

Desarrollo de un sistema para la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos en el Hospital San Antonio de Barbacoas, Nariño

Development of a system for Biomedical Equipment Maintenance Management in the San Antonio de Barbacoas Hospital – Nariño

Yonier Boanerges Rodríguez

yonier.rodriguez01@usc.edu.co

Jhonnier Andrés Olaya Angulo

Jhonnier.olaya00@usc.edu.co

Leonardo Antonio Bermeo Varón

leonardo.bermeo00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Bioingeniería

Resumen

La gestión de mantenimiento de equipos biomédicos en las instituciones prestadoras de servicios de salud desempeña un papel importante que permite ofrecer un servicio de calidad. Toda vez, que con su implementación permitirá conocer el estado de los equipos biomédicos por medio de indicadores, como la disponibilidad de los equipos, cumplimiento de metas de mantenimiento y todo acerca de su tecnología, lo que redundará en un mejor servicio. Actualmente, los sistemas de información por medio de sistemas específicos y manejo de bases de datos permiten una óptima gestión en pro de la prestación de un servicio de calidad. En particular en el Hospital San Antonio ubicado en el departamento de Nariño en el municipio de barbacoas no cuenta con sistemas de gestión adecuados y realizan este trabajo por medio de hoja de cálculo, lo genera problemas en aspectos como la seguridad, actualización y falta de control de la información. Además, el alto flujo de información provoca problemas con filtros y migración de información a otro sistema, lo que puede producir pérdida de información o sencillamente no se transfieren los datos a otros formatos. Es así, como en este trabajo se realizó el desarrollo de un sistema para la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos denominado SYSGEB para ser implementado en el Hospital de Barbacoas. El sistema es realizado en lenguaje de programación PHP en la plataforma Visual Studio Code, es un aplicativo web que cuenta con un servidor web y base de datos MySQL. SYSGEB cuenta con módulos funcionales que permiten llevar el inventario de equipos, indicadores de gestión, cronograma de mantenimiento, reportes, hoja de vida de equipos, alarmas, almacén y control de usuarios. Para su validación se realizaron pruebas preliminares de funcionalidad y apreciaciones del sistema por medio del método casos de prueba, también se realizó una prueba de usabilidad por medio del método EUS (Escala de Usabilidad de Sistemas). Los resultados indican que SYSGEB cuenta con los parámetros necesarios para llevar a cabo la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos en pro del servicio de calidad y con alto porcentaje de efectividad de uso y la satisfacción por parte de las personas que intervienen en el sistema.

Palabras Clave: *Sistemas biomédico; Gestión de mantenimiento; Equipos biomédicos; SYSGEB.*

Abstract

The maintenance management of biomedical equipment in health care institutions plays an important role in providing quality service. Its implementation will make it possible to know the status of biomedical equipment through indicators, such as equipment availability, compliance with maintenance goals, and everything about its technology, which will result in a better service. Currently, information systems through specific systems and database management allow optimal management for the quality service provision. In particular, the San Antonio Hospital located in the department of Nariño in the municipality of Barbacoas does not have adequate management systems and performs this work using excel spreadsheets, which generates problems in aspects such as security, updating, and lack of control of the information. In addition, the high flow of information causes problems with filters and migration of information to another system, which can lead to loss of information or simply not transferring the data to other formats. Thus, in this work, we developed a system for the management of biomedical equipment maintenance called SYSGEB to be implemented in the Barbacoas Hospital. The system is made in PHP programming language in the Visual Studio Code platform, it is a web application that has a web server and MySQL database. SYSGEB has functional modules that allow keeping the equipment inventory, management indicators,

maintenance schedule, reports, equipment lifecycle, alarms, and warehouse and user control. For its validation, preliminary functionality and system appreciation tests were carried out using the test cases method, as well as a usability test using the EUS (System Usability Scale) method. The results indicate that SYSGEB has the necessary parameters to carry out the maintenance management of biomedical equipment in favor of quality service and with a high percentage of effectiveness of use and satisfaction on the part of the people involved in the system.

Keywords: *Biomedical System; Maintenance Management; Biomedical Equipment, SYSGEB.*

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas biomédicos juegan un papel importante en los servicios prestados por las entidades de salud, debido a que son los responsables de (i) determinar la disponibilidad de los equipos biomédicos en los servicios de salud y (ii) realizar seguimiento y soporte técnico a los equipos biomédicos de la institución. Es así como estos sistemas deben estar siempre disponibles y en buen estado, con el objetivo de garantizar que los equipos en los servicios de salud logren siempre estar disponibles para brindar una buena atención a los pacientes. En ese sentido, los sistemas biomédicos son de vital importancia ya que una oportuna gestión incrementará la vida útil del equipo y se evitará la interrupción de su servicio, toda vez que se llevará un control del mantenimiento con indicadores actualizados con el fin de ejecutar acciones que mejoren esta gestión, cualquier esfuerzo realizado en pro de la gestión biomédica genera un buen servicio médico.

Actualmente, el Hospital San Antonio del Municipio de Barbaças del departamento de Nariño – Colombia con 56 años de existencia es una institución de nivel 1 que ofrece sus servicios a la comunidad de Barbaças (31.722 habitantes), los servicios de: (i) consulta externa, (ii) urgencias, (iii) hospitalización, (iv) rayos x, (v) sala de parto, (vi) odontología, (vii) laboratorio clínico (viii) farmacia, (ix) ecografía, (x) central de esterilización y (xi) vacunación. El hospital cuenta con un departamento de Biomédica que realiza la gestión de los equipos biomédicos de la institución, el cual es importante para la atención en todo momento de la institución. Sin embargo, no cuenta con instrumentos de última tecnología. El proceso de gestión del mantenimiento es realizado por medio del programa licenciado de software de hoja de cálculo de la empresa Microsoft®, donde está registrada una base de datos (inventario de los equipos) y algunos requerimientos de mantenimiento que a pesar de ser un sistema computacional no es adecuado para una gestión de este tipo de procesos. Por ejemplo, la institución ha presentado problemas en el manejo de información como: la complejidad de ver el estado de los equipos biomédicos, desactualización de información, omisión de indicadores de gestión, seguridad casi nula, manejo de información en una sola estación, datos importantes de los equipos faltantes e historial de fallas de los equipos casi nulo, lentitud para acceder a los datos sensibles y no genera reportes automáticos puesto que se deben hacer a través de tablas dinámicas o macros. Si bien el departamento ha planteado posibles soluciones por medio de macros, algunos inconvenientes persisten como: (i) incompatibilidad de versiones, (ii) poca seguridad, (iii) limitado manejo de volumen de datos, (iv) difícil seguimiento y control al cambio de datos, y (v) cambios en la información sin saber quién los realizó, esto sucede porque el sistema se encuentra en una sola estación. Estos problemas impedirían establecer un sistema de calidad en la institución debido a la omisión de ejecución de tareas de mantenimiento o simplemente el seguimiento de indicadores que redundará en la calidad del servicio de la institución.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, es importante que a través de un sistema de gestión se realice un control y un mantenimiento oportuno de los equipos, para garantizar la seguridad y buen servicio a los pacientes, basados en estándares de calidad de acuerdo a la Resolución 3100 del 2019 la cual indica que los equipos biomédicos deben tener programa de mantenimiento preventivo, que incluya el cumplimiento de las recomendaciones establecidas por el fabricante o de acuerdo con el protocolo de mantenimiento que tenga definido el prestador, éste último cuando no esté definido por el fabricante (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019), del mismo modo el Decreto 4725 del 2005 el cual menciona que las instituciones prestadoras de Servicios de Salud deberán llevar registros de las actividades de mantenimiento realizadas por ellas o por terceros para la programación y control de los dispositivos médicos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2005).

Es así, como este trabajo se realiza el desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos basado en Web en lenguaje de programación PHP, donde se incluyó (i) información estructurada de los datos de los equipos biomédicos (inventario) incluyendo la fecha de mantenimiento obligatorio y con acceso desde cualquier punto, esto es,

sistema programado en un servidor web, (ii) alarmas de mantenimiento y vista actualizada del cronograma, (iii) generación de indicadores de gestión, (vi) indicadores de gestión y (v) suministrará una seguridad en la información, toda vez que se tendrá control de quién tiene acceso al sistema, principalmente. El desarrollo fue validado por personas del departamento de ingeniería Biomédica del Hospital y se realizó una prueba de efectividad y satisfacción por medio de la prueba de usabilidad (EUS).

2. MARCO TEÓRICO

El Ministerio de la Protección Social en su decreto 4725 el artículo 2 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2005) define un equipo biomédico como “*dispositivo médico operacional y funcional que reúne sistemas y subsistemas eléctricos, electrónicos o hidráulicos incluidos los programas informáticos para ser usado en seres humanos*”. Con lo mencionado anteriormente, se identifican en el inventario del Hospital los diferentes equipos biomédicos. Adicionalmente, el artículo 38 indica las condiciones de la posventa de los equipos “*El propietario o tenedor del equipo biomédico deberá asegurarse que su uso y funcionamiento estén de acuerdo con lo establecido en los manuales entregados por el fabricante en el momento de la venta del mismo, así como de su calibración y mantenimiento*”, por lo cual debe almacenarse la información pertinente de los equipos, el parágrafo 3 añade las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud deberán llevar registros de las actividades de mantenimiento realizadas por ellas o por terceros para la programación y control de los dispositivos médicos considerados equipos biomédicos de tecnología controlada. Dichos registros podrán ser solicitados por las autoridades sanitarias, cuando éstas lo estimen pertinente. Este requisito hace obligatorio el control y esta condición puede cumplirse al contar con un sistema de gestión de equipos.

2.1 Sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS)

De acuerdo con Subhan (2013) el CMMS es un sistema de gestión de mantenimiento computarizado, el cual es utilizado por los departamentos de ingeniería biomédica/clínica para recopilar información, almacenar información y analizar datos sobre la reparación y mantenimientos de los equipos biomédicos. Los CMMS ayudan al personal de ingeniería clínica a administrar un sistema de gestión de mantenimiento de forma efectiva.

2.2 Riesgo y Gestión Tecnológica Hospitalaria

Un factor determinante para el uso adecuado de los equipos médicos es la gestión del riesgo, según la ISO 31000 esta implica la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas a las actividades de comunicación y consulta, establecimiento del contexto y evaluación, tratamiento, seguimiento, revisión, registro e informe del riesgo (Organización Internacional de Normalización, 2018).

El proceso de gestión de riesgo involucra el ciclo de vida útil, que abarca desde su diseño hasta su retirada, una de las etapas que se debe considerar es la de uso, la cual puede verse afectada por la falta o un inadecuado mantenimiento (Cajigas, 2010). Un sistema de gestión de equipos es un factor positivo para prevenir la pérdida de los equipos antes de cumplir su vida útil, puesto que permite realizar los mantenimientos conforme a las indicaciones del fabricante en cuanto a procedimientos y tiempos. Teniendo en cuenta el seguimiento y el control de esta gestión, unos de los factores importantes en la gestión son los indicadores, los cuales permiten establecer una calidad al servicio que los equipos biomédicos realizan. Para que un sistema sea de calidad, dentro de la gestión se deben implementar indicadores. A continuación, se describen los indicadores de gestión más importantes en una institución que presta servicios de salud.

2.2.1 Indicadores de gestión

Un indicador se entiende como “*la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objetivo o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previstos e influencias esperadas*” (Beltrán, 2005, p. 36). Esto constituye un factor de calidad. Dentro de los indicadores de gestión los siguientes se encuentran:

Ecuación (1) define la relación del costo anual del programa de mantenimiento con el costo del inventario de equipos biomédicos, donde CAMP es el costo anual del programa de mantenimiento y CIEM es el costo de inventarios de equipos.

$$\frac{CAMP}{CIEM} * 100 \quad (1)$$

Ecuación (2) define el porcentaje (%) Cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento preventivo, donde MPR es Mantenimiento Preventivo Realizado y MPP es el Mantenimiento Preventivo Programado

$$MP = \frac{MPR}{MPP} * 100 \quad (2)$$

Ecuación 3 define el porcentaje (%) de cumplimiento de las órdenes de trabajo o del mantenimiento correctivo, donde OTR son las órdenes de trabajo resueltas y OTS son las órdenes de trabajo solicitadas.

$$MP = \frac{OTR}{OTS} * 100 \quad (3)$$

Ecuación (4) define el porcentaje (%) de órdenes de servicio de mantenimiento correctivo resueltos en 5 días hábiles o menos, donde R5D indica resueltas en 5 días o menos y ST indica solicitadas en un tiempo.

$$MP = \frac{OTR5D}{OTST} * 100 \quad (4)$$

La Ecuación (5) define el porcentaje (%) de horas de parada de los equipos biomédicos que al fallar generan paro en el servicio por periodo, donde THPEB es el total de horas de parada del equipo Biomédico y THDEB es el total de horas disponibles.

$$DEB = 100 - \frac{THPEB}{THDEB} * 100 \quad (5)$$

2.3 Sistemas Informáticos

Un sistema informático es la tecnología que permite gestionar cualquier proceso, por medio de un software específico. Un software “*es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema de computación*” (IEEE, 1990). Estos sistemas buscan establecer parámetros adecuados para un seguimiento y control, por ejemplo, para la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos.

Existen diversas plataformas que permiten desarrollar aplicaciones para un objetivo en particular con diferentes capacidades y características, por ejemplo, PHP, JavaScript, Joomla, C++, entre otros. La diferencia entre todos es mínima, encontrando como las más relevantes el tipo de licencia y la capacidad, en ese sentido Visual Studio Code ofrece una buena opción en capacidad y en el tipo de licencia (GPL) para cualquier tipo de desarrollo.

Chávez (2019) define a Visual Studio Code como un amplio editor de código fuente compatible con Windows, macOS y Linux, es un sistema, soporta varios lenguajes de programación como C++, C#, Java, Python y PHP, principalmente. Su descarga está disponible en Microsoft de forma gratuita y de código abierto o libre, por lo tanto, permite una gran variedad de funciones, esta versatilidad le permite personalizar sus funciones con base en las necesidades que se requieren atender (Lardinois, 2015).

2.3 Antecedentes

En el desarrollo de soluciones en el diseño e implementación de sistemas específicos que permitan la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos en las instituciones de salud, se han presentado trabajos como el de Chois & Quiñones (2018) denominado Biomedic, que cuenta con seguridad de acceso de usuario y contraseña, inventario de equipos, su estado, hoja de vida, ficha técnica, programación de mantenimientos preventivos, reportes de mantenimientos correctivos y generación ordenes de trabajo. Si bien cuenta con la información necesaria y adecuada para la gestión de mantenimiento, no registra información estadística sobre indicadores de gestión y el mantenimiento no es orientado a riesgos, por lo cual tiene componentes por desarrollar y ampliar su funcionalidad, además el sistema de seguridad no tiene control.

Montijo-Valenzuela & Salinas (2019) desarrollaron un sistema de gestión de equipos y tecnología biomédicas, el cual

cuenta con control de acceso de usuario y contraseña, módulo de mantenimiento, consulta y cerrar sesión, esta herramienta permite diferenciar en el inventario los equipos propios y los equipos de proveedores, lleva un historial de los reportes de mantenimiento, cuenta con cronograma de mantenimientos programados, consultar estado de los equipos y su historial. Es una herramienta en desarrollo, no es aplicativo Web, por lo cual requiere instalación y uso local, limitando su campo de acción, no cuenta con datos estadísticos o análisis de la información brindada por los reportes, de igual forma no cuenta con los indicadores de gestión.

Estrada & Cifuentes (2011) desarrollaron un módulo de ingeniería biomédica, el cual cuenta con un servidor local que posee una estructura sólida que consolida la información de inventario de equipos, agrupa la información pertinente para la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos, está orientado a la recopilación estadística que alimente indicadores de gestión. Si bien cumple con la funcionalidad para la gestión de equipos, su uso es manual y requiere demasiado tiempo para alimentar las tablas, no es automatizada, no es en línea, no posee un control de acceso de usuario y contraseña, lo que hace que sea vulnerable e insegura, no posee un sistema de alarmas que recuerde la fecha de los mantenimientos programados.

Mejía & Marcillo (2021) desarrollaron una aplicación web nombrada MedicLis, que cuenta con control de acceso de usuario y contraseña, inventario de equipos, reportes de mantenimiento y su almacenamiento en historial, información sobre calibración de equipos, indicadores de gestión, control de usuarios y alarmas sobre la fecha de los mantenimientos. Posee la estructura necesaria para la gestión de equipos biomédicos, pero sigue en desarrollo para lograr implementar otros módulos como hoja de vida, orden de trabajos, almacén, entre otros, también incluir equipos de otros servicios y una alarma de ingreso al sistema.

Patiño (2019) desarrolló un sistema conocido como Biomedyssoft, es una aplicación web que cuenta con control de acceso de usuario y contraseña, tiene diferentes roles de administración y empleados, permite conocer el inventario de equipos y su historial de mantenimiento, permite registrar órdenes de servicio y reportes de mantenimiento, los cuales ofrecen datos estadísticos de cumplimiento o incumplimiento de los mantenimientos. Cuenta con la información necesaria para la gestión de equipos biomédicos, pero carece de un sistema de alarmas que notifique a los usuarios el ingreso al sistema y también la cercanía de la fecha de los mantenimientos programados.

3. MARCO LEGAL

Los equipos biomédicos deben cumplir los requisitos establecidos en la normativa sanitaria que le aplique, teniendo en cuenta que en control sanitario las acciones de calibración se harán de acuerdo con las indicaciones del fabricante, es así como en este ámbito encontramos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017).

Decreto 4725 de 2005 “Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2005).

Resolución 2003 de 2014 “Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014).

Resolución 3100 del 2019, Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019)

En cuanto a los procesos de gestión tecnológica hospitalaria (GTH) están regidos por las siguientes normativas nacionales e internacionales (Araujo, Bravo & Derazo, 2011).

Resolución 4445 de 1996, en esta resolución se establece las condiciones sanitarias y la normativa en general correspondiente a la infraestructura que deben tener las instituciones que prestan servicio en salud; teniendo en cuenta principalmente aspectos como: los requisitos para la construcción y ubicación; la disposición sanitaria de residuos sólidos; las características de las áreas; entre otras (Ministerio de Salud y Protección Social, 1996).

Decreto 4725 de 2005, Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano (Ministerio de Salud y Protección Social, 2005).

Decreto 1011 de 2006, Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2006).

Resolución 4816 de 2008, Por la cual se reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia, con el fin de fortalecer la protección de la salud y la seguridad de los pacientes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2008).

ISO 13485 de 2020, esta norma específica los requisitos para un sistema de gestión de calidad (SGC) que sea usado por una organización para el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicios relacionados (ICONTEC, 2020).

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema de equipos biomédicos inicialmente, se hizo un estudio de caso para confirmar las deficiencias que presenta el hospital en la gestión de equipos biomédicos y determinar la mejor vía posible para solucionarlo. Se empleó una estructura metodológica incremental, como lo describe Maida & Pacienza (2015) lo cuales indican que un proyecto se construye en etapas incrementales en donde cada etapa agrega funcionalidad. Estas etapas se basan en los requerimientos, diseño, codificación, prueba y entrega. De igual modo, se adoptaron apartados de la metodología Scrum, la cual permite delegar funciones, llevar un seguimiento periódico, presentar avances y realizar modificaciones conforme se requiera (Bahit, 2012). Así las cosas, se desarrollaron diferentes etapas: (i) se realiza una fase de recopilación de información, en la cual se le solicita al hospital información como: inventario de los equipos biomédicos, cronograma de mantenimiento y los servicios que ofrece la institución, (ii) se realiza un fundamento teórico de revistas de investigación, bases de datos académicas y literatura disponible sobre la temática y su normativa, (iii) se realiza un análisis teórico a la información dada por la institución y a los fundamentos teóricos, conforme a la información obtenida, se establecen los requerimientos funcionales del sistema en base a las necesidades del Hospital, (iv) se diseña la herramienta para atender los requerimientos estableciendo sus módulos funcionales, su estructura, las acciones requeridas, su diagrama de caso y su diagrama de clase y (v) se realizan pruebas de usabilidad y validación del sistema.

4.1 Recopilación de la información

Se realiza una recopilación de información sobre la normativa de la gestión de equipos biomédicos, consultando bases de datos académicas y revistas científicas, a su vez se recopila información técnica suministrada por la institución sobre los servicios que tiene el hospital, también información sobre el inventario de los equipos indicando el nombre, marca, modelo, serie, y ubicación, asimismo el cronograma de mantenimientos y las necesidades que presenta el hospital como: (i) pérdida información, (ii) falta de indicadores de gestión y (iii) interrupción en sus servicios por falta de un sistema de gestión de equipos biomédicos, con la información obtenida se procede a definir los requerimientos necesarios que el hospital requiere con respecto al sistema, teniendo en cuenta un fundamento teórico, metodológico y operativo.

4.2 Análisis de la información

Se realiza un análisis teórico a la información obtenida en la etapa de recopilación con el fin de resumir y seleccionar la información necesaria para hacerla manejable, para asimismo diseñar y desarrollar los requerimientos funcionales del sistema en base a las necesidades que la institución presenta, en la elaboración del sistema se establecieron roles que delegan las tareas necesarias para su realización como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Designación de roles

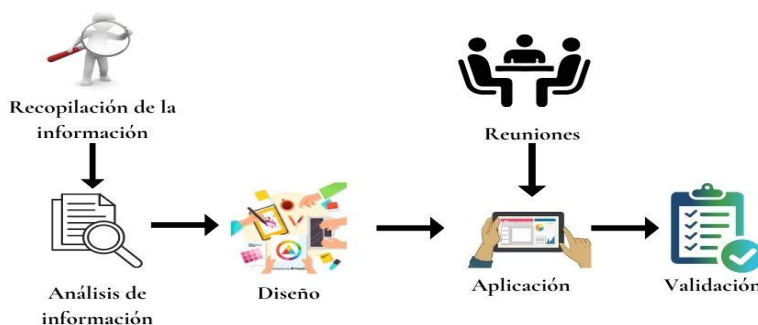
Rol	Función	Responsable
Líder Scrum	Establecer la ruta de trabajo y validar el avance de las fases del proyecto	Leonardo Antonio Bermeo Varón
Analista de requerimientos	Recopilación de información y especificación de requerimientos	Yonier Boanerges Rodríguez
Desarrollador	Integración de todos los componentes conforme a los requerimientos	Jhonnier Andrés Olaya Angulo
Analista de pruebas	Realizar pruebas funcionales, validación de resultados	Leonardo Antonio Bermeo Varón Yonier Boanerges Rodríguez Jhonnier Andrés Olaya Angulo

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la ruta metodológica, se establecen las acciones que permiten desarrollar el sistema, conforme a los roles

que cada integrante cumple, tal como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. Metodología implementada en el proyecto



Fuente: elaboración propia

4.3 Módulos

Para la gestión de equipos biomédicos, de acuerdo con el análisis de la información obtenida se establecen nueve módulos funcionales que permitan su desarrollo.

- (i) Acceso: Permite el acceso al sistema mediante el email del usuario y su contraseña.
- (ii) Inventario: Permite al usuario Administrador crear un nuevo equipo biomédico, editar o borrar los existentes, determinar el estado del equipo y también permite visualizar los equipos ya registrados, a los cuales se les asigna un código, se describe el nombre del equipo, marca, modelo, serie y su ubicación.
- (iii) Indicadores: Presenta el porcentaje de indicadores alcanzados en la gestión de equipos, tales como disponibilidad de equipo, cumplimiento del plan meta e indicador de falsas solicitudes.
- (iv) Cronograma: En un calendario permite ver los eventos programados, a su vez, en la parte inferior presenta una tabla con la información del mantenimiento de los equipos, presentando la fecha y hora del mantenimiento permitiendo observar si cumple o no con el mantenimiento.
- (v) Tarea: Establece el orden para realizar los mantenimientos y presenta la información sobre el mismo.
- (vi) Hoja de vida: Contiene la información detallada de las especificaciones de cada equipo, además de su historial de mantenimientos.
- (vii) Almacén: Permite llevar un control de existencias de elementos necesarios para el mantenimiento de los equipos.
- (viii) Reportes: A través de este módulo se reportan las acciones realizadas a los equipos cuando presentan fallas en su funcionamiento.
- (ix) Usuarios: Presenta la información de los usuarios y permite administrar su acceso y funciones.

4.4 Acciones requeridas

Con el análisis de la información se establecen las acciones requeridas para el sistema de gestión de equipos biomédicos, como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Acciones requeridas

Número	Servicio	Usuario
Módulo Inventario		
1	Permitir ver equipo	Administrador y Asistencial
2	Permitir crear equipo	Administrador
3	Permitir editar equipo	Administrador
4	Permitir eliminar equipo	Administrador
5	Permitir actualizar estado del equipo	Administrador
6	permite exportar inventario	Administrador

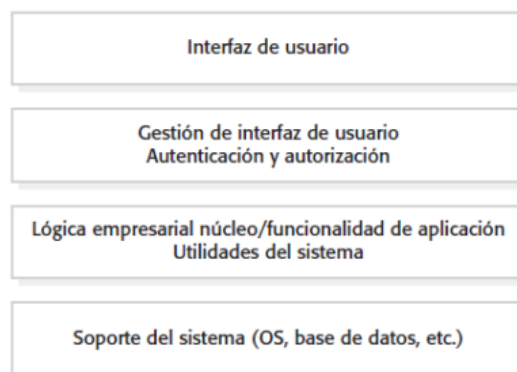
Número	Servicio	Usuario
Módulo Indicadores		
7	Permitir ver indicadores	Administrador
Módulo Cronograma		
8	Permitir ver calendario	Administrador
9	Permitir crear evento	Administrador
10	Permitir editar evento	Administrador
11	Permitir eliminar evento	Administrador
12	Permitir establecer tiempo	Administrador
Módulo Tarea		
13	Permitir crear tarea	Administrador
14	Permitir ver tarea	Administrador
15	Permitir editar tarea	Administrador
16	Permitir eliminar tarea	Administrador
Módulo Hoja de vida		
17	Permitir crear hoja de vida de equipo	Administrador
18	Permitir ver hoja de vida de equipo	Administrador
19	Permitir editar hoja de vida de equipo	Administrador
20	Permitir eliminar hoja de vida de equipo	Administrador
21	Permitir subir y descargar archivos	Administrador
Módulo Almacén		
22	Permitir crear elemento	Administrador
23	Permitir editar elemento	Administrador
Módulo Reportes		
24	Permitir crear reporte	Asistencial
25	Permitir ver reporte	Administrador y Asistencial
26	Permitir cambiar estado de reporte	Administrador
Módulo Usuarios		
27	Permitir administrar usuarios	Administrador
28	Permitir iniciar sesión	Administrador y Asistencial
29	Permitir actualizar información	Administrador y Asistencial
30	Permitir cerrar sesión	Administrador y Asistencial

Fuente: elaboración propia.

4.5 Estructura

En cuanto a la arquitectura, se establece la arquitectura en tres capas. Según Zurita (2015) el patrón de arquitectura en capas es otra forma de lograr separación e independencia, la funcionalidad del sistema está organizada en capas separadas, y cada una se apoya sólo en las facilidades y los servicios ofrecidos por la capa inmediatamente debajo de ella como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Arquitectura en capas



Fuente: Aragón Puetate (2018)

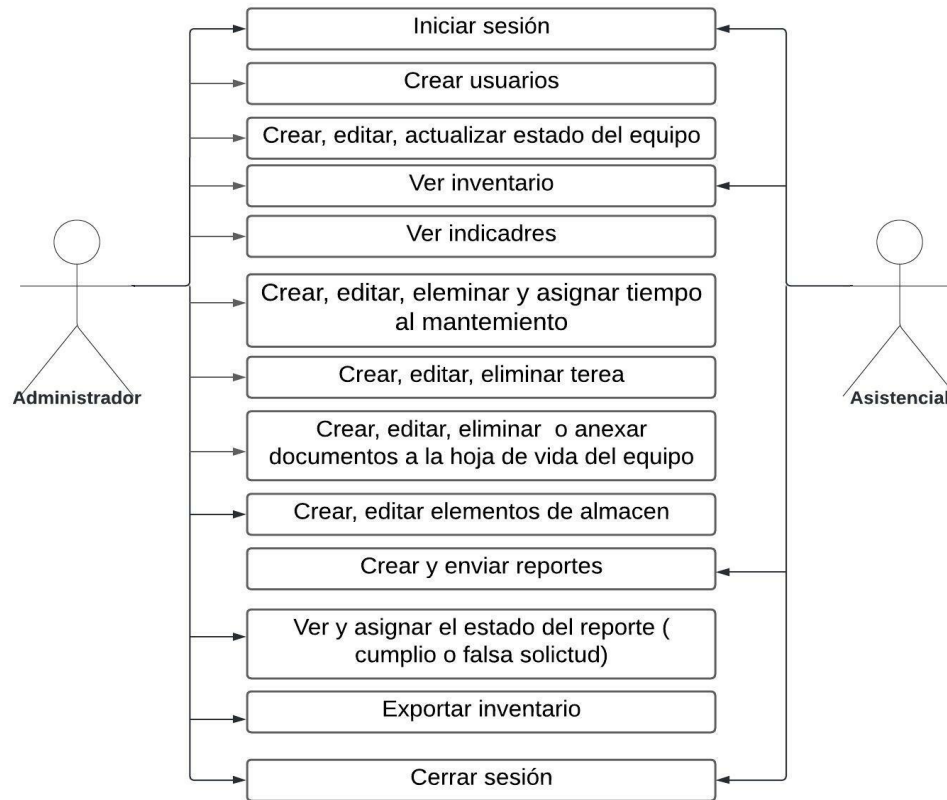
Luego se establece el lenguaje de programación, *electron framework*, motor de base de datos y tecnologías a utilizar en el

sistema web. El lenguaje de programación PHP (*electron framework visual studio code*), JavaScript, bootstrap y bases de datos MySQL.

4.6 Diagrama de caso

Se estructura el diagrama de casos de uso según corresponde a los permisos de rol de los usuarios, según las necesidades de gestión de equipos. En la Figura 3 se puede observar el diagrama y acciones de los actores en el sistema.

Figura 3. Diagrama de casos de uso

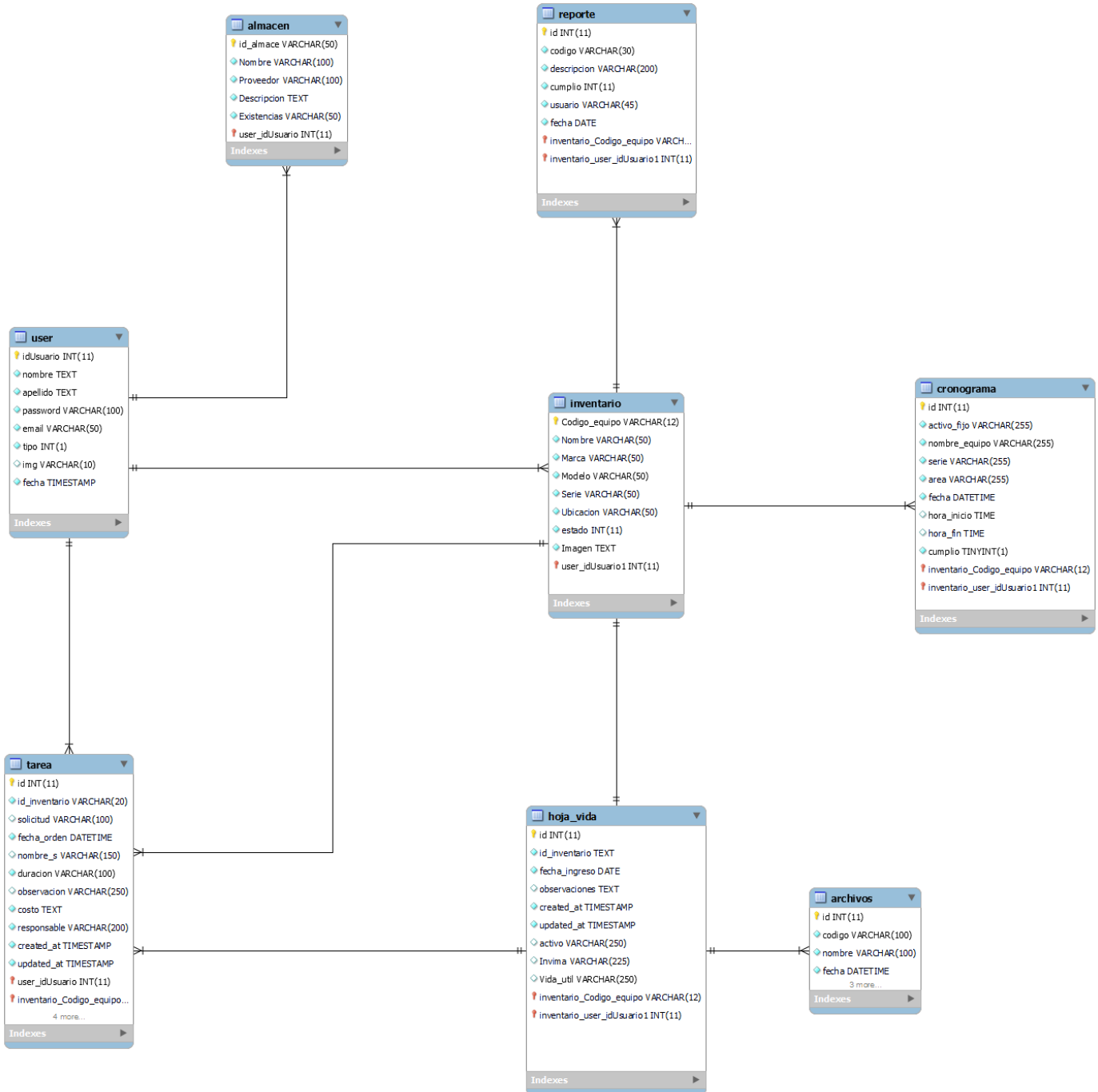


Fuente: elaboración propia

4.6.1 Diagrama entidad relación base de datos MySQL

Con las necesidades identificadas, se estructura la herramienta de gestión conforme a los módulos y las funciones de cada uno de ellos, como se presenta en la Figura 4.

Figura 4. Diagrama entidad relación base de datos MySQL



Fuente: elaboración propia

4.7 Requisitos de software y hardware

Para la puesta en marcha de la herramienta se requiere adquirir un servidor web, entre las ofertas disponibles en el mercado se adquiere un servidor web el cual posee un ancho de banda ilimitado, bases de datos ilimitadas, un almacenamiento de 100 Gb, correo gratuito y dominio, estas características son suficientes para el funcionamiento del sistema en el servidor web.

Para el uso de la aplicación se requiere un computador con las características básicas, al ser en línea, no requiere espacio en el disco duro para su almacenamiento, Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10, Linux y MAC o una versión

posterior, un procesador Intel Pentium 4 o superior compatible con SSE3.

4.8 Validación

Se realiza una tabla de validación orientada en casos de prueba. Este método se enfoca en las entradas y salidas según las condiciones establecidas de funcionalidad. Esto con el fin de reflejar el estado válido o no válido de las acciones requeridas para el correcto funcionamiento del sistema (Larrea, 2010). En la Tabla 3 se presentan los módulos y las acciones funcionales.

Para llevar a cabo la validación del sistema teniendo en cuenta el método casos de prueba, se realizaron pruebas preliminares del sistema en el hospital con acompañamiento del ingeniero encargado, donde se valida si el sistema cumple o no cumple con sus funcionalidades y sus respectivas apreciaciones, en la Tabla 3 y 4 se puede observar que todas sus funcionalidades y apreciaciones del sistema son válidas, debido a que las pruebas realizada tuvieron un buen resultado, en caso de que una de sus funciones fallará en la prueba se requiere revisar el sistema y realizar ajuste conforme al error que el sistema presente.

Tabla 3. Pruebas de validación usuario Administrador

Funcionalidad	Apreciación	Válido	No Válido	Observaciones
Acceso	Permite acceder a la plataforma con el protocolo de seguridad de usuario y contraseña	Si		
	Envía al correo electrónico registrado por el usuario una notificación de acceso al sistema	Si		
Gestionar el inventario de equipos	Permite ver los equipos en un listado, con información detallada del mismo tal como su codificación, nombre, marca, modelo, serie y ubicación.	Si		
	Permite crear un nuevo equipo, solicitando la información detallada del mismo tal como su codificación, nombre, marca, modelo, serie y ubicación.	Si		
	Permite editar, eliminar o actualizar el estado del equipo.	Si		
Conocer el porcentaje de los Indicadores de Gestión	Permite ver los indicadores de gestión, a saber, disponibilidad del equipo, cumplimiento de metas y falsas solicitudes.	Si		
	Permite ver el resultado de los indicadores de gestión en porcentaje.	Si		
Gestionar el cronograma de mantenimiento de equipos	Permite ver los criterios considerados para obtener el porcentaje de los indicadores de gestión.	Si		
	Permite ver la fecha de los mantenimientos programados, alertando sobre la cercanía de la fecha en la cual se debe realizar.	Si		
	Permite crear un nuevo mantenimiento, detallando el equipo, fecha y lugar.	Si		
Programar órdenes de servicio de mantenimiento	Permite ver los mantenimientos realizados, detallando la información del equipo, tiempo del mantenimiento y su cumplimiento	Si		
	Permite editar, eliminar o modificar el tiempo del mantenimiento.	Si		
	Permite crear órdenes de servicio, con la información necesaria sobre la solicitud, fecha, nombre, duración, observación, costo y responsable.	Si		
Gestionar la hoja de vida de los equipos	Permite ver, editar o eliminar las órdenes de servicio programadas.	Si		
	Permite ver los equipos en un listado con su código y nombre.	Si		
	Permite crear la hoja de vida de los equipos, agregando una imagen o foto del equipo, con la información detallada de fecha de ingreso, estado, nombre, marca, modelo, serie, vida útil, ubicación, Invima, características técnicas del equipo, detallando su tecnología predominante, fuente de alimentación y características físicas, frecuencia en la que requiere mantenimiento y manuales disponibles.	Si		
	Permite ver el historial del equipo.	Si		
Gestionar el almacén de insumos del área de mantenimiento de equipos	Permite ver, editar, eliminar o agregar archivos de la hoja de vida de los equipos.	Si		
	Permite ver el listado de los elementos disponibles en almacén.	Si		
	Permite crear elementos detallando su codificación, nombre, descripción y cantidad de elementos.	Si		
Gestionar los	Permite editar los elementos en la lista de almacén.	Si		
	Permite ver la información detallada de los reportes de mantenimiento,	Si		

Funcionalidad	Apreciación	Válido	No Válido	Observaciones
reportes de mantenimiento	mostrando el código del equipo, el usuario, el equipo, marca, modelo, serie, ubicación, fecha, descripción y su cumplimiento. Permite marcar el mantenimiento como cumplió o falsa solicitud según corresponda.	Si		
Gestionar los usuarios	Permite ver la información detallada del usuario que inició sesión. Permite administrar los usuarios, ya sea actualizando su información, eliminando el usuario o reiniciando el usuario a la configuración inicial con el que se creó. Permite exportar un archivo Excel del inventario.	Si Si Si		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4 Prueba de validación usuario Asistencial.

Funcionalidad	Apreciación	Válido	No Válido	Observaciones
Acceso	Permite acceder a la plataforma con el protocolo de seguridad de usuario y contraseña. Envía al correo electrónico registrado por el usuario una notificación de acceso al sistema.	Sí Sí		
Conocer el inventario de equipos	Permite ver los equipos en un listado, con información detallada del mismo tal como su codificación, nombre, marca, modelo, serie y ubicación.	Sí		
Gestionar los reportes de mantenimiento	Permite ver la información detallada de los reportes de mantenimiento, mostrando el código del equipo, el usuario, el equipo, marca, modelo, serie, ubicación, fecha, descripción y su cumplimiento. Permite crear un reporte de mantenimiento con la información detallada de los reportes de mantenimiento, mostrando el código del equipo, el usuario, el equipo, marca, modelo, serie, ubicación, fecha, descripción.	Sí Sí		

Fuente: elaboración propia

4.9 Prueba de usabilidad

Se propone realizar una prueba de usabilidad con la metodología EUS (Escala de Usabilidad de Sistemas) ya que esta permite medir la percepción de usabilidad de un sistema en cuanto a efectividad y satisfacción de la aplicación (Orosco, Carrión & Salinas, 2020). En el Anexo 1 se presenta la encuesta de usabilidad EUS (Escala de Usabilidad de Sistemas) la cual se usó para realizar la prueba de usabilidad al personal que tendrá acceso al sistema en la institución.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

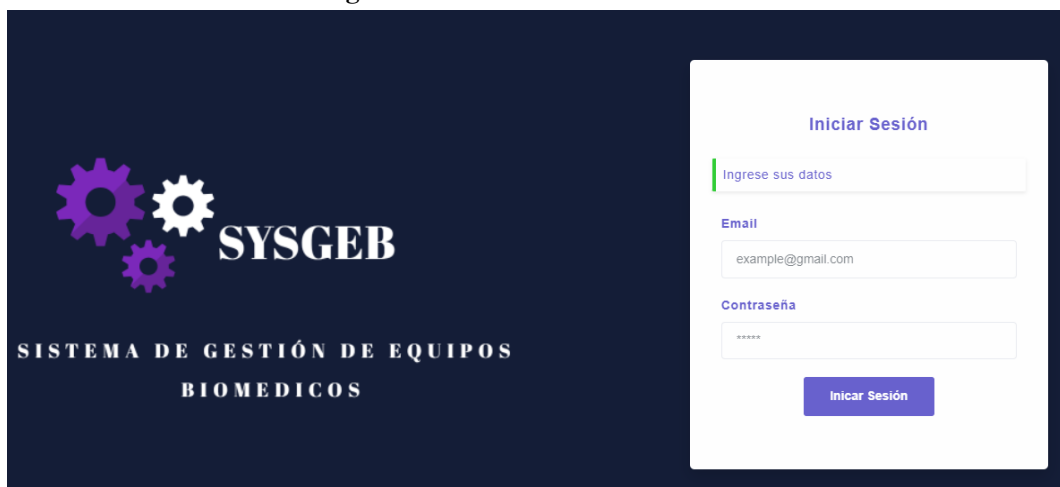
El sistema de gestión de equipos biomédico (SYSGEB) es un sistema que se diseñó y se implementó para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos del hospital de Barbacoas – Nariño, el cual cuenta con dos tipos de usuario (Administrador y Asistencial), el usuario administrador es el que tiene acceso a todos los módulos del sistema, además permite restablecer las contraseñas de todos los usuarios por una clave por defecto en el caso de que a los usuarios se les olvide, también cuenta con un sistema de alarma de inicio de sesión el cual informa al usuario por medio de un correo electrónico el acceso al sistema. En cuanto al usuario asistencial su nivel de acceso es limitado ya que solo tiene permiso para generar reportes en caso de que algún equipo falle en el servicio, también puede visualizar los equipos que se encuentra en inventario con el fin verificar la información del equipo al momento de generar el reporte. El sistema generó un buen impacto a la comunidad ya que gracias al desarrollo de la herramienta el hospital logra brindar un servicio de calidad en cuanto a la disponibilidad de los equipos en los servicios.

5.1 SYSGEB (Sistema de gestión de equipos biomédicos)

A continuación, se presentan los módulos operativos del sistema los cuales son: módulo de inventario, módulo de cronograma, módulo de tarea, módulo de hoja de vida, módulo de almacén, módulo de reportes y módulo de usuario. En los Anexos 2 y 3 se encuentran el manual de usuario y los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

Al ingresar al enlace de inicio, se presenta la ventana de inicio de sesión (Figura 5), en la cual se solicita el correo y la contraseña del usuario registrado.

Figura 5. Ventana de Inicio de sesión



Fuente: elaboración propia

El módulo Inventario (Figura 6) presenta los equipos biomédicos que se registren en la herramienta, los cuales se registran por medio del botón de crear, además cuenta con funciones para editar la información de los equipos, borrar un equipo o actualizar su estado. La información suministrada de los equipos servirá como base para otros módulos.

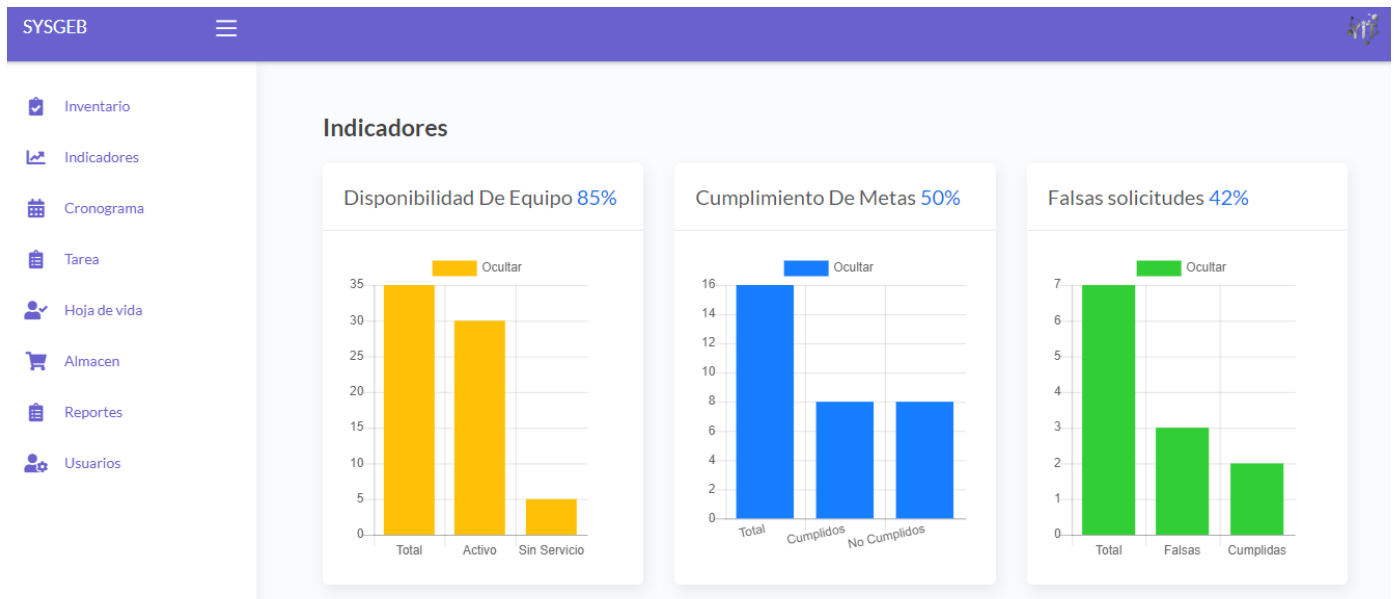
Figura 6. Módulo Inventario

ACTIVO FIJO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	UBICACION	ACCIONES
01-00007	NEBULIZADOR	GMR	NUBE 3000	IM1401-2555	ALMACÉN	Editar Eliminar Fuera de servicio
01-00032	BALANZA PEDIÁTRICA DIGITAL	N.R	CS-8316	N.R	ALMACÉN	Editar Eliminar Activo
01-00034	ASPIRADOR DE SECRECIONES	N.R	CS-8316	N.R	CONSULTA EXTERNA - CONSULTORIO MÉDICO 1	Editar Eliminar Activo
01-00038	BALANZA PEDIÁTRICA DIGITAL	N.R	CS-8316	N.R	CONSULTA EXTERNA - CONSULTORIO MÉDICO 5	Editar Eliminar Activo
01-00039	BOMBA DE INFUSIÓN	ENMIND	EN-V7 SMART	70200419527	ALMACÉN	Editar Eliminar Activo

Fuente: de autoría propia

En el módulo de Indicadores (Figura 7) se presenta la información respecto a los mantenimientos de los equipos, esta información permite alimentar los indicadores de biomédica y del Hospital, como lo son indicadores de disponibilidad de los equipos, cumplimiento de metas de mantenimiento y falsas solicitudes.

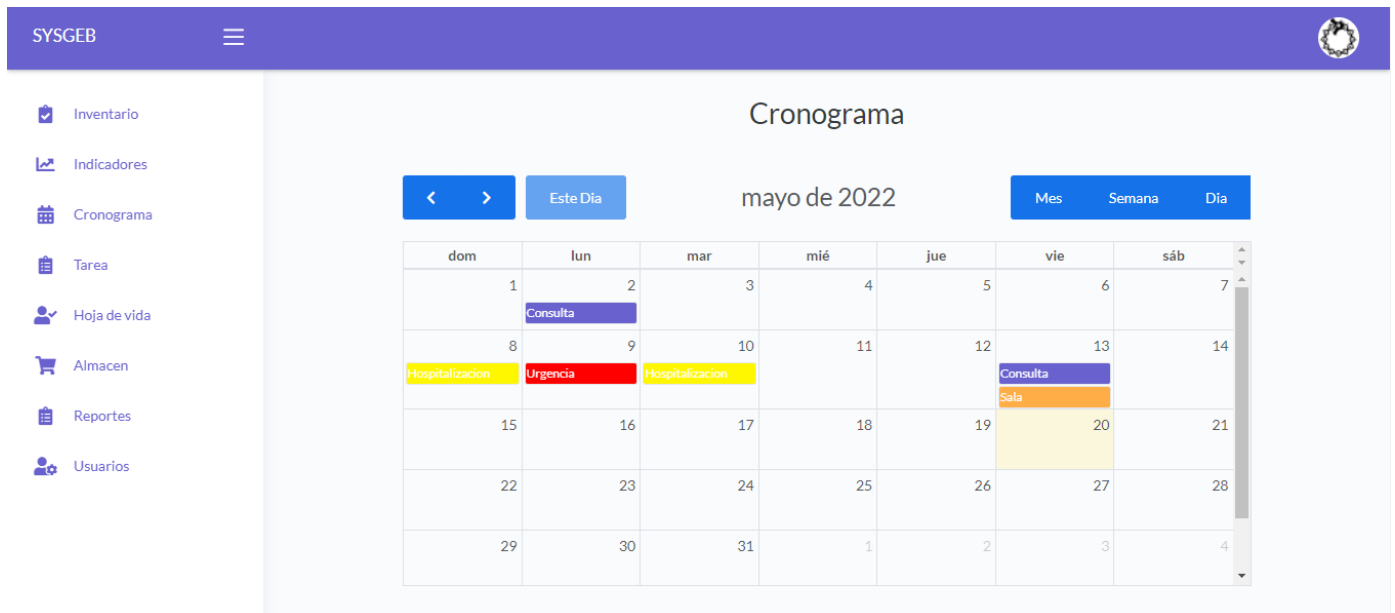
Figura 7. Módulo de Indicadores



Fuente: elaboración propia

El módulo Cronograma presenta un calendario con los eventos programados, permite acciones propias de mantenimiento preventivo, suministrando la información referente al equipo, hora del mantenimiento y si este se cumplió o no, el módulo también cuenta con un sistema de alarma el cual notifica al usuario administrado el día que tiene que realizar el mantenimiento por medio de un correo electrónico. La Figura 8 presenta el cronograma tipo calendario y la Figura 9 presenta el cronograma en una tabla.

Figura 8. Cronograma 1



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Cronograma 2

ID	ACTIVO FIJO	NOMBRE DEL EQUIPO	SERIE	AREA	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	CUM
1	01-00007	NEBULIZADOR	IM1401-2555	Hospitalizacion	2022-05-10	13:00:00	14:15:00	Si
2	01-00007	NEBULIZADOR	IM1401-2555	Urgencia	2022-05-09	00:00:00	00:00:00	No
3	01-00423	BOMBA DE INFUSIÓN	32210111284	Hospitalizacion	2022-05-08	10:00:00	11:20:00	Si
4	01-00039	BOMBA DE INFUSIÓN	70200419527	Consulta	2022-05-02	13:20:00	14:20:00	Si
5	01-00088	BASCULA TALLIMETRO DIGITAL	3131711220126	Sala	2022-05-13	00:00:00	00:00:00	No
6	01-00217	BASCULA DE PISO	10000000230474	Consulta	2022-05-13	16:00:00	16:30:00	Si

Fuente: elaboración propia

El módulo Tarea (Figura 10) permite programar los mantenimientos correctivos, los cuales son realizados por el personal del Hospital, allí se consigna la información referente al equipo, fecha, responsables, costos del mantenimiento y solicitante.

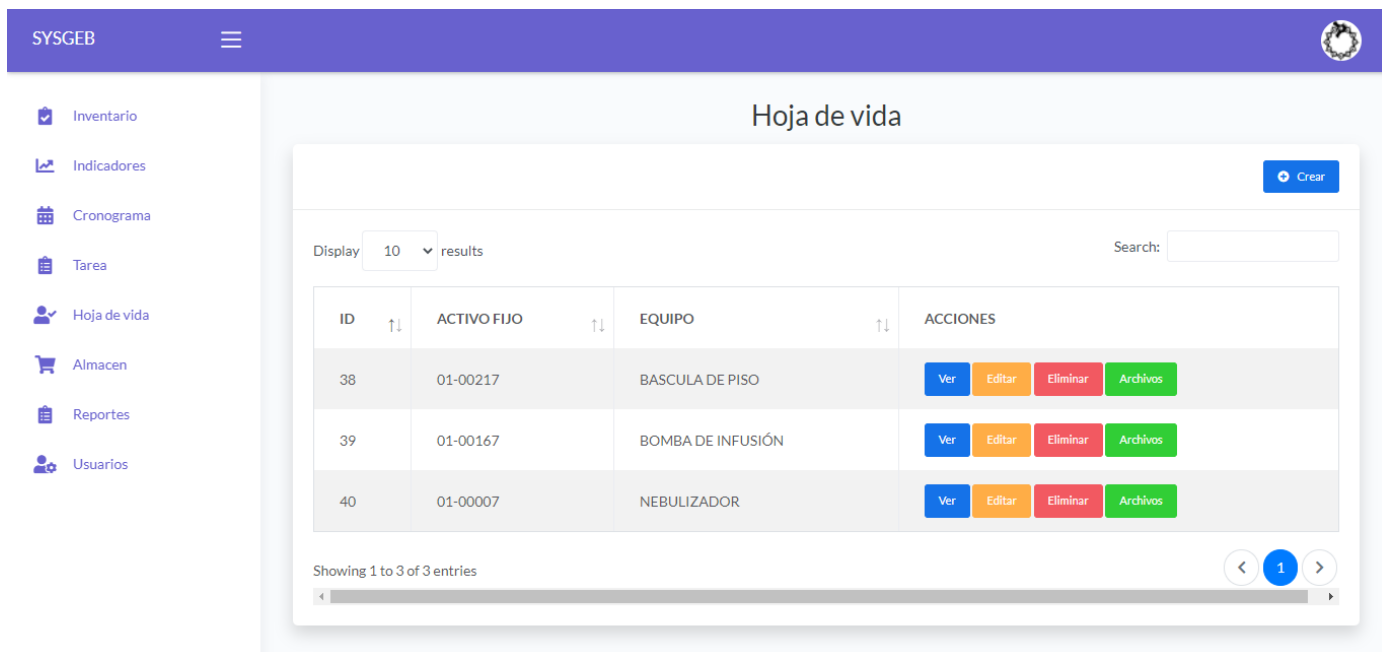
Figura 10. Módulo de Tarea

ID	ACTIVO FIJO	EQUIPO	ACCIONES
11	01-00041	BOMBA DE INFUSIÓN	Ver Editar Eliminar
12	01-00217	BASCULA DE PISO	Ver Editar Eliminar
13	01-00040	BOMBA DE INFUSIÓN	Ver Editar Eliminar

Fuente: elaboración propia

El módulo Hoja de vida (Figura 11) permite realizar y llevar un registro de las características técnicas de los equipos, al igual que un historial de los mantenimientos realizados, de igual modo, permite almacenar los manuales o documentos pertinentes para considerar para el uso y mantenimiento apropiado de los equipos.

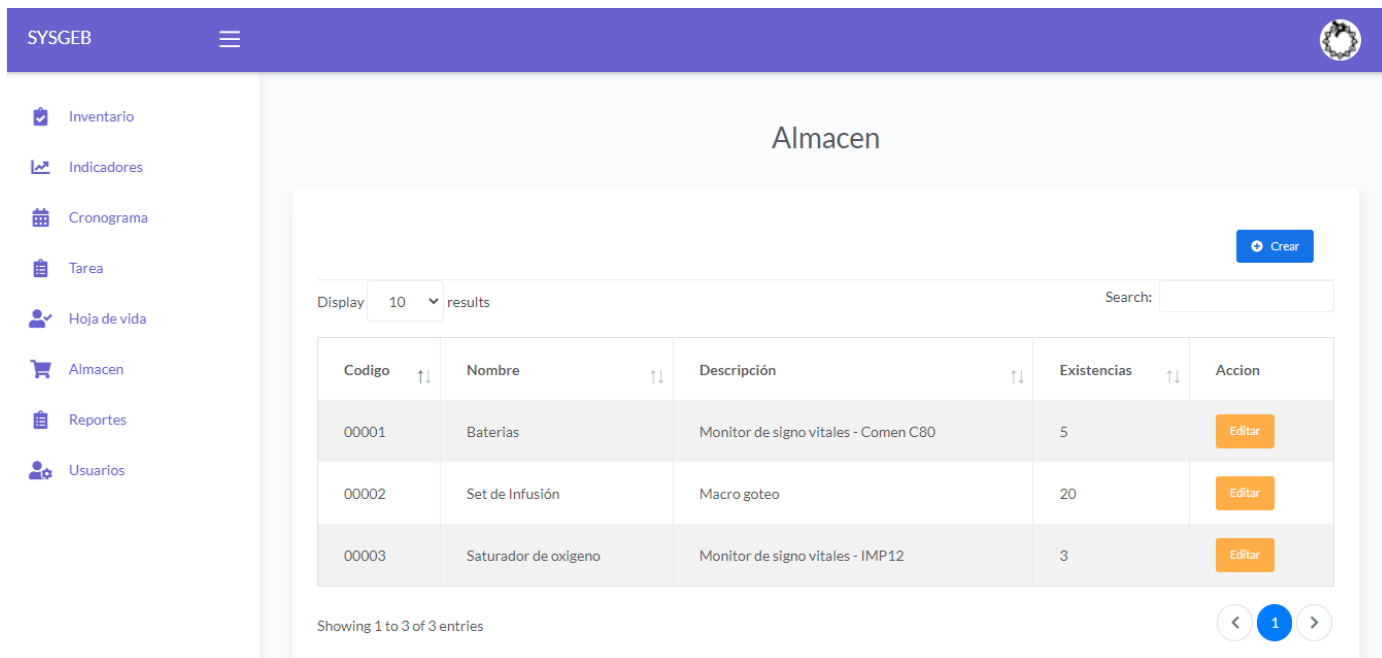
Figura 11. Módulo Hoja de Vida



Fuente: de autoría propia

El módulo Almacén (Figura 12) permite registrar y actualizar la información de los elementos disponibles para el mantenimiento de los equipos médicos, como lo son repuestos o utilería de herramientas.

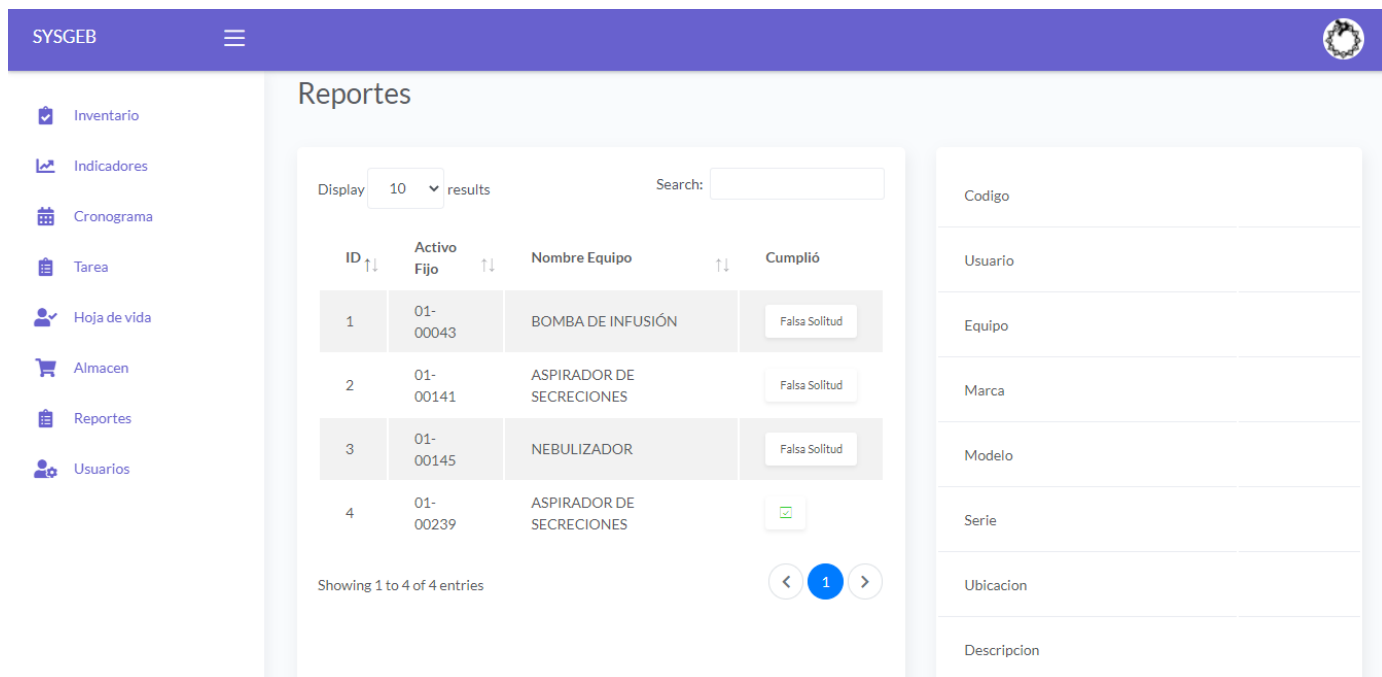
Figura 12. Módulo Almacén



Fuente: de autoría propia.

El módulo Reportes (Figura 13), sólo el Administrador tiene permiso para aprobar o indicar falsa solicitud según el reporte, y al usuario asistencial solo se le permite crear y enviar los reportes.

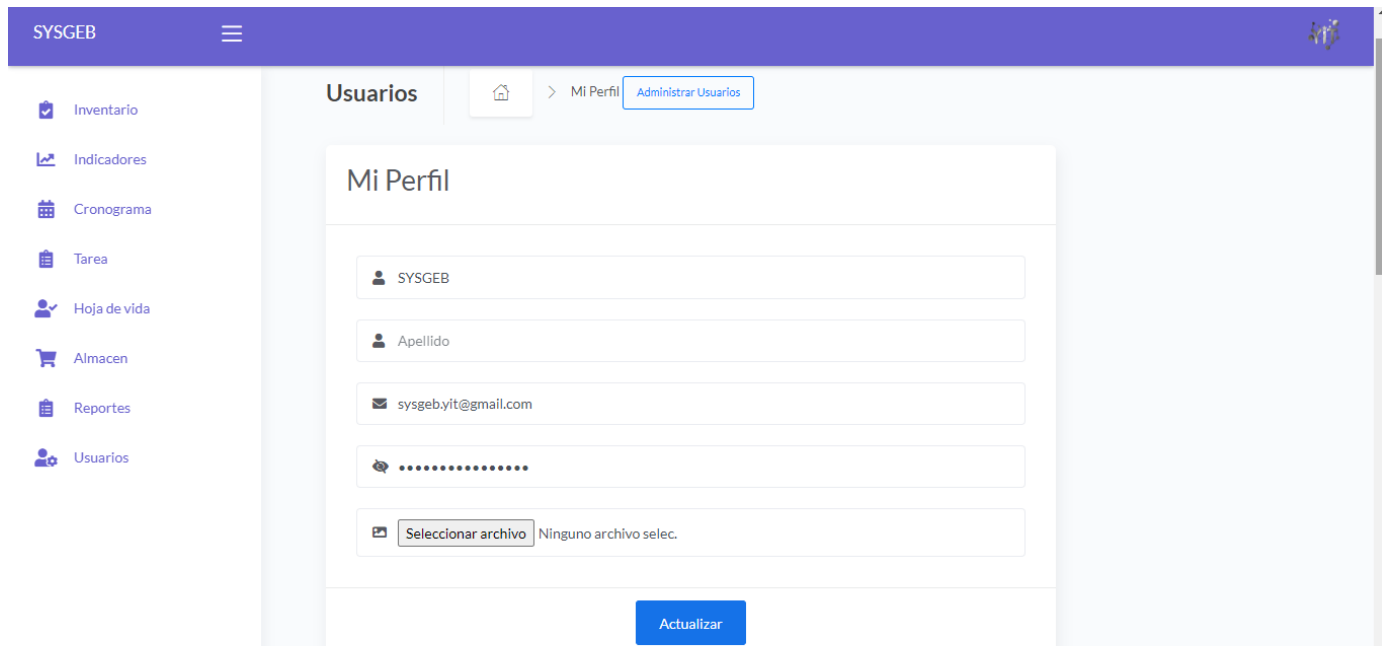
Figura 13. Módulo Reportes



Fuente: de autoría propia

Por último, el módulo Usuarios (Figura 14), permite para el rol Administrador, administrar los usuarios, agregando, modificando o eliminado los mismos, el rol Asistencial puede actualizar la información únicamente de su usuario.

Figura 14. Módulo Usuarios



Fuente: de autoría propia

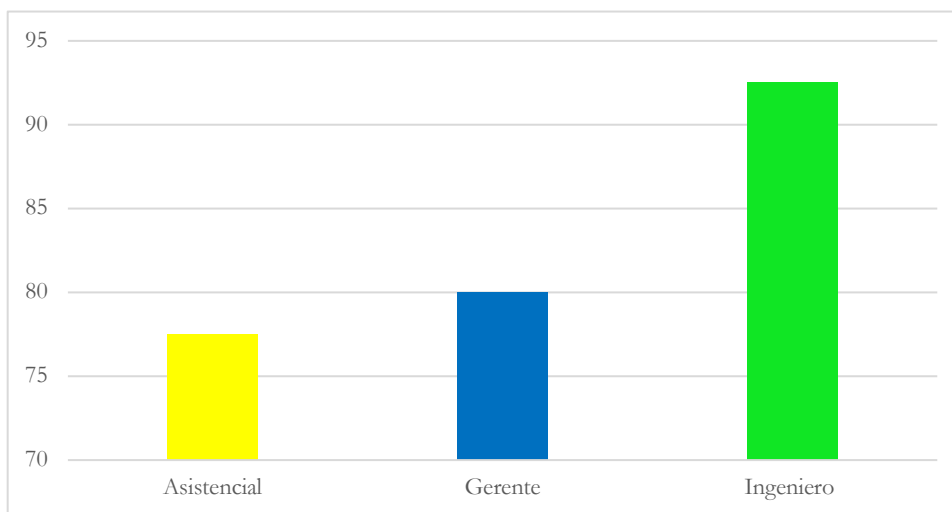
5.2 Prueba de usabilidad

Se realizó una encuesta (Anexo 1) a las personas que tendrán acceso al sistema en el hospital, cada usuario realizó la encuesta de usabilidad del sistema, En la figura 15 se puede observar los resultados obtenidos en la encuesta realizada por tres usuarios.

Los resultados presentados en la Figura 15 indican la efectividad y satisfacción de las personas que intervienen con el

sistema. Nótese que el usuario asistencial evalúa al sistema con un 77,5 % este resultado es bajo debido a que el acceso que tiene este usuario es limitado. Sin embargo, es un resultado aceptable en la escala de EUS, por parte del gerente de la institución el sistema obtuvo un promedio del 80,0 % el cual también es considerado aceptable, por parte del ingeniero también se obtuvo una evaluación aceptable el cual fue del 92,5 %. Teniendo en cuenta estos resultados se puede afirmar que se obtuvo un promedio de percepción positiva de usabilidad por parte de cada uno de los usuarios, dando como resultado un promedio del 83,3 % que según la escala de EUS es un resultado aceptable.

Figura 15. Resultado del cuestionario EUS por usuario



Si bien en Colombia se han adelantado proyectos similares, SYSGEB cuenta con características propias que brindan mayor cobertura a la gestión de equipos biomédicos, marcando la diferencia con Biomedic, puesto que permite registrar información estadística sobre indicadores de gestión como disponibilidad de equipos, cumplimiento de metas y falsas solicitudes.

De igual forma, la aplicación de Gestión de Equipo y Tecnología Biomédica es una herramienta en desarrollo, aún no cuenta con aplicación web, por lo cual requiere instalación y uso local, limitando su campo de acción, no cuenta con datos estadísticos o análisis de la información brindada por los reportes, de igual forma no cuenta con los indicadores de gestión.

En cuanto a MedicLis, que posee la estructura necesaria para la gestión de equipos biomédicos, logran implementar una automatización de la programación de los mantenimientos, de igual modo que la programación del mantenimiento preventivo sea orientada al riesgo, para lograr priorizar el mantenimiento de los equipos en cuanto su nivel de función, explotación, aplicación clínica, historial de fallas, entre otras. Además, incluyen el estudio de metrología.

Con respecto a Biomedyssoft, esta carece de un sistema de alarmas que notifique a los usuarios de la cercanía de la fecha de los mantenimientos programados, a su vez las especificaciones de hardware son altas, lo que dificulta su uso en ordenadores de especificaciones físicas de bajo rendimiento.

Por último, la aplicación desarrollada en la Fundación Clínica Infantil Club Noel: Módulo de Ingeniería Biomédica, que, si bien es un sistema que cuenta con un servidor local, su uso es manual y requiere demasiado tiempo para alimentar las tablas, no es automatizada, no posee un control de acceso de usuario y contraseña, lo que hace que sea vulnerable e insegura, no posee un sistema de alarmas que recuerde la fecha de los mantenimientos programados (Estrada & Cifuentes, 2011). En la Tabla 5, se encuentra un cuadro comparativo de las funcionalidades de SYSGEB en relación con los sistemas antes mencionados.

Con lo mencionado anteriormente, no es el propósito manifestar que los proyectos realizados no sean apropiados o no presten su funcionalidad, sino que con el trasegar del tiempo y los avances académicos del área de gestión se van integrando más herramientas que amplían los beneficios de la gestión de equipos biomédicos.

Tabla 5 Cuadro Comparativo Sistemas

Funcionalidad	Sistemas					
	Biomedic	Gestión de Equipo y Tecnología Biomédica	MedicLis	Biomedyssoft	Módulo de Ingeniería Biomédica	SYSGEB
Aplicación Web	No	No	Si	Si	No	Si
Control de Acceso y usuarios	Si	Si	Si	Si	No	Si
Inventario de equipos	Si	No	Si	Si	Si	Si
Hoja de Vida	Si	No	No	Si	No	Si
Cronograma	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Alarmas de inicio de sesión	No	No	No	No	No	Si
Alarmas de mantenimientos a correo electrónico	No	No	Si	No	No	Si
Indicadores de gestión	No	No	Si	No	Si	Si
Tareas programadas	No	Si	No	Si	No	Si
Reportes	Si	Si	Si	Si	No	Si
Control de Almacén	No	No	No	No	No	Si
Permite Exportar Base de datos	No	No	No	No	No	Si

6. CONCLUSIONES

SYSGEB es una herramienta que realiza la gestión de sistemas biomédicos de forma adecuada teniendo en cuenta el inventario de equipos, indicadores de gestión, cronograma de mantenimiento, reportes, hoja de vida de equipos, alarmas, almacén y control de usuarios, esto va en coherencia con normativa nacional e internacional para la implementación de sistemas de gestión de equipos biomédicos en pro de la prestación de servicios de calidad. El sistema permitió atender las necesidades de gestión de equipos biomédicos del Hospital brindando la información requerida de los indicadores de gestión los cuales permite ejecutar acciones en pro de mejorar la calidad del servicio.

SYSGEB posibilita la gestión oportuna del mantenimiento preventivo y correctivo, que permite optimizar el tiempo de disponibilidad de los equipos para brindar su servicio médico, a su vez, optimizar los recursos del Hospital, puesto que los mantenimientos preventivos evitan reparaciones costosas y alargan la vida útil de los mismos. Adicionalmente, permite optimizar el recurso humano del Hospital, puesto que el indicador de falsas solicitudes permite evidenciar el dominio y uso correcto de los equipos por el personal del Hospital, un porcentaje bajo refleja que el personal médico está debidamente capacitado sobre el uso de los equipos biomédicos.

El sistema de gestión de equipos biomédicos obtuvo una buena efectividad y satisfacción por parte del personal directamente relacionado con el desarrollo, obteniendo un porcentaje alto por medio de una prueba de usabilidad.

Este proyecto puede desarrollar otra fase en el futuro, con el propósito de desarrollar la aplicación para su uso en dispositivos móviles, o integrar más componentes tales como agregar más indicadores de gestión los cuales puedan generar reportes periódicamente, automatizar la programación de los mantenimientos y otras que surjan conforme se evidencian más utilidades por agregar en el área de gestión de equipos biomédicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Hospital San Antonio de Barbacoas, Nariño en especial al gerente y al ingeniero por brindarnos la autorización y la información pertinente para realizar el proyecto en la institución.

REFERENCIAS

Aragón Puetate, J. A. (2018). *Sistema de evaluación docente para apoyo de la gestión universitaria de la PUCE-SI basado en arquitectura de software tres capas* (Tesis Doctoral). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Sistemas. Ibarra, Ecuador.

- Araujo, J. L., Bravo, E. E., & Derazo, J. A. (2011). *Propuesta para la creación de empresa prestadora de servicios en: gestión tecnológica hospitalaria y ayudas técnicas para entidades prestadoras de salud en el departamento de Nariño* (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Biomédica. Cali, Colombia.
- Bahit, E. (2012) *Scrum & Extreme Programming para Programadores*. Buenos Aires, Argentina: Editorial SAFE. Recuperado de <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/2030>
- Beltrán, J. M. (2005). *Indicadores De Gestión -Herramientas para lograr la competitividad* 2a. Edición. Bogotá, Colombia: Editorial 3R Editores Ltda.
- Cajigas, B. E. (2010). *Programa Nacional de Tecnovigilancia. Vigilancia Post-Comercialización de Dispositivos Médicos* Invima. Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://www.invima.gov.co/documents/20143/442916/programa-nacional-de-tecnovigilancia_vigilancia-post-comercializacion-de-dispositivos-medicos.pdf/5d51a2be-00e6-a95a-0c68-340fe91ef61a
- Chávez Andrade, J. V. (2019). *Estandarización de los procesos de desarrollo de software utilizando buenas prácticas de programación y SCRUM como marco de trabajo ágil en departamentos de TI* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador.
- Chois, D., & Quiñones, F. A. (2018) *Desarrollo de un Software para gestión de mantenimiento de equipos biomédicos en la Clínica SaluWité* (Tesis de Pregrado). Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Bioingeniería. Cali, Colombia.
- Estrada, J., & Cifuentes, P. (2011). *Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel* (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería, Ingeniería Biomédica. Cali, Colombia.
- ICONTEC. (2020). *Certificación ISO 13485, Sistema de Gestión de Calidad. Dispositivos Médicos*. Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-13485-sistema-de-gestion-de-calidad-dispositivos-medicos-%e2%80%8b/
- IEEE (1990) *Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology*. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. New York, Estados Unidos: IEEE Computer Society Press.
- Lardinois, F. (2015). Microsoft launches Visual Studio Code, a free cross-platform code editor for OS x, Linux and Windows. TechCrunch. Recuperado de: <https://tcrn.ch/2xpqjdm>
- Larrea, J. J. O. (2010). TC2: una herramienta de apoyo para las pruebas del software. *Contribuciones científicas en honor de Mirian Andrés Gómez*, Servicio de Publicaciones, Universidad de La Rioja: España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3217862>
- Maida, E., & J. Pacienza, (2015). *Metodologías de desarrollo de software* (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica de Argentina, Facultad de Química e Ingeniería, Licenciatura en Sistemas y Computación. Buenos Aires, Argentina.
- Mejía, S., & Marcillo, M. A. (2021). *Desarrollo de una aplicación informática para el mantenimiento preventivo y seguimiento metroológico de los equipos biomédicos en el área de laboratorio de la clínica cristo rey* (Tesis de Pregrado). Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Bioingeniería. Cali, Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2005). Decreto 4725 del 2005. Régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. Bogotá. D.C. Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2006). Decreto 1011 del 2006. Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud. Bogotá. D.C. Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2008). Resolución 4816 de 2008. Por el cual se reglamenta el programa nacional de Tecnovigilancia. Bogotá. D.C. Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2014). Resolución 2003 del 2014. Por la cual se definen los procedimientos y

condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud. Bogotá. D.C. Colombia.

Ministerio de Salud y Protección Social (2019). Resolución 3100 del 2019. Procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud. Bogotá. D.C

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). Resolución 4445 del 1996. Por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del título IV de la ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las instituciones prestadoras de servicios de salud y se dictan otras disposiciones técnicas y administrativas. Bogotá. D.C. Colombia.

Ministerio de Salud y Protección Social (2017). ABECE. Mediciones en equipos biomédicos. Bogotá. D.C. Colombia.

Montijo-Valenzuela, E. E., & Salinas, D. E. Z. (2019). Identificación y Gestión Del Mantenimiento del Equipo y Tecnología Biomédica de un Hospital Público, Utilizando Herramientas Digitales. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: División de Ciencias Económicas y Sociales*, (29), 17-17. doi: DOI: <https://doi.org/10.46589/rdiasf.v0i29.225>

Organización Internacional de Normalización (2018). ISO 31000, Gestión del Riesgo - Directrices. Bogotá. D.C. Colombia. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>

Orosco, J., Carrión, K., & Salinas, N. (2020). Desarrollo de una aplicación web de telemedicina en beneficio de la comunidad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. *Revista de Ingeniería e innovación Vol 8 (22)*.

Patiño, D. M. (2019). *Aplicación web para administrar los servicios de mantenimiento de equipos biomédicos de Medytech-Biomedysft*. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria los Libertadores de Bogotá, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Ingeniería de Sistemas. Bogotá, Colombia.

Subhan, A. (2013). Computerized maintenance management systems. *Journal of Clinical Engineering*, 38(3), 94-95.

Zurita Granizo, D. M. (2015). *Desarrollo e implementación de un sistema para el registro y control de tutorías académicas, basado en una arquitectura de tres capas, para la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Sistemas. Quito. Ecuador.

1. ANEXOS

Anexo 1 Encuesta de Usabilidad (Escala de Usabilidad de Sistemas)

Enunciado

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo
3. Pensé que el sistema era fácil de usar
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema
5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente
8. Encontré el sistema muy complicado de usar
9. Me sentí muy seguro usando el sistema
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Opciones de respuesta

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Neutro
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

ANEXO 2. MANUAL DE USUARIO DE SYSGEB

Autores: Leonardo Antonio Bermeo Varon*; Yonier Boanerges Rodríguez; Jhonnier Andres Olaya Angulo

Universidad Santiago de Cali.

*Autor para correspondencia: leonardo.bermeo00@usc.edu.co



CONTENIDO

	Pags.
INTRODUCCIÓN	3
REQUISITOS PARA USO	3
MÓDULOS	3
1. ACCESO	5
2. INVENTARIO	6
3. INDICADORES	8
4. CRONOGRAMA	8
5. TAREA	10
6. HOJA DE VIDA	12
7. ALMACÉN	15
8. REPORTES	16
9. USUARIOS	18
10. OTRAS FUNCIONES	19
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES – SYSGEB	21
1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	21
2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	23

INTRODUCCIÓN

SYSGEB es un software de gestión de equipos médicos, el cual permite acciones en pro de su mantenimiento y provee información sobre los indicadores de gestión, para conocer detalladamente el proceso del mantenimiento preventivo y correctivo en instituciones prestadoras de servicio de salud. Con SYSGEB una institución prestadora de servicios de salud, como hospitales, clínicas e instituciones en general, podrán tener un control de todo lo relacionado con los sistemas biomédicos. Como funciones básicas se encuentran (i) el inventario de los equipos, (ii) la hoja vida completa de los equipos y (iii) inventario de repuestos de la tecnología hospitalaria, y funciones especializadas como (i) cronograma de mantenimiento con alarmas que se envían al correo programado con anticipación determinado por el departamento clínico de la institución, (ii) indicadores de gestión que permiten llevar un control de la efectividad del programa de mantenimiento, (iii) generación de ordenes de trabajo, las cuales se pueden imprimir para ejecutar el mantenimiento, (iv) módulo de reportes, y (v) administración de usuarios.

Requisitos para su uso

- (i) Computador con características básicas, no requiere instalación.
- (ii) Conocimientos de navegación web.
- (iii) Conexión a la red de internet.

Enlace de acceso: <https://www.sysgeb.com/login.php>

SYSGEB está diseñado para la gestión de equipos biomédicos, la cual se realiza a través de dos roles, estos son **Administrador** y **Asistencial**. El usuario administrador tiene acceso total a todos los módulos, además puede realizar todas las acciones del sistema. El usuario asistencial tiene acceso parcial a los módulos, solo puede realizar acciones de menor alcance.

Módulos

SYSGEB tiene nueve (9) módulos que son los siguientes:

- (i) Módulo de acceso el cual solicita acceso al sistema mediante el email del usuario y su contraseña, con dos roles posibles administrador/asistencial, si es administrador este podrá habilitar los demás usuarios según se requiera. Cuando el usuario accede el sistema envía un correo al usuario avisando que inicio sesión en el sistema controlando de esta forma la seguridad en el ingreso de usuarios.
- (ii) Modulo de inventario de los sistemas biomédicos de la institución, este modulo permite ver un número determinado de equipos por medio de un menú desplegable. El modulo permite agregar un equipo con parámetros como el código del equipo, nombre del equipo, marca, modelo, serie, ubicación y se puede cargar una imagen del equipo.
- (iii) Módulo de indicadores en los que se Incluye la disponibilidad del equipo biomédico, el cumplimiento de las metas de mantenimiento, reportes de falsas solicitudes y mantenimiento correctivos realizados.
- (iv) Módulo de cronograma que muestra un calendario con los mantenimientos programados de los equipos según el área de donde se encuentre ubicado el equipo. Permite alternar entre mes, semana o día, mostrando así los

eventos programados según se desea observar. Se puede observar los mantenimientos preventivos programados, con la información correspondiente de los mismos, permite actualizar/modificar la información del mantenimiento, permite eliminar el mantenimiento programado y establecer la hora de inicio, de finalización e informar si se cumplió o no con el mantenimiento programado. Permite programar y asignar un nuevo mantenimiento asignar el mantenimiento y permite programar una alarma la cual es enviada al correo electrónico del usuario asignado, el día del mantenimiento a las 8 a.m. Esto puede ser modificado según requerimiento de la institución.

- (v) Módulo de tarea permite programar las ordenes de servicio y/o los mantenimientos correctivos y generar un archivo en .pdf para su impresión.
- (vi) Módulo de hoja de vida donde se puede observar los equipos biomédicos, permite diligenciar la información adicional del equipo biomédico inventariado. En la hoja de vida aquí se encuentra información sobre las características del equipo biomédico, esta información debe ser registrada conforme a las especificaciones técnicas entregadas por el fabricante, cada sección tiene diferentes opciones las cuales al ser seleccionadas presentarán una marca de verificación, en la sección de Estado se especifica la condición de servicio del equipo biomédico. Adicionalmente, permite registrar la frecuencia del mantenimiento del equipo y los manuales, permite ver y adicionar la información de los equipos en archivo en pdf.
- (vii) Módulo de almacén contiene los elementos disponibles para realizar mantenimientos y elementos de utilería para el funcionamiento de estos.
- (viii) módulo de reportes presenta los reportes de mantenimiento. Este módulo tiene dos roles, el Administrador que puede ver la información de los equipos y determinar si fue cumplido/ solucionado o falsa solicitud. El usuario Asistencial permite crear reportes.
- (ix) El módulo de usuarios permite ver la información del usuario que ingreso al sistema. Tiene dos roles Administrador y Asistencial, El Administrar permite gestionar todos los usuarios.
- (x) SYSGEB permite exportar inventario en un archivo de Hoja de Datos.

SYSGEB es un software de gestión de equipos médicos, el cual permite acciones en pro de su mantenimiento y provee información sobre los indicadores de gestión.

1. ACCESO

Para comenzar se debe abrir el explorador web con que cuente el computador que se está usando, en la sección de dirección web se debe escribir el enlace <https://www.sysgeb.com/login.php> lo cual llevará a la ventana de inicio de sesión, como se observa en la Figura 1. Para acceder se debe escribir el email del usuario y su contraseña, el cual de forma predeterminada para el primer ingreso será de rol administrador/asistencial según se haya ingresado, si es administrador este podrá habilitar los demás usuarios según se requiera. En la Figura 2 se observa la ventana de menú principal, en la parte izquierda se encuentran los módulos de SYSGEB, al dar clic en cualquiera de ellos, de acuerdo con el rol con el que se accedió, se abrirá el módulo correspondiente. En la parte central se observa la información básica del usuario que accedió la cual se puede actualizar. Cuando el usuario accede el sistema envía un correo al usuario avisando que inicio sesión en el sistema controlando de esta forma la seguridad en el ingreso de usuarios. En la Figura 3 se presenta un pantallazo del correo que envía el sistema.



The image shows a login interface for the SYSGEB system. On the left, there is a dark blue banner with the SYSGEB logo (three interlocking gears) and the text "SISTEMA DE GESTIÓN DE EQUIPOS BIOMEDICOS". On the right, there is a white login form titled "Iniciar Sesión". The form contains a header "Ingresar sus datos", an "Email" field with the placeholder "example@gmail.com", a "Contraseña" field with masked characters "*****", and a blue "Inicar Sesión" button.

Figura 1. Ventana de inicio de sesión

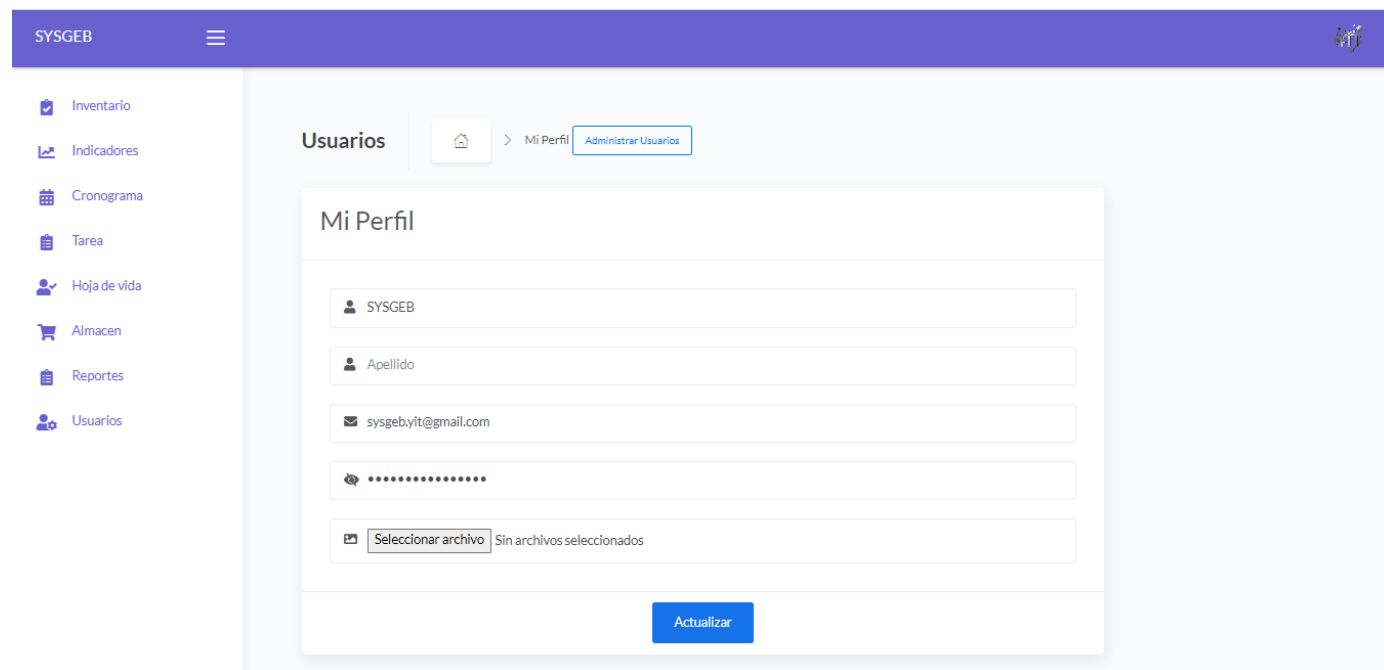


Figura 2. Ventana de menú principal



Figura 3. Correo electrónico de inicio de sesión

2. INVENTARIO

El primer módulo que se encuentra es el de Inventario. En la Figura 4 el inventario mostrando la información del inventario de la institución, este modulo permite ver un número determinado de equipos por medio de un menú desplegable **Display** 10 ▾ (10,20,30,50 y all). A través del botón **Ver Todos ▾** se desplegará una lista que permite elegir los elementos que queremos ver, como ver todos, ver activos, ver bajas y ver fuera de servicio. En la sección de acciones, se encuentran tres botones, el primero de ellos es editar **Editar** el cual permite modificar la información sobre el equipo biomédico, el segundo es eliminar **Eliminar** que permite eliminar el equipo biomédico, el tercer botón es el de estado del equipo el cual despliega una lista para elegir entre estado activo, de baja o fuera de servicio **Activo ▾**.

En la parte superior derecha está el botón crear **+ Crear** el cual permite agregar un equipo (Figura 5). En esta ventana se encuentra información inicial sobre el equipo biomédico a agregar, se debe llenar este formulario asignando el código del equipo, nombre del equipo, marca, modelo, serie, ubicación y se puede cargar una imagen del equipo, al dar clic en el botón seleccionar archivo **Seleccionar archivo** el cual permite elegir entre los archivos almacenados en el computador, la imagen que se desea agregar. Una vez completado el formulario, se procede a dar clic en agregar **Agregar** y de esta forma el equipo se agregará exitosamente al inventario, en caso de no disponer de toda la información o querer cancelar el proceso, en cualquier momento se puede dar clic en el botón cancelar **Cancelar**.

SYSGEB 🏠

- [Inventario](#)
- [Indicadores](#)
- [Cronograma](#)
- [Tarea](#)
- [Hoja de vida](#)
- [Almacen](#)
- [Reportes](#)
- [Usuarios](#)

Ver Todos Crear

Display 10 results Search:

ACTIVO FIJO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	UBICACION	ACCIONES
01-00006	ASPIRADOR DE SECRECIONES	PULMO MED	7E-C	00148	SALA RESPIRATORIA	Editar Eliminar Activo
01-00007	NEBULIZADOR	GMR	NUBE 3000	IM1401-2555	ALMACÉN	Editar Eliminar Fuera de servicio
01-00032	BALANZA PEDIÁTRICA DIGITAL	N.R	CS-8316	N.R	ALMACÉN	Editar Eliminar Activo
01-00034	ASPIRADOR DE SECRECIONES	N.R	CS-8316	N.R	CONSULTA EXTERNA - CONSULTORIO MÉDICO 1	Editar Eliminar Activo
01-00038	BALANZA PEDIÁTRICA DIGITAL	N.R	CS-8316	N.R	CONSULTA EXTERNA - CONSULTORIO MÉDICO 5	Editar Eliminar Activo
01-00039	BOMBA DE INFUSIÓN	ENMIND	EN-V7 SMART	70200419527	ALMACÉN	Editar Eliminar Activo

Figura 4. Módulo Inventario

Agregar Equipo

Activo fijo:

Equipo:

Marca:

Modelo:

Serie:

Ubicacion:

Imagen: Sin archivos seleccionados

Agregar
Cancelar

Figura 5. Botón crear equipo

3. INDICADORES

En el módulo Indicadores (Figura 6), presenta los indicadores con respecto a la disponibilidad del equipo biomédico, el cumplimiento de las metas de mantenimiento y los reportes de falsas solicitudes y mantenimiento correctivos, este módulo brinda el dato estadístico por medio de gráfico de barras de la información recopilada por SYSGEB.

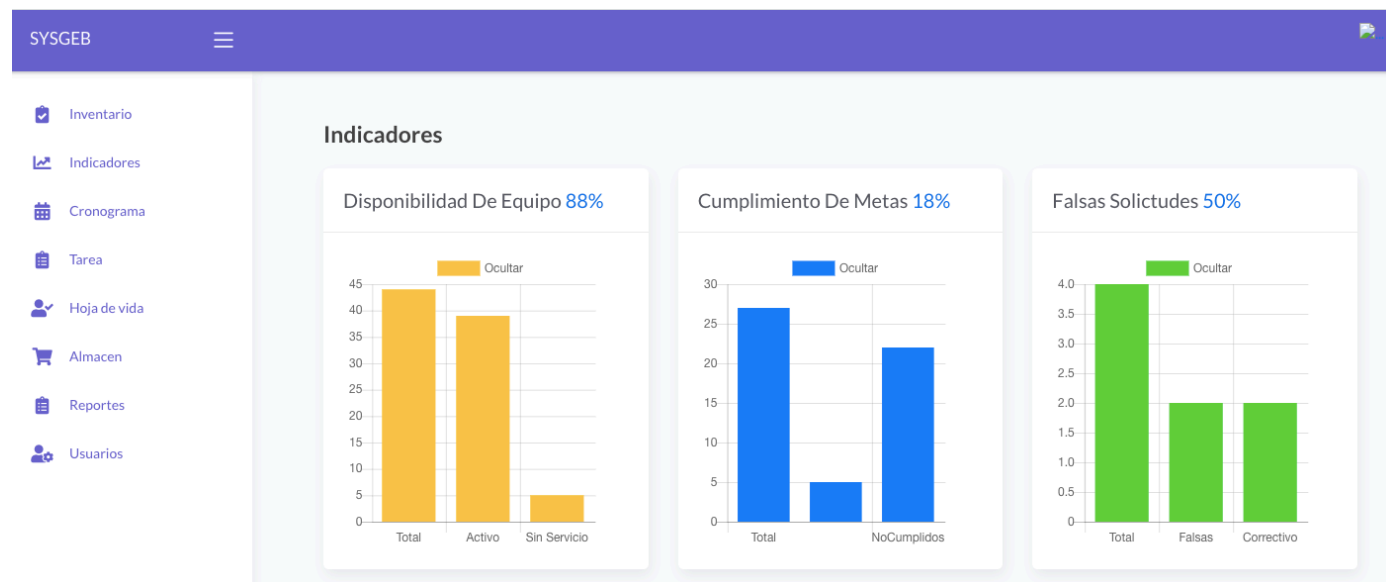

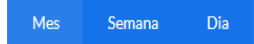

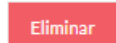
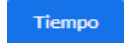
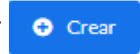




Figura 6. Módulo Indicadores.

4. CRONOGRAMA

En el módulo cronograma (Figura 7) se muestra un calendario con los mantenimientos programados de los equipos según el área de donde se encuentre ubicado el equipo, cada área cuenta con un color diferente (hospitalización - amarillo, urgencias - rojo, consulta externa - azul claro, sala respiratoria - verde, ecografía - azul celeste, almacén - gris, farmacia - azul oscuro, rayos x - negro, odontología - rosado, sala de parto - marrón, laboratorio clínico - naranja y vacunación - verde oscuro). En la parte superior izquierda se encuentran la barra de desplazamiento  el cual permite navegar entre meses anteriores o posteriores. En la parte superior derecha se encuentran tres botones  los cuales permiten alternar entre mes, semana o día, mostrando así los eventos programados según se desea observar.

En la parte derecha se encuentra una barra de deslizamiento la cual permite deslizar hacia abajo y permite ver la siguiente la información adicional y específica de los equipos (Figura 8). Aquí se puede observar los mantenimientos preventivos programados, con la información correspondiente de los mismos, a la derecha de cada uno se encuentran tres botones, el botón editar  que permite actualizar/modificar la información del mantenimiento, el botón eliminar  que permite eliminar el mantenimiento programado y el botón de tiempo  que permite establecer la hora de inicio, de finalización e informar si se cumplió o no con el mantenimiento programado. En la parte superior derecha se encuentra el botón crear  el cual permite programar un nuevo mantenimiento como se observa en la Figura 9. En esta ventana se encuentra un formulario con la información necesaria para programar el mantenimiento preventivo según corresponda, en la casilla Activo fijo se encuentra un botón de lista desplegable  que permite elegir entre el código de la lista de la base de datos de los equipos, al seleccionar un código, la casilla equipo y serie se autocompletará con la información correspondiente del equipo. En la casilla de fecha se despliega un calendario en el cual se podrá seleccionar el día para realizar el mantenimiento. La siguiente casilla de Área, despliega una lista de opciones a elegir según corresponda la ubicación del equipo, entre las opciones esta hospitalización, urgencias, consulta externa, sala de parto, rayos x, ecografía, vacunación, farmacia, sala respiratoria y central de esterilización. En la parte inferior se encuentran dos botones, el botón de asignar el mantenimiento  conforme a la información almacenada

en el formulario, el botón cancelar **Cancelar** permite cancelar la programación del mantenimiento en cualquier momento, por último, al programar el mantenimiento se realiza una alarma la cual es enviada al correo electrónico del usuario asignado (Figura 10), el día del mantenimiento a las 8 a.m. Esto puede ser modificado según requerimiento de la institución.

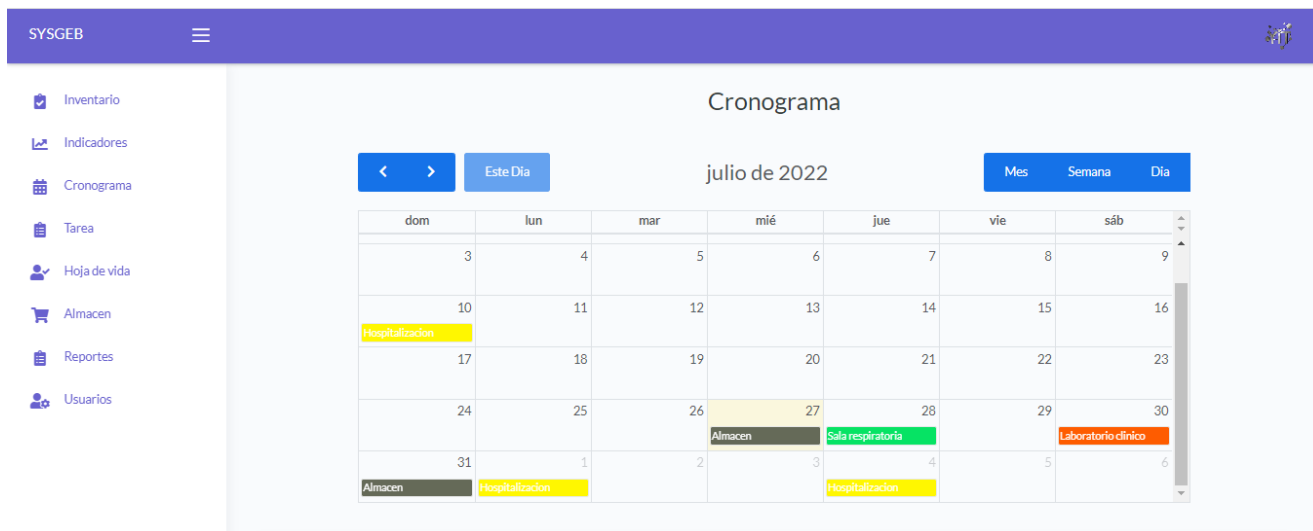


Figura 7. Módulo Cronograma parte superior

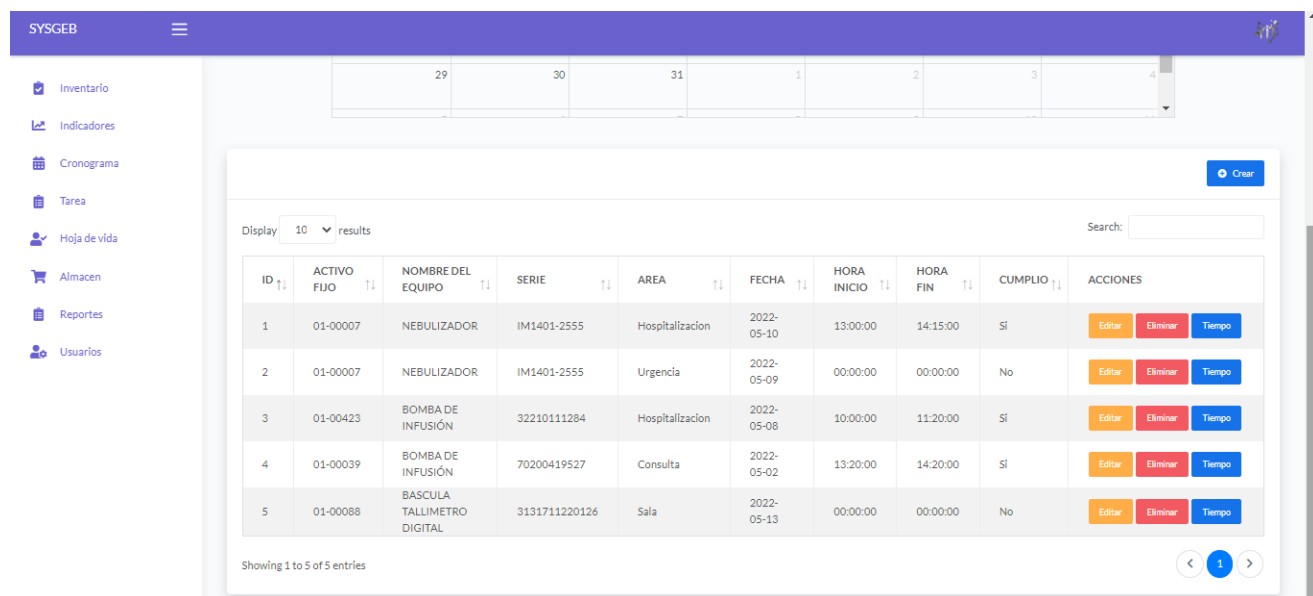


Figura 8. Módulo Cronograma parte inferior

Programar nuevo mantenimiento

Activo fijo: 01-00034

Equipo: ASPIRADOR DE SECRECIONES

Serie: N.R

Fecha: dd/mm/aaaa

Area: Hospitalizacion

Asignar Mantenimiento Cancelar

Figura 9. Módulo Cronograma - botón crear



Leonardo Bermeo <lebermeo@gmail.com>

Mantenimiento Programado | SYSGEB

u706856583@srv791.main-hosting.eu <u706856583@srv791.main-hosting.eu>
Para: lebermeo@gmail.com

30 de julio de 2022, 8:00

Buen día estimado Bermeo !
Tienes un mantenimiento hoy con el equipo EQUIPO DE HEMATOLOGIA, puedes revisarlo aqui.
Te veo en el mantenimiento, buen trabajo!

Figura 10. Correo electrónico de alarma de mantenimiento

5. TAREA

El módulo de tarea permite programar las ordenes de servicio y/o los mantenimientos correctivos. En la Figura 11 se observa la ventana de tarea donde se encuentran las tareas de mantenimiento programadas, cada uno cuenta con tres botones ver, editar y eliminar. El botón ver **Ver** despliega la información del mantenimiento (Figura 12). En esta ventana se muestra la información de la tarea de mantenimiento programada.

El botón editar **Editar** permite actualizar la información del mantenimiento, el botón cancelar **Cancelar** permite salir de la ventana y el botón descargar **Descargar** genera un documento pdf con la información del mantenimiento.

The screenshot displays the 'Tarea' module interface. On the left is a sidebar with navigation icons for 'Inventario', 'Indicadores', 'Cronograma', 'Tarea', 'Hoja de vida', 'Almacén', 'Reportes', and 'Usuarios'. The main area is titled 'Tarea' and includes a 'Crear' button in the top right. Below the title, there is a 'Display 10 results' dropdown and a search bar. A table lists three tasks:

ID	ACTIVO FIJO	EQUIPO	ACCIONES
11	01-00041	BOMBA DE INFUSIÓN	Ver Editar Eliminar
12	01-00217	BASCULA DE PISO	Ver Editar Eliminar
13	01-00040	BOMBA DE INFUSIÓN	Ver Editar Eliminar

At the bottom of the table, it says 'Showing 1 to 3 of 3 entries' and includes pagination controls.

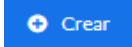

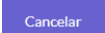
Figura 11. Módulo Tarea.

The screenshot shows the detail view of a task. The title is 'Tarea'. The details are as follows:

- Codigo Equipo: 01-00041
- Solicitud: Reemplazar
- Fecha de Orden: 16-05-2022
- Nombre: Ernesto Perez
- Duración: 1 día
- Observación: No aplica
- Costo: 0
- Responsable: Marck Zuckenberg - Ingeniero ENMIND

At the bottom, there are three buttons: 'Editar' (orange), 'Cancelar' (purple), and 'Descargar' (blue).

Figura 12. Módulo Tarea - botón ver

En la Figura 13 se observa la ventana al presionar el botón crear  del módulo de tarea. Esta ventana despliega un formulario para programar un mantenimiento correctivo, en la casilla de Activo fijo se despliega una lista con los códigos de los equipos biomédicos, al seleccionar uno de ellos se importa la información almacena del equipo, en la casilla de solicitud se puede registrar el tipo de mantenimiento requerido, en la casilla de Fecha orden se despliega un calendario en el cual se puede seleccionar el día para realizar el mantenimiento. En la casilla Nombre se registra el nombre de la persona que solicita el mantenimiento, en la casilla duración se registra el tiempo estimado que tomará realizar el mantenimiento, en la casilla observación se registra información adicional si se requiere, en la casilla costo se registra el valor del mantenimiento, en la casilla responsable se registra el nombre de la persona responsable de realizar el mantenimiento. En la parte inferior se encuentran dos botones, el botón crear  que permite programar el mantenimiento conforme a la información consignada en el formulario, el botón cancelar  permite abandonar el formulario sin guardar

información. El botón **Editar** permite editar el mantenimiento programado, la información es igual a la suministrada cuando se crea un mantenimiento. El botón eliminar **Eliminar** permite eliminar un mantenimiento.

The screenshot shows a web interface for creating a new task. On the left is a navigation menu with items like 'Inventario', 'Indicadores', 'Cronograma', 'Tarea', 'Hoja de vida', 'Almacen', 'Reportes', and 'Usuarios'. The main area is titled 'Crear Nueva Tarea' and contains the following fields:

- Activo Fijo:** A dropdown menu with the placeholder text 'Seleccione un equipo'.
- Solicitud:** A text input field with the placeholder 'Ingrese su solicitud'.
- Fecha Orden:** A date input field with the placeholder 'dd/mm/aaaa' and a calendar icon.
- Nombre:** A text input field with the placeholder 'Ingrese Nombre'.
- Duración:** A text input field with the placeholder 'Ingrese la duración'.
- Observación:** A text input field with the placeholder 'Ingrese la observación'.
- Costo:** A text input field with the placeholder 'Ingrese el costo'.
- Responsable:** A text input field with the placeholder 'Ingrese al responsable'.

At the bottom of the form are two buttons: 'Crear' (highlighted in blue) and 'Cancelar'.

Figura 13. Módulo Tarea - botón crear.

6. HOJA DE VIDA

En la Figura 14 se observa el módulo de hoja de vida, en este módulo se puede observar los equipos biomédicos, en la parte superior derecha está el botón crear **Crear** el cual despliega la información que se requiere del equipo el cual el administrador debe diligenciar. El formulario para crear la hoja de vida de los equipos biomédicos (Figura 15), en la casilla Fecha de ingreso se debe seleccionar el día en que ingresó el equipo al inventario, en la casilla Activo fijo se despliega una lista entre la cual se podrá elegir el código asignado al equipo biomédico, de esta manera, se importa la información almacenada sobre este equipo previamente creado en el inventario. En la casilla Vida útil se despliega una lista entre la cual se puede elegir el tiempo de vida útil del equipo de entre 1 a 10 años, por último, en la casilla Invima se registra la información del registro del equipo. El botón ver historial **Ver Historial** permite ver las ordenes de trabajo que se han realizado al equipo. En la Figura 16 se observa la segunda parte de la hoja de vida aquí se encuentra información sobre las características del equipo biomédico, esta información debe ser registrada conforme a las especificaciones técnicas entregadas por el fabricante, cada sección tiene diferentes opciones las cuales al ser seleccionadas presentarán una marca de verificación, en la sección de Estado se especifica la condición de servicio del equipo biomédico. En la Figura 17 se encuentra las dos últimas secciones que registra la frecuencia que se debe tener en cuenta para realizar el mantenimiento al equipo y los manuales. Finalmente, en la parte inferior se encuentran dos botones, el botón guardar **Guardar** almacena toda la información registrada en el formulario, el botón cancelar **Cancelar** permite salir de la ventana sin guardar la información. Cada registro de hoja de vida de los equipos cuenta con cuatro botones, el botón ver **Ver** permite visualizar la información técnica sobre el equipo. El botón editar **Editar** permite actualizar la información del equipo, el botón eliminar **Eliminar** permite borrar el registro de hoja de vida del equipo y el botón Archivos **Archivos** permite ver y

adicionar la información de los equipos en archivo en pdf (Figura 18). En esta ventana se observa el botón Seleccionar archivo **Seleccionar archivo** el cual abre una ventana de exploración de los archivos almacenados en el computador, al seleccionar uno de ellos estará listo para almacenar el archivo en el registro, debajo se encuentran dos botones, el botón Subir Archivo **Subir Archivo** permite almacenar el archivo seleccionado, el botón cancelar **Cancelar** permite salir de la ventana sin almacenar el archivo seleccionado. En la parte inferior se puede observar los archivos almacenados, los cuales cuentan con dos botones, el botón eliminar **Eliminar** permite borrar el archivo y el botón descargar **Descargar** permite obtener el archivo almacenado.

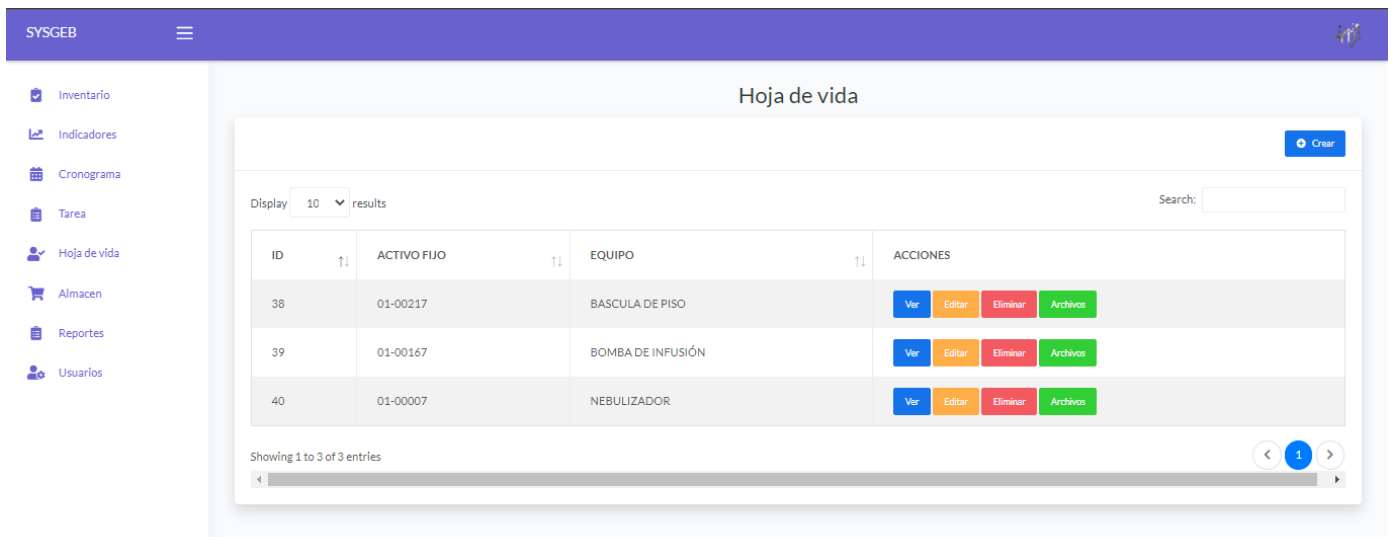


Figura 14. Módulo Hoja de Vida

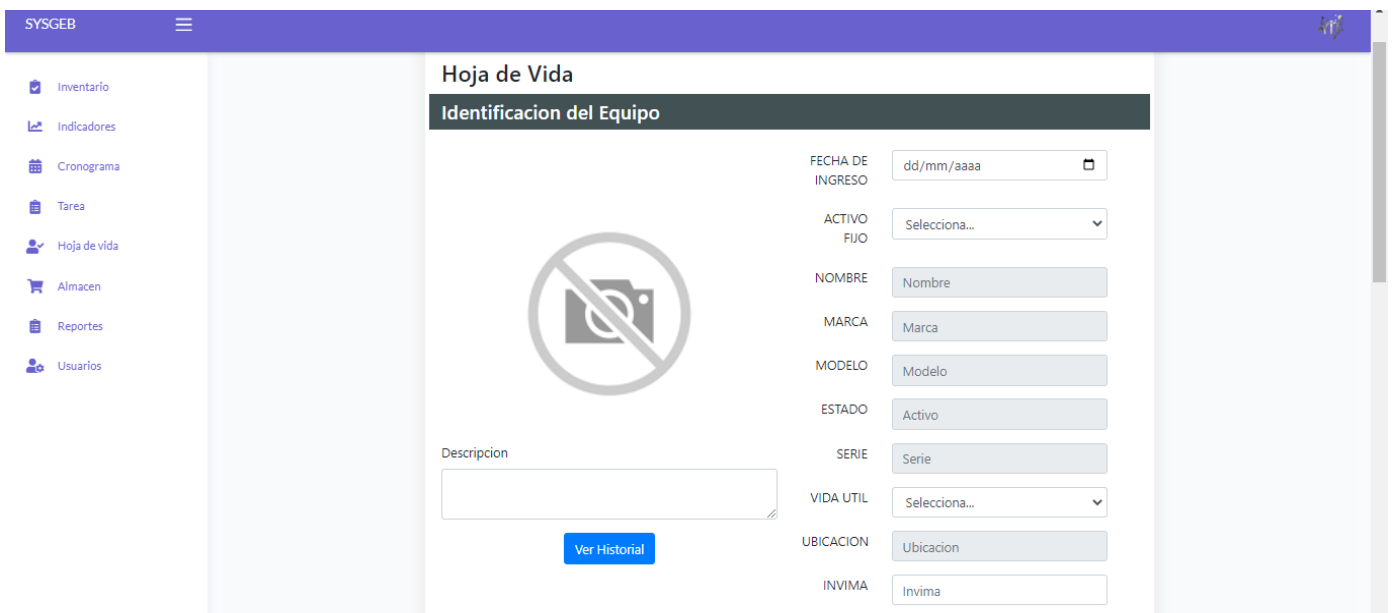


Figura 15. Módulo Hoja de vida - botón crear parte 1.

The screenshot shows the 'Hoja de vida' form in the SYSGEB system. The left sidebar contains navigation options: Inventario, Indicadores, Cronograma, Tarea, Hoja de vida, Almacen, Reportes, and Usuarios. The main content area is divided into two main sections: 'Características del Equipo' and 'Clasificación del Equipo'. The 'Características del Equipo' section includes three sub-sections: 'Tecnología Predominante' with options like Electrica, Electronica, Mecanica, Automatica, Hidraulica, and Otro; 'Fuentes de Alimentación' with options like Agua, Aire/O2, Gas, Vapor, Electricidad, and Otra; and 'Características técnicas / Dimensiones' with input fields for TENSION, PRESION, CORRIENTE, VEL (RPM), TEMPERATURA, PESO (KG), FRECUENCIA, ALTO, POTENCIA, ANCHO, HUMEDAD, and LARGO. The 'Clasificación del Equipo' section includes four sub-sections: 'Clasificación Biomedica' with options like Soporte Vital, Diagnostico, Terapia, Reabilitacion, Prevencion, and Analisis L; 'Riesgo' with options like Clase III, Clase IIB, Clase I..., and Clase I; 'Proteccion Contra Descargas' with options like B, BF, and CF; and 'Estado' with options like OPERATIVO, EN MANTENIMIENTO, FUERA DE SERVICIO, and BAJA.

Figura 16. Módulo Hoja de vida, botón crear parte 2.


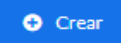


The screenshot shows the 'Hoja de vida' form in the SYSGEB system, continuing from the previous section. The left sidebar is the same. The main content area shows the 'Biomedica' section with options like Soporte Vital, Diagnostico, Terapia, Reabilitacion, Prevencion, and Analisis L. The 'Descargas' section has options like B, BF, and CF. The 'Estado' section has options like OPERATIVO, EN MANTENIMIENTO, FUERA DE SERVICIO, and BAJA. Below these is the 'Información Adicional' section, which includes 'Frecuencia de Mantenimiento' with options like 2 Meses, 4 Meses, and 6 Meses, and 'Manuales' with options like Servicio, Usuario, Componentes, and Despiece. At the bottom of the form are 'Guardar' and 'Cancelar' buttons.

Figura 17. Módulo Hoja de vida - botón crear parte 3.

ID	Nombre Archivo	Fecha De Subida	Eliminar	Descargar
1	Ejercicios-R.pdf	2022-04-18 21:23:48	Eliminar	Descargar

Figura 18. módulo Hoja de vida - Botón Archivos

7. ALMACÉN

Este módulo de almacén contiene los elementos disponibles para realizar mantenimientos y elementos de utilería para el funcionamiento de estos (Figura 19). Los registros cuentan con un botón editar  para actualizar la información sobre los elementos, en la parte superior derecha se encuentra el botón crear  permite agregar un nuevo ítem (Figura 20). Esta ventana contiene un formulario para crear un elemento, la casilla Código permite establecer un código para el elemento a agregar, la casilla Nombre permite registrar el nombre del elemento, la casilla descripción, permite registrar una breve descripción del elemento, por último, la casilla Stock permite registrar la cantidad de elementos disponibles, en la parte inferior se encuentran dos botones, guardar  que permite almacenar la información conforme se registró en el formulario, el botón cancelar  permite abandonar el registro sin almacenar la información.

Almacen

Display 10 results Search:

[Crear](#)

Codigo ↑↓	Nombre ↑↓	Descripción ↑↓	Existencias ↑↓	Acción
00001	Baterías	Monitor de signo vitales - Comen C80	5	Editar
00002	Set de Infusión	Macro goteo	20	Editar
00003	Saturador de oxígeno	Monitor de signo vitales - IMP12	3	Editar

Showing 1 to 3 of 3 entries < 1 >

Figura 19. Módulo Almacén.

Nuevo Item

Codigo:

Nombre Insumo:

Descripción:

Stock:

[Guardar](#)

[Cancelar](#)

Figura 20. Módulo Almacén, botón Crear.

8. REPORTES

El módulo de Reportes presenta los reportes de mantenimiento. Este módulo se observa diferente conforme al usuario de ingreso, en el caso de Administrador (Figura 21) presenta la información de los equipos, en la parte inferior derecha se encuentran dos botones Marcar como cumplido [Marcar como cumplido](#) que permite indicar que el reporte fue solucionado satisfactoriamente y el botón Falsa solicitud [Falsa Solicitud](#) que indica que se presentó una Falsa solicitud.

Reportes

Display 10 results Search:

ID	Activo Fijo	Nombre Equipo	Cumplió
1	01-0043	BOMBA DE INFUSIÓN	Falsa Solicitud
2	01-00141	ASPIRADOR DE SECRECIONES	Falsa Solicitud
3	01-00145	NEBULIZADOR	Falsa Solicitud
4	01-00239	ASPIRADOR DE SECRECIONES	<input type="checkbox"/>

Showing 1 to 4 of 4 entries

< 1 >

Código

Usuario

Equipo

Marca

Modelo

Serie

Ubicación

Descripción

Fecha

Cumplió

Marcar como cumplido Falsa Solicitud

Figura 21. Módulo Reportes - usuario Administrador

Cuando se ingresa con el usuario Asistencial (Figura 22) el usuario observa los equipos y permite crear reportes a través del botón Crear como se observa en la Figura 23 donde indica los campos que se deben diligenciar para generar un reporte para mantenimiento. Los campos para registrar son la información respecto a los reportes de mantenimiento de equipos. En la casilla Activo fijo se despliega una lista en la cual se puede elegir el código del equipo el cual presentó la falla en el servicio, al seleccionarlo se importa la información referente al equipo, en la casilla Descripción, permite registrar información con respecto a la falla que presentó el equipo, la casilla Fecha despliega un calendario en el cual se puede elegir el día que ocurrió el fallo del equipo. En la parte inferior el botón Enviar permite hacer registro del reporte con la información consignada, el botón Cancelar permite abandonar el proceso de reporte sin almacenar la información.

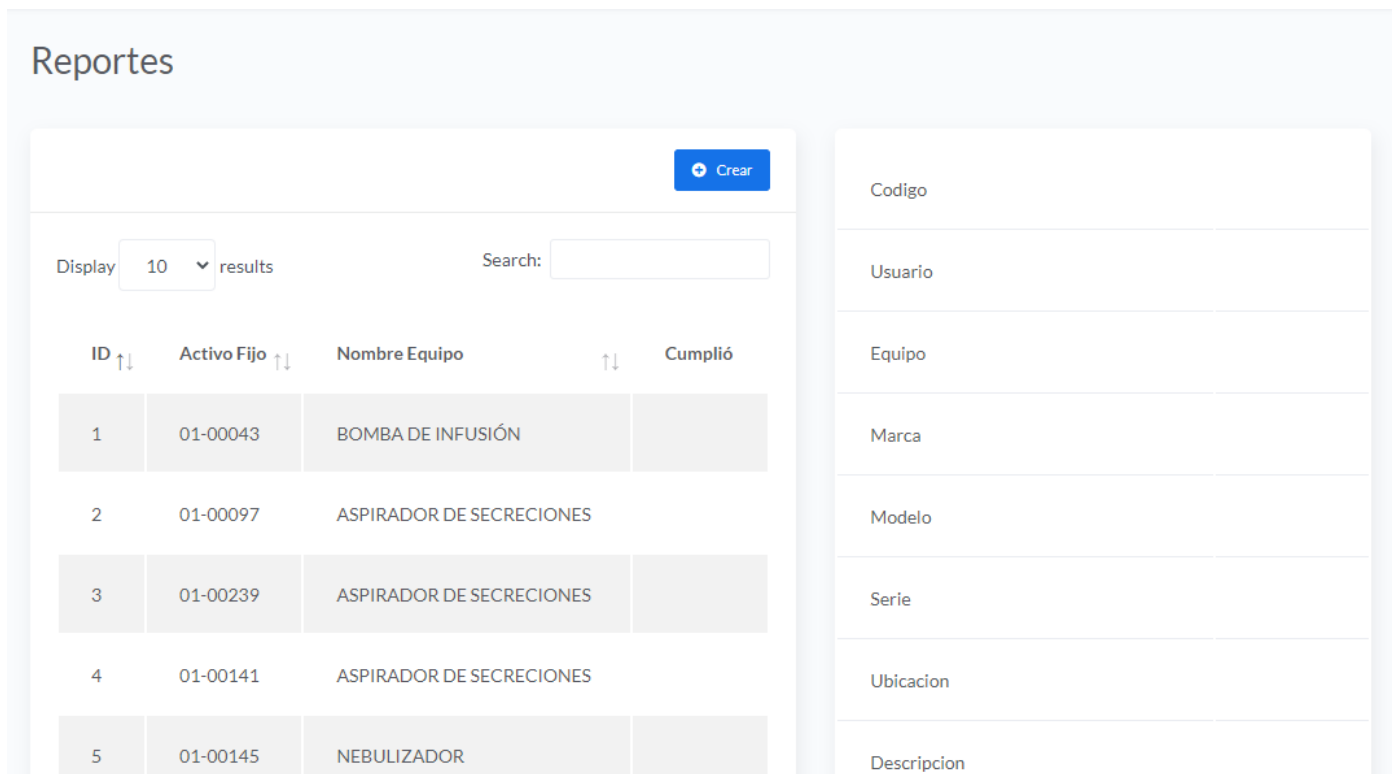


Figura 22. Módulo Reportes, usuario Asistencial.

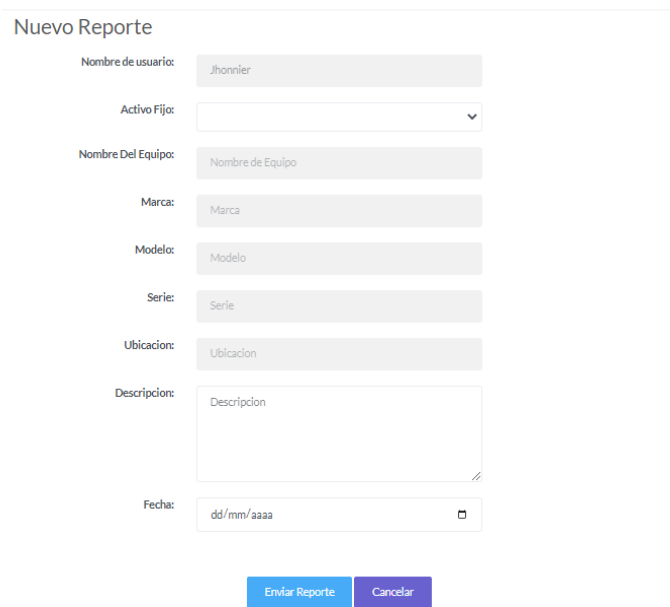


Figura 23. Módulo Reportes, botón Crear.

9. USUARIOS

El módulo de Usuarios permite ver la información del usuario que ingreso al sistema como se observa en la Figura 24. En esta ventana el usuario puede actualizar su información, además de cargar una imagen para el perfil, una vez se inicia sesión, se envía un correo electrónico de registro de acceso. El usuario Administrador a diferencia del usuario Asistencial, cuenta con el botón Administrar Usuarios [Administrar Usuarios](#) que permite gestionar todos los usuarios (Figura 25). En esta ventana se encuentran los usuarios registrados, los cuales cuentan con dos botones, Eliminar [Eliminar](#) que permite

borrar el usuario y resetear **Resetear** que permite restablecer la información de usuario conforme al primer registro realizado. En la sección de Crear usuarios se encuentra un formulario, que permite crear un nuevo usuario con la información en la cual son diligenciados el nombre, e-mail, rol y contraseña de acceso, una vez registrada la información, al dar clic en crear usuario **Crear Usuario** se crea el usuario según corresponda a la información suministrada.

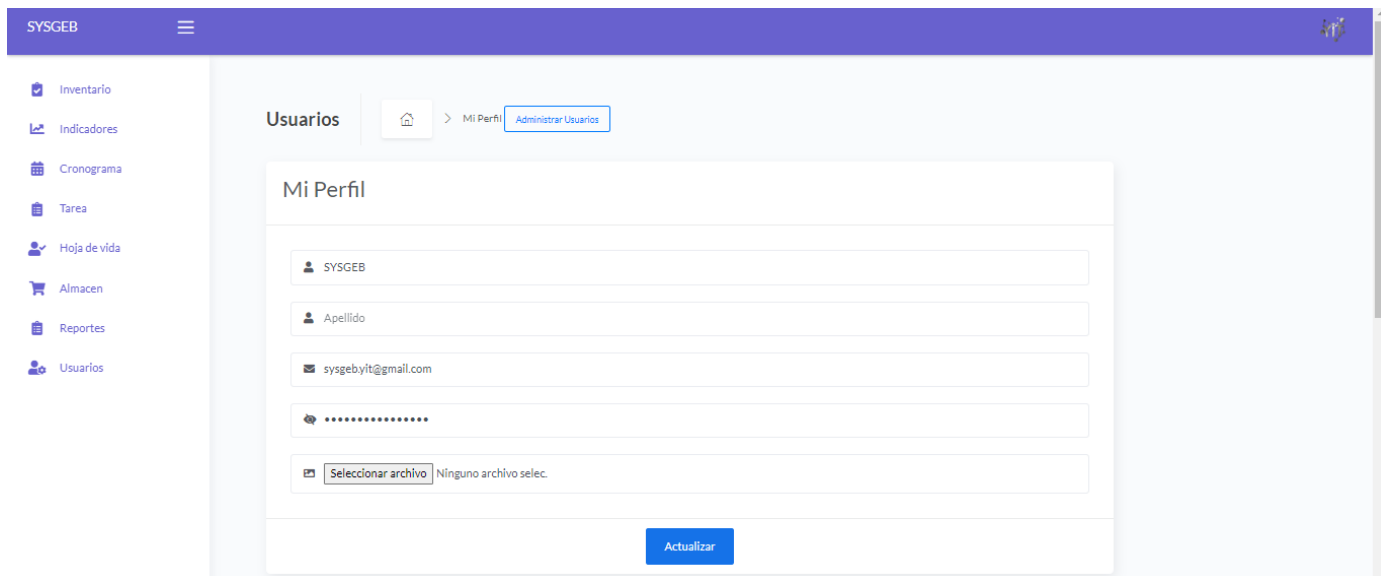


Figura 24. Módulo Usuarios

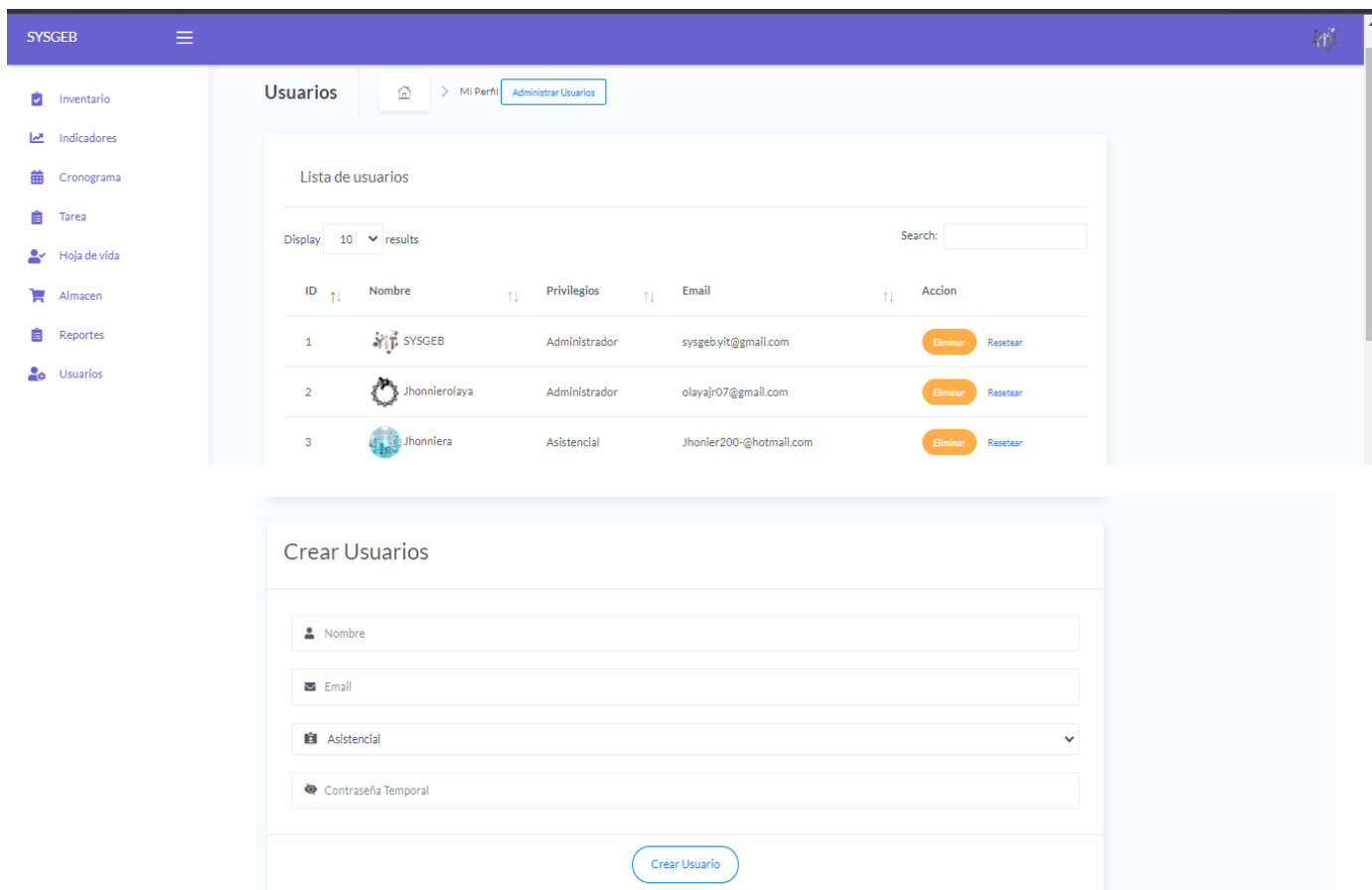


Figura 25. Módulo Usuarios - botón Administrar Usuarios.

10. OTRAS FUNCIONES

En la parte superior en el lado derecho se encuentra un botón desplegable el tiene tres funciones (Figura 26). Mi Perfil el cual permite ver el perfil, exportar inventario | Exportar Inventario | que permite descargar la base de dato de inventario en un archivo de Excel y el botón Cerrar Sesión.

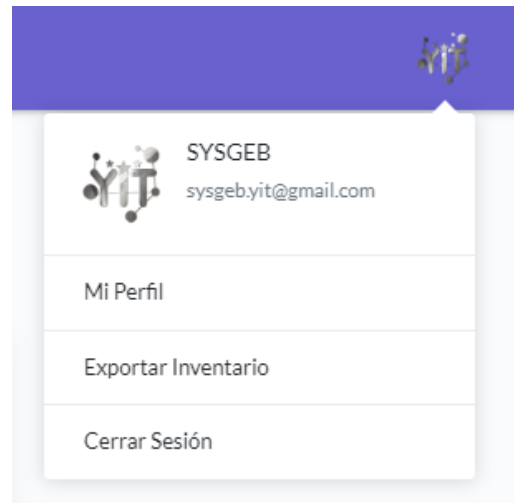


Figura 26. Funciones exportar y cerrar sesión

Anexo 3. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES – SYSGEB

1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.

Seguridad	
Ref.	Funciones
0.0	Solicita Usuario y contraseña
0.1	Envía alarma al correo en el momento que se inicia sesión (función Automática)
Módulo Usuario	
Ref.	Funciones
1.0	Permite crear, eliminar usuarios
1.1	Permite iniciar sesión a los usuarios creados (Administrador o Asistencial)
1.2	Permite actualizar información del usuario
1.3	Permite cerrar sesión al usuario
1.4	Permite al usuario administrador exportar inventario
Módulo de Inventario	
Ref.	Funciones
2.0	Permite agregar un equipo
2.1	Permite actualizar el estado del equipo (activo, fuera de servicio y de baja)
2.2	Permite buscar equipos
2.3	Permite visualizar los equipos según el estado
2.4	Permite visualizar los equipos por cantidades o en su totalidad
Módulo de Indicadores	
Ref.	Funciones
3.0	Permite visualizar gráficas de los índices de disponibilidad de equipos, cumplimiento de metas y falsa solicitudes en tiempo real
Módulo de Cronograma	
Ref.	Funciones
4.0	Permite crear, editar y eliminar un mantenimiento

-
- 4.1 permite asignar hora de inicio y finalización del mantenimiento

 - 4.2 Permite buscar los mantenimientos programados

 - 4.3 Permite visualizar los mantenimientos programados por medio de un calendario, por mes, por semana y por día

 - 4.4 Permite enviar una alarma al correo según el día que se programe el mantenimiento

Módulo de Tarea

Ref.

Funciones

-
- 5.0 Permite crear, eliminar y editar tarea

 - 5.1 Permite asignar la tarea a los equipos

 - 5.2 Permite descargar la tarea (formato pdf)

 - 5.3 Permite ver la tarea creada

 - 5.4 Permite buscar tarea

 - 5.5 Permite visualizar Tarea por cantidades fijas o en su totalidad

 - 5.6 Permite generar ordenes de mantenimiento

Módulo de Hoja de Vida

Ref.

Funciones

-
- 6.0 Permite crear, eliminar y editar hoja de vida

 - 6.1 Permite subir archivos a la hoja de vida

 - 6.2 Permite visualizar la hoja de vida

 - 6.3 Permite buscar hoja de vida

 - 6.3 Permite visualizar equipos por cantidades o en su totalidad

Módulo de Almacén

Ref.

Funciones

-
- 7.0 Permite crear y editar elemento de almacén

 - 7.1 Permite buscar elementos de almacén

 - 7.2 Permite visualizar elementos por cantidades o en su totalidad

Módulo de Reportes

Ref.	Funciones
8.0	Permite ver los reportes (administrador y asistencial)
8.1	Permite crear los reportes (administrador y asistencial)
8.2	Permite verificar y asignar si el reporte se cumplió o fue una falsa solicitud
8.3	Permite crear y enviar reportes al usuario asistencial
Módulo Usuarios	
Ref.	Funciones
9.0	Permite administrar usuarios
9.1	Permite crear y eliminar usuarios
Otras Funciones	
Ref.	Funciones
10.0	Permite Cerrar Sesión
10.1	Permite ver el perfil actual
10.2	Permite exportar Inventario a una hoja de Datos .xls

2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Software	
Ref.	Descripción
1.0	Se requiere lenguaje de programación PHP
1.1	Se emplea visual studio code como IDE para el desarrollo del software
1.2	Se requiere instalar plantillas para las interfaces
Hardware	
Ref.	Descripción
2.0	Hosting Premium de 10Gb
2.1	Computador con diferentes programas de navegación para usar la herramienta
2.3	Red de internet para abrir la herramienta
2.4	Base de datos MySQL

2.5 Servidor de correos
