

Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles para la gestión del mantenimiento de equipos médicos en entornos clínicos

Cano Rodríguez, Diego Gael

2025

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6190>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Desarrollo de una Aplicación para Dispositivos Móviles para la Gestión del Mantenimiento de Equipos Médicos en Entornos Clínicos

Cano Rodríguez Diego Gael (octavo semestre en Ingeniería Biomédica)¹, Eugenio Reyes Carlos Sebastián (octavo semestre en Ingeniería Biomédica)¹, García Sánchez Alexia (octavo semestre en Ingeniería Biomédica)¹, *, Alanís Urquieta Carlos Daniel (profesor responsable)¹, Pérez Aguirre Rafael (profesor asesor)¹

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Palabras clave: Gestión de equipo médico, mantenimiento, clínica, bases de datos, interfaz.

***Autor Corresponsal:** alexia.garcia.sanchez@iberopuebla.mx

Introducción

La gestión de equipamiento médico es la organización y coordinación de actividades para asegurar el uso seguro, eficiente y efectivo de los dispositivos físicos en la atención de la salud. Incluye la planificación, adquisición, mantenimiento, operación y reemplazo de equipos médicos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y optimizar los recursos tecnológicos en los establecimientos de salud [1].

La gestión adecuada del equipamiento médico es fundamental para las instituciones de salud, ya que influye directamente en la calidad del servicio, la seguridad del paciente y la sostenibilidad operativa. Por esta razón, numerosos estudios han destacado la importancia de implementar estrategias para el mantenimiento, gestión y regulación de los equipos médicos, apoyadas en el uso de software y hardware que faciliten estas actividades. Además, se ha señalado que el uso de estrategias basadas en datos contribuye a optimizar la disponibilidad y el rendimiento de los equipos, al reducir los tiempos de inactividad y los costos asociados [2].

Sin embargo la implementación de este tipo de métodos debe de aplicarse de manera organizacional, entre las propuestas de estos modelos de gestión se encuentran aquellos basados en procesos segmentados en etapas diferentes siendo esto desde la adquisición de un equipo hasta su disposición final esto debe de implementarse en un software para un seguimiento en tiempo real y en un hardware que sea de amigable con el usuario [3] promoviendo de esta manera una cultura institucional relacionada a la trazabilidad de los equipos. Lo cual ha llevado a realizar comparativas como las del estudio de Boatemaa (2017) entre instituciones las cuales dependen de métodos manuales o no estandarizados en su totalidad para el control del inventario y el mantenimiento de equipos médicos generando de esta manera ineficiencias significativas [4]. Al afrontar esta situación organismos como la Organización Mundial de la Salud han planteado marcos regulatorios globales que promueven el uso de sistemas digitales para mejorar la supervisión y regulación de dispositivos médicos [5]. Lo cual nos lleva a plantear como objetivo de este proyecto el diseñar y desarrollar una aplicación digital que permita al personal de ingeniería biomédica gestionar de forma eficiente y centralizada el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos médicos, mejorando la trazabilidad, organización y toma de decisiones en un entorno clínico.

Metodología

El proceso se dividió en dos etapas: diseño de estructura de datos y el diseño de interfaz y navegación. Cada etapa se enfocó en garantizar que la aplicación cumpliera con los requerimientos específicos del entorno clínico, como la trazabilidad de equipos, la gestión eficiente de mantenimientos y la jerarquización de usuarios con diferentes niveles de acceso.

Diseño de base de datos

Como parte del diseño de la base de datos, se generaron distintos conjuntos de datos para organizar la información crítica del sistema. Entre estos se incluyen: las rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo, los reportes generados por el personal, los calendarios de mantenimiento programado y la asignación específica de tareas a los técnicos responsables. Esta estructura permite automatizar alertas, planificar recursos y dar seguimiento en tiempo real a las actividades realizadas.

Para cada equipo, se incluyeron los datos principales, tales como la marca, el modelo, el número de serie, el año de fabricación, tiempo de vida útil, el año de adquisición, el manual de servicio, el manual de usuario, los registros de mantenimiento y su código de registro interno

Desarrollo de la aplicación

Durante esta etapa se desarrolló el esquema funcional de la aplicación, estructurando las pantallas principales y el flujo de navegación de acuerdo con los diferentes tipos de usuarios que interactúan con el sistema (Fig. 1). La jerarquización de usuarios fue un componente clave en el diseño, permitiendo definir niveles de acceso y funciones específicas para cada perfil, con el objetivo de mantener la seguridad y trazabilidad de la información (Tabla 1).

- **Jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica:** Tiene acceso total al sistema. Sus funciones incluyen la administración de usuarios, la generación de reportes de fallas, el acceso completo a los reportes técnicos de los equipos, la consulta y edición de los calendarios de mantenimiento, así como el acceso al inventario general. Desde esta interfaz puede agregar o eliminar equipos, modificar datos clave y supervisar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento.
- **Técnico e Ingeniero de Mantenimiento:** Cuenta con acceso a los reportes de equipo, calendarios de mantenimiento y al inventario, pero con permisos restringidos. Puede modificar el estado de las tareas asignadas, completar reportes de servicio, actualizar el seguimiento del mantenimiento y cargar observaciones técnicas. No puede agregar ni eliminar información estructural, como nuevos equipos o usuarios.
- **Personal Médico:** Su acceso es limitado únicamente a la generación de reportes de fallas y la consulta del calendario de mantenimiento. Este perfil permite una participación del personal clínico sin comprometer la integridad de la base de datos, fomentando la comunicación con el área técnica de manera sencilla y directa.

Resultados y Discusión

El prototipo funcional de la aplicación fue desarrollado utilizando FlutterFlow, una plataforma visual basada en Flutter que permitió diseñar la interfaz gráfica de usuario (Fig.2) y definir el flujo de navegación (Fig. 1) de manera eficiente e intuitiva. En esta misma plataforma se programaron las restricciones correspondientes para cada tipo de usuario, garantizando que las funciones visibles y editables estuvieran alineadas con los permisos definidos previamente en la jerarquización.

Para la gestión de usuarios y la conexión con la base de datos, se integró Firebase como servicio backend. A través de Firebase Authentication, se gestionó el inicio de sesión seguro y la identificación del rol de cada usuario. Los conjuntos de datos, incluyendo el inventario, los reportes de mantenimiento, los calendarios y las asignaciones de tareas, fueron cargados directamente a Firebase Firestore, lo cual permitió visualizar y actualizar la información en tiempo real desde la aplicación (Fig. 3).

Conclusiones

A través del diseño estructurado de una base de datos robusta y de una interfaz de usuario intuitiva, fue posible centralizar funciones críticas como el control de inventario, la programación de mantenimientos y la generación de reportes, promoviendo la trazabilidad y la eficiencia operativa.

La implementación de FlutterFlow como herramienta de desarrollo permitió acelerar la creación de un prototipo funcional, facilitando el diseño de una experiencia de usuario amigable y adaptada a los diferentes niveles de acceso requeridos en un entorno clínico. Por su parte, la integración con Firebase como servicio backend proporcionó una plataforma segura, escalable y en tiempo real para la autenticación de usuarios y la gestión de datos sensibles.

La segmentación de usuarios en diferentes perfiles: Jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica, Técnicos e Ingenieros de Mantenimiento y Personal Médico aseguró un control adecuado sobre la edición y consulta de la información, fortaleciendo la seguridad del sistema y promoviendo una comunicación efectiva entre áreas técnicas y clínicas.

Finalmente, el proyecto sienta las bases para una futura implementación a mayor escala, donde la app pueda evolucionar integrando nuevas funciones como notificaciones automáticas, análisis predictivo de fallas y módulos de gestión de activos, contribuyendo así a fortalecer la infraestructura tecnológica de las instituciones de salud.

Referencias

- [1] R. Ayala, E. Arellanes, y E. Moreno, “Gestión de equipo médico”, *Secretaria de Salud, CENETEC*, ene. 2020, Consultado: el 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/cenetec>
- [2] Z. Lin, J. Kang, Y. Wei, y B. Zou, “Maintenance management strategies for medical equipment in healthcare institutions: a review”, *BME Horizon*, vol. 2, núm. 3, pp. 135–135, nov. 2024, doi: 10.70401/BMEH.2024.135.
- [3] G. V. Artamonova, O. E. Avramenko, A. N. Popsuiko, y N. I. Milinevskiy, “MEDICAL DEVICE MANAGEMENT BASED ON A PROCESS APPROACH”, *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*, vol. 13, núm. 2, pp. 72–81, jun. 2024, doi: 10.17802/2306-1278-2024-13-2-72-81.
- [4] M. A. Boatemaa, “Hospital Equipment and its Management System: A Mini Review”, *Curr Trends Biomed Eng Biosci*, vol. 6, núm. 2, jul. 2017, doi: 10.19080/CTBEB.2017.06.555684.
- [5] I. for Quality y E. in Health Care, “Comments on WHO Working Document QAS/16.664 Title of the document: WHO Global Model Regulatory Framework for Medical Devices including IVDs”, 2016, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9364-2016-REV-3/en/pdf>

Anexo

Tabla 1: Funciones disponibles para cada tipo de usuario en la aplicación

Módulo	Función	Ingeniero Biomédico	Técnico o ingeniero de servicio	Personal médico
Usuarios	Agregar usuarios	✓		
	Buscar usuarios	✓		
	Eliminar usuarios	✓		
Inventario	Buscar equipo	✓	✓	✓
	Agregar equipo	✓		
	Eliminar equipo	✓		
Calendario	Consultar fechas de mantenimientos	✓	✓	
	Programar nuevos mantenimientos	✓		
	Editar mantenimientos programados	✓		
Reportes	Consultar reportes existentes	✓	✓	✓
	Editar la asignación de mantenimientos	✓		
	Completar tareas de mantenimiento	✓	✓	
Reportar fallas	Reportar fallas en un equipo	✓	✓	✓

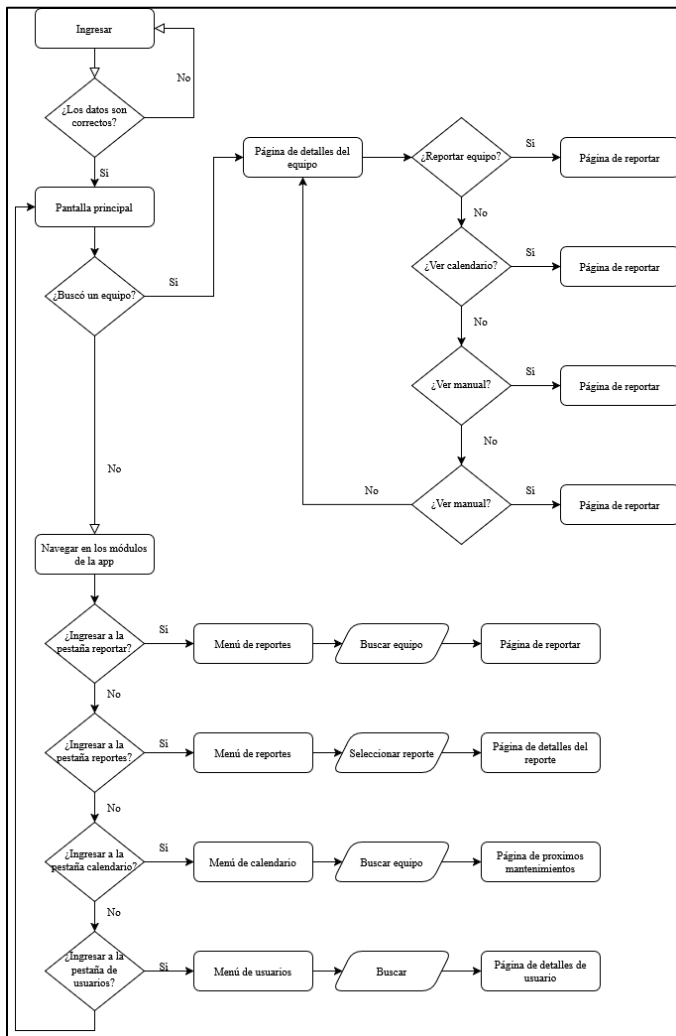


Fig. 1. Diagrama de flujo de navegación de la aplicación.



Fig. 2. Diseño de las pantallas de la aplicación.

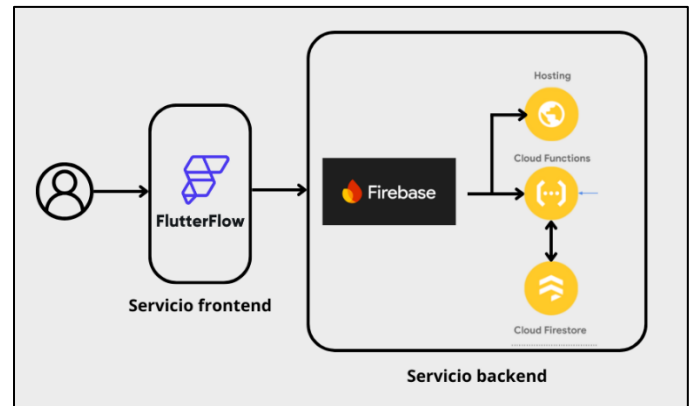


Fig. 3. Arquitectura de la aplicación móvil.