

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE
TECNOLOGÍA BIOMÉDICA DE LA EMPRESA HEALTH & LIFE IPS**

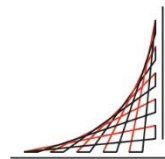
**Paloma Álvarez Peniche
Laura Daniela Fandiño Rangel**

Trabajo Dirigido

**Tutor
MSc. 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
2021**

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVOS	6
3.1. General	6
3.2. Específicos.....	6
4. METODOLOGÍA.....	7
4.1. Problema a solucionar	7
4.2. Descripción de la solución.....	11
4.3. Fases del proyecto.....	13
4.4. Evaluación del proyecto.....	23
5. RESULTADOS	25
5.1. Interfaz del usuario	25
5.2. Lógica de funcionamiento de la aplicación	28
5.3. Validación de la aplicación	31
6. DISCUSIÓN.....	35
7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	37
8. CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla I. ANÁLISIS DE LOS STAKEHOLDERS DEL PROYECTO USADO EL MODELO DE PODER/INTERÉS	19
Tabla II. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del proceso de traslado de equipos biomédicos a sedes o al domicilio de pacientes del programa PAD.	10
Figura 2. Descripción de los artefactos y herramientas de inspección de la metodología scrum. Modificada y tomada de [28][36].	15
Figura 3. Distribución temporal de los eventos de un sprint y los miembros del equipo scrum que intervienen en cada uno. Tomado del [37]	16
Figura 4. Ruta crítica de las actividades desarrolladas en cada sprint backlog.	18
Figura 5. Menús principales que se encuentran en la aplicación desarrollada.	25
Figura 6. Interfaz de funcionamiento del menú Leer-editar.	26
Figura 7. Interfaz de funcionamiento del menú Mover.	27
Figura 8. Interfaz de funcionamiento del menú Ver.	27
Figura 9. Interfaz de funcionamiento del menú agregar un equipo.	28
Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento general de la aplicación.	29
Figura 11. Diagrama de flujo del subproceso actualizar información y movimiento de carpetas.	30
Figura 12. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú Leer-Editar	32
Figura 13. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú Leer-Editar	32
Figura 14. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú Mover	33
Figura 15. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú Mover	33
Figura 16. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú Ver	34
Figura 17. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú Ver	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.EDT del SPRINT	44
Anexo 2. Formato usado para la evaluación de la aplicación.	45

1. RESUMEN

Introducción: Health & Life IPS es una empresa que cuenta con 20 programas para el tratamiento de pacientes, brindando atención intramural y extramural. Cuenta con un gran número de equipos biomédicos, de los que se debe realizar seguimiento del funcionamiento y ubicación, con el fin de evitar su pérdida y, asegurar la disposición de equipos biomédicos en buen estado. Entre los procesos actuales se encuentra oportunidad de mejora en: el tiempo de diligenciamiento de formatos de soporte de traslado de equipos biomédicos, la actualización y reorganización de la información en la base de datos, y la ausencia de un registro que almacene información de los movimientos relacionados con traslados a sedes o al domicilio de pacientes. Este documento presenta una descripción del desarrollo de la solución propuesta y se evalúan los resultados obtenidos.

Objetivo: El objetivo es desarrollar una aplicación móvil que permita la gestión de la información de los equipos biomédicos de una de las sedes de la empresa Health & Life IPS a partir de la lectura de códigos de barras enlazados al inventario del equipo, con el fin de automatizar los procesos de distribución, manejo del inventario y trazabilidad

Metodología: La realización del proyecto se efectuó bajo el marco de trabajo Scrum y el tiempo del desarrollo, se dividió en tres sprints. Para la planeación se utilizaron herramientas de gestión de proyectos como la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y la ruta crítica del proyecto. En los sprints se realizaron actividades relacionadas al desarrollo de la interfaz de la aplicación móvil en Google Appsheet, la programación de las funciones para ejecutar de acuerdo con las acciones del usuario en los menús de la aplicación de forma automática en Apps Script, y el enlace entre Appsheet y Apps Script. Se implementó una estructura CRUD en una base de datos diseñada en Google Sheets en la que se almacena la información relacionada con los equipos biomédicos e información adicional para el diseño de la interfaz gráfica de la aplicación. Finalmente, se realizaron ajustes a las funciones desarrolladas en Google Apps Script y se evaluó la funcionalidad y usabilidad de la aplicación móvil.

Resultados: Se obtiene una aplicación con cuatro menús para la actualización del inventario, distribución de carpetas, y generación de documentos de traslado de los equipos biomédicos. Por medio de diagramas de flujo se describe la lógica de las funciones que permiten el funcionamiento de la aplicación. Al evaluar funcionalidad y usabilidad de los menús de la aplicación se obtiene: Ingresar 96.5% y 72.7%; Mover 65.5% y 80.6%; Ver 97% y 97%.

Discusión: Con la implementación de la metodología scrum y las herramientas seleccionadas se desarrolló una aplicación móvil con la que se automatizaron procesos y se disminuyó el tiempo de la gestión documental relacionados a la distribución de equipos biomédicos en sedes y domicilios de pacientes.

Conclusión: Se creó una aplicación capaz de generar formatos diligenciados y un historial, para automatizar y gestionar la información de los traslados de equipos biomédicos en la empresa

2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen diversas formas de determinar el nivel de desarrollo de un país, tal como el PIB (Producto Interno Bruto) y la tasa de inflación; El sistema de salud es otro de estos factores que determina el desarrollo de los países y adicionalmente es de los más relevantes cuando se determina el crecimiento social y económico [1]. A lo largo de su historia el sistema de salud colombiano ha sufrido grandes transformaciones; este ha evolucionado de un sistema en el que la población tenía que costear sus gastos en salud, hasta la instauración del instituto colombiano de los seguros sociales y el ministerio de higiene en 1946 [2], en el cual el acceso a la salud estaba dado por el ISS (Instituto de seguros sociales), la caja de prevención, las cajas de compensación, la medicina privada e instituciones públicas, a la que aproximadamente el 35% de la población de bajos recursos no tenía acceso [3].

Este sistema cambió a partir de la aparición de la ley 100 de 1993, con la cual se buscó garantizar el aseguramiento de la población colombiana al sistema de salud, al incentivar la creación de diversas EPS e IPS y dando autonomía a las autoridades locales para la vigilancia y control de estas instituciones [4]. En esta nueva etapa en el sistema de salud colombiano surge la empresa Health & life IPS, una empresa constituida hace 7 años, cuyos servicios están enfocados al tratamiento de pacientes crónicos y agudos.

La empresa cuenta con 20 programas diseñados para el tratamiento de diversas enfermedades, siendo los más representativos el programa “Nephros” para el tratamiento de pacientes con enfermedades renales, “Reinstate” para la rehabilitación clínica de pacientes en condiciones de discapacidad y “Brain train” para el mejoramiento de las actividades cognitivas de los pacientes [5]. Adicionalmente, la empresa cuenta con dos servicios principales los cuales son la atención institucional de pacientes, ofrecida en diversas sedes en Bogotá y la atención domiciliaria, que busca brindar atención a pacientes dentro y fuera de Bogotá en departamentos colombianos como Cundinamarca, Boyacá, Santander, Tolima y Huila.

La empresa Health & Life IPS se encuentra en una etapa de crecimiento y expansión, generando una demanda de procesos de innovación y gestión en el área biomédica. Actualmente, la empresa cuenta con un equipo de gestión biomédica liderado por un ingeniero biomédico, un analista biomédico y una gestora de los procesos metrológicos, y en cada una de las sedes se cuenta con un coordinador, para las sedes de Bogotá, y generalistas administrativos (profesionales que tiene una visión global de lo que sucede en la sede de la empresa que le han asignado para administrar [6]) para las sedes regionales, los cuales están encargados de toda la parte administrativa de sus sedes.

Este equipo cumple con la función de mantener el buen estado y funcionamiento de los equipos y dispositivos realizando o gestionando con los proveedores mantenimientos preventivos y correctivos. Adicionalmente, recopilan toda la información referente a los equipos, como las hojas de vida, los diferentes manuales, reportes de mantenimiento: servicio técnico y listas de chequeo, y los certificados de calibración, que son documentos relevantes para la trazabilidad; por otra parte, mantienen un cronograma para la calibración con periodicidades establecidas según el equipo biomédico y la necesidad, y realizan capacitaciones para el buen uso de los equipos biomédicos por parte del personal de la salud. Los practicantes de ingeniería biomédica tienen el rol de apoyar estas funciones de gestión, de carácter administrativo y de mantenimiento.

Actualmente, los procesos de gestión documental de los equipos biomédicos se manejan de forma manual por medio del diligenciamiento de formatos con los que se deja constar los movimientos de los equipos biomédicos a sedes y al domicilio de pacientes pertenecientes al PAD (Programa de Atención Domiciliaria); y ciertos documentos como la hoja de vida, informes de servicio técnico, listas de chequeo y algunos de los certificados de calibración están almacenados en un espacio en la nube.

Esto se hace teniendo como referente principal el número de serie de los equipos biomédicos para su identificación y el control de la trazabilidad. Por otra parte, a cada equipo biomédico se le coloca una placa con el inventario para los controles de activos fijos internos de la empresa y la gestión biomédica; esta placa contiene un código de barras que codifica el número de inventario y una de las ventajas que este representa es el poder hacer una mejor identificación y gestión de los procesos en equipos biomédicos que no tienen número de serie o que se les ha borrado.

Se debe tener en cuenta que para que se dé el posicionamiento de una organización en el entorno interno y externo, se requiere de un sistema de gestión tecnológica con los componentes de gerencia de innovación, vigilancia tecnológica, aprendizaje organizacional e incorporación de tecnologías; alineado a las estrategias establecidas por la organización para el uso de la ciencia y tecnología [7].

El sistema de gestión tecnológica se focaliza en buscar soluciones a problemas, crear estrategias para el mejoramiento de los servicios e implementar innovación; por otra parte, vigila el entorno para identificar las necesidades y las oportunidades potenciales de innovar; hace una implementación de estas estrategias, capacitando y proveyendo lo necesario para el funcionamiento de estas. Finalmente, hay un aprendizaje de los resultados obtenidos de la implementación de las estrategias [7].

El uso de la tecnología implica un mejor desempeño humano en la automatización de procesos en lo que respecta a la incidencia en errores, y demanda una gestión de esa tecnología basada en acciones de mantenimiento orientado al riesgo, es decir una implementación de mantenimientos preventivos, correctivos, predictivos y de metrología; para garantizar que los equipos biomédicos tengan una operación segura, provean las máximas prestaciones y la costo-efectividad [8].

En Health & Life IPS gran parte de los procesos de gestión biomédica se realizan de forma manual, haciendo a esta gestión blanco de errores humanos, pérdida documental y retraso en los procesos que evitarían el cumplimiento de esta gestión, generando complicaciones y costos adicionales por el aumento en el tiempo de desarrollo de las actividades, inconsistencia en la información, pérdida de los equipos biomédicos o de sus accesorios. Para resolver el problema planteado se postula el uso de una aplicación móvil que permita automatizar la creación de documentos y crear una base de datos que permita la gestión y organización de la documentación existente.

Según el IBM (Internacional Business Machines) las aplicaciones móviles son aquellos programas que pueden ser usados en dispositivos móviles como teléfonos o tabletas [9]. Adicionalmente estas tienen la cualidad de poder acceder a diferentes herramientas de hardware, como cámaras, GPS o sensores de temperatura, dando así la posibilidad de crear herramientas más completas en comparación de los softwares diseñados para computadoras [9].

Por otro lado, al momento de diseñar aplicaciones móviles, se deben tener más consideraciones que para el diseño de software para computadoras. Hoy en día existen tres diferentes categorías de aplicaciones móviles, divididas en aplicaciones nativas, web e híbridas [10]. Las aplicaciones nativas son aquellas que se instalan en el dispositivo móvil, no requieren de internet para su funcionamiento [10] y tienen acceso al hardware interno del dispositivo. Para su desarrollo se debe tener en cuenta el sistema operativo en el que se va a implementar, debido a que según el sistema operativo del dispositivo se debe programar en un lenguaje diferente; en el caso de Android en Java o Kotlin y para el caso de iOS se programan en lenguaje Swift [11]. Por otro lado, las aplicaciones web son aquellas que requieren de un servidor de internet dentro del dispositivo para su funcionamiento [10], pueden ser abiertas desde cualquier sistema operativo y están programadas en Javascript o HTML5 [11]. Por último, las aplicaciones híbridas, son aplicaciones que funcionan mezclando el mecanismo de los anteriores tipos [10].

En cuanto al uso de las aplicaciones, existen múltiples estudios que resaltan su uso en el área de la salud. Tal como se resalta en el estudio realizado por Arévalo y Canelo [12], el uso de aplicaciones móviles en salud (mHealth) tiene una amplia gama de campos de acción, estas pueden enfocarse en el monitoreo de las condiciones fisiológicas de los pacientes o en su uso como herramienta para que el personal médico pueda mejorar el servicio de los pacientes [12].

Debido a que el diseño de una aplicación móvil es un tema que está cobrando gran importancia en varios mercados, existen varias revisiones de literatura relacionadas con las metodologías usadas para el desarrollo de estas. Una revisión realizada por R. Jabangwe et al. [13], contiene un análisis de estas e identifica diferentes aspectos que son llevados a cabo durante el desarrollo de una aplicación, los cuales son planeación, requerimientos, diseño, codificación, prueba, evaluación, comercialización y mantenimiento [13].

Sin embargo, dentro de la revisión se identifica que sólo existen cuatro procesos principales para el desarrollo de aplicaciones, estas son los requerimientos, diseño, codificación y prueba [13]. De esta forma como el proyecto planteado está enfocado al desarrollo de la aplicación no comercial y de uso exclusivo para la empresa Helath & Life IPS, la estructura básica identificada (requerimientos, diseño, codificación y prueba) resulta la más pertinente para el desarrollo de este proyecto.

Esta estructura básica se desarrolla bajo el uso de una de un marco de trabajo de las metodologías ágiles de desarrollo de software existentes. Las metodologías ágiles son las que se desarrollan de forma iterativa, enfocadas en los requerimientos del cliente, en una mejora constante basados en la realimentación que viene dada por el cliente y por la autoevaluación del equipo, se basan en un equipo auto organizado y que trabaja contributivamente [14].

Existen varias metodologías ágiles, algunas de estas son Xtream Programming [15], KanBan [16], ScrumBan, entre otras [17]. Por otro lado, esta Scrum, que es un marco de desarrollo de gestión de proyectos que no está enfocada únicamente al desarrollo de software, sino a la gestión de proyectos en general [18]. Al evaluar las opciones de estas metodologías, para el desarrollo de este proyecto se decide el uso del marco de trabajo Scrum.

A continuación, se escribe una sección de objetivos, metodología en la que se describe las herramientas de desarrollo y planeación, los resultados obtenidos, discusión, conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros; en estas se describe la ruta seguida para el desarrollo y la obtención de la aplicación móvil que se propone en respuesta a una de las necesidades que se identificaron que actualmente presenta la empresa Health & Life IPS.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Desarrollar una aplicación móvil que permita la gestión de la información y documentación de los equipos biomédicos de una de las sedes de la empresa Health & Life IPS a partir de la lectura de códigos de barras enlazados al inventario del equipo, con el fin de automatizar los procesos de distribución, manejo del inventario y trazabilidad.

3.2. Específicos

1. Establecer la arquitectura de la aplicación, que permita la gestión de los equipos biomédicos de la sede.
2. Diseñar una base de datos y su sistema de gestión CRUD en la que se almacene la información adquirida por medio de la aplicación desarrollada.
3. Realizar una prueba piloto de la aplicación móvil para validar las funciones desarrolladas y su correcta ejecución de la gestión de la información dentro de la base de datos diseñada en la plataforma Google Drive.
4. Realizar una prueba de usabilidad de la aplicación móvil para validar que el funcionamiento de la aplicación cumpla con los requerimientos del equipo de gestión biomédica en la gestión de la información de los equipos biomédicos.

4. METODOLOGÍA

En esta sección se describe la ruta de los procesos de gestión biomédica que actualmente utiliza el equipo de gestión de esta área; y la metodología empleada para el desarrollo de la aplicación móvil propuesta como solución a los requerimientos planteados por parte del equipo de trabajo del área de gestión biomédica de la empresa Health & Life IPS.

4.1. Problema a solucionar

Actualmente, la empresa tiene presencia en Colombia en los municipios Santander (en la ciudad Bucaramanga), en Boyacá (en las ciudades Tunja y Duitama), en Tolima (en la ciudad Ibagué), en Meta (en la ciudad Villavicencio), en Huila (en la ciudad Neiva), y en Bogotá D.C ciudad capital de Colombia. Los equipos biomédicos con los que cuenta la empresa se distribuyen a todas las sedes y a los domicilios de los pacientes que forman parte del Programa de Atención Domiciliaria (PAD), según la normativa de habilitación la resolución 3100 del 2019 [19] y 2003 del 2014 [20] [21], y según el estado funcional de los equipos biomédicos.

En la empresa, en el área de gestión biomédica se mantiene un control de los activos fijos que consisten en equipos biomédicos que se clasifican en las categorías de diagnóstico, prevención, rehabilitación y análisis de laboratorio. Este control se realiza por medio de las herramientas Google Drive [22] y Google Sheets [23]. La documentación relacionada a los equipos y dispositivos biomédicos como hoja de vida, y reportes de mantenimiento que incluyen un informe técnico y una lista de chequeo del dispositivo, son elaborados digitalmente en Google Sheets, con algunas excepciones de los mantenimientos realizados por empresas tercerizadas.

Por otra parte, los certificados de las calibraciones de los equipos que siempre son realizadas por empresas que prestan sus servicios tercerizados, se encuentran en formato PDF. Toda esta información, los documentos de los equipos biomédicos, está organizada en carpetas de Google Drive en la cuenta de Google de gestión biomédica de la empresa y categorizada según la sede en la que se encuentra el dispositivo médico, el nombre del equipo, su marca, modelo y serie o número de inventario cuando el equipo no tiene serie.

Existen procesos que se realizan con los activos de la empresa (entre ellos los equipos biomédicos); estos son conocidos como novedades y son 7: traslado a otra sede, traslado a terceros, modificación del activo, baja – obsolescencia, baja – pérdida/hurto, baja – daño y baja – donación. Las novedades que más aplican a los equipos biomédicos son el traslado a otra sede y el traslado a terceros. El traslado a terceros esta relacionado con la distribución de los equipos biomédicos a los domicilios de los pacientes pertenecientes al PAD.

El traslado a terceros es coordinado por los jefes del PAD y el coordinador de gestión biomédica. Los jefes del PAD, los cuales son personal que tiene bajo su cargo pacientes de un convenio con EPS. Es decir, ellos son el puente entre los pacientes pertenecientes a una determinada EPS y la IPS (Helath & Life IPS). Ellos se encargan de estar en contacto con el personal asistencial que atiende a los pacientes del PAD y de solicitar los equipos biomédicos e insumos para los pacientes según se requiera; por otra parte, los jefes del PAD coordinan los envíos a los domicilios de los pacientes de los equipos biomédicos e

insumos. Ellos están involucrados en el diligenciamiento de los formatos de soporte asumiendo el rol de destinatarios (quienes reciben).

En los procesos de traslado a sede y traslado a terceros, se utilizan dos formatos que son documentos de soporte de la acción, estos son el *Acta de entrega y devolución de equipos biomédico* y el *Control de activos fijos*. Estos formatos se diligencian con la información de nombre, marca, modelo, serie e inventario de los equipos biomédicos que se van a trasladar, así como información de la sede de origen-entrega, la sede de destino-recibe, la acción que se va a realizar (entrega o devolución), las observaciones del caso y los accesorios para cada equipo biomédico.

Luego de que las partes (quienes entregan y quienes reciben) firman la entrega y la recepción de los equipos en el *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y el *Control de activos fijos*, estos documentos son almacenados para posteriormente en un día de la semana programado por los miembros del equipo de gestión biomédica, realizar los movimientos, es decir hacer la actualización de la información de ubicación de los equipos biomédicos en la base de datos de los equipos biomédicos que está en el Google Drive de la empresa.

Esta base de datos consiste en un Google Sheets (libro de Excel de Google) que contiene la información de nombre del equipo biomédico, marca, modelo, serie, inventario, certificado de calibración, sede y ubicación en la que se encuentra el equipo biomédico, registro sanitario, clasificación de riesgo, modo de adquisición (compra directa, alquiler), proveedor, factura (costo del equipo biomédico), garantía (Activa o finalizada), fecha del último mantenimiento preventivo realizado, fecha del último PAME (Plan de Aseguramiento Metrológico de Equipos) [24] o calibración, y un cronograma con las fechas programadas para mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos en el año actual.

Este proceso de gestión biomédica ya descrito y que se puede apreciar en la Figura 1 presenta algunas falencias y posibles fuentes de error en la gestión de la información; uno de estos es el hecho de diligenciar al menos tres veces la información relacionada a los equipos biomédicos para completar los formatos; otro es el tiempo que toma realizar todo este proceso de diligenciamiento. Y también sucede que la información en la base de datos del inventario de equipos biomédicos la actualiza manualmente algún miembro del equipo de gestión biomédica.

La actualización manual de la información tiene inconvenientes como: la actualización en la base de datos del inventario puede no realizarse por olvido de los miembros del equipo, por pérdida de alguno de los documentos de soporte de la acción de traslado de los equipos biomédicos, o por información incompleta en los documentos diligenciados. Otro problema es que no se realiza la reorganización de las carpetas según el cambio de la sede, este paso es generalmente omitido y la distribución de las carpetas permanece desactualizada. Hay una alta inversión de tiempo en el diligenciamiento de los formatos y, en ocasiones hay que rehacerlos porque se presentan cambios en algunos campos como la fecha de la acción, o por disponibilidad de equipos biomédicos se cambia alguno de los equipos a entregar. En otros casos hay factores adicionales como el acople de los pacientes a los equipos, como lo es el caso de los ventiladores mecánicos.

Por otro lado, no se tiene un acceso rápido a información relevante de los equipos biomédicos, por ejemplo, la fecha en la que se realizó el último mantenimiento preventivo, o si el equipo tiene una calibración vigente. Adicionalmente, no hay un historial o registro

para hacer un seguimiento o una trazabilidad de los movimientos de los equipos biomédicos a las sedes.

Por medio de este proyecto, se pretende fortalecer estas oportunidades de mejora identificadas en el proceso de gestión biomédica: el extenso tiempo de diligenciamiento de formatos de soporte, la falta de automatización en la actualización de información relacionada a los equipos biomédicos y la organización de la distribución de la información de los equipos en carpetas. Esto por medio de una aplicación móvil que permita un acceso rápido y seguro a la información de los equipos biomédicos, la reorganización de las carpetas que contienen los documentos relacionados a los equipos biomédicos, un diligenciamiento automático de los formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y *Control de activos fijos*, y el registro de un historial de movimientos de los equipos biomédicos.

Esta aplicación se diseñó con acceso restringido y permite el acceso solo a los miembros de la empresa relacionados directamente con el proceso de gestión biomédica y a quienes reciben la autorización del coordinador de esta área. Este acceso se otorga por medio de parametrizaciones que se establecen en Google Appsheet, agregando a una lista de usuarios los correos electrónicos de Gmail de quienes están autorizados para tener acceso a la información y las funciones de la aplicación.

Para lograr el producto final, la aplicación móvil de gestión documental, se aplicó una metodología para la planeación, diseño y desarrollo de la aplicación móvil. Esta fue la metodología ágil con el marco de trabajo Scrum por medio de la cual se dio respuesta a los requerimientos expuestos por el equipo de gestión biomédica en el proceso previamente descrito.

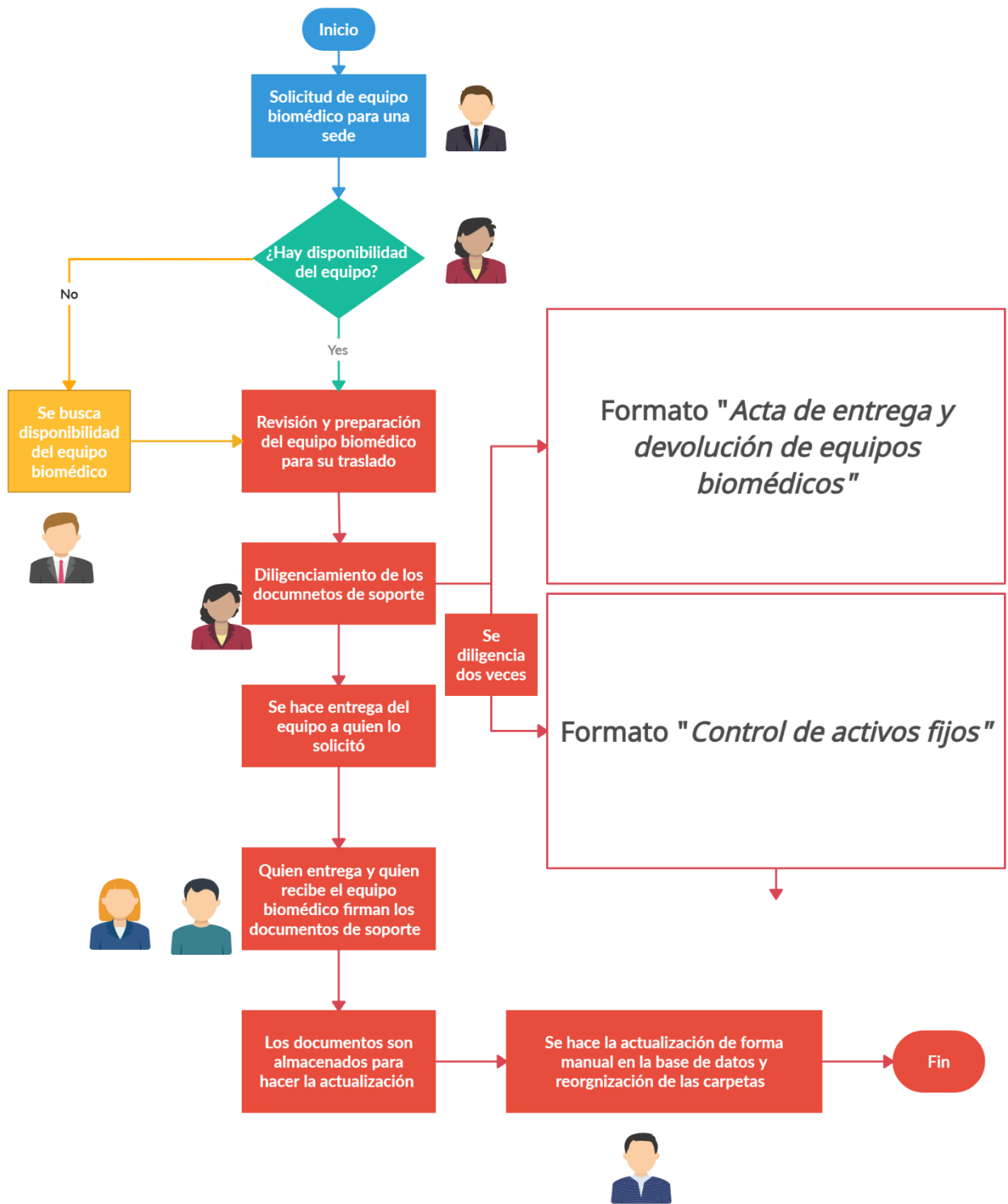


Figura 1. Descripción del proceso de traslado de equipos biomédicos a sedes o al domicilio de pacientes del programa PAD.

4.2. Descripción de la solución

La aplicación móvil desarrollada tiene tres funciones principales que se ven reflejadas en los tres menús principales, estos menús principales se pueden ver en la Figura 5. En el menú de **Leer-Editar** se pueden ver los equipos biomédicos que están incluidos en el inventario de la empresa. Este menú tiene la opción de agregar nuevos equipos por medio de un formulario en el que el usuario debe proporcionar los datos del equipo que son serie, número de inventario, marca, modelo, sede en la que está ubicado, código del certificado de calibración e imagen; también existe la opción de editar la información de los equipos agregados.

Por otra parte, está el menú **Ver**, allí se puede acceder a información de interés de los equipos biomédicos y la información básica: nombre de equipo biomédico, serie, inventario, marca, modelo, si tiene hoja de vida, la fecha de la realización de la última lista de chequeo y del último informe de servicio técnico (del último mantenimiento), el certificado de calibración y, si el usuario quiere información más específica del equipo biomédico, hay un link que le da acceso a estos documentos en formato PDF. En esta opción no se puede modificar ninguna información.

En el menú **Mover**, está el registro de todos los movimientos que se han realizado de los equipos agrupados por la sede donde se originó la acción sobre el equipo (Traslado a otra Sede o Traslado a Terceros). En la opción agregar de este menú simbolizada con un botón (+), se pide la información requerida para el diligenciamiento de los formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y *Control de activos fijos*. Esta información es la sede a la que se va a hacer el movimiento del equipo, la ubicación que corresponde a la misma sede o al nombre del paciente en caso de que el movimiento sea al PAD, la fecha en la que se va a realizar el movimiento, el tipo de novedad y el número de equipos que se van a trasladar.

Luego el usuario debe agregar los números de inventario de los equipos biomédicos, los accesorios, el tipo de acción (entrega o devolución) y las observaciones que correspondan a cada uno. Una vez el usuario ingresa los datos, se inicia el diligenciamiento automático de los formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y el *Control de activos fijos*.

Finalmente, en el menú **Agregar Nuevo Equipos (categoría)**, el usuario debe ingresar la información del equipo biomédico nuevo: nombre del equipo biomédico, marca, modelo e imagen. El objetivo principal de este menú es que los usuarios pueden generar nuevas categorías de equipos biomédicos, marcas y modelos en caso de una nueva adquisición o renovación tecnológica. Este menú no agrega nuevos equipos biomédicos al inventario, solo nuevas categorías.

A partir de las funciones que se pueden desarrollar en los menús **Leer-Editar**, **Ver**, **Agregar Nuevo Equipo**, **Agregar Nueva Sede** y **Mover**, se establece el sistema de gestión CRUD (Create, Read, Updated, Delete) [25] de la base de datos del inventario de los equipos biomédicos. A través del menú **Leer-Editar** se ejecutan las funciones de crear (Create) al ingresar un nuevo equipo biomédico a la base de datos; y actualizar (Update) que se realiza con la opción de editar del menú **Leer-Editar** de la aplicación. Con esta opción de editar, se pueden realizar cambios en todos los campos de información del equipo a excepción de la serie. Se puede cambiar el número de inventario en caso de que este se borre de la etiqueta que se le coloca al equipo biomédico, o por alguna otra razón que haga

necesario el cambio. En caso de que el campo editado sea el número del certificado de calibración, el programa hace la búsqueda del documento PDF del certificado con base en el nuevo número ingresado por el usuario, y lo ubica en la carpeta correspondiente al equipo.

Adicionalmente, se puede modificar la sede y la ubicación del equipo en caso de traslado del equipo biomédico a otra sede. Este cambio en la información de ubicación y sede se ejecuta automáticamente por medio de un trigger de tiempo [26] en las funciones desarrolladas en Apps Script. Adicionalmente, esta acción se puede realizar de forma manual con la opción de editar que esta disponible en el menú **Leer-Editar**.

La operación leer (Read) se realiza en los menús **Ver** y **Leer-Editar**. En el primero se puede consultar la información relevante (fechas y documentos de mantenimiento preventivo y calibración) de los equipos biomédicos que llevan a los miembros del equipo de gestión biomédica a la toma de decisiones respecto a la ejecución de mantenimientos preventivos o calibraciones de los equipos biomédicos. Por otro lado, la información que se puede consultar en el menú **Leer-Editar** es la básica de los equipos biomédicos, como su nombre, serie, número de inventario, marca, modelo.

Dado que uno de los requerimientos de los interesados (stakeholders [27]) como un medio de proteger la información de ser eliminada, fue que la función de borrar (Delete) no se implementara directamente en la interfaz gráfica de la aplicación, esta solo se puede ejecutar desde la base de datos. Esta base de datos se desarrolló en un libro de Google Sheets en el Google Drive de la cuenta de la empresa. La base de datos desarrollada tiene ocho (8) tablas donde se almacena toda la información de los equipos biomédicos, los registros de movimientos, los modelos y marcas de los equipos biomédicos que maneja la empresa y la información de los mantenimientos preventivos y calibraciones. Estas tablas son **Inventario**, **Historial**, **Ver**, **Mover**, **Mover Inventario**, **Equipo Marca Modelo**, **Sede** y **Registro**.

La tabla **Inventario** es en la que esta la información de número de inventario, nombre del equipo biomédico, serie, marca, modelo, número del certificado de calibración y la foto del equipo biomédico. En la tabla **Historial**, es donde se guarda la información relacionada a los movimientos de los equipos biomédicos, que es el número de inventario, el ID del movimiento (una valor alfanumérico único que se asigna al proceso de movimiento de los equipos biomédicos), la fecha del movimiento, el lugar de origen y el de destino, el tipo de novedad y la acción (entrega o devolución).

En la tabla **Ver**, se reúne la información de número de inventario, marca, modelo, nombre del documento de la hoja de vida, fecha del último informe de servicio técnico y lista de chequeo, nombre del documento del certificado de calibración y un URL (link) para el acceso a los documentos del equipo biomédico y la imagen de equipo biomédico. Esta información se recopila con una búsqueda y lectura de los documentos que se encuentran en el Google Drive de la cuenta de la empresa.

En la tabla **Mover**, se agrega y almacena el ID de movimiento y la información general (la información que es igual para un grupo de equipos biomédicos que se vaya a trasladar) del movimiento de los equipos biomédicos, que es la sede y ubicación (igual a la sede excepto cuando la sede es PAD, en este caso la ubicación corresponde al nombre del paciente) en la que se hace el movimiento, la fecha, el tipo de novedad (traslado a otra sede, traslado a terceros, modificación del activo, baja – obsolescencia, baja – daño, baja

– donación, baja - pérdida / hurto), la cantidad de equipos que se van a trasladar y el usuario (correo electrónico) quien hace el movimiento.

La tabla **Mover Inventario**, es un complemento de la tabla **Mover**, pues en esta se almacena la información particular de cada equipo que se va a mover en un mismo movimiento. La información que se guarda es el número de inventario, los accesorios, las observaciones, y la acción (Entrega o Devolución); adicionalmente, se agrega un ID del inventario a mover y se relaciona con el ID de movimiento que se generó en la tabla de **Mover**.

En la tabla **Equipo Marca Modelo** esta el listado de todas las marcas y modelos por familias de equipos biomédicos y cada equipo biomédico tiene una imagen para que el usuario pueda identificar el equipo biomédico de forma más sencilla. Esta la tabla de **Sede**, que contiene todas las sedes actuales de la empresa, en ella se pueden agregar sedes nuevas o eliminar en caso de ser necesario. Para esta última tabla **Sede** la opción de eliminar esta disponible desde la interfaz gráfica de la aplicación. Finalmente, la tabla **Registro**, funciona como una memoria, solo almacena un valor que es el número del equipo biomédico al que se le realizó la actualización de la información en la última ejecución del programa por medio del trigger.

4.3. Fases del proyecto

Marco de trabajo Scrum

Scrum es un marco de trabajo y de gestión de proyectos aplicado en una diversidad de campos que no se limita a los equipos de desarrollo de software [28]. Este marco de trabajo tiene una serie de estructuras y funciones que dan lugar a una constante realimentación con la que se logra una mejor estructuración del proyecto y de los procesos desarrollados y a desarrollar en el transcurso del tiempo [28].

Este marco de trabajo tiene un enfoque iterativo e incremental que permite mayor previsibilidad y consecuentemente, una mitigación de riesgo mayor. Al implementarlo, el equipo de trabajo, que pasa a ser conocido como el equipo scrum, se debe organizar y cada miembro debe asumir un rol [29]. Estos roles son el propietario del producto (product owner), quien es el responsable del trabajo que se realiza y, representa las necesidades de los interesados (stakeholders) en el product backlog. Entre sus funciones esta establecer el objetivo del producto y los elementos del product backlog, así como comunicarlo y planificar tareas con el resto del equipo scrum [30].

El scrum master por su parte, tiene la función de guiar al equipo a actuar bajo la estructura del marco de trabajo y llevarlo a lograr un alto rendimiento durante cada sprint [30]. En relación al equipo scrum, el scrum master actúa eliminando los impedimentos y verificando el cumplimiento puntual de los eventos del sprint [29]. Respecto al propietario del producto, el scrum master brinda soporte en la comprensión de la necesidad, en el proceso de planeación y en el desarrollo de los artefactos de planeación buscando técnicas para lograr una buena definición de los objetivos [29].

Los desarrolladores son quienes están capacitados para el desarrollo del proyecto, ellos crean el sprint backlog que es el plan para el desarrollo del sprint y transforman su

plan de desarrollo diariamente para cumplir el objetivo del sprint [31]. Finalmente, los stakeholders no tienen un rol activo dentro del marco de trabajo de esta metodología [32]; ellos son todas aquellas personas u organizaciones que tienen una relación con la empresa de forma directa o indirecta, ayudando a que en la empresa se desarrollen correctamente sus procesos [30]. Un stakeholder primario tiene una relación directa con la empresa, como es el caso de inversores, accionistas, clientes y trabajadores de otros departamentos; un stakeholder secundario no tiene relación directa con la empresa, pero el desarrollo del proyecto le puede afectar, y el product backlog está orientado a responder sus requerimientos [30].

Así como se conocen y se asumen los roles en el marco de trabajo scrum, se deben reconocer las herramientas que este ofrece y que se deben desarrollar para lograr buenos resultados en el producto final del proyecto. Estos son los artefactos, que son responsabilidad de miembros específicos del equipo scrum, pero que se determinan en conjunto con algunos de los actores [33]. Estos son el product backlog, el sprint backlog y el incremento o incremento. El product backlog consiste en una lista dinámica de los requerimientos del producto, que se va modificando con el avance del proyecto para ir perfeccionando el producto [34]; algunas características adicionales están descritas en la Figura 2.

Por otro lado, el sprint backlog desglosa el product backlog, es un fragmento de este, es decir, que solo algunos de los ítems del product backlog estarán incluidos en el sprint backlog en el que se encuentran las actividades que se planean desarrollar durante el sprint en curso [34]. Y el incremento es la suma de los ítems del product backlog que son completados durante el sprint [35]. Por otra parte, existen reuniones que son las ceremonias del sprint que tienen como objetivo hacer una inspección del proceso de desarrollo del proyecto y obtener una realimentación del usuario [29].

En la Figura 2 se evidencian el proceso cíclico, una serie de ceremonias que se realizan en cada sprint para obtener un incremento (increment), y la definición de los artefactos. Estos incrementos, resultado de cada sprint son validados individualmente, donde se analiza si cumplen con la definición de “terminado” descrita en la Figura 2; y es validado conjuntamente con otros incrementos logrados en sprints anteriores para garantizar su funcionamiento en conjunto [29].

Con respecto a las ceremonias del scrum, estas suceden dentro de cada sprint; el sprint abarca todos los procesos y actividades con las que se logra un incremento [29]. La ceremonia inicial en un sprint es el sprint planning, donde se establecen las actividades y el plan de trabajo del sprint [33]. El equipo scrum discute sobre los elementos más relevantes del product backlog y secciona a este último para desarrollar una de esas partes durante el sprint al que se está dando inicio [29]. El daily scrum es una reunión corta centrada en el progreso hacia el objetivo del sprint, donde se puede dar una reestructuración del sprint backlog, según los resultados que vaya obteniendo el scrum team, especialmente los desarrolladores [36].

Luego de estos, se realiza la revisión del sprint (sprint review) y la retrospectiva del sprint (retrospective sprint). El primero, sucede al final del sprint, allí el propietario del producto y los desarrolladores presentan el incremento a los stakeholders, y se hace la revisión para actualizar el product backlog y posteriormente realizar los ajustes pertinentes al desarrollo [36]; lo presentado a los stakeholders es previamente validado por el propietario del producto y el equipo de desarrollo; los desarrolladores demuestran el

incremento y el propietario del producto hace la actualización del product backlog [36]. En la retrospectiva del sprint, el equipo scrum hace un autoexamen para identificar oportunidades de mejora, así como las buenas prácticas y acciones que contribuyen al buen desarrollo de proyecto para aplicarlas en el siguiente sprint [29].

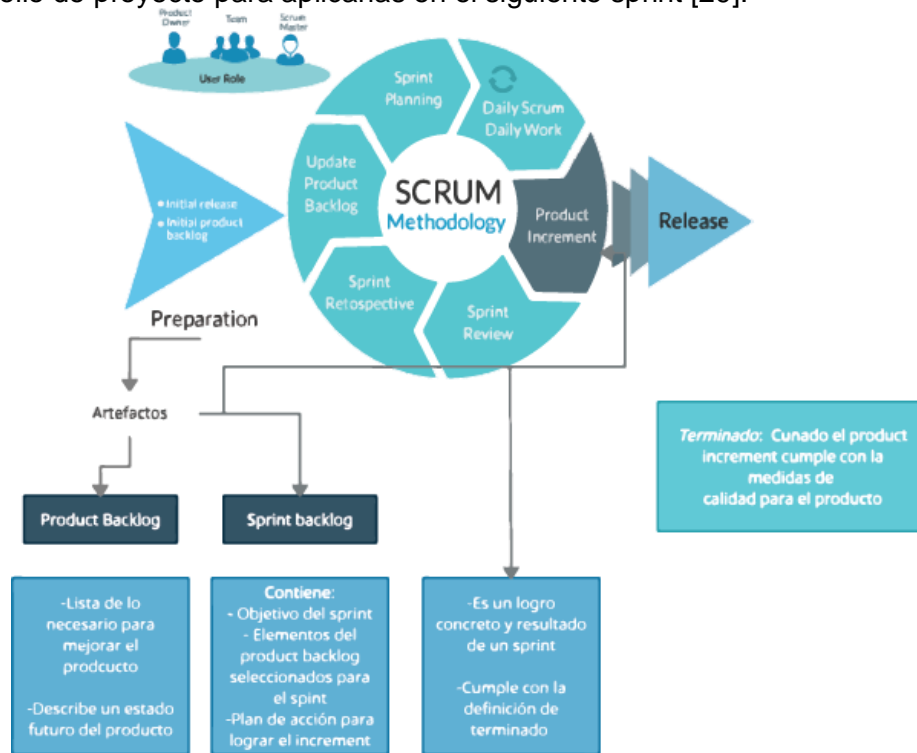


Figura 2. Descripción de los artefactos y herramientas de inspección de la metodología scrum. Modificada y tomada de [28][36].

En la Figura 3 se muestra la secuencia de las ceremonias, la distribución de la realización de los artefactos en cada uno de estas ceremonias y los miembros del equipo scrum que intervienen en estas; bajo este marco de trabajo se definen las fases del proyecto que se describe a continuación.

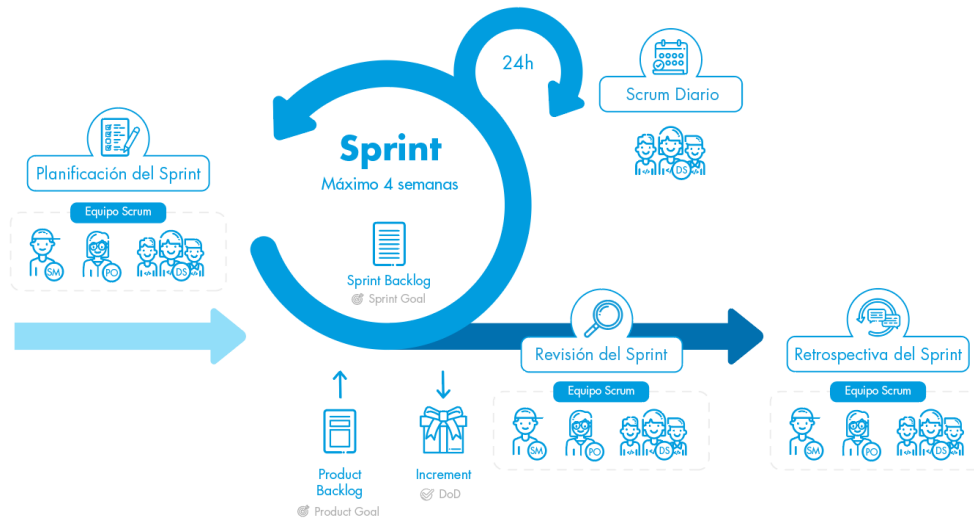


Figura 3. Distribución temporal de los eventos de un sprint y los miembros del equipo scrum que intervienen en cada uno. Tomado del [37]

A. Planificación

En la fase de planeación se realizaron tres actividades principales. Estas fueron el product backlog, una reunión sprint planning y el sprint backlog. De esta forma para el product backlog, se realizó una reunión inicial, una entrevista oral, en la cual se reunieron el propietario del producto, los stakeholders, representados en el coordinador de gestión biomédica de la empresa y el equipo de desarrollo. En la reunión el product owner y los stakeholders discutieron la necesidad identificada por el scrum team y los stakeholders. Se mostró un prototipo inicial de la aplicación móvil desarrollado y frente a este, el stakeholder planteó los requerimientos; en esta reunión inicial no se contó con la presencia del scrum master.

Luego, se tuvo la reunión sprint planning en la que el propietario del producto y el equipo de desarrollo le comunicaron al scrum master los temas tratados en la reunión con el stakeholder y los requerimientos expuestos por este último. El scrum master brindó apoyo y guía al product owner para establecer el objetivo del producto y al equipo de desarrollo brindó ideas y herramientas para el desarrollo de la aplicación propuesta.

A partir de estas dos reuniones, se estableció la versión inicial del product backlog que se transformó de forma iterativa y dinámica con cada ceremonia del sprint. En la reunión del sprint planning se estableció el sprint backlog. Los ítems incluidos en el primer sprint backlog fueron:

- Reconocimiento y familiarización con AppSheet [37] y Apps Script [38].
- Determinación de la cantidad de vistas y sus funciones asociadas.
- Generación del prototipo inicial de la interfaz.
- Configuración de tipo de datos asociados a las columnas de las hojas de Google Sheets que se rellenan con la información ingresada en las vistas de la aplicación en AppSheet.

- Estandarización de opciones (nombres de equipos, marcas, modelos, nombres de sedes, entre otros) para evitar repeticiones en la base de datos.
- Programación de funciones en Google Apps Script.

En la primera reunión de sprint review los stakeholders hicieron observaciones enfocadas al aspecto de la interfaz gráfica de la aplicación, la capacidad de adicionar equipos nuevos (Nuevas categorías) a las opciones actuales que se presentaron, y a la relevancia de la información que se estaba presentando en el menú **Ver**. Con base en este sprint review y lo establecido en el product backlog, los ítems que en el segundo sprint planning se estableció serían desarrollados fueron los siguientes:

- Investigación del método de conexión entre los eventos que se generan desde la aplicación desarrollada en AppSheet con las funciones programadas en Google Apps Script.
- Mejoramiento de la interfaz gráfica diseñada inicialmente, adicionando imágenes de los equipos, estableciendo colores acordes al logo de la empresa, logo de la aplicación, y el estilo de presentación de las vistas.
- Finalización de las funciones programadas en AppSheet.
- Automatización de las funciones programadas en Apps Script de acuerdo con los eventos de AppScript.
- Elaboración de menús adicionales para agregar nuevas marcas de equipos.
- Acceso a la carpeta de Drive que contiene los documentos de los equipos en la vista **Ver**.

El tercer sprint tuvo una duración menor y se realizaron las siguientes actividades:

- Finalización de las funciones del menú **Mover** para el diligenciamiento automático de los formatos de *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y el *Control de activos fijos*.
- Evaluación de la aplicación agregando a la base de datos los equipos biomédicos del laboratorio de gestión biomédica, población de equipos elegida por el stakeholder (lugar donde se realizan los procesos administrativos y de mantenimiento de los equipos).
- Creación de un trigger de tiempo que consiste en un activador de las funciones de actualización de información y reorganización de las carpetas de los equipos cada cierto tiempo.
- Desarrollo de una función que evite la eliminación de archivos al hacer la reorganización de los archivos en las carpetas.
- Desarrollo de una función para dar acceso a los documentos hoja de vida, servicio técnico y lista de chequeo del último mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos en la vista **Ver** de forma segura. Inicialmente se accedía a la carpeta del drive que contenía los archivos, pero durante este sprint se hace la extracción de los archivos en una carpeta comprimida para evitar el acceso al Google Drive de la empresa por parte de los diferentes usuarios.
- Desarrollo de un condicional para evitar errores en los casos en que los de mantenimientos preventivos son elaborados por empresas tercerizadas.
- Creación de las funciones de validación de los campos que se diligencian en los menús de la aplicación, esto incluye que al agregar un equipo biomédico nuevo al inventario, en el menú de **Leer-Editar** no se pueda agregar si el

número de inventario ya fue previamente agregado; incluye que en el menú **Mover** no se pueda ingresar un equipo biomédico que no exista en el inventario.

Para consolidar la ruta de acción para el desarrollo de los ítems planteados en el product backlog y en los sprint backlogs se utilizaron otras herramientas de planeación que incluyen el desarrollo de una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y la ruta crítica del proyecto.

En el **Anexo 1** se presenta la EDT, en la cual se observan todas las actividades que se desarrollaron dentro de cada sprint backlog. En el **Anexo 1** se observa que existen tres bloques principales para el desarrollo y reestructuración de la aplicación. El primero es generar los requerimientos que se van desarrollando conforme a la evolución del producto final para así poder hacer varias evaluaciones de los requerimientos y obtener el producto que mejor se ajuste a las necesidades del stakeholder.

El segundo bloque consta de codificar la aplicación y corregirla conforme se da la evolución de los requerimientos, dando pie a una revisión consecutiva del funcionamiento de la aplicación, evitando así errores que afecten el funcionamiento final de la aplicación. Como último bloque se tiene el desarrollo de la interfaz gráfica en la cual, teniendo en cuenta los requerimientos, se diseña de la mejor forma para visualizar y obtener la información de interés para los usuarios.

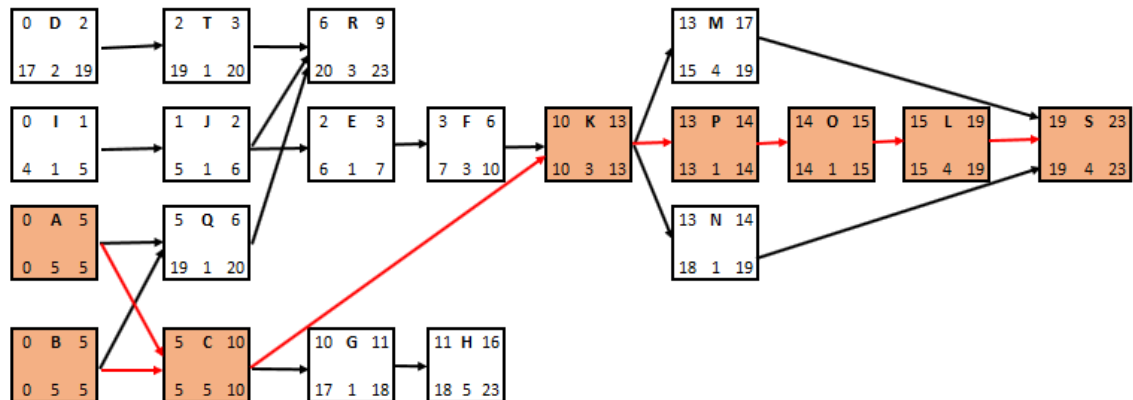


Figura 4. Ruta crítica de las actividades desarrolladas en cada sprint backlog.

En total para el desarrollo de cada sprint backlog se generaron 20 actividades con ayuda de la EDT, sin embargo, con el fin de evitar un atraso en el proyecto se identificó la ruta crítica de las actividades. En la Figura 4 se observa dicha ruta que está basada en la descripción de las actividades en la tabla del **Anexo 1**. Para que el proyecto no presente ningún retraso se deben evaluar cuidadosamente los requerimientos generados al inicio del sprint backlog. Luego se procede a definir el alcance del proyecto y a codificar todo lo relacionado con la creación de carpetas y el movimiento de archivos para que una vez esté lista toda la codificación del programa se proceda a vincular la interfaz gráfica con el código principal obteniendo así una aplicación funcional para el usuario.

Desde la etapa de planeación se establecieron los roles y acciones de la siguiente forma:

- I. **Product owner:** Este rol es asumido por las dos ingenieras biomédicas que laboran en la empresa Health & Life IPS. Están encargadas de tener comunicación con los usuarios, para recopilar los requerimientos y poder clarificar y establecer con base en las necesidades los objetivos del proyecto; así como de tener una visión del proyecto y conocer el comportamiento de los usuarios y representar al stakeholder para lograr los resultados esperados.
- II. **Scrum master:** Es el tutor de las ingenieras en la práctica profesional y el tutor del presente proyecto, quien posee conocimiento y experiencia en el área del desarrollo de tecnología para el sector de la salud y quien orienta el desarrollo de las tareas que se plantearon en el product backlog y en los sprints backlogs.
- III. **Development team:** Este equipo esta formado por dos ingenieras, son las encargadas de indagar acerca de la necesidad y de las posibles soluciones. Determinan de forma autónoma cómo se realizarán las actividades asignadas y son quienes ejecutan le proyecto; desarrollan un trabajo individual pero coordinado y unificado, se piensa en conjunto y la responsabilidad es compartida.
- IV. **Stakeholders:** Este rol lo asumió el equipo de gestión biomédica formado por el analista biomédico (S2), la métróloga (S3) y el coordinador (S4) de gestión biomédica de la empresa Health & Life IPS quien dirige los procesos gestionados con la aplicación, es usuario de la aplicación, y tiene contacto directo con los otros usuarios (coordinadores o generalistas administrativos de las sedes de la empresa (S5)) que también son Stakeholders. Adicionalmente como gerentes generales del proyecto están las ingenieras practicantes (S1), pues estás propusieron el proyecto y son las encargados del desarrollo del proyecto. Por último, se encuentra un último Stakeholder, el asesor del proyecto, cuyo rol es desempeñado por el tutor de la práctica (S6). A continuación, se muestra en la Tabla I la clasificación de los Stakeholders usando el modelo de poder/interés evaluando cada criterio en una escala de 1 a 5.

Tabla I

ANÁLISIS DE LOS STAKEHOLDERS DEL PROYECTO USADO EL MODELO DE PODER/INTERÉS

Stakeholders	PODER			INTERÉS			P+I	Actitud	Prioridad
	Influencia	Control	P	Técnico	Social	I			
	50%	50%		80%	20%				
S1	5	5	5.0	5	4	4.8	9.8	Líder	1
S2	4	1	2.5	5	3	4.6	7.1	Partidario	2
S3	4	1	2.5	5	3	4.6	7.1	Partidario	2
S4	5	3	4.0	5	4	4.8	8.8	Líder	1

S5	0	0	0.0	2	4	2.4	2.4	Inconsciente	4
S6	3	3	3.0	5	2	4.4	7.4	Partidario	2

B. Ejecución

El sprint comprende la fase de ejecución de las tareas establecidas en el sprint backlog, y de este se obtiene un producto de valor que empieza a responder a las necesidades expresas. El primer sprint tuvo una duración de 31 días y finalizó con un sprint review en el que se presentó la primera versión de la aplicación móvil. Las actividades desarrolladas en este Sprint se pueden ver en la subsección **Planificación** y en la tabla del **Anexo 1**.

Este sprint se inició con actividades como la elección de la herramienta de desarrollo, la investigación y familiarización con la misma. Para la elección de esta herramienta, se consideraron distintas opciones las cuales se muestran en la Tabla II. Teniendo en cuenta que el manejo actual de la información de inventario de los equipos biomédicos y de sus documentos relacionados se realiza por medio de la plataforma Google Drive, y que ciertos documentos son elaborados en plantillas diseñadas en hojas de cálculo de Google (Google Sheets), se seleccionaron dos aplicaciones de Google para hacer el desarrollo de la aplicación: Google AppSheet y Google Apps Script.

Tabla II

HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

Características	AppSheet	Firebase	Swift	Flutter
Descripción	Plataforma de desarrollo sin código para creación de aplicaciones móviles y web [39]	Plataforma para el desarrollo de aplicaciones móviles y web que integra varios productos para el desarrollo, crecimiento (número de usuarios), monetización y análisis de las aplicaciones [40].	Es un lenguaje de programación de código abierto para el desarrollo de apps de iOS, macOS, watchOS, tvOS y Linux [41].	Es un SDK desarrollado por Google para crear aplicaciones nativas móviles, web y de escritorio con una única base de código [42].
Costo del desarrollo	Tiene planes de costo/usuario/mes, y una versión gratuita para 10 usuarios [43]	Tiene el plan Spark que es gratuito (con limitaciones no relacionadas al número de usuarios), y el plan Blaze [44].	Es gratuito [41].	Es gratuito y de código abierto [42].
Acceso a sensores y hardware del dispositivo	Cámara, ubicación, lectura de códigos de barra y QR, notificaciones [45]	Firebase se integra con los entornos de desarrollo de Android (Android Studio) y iOS, aportando los complementos y	Por medio de este lenguaje de programación se puede acceder a los diferentes elementos de hardware de los dispositivos.	Al ser aplicaciones nativas, tiene acceso a los sensores y hardware del dispositivo [47].

		dependencias necesarios para el desarrollo del proyecto [46].		
Compacidad (base de datos, back end, front end [48])	Es tipo Saas [49], modifica y almacena información en las fuentes de datos, como Google Sheets	Integra productos de compilación, lanzamiento y de mejora de interacción con los usuarios [50].	Usa xcode, el compilador LLVM (Maquina Virtual de Nivel Bajo) [51] y Swift Package Manager, una multiplataforma con la que se crea, ejecuta, prueba y empaquetan las bibliotecas y ejecutables de Swift [52].	El SDK Flutter requiere de un editor, por ejemplo, para el caso de Android es Android Studio y para iOS Xcode [42].
Lenguajes de programación	No se realiza programación, se establecen comportamientos y tipos de datos [53] [54]	JavaScript, JSON (JavaScript Notation Object) [55], CEL (Common Expression Language) [56] y C++ [57].	Usa el lenguaje C y Objective-C [41].	Lenguaje Dart [58]
Compatibilidad Sistemas operativos	Cloud, Saas, web, Android y iOS [54]	Tiene un SDK (kit de desarrollo de software) multiplataforma para lanzar apps en android, iOS, web, C++ y Unity [50]	iOS, macOS, watchOS, tvOS y Linux [41].	Android, iOS y web [42]
Fuentes de datos e integraciones	Google Sheets, Excel, Google Drive, One Drive, salesforce (plataforma CMR (prácticas, tecnologías y estrategias enfocadas a la relación con el cliente) [59]), Dropbox, Smartsheet, box, Amazon Web Services, MySQL, [45]	Cloud Firestore y real Database para compilar apps y almacenar datos en la nube [60], Google Ads, AdMob, Google Marketing Platform, Play store, Data Studio, BigQuery, Slack, Jira, PagerDuty [61].	IBM Cloud para almacenamiento de documentos en formato JSON, bases de datos SQL para la persistencia de datos y Object Storage para contenido estático (imágenes, videos, y otros documentos estáticos) [62].	SQLite para la persistencia de datos [63].

Google AppSheet presenta la facilidad de creación de aplicaciones móviles y de la modificación de su interfaz gráfica sin código y a partir de hojas de Google Sheets [37]. Por medio de esta aplicación, se puede acceder a otras herramientas para capturar información como Google Drive, Excel [64], MySQL [65], Dropbox [66], entre otras que pueden ser o no complementos de Google [67]. Adicionalmente,

ofrece la posibilidad de capturar o agregar imágenes, generar reportes, acceder a Google Maps, escanear códigos de barra, QR [68] y NFC [68] [45].

Por otra parte, Google Apps Script es un editor, una plataforma de JavaScript que permite integrar y automatizar tareas con los productos de Google [38]. Apps Script se selecciona con el fin de automatizar acciones basados en eventos que se capturen desde Appsheet. Así mismo, se selecciona con el fin de leer y editar formatos y documentación de los equipos biomédicos elaborados en Google Sheets y extraer información de estos documentos.

Según la información obtenida, otros procesos como la creación de carpetas para la organización de la información de los equipos biomédicos sobre los que se vaya a hacer la acción, o la generación y el diligenciamiento automático de documentos de soporte de acciones de traslado o modificación de equipos biomédicos (*Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y el *Control de activos fijos*) pueden tomar lugar.

El segundo sprint tuvo una duración de 33 días; en él se continuó la programación de la funciones en Apps Script, se hicieron las modificaciones de acuerdo con el primer sprint review, y se definió el formato final de la interfaz gráfica de la aplicación móvil. Por otra parte, considerando el análisis y las apreciaciones del skateholder en el primer sprint review, se definieron los menús, las opciones y acciones que se podrían ejecutar directamente desde la aplicación móvil sin necesidad de modificar las Google Sheets de forma manual.

El tercer Sprint tuvo una duración de 19 días en los que se finalizaron las funciones desarrolladas en Apps Script, se establecieron las validaciones en los campos de los menús de la aplicación, se desarrollaron condicionales para los casos de error que se estaban presentando al ejecutar las funciones (se hizo una depuración), y se validó la correcta ejecución de las funciones usando la población de los equipos biomédicos presentes en el laboratorio de gestión biomédica. Otras funciones desarrolladas en el segundo y tercer sprint se describen en la subsección **Planificación** y en la tabla del **Anexo 1**.

C. Control

Durante el transcurso del sprint, el daily scrum fue uno de los medios de control con los que contó el development team; Estas reuniones no se celebraron estrictamente con periodicidad diaria; sin embargo, cuando se realizaron estas reuniones, cada miembro del equipo expuso lo relacionado a las actividades que se le asignaron, mencionó a grandes rasgos lo que había venido desarrollando y las dificultades que se le habían presentado. En algunas ocasiones, cada uno pudo determinar su paso a seguir y en otras, tuvo dirección de los otros miembros incluyendo al scrum master. Cuando hubo una dificultad persistente, los otros miembros brindaron ideas e investigaron para poder aportar soluciones. Cada semana el scrum master participaba en una de las reuniones daily scrum, allí se iba validando cada avance y el equipo de desarrollo exponía las dificultades al scrum master.

Las reuniones de sprint retrospective se realizaron en tres ocasiones. En cada una de ellas, estuvo presente el propietario del producto, el scrum master, el equipo de desarrollo y el stakeholder. Estas reuniones fueron cortas, de una duración

aproximada de 30 a 45 minutos. Antes de cada una de estas reuniones, el stakeholder pedía reunirse con el equipo de desarrollo y el propietario del producto para revisar la aplicación en el sprint review.

4.4. Evaluación del proyecto

Según el PMBOK para evaluar la eficacia y eficiencia de un proyecto se debe hacer una evaluación de este a través de sus parámetros de calidad, los cuales están enfocados a determinar si el producto final del proyecto cumple con los requerimientos identificados al inicio del proyecto y si estos los cumple a tiempo y sin sobre coste [69]. De esta forma para evaluar la calidad de este proyecto se van a tener en cuenta dos términos relevantes, los cuales son funcionalidad y usabilidad. Siendo la funcionalidad la evaluación de que el producto funcione como se había estipulado en los requerimientos [70] y la usabilidad hace referencia a como el usuario del producto interactúa con este, permitiéndole desarrollar todas las tareas o funciones para las que fue creado el producto final [71]. Así mismo existen otros parámetros que permiten evaluar la calidad de un proceso, como lo es la valoración en venta o la competitividad [72], sin embargo, debido a que la naturaleza del proyecto planteado es mayormente para el apoyo de procesos en el área de gestión biomédica, en lugar de buscar una remuneración económica, estos dos últimos criterios no son tenidos en cuenta.

Teniendo en cuenta la bibliografía consultada existen muchas formas de evaluar los parámetros de funcionalidad y usabilidad de una aplicación. Existen métodos como generar diferentes casos en los cuales la aplicación funcionaria en la versión final y probar su funcionalidad y usabilidad [72], sin embargo, este método únicamente estaría sujeto a los casos plantados por el creador de la aplicación y sería evaluada por los mismos creadores, generando así una evaluación subjetiva de estos parámetros. Otra metodología consiste en tomar los parámetros de eficiencia de la aplicación, tales como el tiempo de ejecución o el consumo de memoria, no obstante, aunque de esta forma se obtendrían para parámetros objetivos del funcionamiento, estos no mostrarían una visión clara del verdadero funcionamiento de la aplicación.

Por tal motivo, como método de evaluación del producto final se decide escoger un método empírico. Este método consiste en utilizar a los usuario finales de la aplicación para que interactúen con esta en tiempo real y de esta forma los desarrolladores tienen la oportunidad de ver la usabilidad de la aplicación con las condiciones en las que la aplicación trabajaría en el mercado; asimismo la evaluación de la usabilidad por parte del desarrollador se puede dar de diversas formas, ya sea por medio de registro audiovisual, entrevistas o cuestionarios, sin embargo como resultado final de este método de evaluación, el desarrollador siempre obtendrá la visión más realista del funcionamiento de la aplicación [72].

Para evaluar la aplicación de forma empírica se plantea el diligenciamiento de una encuesta con preguntas de tipo binarias. En la tabla del **Anexo 2** se pueden observar las preguntas planteadas para evaluar la aplicación. Se divide en tres partes, una destinada a cada funcionalidad que se le ofrece al usuario, en las cuales se va a poder evaluar tanto parámetros de usabilidad como de funcionalidad y que abarcan criterios de usabilidad tales como, efectividad, eficiencia, errores, contenido y seguridad [72]. El objetivo del formato de la tabla del **Anexo 2** es que cada vez que se desarrolle alguna acción con un equipo se llene una columna con el activo, se contesten las preguntas de la forma “si/no” y al final se

pongan las iniciales de quien ha modificado el equipo, esto con el fin de evaluar la opinión de los diferentes usuario de la aplicación para así obtener resultados objetivos.

5. RESULTADOS

En esta sección se describen características generales de la aplicación desarrollada para satisfacer las necesidades encontradas en el departamento de gestión biomédica de la empresa Health & life IPS. Se comienza describiendo la interfaz gráfica y el modo de funcionamiento de la aplicación, posteriormente se hace una descripción de la lógica de funcionamiento de esta y finalmente se muestran a los resultados obtenidos tras implementar la aplicación a través de la encuesta descrita en la sección de metodología.

5.1. Interfaz del usuario

La Figura 5 muestra todos los menús o funciones que le ofrece la aplicación al usuario. Se inicia con una interfaz principal que muestra configuraciones de la aplicación, tras esto la interfaz pone automáticamente en el menú uno (Figura 5 ruta 1), el cual tiene la función de agregar o editar equipos (menú **Leer-Editar**) biomédicos que estén en el inventario. En esta vista se muestra la foto, el activo, la serie y el nombre de los equipos biomédicos que ya se encuentren en el inventario. Para el segundo menú (Figura 5 ruta 2) el usuario debe oprimir el botón **Mover** en la esquina inferior derecha y en este caso se muestran las fechas en las que se han realizado movimientos de equipos biomédicos, el número de equipos que se han movido y el tipo de acción que se ha realizado con estos. Para el tercer menú (Figura 5 ruta 3) el usuario debe oprimir el menú de la esquina inferior izquierda nombrado como **Ver**, en esta vista el usuario va a visualizar para cada familia de equipos biomédicos la foto del equipo, la serie y su activo. Por último, para el cuarto menú (Figura 5 ruta 4) el usuario dirige a la vista de configuraciones y oprimir en el menú llamado **Agregar Nuevo Equipo** con el fin de agregar un nuevo equipo biomédico diferente a los que ya se encuentran ubicados por marca, modelo, nombre y foto dentro de la base de datos (para visualizar todas los menús que contiene la aplicación referirse a este video: <https://youtu.be/A0BZaOqxPel> desde el tiempo 00:00 a 00:34).

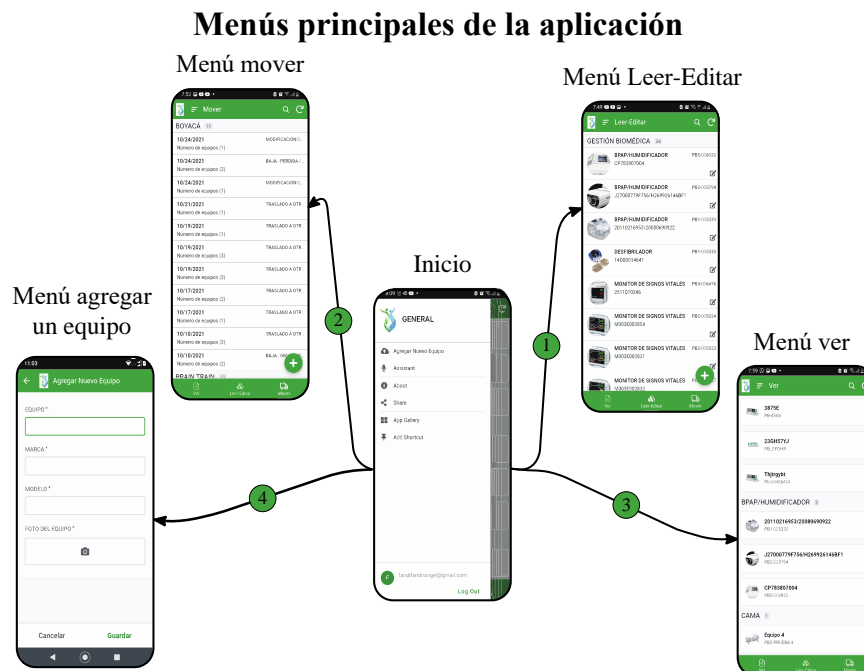


Figura 5. Menús principales que se encuentran en la aplicación desarrollada.



Figura 6. Interfaz de funcionamiento del menú Leer-editar.

El funcionamiento del menú **Leer-editar** se ve ilustrado en la Figura 6. En esta se observa que una vez dentro del menú el usuario puede realizar dos acciones, la primera, ilustrada por la ruta 1.1, es cuando el usuario agrega un nuevo equipo al inventario, en este punto se observa que se pide la información de activo, nombre del equipo, sede, serie, marca, modelo, número de calibración y foto. Para esta parte, con el fin evitar que el usuario cometa algún error ingresando los datos, se puso en las opciones de nombre de equipo, sede, marca, modelo y foto unas listas desplegables y en los valores de activo, serie y calibración se le da la opción de poder escanearlos. Una vez llenado los datos el usuario selecciona la opción (**Guardar**) y los datos se cargan al inventario (esta funcionalidad de la aplicación se puede observar en el video: <https://youtu.be/A0BZaOqxPel> desde el tiempo 02:30 hasta 04:22).

Para la segunda opción de este menú, ilustrada en la ruta 1.3 el usuario selecciona el equipo que quiere editar, este lo lleva a la información que se ha registrado de él en el inventario y dando en el ícono de editar se vuelve al formulario inicial en donde el usuario puede modificar los datos ingresados del equipo, para finalmente seleccionar guardar y actualizarlo.

Interfaz de funcionamiento del menú Mover



Figura 7. Interfaz de funcionamiento del menú Mover.

En la Figura 7 se observa el funcionamiento del menú mover. Para esta función el usuario solo tiene una ruta de acción la cuál es agregar un nuevo movimiento de equipos. Oprimiendo el icono (+) la aplicación lleva al usuario a un nuevo formulario en donde está tendrá que llenar la información que se van a usar en todo los equipos biomédicos, como la fecha en que se está realizando el movimiento, el número de equipos que se van a mover, la sede, la ubicación y el usuario que realiza el movimiento. Una vez ingresada está información se oprime el botón (**Nuevo**) (paso 2.2) que lleva a un formulario, el cual solicita la información específica de cada equipo a mover, como el activo, los accesorios y las observaciones; después, para guardar la información se oprime el botón (**Guardar**). En el paso 2.3 se observa que una vez guardada la información antes de guardar todo el formulario el usuario puede ver los equipos que ha agregado para editarlos o agregar más. Finalmente se guarda todo el formulario oprimiendo el botón (**Guardar**) para después proceder a generar los formatos de impresión (la funcionalidad de este menú se puede observar en el video: <https://youtu.be/A0BZaOqxPel> desde el tiempo 06:43 hasta el 09:22)

Interfaz de funcionamiento del menú Ver

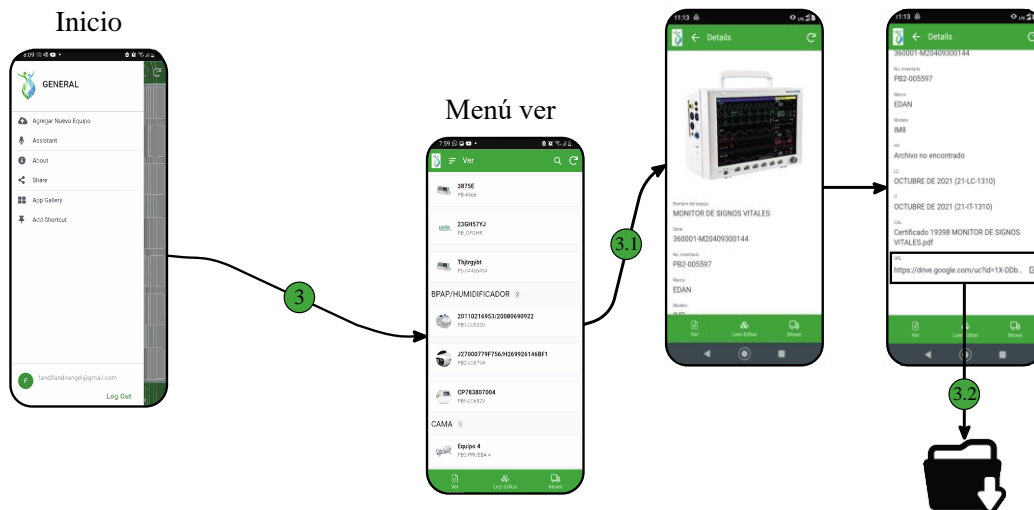


Figura 8. Interfaz de funcionamiento del menú Ver.

Para el menú **Ver** la Figura 8 muestra su funcionamiento. El usuario busca el equipo biomédico por medio de su serie o activo, después oprime el equipo biomédico y este lo lleva a una vista en donde se muestra información relevante de él, como la foto, la serie, la marca, el modelo y el nombre de los archivos que se encuentran relacionados al equipo biomédico, tales como la hoja de vida y sus mantenimientos. Adicionalmente, al final de la vista se genera un enlace de descarga que permite descargar estos archivos en una carpeta comprimida (el modo de funcionamiento de este menú se puede observar en el video <https://youtu.be/A0BZaOqxPel> desde el tiempo 04:24 hasta 06:40).

Interfaz de funcionamiento del menú agregar un equipo



Figura 9. Interfaz de funcionamiento del menú agregar un equipo.

El funcionamiento del último menú (agregar un nuevo equipo al sistema) se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Está surge con la necesidad de actualizar los equipos que se manejan en la empresa, por tal motivo se da la opción al usuario de que agregue un nuevo equipo, con marca, modelo y foto diferentes a los que ya se tienen relacionados. De esta forma se logra obtener una aplicación con una interfaz amigable e intuitiva que minimiza los errores y da pie a la actualización de los equipos que se manejan en la empresa (esta funcionalidad se observa en el video: <https://youtu.be/A0BZaOqxPel> desde el tiempo 01:18 hasta 01:58).

5.2. Lógica de funcionamiento de la aplicación

Adicional a llenar las tablas vinculadas a la aplicación por medio de Appsheets, el programa trabaja con un complemento de Google Apps script, el cual permite realizar acciones secundarias. Entre estas el movimiento de carpetas relacionadas a los equipos biomédicos dentro del drive cuando se da el cambio de ubicación del equipo a otra sede o se ingresa al sistema. Otra función consiste en buscar los archivos que se encuentran dentro de las carpetas y actualizar la información en la tabla **Ver**. Por último, se encuentra la función de generar los formatos de impresión cuando se da un movimiento de equipos biomédicos.

En la Figura 10, se puede observar el diagrama de flujo de la lógica utilizada para el funcionamiento de la aplicación y los eventos que esta evalúa. El primero es si se ha modificado la tabla **Inventario**, el segundo es un trigger activado por tiempo que se activa cada 2 horas y el tercero es un trigger que se activa cuando la hoja de **Mover Inventario** es modificada. En caso de que ninguno de los tres activadores esté en funcionamiento el programa no se ejecuta.

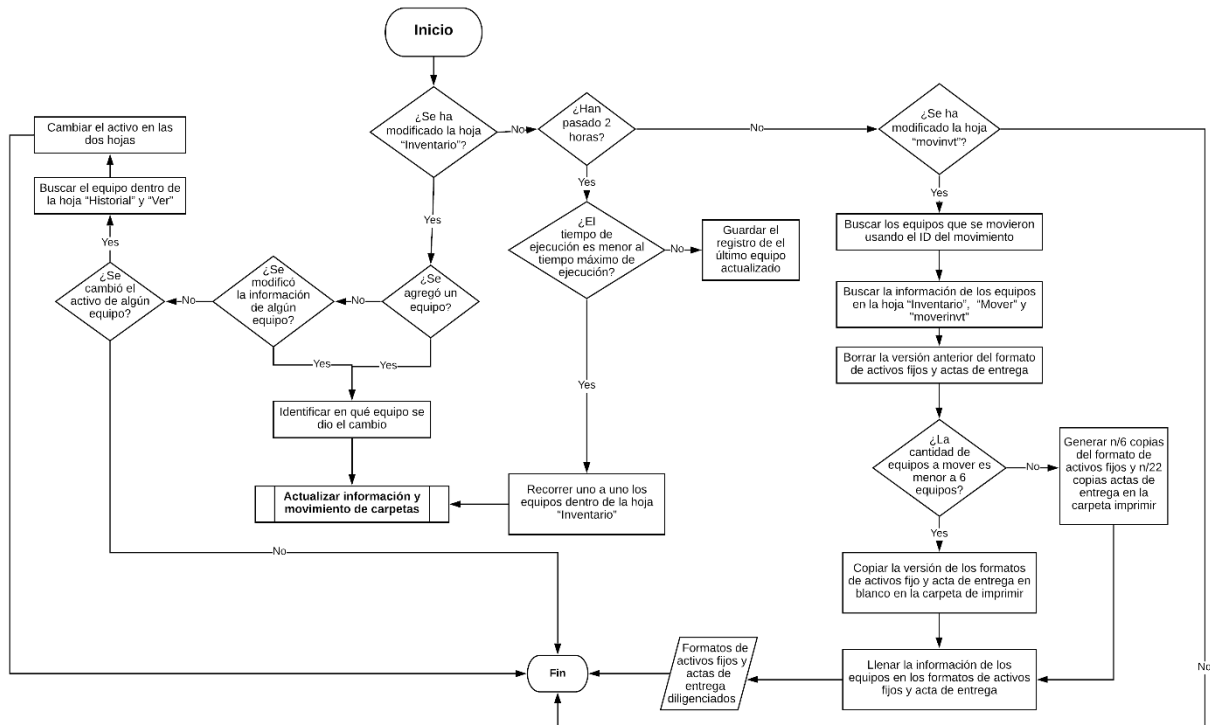


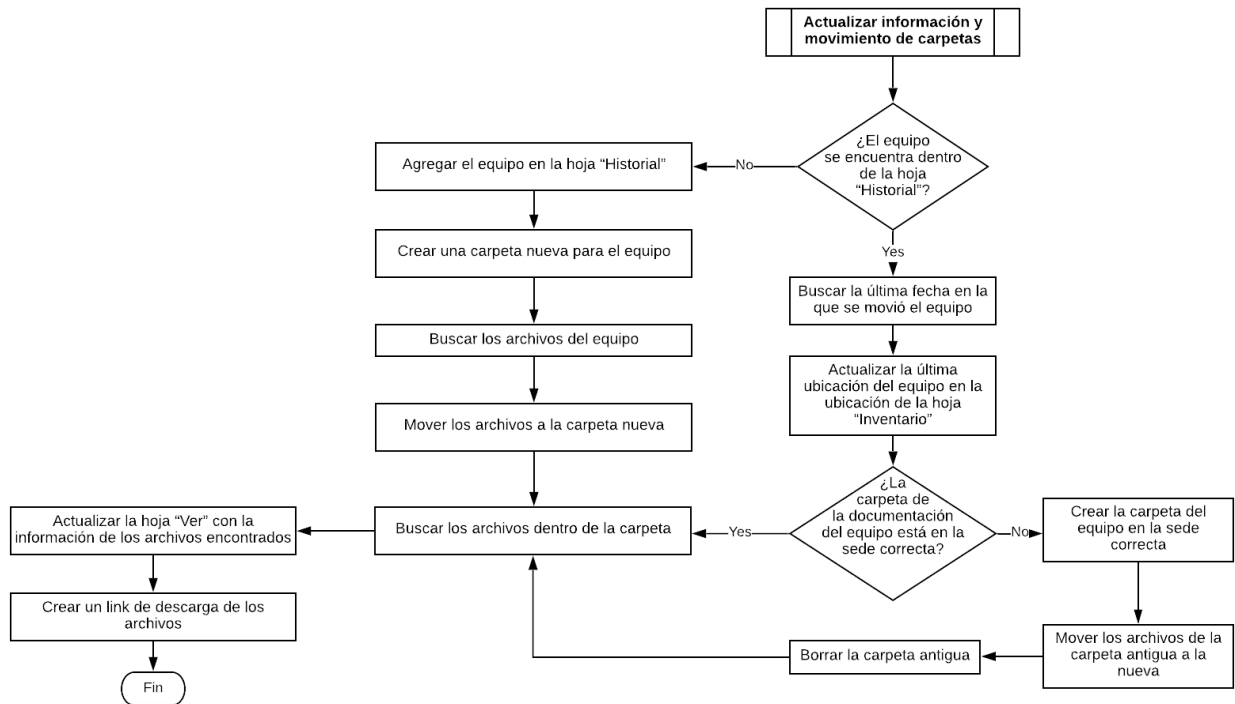
Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento general de la aplicación.

Cuando se da un cambio en la tabla **Mover Inventario**, el programa busca las posiciones en las que se encuentra el ID del movimiento de los equipos biomédicos que se movieron, tanto en la tabla **Mover Inventario** como en la tabla **Mover**, a partir de esto se extrae la información necesaria para llenar los formatos. Para el caso de la tabla **Mover** se extrae la información general del movimiento, como la fecha del movimiento, la sede, ubicación el tipo de novedad y el número de equipos a mover. Para el caso de la tabla **Mover Inventario** se extrae el activo, los accesorios, la acción y las observaciones de cada equipo.

Una vez identificada esta información usando los activos de la tabla **Mover Inventario** se procede a extraer los datos de nombre del equipo, serie, marca y modelo para así completar toda la información necesaria para llenar los formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y el *Control de activos fijos*. Posteriormente se valida la cantidad de equipos a mover, esto debido a que el formato de *Control de activos fijos* solo puede registrar 6 equipos y el formato de *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* solo permite el registro de 22 equipos. Por lo tanto, si se quisiera hacer un registro de 23 equipos, en la carpeta de imprimir deberían generarse dos copias del formato

de Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos y 3 copias del formato de Control de activos fijos.

En este punto el programa también debe eliminar los formatos que estén dentro de la carpeta “Imprimir” (creada en el drive para almacenar las actas diligenciadas) y que hayan sido previamente diligenciados, con el fin de evitar que en la carpeta queden formatos diligenciados de movimientos pasados evitando así que el usuario se confunda. Una vez extraída la información se procede a llenar los formatos con dicha información para que, al finalizar la ejecución, se obtengan los formatos listos para ser impresos.



Debido a que la creación de los formatos y su diligenciamiento es una acción que

Figura 11. Diagrama de flujo del subproceso actualizar información y movimiento de carpetas.

requiere un tiempo de ejecución mayor a un minuto, en lugar de mover las carpetas al momento de generar el movimiento, la aplicación realiza esta acción cada dos horas, este se activa validando si el tiempo de ejecución es menor al tiempo máximo dado por el script (5 minutos) y en caso de ser menor se recorre la tabla **Inventario** fila por fila, se actualiza la información, se mueven las carpetas y se va guardando el registro del equipo que se actualizó en la tabla llamada **registro**. Terminado el tiempo de ejecución se guarda el número de la última fila actualizada, para que en la siguiente ejecución se comience a ejecutar el script desde esta fila.

Para la tercera acción se valida si el cambio en la tabla **Inventario** se dio debido a un cambio en la información de algún equipo biomédico, si se agregó una nueva. Para estos dos casos el programador entra en el subproceso llamado “Actualizar información y movimiento de carpetas”. Sin embargo, en caso de que el cambio se de en el activo de algún equipo biomédico, con el fin de mantener una trazabilidad del equipo, se busca el equipo en las tablas **Historial** y **Ver** y se cambia el activo del equipo.

Para el subproceso de mover la documentación y las carpetas mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** primero se identifica si el equipo biomédico está en la tabla **Historial** para así poder identificar si este es nuevo en el sistema. En caso de que no se encuentre en la tabla **Historial**, se agrega el equipo a la última fila con el día en que se está ejecutando el programa y en la sección de acción se le pone ingreso. Después el programa crea la carpeta en la sede en que se ingresó el equipo biomédico, para después buscar los archivos relevantes de los equipos como la hoja de vida, el certificado de calibración y la documentación de los mantenimientos. Una vez encontrados los documentos, estos se mueven a la nueva carpeta del equipo.

Para el caso en que el equipo se haya registrado con anterioridad en la tabla **Historial** el programa busca las fechas en las que se movieron los equipos, identifica la última fecha y con base a esto se encuentra la última ubicación, después se actualiza dentro de la tabla **Inventario**. Posteriormente se valida si la carpeta de la documentación está en la sede correcta y en caso de no estarlo se crea la carpeta en la sede correcta, se mueven los archivos de la carpeta antigua a la nueva y se borra la carpeta en la que estaban ubicados los archivos.

Una vez los archivos están ubicados en la carpeta correcta, se identifica cuales se ubicaron correctamente dentro de esta y con base a la información encontrada se actualiza la tabla **Ver** con el nombre y la información de los archivos encontrados y finalmente se crea un link de descarga de la carpeta que contiene todos los archivos en caso de que el usuario quiera obtener toda la información del equipo.

5.3. Validación de la aplicación

Teniendo en cuenta que la muestra de equipos biomédicos asignada fueron los equipos que se encuentran en el laboratorio de ingeniería biomédica de la empresa, la validación de la aplicación se realizó con un total de 33 equipos biomédicos. Se tomó la documentación existente de estos equipos y se ingresó a una carpeta llamada "INGRESAR" en el drive, para que a partir de esta se pudiera localizar la documentación una vez que el usuario ingresará un equipo biomédico a la base de datos por medio de la aplicación desarrollada.

Para realizar el test de la aplicación se generaron varios casos en los que se iba a evaluar el funcionamiento, el primero consistió en utilizar equipos que tuvieran toda su documentación, para identificar si el programa encontraba los archivos y los ubicaba correctamente. El segundo caso consistía en ingresar equipos que no tuvieran documentación, de los cuales se esperaba que se registrara que la documentación no se encontraba. Como último caso se probó la aplicación cuando el usuario ingresaba incorrectamente alguna información del equipo y posteriormente corregirla para así poder identificar si el programa era capaz de corregir el error sin causar ningún inconveniente en su funcionamiento. Adicionalmente, para el menú **Mover** se realizó el movimiento de un equipo, dos a seis equipos y más de seis equipos, con el fin de identificar como se daba la ejecución de este menú al tener diversos casos para el movimiento de equipos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada a los usuarios con los 33 equipos biomédicos.

Resultados (%) contra criterios de funcionalidad en el menú Leer-Editar

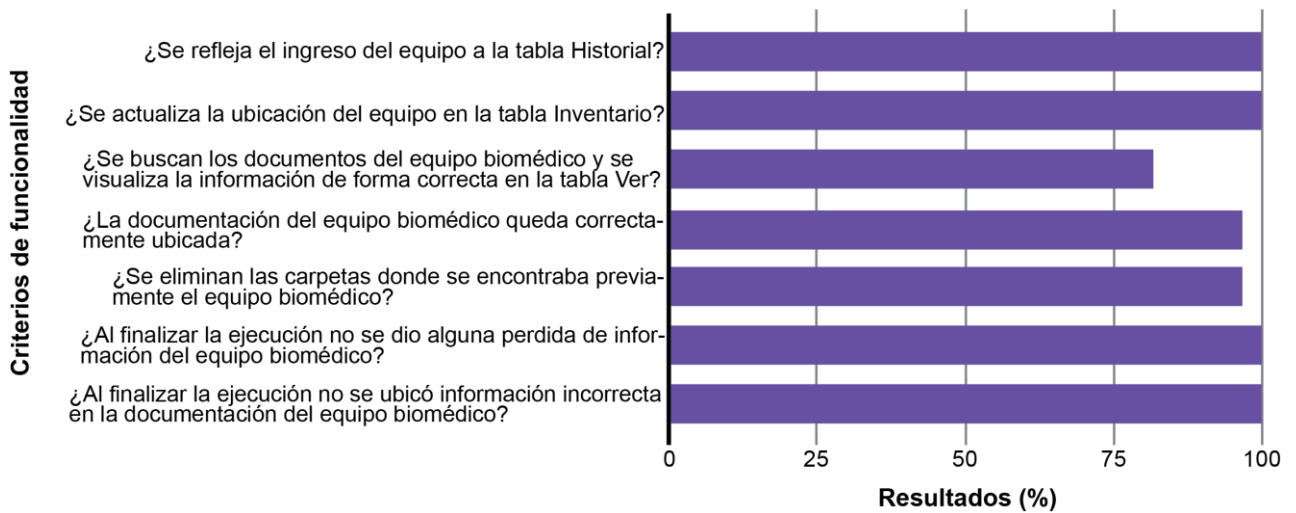


Figura 12. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú **Leer-Editar**.

Resultados (%) contra criterios de usabilidad del menú Leer-Editar

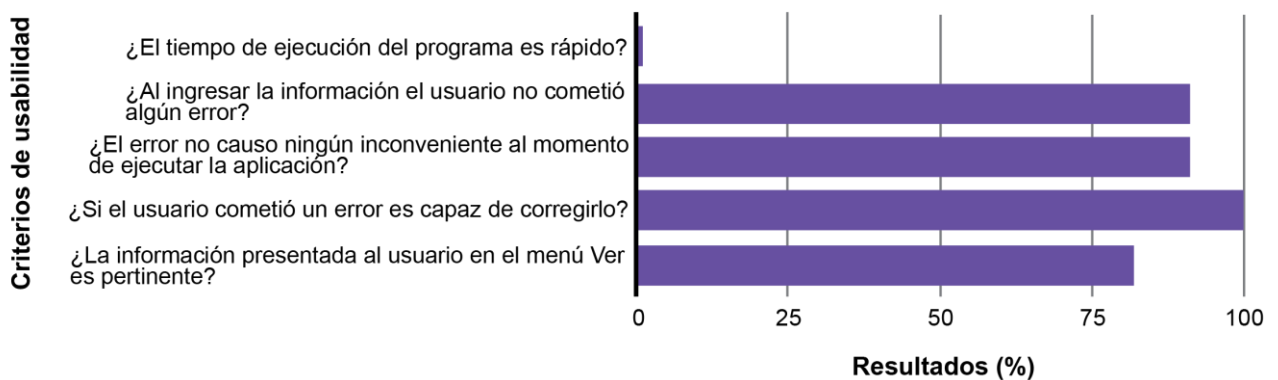


Figura 13. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú **Leer-Editar**.

Los resultados para el menú **Leer-Editar** se observan en la Figura 12 y la Figura 13. En estos se puede observar que en cuanto a funcionalidad este menú ejecuta la mayoría de las acciones para el cual fue diseñado sin embargo se presentan inconvenientes con la actualización de la información. Por otro lado, teniendo en cuenta los resultados se puede afirmar que este menú es altamente funcional ya que tiene una funcionalidad promedio del 96.537%. Para los criterios de usabilidad, se identifica una falencia en cuanto al tiempo de ejecución, no obstante, la interfaz resulta ser amigable para el usuario obteniendo una usabilidad promedio de 72.727%.

Resultados (%) contra criterios de funcionalidad en el menú Mover

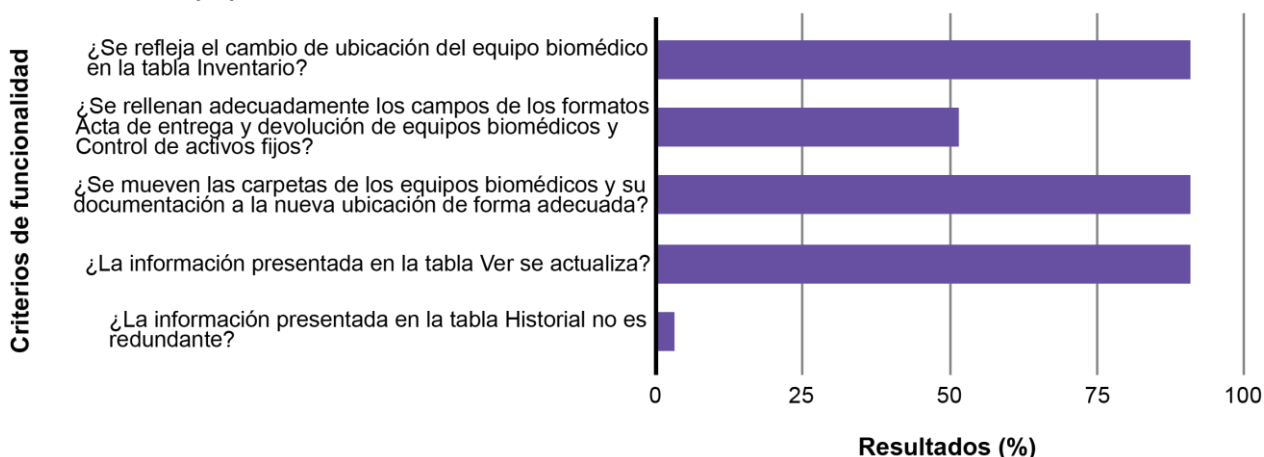


Figura 14. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú **Mover**.

Resultados (%) contra criterios de usabilidad en el menú Mover

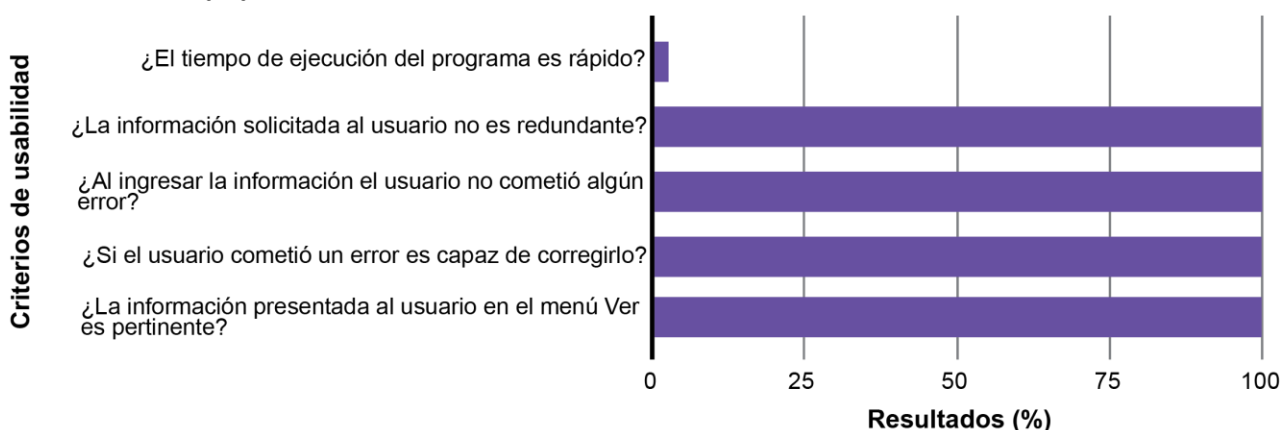


Figura 15. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú **Mover**.

La Figura 14 y la Figura 15 muestran los resultados obtenidos con el menú **Mover** al ser evaluada por los usuarios. Se observa que para los criterios de funcionalidad a comparación de los resultados obtenidos con el menú **Ingresar** este presenta un menor desempeño obteniendo una funcionalidad promedio del 65.455%, se muestra que la aplicación cumple con la funcionalidad planteada sin embargo en ocasiones no se logran llenar los formatos dentro del tiempo de ejecución asignado por App Script (5 minutos) y la información en la tabla historial resulta redundante en más de una ocasión causando que este indicador tenga un rendimiento del 3% lo implica que ni se está limpiando correctamente la información dentro de esta tabla. En cuanto a los criterios de usabilidad, se identifica que este menú es amigable para el usuario sin embargo su ejecución es lenta como lo indica el resultado del primer criterio de usabilidad del 3%, de esta forma este criterio hace que la usabilidad promedio del menú **Mover** sea del 80.606%.

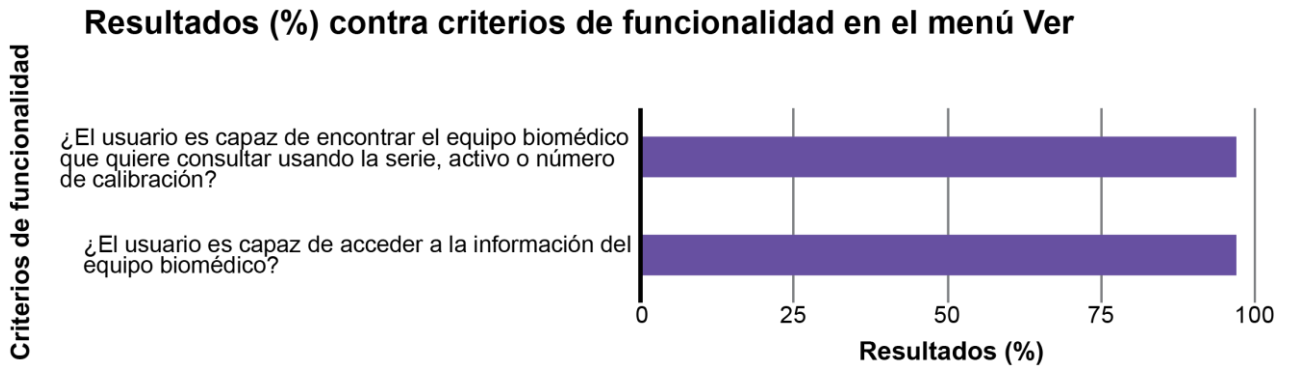


Figura 16. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de funcionalidad en el menú Ver.

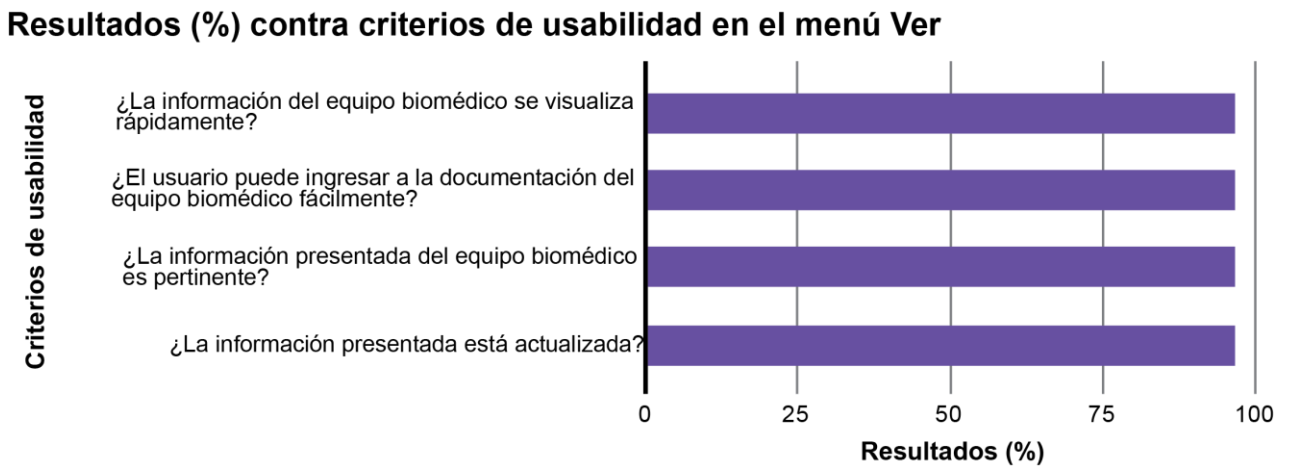


Figura 17. Resultados porcentuales obtenidos con los criterios de usabilidad en el menú Ver.

Los resultados obtenidos en el menú **Ver**, se ilustran en la Figura 16 y la Figura 17. En estas figuras se puede identificar que los criterios tanto de funcionalidad como de usabilidad alcanzan casi un 100%, obteniendo un promedio de 96.97% para ambos criterios, demostrando que, pese a que la información no se mostrara actualizada en algunos equipos, esta funcionalidad de la aplicación es amigable para el usuario y permite la visualización dinámica de la mayoría de la información relacionada a cada equipo biomédico. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

6. DISCUSIÓN

A lo largo de este documento, se muestra cómo luego de un periodo de identificación de una necesidad en el área de gestión biomédica, a través de la marco de trabajo Scrum se logró el desarrollo de una tecnología para la automatización de procesos de gestión biomédica en la empresa Health & Life IPS. Y cómo a través de la aplicación móvil desarrollada se pudieron agilizar y automatizar procesos manuales y reducir errores humanos que frecuentemente afectan la gestión biomédica (Generación de documentos de soporte, distribución correcta de los documentos relacionados, hoja de vida y soportes de mantenimiento preventivo).

Existen diferentes metodologías para el desarrollo de proyectos de software; entre estas se seleccionó trabajar bajo una metodología ágil dentro del marco de trabajo Scrum al encauzar el desarrollo del software propuesto hacia un procedimiento iterativo y enfocado al usuario, permitió que el producto final cumpliera satisfactoriamente con las expectativas de los interesados e impactados por el proyecto.

La realimentación periódica que se obtuvo por parte de los stakeholders al finalizar cada sprint, fue una pieza clave para la obtención de los resultados expuestos y para brindar una solución efectiva a la necesidad encontrada. Con una metodología lineal el proceso de desarrollo hubiese sido más extenso y rígido, y no se habría podido contar con la realimentación proporcionada por los usuarios (stakeholders) hasta obtener el producto final.

Teniendo en cuenta el resultado final de la aplicación y las funciones que con ella se pueden desarrollar, se observa que se automatizaron cuatro procesos del área de gestión biomédica que anteriormente se realizaban de forma manual. El primero consiste en la automatización del diligenciamiento de los formatos relacionados con el movimientos de equipos en la empresa (*Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y *Control de activos fijos*); para el cual previamente se tenía que observar el equipo biomédico (a la mano), extraer toda la información de este (marca, modelo, serie y activo), y diligenciar esta información de forma manual tres veces en los formatos. Por medio del uso de la aplicación, el usuario tiene la opción de desarrollar este proceso teniendo o no el equipo biomédico a la mano, y además solo usando el activo vinculado al equipo biomédico, se extrae la información de este y se llenan los dos formatos de forma automática sin necesidad de que el usuario pierda tiempo extrayendo la información y diligenciando la misma repetidas veces.

El segundo proceso que se automatizó consiste en el movimiento de las carpetas que contienen la información del equipo biomédico de una sede a otra. Anteriormente en la empresa este proceso no se realizaba inmediatamente se trasladaba un equipo de una sede a otra, sino que se hacía cada vez que se revisaba el inventario de los equipos biomédicos presentes en cada sede, y se identificaba que unas series no se encontraban dentro de la carpeta de la sede en la que estaban ubicados, sino que se encontraban dentro de otra sede. Lo anterior indica que este procedimiento por lo general no se realizaba, causando confusión al momento de encontrar la documentación de los equipos biomédicos. Por medio de la aplicación el movimiento de estas carpetas se hace de forma automática, manteniendo así la ubicación de los documentos actualizada y organizada de tal forma que se elimina el proceso de actualización de documentación de los equipos biomédicos, que el usuario no realizaba.

El tercer proceso consiste en generar un seguimiento automático de la ubicación de los equipos biomédicos a través de la tabla **Historial**. Por medio del uso de la aplicación se puede generar una trazabilidad automática de los lugares en los que se ha encontrado el equipo biomédico, identificando el día en que se generó el movimiento, de donde se hizo y hacia donde se hizo, llenando la tabla **Historial** de forma automática. Anteriormente, los usuarios de la aplicación tenían que buscar los documentos de los movimientos realizados y llenar una tabla de forma manual, por tal motivo, a través de la aplicación se reduce el tiempo de desarrollo de esta tarea por parte de los usuarios y se evitan errores que se pueden cometer, como la lectura incorrecta de los formatos diligenciados y pérdida de información de los equipos biomédicos trasladados.

Por último, la aplicación permite obtener la información actualizada de la documentación que tiene cada equipo biomédico de forma automática. Previamente el proceso de obtención de la información, para el seguimiento de la trazabilidad de los equipos biomédicos de la empresa, se tenía que realizar de forma manual. Se buscaba la carpeta del equipo y se identificaba si dentro de esta se encontraba toda la información relevante de este y después se actualizaba de forma manual en la base de datos de la empresa. Para así mantener un seguimiento de la documentación que contenía cada equipo. Por medio la aplicación, se elimina la necesidad del realizar todo este procedimiento, debido a que esta actualización se desarrolla de forma automática y adicionalmente permite que el usuario sea capaz de verificar si esta es correcta al generar un link de descarga con toda la documentación del equipo.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Pese a las diversas funcionalidades que ofrece la aplicación, existen algunos aspectos que se pueden mejorar para que esta sea más eficiente. El primer aspecto es el tiempo de ejecución necesario para desarrollar algunas tareas. Tareas como mover los archivos y generar los documentos de soporte de traslado de equipos biomédicos, son acciones que consumen un alto tiempo de ejecución. En el desarrollo de esta última tarea se observó que a medida que se aumentaba la cantidad de equipos a trasladar en el menú **Mover**, aumentaba el tiempo de ejecución. Esto, en algunos casos resultó en que se excedía el tiempo de ejecución e impedía la generación de los formatos. Con base en esto, uno de los trabajos futuros es la evaluación para la optimización de las dos tareas mencionadas, de forma que el tiempo de ejecución disminuya.

Por otro lado, se nota que la aplicación es muy sensible a la forma en cómo se nombran los archivos de los equipos, debido a que, aunque no se da ninguna pérdida de información, la información mostrada en el menú **Ver** en ocasiones es inadecuada debido a que el programa no encontró correctamente los archivos relevantes de los equipos. Para ello se podría estandarizar los nombres de los archivos de los equipos, lo cual implicaría una inversión grande de tiempo para desarrollar esta tarea o implementar en el programa la opción de encontrar los archivos con nombres en diferente estructura, sin embargo, antes de llevar a cabo alguna de las soluciones se debe evaluar si el tiempo de ejecución aumenta y se pierde eficiencia.

Otro aspecto que podría añadir una mayor automatización en los procesos de la empresa, es si por medio de la aplicación se pudiera actualizar la hoja de vida de los equipos con la nueva información agregada a cada equipo biomédico en la tabla **Inventario**, es decir, que si en cambio de que se haya generado un nuevo certificado de calibración o un nuevo informe de mantenimiento en un equipo biomédico, el programa sea capaz de adicionar esa información en su hoja de vida manteniendo así la información actualizada.

Adicionalmente teniendo en cuenta la periodicidad de los mantenimientos preventivos definidos para cada familia de equipos dentro de la empresa, debido a que Google Apps Script tiene la opción de vincularse con Google Calendar y Gmail, se podrían generar alertas que avisen al equipo de gestión biomédica los equipos a los cuales que se les debe hacer mantenimiento y por medio de correo electrónico se mandaría el link de las carpetas de los equipos biomédicos a los cuales se les debe agregar, según el cronograma, el informe de servicio y la lista de chequeo de los mantenimientos realizados.

Finalmente, otro aspecto a mejorar es la disponibilidad de los formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y *Control de activos fijos* para imprimir. En el punto actual al que se llegó en el desarrollo de la aplicación, los formatos listos para imprimir (con el diligenciamiento de los campos) se generan en una carpeta específica en el Google Drive de la cuenta de gestión biomédica de la empresa. Esto implica que solo el usuario de gestión biomédica de la empresa tiene acceso a los documentos de impresión. De aquí, que se deba implementar la extracción del PDF de los dos formatos diligenciados, para que cualquier usuario que lo requiera, pueda imprimirlos.

8. CONCLUSIONES

Se determinó que una aplicación móvil es la herramienta apropiada para dar soporte a los procesos de gestión biomédica relacionados con el control y administración de los equipos biomédicos, teniendo en cuenta la etapa de desarrollo en la que se encuentra la empresa Health & Life IPS, y la administración que actualmente se le da a los equipos biomédicos con los que la empresa cuenta.

A partir de las herramientas de Google Appsheet y Apps Script, se desarrolló una aplicación móvil que integra cuatro funciones principales relacionadas con el diligenciamiento automático de formatos, redistribución y organización de la información de los equipos biomédicos desencadenada por cambios en la sede y ubicación actual del equipo biomédico, almacenamiento de una traza de los movimientos y acciones, y el acceso a la información relevante de los equipos. Todas las acciones que se pueden ejecutar por medio de esta aplicación se basan en la búsqueda y actualización de la información asociada al número de inventario del equipo que esta codificado en un código de barras escaneable.

La arquitectura de la aplicación se estableció como: una interfaz de usuario desarrollada en Google AppSheet que cuenta con 3 menús principales para la ejecución de acciones **Leer-Editar**, **Ver**, y **Mover**, y dos menús secundarios **Agregar Nuevo Equipo** y **Agregar Nueva Sede**, La programación y definición del comportamiento de la aplicación por medio de funciones desarrolladas en Google Apps Script y, el almacenamiento de datos en Google Drive en base de datos desarrollada en Google Sheets, basada en ocho (8) tablas **Inventario**, **Historial**, **Ver**, **Mover**, **Mover Inventario**, **Equipo Marca Modelo**, **Sede** y **Registro**,

Los menús de la aplicación se desarrollaron de forma que se puede gestionar la información de la base de datos. Desde las funciones desarrolladas que definen el comportamiento y acciones de cada menú se pueden realizar las diferentes funciones de la arquitectura CRUD que son crear, leer, actualizar y eliminar. Estas acciones se realizan de forma automática y manual, sin embargo, este método de ejecución de las acciones varía según la interacción del usuario con la aplicación. Un ejemplo de esto es que el usuario puede actualizar la información de sede en la que se encuentra un equipo biomédico luego de un traslado, o un trigger de tiempo se encarga de actualizarla de forma automática. Al implementar un sistema de gestión CRUD en la aplicación desarrollada, se logró la creación y gestión de la información relevante de los equipos biomédicos en las diferentes operaciones que se realizan con ellos. Esto va desde la generación de documentación (formatos de soporte) de forma automática y la actualización y reorganización de la información relacionada a los equipos biomédicos dentro del Google Drive.

Al aplicar la prueba de usabilidad con la muestra de equipos biomédicos ubicados en el laboratorio de gestión biomédica de la empresa Health & Life IPS, se encontró que por medio de la aplicación móvil desarrollada, se realiza correctamente el ingreso y la actualización de la información.

Por otra parte, al realizar las pruebas de usabilidad y funcionalidad de la aplicación móvil frente a diferentes casos en los que se modelaban escenarios ideales y no ideales, se encontraron altos porcentajes de funcionalidad y usabilidad según los criterios planteados en las sección de resultados. Esto se cumplió para todos los menús, a excepción

del menú mover en el que la generación de la documentación diligenciada (formatos *Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos* y *Control de activos fijos*) solo se ejecuta correctamente para un número máximo de equipos biomédicos de cuatro (4) por una acción de traslado de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Lustig, "Salud y desarrollo económico: El caso de México," *Trimest. Econ.*, vol. 74, no. 4, pp. 793–822, 2007, doi: 10.20430/ete.v74i296.383.
- [2] S. D. S. E. COLOMBIA, "Mario Hernández Álvarez** Amediados de los años 40 del siglo XX, una serie de decisiones," 2000.
- [3] L. A. Tafur Calderón, "El sistema de salud en Colombia. Desafíos y oportunidades para la formación del talento humano en salud," *Plan Desarro. 2011-2030*, p. 8, 2011.
- [4] B. P. Mantilla, "Evolución conceptual y normativa de la promoción de la salud en Colombia," *Rev. la Univ. Ind. Santander. Salud*, vol. 43, no. 3, pp. 299–306, 2011.
- [5] "Programas especiales - Health and life." <https://healthlifeips.com/prgramas-especiales/> (accessed Nov. 16, 2021).
- [6] "Posiciones generalistas: la tendencia laboral que se masifica en América Latina | MBA & Educación Ejecutiva | MBA & Educación Ejecutiva - AméricaEconomía." <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/posiciones-generalistas-la-tendencia-laboral-que-se-masifica-en-america-latina> (accessed Nov. 20, 2021).
- [7] E. Hernán, O. Cifuentes, and R. Gerentes, "GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA TECNOLOGÍA EN SALUD," 2015, Accessed: Aug. 29, 2021. [Online]. Available: <http://www.saludcapital.gov.co/BibliotecaPSFF.aspx/Presentaciones Comité de Gerentes/Comité de Gerentes/Mayo de 2015/Presentacion Gestion Estrategica de la Tecnologia en Salud.pdf>.
- [8] C. C.P and L. P. H., "Análisis Comparativo De Modelos De Gestión De Tecnología Biomédica," *Rev. ing. bioméd.*, vol. 9, no. 18, pp. 41–49, 2015.
- [9] IBM, "Defining the mobile application requirements - IBM Documentation." <https://www.ibm.com/docs/en/spm/6.2.0?topic=requirements-defining-mobile-application> (accessed Aug. 25, 2021).
- [10] M. E. Joorabchi, A. Mesbah, and P. Kruchten, "Real challenges in mobile app development," *Int. Symp. Empir. Softw. Eng. Meas.*, pp. 15–24, 2013, doi: 10.1109/ESEM.2013.9.
- [11] Y. Shiotsu, "Native vs. Hybrid vs. Web App: What's the Difference? | Upwork," *upwork*, Dec. 15, 2020. <https://www.upwork.com/resources/native-hybrid-web-app-differences> (accessed Dec. 11, 2021).
- [12] J. Alonso-arévalo and J. A. Mirón-canelo, "Aplicaciones móviles en salud: potencial, normativa de seguridad y regulación," *Rev. Cuba. Inf. en Ciencias la Salud*, vol. 28, no. 3, pp. 1–13, 2017, doi: 10.36512/rcics.v28i3.1136.
- [13] R. Jabangwe, H. Edison, and A. N. Duc, "Software engineering process models for mobile app development: A systematic literature review," *J. Syst. Softw.*, vol. 145, no. July, pp. 98–111, 2018, doi: 10.1016/j.jss.2018.08.028.
- [14] "¿Qué es la metodología ágil?" <https://www.redhat.com/es/devops/what-is-agile-methodology> (accessed Nov. 01, 2021).
- [15] "What is Extreme Programming (XP)? | Agile Alliance." [https://www.agilealliance.org/glossary/xp/#q=~\(infinite~false~filters~\(postType~\(~'post~'aa_book~'aa_event_session~'aa_experience_report~'aa_glossary~'aa_research_paper~'aa_video\)~tags~\(~'xp\)\)~searchTerm~~sort~false~sortDirection~'asc~page~1](https://www.agilealliance.org/glossary/xp/#q=~(infinite~false~filters~(postType~(~'post~'aa_book~'aa_event_session~'aa_experience_report~'aa_glossary~'aa_research_paper~'aa_video)~tags~(~'xp))~searchTerm~~sort~false~sortDirection~'asc~page~1) (accessed Nov. 01, 2021).
- [16] "Qué es Kanban: Definición, Características y Ventajas." <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban> (accessed Nov. 01, 2021).
- [17] "Conozcamos el agilismo, las metodologías ágiles y SCRUM - Platzi." <https://platzi.com/clases/1307-scrum-2018/11886-conozcamos-el-agilismo-las-metodologias-agiles-y-s/> (accessed Nov. 01, 2021).

- [18] T. Satpathy, *Una Guía para el Conocimiento de SCRUM*, vol. 44, no. 8. 2017.
- [19] Ministerio de Salud y Protección Social, *Resolución número 3100 de 2019*. 2019, pp. 103–225.
- [20] “MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL,” 2014.
- [21] “Derecho del Bienestar Familiar [RESOLUCION_MINSALUDPS_3100_2019].” https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_3100_2019.htm (accessed Nov. 12, 2021).
- [22] “Almacenamiento en la nube para casa y el trabajo - Google Drive.” https://www.google.com/intl/es_co/drive/ (accessed Nov. 09, 2021).
- [23] “Hojas de cálculo de Google: crea y edita hojas de cálculo online de forma gratuita.” https://www.google.com/intl/es_co/sheets/about/ (accessed Nov. 10, 2021).
- [24] “Metrología - Puma Ingeniería.” <https://www.pumaingenieria.com/servicios/metrologia/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [25] “¿Qué es CRUD? | Operaciones CRUD en programación - IONOS.” <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/crud-las-principales-operaciones-de-bases-de-datos/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [26] “Simple Triggers | Apps Script | Google Developers.” <https://developers.google.com/apps-script/guides/triggers> (accessed Nov. 15, 2021).
- [27] “¿Qué es un Stakeholder? - Deconstruyendo Scrum.” <https://www.deconstruyendoscrum.com/que-es-un-stakeholder/> (accessed Oct. 27, 2021).
- [28] “Scrum: qué es, cómo funciona y por qué es excelente.” <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum> (accessed Oct. 25, 2021).
- [29] K. Schwaber, J. Sutherland, L. G. De Scrum, L. Guía, D. De Scrum, and L. Reglas, “2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American,” 2020.
- [30] “Metodología Scrum: ¿cómo aplicarla en tus proyectos empresariales? | APD.” <https://www.apd.es/metodologia-scrum-que-es/> (accessed Oct. 26, 2021).
- [31] “Funciones de scrum de metodología ágil | Atlassian.” <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum/roles> (accessed Nov. 14, 2021).
- [32] “¿Qué es un Stakeholder? - Deconstruyendo Scrum.” <https://www.deconstruyendoscrum.com/que-es-un-stakeholder/> (accessed Oct. 26, 2021).
- [33] “Metodología Scrum: qué es y cómo funciona.” <https://www.wearemarketing.com/es/blog/metodologia-scrum-que-es-y-como-funciona.html> (accessed Nov. 14, 2021).
- [34] E. B. SCHOOL, “Que es el Product Backlog y el Sprint Backlog en Scrum.” <https://www.ealde.es/product-backlog-sprint-backlog/> (accessed Oct. 28, 2021).
- [35] Scrumio, “El Incremento de producto.” <https://www.scrumio.com/scrum/incremento-de-producto/> (accessed Oct. 28, 2021).
- [36] “Las 5 ceremonias Scrum: claves para la gestión de procesos.” <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/ceremonias-scrum.html> (accessed Oct. 28, 2021).
- [37] “Make an App with No-Code. Start building today for free.” <https://www.appsheet.com/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [38] “Apps Script | Google Developers.” <https://developers.google.com/apps-script> (accessed Nov. 14, 2021).
- [39] “Gestionar AppSheet en tu organización - Ayuda de Administrador de Google Workspace.” <https://support.google.com/a/answer/10100275?hl=es> (accessed Nov. 03, 2021).
- [40] “Firebase: qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas.” <https://www.digital55.com/desarrollo-tecnologia/que-es-firebase-funcionalidades->

- ventajas-conclusiones/ (accessed Nov. 07, 2021).
- [41] "Swift - Apple (CO)." <https://www.apple.com/co/swift/> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [42] "Escribe tu primera aplicación Flutter, parte 1." <https://codelabs.developers.google.com/codelabs/first-flutter-app-pt1?hl=es-419#0> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [43] "AppSheet Pricing." <https://solutions.appsheet.com/pricing> (accessed Nov. 04, 2021).
 - [44] "Firebase Pricing." <https://firebase.google.com/pricing?hl=es> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [45] "AppSheet Platform." <https://solutions.appsheet.com/application-platform> (accessed Nov. 04, 2021).
 - [46] "Más información sobre Android y Firebase." <https://firebase.google.com/docs/android/learn-more?hl=es> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [47] "Beautiful native apps in record time | Flutter." <https://flutter.dev/> (accessed Nov. 14, 2021).
 - [48] "¿Qué es BACKEND y FRONTEND? (guía completa) | EDteam." <https://ed.team/blog/que-es-backend-y-frontend-guia-completa> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [49] "¿Qué es SaaS? | Oracle Colombia." <https://www.oracle.com/co/applications/what-is-saas/> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [50] "Firebase." https://firebase.google.com/?hl=es-419&gclid=Cj0KCQjw5oiMBhDtARIsAJi0qk0RwK8SHeXfdm8SCRZG2ejS2H9PMaGr3w2xBPY_vVj5P_k-jNCAAKEaAvkEEALw_wcB&gclsrc=aw.ds (accessed Nov. 03, 2021).
 - [51] "Swift (lenguaje de programación) - Wikipedia, la enciclopedia libre." [https://es.wikipedia.org/wiki/Swift_\(lenguaje_de_programación\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Swift_(lenguaje_de_programación)) (accessed Nov. 07, 2021).
 - [52] "Swift - Apple Developer." <https://developer.apple.com/swift/> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [53] "AppSheet: desarrollo de aplicaciones sin escribir código." <https://cloud.google.com/appsheet?hl=es> (accessed Nov. 03, 2021).
 - [54] "AppSheet - Opiniones, precios y características - Capterra España 2021." <https://www.capterra.es/software/149367/appsheet> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [55] "Formato JSON (JavaScript Object Notation) - Documentación de IBM." <https://www.ibm.com/docs/es/baw/20.x?topic=formats-javascript-object-notation-json-format> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [56] "Common Expression Language – opensource.google." <https://opensource.google/projects/cel> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [57] "Primeros pasos con las reglas de seguridad de Firebase." <https://firebase.google.com/docs/rules/get-started?hl=es> (accessed Nov. 06, 2021).
 - [58] "Dart de Google: el lenguaje de programación explicado con ejemplos - IONOS." <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/lenguaje-de-programacion-dart-de-google/> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [59] Salesforce, "¿Qué es Salesforce?" 2021. <https://www.salesforce.com/es/products/what-is-salesforce/>.
 - [60] "Firebase Products." <https://firebase.google.com/products-build?hl=es-419> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [61] "Firebase integrations." <https://firebase.google.com/integrations?hl=es-419> (accessed Nov. 07, 2021).
 - [62] "IBM Cloud Docs." <https://cloud.ibm.com/docs/swift?topic=swift-object-storage> (accessed Nov. 07, 2021).

- [63] “Persistencia de datos con SQLite - Flutter.” <https://esflutter.dev/docs/cookbook/persistence/sqlite> (accessed Nov. 07, 2021).
- [64] “Software de hojas de cálculo Microsoft Excel | Microsoft 365.” <https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365/excel> (accessed Nov. 14, 2021).
- [65] “MySQL.” <https://www.mysql.com/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [66] “Dropbox.” <https://www.dropbox.com/es/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [67] “How to create a no-code app.” <https://solutions.appsheet.com/how-to-create-an-app> (accessed Nov. 14, 2021).
- [68] “¿Qué son las etiquetas NFC y los códigos QR? - Valuekeep.” <https://valuekeep.com/es/recursos/e-books-articulos/etiquetas-nfc-y-codigos-qr/> (accessed Nov. 14, 2021).
- [69] N. N. Americana, *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*, 3rd ed. Newtown Square: PMI, 2004.
- [70] “Usabilidad y funcionalidad,” Feb. 2008. <https://albertolacalle.com/hci/funcionalidad-usabilidad.htm> (accessed Nov. 01, 2021).
- [71] S. Pursell, “Pruebas de usabilidad: guía práctica para principiantes.” <https://blog.hubspot.es/marketing/pruebas-usabilidad> (accessed Nov. 01, 2021).
- [72] J. G. Enriquez and S. I. Casas, “Usabilidad en aplicaciones móviles,” *Inf. Científicos - Técnicos UNPA*, vol. 5, no. 2, pp. 25–47, Jun. 2014, doi: 10.22305/ict-unpa.v5i2.71.

ANEXOS

Anexo 1.EDT del SPRINT

Actividad	Descripción de la actividad	Duración (días)	Responsable	Ruta
Requerimientos				
A	Información que se le va a pedir a usuario y funcionamiento de la aplicación	5	Laura/Paloma	
B	Información que se debe tener y visualización de esta al usuario (H.V, calibraciones, IT, otro)	5	Laura/Paloma	
C	Definir la idea (alcance)	5	Laura/Paloma	A,B
D	Explorar plataformas para desarrollar la aplicación	2	Laura/Paloma	
E	Investigar cómo hacer la relación entre los códigos de barra y la aplicación	1	Laura	J
F	Hacer la relación códigos de barra y aplicación	3	Laura	E
G	Definir la muestra a trabajar	1	Laura/Paloma	C
H	Estandarizar la muestra	5	Laura/Paloma	G
I	Explorar las aplicaciones para hacer la lectura de código de barra	1	Laura	
J	Definir la aplicación para leer los códigos de barra	1	Laura	I
Codificación				
K	Generar una función que identifique que acción esta realizado el usuario dentro de la aplicación	3	Paloma	F,C
L	Mover carpetas y archivos y carpetas cuando se modifica el inventario	4	Paloma	O
M	Generar un sistema de control que prevenga la perdida de información cuando se genera algún cambio	4	Paloma	K
N	Generar una función que cree los documentos que se van a imprimir con base en la información ingresada	3	Laura	K
O	Ingresar a los documentos existentes de los equipos y extraer información para poder organizarlos correctamente	1	Paloma	P
P	Generar una función que actualice toda la información en las hojas creadas	1	Paloma/Laura	K
Interfaz gráfica				
Q	Discutir la interfaz requerimientos no funcionales	1	Laura	A,B
R	Hacer la interfaz	3	Laura	J,Q,T
S	Conectar la interfaz al programa principal	3	Paloma	L,N,M
T	Definir la aplicación para hacer la interfaz	1	Laura/Paloma	D

Anexo 2. Formato usado para la evaluación de la aplicación.

Menús del usuario	Criterios	Activos				
Ingresar	Criterios de funcionalidad					
	¿Se refleja el ingreso del equipo a la tabla Historial ?					
	¿Se actualiza la ubicación del equipo en la tabla Inventario ?					
	¿Se buscan los documentos del equipo biomédico y se visualiza la información de forma correcta en la tabla Ver ?					
	¿La documentación del equipo biomédico queda correctamente ubicada?					
	¿Se eliminan las carpetas donde se encontraba previamente el equipo biomédico?					
	¿Al finalizar la ejecución no se dio alguna pérdida de información del equipo biomédico?					
	¿Al finalizar la ejecución no se ubicó información incorrecta en la documentación del equipo biomédico?					
	Criterios de usabilidad					
	¿El tiempo de ejecución del programa es rápido?					
	¿Al ingresar la información el usuario no cometió algún error?					
	¿El error no causo ningún inconveniente al momento de ejecutar la aplicación?					
	¿Si el usuario cometió un error es capaz de corregirlo?					
	¿La información presentada al usuario en el menú " Ver " es pertinente?					
Mover	Criterios de funcionalidad					
	¿Se refleja el cambio de ubicación del equipo biomédico en la tabla Inventario ?					
	¿Se rellenan adecuadamente los campos de los formatos <i>Acta de entrega y devolución de equipos biomédicos</i> y <i>Control de activos fijos</i> ?					
	¿Se mueven las carpetas de los equipos biomédicos y su documentación a la nueva ubicación de forma adecuada?					
	¿La información presentada en la tabla Ver se actualiza?					
	¿La información presentada en la tabla Historial no es redundante?					
	Criterios de usabilidad					
	¿El tiempo de ejecución del programa es rápido?					
	¿La información solicitada al usuario no es redundante?					
	¿Al ingresar la información el usuario no cometió algún error?					
	¿Si el usuario cometió un error es capaz de corregirlo?					
¿La información presentada al usuario en el menú " Ver " es pertinente?						

Ver	Criterios de funcionalidad						
	¿El usuario es capaz de encontrar el equipo biomédico que quiere consultar usando la serie, activo o número de calibración?						
	¿El usuario es capaz de acceder a la información del equipo biomédico?						
	Criterios de usabilidad						
	¿La información del equipo biomédico se visualiza rápidamente?						
	¿El usuario puede ingresar a la documentación del equipo biomédico fácilmente?						
	¿La información presentada del equipo biomédico es pertinente?						
	¿La información presentada está actualizada?						
Iniciales usuario							