al día la documentación de cada uno de los equipos médicos de la institución, lo cual incluye, hojas de vida de los equipos, reportes de servicio técnico, ya sean preventivos o correctivos, además de los protocolos de mantenimiento. Estos documentos son generados y almacenados en carpetas físicas dependiendo del área de localización de los equipos; dicho trabajo, requiere de la disponibilidad del ingeniero, lo cual significa que el tiempo invertido realizando esta documentación influye dentro del departamento en la realización de otras actividades laborales de mayor importancia.

El desarrollo e implementación de una aplicación móvil que permita la realización de las labores como ingeniero biomédico anterior mencionadas facilitada la gestión de la documentación de los equipos médicos pertenecientes a la institución, logrando así reducir el tiempo que en un principio se requería para completar la tarea.

Esto, presenta una respuesta a la problemática presentada, el desarrollo de una aplicación móvil la cual permita al ingeniero encargado, realizar la fácil y rápida generación o búsqueda de la documentación de los equipos médicos pertenecientes a la institución

Objetivo: El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación móvil que permita la gestión de información respecto a las hojas de vida de los equipos médicos en el área de cuidados intensivos de la clínica Sinais Vitais, permitiendo una fácil y rápida búsqueda de los datos requeridos, reduciendo así el tiempo invertido necesario por parte del ingeniero a cargo.

Metodología: El desarrollo de este proyecto estuvo dividido en cuatro etapas: planificación, análisis de riesgos, implementación y evaluación. La fase de planificación se centra en el reconocimiento de las necesidades básicas para llevar a cabo la primera fase de desarrollo de la aplicación. La segunda fase, o el análisis de riesgos se basa en el diseño preliminar de la aplicación en base a los requerimientos establecidos por los ingenieros en cuestión. En la implementación, se presenta el desarrollo de la aplicación móvil realizando ensayos de prueba para llegar al resultado deseado. Por último, en la etapa de evaluación de la aplicación es evidencia el método empleado para realizar las pruebas necesarias en la aplicación.

Resultados: Los resultados presentados en el documento dan a conocer como primer indicio los parámetros seleccionados que sentaron los primeros pilares para el diseño preliminar de la aplicación, esto junto con la comparativa entre los métodos de gestión de la documentación biomédica, donde la aplicación demuestra ser de mayor utilidad para la rápida realización y finalización de las actividades.

Conclusión: Dentro de las 16 semanas de desarrollo del proyecto presentado, se obtuvo como resultado final una aplicación capaz de facilitar el proceso de diligenciamiento de documentos correspondientes a los equipos médicos.

2. INTRODUCCIÓN

La institución privada “Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais”, cuyo nombre proviene de la traducción al portugués de “Signos Vitales”, nace como reconocimiento al país donde el fundador de la clínica el Dr. Anuar Cruz Fuentes realizó su especialización, fue fundada en 2013 nació con una respuesta a la necesidad de un servicio de salud de calidad para el municipio de Bosconia y poblaciones cercanas a esta en Colombia. Desde el año de su fundación, la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais fue expandiendo poco a poco su infraestructura (tres pisos) contando actualmente con ocho servicios (Urgencias, hospitalización, cirugía, UCIs, Apoyo diagnóstico, traslado ambulancia, consulta externa y medical tools), incluyendo diez especialidades (Anestesiología, cirugías, ginecología, ortopedia, pediatría, intensivista, urología, oftalmología, medicina interna, psicología). La misión de la institución es brindar servicios de salud de mediana y alta complejidad, con profesionales altamente calificados, comprometidos en servir con calidad, calidez, responsabilidad social y ambiental y como visión, para el año 2023, la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais, será reconocida como la mejor opción en Bosconia y municipios aledaños para recibir servicios de salud de alta complejidad, cumpliendo estándares superiores de calidad [1].

El área de ingeniería clínica de la institución privada cuenta con un ingeniero biomédico con cinco años de experiencia en el campo y dos ingenieros electrónicos. En el periodo 2020-2, se dio ingreso a un practicante de ingeniería biomédica al área. La ingeniería biomédica, según la Fundación Whitaker es una disciplina que utiliza los conocimientos avanzados en ingeniería, biología y medicina para mejorar la salud humana [2]. Dentro de una institución o entidad prestadora de salud, las labores de un ingeniero biomédico cuentan con un segundo enfoque, el cual se basa principalmente en el conocimiento de gestión, el cuidado y mantenimiento de esta para garantizar su correcto funcionamiento de la tecnología sanitaria del ámbito hospitalario [3].

La labor como ingeniero biomédico dentro de la institución se centra en gran variedad tareas, tales como: gestión de los equipos médicos pertenecientes a la institución, insumos y accesorios de cada uno de ellos, reportes de mantenimientos preventivos y correctivos y el seguimiento del calendario establecido para su respectiva realización, atender llamados realizados por los servicios durante la jornada laboral. El decreto 4725 de 2005 del ministerio de protección social reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. Dentro del artículo 38, parágrafo No. 3 se habla del deber que tiene la institución de llevar el registro de las actividades de mantenimiento realizadas ya sea por la entidad o bien por terceros; dicha información es pertinente para la programación y control de los dispositivos médicos considerados equipos biomédicos de tecnología controlada, además de poder ser solicitados por las autoridades sanitarias [4]. Según el decreto 2003 de 2014, dicha información deberá estar consignada en la hoja de vida del equipo médico, junto a los protocolos de mantenimiento respectivos para cada equipo. Es deber del ingeniero biomédico la constante actualización de dicha documentación, desde el anexo de nuevos documentos de un equipo en específico hasta la actualización del formato establecido de la hoja de vida [5].

Durante el periodo transcurrido en el que se prestó servicio en la clínica como practicante de ingeniería biomédica, el departamento de calidad junto con el de biomédica tomó la decisión de realizar una actualización al formato de los documentos

correspondientes a los equipos médicos, a la cual el departamento de biomédica estaría a cargo (Anexo 1). Dicha labor requería de arduo trabajo para el ingeniero debido a la gran cantidad de equipos médicos con los que ya contaba la clínica. Esto afectaría directamente a la disponibilidad del ingeniero para atender las demás labores que se ejercen dentro del área.

Como respuesta al problema se propuso al departamento de ingeniería biomédica el diseño de una aplicación móvil que permita al usuario generar los reportes de mantenimientos preventivos y correctivos, además de tener la posibilidad de gestionar la información de los equipos médicos pertenecientes a la clínica la cual estará almacenada en una base de datos que garantice la seguridad de la información manejada. Como preámbulo de este proyecto, se realizó una prueba piloto con los equipos médicos de la unidad de cuidados intensivos de la clínica, y a partir de los resultados obtenidos analizar la utilidad y eficacia de la aplicación desarrollada teniendo muy presente las necesidades requeridas por el área de calidad y el departamento de ingeniería.

La decisión de realizar una aplicación móvil para la realización de la documentación de los equipos fue tomada en cuenta por la facilidad que brinda esta para manejar la información. No será necesario un formato específico para la realización de las hojas de vida de los equipos médicos, siempre y cuando esta aplicación cumpla con los requisitos mínimos, es decir, que suministre y guarde la información necesaria de cada uno de los equipos médicos que serán registrados. Cabe resaltar que la portabilidad de la aplicación viene ligada al uso del dispositivo móvil, lo cual mejorará significativamente el llenado de la documentación.

Para la realización de la aplicación móvil se tuvieron en cuenta varios factores importantes para la implementación de esta dentro de la institución, entre ellas, el almacenamiento y la seguridad de la información. Hoy en día las empresas garantizan la seguridad y el correcto almacenamiento de la información por medio de las bases de datos; estas aportan a la empresa utilidades como el agrupamiento de los datos en un único lugar y facilitar el acceso a la información dentro de la misma empresa [6] Actualmente, dentro de la clínica regional de especialistas Sinais Vitais se utiliza una base de datos para el manejo de la información de aquellos que se hayan registrado en el sistema; desde la historia clínica, hasta los medicamentos utilizados durante procedimientos. Dentro de ella, se cuenta con la opción de reportar fallos de los equipos médicos de un área en específico, lo cual beneficia al departamento de biomédica en dar una rápida respuesta y solución al problema presentado, dando como resultado un mejor bienestar para los pacientes atendidos en la institución. Con base a lo anteriormente mencionado, se evidencia la utilidad que presenta una base de datos como centro de información dentro de una empresa.

La implementación de una base de datos para el manejo de la documentación de los equipos médicos puede llegar a ser un beneficio para el departamento de biomédica y la institución. La organización de la información dentro de esta permitirá al departamento de ingeniería acceder con facilidad a la documentación de un equipo en específico. A futuro, la información suministrada dentro de la base de datos será de gran ayuda para realizar un análisis estadístico de los equipos, útiles para realizar el programa de tecnovigilancia de los equipos, establecer las fechas para realizar los mantenimientos preventivos, predecir posibles fallas en fechas posteriores.

Dentro del diseño de una aplicación móvil, se encuentra la experiencia de usuario. Esta característica definirá el futuro de la aplicación, en otras palabras, si realmente se le dará uso a la aplicación depende de varios factores, entre ellos están: el diseño de interacción, arquitectura informacional, Diseño visual, funcionalidad, usabilidad, tipografía, interfaz de usuario y estrategia de contenido, cada uno de los factores deben hacer parte del futuro desarrollo de la aplicación [7].

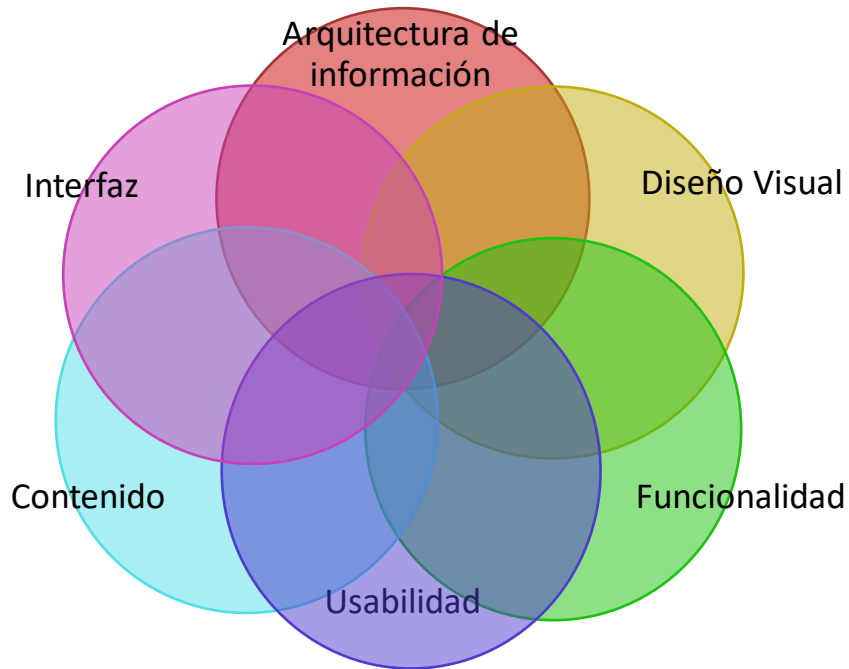


Figura 1. Experiencia de usuario para el diseño de aplicaciones [7].

3. OBJETIVOS

3.1. General

1. Desarrollar una aplicación móvil que permita la fácil y rápida gestión de información respecto a las hojas de vida de los equipos médicos en el área de cuidados intensivos de la clínica Sinais Vitais.

3.2. Específicos

1. Establecer la información requerida, para definir el formato estándar que será implementado en la gestión la documentación de los equipos médicos en la unidad de cuidados intensivos.
2. Diseñar la arquitectura de software que se llevará a cabo en el diseño e implementación de la aplicación móvil, a partir de los requerimientos establecidos.
3. Validar la aplicación móvil basada en usabilidad y experiencia de usuario.

4. METODOLOGÍA

En la siguiente sección se presenta la metodología implementada para el diseño y desarrollo final de la aplicación móvil; además de las mecanismos y herramientas utilizadas durante el proceso. Para la realización del proyecto, se establecieron un total de 4 fases las cuales son ejecutadas durante el periodo de duración del proyecto.

4.1. Fases del proyecto

4.1.1. Implementación

Para la distribución de las tareas de las actividades principales, el proyecto se distribuyó en las siguientes fases enfocadas en la metodología espiral (Figura 2). El modelo espiral, comúnmente utilizado en el desarrollo de software, se basa principalmente en la desintegración del objetivo final en cuatro etapas dentro de un ciclo iterativo, en el cual, la culminación de tareas involucradas en la evolución del proyecto se dificulta a medida que la espiral avanza hasta la finalización de la aplicación [8].

Cada una de las etapas del método en espiral corresponde a una de las actividades, la recolección de información corresponde a la planificación y análisis de riesgo del proyecto, mientras que el diseño y desarrollo de la aplicación abarca desde el análisis de riesgo y la implementación, junto a la evaluación de esta.



Figura 2. Modelo de metodología espiral [9].

Reconocimiento de las necesidades

En el segundo semestre del año 2020 se realizó una actualización del formato de la hoja de vida, reporte de servicio técnico, registro de actividades y protocolo de mantenimiento. Además, se llevó a cabo un nuevo inventario para contar con la información que permita conocer la cantidad de equipos médicos que se encuentren en servicio dentro de la unidad de cuidados intensivos. Con base a la información requerida por el nuevo formato, se hizo la elección del entorno de desarrollo de la aplicación móvil, y a su vez, la base de datos a utilizar. La cantidad de información manipulada debe ser calculada para determinar qué base de datos es la ideal a utilizar.

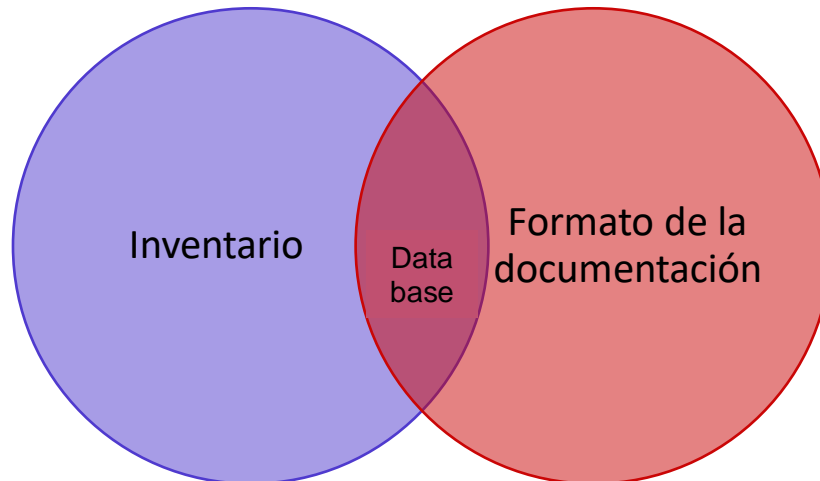


Figura 3. Circulo de relación para la toma de decisión del uso de la base de datos.

El tipo y la cantidad de información que es manejada dentro de una corporación son factores clave para selección de una base de datos. Cuando se habla de bases de datos se hace referencia a las relacionales y no relacionales (SQL y NoSQL respectivamente). Es cuestión de los requerimientos para el desarrollo del proyecto para la selección del tipo de base de datos. Firebase es la plataforma gratuita de Google para el desarrollo de aplicaciones basada en la nube y accesible para la sincronización en tiempo real. Cloud Firestore es la última base de datos desarrollada exclusivamente para aplicaciones móviles [10]. Para la selección de la base de datos, se realizó una encuesta que provee Firebase al momento de tomar la decisión (Figura 4).

Las bases de datos SQL fueron especialmente diseñadas para la administración y recuperación de información. A pesar de que cuentan con una mayor facilidad de programación y su sintaxis este perfectamente estructurada, estas presentan desventajas cuando el crecimiento de información es excesivo, los tiempos de respuesta se ven afectados por esto. Además, si se considera la posibilidad de que se requiera realizar un cambio dentro de la estructura, si la entidad de relación no soporta el cambio, se debería hacer una modificación completa en la estructura de la base de datos, lo que implica detener los procesos durante el cambio. Las bases de datos NoSQL, soportan movimiento de grandes cantidades de información y modificaciones en su estructura sencillos [11].

A partir de los resultados obtenidos por la encuesta (4 de 6 preguntas recomendaron “Cloud Firestore” como la base de datos NoSQL es de utilidad para el desarrollo del proyecto). Las bases NoSQL son de gran utilidad para el manejo de variables independientes (estabilidad horizontal), además de tener mayor libertad de modelación de

datos y realizar consultas en una menor cantidad de operaciones, reduciendo el tiempo de búsqueda [12]. Esto se ve reflejado dentro de la documentación de los equipos médicos. Dando como ejemplo la diferencia de información requerida por dos tecnologías completamente distintas, como por ejemplo, un monitor de signos vitales contiene más información en sus especificaciones técnicas y ambientales a diferencia de un regulador manual del flujo de gases medicinales.

Función de la base de datos	Si necesitas realizar interacciones complejas con tus datos, como en apps de comercio electrónico, te recomendamos Cloud Firestore .
Operaciones con datos	Para conjuntos de datos muy grandes y cuando se necesitan operaciones por lotes con frecuencia, recomendamos Cloud Firestore .
Modelo de datos	Para los documentos y colecciones estructurados, recomendamos Cloud Firestore .
Disponibilidad	Cuando se acepta una disponibilidad muy alta, pero que no llega a ser crítica, recomendamos Cloud Firestore o Realtime Database .
Consultas sin conexión en datos locales	Para capacidades de consulta sofisticadas en datos locales cuando el usuario no tiene conexión, recomendamos Cloud Firestore .
Cantidad de instancias de base de datos	Si necesitas una sola base de datos, te recomendamos Cloud Firestore o Realtime Database .

Figura 4. Encuesta para selección de base de datos [10].

Seleccionado el modelo de base de datos para la aplicación móvil, se tomó la decisión de realizar en principio el desarrollo exclusivo para el sistema operativo Android. Los tres ingenieros dentro del departamento de biomédica cuentan con dicho sistema operativo junto con el dispositivo móvil exclusivo del departamento.

El entorno de programación de la aplicación móvil fue seleccionado a partir de los beneficios a futuro que lograría brindar a las futuras actualizaciones de la aplicación. Android Studio es el entorno desarrollado por IntelliJ IDEA. Las características con las que cuenta, como el emulador de sistema operativo, una interfaz de usuario amigable, y además de contar con un moderno lenguaje de programación estático utilizado por el 60% de desarrolladores Android, hacen de Android Studio la mejor opción para el desarrollo rápido y eficaz de aplicaciones móvil [13].

Establecimiento de requerimientos funcionales

En el desarrollo de la aplicación móvil se deben tener en cuenta las principales funciones que se desea que esta logre realizar. Para el correcto funcionamiento de la aplicación, se establecieron 3 requerimientos principales, a los cuales la aplicación se registró

(Figura 5). Cada uno de estos debe estar internamente ligado internamente, para garantizar que la información que el usuario ingrese sea exclusiva para este mismo.

Autenticación: La confidencialidad y seguridad de la información en las instituciones prestadoras de salud es de vital importancia. Para garantizar que la documentación de la institución este plenamente ligada a ellos, se necesitó una autenticación, para poder utilizar las herramientas que la aplicación móvil brindará al usuario.

Menú Principal: Realizar una aplicación intuitiva es lo que se busca para facilitar la gestión de los documentos de los equipos médicos. Por esa razón, se requirió de un método sencillo para el almacenamiento de la información. La hoja de vida, el protocolo de mantenimiento, y el reporte de servicio técnico son los tres documentos que cada equipo médico posee, es decir que, la aplicación deberá ser capaz de generar, buscar, actualizar y eliminar dicha información.

Estado de Sesión: Cuando el ingeniero a cargo haya finalizado las actividades dentro de la aplicación, existe la posibilidad de cerrar sesión, para asegurar que el acceso a la aplicación y a los datos de la institución no puedan ser manipulados por terceros, no obstante si este lo desea, la aplicación puede mantener la sesión iniciada, para así retomar las actividades rápidamente sin necesidad de una nueva autenticación.

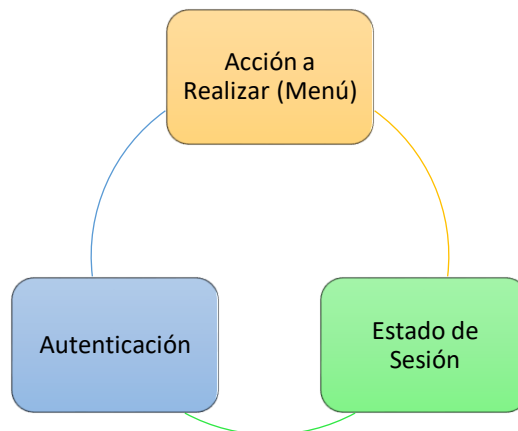


Figura 5. Requerimientos principales para la elaboración de la aplicación móvil.

La opinión de los ingenieros del departamento de biomédica se debe tener en cuenta a la hora de determinar los requerimientos de cada sección de estos. Para ello, se realizó una encuesta usando una escala Likert con base a las necesidades para la solución del problema presentado en la institución. La escala Likert evalúa los resultados relacionados al puntaje dado por él encuestado, donde valores bajos representan un desacuerdo con la pregunta planteada, mientras que resultados altos, significa la aprobación del usuario [14]. Para la primera encuesta, se plantearon siete preguntas en el cuestionario, donde se evaluó la importancia de la seguridad, accesibilidad y manejo de la información de los equipos médicos. Para la encuesta se consideró pertinente realizarla a los tres miembros del departamento de biomédica, a pesar de que únicamente el ingeniero biomédico es quien podrá realmente darle uso a la aplicación.

Según los resultados obtenidos en la encuesta, se plantearon las condiciones con las que la aplicación debe cumplir en los tres requerimientos principales mencionados anteriormente (autenticación, menú principal, estado de sesión), para luego diseñar y realizar una prueba previa del primer prototipo de la aplicación (Anexo 2).

Etapa de Desarrollo

A partir del prototipo planteado anteriormente, se realizan los ajustes necesarios para el diseño preliminar de la aplicación que incluye, la selección de la versión mínima del sistema operativo que requiere la aplicación. Con un 94.1% de dispositivos Android que permitirán la ejecución del programa en su sistema, se estableció la versión mínima de Android (5.0 Lollipop). El ajuste de la interfaz de usuario, el diseño visual, y la correcta funcionalidad de las herramientas brindadas por la aplicación móvil también fueron rediseñados para el diseño preliminar.

Dentro de la aplicación móvil, en la etapa de autenticación, el usuario inicialmente realiza el proceso de registro a la aplicación por medio de un correo electrónico; este puede ser por medio del correo corporativo de la institución o ya bien sea a partir del acceso mediante una cuenta Google para facilitar el proceso de inicio de sesión.

Una vez el usuario se haya autenticado dentro de la aplicación, se abrirá una nueva ventana, la cual corresponde al menú principal, desde donde el usuario pueda generar los documentos requeridos como: la hoja de vida, protocolo de mantenimiento o reporte de servicio técnico, además de realizar búsqueda de documentos ya existentes y la posibilidad de cerrar sesión. La aplicación puede recordar al último usuario que accedió a la aplicación a partir del correo electrónico; esto será de ayuda a la hora de mantener la sesión iniciada aun cuando la aplicación se cierre por completo, siempre y cuando el usuario no cierre sesión desde la aplicación. Dentro de la ventana de Escritura de datos, la información será adquirida y almacenada en la base de datos a partir de una palabra clave (figura 6):

Gracias al correo electrónico, la información de cada usuario dentro de la aplicación solo tendrá acceso a la información que este mismo haya registrado. Esto da paso a la implementación de esta aplicación en múltiples sedes de una misma institución, como es el caso de la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais; esta se encuentra en proceso de abrir una nueva sede en el mismo municipio (Bosconia, Cesar).

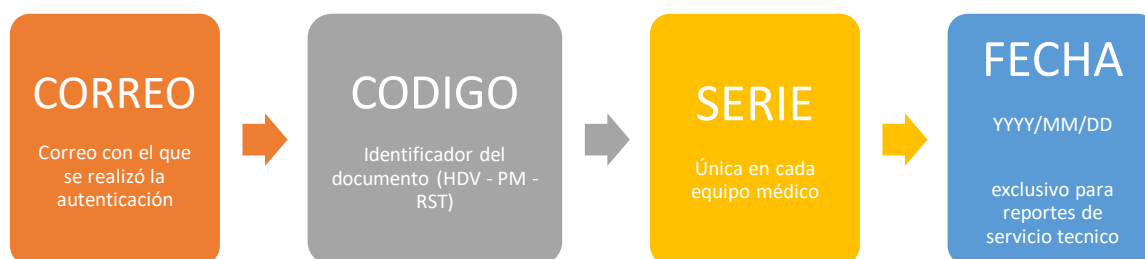


Figura 6. Código identificador de la información almacenada por el usuario autenticado.

Para las ventanas de búsqueda de documentación, cada una de estas, se pedirá al usuario el ingreso de una parte de la palabra clave dentro de la base de datos, para así, facilitar la búsqueda de la información solicitada. Estas serán, el número de serie del equipo médico y la fecha, para el caso de los reportes de servicio técnico.

Prueba del software

Una vez la aplicación llegó a su fase final, se realiza la instalación de la aplicación en el dispositivo Android del ingeniero biomédico a partir del APK generado por el software Android Studio, se requirió la activación del modo “*depuración*” del dispositivo para permitir la instalación de programas ajenos a las plataformas de distribución digital de aplicaciones móviles (Play Store).

Se realizó una prueba por fases: instalación de la aplicación, autenticación del usuario, manejo de datos, y estado de sesión, comprobando el funcionamiento de cada una de ellas (Anexo 3). Se inició por el método de autenticación y cierre de sesión puesto que lo más importante dentro de la aplicación fue lograr ligar toda la documentación que fuera almacenada en ella al usuario registrado. La fase de manejo de datos fue subdividida en el registro y búsqueda de información, en otras palabras, lectura y escritura de datos en la base de datos. Al garantizar el funcionamiento entre la aplicación y la base de datos, se reestructuró el diseño de la aplicación para facilitar su uso para el personal del departamento biomédico.

Como segunda etapa para la prueba de software se realizan dos evaluaciones. La primera consta del cálculo del tiempo requerido por el ingeniero para la gestión de los documentos de los equipos médicos por ambos métodos (por medio de la aplicación móvil y el formato en físico establecido por la institución). La segunda evalúa la experiencia de usuario en base a seis factores influyentes, la arquitectura de la información, el diseño visual, funcionalidad, usabilidad, contenido y la interfaz de usuario, según las observaciones de la aplicación dadas por el ingeniero.

Para esta esta última etapa de prueba de software, las pruebas se realizaron al jefe del departamento de biomédica, quien se encuentra a cargo de la documentación de la tecnología médica. Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas fueron evaluados para identificar las limitaciones de este proyecto, plantear soluciones de estas, y trazar una línea que defina el alcance de este proyecto a corto y largo plazo.

5. RESULTADOS

En la siguiente sección se presentan los resultados para los ciclos mencionados en el apartado de la metodología, como se puede observar en la Figura 2. Se establecieron cuatro etapas principales para el desarrollo del proyecto, para así, evaluar correctamente el crecimiento del proyecto y llegar al resultado deseado.

Reconocimiento de las necesidades

En el segundo semestre del año 2020 se realizó una actualización del inventario de equipos médicos que dispone la institución. Se tiene un total de 335 equipos médicos, distribuidos en toda la clínica, mientras que dentro de la unidad de cuidados intensivos (área de enfoque del proyecto), hay una totalidad de 116 equipos médicos, 32 en la Unidad de Cuidados Intensivos Adulta (UCIA), 69 en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN) y 15 en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica (UCIP). Teniendo presente la cantidad de equipos médicos dentro del área, se llevó a cabo un análisis preliminar para determinar la cantidad de información suministrada en la documentación de cada uno de estos. En la institución, cada uno de los equipos registrados llevan consigo 3 documentos, la hoja de vida, el protocolo de mantenimiento, y el reporte de servicio técnico. En la tabla 1, se puede observar la cantidad de información requerida por cada uno de los equipos, dicha información fue extraída de la última actualización del formato de los documentos.

Tabla 1.

Información requerida por cada equipo médico dentro de la documentación realizada en el departamento de biomédica

	Por equipo	Total UCI
Documento	Información Suministrada	
HDV	39	4524
PDM	13	1508
RST	20	2320
Total de datos		8352

(hdv: hoja de vida, pdm: protocolo de mantenimiento, rst: reporte de servicio técnico)

Con base a lo anterior, se decidió utilizar la base de datos NoSQL que provee Firebase (*Cloud Firestore*), esta permite almacenar, sincronizar y consultar fácilmente datos para aplicaciones móviles y web a escala global [10]. El uso de este servicio de Google incluye un plan gratis (Tabla 2).

Esta cantidad mensual es suficiente para lograr el almacenamiento de toda la documentación de los 335 equipos médicos de la institución, que para el primer mes abarcaría un total de 24120 lecturas, siendo 8352 lecturas para la unidad de cuidados intensivos (Tabla 2).

Tabla II.

Límites del plan "Spark" de cloud Firestore [10]

CLOUD FIRESTORE		
Acción	Diario	Mensual
Escrituras	20000	600000
Lecturas	50000	1500000
Eliminaciones	20000	600000

Establecimiento de requerimientos

Dentro de los 3 requerimientos principales que la aplicación cumple, se encuentra la lista de requerimientos específicos para lograr la culminación de estos. Teniendo presente el objetivo que se quiere cumplir para llegar a la solución del problema, se planteó un cuestionario donde se le solicitó a cada uno de los ingenieros del departamento de biomédica realizarlo. Los resultados de los cuestionarios realizados por los ingenieros serán evaluados con la escala Likert (Anexo 4), donde 1 es totalmente en desacuerdo, y 5 totalmente de acuerdo. La figura 7 representa gráficamente los resultados de los cuestionarios dados por los tres ingenieros.

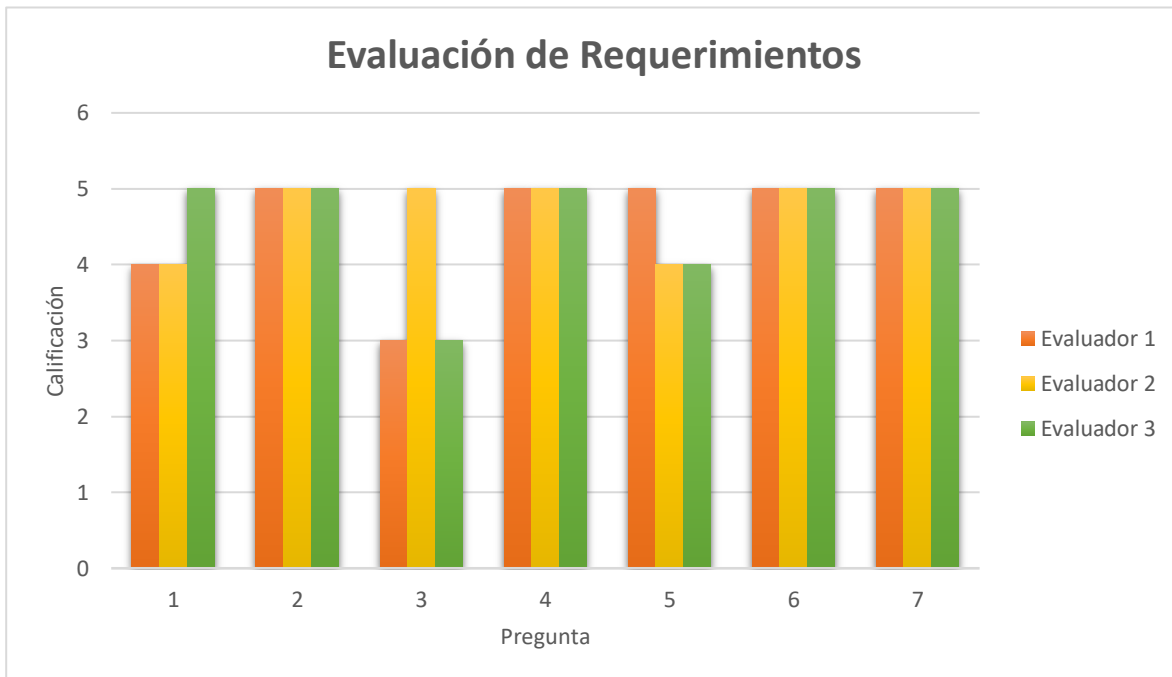


Figura 7. Diagrama de resultados de la evaluación de requerimientos.

Los resultados del cuestionario dan a conocer las necesidades que los ingenieros del departamento consideran pertinentes en una aplicación para la gestión de equipos médicos, y a partir de ellas fueron seleccionadas las funciones capaces de ser realizadas

por la aplicación. Separando cada uno de los requerimientos según el requerimiento general correspondiente.

Autenticación.

- El uso de las funciones ligadas a la base de datos debe estar restringido para usuarios no autenticados en la aplicación móvil.
- La autenticación a partir Google como proveedor debe estar habilitada para facilitar el inicio de sesión al usuario.
- Aquellos usuarios ya autenticados, se les debe permitir el acceso a la información propia de ellos.

Menú Principal.

- El usuario debe contar con la posibilidad de generar, buscar, actualizar y eliminar su documentación almacenada en la base de datos.
- Se debe garantizar la seguridad del almacenamiento de la información de los usuarios registrados, es decir, que no exista un entrelazamiento de datos.

Estado de Sesión.

- El usuario podrá mantener la sesión iniciada durante el periodo que lo requiera, además de poder finalizar su sesión para evitar la manipulación de datos por terceros.

Etapa de Desarrollo

La fase de diseño y desarrollo de la aplicación móvil se dividió en 4 etapas, cada una de estas ligadas a los requerimientos establecidos en el apartado anterior. La unión de todas las etapas da como resultado el diseño de la aplicación preliminar.

Resultados de la Aplicación

A. Diseño de la interfaz.

La aplicación móvil está destinada para uso exclusivo de la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais; esto conllevó a que el diseño de la aplicación fuera acorde. Para lograr este objetivo, El diseño de la aplicación se inspiró en los colores del logo de la Clínica, la bandera del municipio de Bosconia y el departamento del Cesar. A partir de ello, se realizó la paleta de colores, los cuales fueron seleccionados para el diseño de la aplicación (figura 8).

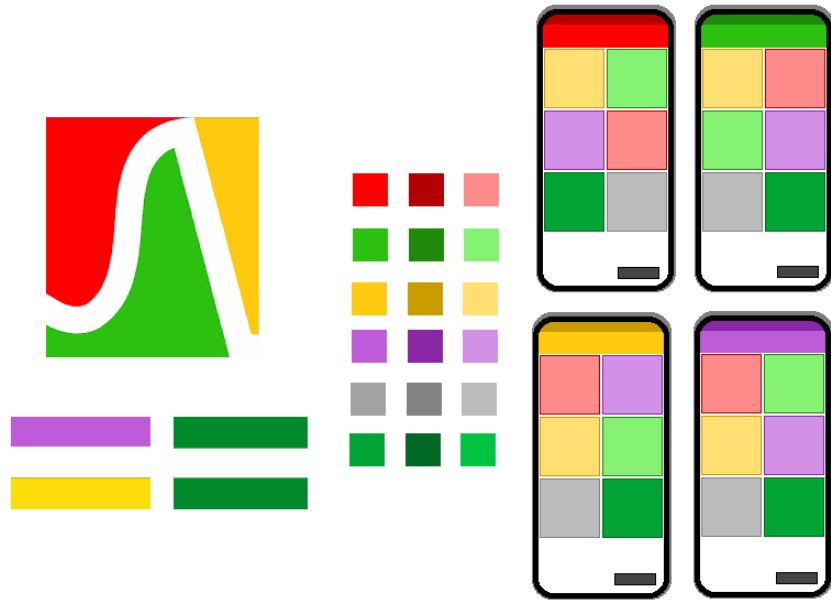


Figura 8. De izquierda a derecha: Logo de la clínica, banderas de Bosconia y Cesar; paleta de colores; diseño inicial de la aplicación.

B. Autenticación.

Con base a los resultados de la encuesta realizada a los ingenieros del área, se agregaron dos métodos de autenticación a la aplicación móvil. El primer método es el registro directo con la aplicación. Se le solicita al usuario un correo electrónico y una contraseña para poder acceder. El segundo método se realiza mediante el acceso a una cuenta existente de Google, este último método facilitará al usuario el acceso a la aplicación.

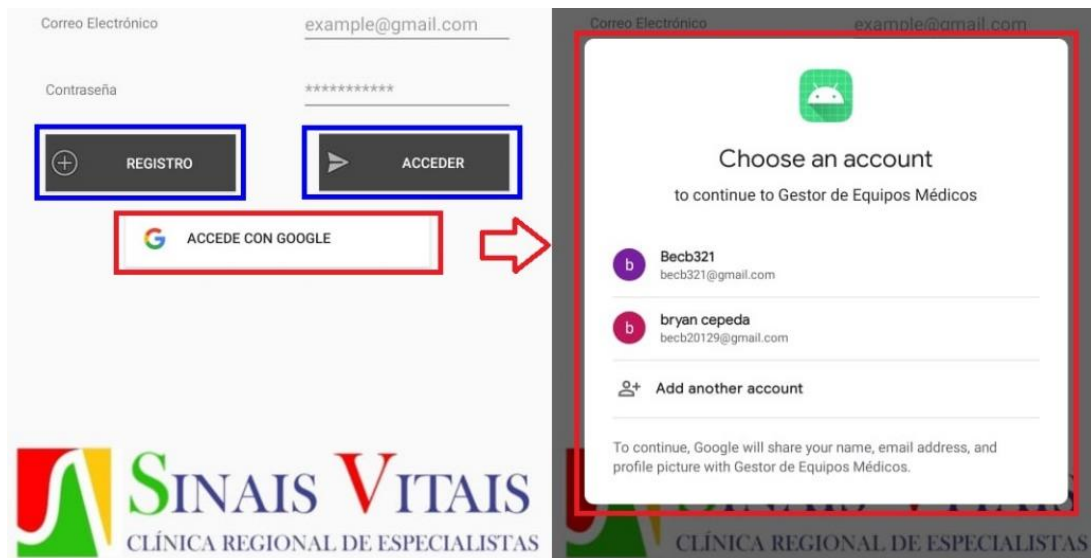


Figura 9. Métodos de acceso a la aplicación móvil (azul; registro directo en la aplicación; rojo: acceso vía Google).

A partir del correo electrónico registrado, se crea la clave para almacenar los datos que el usuario almacene en de la base de datos, de esta manera, se le garantiza que solo aquellos que tengan acceso al correo electrónico registrado tendrán acceso a esta información (Figura 9).

C. Menú principal

Como se les planteó a los ingenieros, la aplicación cuenta con la posibilidad de generar, buscar, actualizar y eliminar documentación propia del usuario con el que se haya iniciado sesión. Cada acción que el usuario tome dentro de la aplicación dará lugar a cambios dentro de su espacio dentro de la base de datos (en la figura 10 se representa en un diagrama de flujo la función de la aplicación).

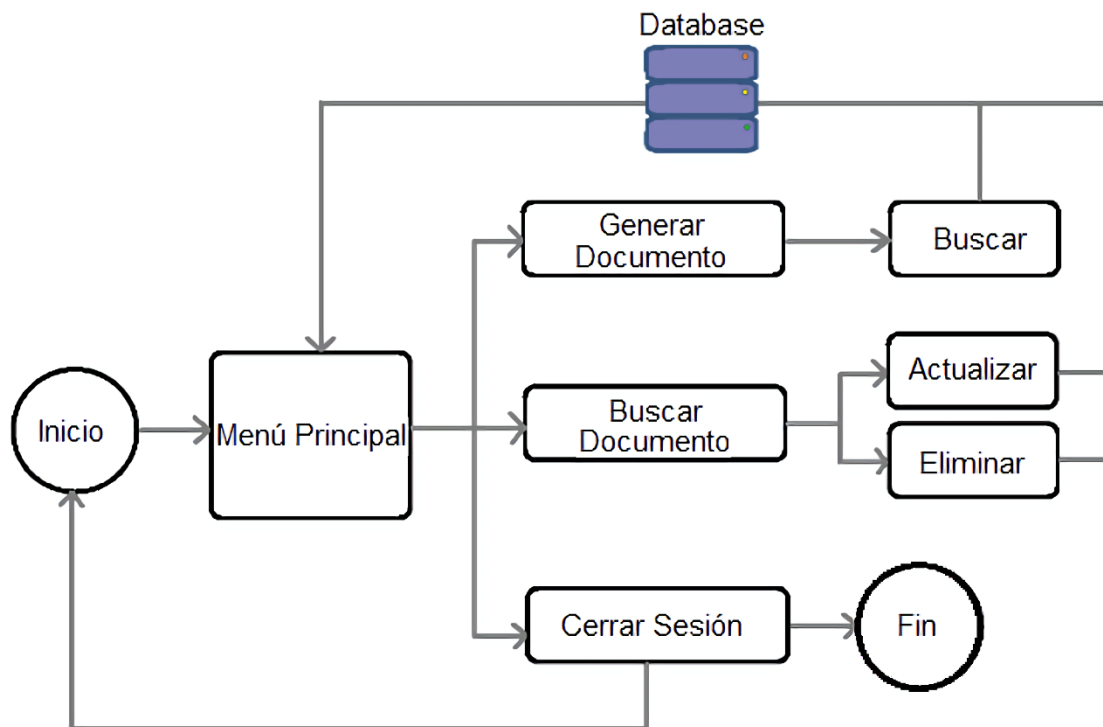


Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación móvil.

Para la búsqueda de documentos dentro de la base de datos se cuenta con tres botones, cada uno para la búsqueda de la documentación de los equipos médicos. El método de búsqueda de la aplicación se basa en la palabra clave generada codificada para cada documento almacenado en la base de datos. Este código es generado con relación al correo electrónico de la sesión actual, el tipo de documento generado, el número de serie del equipo médico y la fecha de creación; en la tabla 3 se explica a detalle la generación de la palabra clave del tipo de documento.

En el menú principal el usuario cuenta con 7 opciones para tomar una decisión, las tres primeras son para la generación de hoja de vida, protocolo de mantenimiento y reportes de servicio técnico, las siguientes tres opciones son para realizar la búsqueda de la información almacenada, y por último la opción de finalizar la sesión iniciada (Figura 11).



Figura 11. Menú principal de la aplicación móvil.

Tabla III.
Tabla de codificación de la información dentro de la base de datos

Documento	Palabra Clave				
	Correo	Código	Serie	Fecha	Equipo Médico
Hoja de Vida	Aplica	HDV	Aplica	No Aplica	No Aplica
Protocolo de Mantenimiento	Aplica	PM	No Aplica	No Aplica	Aplica
Reporte de Servicio Técnico	Aplica	RST	Aplica	Aplica	No Aplica

Esto para el usuario no representa problema al momento de la búsqueda de la documentación, gracias a que la información que se le requerirá para identificar la palabra clave de un equipo médico es únicamente el número de serie del equipo en cuestión, la fecha para el caso del reporte de servicio técnico, y el nombre del equipo médico para el protocolo de mantenimiento (figura 11). De este modo, la búsqueda de los documentos registrados dentro de la base de datos se realiza con rapidez.

The image shows three distinct search form sections, each with a green header bar and a white search area. The first section, 'Buscar Protocolo de Mantenimiento', features a search field labeled 'BUSCAR POR EQUIPO MÉDICO:' with a placeholder 'MAYUSCULAS' and a 'BUSCAR' button with a download icon. The second section, 'Buscar Hoja de Vida', has a search field labeled 'BUSCAR POR N° SERIE:' and a 'BUSCAR' button with a download icon. The third section, 'Buscar Registro de Actividades', includes two search fields: 'FECHA DE REPORTE:' with a placeholder 'DD/MM/YYYY' and 'BUSCAR POR N° SERIE:', both with 'BUSCAR' buttons and download icons.

Figura 12. Método de búsqueda para cada documento

D. Estado de Sesión

Ya en la aplicación, el usuario cuenta con dos opciones para el estado de su sesión. Estos son, mantener la sesión iniciada aun cuando la aplicación pase a segundo plano en el dispositivo Android y no se encuentre en uso; este primer método se incluyó a la aplicación por la decisión unánime de los ingenieros del departamento, vista en el resultado de la última pregunta del cuestionario. La segunda opción es tener la de cerrar sesión al presionar el botón encontrado en el menú principal de la aplicación. Así se puede asegurar

que terceros no tengan la posibilidad de acceder a la información una vez la sesión haya finalizado (Anexo 5).

Prueba del software

Una vez la aplicación móvil finalizada, se procede a realizar las pruebas de verificación de funcionamiento. Para ello, se seleccionaron tres equipos médicos pertenecientes a la unidad de cuidados intensivos para la comprobación de que la información se almacene correctamente dentro de la base de datos, y a su vez, se registró el tiempo empleado por el ingeniero para realizar dicha acción desde la aplicación móvil, como desde la documentación en los formatos de la institución, los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 4.

Tabla IV.

Registro de tiempos de los dos métodos de generación de documentos para los equipos médicos

Equipo	Tiempo requerido (segundos)	
	Formato Físico	Formato Digital
Ventilador Mecánico	815	394
Monitor de Signos Vitales A	698	351
Monitor de Signos Vitales B	731	368

En la búsqueda de documentación, se realizó el mismo experimento con los tres equipos utilizados anteriormente. Al ingeniero biomédico se le facilita el número de serie de los equipos médicos para la búsqueda dentro de la aplicación móvil y en las carpetas dentro del departamento, los resultados son evidenciados en la tabla 5.

La búsqueda de la información a partir de la aplicación móvil es un valor que puede ver influenciado por la estabilidad de la conexión a la red de la institución, no obstante, para el momento en que se realizó la prueba, la búsqueda de los documentos se realizó en un tiempo menor a los 10 segundos.

Tabla V.

Registro de tiempo de los dos métodos de búsqueda de documentos para los equipos médicos

Equipo	Tiempo requerido (segundos)	
	Formato Físico	Formato Digital
Ventilador Mecánico	43	<10
Monitor de Signos Vitales A	29	<10
Monitor de Signos Vitales B	37	<10

Una vez realizada las pruebas de medición de los tiempos requeridos para el registro y búsqueda de información en los formatos físicos y la aplicación móvil, se procedió a realizar la evaluación de la experiencia de usuario al ingeniero con quien fue realizada la prueba anterior. Esta última encuesta se realizó únicamente al “ingeniero 3” puesto que él es el único de los ingenieros responsable de la gestión de la documentación biomédica. Para la medición del nivel de experiencia, se tuvieron en cuenta los seis principales parámetros que en conjunto definen la experiencia (Anexo 6).

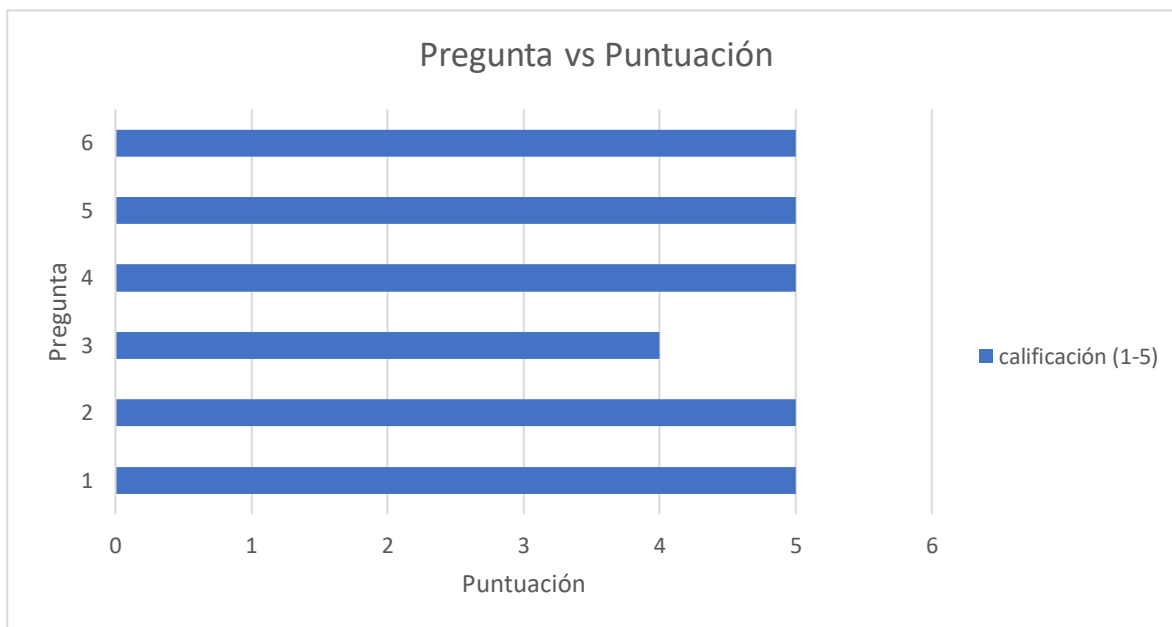


Figura 13. Resultados segunda encuesta (Experiencia de usuario).

Los parámetros medidos en las 6 preguntas de la encuesta fueron los siguientes: Arquitectura informacional (orden, fácil comprensión), el diseño visual (interpretación de los datos), su funcionalidad (función de las herramientas de la aplicación), su usabilidad (facilidad de acceso y uso), la tipografía (contenido interesante, útil, bien estructurado) y la interfaz de usuario (conservación del aspecto). Como ultima sección de la evaluación de la aplicación, se incluyó un espacio para que el ingeniero de sus observaciones, donde se puedan evaluar las posibles fallas que haya detectado y a su vez posibles mejoras o futuras implementaciones dentro de la aplicación.

Incluir la opción de leer códigos QR o Barras para el código de inventario.
 Posibilidad de generar formato propio en PDF.

6. DISCUSIÓN

El “gestor de aplicaciones” es la aplicación móvil diseñada que cumple con la gestión de la documentación de la tecnología médica registrada dentro de la base de datos (Cloud Firestore), permitiendo al usuario realizar búsquedas, actualizaciones y eliminación de información propia. Durante el periodo de desarrollo de la aplicación, se tuvieron presentes distintos factores, como lo es el reconocimiento de las necesidades para establecer los requerimientos mínimos que la aplicación debía cumplir; incluyendo la etapa de desarrollo de la aplicación. El reconocimiento de las necesidades, el establecimiento de requerimientos funcionales, la etapa de Desarrollo, y a prueba del software fueron las cuatro principales etapas del ciclo planteadas en la metodología para la realización de la aplicación móvil. Dentro de cada una de ellas se llevó a cabo una serie de actividades, que según como estas fueran desarrolladas y que resultados se hayan obtenido, se tomarían decisiones clave para la finalización del proyecto.

Para el reconocimiento de las necesidades se tuvo como propósito, determinar la cantidad de información que se manipularía inicialmente dentro de la aplicación, puesto que, dependiendo del resultado, se tomaría la decisión de la base de datos a utilizar. Las bases de datos normalmente cuentan con un plan de uso gratis limitado, siempre y cuando no se superen dichos valores no habrá necesidad de invertir en una mayor cobertura dentro de la base de datos. Para el caso planteado en el proyecto, se llegó a un resultado aproximado de 8 352 datos, esta es la información requerida por los equipos médicos dentro de la unidad de cuidados intensivos. La base de datos que provee Firebase (Cloud Firestone) cuenta con una cobertura amplia para no tener costo alguno; se cuenta con un máximo de 20 000 escrituras diarias, en otros términos, se cuenta con una cantidad de más del doble (2.39) de lo que se requeriría como mínimo para realizar el registro de los equipos médicos de la unidad de cuidados intensivos (ver Tabla 1 y 2). Para el registro de todos los equipos médicos de la clínica que se encuentren en servicio se requeriría de 24 120 escrituras dentro de la base de datos, es decir, en un único día, no se lograría registrar cada uno de ellos dentro de la base de datos, ya que se habría superado el límite en un 17%. Diariamente, los cobros realizados por la plataforma incrementan cada 100 000 escrituras (0.18USD \approx 693.04COP), por lo que, para casos en los que sea necesario superar este límite del plan inicial, no representarían costos significativos para la institución [10].

Los requerimientos establecidos para el diseño de la aplicación se obtuvieron mediante una encuesta realizada por los ingenieros del departamento de biomédica (Anexo 4). En los resultados de la encuesta (Figura 7) se observa la similitud en las respuestas de los tres evaluadores, en donde seis de las siete preguntas fueron clave para reconocer las necesidades que la aplicación deberá cumplir, dado que los resultados de todas ellas exceptuando la pregunta 3 fue mayor o igual a 4. Contando con un total de 6 requerimientos, se da inicio al desarrollo de la aplicación móvil.

En la etapa de desarrollo se realizó todo el diseño de la aplicación, la cual consta de un total de 3 ejecuciones. La primera es la autenticación del usuario. Este cuenta con un previo registro a la aplicación para un posterior inicio de sesión, no obstante, cabe la posibilidad de tener acceso al menú principal por medio de una cuenta Google ya existente, de esta manera no existe la necesidad de que el usuario digite constantemente la contraseña para poder acceder a las herramientas que dispone en la aplicación móvil.

Dentro del menú principal, para realizar una búsqueda ya sea de la hoja de vida o el reporte de servicio técnico de un equipo médico, el usuario deberá tener a la mano el número de serie de este, es decir, la búsqueda no se podrá realizar si no se tiene acceso a esta información. Para solucionar este inconveniente, se requerirá de una opción dentro de la aplicación que permita ver todos los números de serie de los equipos médicos ya registrados.

Los documentos almacenados en el departamento de biomédica, cada equipo médico cuenta con la hoja del protocolo de mantenimiento, es decir, si la unidad de cuidados intensivos cuenta con 36 monitores de signos vitales, existirán 36 copias idénticas del protocolo de mantenimiento de este equipo. En la aplicación, solo es necesario el registro de un protocolo de mantenimiento por equipo médico, de esta forma, se reduce la cantidad de información registrada dentro de la aplicación. En la unidad de cuidados intensivos hay un total de 12 tipos de equipos médicos distintos que su cantidad es mayor a 1, el total de estos equipos es de 94, en otras palabras, hay 94 protocolos de mantenimientos, donde varios de ellos se repiten. Gracias a la aplicación, el total de protocolos de mantenimiento para los equipos médicos mencionados se reduce a 12, es decir, se reduce en un 87.23% la cantidad de documentos de los protocolos.

Mantener la sesión iniciada aun cuando la aplicación se encuentre en segundo plano es de utilidad para cuando el ingeniero se encuentre realizando ya sea reportes de servicio técnico u hojas de vida, no obstante, incluir un límite de tiempo de la sesión iniciada garantizaría que la información no se viera manipulada por terceros en caso de pérdida del dispositivo móvil estando la sesión aún iniciada. Otra posibilidad para evitar eventos como el planteado, es incluyendo una confirmación por medio de la contraseña de la cuenta para realizar acciones como actualización, búsqueda y eliminación de información de la base de datos.

Las pruebas de software se realizaron un total de 3 ensayos con tres equipos médicos distintos para determinar el tiempo que el ingeniero encargado invierte en la generación de documentos. Los resultados obtenidos (tabla 4), demuestran como para el nuevo método se requiere de menor tiempo en comparación al método tradicional, el tiempo se reduce en un promedio del (50,34%), donde en un principio eran 12 minutos, ahora son poco menos de 6 minutos invertidos en la elaboración de los documentos. Los comentarios del ingeniero biomédico dan la respuesta del porqué de la diferencia de tiempo entre un método y otro: "La aplicación es muy intuitiva y fácil de usar, lo cual ayuda en el rendimiento de uno". A diferencia de los formatos utilizados en la institución, la aplicación se basa en la información solicitada mas no en una estructura definida, por lo que agregar la información en la casilla correcta es una tarea fácil.

La búsqueda de documentación se realizó con los equipos anteriores, en este caso, las diferencias son mayores, en un aproximado del 71,74% de tiempo ahorrado (ver tabla 5). Esto se debe a que para la búsqueda el ingeniero encargado solo requiere la disponibilidad del número de serie del equipo médico que desea buscar, este se agrega a la aplicación móvil, y la información se imprime directamente en ella, mientras que en la búsqueda de la documentación de las carpetas físicas, dependiendo de la ubicación de la carpeta, y la posición de los documentos dentro de ella, afectarán el tiempo de búsqueda de estos documentos.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Actualmente, el proyecto está calificado como prueba piloto; si se planea implementar como principal método de gestión de información de los equipos médicos, se requerirá la digitalización de toda la información perteneciente a los equipos dentro de la institución, esto incluye, su hoja de vida, protocolos de mantenimiento si es un equipo no registrado, y todos los reportes de servicio técnico realizados por la institución. Es de suma importancia mantener constancia de la aplicación, registrando información antigua o nueva (como lo son los reportes de mantenimiento preventivo programados por el área), de esta manera se garantiza la funcionalidad de la aplicación para su objetivo principal.

Para lograr la implementación completa de la aplicación dentro de la institución, se plantean un total de tres trabajos a futuro, que una vez culminados, cabra la posibilidad de implementar definitivamente la aplicación dentro de la institución.

Corto plazo

Es primordial garantizar la seguridad de la información de la institución, por lo que inicialmente se mejorará el proceso de autenticación de los usuarios registrados dentro de la aplicación, además de establecer los niveles de acceso a las herramientas disponibles dentro de la aplicación móvil a partir de un administrador.

Mediano plazo

En base a la decisión tomada por la institución de implementar definitivamente la aplicación en todas las áreas de la clínica, se requerirá la finalización del registro de los equipos médicos de las áreas restantes dentro de la clínica. Además se desarrollarían nuevas opciones capaces de brindar utilidad dentro del departamento de biomédica, tales como: buscar el inventario por equipo, marca o área en específico y la generación de los documentos de los equipos médicos en formato PDF. Esta segunda etapa de los trabajos futuros tendrá una duración promedio de 4 a 6 meses.

Largo plazo

Implementar nuevas opciones dentro de la herramienta para hacer de la aplicación una nueva forma apoyar la gestión de información de todas las áreas de la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais.

8. CONCLUSIONES

En el proyecto desarrollado se concluye que la aplicación móvil conocida como “Gestor de Equipos Médicos” programada en Android Studio facilita el método de gestión de la información de los equipos médicos pertenecientes a la Clínica Regional de Especialistas Sinais Vitais. El proyecto se desarrolló durante 16 semanas en el semestre 2020-2, en las que para el progreso del proyecto se establecieron 4 ciclos: el reconocimiento de las necesidades, establecimiento de requerimientos funcionales, la etapa de desarrollo y la prueba del software.

El Gestor de equipos médicos es una aplicación didáctica multifunción la cual permite gestionar rápidamente la información de los equipos médicos registrados en la base de datos, específicamente hablando de las hojas de vida, protocolos de mantenimiento y reportes de servicio técnico. A partir del usuario registrado por la institución se tiene el acceso a las herramientas brindadas por la aplicación diseñadas específicamente a partir de los requerimientos establecidos en el proceso de planificación. En base al establecimiento de requerimientos de la aplicación basado en la encuesta realizada al personal encargado del área biomédica, se logró el diseño de una aplicación capaz de replicar el proceso de gestión de documentos de los equipos médicos, donde a partir de la aplicación se logra minimizar el tiempo requerido para la realización de estos; los resultados demuestran que se reduce en más de un 40%. Factores influyentes para estos la facilidad de uso de la aplicación son el diseño intuitivo y simplista de la aplicación. Gracias a la efectividad de la aplicación, se han dado recomendaciones para desarrollar una aplicación más elaborada la cual incluya nuevas herramientas de utilidad para ingeniero a cargo.

Los trabajadores del departamento de biomédica son los encargados en mantener la correcta gestión de toda la información almacenada dentro de la base de datos, esto incluye a la confidencialidad de los datos; para ello, se debe garantizar el uso correcto de la aplicación por parte del personal autorizado. A su vez, su uso constante ayudará al proceso de las futuras actualizaciones de la aplicación, teniendo en cuenta los comentarios realizados por el personal a cargo de la gestión.

REFERENCIAS

- [1] SinaisVitals. *¿Quienes Somos?*
<http://www.clinicasinaisvitals.com/sinais/views/somos.php>. Accessed Sep. 2020
- [2] Bauld, THOMAS J. "The Definition of a Clinical Engineer." *Europepmc.Org*, 1991,
<https://europepmc.org/article/med/10183576>.
- [3] KATONA, Peter G. "Biomedical Engineering and the Whitaker Foundation: A Thirty-Year Partnership." *Springer*, 2006, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10439-006-9087-7.pdf>.
- [4] Ministerio de la Protección Social. *Decreto Número 4725 de Reglamentación Del Régimen de Registros Sanitarios, Permiso de Comercialización y Vigilancia Sanitaria de Los Dispositivos Médicos Para Uso Humano*.
https://www.who.int/medical_devices/survey_resources/health_technology_national_policy_colombia.pdf, 2005, p. 20.
- [5] Ministerio de Salud y Protección Social. *Decreto Número 2003 de Definición de Los Procedimientos y Condiciones de Inscripción de Los Prestadores de Servicios de Salud y de Habilitación de Servicios de Salud*. 2014, p. 26,
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución_2003_de_2014.pdf.
- [6] Data Centric. *¿Qué Importancia Tienen Las Bases de Datos a Nivel Empresarial?*
<https://www.datacentric.es/blog/bases-datos/importancia-bases-de-datos-2/>.
Accessed Nov. 2020.
- [7] IngenioVirtual. *La Experiencia de Usuario*. <https://www.ingeniovirtual.com/la-experiencia-de-usuario/>. Accessed Nov. 2020.
- [8] Boehm, Barry W. "Spiral Model of Software Development and Enhancement." *IEEE Engineering Management Review*, vol. 23, no. 4, IEEE, Dec. 1995, pp. 69–81,
doi:10.1145/12944.12948.
- [9] ASPgems. *Metodología de Desarrollo de Software (III) - Modelo En Espiral*.
<https://aspgems.com/metodologia-de-desarrollo-de-software-iii-modelo-en-espiral/>.
Accessed Dec. 2020.
- [10] James Tamplin, Andrew Lee. *Firestore*. <https://firebase.google.com/?hl=es>. Accessed Sep. 2020.
- [11] Marlon Manzo | Medium. *SQL vs NoSQL; Ventajas y Desventajas |*. 2018,
<https://medium.com/@marlonmanzo/sql-vs-nosql-ventajas-y-desventajas-849ccc9db3d4>.
- [12] Castro Romero, Alexander, et al. "Utilidad y Funcionamiento de Las Bases de Datos NoSQL Databases NoSQL's Utility and Functioning." *Redalyc.Org*, vol. 21, no. 33, 2012, <https://www.redalyc.org/pdf/4139/413940772003.pdf>.
- [13] Google. *Desarrolladores de Android | Android Developers*.
<https://developer.android.com/>. Accessed Oct. 2020.
- [14] Likert, R. "A Technique for the Measurement of Attitudes." *Psycnet.Apa.Org*,
<https://psycnet.apa.org/record/1933-01885-001>. Accessed 3 Dec. 2020.

ANEXOS

Anexo 1. Formato para la gestión de documentos validado por la institución.

HOJA DE VIDA

INFORMACIÓN DEL EQUIPO		
	MARCA: MODELO: SERIE: ACTIVO FIJO: REGISTRO INVIMA: RIESGO: UBICACIÓN: USO MÉDICO: RESPONSABLE:	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
FRECUENCIA:	BATERÍA:	
VOLTAJE:	RPM:	
CORRIENTE:	CAPACIDAD:	
POTENCIA:	DIMENSIONES:	
FUENTES DE ALIMENTACIÓN	ESPECIFICACIONES AMBIENTALES	MANUALES
ELECTRICIDAD <input type="checkbox"/>	TEMPERATURA:	USUARIO <input type="checkbox"/>
AGUA <input type="checkbox"/>	HUMEDAD:	TÉCNICO <input type="checkbox"/>
GASES MEDICINALES <input type="checkbox"/>	PRESIÓN ATM:	INSTALACIÓN <input type="checkbox"/>
DATOS REPRESENTANTE/FABRICANTE		
NOMBRE	CIUDAD	TELÉFONO
COSTO DEL EQUIPO	FECHA DE COMPRA	GARANTÍA
MANTENIMIENTO	CALIBRACIÓN	
RESPONSABLE:	REQUIERE: SI NO	
PERIODICIDAD:	PERIODICIDAD:	

REPORTE DE SERVICIO TECNICO

INFORMACIÓN DEL EQUIPO		
NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO
SERIE	INVENTARIO	UBICACIÓN

TIPO DE SERVICIO		
MTO. PREVENTIVO <input type="checkbox"/>	MTO. CORRECTIVO <input type="checkbox"/>	INSTALACIÓN <input type="checkbox"/>
DIAGNÓSTICO <input type="checkbox"/>	TRASLADO <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>

PROBLEMAS REPORTADOS		
ELÉCTRICO <input type="checkbox"/>	ELECTRÓNICO <input type="checkbox"/>	MECÁNICO <input type="checkbox"/>
SOFTWARE <input type="checkbox"/>	ACCESORIOS <input type="checkbox"/>	RUPTURA <input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

OBSERVACIONES

REPUESTOS UTILIZADOS

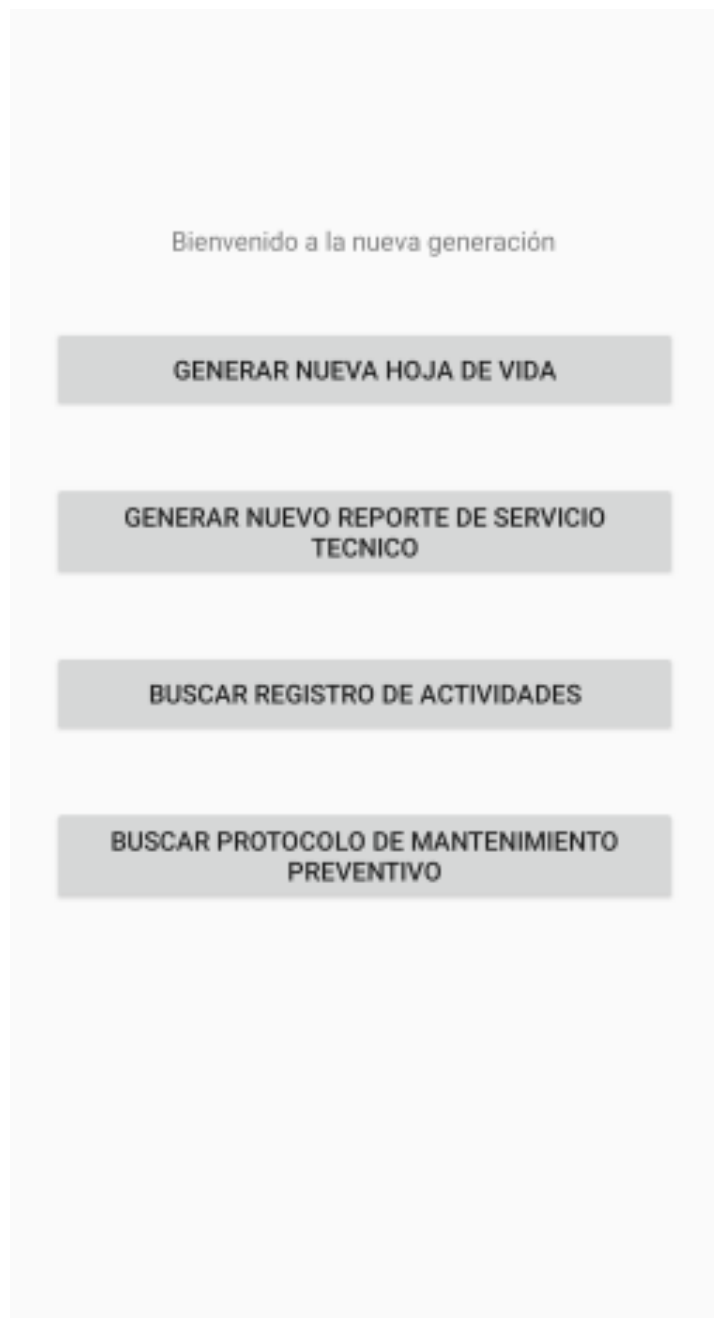
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

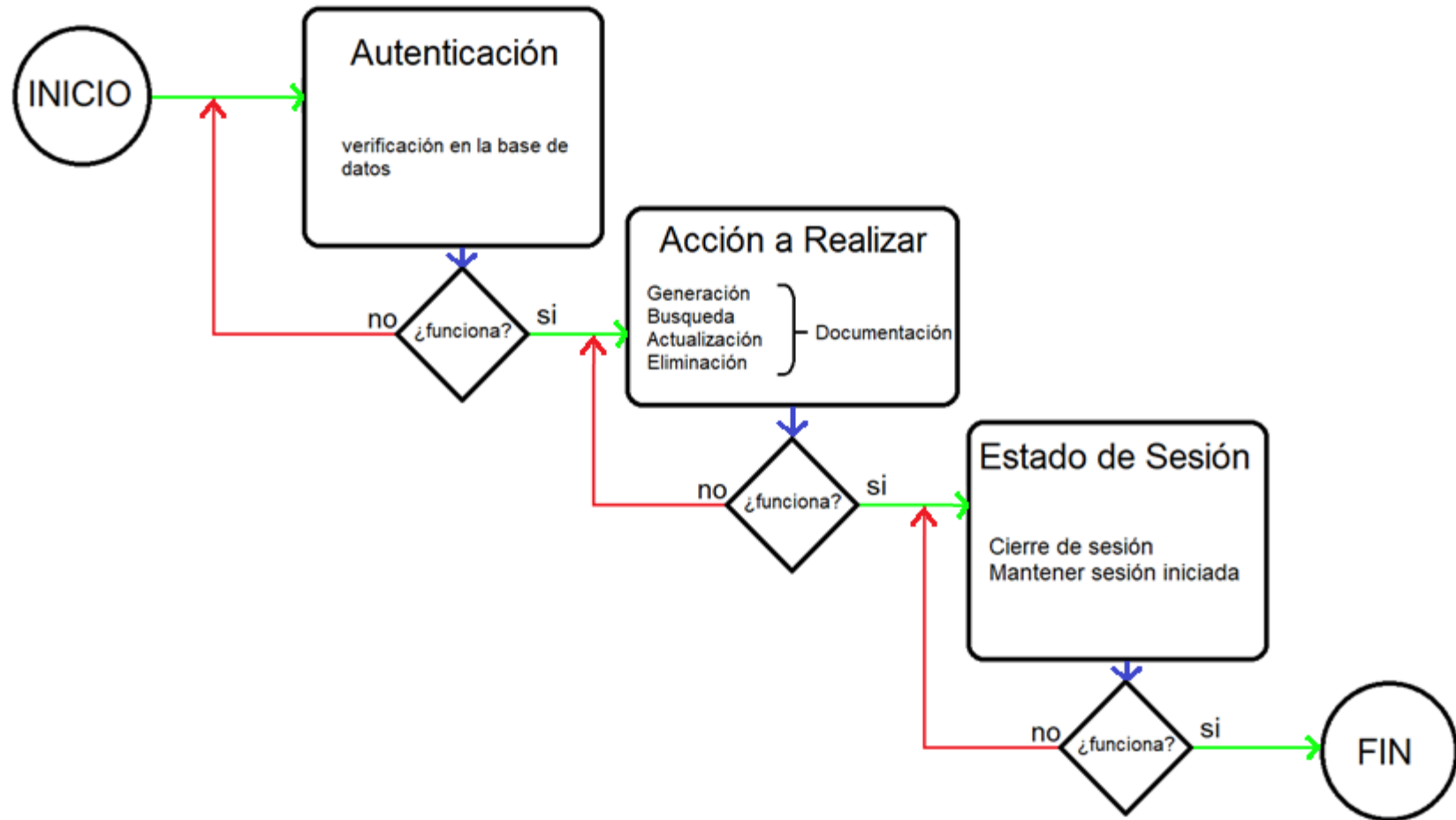
ÍTEM	PROCEDIMIENTOS
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

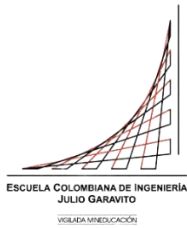
Anexo 2. Prototipo 1 de la aplicación móvil



Anexo 3. Diagrama de flujo para la prueba del software.



Anexo 4. Cuestionario para determinar los requerimientos principales



CUESTIONARIO “Evaluación de Requerimientos”



Proyecto de Grado Bryan Ernesto Cepeda Blanco

Universidad del
Rosario

Nombre del Evaluador: Ingeniero 1

A continuación se presentarán una serie de afirmaciones. Para cada una de ellas, califique de 1 a 5 según su nivel de acuerdo. 1 para totalmente desacuerdo, 5 para totalmente de acuerdo.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

1. El acceso a la aplicación debe ser exclusivo para usuarios registrados.

1	2	3	4	5
			x	

2. La autenticación por Google facilitaría el acceso a la aplicación.

1	2	3	4	5
				x

3. La autenticación por otros proveedores distintos de Google mejoraría la aplicación.

1	2	3	4	5
		x		

4. Para aquellos usuarios autenticados, deben tener acceso a la información propia de ellos.

1	2	3	4	5
				x

5. El usuario debe contar con la posibilidad de generar, buscar, actualizar y eliminar su documentación almacenada en la base de datos.

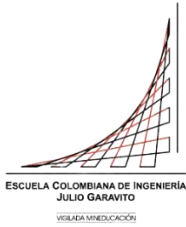
1	2	3	4	5
				x

6. La aplicación debe garantizar la seguridad del almacenamiento de la información de los usuarios registrados, es decir, que no exista un entrelazamiento de datos.

1	2	3	4	5
				x

7. Mantener la sesión iniciada en la aplicación facilitará el constante acceso a la aplicación móvil.

1	2	3	4	5
				x



CUESTIONARIO “Establecimiento de Requerimientos”

Proyecto de Grado Bryan Ernesto Cepeda Blanco



Nombre del Evaluador: Ingeniero 2

A continuación se presentarán una serie de afirmaciones. Para cada una de ellas, califique de 1 a 5 según su nivel de acuerdo. 1 para totalmente desacuerdo, 5 para totalmente de acuerdo.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

1. El acceso a la aplicación debe ser exclusivo para usuarios autenticados.

1	2	3	4	5
			x	

2. La autenticación por Google facilitaría el acceso a la aplicación.

1	2	3	4	5
				x

3. La autenticación por otros proveedores distintos de Google mejoraría la aplicación.

1	2	3	4	5
				x

4. Para aquellos usuarios autenticados, deben tener acceso a la información propia de ellos.

1	2	3	4	5
				x

5. El usuario debe contar con la posibilidad de generar, buscar, actualizar y eliminar su documentación almacenada en la base de datos.

1	2	3	4	5
			x	

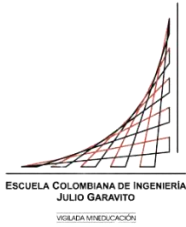
6. La aplicación debe garantizar la seguridad del almacenamiento de la información de los usuarios registrados, es decir, que no exista un entrelazamiento de datos.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

				x
--	--	--	--	---

7. Mantener la sesión iniciada en la aplicación facilitará el constante acceso a la aplicación móvil.

1	2	3	4	5
				x



CUESTIONARIO “Establecimiento de Requerimientos”

Proyecto de Grado Bryan Ernesto Cepeda Blanco



Nombre del Evaluador: Ingeniero 3

A continuación se presentarán una serie de afirmaciones. Para cada una de ellas, califique de 1 a 5 según su nivel de acuerdo. 1 para totalmente desacuerdo, 5 para totalmente de acuerdo.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

1. El acceso a la aplicación debe ser exclusivo para usuarios autenticados.

1	2	3	4	5
				x

2. La autenticación por Google facilitaría el acceso a la aplicación.

1	2	3	4	5
				x

3. La autenticación por otros proveedores distintos de Google mejoraría la aplicación.

1	2	3	4	5
		x		

4. Para aquellos usuarios autenticados, deben tener acceso a la información propia de ellos.

1	2	3	4	5
				x

5. El usuario debe contar con la posibilidad de generar, buscar, actualizar y eliminar su documentación almacenada en la base de datos.

1	2	3	4	5
				x

6. La aplicación debe garantizar la seguridad del almacenamiento de la información de los usuarios registrados, es decir, que no exista un entrelazamiento de datos.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

				x
--	--	--	--	---

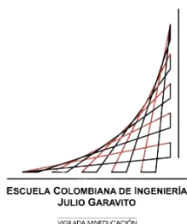
7. Mantener la sesión iniciada en la aplicación facilitará el constante acceso a la aplicación móvil.

1	2	3	4	5
				x

Anexo 5. Cronograma de actividades.

Desarrollo de una aplicación móvil para el área de ingeniería para la gestión de las hojas de vida de los equipos médicos en la unidad de cuidados intensivos			Agosto de 2020							Septiembre de 2020							Octubre de 2020							Noviembre de 2020							Dic de 2020						
Actividad	Inicio	Fin	21							4							23							22							7						
Adaptación y asociación al entorno de la clinica y a los equipos medicos que posee	3-ago	14-ago	[Barra azul]																																		
Planteamiento del problema y selección del proyecto	15-ago	20-ago	[Barra verde]																																		
Entrega propuesta de proyecto	21-ago	21-ago	[Barra roja]																																		
Elección del tipo de base de datos a utilizar	22-ago	25-ago	[Barra naranja]																																		
Realizar inventario en la unidad de cuidados intensivos	26-ago	29-ago	[Barra amarilla]																																		
Estructuración de la aplicación (Diseño, Interfaz, identificación de variables)	30-ago	3-sep	[Barra gris]																																		
PRIMERA ENTREGA	4-sep	4-sep	[Barra roja]																																		
Diseño de la aplicación	5-sep	11-oct	[Barra verde]																																		
Unificación de la base de datos con la aplicación	9-oct	16-oct	[Barra naranja]																																		
Registro de los equipos medicos seleccionados para la prueba piloto	17-oct	22-oct	[Barra amarilla]																																		
SEGUNDA ENTREGA	23-oct	23-oct	[Barra roja]																																		
Busqueda de posibles fallas, errores en el sistema y posterior arreglo	24-oct	31-oct	[Barra verde]																																		
Analizar alcance a corto y largo plazo del proyecto para definir los trabajos futuros	1-nov	10-nov	[Barra gris]																																		
Definir los ultimos apartados del informe final/Corrección de apartados anteriores	11-nov	21-nov	[Barra cian]																																		
TERCERA ENTREGA	22-nov	22-nov	[Barra roja]																																		
Corrección de la tercera entrega (previa a la sustentación final)	23-nov	6-dic	[Barra verde]																																		
Sustentación final del proyecto	7-dic	7-dic	[Barra roja]																																		

Anexo 6. Cuestionario 2 (Experiencia de usuario)



CUESTIONARIO 2 “Experiencia de Usuario”



Proyecto de Grado Bryan Ernesto Cepeda Blanco

Nombre del Evaluador: Ingeniero 3

A continuación se presentarán una serie de afirmaciones. Para cada una de ellas, califique de 1 a 5 según su nivel de acuerdo. 1 para totalmente desacuerdo, 5 para totalmente de acuerdo.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

1. Arquitectura informacional (orden, fácil comprensión)

1	2	3	4	5
				X

2. Diseño visual (interpretación de los datos).

1	2	3	4	5
				X

3. Funcionalidad (Función de las herramientas de la aplicación).

1	2	3	4	5
			X	

4. Usabilidad (facilidad del acceso y uso).

1	2	3	4	5
				X

5. Tipografía (Contenido interesante, útil, bien maquetado y estructurado).

1	2	3	4	5
				X

6. Interfaz de usuario (conservación del aspecto).

1	2	3	4	5
				X

7. Observaciones.

Opción de leer códigos QR o Barras para el código de inventario
Generar formato propio en PDF