

**Desarrollo de software para optimizar la gestión de mantenimiento de tecnología biomédica en una institución prestadora de servicios de salud de alta complejidad**

**Presentado por:**

Cristian Javier Obando Acevedo  
Lyna Marcela Forero Gómez  
Yurlei Camila Cárdenas Camacho

**Códigos:**

U00114146  
U00114607  
U00114850

**Director**

Juan Camilo Serrano Castañeda

**Codirectores**

Mario Fernando Morales Cordero  
Lusvin Javier Amado Forero

Universidad Autónoma de Bucaramanga  
Facultad de Ingenierías  
Programa de Ingeniería Biomédica  
Bucaramanga  
2021

## **Resumen**

El objetivo de este documento es presentar el desarrollo de un software que permita optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica en una institución prestadora de salud de alta complejidad. Para esto, se inició estudiando la herramienta actualmente utilizada por la institución y se decidió seguir los patrones de la misma en cuanto a la generación de gráficas empleadas en los informes. Después de obtener la información relacionada con los equipos, se realiza la base de datos con las tablas: inventario de equipos, registros de reportes, usuarios y stock. La base de datos es creada en MySQL con licencia GPL (Licencia de uso público), la cual permite acceder y distribuir la base de datos de forma gratuita.

La codificación del software se realiza haciendo uso del lenguaje de programación Matlab, el cual se enlaza con MySQL para tener acceso a las tablas de la base de datos. La interfaz del software está dividida en 6 pestañas principales en las cuales el usuario podrá ingresar la orden, generar las gráficas de los informes y podrá acceder a las tablas de inventario, stock y personal. Adicional a lo anterior, se tiene un menú de “Archivo” para brindar al usuario la posibilidad de exportar los datos de las tablas en formato archivos de extensiones .txt o .xls, y también la función de cerrar sesión actual para ingresar con otro usuario.

## **Abstract**

The objective of this document is to present the development of a software that allows optimizing the maintenance management of biomedical technology in a highly complex healthcare services provider institution. For this, it began by studying the tool currently used by the institution and it was decided to follow its patterns in terms of the generation of graphs used in the reports. After obtaining the information related to the equipment, the database is made with the following tables: equipment inventory, report records, users and stock. The database is created in MySQL with a GPL licence (Public Use License), which allows you to access and distribute databases for free.

The coding of the software is done using the Matlab programming language, which is linked to MySQL to access the database tables. The software interface is divided into 6 main tabs in which the user can enter the order, generate the graphs of the reports and can access the inventory, stock and personnel tables. In addition to the above, there is a "File" menu to provide the user with the possibility of exporting the data from the tables in files with .txt or .xls extensions, and also the function of closing the current session to enter with another user (log out).

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>PROBLEMA U OPORTUNIDAD .....</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN.....  | 7         |
| 1.2 PROBLEMA U OPORTUNIDAD.....  | 8         |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN.....   | 10        |
| 1.4 OBJETIVOS.....   | 11        |
| 1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....  | 11        |
| 1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....   | 11        |
| <b>CAPÍTULO 2.....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1 MARCO TEÓRICO .....  | 12        |
| 2.1.1 <i>Departamento de ingeniería biomédica</i> .....                          | 12        |
| 2.1.2 <i>Sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS)</i> .....      | 13        |
| 2.1.3 <i>Gestión de mantenimiento para equipos biomédicos</i> .....              | 13        |
| 2.1.4 <i>Tipos de mantenimiento</i> .....  | 14        |
| 2.1.5 <i>Nivel de prioridad</i> .....  | 18        |
| 2.1 MARCO LEGAL.....   | 19        |
| 2.3 ESTADO DEL ARTE .....  | 27        |
| 2.3.1 <i>Internacionales</i> .....   | 27        |
| 2.2.1 <i>Nacionales</i> .....  | 32        |
| 2.2.2 <i>Local</i> .....   | 35        |
| <b>CAPÍTULO 3.....</b>   | <b>36</b> |
| 3.1. ANÁLISIS DE REQUISITOS.....   | 37        |
| 3.1.1 <i>Requerimientos Funcionales: ¿Qué debe hacer el sistema?</i> .....       | 39        |
| 3.1.2 <i>Requerimientos no funcionales: ¿Cómo debe hacerlo el sistema?</i> ..... | 40        |
| 3.2. PLANEACIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....                             | 41        |
| 3.3. DESARROLLO.....   | 42        |
| 3.4 PRUEBA FINAL DE USUARIO .....  | 43        |
| 3.5 IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN.....   | 43        |
| <b>CAPÍTULO 4.....</b>   | <b>44</b> |
| 4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....   | 44        |
| 4.1.1 <i>Creación de la base de datos</i> .....                                  | 44        |
| 4.1.2 <i>Desarrollo del software</i> .....                                       | 47        |
| 4.1.3 <i>Pruebas del usuario</i> .....   | 63        |
| 4.1.4 <i>Indicadores de calidad</i> .....  | 64        |
| 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 65        |
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>   | <b>70</b> |
| <b>CAPÍTULO 6.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>72</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Proceso de acreditación. (ministerio de salud y protección social, 2016). ...                              | 22 |
| Figura 2. Modelo metodológico empleado. ....   | 37 |
| Figura 3. Patrón modelo-vista-controlador. ....  | 42 |
| Figura 4. Tablas que componen base de datos “proyecto_grado”. ....   | 45 |
| Figura 5. Tabla “inventario_equipos” en mysql. ....  | 45 |
| Figura 6. Tabla “stock” en mysql.....  | 46 |
| Figura 7. Tabla “usuarios_login” en mysql. ....  | 46 |
| Figura 8. Pantalla inicial del aplicativo.....   | 47 |
| Figura 9. Acceso a pestaña “gráficas” por un usuario particular.....   | 48 |
| Figura 10. Acceso a pestaña “personal” por un usuario particular. ....   | 48 |
| Figura 11. Acceso a pestaña “inv” desde sesión de un usuario particular. ....  | 49 |
| Figura 12. Acceso a pestaña “stock” desde sesión de un usuario particular.....                                       | 49 |
| Figura 13. Registro de reportes (frs). ....  | 50 |
| Figura 14. Grupo de componentes número uno (1), información resumida de variables clave en análisis de reportes..... | 51 |
| Figura 15. Adición de reportes nuevos (añadir reporte). ....   | 52 |
| Figura 16. Visualizar gráficas analíticas (gráficas).....  | 53 |
| Figura 17. Presentación de gráficas de información de mantenimientos.....  | 54 |

|   |           |
|---|-----------|
| Figura 18. Presentación de gráficas información de fallas. ....   | <b>54</b> |
| Figura 19. Presentación de gráficas información de costos. ....   | <b>55</b> |
| Figura 20. Presentación de gráficas información de reportes. ....   | <b>56</b> |
| Figura 21. Presentación de gráficas .....   | <b>57</b> |
| Figura 22. Íconos de interacción de axis con el usuario. ....   | <b>58</b> |
| Figura 23. Listado y administración de usuarios (personal) .....  | <b>59</b> |
| Figura 24. Listado y administración de inventario (inv).....  | <b>61</b> |
| Figura 25. Listado y administración de elementos en stock (stock). ....   | <b>62</b> |
| Figura 26. Respuestas de los usuarios respecto a la usabilidad del aplicativo.....                                      | <b>66</b> |
| Figura 27 y 28. Respuestas del usuario sobre la disminución de tiempo que da el<br>aplicativo. ....                     | <b>67</b> |
| Figura 29. Respuesta de los usuarios sobre la utilidad de consolidar las herramientas<br>anteriormente utilizadas. .... | <b>68</b> |
| Figura 31. Respuestas del usuario sobre los cambios o aportes que le daría al software.<br>.....                        | <b>69</b> |

# Capítulo 1

## Problema u oportunidad

### 1.1 Introducción

Las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) buscan tener tecnologías sanitarias de alta calidad que les permita dar a los pacientes la mejor atención en el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de sus enfermedades. Los equipos biomédicos a diferencia del resto de tecnología sanitaria, deben someterse a mantenimientos y calibraciones con el objetivo de mantener en buen estado la tecnología biomédica, disminuir los costos asociados a la prestación del servicio de salud y garantizar la seguridad de los usuarios de la tecnología (Orozco et al., 2015).

El mantenimiento del equipo biomédico es una parte fundamental del ciclo de vida del dispositivo y es importante para brindar al paciente un tratamiento oportuno, disminuir su insatisfacción y reducir la mortalidad y los riesgos durante su atención. El mantenimiento en el sector salud se define como cualquier acción que ayude a las IPS a brindar un nivel de servicio de alta calidad y que promueva la protección y la mejora en el desempeño de sus equipos para que operen de manera eficaz. Por tanto, la gestión del mantenimiento es un aspecto fundamental de la gestión hospitalaria (Goszczyńska et al., 1991).

Actualmente, en las IPS de alta complejidad existe la necesidad de renovar y adquirir más tecnología biomédica. Lo anterior, implica para las instituciones mayor tiempo y dinero en mantener actualizada la información de los procesos por los que pasa cada equipo (Salazar-Flórez et al., 2017). Debido a esto, es importante el uso de herramientas computarizadas que permitan la gestión de estos procesos.

El presente proyecto plantea el desarrollo de un software que permita optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una IPS de alta complejidad como lo es “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A”. Este software permitirá disminuir el tiempo que se emplea en subir una orden al sistema ya que información como lo es, datos del equipo, será relacionada automáticamente al ingresar el número de placa. Adicionalmente, permitirá actualizar el inventario y el stock de repuestos y le dará al usuario la seguridad de que la información suministrada no será filtrada, ya que solo el administrador podrá acceder a información confidencial de los registros e informes.

## **1.2 Problema u oportunidad**

En la actualidad, la tecnología biomédica es una de las principales herramientas con las que cuentan las IPS que en conjunto con el personal de salud y los respectivos procedimientos permiten realizar el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades (Salazar, Botero & Jimenez, 2015, p.1). Dada su importancia, surge la necesidad de implementar acciones de mantenimiento de esta serie de equipos, con el fin de garantizar su disponibilidad, confiabilidad y permanencia en el tiempo. Con ello se hace imprescindible la implementación de herramientas que permitan mejorar la administración y gestión de estos procesos.

Para el personal del departamento de ingeniería biomédica puede resultar una tarea compleja identificar los equipos biomédicos que deben ser gestionados de manera mensual, trimestral, semestral o anual, debido a que una IPS de alta complejidad tiene en su pertenencia una alta cantidad de equipos biomédicos. Por esto, establecer un programa estrictamente organizado es de vital importancia para evitar omisiones de mantenimientos y calibraciones, ya que este



tipo de fallas pueden repercutir de manera significativa en la calidad de la prestación del servicio, un decrecimiento de la eficiencia del programa de gestión de procesos puede aumentar los costos de la empresa, entre otros factores (Díaz, 2020).

Actualmente la IPS “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.”, cuenta con una herramienta digital que permite llevar el registro de todas las actividades realizadas por el personal del departamento de Ingeniería Biomédica, analizar su relación de costo de mano de obra y tiempo trabajado, realizar una gestión eficiente de cada equipo biomédico que pasa por una revisión de mantenimiento o calibración, llevar inventario de los accesorios e insumos requeridos por los distintos equipos biomédicos, genera gráficas de análisis y tablas dinámicas, entre otras funciones técnico-administrativas.

Esta herramienta digital fue desarrollada dentro de una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel y hasta el día de hoy ha contado con 4 actualizaciones de su sistema de funcionamiento pasando por refinamientos y mejoras en su desempeño. Este recurso ha aportado grandes ventajas a la institución, como lo son reducciones de tiempo y costos, una correcta gestión de insumos y consumibles en inventario, administración laboral de cada trabajador del departamento, optimización de cotizaciones, etc., pero un factor aún existente que genera retrasos de tiempo es la transcripción de información física (formulario y documentación de cada actividad de mantenimiento) a la herramienta digital, ya que el ingeniero encargado de esta labor debe manipular y analizar dicha información mensualmente. Por esta razón se requiere una optimización del proceso que se refleja en la reducción de los tiempos empleados en estas actividades.

### **1.3 Justificación**

Las IPS deben cumplir con los estándares regulatorios establecidos por el ministerio de salud para así poder brindar un servicio de salud de alta complejidad. De acuerdo con la resolución 3100 del 2019, es obligación de los prestadores de salud llevar el seguimiento de la tecnología biomédica que ingrese a la institución (Resolución número 3100 de 2019, art. 9). Esto involucra, a su vez, la realización del proceso de gestión en cada equipo, lo cual permite al personal estar al tanto de todos los procedimientos por los que ha pasado el mismo. Sin embargo, puede convertirse en una tarea tediosa que, además de confundir al personal encargado del mantenimiento debido a la cantidad de información, consume tiempo que podría ser aprovechado en otras labores (Díaz, 2020).

Automatizar los procesos de gestión del mantenimiento de la tecnología biomédica es una necesidad existente en las IPS de alta complejidad que ocupan el más alto escalafón en cuanto a la variedad de tecnología médica. Entre esta clasificación se encuentra “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A”, por lo que dar solución a esta problemática mediante el desarrollo del presente proyecto representará un gran impacto en la mejora continua de la prestación de servicios de salud mediante la planificación, seguimiento e inspección de los procesos, así como la obtención de los datos que permita la cuantificación de indicadores referentes a la gestión de tecnología biomédica.

### **1.4 Pregunta de investigación**

¿Cómo lograr la optimización en la gestión de procesos de mantenimiento de tecnología biomédica en una institución de alta complejidad?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar un software para la optimización de la gestión de mantenimiento de tecnología biomédica en una Institución Prestadora de Salud de alta complejidad.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

**1.4.2.1** Identificar las necesidades actuales de la IPS en cuanto a la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica por medio del análisis de las herramientas existentes para así obtener los requerimientos del software a desarrollar.

**1.4.2.2** Diseñar un software mediante un lenguaje de código abierto que permita la automatización de la gestión de mantenimiento de tecnología biomédica.

**1.4.2.3** Evaluar el software desarrollado mediante el cálculo de indicadores de gestión de mantenimiento para evidenciar el impacto de la solución propuesta.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico y Estado del arte**

Este capítulo se divide en tres segmentos. Primero se da una introducción relacionada a los tipos de mantenimientos y a la gestión de mantenimiento; se presenta el marco legal que rige la tecnología biomédica y por último, se hace la revisión de la literatura en el contexto internacional, nacional y local.

## **2.1 Marco teórico**

### **2.1.1 Departamento de ingeniería biomédica**

El equipo que conforma el Departamento de Ingeniería Biomédica (CE, por sus siglas en inglés) dentro de una IPS está encargado de asegurar los procesos de planeación, evaluación, adquisición y puesta en marcha de la tecnología biomédica, manteniendo un proceso de administración y control durante los ciclos de vida útil de los distintos equipos, en función de la seguridad al paciente y su familia. Este proceso se realiza con cada uno de los equipos biomédicos pertenecientes a los servicios de la IPS mediante acciones basadas en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) (Díaz, 2020).

Una de las responsabilidades inherentes para el director del departamento CE es la relacionada con documentación de procesos y/o negocios internos en forma de procedimientos y políticas. Por lo general, los profesionales que pertenecen al departamento CE tienen unas fuertes bases en su experiencia y experticia técnica, teniendo un buen desempeño en sus labores relacionadas con mantenimientos, diseño y construcción, entre otras funciones, pero su desempeño en sus responsabilidades administrativas es bajo. Sin la suficiente eficiencia por parte de los profesionales en ambos sectores se verán afectados los procesos de mantenimiento, planeación, adquisición y gestión de equipos, ya que toda la organización dependerá de la memoria del personal (Wang, 2012).

Si la IPS cuenta con personas de cargo de estudiante de ingeniería biomédica en prácticas profesionales, tiene como responsabilidad realizar apoyo técnico y administrativo al departamento de la siguiente forma:

**Apoyo técnico:** Rondas de seguridad en servicios de urgencias y cirugía, rondas de seguridad de tecnovigilancia y gestión de tecnología, atención a primeros llamados, ejecución de mantenimientos (preventivos y correctivos) y elaboración de inventario.

**Apoyo administrativo:** Elaborar, revisar y actualizar documentación relacionada con los procesos de gestión de la tecnología, desarrollar planes y programas de seguridad hospitalaria, análisis de estrategias y resultados de trabajo y productividad.

### **2.1.2 Sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS)**

Un CMMS es un sistema implementado para atender la administración del mantenimiento de una organización o institución sin importar su naturaleza, y contempla los recursos materiales y humanos. Su objetivo es atender las necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo bajo un esquema sistemático y organizado. Los CMMS han permitido optimizar las labores de control y seguimiento de mantenimientos, además de generar documentación y soporte correspondiente a los procesos de gestión de mantenimiento correctivo (Valderrama, 2019).

### **2.1.3 Gestión de mantenimiento para equipos biomédicos**

La gestión de mantenimientos de equipos biomédicos se ha vuelto un factor esencial en el mundo porque la demanda de servicios clínicos y hospitalarios va en constante aumento, adicional a los altos costos de la adquisición de tecnología biomédica, su constante mejoría y evolución, la necesidad de mejorar procesos para

llegar a ser más competitivos, y para la mejora de la calidad de procedimientos relacionados con tecnología de baja, mediana y alto nivel. (W. Orozco et al., 2015)

La gestión de mantenimiento de las tecnologías médicas es una herramienta para apoyar al personal médico y técnico en desarrollo, control y dirección de programas de mantenimiento para el equipo médico, garantizando de esta manera su operación segura y máximas prestaciones a un costo efectivo.

Existen elementos que contribuyen al aumento acelerado de deterioro de las tecnologías y a acrecentar las probabilidades de fallas en componentes de los equipos, entre los que están: la carencia de información técnica y condiciones ambientales inadecuadas para almacenar o instalar los equipos, los cuales se ven afectados por parámetros como la humedad, la iluminación, el polvo, la ventilación o por deficiencias en sistemas de suministro energético.

Las metas de la gestión del mantenimiento para tecnologías médicas son las siguientes:

- Proporcionar un entorno seguro y funcional mediante el mantenimiento adecuado de todos los equipos y espacios.
- Proporcionar la documentación y características técnicas necesarias de los equipos y espacios.
- Minimizar la cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación y mantenimientos de todos los equipos y espacios.

#### **2.1.4 Tipos de mantenimiento**

- **Mantenimiento preventivo**

Se refiere a los trabajos que se desarrollan para que el equipo opere de manera correcta. Incluyen las actividades de aseo, buen manejo de los equipos, inspecciones tanto programadas como sin previo aviso, control de programas y trabajos a través de indicadores, detección y corrección de fallas antes de que provoquen daños durante la operación del equipo. Incluye también las revisiones y mantenimientos programados, es decir, el cambio de piezas o partes al cumplirse el programa de mantenimiento a determinadas horas o cargas de trabajo. (Londoño, 2008).

El mantenimiento preventivo es útil cuando se aumenta la confiabilidad de los equipos y se prolonga su vida útil, a la vez que se disminuye el tiempo perdido por culpa de fallas y costos de reparación. También permite organizar los diferentes trabajos asociados al mantenimiento de cada equipo sabiendo las fechas y necesidades que presentan estos diferentes equipos, y permite preparar con antelación la dotación de los servicios que se vean afectados por estos equipos parados.

- **Mantenimiento correctivo**

Comprende los aspectos de Reparación, Reparación en el sitio de trabajo, Reconstrucción, Recuperación y Modificación. Estas actividades se realizan sin ningún tipo de programación o antelación previa, no son planificadas, ya que son llevadas a cabo cuando se reportan fallas espontáneas y fortuitas del funcionamiento de los equipos durante su operación y puede conllevar a retener el equipo dañado durante pocos minutos a varias horas. Específicamente en el sector de la salud, la demora por la realización de mantenimientos correctivos podría provocar una mala prestación del servicio de salud e inclusive la no prestación del servicio y esto va directamente reflejado en la cantidad de pacientes atendidos.

- **Mantenimiento predictivo**

Se refiere al control continuo de los diferentes equipos para evaluar su funcionamiento y detectar oportunamente las más pequeñas variaciones dentro de las oscilaciones estándares para optimizar su funcionamiento, y mantener su productividad máxima posible, a la vez que se evitan fallas, así sean menores. Se debe realizar los siguientes procedimientos:

- Determinación de los equipos que por su tecnología y costo deben tener seguimiento de mantenimientos predictivos.
- Establecimiento de los procedimientos y medidas para los equipos que requieran diseño de un programa de mantenimientos predictivos.
- Determinar los costos del control predictivo para cada equipo que lo necesite y calcular los ahorros obtenidos por mayor producción y menores reparaciones.

- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)**

Es una metodología utilizada para determinar, sistémicamente, qué debe hacerse para que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario, en el contexto operacional presente.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo o predictivo y elimina aquellas tareas que no producen ningún impacto en la frecuencia de fallas. Debido al enfoque riguroso para definir funciones, normas, mecanismo de falla, efectos y grado crítico, el sistema del equipo que está bajo revisión se entiende mucho mejor que antes de la revisión. El



resultado de cada estudio del MCC del sistema de un equipo es una lista de acciones de mantenimiento, programas y responsabilidades. Éstas, a su vez, dan por resultado una mejor disponibilidad, confiabilidad, rendimiento operativo del equipo y eficacia en costos. (Duffua, Raouf, Dixon, 2002).

- **Mantenimiento Productivo Total (MPT)**

El mantenimiento productivo total es un enfoque gerencial para el mantenimiento que se centra en la participación de todos los empleados de una organización en la mejora del equipo. Este método se desarrolló comenzando con la aplicación del mantenimiento preventivo y avanzando hasta la aplicación de los conceptos de administración de la calidad total y la manufactura justo a tiempo en el campo del mantenimiento de los equipos.

En el MPT siempre se registran los eventos que produzcan pérdida de funcionamiento o desempeño por debajo de los requerimientos. Estas pérdidas se agrupan en seis categorías:

- Descomposturas (fallas del equipo)
- Preparación y ajustes
- Trabajo en vacío y paros menores
- Reducción en la velocidad
- Defectos del proceso
- Pérdidas de rendimiento

Las fallas y reparaciones ocasionan tiempo muerto y producen un impacto en la disponibilidad. La reducción en la velocidad tiene impacto en el tiempo del ciclo. Los

defectos y pérdidas de rendimiento tienen un impacto en la calidad. La eficacia global del equipo, definida como el producto de disponibilidad, tiempo de ciclo y tasa de calidad, es la medida clave de la eficacia del MPT.

Dentro del departamento de mantenimiento, la metodología MPT fomenta el desarrollo de la planeación sistemática, el control del mantenimiento preventivo y correctivo, y apoya plenamente las actividades autónomas realizadas por el operador.

### **2.1.5 Nivel de prioridad**

El equipo será clasificado con base en una valoración de riesgo y se le asignará un valor numérico para ordenar su prioridad en el inventario. Los criterios para la cuantificación de la prioridad pueden ser: (Malagón-Londoño et al., Galán, 2008):

- **Función del equipo (E):** hace énfasis en la forma en que el equipo se relaciona con el cuidado del paciente en las diferentes áreas donde son utilizados.
- **Aplicación clínica (A):** considera las posibles fallas que se puedan presentar en los equipos y cómo estas fallas se ven reflejadas en los usuarios y/o pacientes en forma de incidentes o eventos adversos.
- **Requerimientos de mantenimiento (M):** Hace referencia al nivel de complejidad y frecuencia de mantenimiento, de acuerdo a lo estipulado por el fabricante o la experticia adquirida por el personal, que puede variar según el tipo de equipo.
- **Historial de fallas (F):** Se debe tener en cuenta el historial de mantenimientos y solicitudes hechas por el personal médico para poder tener un indicio de la frecuencia con la que falla el equipo.
- **Condiciones de explotación (C):** Se refiere a la utilización excesiva del

equipo.

Una vez se obtienen calificaciones del equipo por cada uno de los ítems mencionados anteriormente, se le aplica la ecuación de cálculo de prioridad, que corresponde a la suma de estos valores numéricos. Este valor permitirá establecer la frecuencia de mantenimiento del equipo y un plan de trabajo anual.

**Ecuación 1.** Cálculo de Nivel de Prioridad.

$$PI = E + A + M + F + C$$

- Todo equipo con un PI de 12 o más alto se incluirá en el inventario de mantenimientos.
- Todo equipo con un PI de 15 a 18 se programará con frecuencia de inspecciones semestrales.
- Todo equipo con un PI de 19 o 20 se programará con frecuencia de inspecciones cuatrimestral.
- Los equipos con PI menor de 5 se atenderán únicamente en mantenimientos correctivos.

## 2.1 Marco legal

Existen diversas normativas que rigen sobre el área de aplicación de la tecnología biomédica. Estas normas velan por una correcta manipulación de la tecnología; procesos adecuados para su importación, comercialización, instalación, uso, seguridad del paciente, mantenimiento y disposición final; definen procesos y requerimientos necesarios para la habilitación de servicios dentro de IPS; definen requerimiento de infraestructura y dotación

para cada uno de los servicios existentes en una IPS; entre otras aplicaciones. En este apartado se expondrán las normas de mayor peso o valor relacionados con el desarrollo de este proyecto, las cuales son:

- **Resolución 3100 de 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 también el manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud, ya que es una resolución básica que permite a los prestadores habilitar sus servicios. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019).
- **Resolución 434 de 2001:** por la cual se dictan normas para la evaluación e importación de tecnologías biomédicas, se definen aquellas de importación controlada y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 4725 de 2005:** por el cual se reglamenta el régimen de requisitos sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano, ya que el seguimiento y tecnovigilancia en equipos biomédicos es de vital importancia.
- **Decreto 0903 de 2014:** Por el cual se dictan disposiciones en relación con el sistema único de acreditación en salud, ya que la IPS “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.” trabaja en procesos de acreditación en salud. Este Decreto hace modificaciones en disposiciones del decreto 1011 de 2006.
- **Decreto 4725 de 2005**

Este decreto tiene por objeto regular el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria en lo relacionado con la producción, procesamiento, envase, empaque, almacenamiento, expendio, uso, importación, exportación, comercialización y mantenimiento de los dispositivos médicos para uso humano. El organismo encargado de expedir estos documentos es el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Los registros sanitarios para dispositivos médicos y de los permisos de comercialización para equipos biomédicos de tecnología controlada tienen una vigencia de 10 años. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2005).

Se definen los dispositivos o equipos biomédicos que requieren de registros sanitarios o permisos de comercialización y se define de la siguiente forma:

- Registro sanitario: aplica para todo dispositivo médico o equipo biomédico que no sea perteneciente a la tecnología controlada IIB y III.
- Registro sanitario automático: aplica para todo dispositivo médico o equipo biomédico que no sea perteneciente a la tecnología controlada I y IIA.
- Permiso de comercialización: aplica para todo equipo biomédico perteneciente a tecnología controlada IIB y III. Adicionalmente, los equipos biomédicos de tecnología controlada que utilizan radiaciones deberán contar con una autorización emitida por la autoridad competente en la materia para el manejo de esta clase de equipos.

- **Decreto 0903 de 2016**

El decreto en cuestión tiene por objeto dictar disposiciones y realizar ajustes al sistema único de acreditación en salud (SUAS) como componente del sistema obligatorio de garantía de calidad de la atención en salud. El SUAS se entiende como

el conjunto de procesos, procedimientos y herramientas de implementación voluntaria y periódica por parte de las entidades, y este conjunto está destinado a comprobar el cumplimiento gradual de niveles de calidad superiores a los requisitos mínimos obligatorios para la atención en salud. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Toda institución que decida de manera voluntaria obtener el reconocimiento de acreditación debe estar registrada previamente en el registro especial de acreditadores en salud, realizar una autoevaluación de los estándares de acreditación correspondientes, gestionar los planes de mejoramiento continuo para alcanzar el cumplimiento gradual de los estándares mencionados y adquirir una evaluación externa confidencial de su cumplimiento por la entidad acreditadora seleccionada. Finalmente, la entidad acreditadora otorgará la acreditación a la institución y será sometida a seguimientos posteriores del proceso de acreditación para comprobar el cumplimiento de los estándares y su gradual mejoramiento.

**Figura 1. Proceso de acreditación.** (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).



El SUAS se orienta por tres principios fundamentales:

- **Gradualidad:** que se refiere al nivel de exigencia del cumplimiento de los estándares de los manuales del SUAS que irá en aumento con el propósito de un mejoramiento continuo de la calidad en la atención en salud.
  - **Manejo de información:** que se refiere a que la información generada en el proceso de acreditación se sujetará a las condiciones establecidas entre la entidad acreditadora y las entidades que adelanten el proceso.
  - **Integralidad:** que se refiere a que la acreditación solo se podrá obtener cuando se apliquen todos los estándares de acreditación que corresponda a cada uno de los procesos de la entidad interesada.
- **Resolución 434 de 2001**

La resolución 434 del 2011 tiene por objeto “establecer metodologías y procedimientos de evaluación técnica y económica, así como aquellos que permitan determinar la más eficiente localización de tecnología biomédica, y a su vez determinar los criterios para su importación o adquisición” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2001).

Esta resolución lleva adjunta un anexo de clasificación de tecnología biomédica diferente a la clasificación según el riesgo, la cual se resume a continuación:

Dispositivo o equipo invasivo: producto que penetra parcial o completamente en el interior del cuerpo, sea por incisión u orificio corporal, de una persona.

Dispositivo o equipo invasivo de tipo quirúrgico: producto invasivo que penetra al interior del cuerpo por medio de una intervención quirúrgica. Aquellos productos distintos a los ya mencionados y cuya penetración no sea por un orificio corporal reconocido serán considerados invasivos de tipo quirúrgico.

- Dispositivo o equipo implantable: cualquier producto diseñado para sustituir una superficie epitelial u ocular mediante intervención quirúrgica y destinado a permanecer allí. También se consideran productos implantables cualquier producto destinado a ser introducido parcialmente en el cuerpo por al menos 30 días.
- Dispositivo o Equipo Biomédico Reutilizable: todo instrumento destinado a fines quirúrgicos sin estar conectado a ninguna tecnología biomédica activa y que puede volver a utilizarse una vez efectuados todos los procedimientos pertinentes.
- Dispositivo o Equipo Biomédico Activo: cualquier producto cuyo funcionamiento dependa de una fuente de alimentación eléctrica o distinta de la generada directamente por el cuerpo humano o la gravedad.
- Dispositivo o Equipo Biomédico Terapéutico: cualquier tecnología biomédica activa utilizada solo o en combinación con otras tecnologías destinadas a sostener, modificar, sustituir o restaurar funciones o estructuras biológicas en el tratamiento o alivio de una enfermedad, lesión o deficiencia.
- Dispositivo o Equipo Biomédico para Diagnóstico: cualquier producto sanitario activo utilizado solo o en combinación con otros productos sanitarios destinados a proporcionar información para detectar, diagnosticar o controlar el tratamiento de estados fisiológicos de estados de salud de enfermedades o malformaciones congénitas.

En el artículo noveno se definen los aspectos de la evaluación de la tecnología biomédica, de lo cual va muy relacionado con el desarrollo e implementación de este proyecto, por lo cual se tienen los siguientes criterios de evaluación:



- En el aspecto epidemiológico y sanitario: factores condicionantes y determinantes de la salud relacionados con el medio ambiente, comportamiento humano y la oferta de servicio de salud.
- En el aspecto técnico: debe considerar la calidad del servicio que se prestará en términos de eficiencia, eficacia, efectividad, riesgo, seguridad y condiciones de uso, entre otros y la calidad de la tecnología en puntos de mantenibilidad, vida útil, soporte técnico que ofrece el fabricante y las especificaciones técnicas, entre otras.
- En el aspecto económico: se deberá tener en cuenta el beneficio económico y social, el costo-efectividad, la rentabilidad, el valor del equipo, el valor total de mantenimiento, el costo de la capacitación del personal y los costos de operación, entre otros.

- **Resolución 3100 de 2019**

La Resolución 3100 de 2019 tiene por objeto definir los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de servicios de salud, así como adoptar el manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud que hace parte integral de la resolución original expedida por el ministerio de salud y protección social. Por consiguiente, esta resolución es la base para que toda IPS pueda prestar servicios de salud, ya que define las condiciones mínimas necesarias para que un servicio sea habilitado. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019).

Se expresa de manera clara y detallada las condiciones de los distintos estándares que se deben cumplir en cada uno de los servicios para poder garantizar su habilitación. La complejidad de los servicios será establecida como baja, mediana y alta complejidad.

Esta resolución establece, entre todas sus aclaraciones, el manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud, el cual se considera el instrumento que contiene las condiciones, estándares y criterios mínimos requeridos para ofertar y prestar servicios de salud en Colombia, asegurando de esta manera seguridad a los usuarios en el proceso de atención.

En este documento se harán explicaciones breves de los parámetros importantes mencionados en esta resolución:

- Estándar de talento humano: son las condiciones mínimas para el ejercicio profesional y ocupacional del talento humano asistencial, la suficiencia de este recurso para el volumen de atención.
- Estándar de infraestructura: son las condiciones y el mantenimiento de la infraestructura de las áreas asistenciales o características de ellas que condicionen procesos críticos asistenciales.
- Estándar de dotación: son las condiciones, suficiencia y mantenimiento de los equipos médicos, que determinan procesos críticos institucionales.
- Estándar de insumos y su gestión: es la existencia y cumplimiento de procesos que garanticen la observancia de las condiciones legales para el uso de insumos

médicos y las condiciones técnicas de almacenamiento de insumos cuya calidad dependa de ello.

- Estándar de procesos prioritarios: es la existencia de los procesos de atención de los usuarios, que tengan una relación directa con la prevención o minimización de los riesgos definidos como prioritarios.
- Estándar de historia clínica y registros: es la existencia y cumplimiento de procesos que garanticen la historia clínica por paciente, y las condiciones técnicas de su manejo y de los registros clínicos.
- Estándar de interdependencia: es la existencia y disponibilidad de servicios indispensables para el funcionamiento de otros servicios y el adecuado flujo de pacientes entre ellos.

## **2.3 Estado del arte**

La revisión de la literatura permitió evidenciar la existencia de gran variedad de investigaciones realizadas en materia de desarrollo de software para la gestión del mantenimiento, tanto de equipos biomédicos, como de tecnología en general; estos trabajos elaborados con anterioridad representan un gran soporte en cuanto a la base teórica y metodológica para la implementación y evaluación del proyecto a desarrollar. Para su análisis, hemos dividido los estudios en niveles según el entorno en que fueron desarrollados, partiendo de lo más general, con antecedentes internacionales, continuando con las investigaciones nacionales, hasta llegar a un vistazo local, lo cual en conjunto corresponde a las bases existentes para resolver el problema de investigación planteado.

### **2.3.1 Internacionales**

Khalafa, Djouania, Hamama y Alaylid, desarrollaron en el 2015 un sistema de “Programación lineal entera mixta (MILP) para la optimización de equipos médicos”, con el cual buscaron mejorar los procesos de mantenimiento, específicamente de bombas de infusión, mediante la implementación de sistemas de predicción para poder pronosticar posibles fallas en los equipos, esto buscando programar de manera más eficiente los cronogramas de sus respectivos mantenimientos preventivos, minimizando así las posibles fallas que puedan ocasionar la realización de mantenimientos correctivos que generalmente demandan un mayor costo y tiempo. Este proyecto nos permite entonces visualizar un panorama del alcance que tiene el desarrollo de software en la gestión de los procesos relacionados con la tecnología biomédica (Est & Lissi, 2015).

Malataras, Bliznakov y Pallikarakis desarrollaron en el 2015 “Un sistema de gestión de equipos médicos basado en la web”, por medio de una web-praxis con el objetivo de ayudar al departamento de ingeniería clínica con los registros e inventarios de los mantenimientos realizados a la tecnología biomédica de la institución. Un aspecto a tener en cuenta de este proyecto es la organización que le dieron a la interfaz, la cual es por medio de módulos distribuidos de la siguiente manera: Inventario, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, gestión de contratos y repuestos, estadísticas / informes y programador. Estos módulos se encuentran interrelacionados de manera lógica para reducir tiempo en el registro de datos y facilitar la gestión. El enfoque de este sistema está en el módulo de inventario ya que se realiza el seguimiento a cada dispositivo, teniendo en cuenta el número de serie, departamento responsable y ubicación en el hospital. Cada equipo tiene vinculada su hoja de vida y se puede hacer un resumen acumulativo de todos los costos asociados con su ciclo de vida (Malataras et al., 2015).

Nutdanai, Pornthip y Sanpanich realizaron una tesis a la que titularon “Desarrollo de un sistema de información para la gestión de equipos médicos en hospitales” (2016), mediante el uso de internet de las cosas (Iot), de allí se extrae la organización que los autores dieron al programa desarrollado por medio de módulos, los cuales corresponden a: “registro de equipos médicos, registro de repuestos, reparación y mantenimiento, mantenimiento preventivo y calibración, existencias de equipos médicos y resumen e informe”. Estos módulos nos dan una primera idea de la forma cómo podría estructurarse el software a desarrollar. Adicionalmente, tomamos en cuenta los tres indicadores que según el análisis de los autores obtuvieron los puntajes más altos de satisfacción del cliente (Nutdanai et al., 2016)

En el artículo titulado “Implementación y prueba de un prototipo de sistema de mantenimiento de equipos médicos basado en la web” de los autores Fuaddi y Subirosa (2018), se presenta el desarrollo de un aplicativo teniendo en cuenta el ciclo de vida de un equipo médico. En este proyecto se presenta de forma gráfica cada una de las etapas del ciclo de vida de los equipos médicos haciendo énfasis en el mantenimiento preventivo, pues, como lo dice el documento, es el único método que permite prolongar la vida útil de los equipos y es por ello que es la etapa con mayor relevancia en el software desarrollado. Otro factor importante de este proyecto es que su diseño parte de las necesidades funcionales y no funcionales que se tienen. Las necesidades funcionales son aquellas que tienen los usuarios en cuanto a mejorar la gestión de mantenimiento y las no funcionales hacen referencia a las necesidades basadas en el desempeño, facilidad, confiabilidad, seguridad, financiamiento, legalidad y operación del sistema (Fuaddi & Subirosa, 2018).

Morán, Alaniz y Bravo en 2018, desarrollaron una “Propuesta de un software de mantenimiento para equipos biomédicos” enfocados en optimizar la gestión de mantenimiento para los equipos biomédicos de la unidad de cuidados intensivos neonatales. De este artículo se extrae la metodología desarrollada para el diseño del software en el que se incluyen diagramas de flujo de los mantenimientos preventivos y correctivos. Siendo estos de gran importancia para el desarrollo del código del software. Otro aspecto relevante es el uso del sistema visual “Microsoft visual, Studio 2010”, y como gestor de base de datos el Software MySQL. Estos permiten generar un archivo ejecutable (.EXE) que se puede instalar presionando doble clic sobre su icono en cualquier computador (Arvizú et al., 2018).

En el proyecto titulado “Predicción de fallos de equipos médicos con el entorno de IoT” de los autores Farhat, Shamayleh y Al-Nashash (2018), se busca predecir por medio de IoT los fallos de los equipos que son de vital importancia en una IPS como lo son los equipos de UCI. La metodología desarrollada por los autores incluye: 1. Recolección de los datos, 2. Modelar y predecir, 3. Optimizar y actuar y 4. Presentación de resultados. De estas etapas se destacan las dos últimas debido a que, en estas, se crean modelos a partir de los datos obtenidos en la primera etapa y se generan resultados que posteriormente se convierten en informes los cuales son subidos a una plataforma para que el personal pueda acceder a ellos (Farhat et al., 2018).

De la tesis de Kravets, Orudjev y Salnikova titulada “Software para mantenimiento predictivo y reparación de equipos de oficina empresariales” (2019), se extrae que “el uso de herramientas de apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento de equipos de oficina es un factor importante que facilita la implementación del trabajo

técnico preventivo especializado, el software de apoyo a la toma de decisiones permite ver el panorama general de las condiciones operativas del equipo”. Es así como podemos evidenciar que este tipo de herramientas se desarrollan para la gestión del mantenimiento de equipos de cualquier tipo y que está comprobado su desempeño dando una gran ventaja competitiva a las empresas que lo implementan. Además, se tiene en cuenta la secuencia metodológica implementada por los autores, la cual se resume en: análisis del área temática de reparación de equipos de oficina, revisión de análogos existentes, búsqueda de los posibles métodos para el desarrollo del software, diseñar software empleando lenguaje UML y finalmente el desarrollo del algoritmo del software (Kravets et al., 2019).

Neslişah, Yekta y Esim desarrollaron un proyecto al que titularon “Una gestión integral de equipos médicos: Sistema de software para aumentar la seguridad del paciente” (2019), de allí se extrae que “el papel de los equipos médicos en el diagnóstico y los servicios terapéuticos en la atención al paciente son de suma importancia. Por eso, el uso exacto y eficaz de los equipos médicos, regulando sus calibraciones y haciendo seguimiento estricto a los fallos incide positivamente en los servicios clínicos para mejorar la seguridad del paciente.” Por consiguiente, la implementación de un software que permita este seguimiento genera beneficios al permitir optimizar los procesos en cuanto a mantenimiento de equipos. Al enfocarlo en un entorno clínico, con tecnología biomédica, estos beneficios se traducen en mejoras en la prestación de los servicios de salud (Akar et al., 2019).

Ranjbar, Ghasab, Rashidi y Suratgar, realizaron en el 2019 el “Diseño de un sistema basado en IoT para el mantenimiento inteligente de equipos médicos”, en este proyecto se trabaja con la tecnología IoT debido a que optimiza el proceso de mantenimiento en

varios aspectos como lo son: mejorar la eficiencia en el tiempo, hacer el proceso más rentable, preciso, automático, seguro y permitir el almacenamiento de los datos en la nube. Este último aspecto es importante tenerlo en cuenta para el desarrollo de nuestro proyecto, ya que tener acceso a la información desde cualquier dispositivo vinculado al servidor establecido, es vital para reducir tiempo, pues los usuarios pueden registrar y verificar la información en cualquier lugar y momento (Ranjbar et al., 2019).

Centeno, Voos, Riva y Zerbini desarrollaron en el 2019 un “Software web para la gestión de infraestructura médica y tecnológica de un departamento de ingeniería clínica” con el que buscaban mantener los equipos y la infraestructura médica en un estado óptimo, de su trabajo podemos extraer factores relevantes como el lenguaje que implementaron para el desarrollo del sistema, siendo este una combinación de PHP con HTML que son herramientas que también se podrían emplear en el desarrollo de este proyecto dado que son de acceso gratuito (Centeno et al., 2020).

### **2.2.1 Nacionales**

Kelly Salazar, Sergio Botero y Claudia Jiménez exponen en su ponencia titulada, “Panorama y desafíos de la gestión de tecnología biomédica en Colombia”, que la situación general en el país en materia de implementación de programas de gestión tecnológica en salud es aún bastante ineficiente, incluso existen instituciones que no consideran relevante ejecutar estos programas de gestión, haciendo a un lado la importancia que esto tiene en la prestación de los servicios, en palabras de los autores: “Es necesario establecer las consideraciones metodológicas que permitan estandarizar la



evaluación de la tecnología biomédica, para tomar decisiones que beneficien a las Instituciones hospitalarias a corto, mediano y largo plazo”. (Salazar et al., 2015).

Reyes y Gutiérrez en su artículo titulado “Desarrollo de un software para la gestión del mantenimiento a equipos biomédicos mediante PHP, bajo lineamientos OMS (organización mundial de la salud)” crean un software con el objetivo de mejorar la eficiencia en el mantenimiento de los equipos biomédicos para una institución que no cuenta con un sistema lo suficientemente eficiente para manejar los procedimientos del área biomédica. De este artículo se tiene como referencia las actividades establecidas para cumplir con el objetivo principal. Estas actividades son: 1. Documentación con la definición de los módulos de funcionalidad del software, 2. Diagrama de casos de usos en formato UML, base de datos en MySQL e interfaces visuales, 3. Ejecutable del software y 4. Informe final. Es de destacar el uso de la metodología DRA debido a que, en vez de crear un software, reutiliza componentes de programas ya existentes o crear componentes reutilizables y el uso de la base de datos MySQL que cuenta con licencia gratuita. (Reyes & Gutiérrez, 2015).

Diana Patiño desarrolló en el 2019 una “Aplicación Web Para Administrar Los Servicios De Mantenimiento De Equipos Biomédicos De Medytech - Biomedyssoft” con el objetivo de administrar los servicios de mantenimiento de equipos biomédicos del instituto Biomedyssoft. El aplicativo promete brindar seguridad y confidencialidad de la información almacenada ya que para ingresar al mismo se debe crear un usuario y contraseña bajo la supervisión de la persona delegada como administrador. Cada vez que una persona ingrese nuevos datos o realice cambios, se registrará la información con los datos del perfil desde el cual se ingresó. Otra característica importante para reducir tiempo

es que, al ingresar un nuevo equipo, la aplicación mostrará un listado de preselección para los campos: nombre producto, marca, referencia, estado, ubicación y uso (Reyes & Gutiérrez, 2015).

De acuerdo con Laura Díaz Castañeda, en su tesis “Desarrollo de aplicativo para el mejoramiento de la gestión de mantenimientos preventivos y calibraciones en el Centro Policlínico del Olaya” (2020), en una institución prestadora de salud la prioridad principal son los pacientes y la calidad, esto incluye el buen funcionamiento de los equipos biomédicos, por lo que velar por su correcto estado y funcionamiento es de vital importancia. De este trabajo ponemos en consideración la metodología implementada. Esta se basa en un modelo de espiral que consta de cuatro fases primordiales, estas son: planificación, análisis, desarrollo y evaluación (Díaz, 2020).

Emmanuel Gonzales en su artículo titulado: “Diseño de una aplicación para el seguimiento de mantenimientos de equipos biomédicos y rápida elaboración de hojas de vida y fichas técnicas en una clínica de alta complejidad” (2020), desarrolla una aplicación en el entorno Visual Basic con el fin de reducir tiempo en la elaboración de fichas técnicas y hojas de vida. Se resalta de este artículo el uso de la herramienta Excel para la elaboración de la base de datos, ya que permite el almacenamiento de un gran volumen de datos y permite realizar un trabajo simultáneo con Visual Basic. En la etapa de registro de base de datos se diseñó un macro temporal para adquirir los datos desde inventarios antiguos y consolidarlos al actual (González, 2020).

Daniel Leal realizó el “Diseño de un plan de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos para la red de salud del Sur Oriente E.S.E de Santiago de Cali-Valle del Cauca”, de su trabajo extraemos la serie de cinco pasos que ejecutó para alcanzar el

objetivo planteado, para iniciar, realizó un estudio bibliográfico en el entorno hospitalario, revisando antecedentes y normativas que estuvieran relacionadas con la temática, posteriormente evaluó las condiciones de la institución antes de implementar su proyecto, la siguiente fase que implementó fue la gestión de procedimientos de adquisición e instalación mediante el diseño de formatos que permiten evaluar la necesidad de adquisición de los equipos, continúa con una etapa de gestión de procesos de mantenimiento generando un flujograma teniendo en cuenta la disponibilidad de los equipos y el personal y por último, evalúa la eficiencia de los procesos mediante la cuantificación de indicadores (González, 2020).

### **2.2.2 Local**

Miguel Posada y Mario Pérez realizaron en el 2015 una tesis titulada “Diseño de un software para la gestión del mantenimiento aplicable a las pymes en Colombia”. Este tiene como objetivo ayudar al mejoramiento y desarrollo de estas empresas por medio de un GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador). El software se encuentra desarrollado como un sistema de escritorio codificado por el lenguaje de programación JAVA, el cual tiene la ventaja de adaptarse a cualquier sistema operativo que cuente con una máquina virtual JVM. Para el almacenamiento de datos, se crea una conectividad entre las bases de datos MySQL y JAVA para administrar la información (Pérez & Posada, 2015).

En la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Roney Suárez realizó el “Diseño de una herramienta web para la administración de la información del mantenimiento preventivo y correctivo de Equipos biomédicos de una IPS de tercer nivel”, buscando

garantizar el funcionamiento óptimo de estos dispositivos. De su trabajo resaltamos la metodología implementada, cuyo modelo se denomina cascada, la cual está constituida por seis etapas: análisis, diseño, desarrollo, pruebas, implementación y mantenimiento. Además empleó una herramienta de software libre para el desarrollo de la aplicación web enfatizando en que este tipo de ambiente de desarrollo “permite de una forma didáctica, técnica y eficaz el desarrollo de proyectos de software de cualquier tipo de complejidad, por lo cual se debe propender por masificar su uso especialmente a nivel de entidades públicas del sector salud”. Este trabajo nos permite visualizar de manera general cómo se encuentra nuestro departamento en materia de gestión de mantenimiento de tecnología biomédica y resulta interesante además encontrar que en nuestra universidad se desarrollan este tipo de herramientas que permiten optimizar los procesos de mantenimiento dentro de una institución de salud contribuyendo a la mejora en la prestación de los servicios (Suarez, 2014).

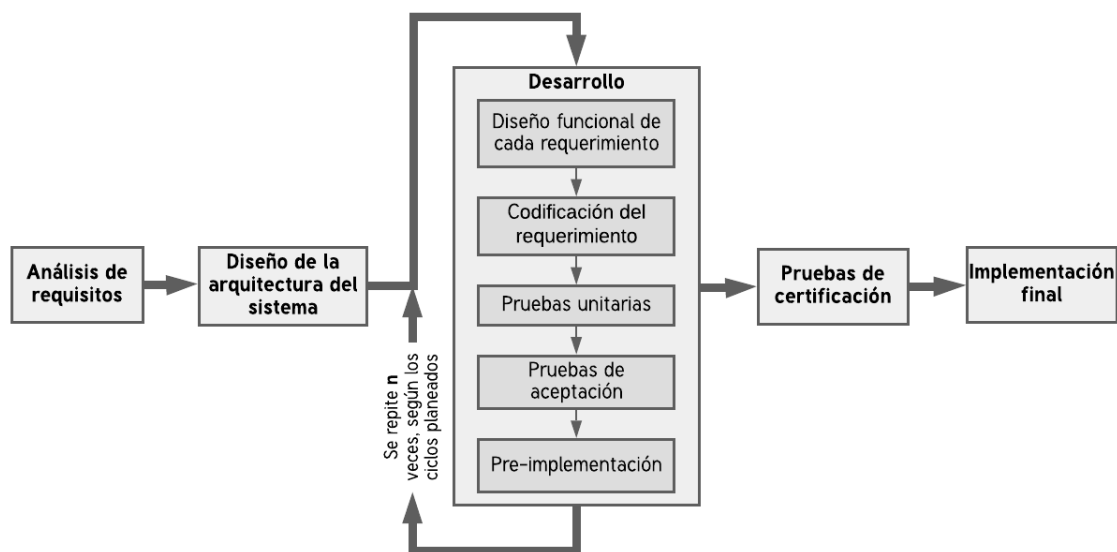
### **Capítulo 3**

#### **Metodología**

Para el desarrollo del proyecto se empleó el modelo metodológico de tipo incremental, este proceso se realizó de manera secuencial y fue produciendo incrementos a medida que avanzaba el desarrollo del sistema. Cada uno de estos incrementos corresponde a bloques funcionales que fueron planeados al inicio de la ejecución del trabajo de acuerdo con los requisitos del sistema establecidos en un primer acercamiento con el stakeholder. Los incrementos, también conocidos como fases, fueron sumando funcionalidad al software, específicamente en la etapa que comprende al desarrollo, la cual se repitió tantas veces como fases fueron planeadas. Esta etapa implicó una serie de procesos propios para cada

incremento, estos incluyeron el diseño funcional de la fase o requerimiento, la codificación del diseño planteado, la etapa de pruebas tanto unitarias, como de aceptación y por último la pre-implementación o entrega de la fase desarrollada. La metodología descrita anteriormente se representa en la siguiente figura:

**Figura 2.** Modelo metodológico empleado.



A continuación, se detalla más a profundidad cada una de las etapas:

### 3.1. Análisis de requisitos

Esta primera etapa fue el punto de partida para el desarrollo del software basado en la interacción entre los desarrolladores y los futuros usuarios, con ella se buscaba comprender el problema que el sistema iba a resolver. Para ello, fue necesario el primer acercamiento con el personal de la institución interesado en el software (stakeholder), que para el caso correspondió al coordinador encargado del área de equipos médicos y gestión de la tecnología de “Los Comuneros - Hospital Universitario de Bucaramanga S.A”. Con esta primera reunión se pudo conocer el entorno en el que la herramienta funcionaría, así como las herramientas

existentes con las que contaba la institución. De esta manera se definieron los límites y restricciones del sistema, así como las funcionalidades que se esperaban.

Una vez se tuvo acceso a las hojas de cálculo Excel con las que la institución se encontraba realizando el registro de los procesos de mantenimiento, se pudo clasificar la información en diversas tablas que constituyen la información base para la construcción del software, estas son:

- Inventario de equipos médicos: en esta se encuentra el conglomerado de equipos con los que dispone la institución actualmente, se distribuye en columnas que tienen información referente a placa de inventario, nombre del equipo, área, ubicación, marca, modelo y serie.
- Inventario de repuestos: en esta se encuentra registrado el stock de repuestos disponible, se divide en columnas que corresponden a una descripción del repuesto, la cantidad disponible y el costo del mismo.
- Tabla de reporte de hojas de trabajo: esta tabla contiene toda la información que debe ser registrada por el personal del departamento CE al momento de realizar un proceso de mantenimiento, se divide en subgrupos que a su vez contienen columnas con información sobre cada reporte, así:
  - o Datos iniciales del reporte: este primer subgrupo contiene información referente al tipo de mantenimiento realizado; ya sea preventivo, correctivo o de diagnóstico; la fecha y hora en la que fue realizado el reporte, el número de solicitud y el servicio que reporta dicho mantenimiento.

- Datos del equipo: este incluye la placa, el nombre, la marca, el modelo y la serie del equipo reportado, así como el área y la ubicación en la que este se encuentra.
- Costos del servicio: este subgrupo incluye costos de las partes o repuestos empleados, así como de la mano de obra y el tiempo de parada, con una columna que incluye el costo total del servicio realizado.
- Calificación de solicitudes: buscando realizar la gestión de los procesos, se incluye un subgrupo donde se otorgan puntos a factores como cumplimiento, atención, eficacia y finalmente un promedio de calificación.

Al final de esta fase se establecieron de manera clara los requerimientos del sistema, además de definirse junto con el stakeholder un primer boceto o un bosquejo general del software (mockup) así como un esquema de su funcionamiento básico.

Los requerimientos planteados tanto funcionales como no funcionales se describen a continuación:

### **3.1.1 Requerimientos Funcionales: ¿Qué debe hacer el sistema?**

- El software debe permitir el acceso a usuarios previamente registrados, mediante el ingreso de un usuario y contraseña.
- El sistema debe permitir el registro de nuevos usuarios, para ello se debe suministrar su nombre de usuario, contraseña, cargo y valor de hora.
- El sistema debe permitir ingresar un nuevo equipo biomédico al inventario y poder asignarle un código respectivo. Los datos por llenar del equipo serán: nombre del equipo, marca, modelo, placa, serie, área y ubicación.

- El sistema debe permitir modificar la información de un equipo del inventario o en caso tal eliminarlo de dicha lista.
- El sistema debe permitir visualizar todos los equipos existentes en el inventario.
- El sistema debe permitir registrar las órdenes de trabajo de los mantenimientos realizados y asignarles un código de identificación, solicitando los siguientes datos: Tipo de mantenimiento (ya sea correctivo o preventivo), fecha de realización, hora de inicio, hora de finalización, prioridad, falla, causa de la falla, parte o accesorio en falla, actividad realizada, repuestos usados y persona a cargo de realizar tal servicio.
- El sistema debe permitir visualizar todas las órdenes de trabajo.
- El sistema debe permitir ingresar un nuevo repuesto al inventario o stock de repuestos y poder asignarle un código respectivo. Los datos por llenar del equipo serán: nombre del ítem, cantidad de ingreso, cantidad de egreso, cantidad actual y costo.
- El sistema debe permitir modificar la información de un repuesto del inventario o en caso tal eliminarlo de dicha lista.
- El sistema debe permitir visualizar todos los ítems existentes en el stock de repuestos.
- El sistema debe descontar automáticamente la cantidad de ítems disponibles en el stock en caso de que uno de ellos llegue a emplearse en la realización de un mantenimiento.

### **3.1.2 Requerimientos no funcionales: ¿Cómo debe hacerlo el sistema?**

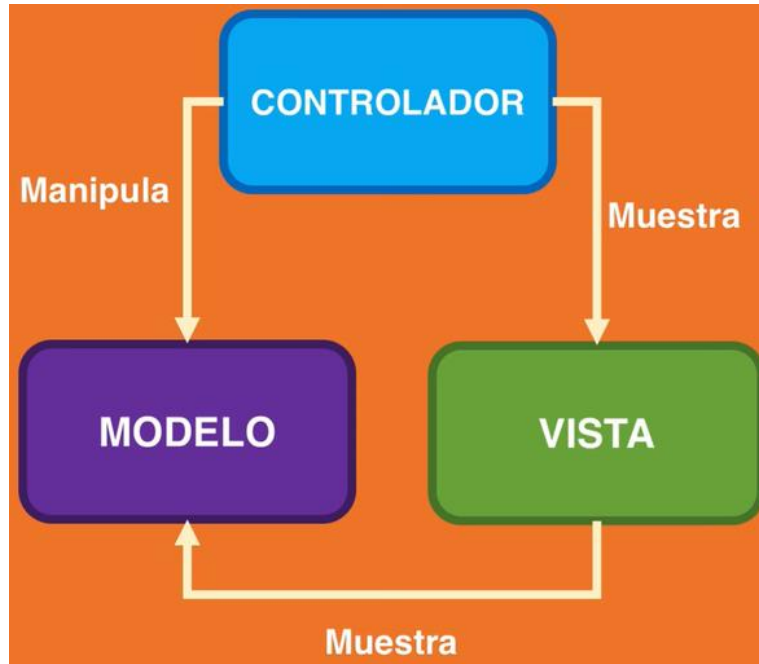
- El software debe ser desarrollado con herramientas de software libre, es decir, que no requiera del pago de licencias para su ejecución.
- Debe tener la respectiva documentación para el entendimiento del personal que va a usarlo.



### **3.2. Planeación de la arquitectura del sistema**

Con base a los requisitos definidos se inicia la etapa de planeación o diseño de la arquitectura del sistema. Para esto se definen los componentes básicos que se deben implementar, las tareas que realicen dichos componentes, interfaces gráficas de usuario (GUI) y posibles conexiones entre todos los elementos que conforman el software.

Para explicar la arquitectura del sistema se seguirá el patrón de Modelo-Vista-Controlador (MVC), el cual propone tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador. El modelo representa toda la información con la que el sistema opera sus funciones, por lo que se requiere gestionar los accesos a dicha información; la representación del modelo en este software es el gestor de BD, MySQL, ya que es donde se tiene almacenada toda la información con la que el sistema opera. El componente vista hace referencia a la GUI desarrollada desde el entorno de creación de aplicaciones App Designer de MATLAB; desde la vista, el usuario hace sus solicitudes de consulta, actualización, eliminación o adición de información, por lo que se vuelve el medio por el que el usuario interacciona y puede involucrarse de manera indirecta con el software. Por último, el controlador es el intermediario entre la vista y el modelo; es el que separa un acceso directo entre el usuario y la información del sistema; este se encarga de recibir las peticiones del usuario y llevarlas al modelo, también es encargado de extraer la información solicitada y luego enseñarlas al usuario. La representación del Controlador en este software es MATLAB Runtime, ya que provee soporte total con conjuntos de librerías, códigos y archivos necesarios por la computadora que traducen ejecutan el lenguaje MATLAB utilizado en el desarrollo del software.

**Figura 3.** Patrón Modelo-Vista-Controlador.

### 3.3. Desarrollo

El desarrollo del software se llevó a cabo en el entorno de creación de aplicaciones App Designer, ya que integra las dos tareas principales en la creación de una app: la distribución de los componentes visuales de una GUI y la programación del comportamiento de la app. El desarrollo en App Designer evita la necesidad de instalación de librerías complementarias, ya que solo requiere de un compilador y las librerías base del programa. Además, el App Compiler de MATLAB ofrece la posibilidad de crear aplicaciones web o de escritorio que no requieren licencia de uso, porque el MATLAB Runtime ofrece todos los servicios necesarios de la aplicación.

El software por sí solo no gestiona la información que se va a leer o escribir desde sus componentes, sino que se apoya de un gestor de base de datos mediante un Driver de tipo ODBC. El gestor de base de datos es un componente de vital importancia en el desarrollo de

este proyecto, ya que le suministra la información solicitada y también almacena la información enviada por el software. El programa gestor de bases de datos elegido fue MySQL por su fácil implementación desde la interfaz gráfica MySQL Workbench, porque es gratuito bajo licencia GNU y tiene pocos requerimientos y eficiencia de memoria. Las extensiones de MySQL a implementar son MySQL Workbench, MySQL Server y MySQL ODBC Driver.

Desde MySQL Workbench se crea una base de datos que contiene las tablas de almacenamiento de información según su categoría (reportes, inventario, stock, usuarios...) y se rellenan con los datos de la IPS. La extensión de MySQL Server debe permanecer siempre activa para que la conexión mediante el Driver ODBC sea exitosa y no presente fallos.

### **3.4 Prueba final de usuario**

Una vez se avanza de etapa de desarrollo del software se notifica a la IPS para presentar los avances y recibir la aprobación de satisfacción con el trabajo realizado. Finalizado el desarrollo del software se instala en el departamento CE de la institución para realizar las pruebas de funcionamiento final por el usuario. Este tendrá la posibilidad de navegar por la herramienta, operar y experimentar sus funcionalidades. También se registrará la calificación del software por el usuario mediante una encuesta de satisfacción para evaluar el impacto de conformidad del programa en el personal del departamento, si se dio respuesta a la problemática, si existe mejora luego de su implementación, etc.

### **3.5 Implementación y evaluación**

Finalmente se entrega el software al cliente con su debida documentación, manuales y capacitación al usuario, además se calculan los indicadores de gestión de mantenimiento de tecnología biomédica que maneja la institución para evaluar la solución desarrollada.

## **Capítulo 4**

### **Resultados**

El desarrollo del software de gestión de mantenimiento de tecnología biomédica para la IPS en cuestión inició por la necesidad del departamento de ingeniería biomédica de contar con una herramienta que les permitiera gestionar de forma ágil y confiable cada una de las tareas que desencadena dicha actividad, partiendo de esta necesidad se realizó un análisis de los requerimientos de los directamente involucrados en los procesos del área que se buscaba optimizar, para así tener un enfoque más claro de la necesidad presentada y cómo darle solución a la misma. Finalmente, evaluando herramientas y métodos de desarrollo de software, se logró ejecutar e implementar la herramienta en la institución de manera satisfactoria, evidenciando que esta ha sido un avance para los procedimientos realizados para la gestión del mantenimiento, optimizando el tiempo empleado para tal fin.

De esta manera, en este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del proyecto mediante la ejecución de la metodología de tipo incremental descrita en el capítulo tercero.

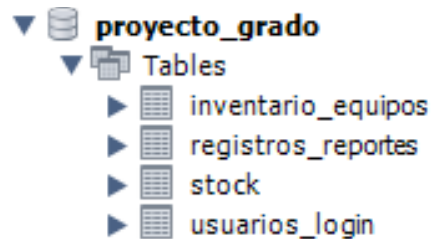
#### **4.1 Presentación de resultados**

##### **4.1.1 Creación de la base de datos**

Se obtiene la base de datos “proyecto\_grado” en la que se encuentra almacenada la información de de los reportes de mantenimientos. Esta base de datos es creada en el gestor de base de datos MySQL, con la interfaz gráfica Workbench y usando la licencia gratuita de tipo “GNU”. La base de datos se encuentra enlazada al software por medio de un Driver ODBC, por tanto, las tablas que se encuentran en MySQL, se actualizan automáticamente al añadir o eliminar algún elemento de las tablas. Como

se muestra en la figura 4. La base de datos “proyecto\_grado” está compuesta por las tablas: “inventario\_equipos”, “registros\_reportes”, “stock” y “usuarios\_login”.

**Figura 4.** Tablas que componen base de datos “proyecto\_grado”.



La tabla “inventario\_equipos” es usada para registrar y almacenar la información de los equipos biomédicos con que cuenta la institución. Como se puede observar en la figura 5, la tabla se encuentra formada por 7 columnas en las que se encuentran los datos básicos del equipo como son: “Placa inventario”, “Equipo descripción”, “Área”, “Ubicación”, “Marca”, “Modelo” y “Serie”. Esta tabla contiene 2195 filas, sin embargo, este dato está sujeto a cambios debido al constante flujo de los equipos.

**Figura 5.** Tabla “inventario\_equipos” en MySQL.

| Placa Inventario | Equipo Descripción             | Area                      | Ubicación               | Marca              | Modelo           | Serie           |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| EMC04248         | ADIPOMETRO                     | CONSULTA EXTERNA          | REHABILITACION CARDIACA | WELCH              | SLIMGUIDE        | NT              |
| EMC00536         | AEREAADOR                      | CENTRAL DE ESTERILIZACION | ESTERILIZACION          | 3M                 | STERI-VAC XL     | 78-8078-7181-5B |
| EMC04032         | AMALGAMADOR                    | CONSULTA EXTERNA          | ODONTOLOGIA             | MILLENIUM          | 2000             | AML 15-26358    |
| EM04200          | ANALIZADOR DE DESFIBRILADORES  | EQUIPOS MEDICOS           | OFICINA EQUIPOS MEDICOS | FLUKE BIOMEDICAL D | QED 6            | 1210011         |
| 19738            | ANALIZADOR DE GASES ARTERIALES | UCIA                      | 3 PISO                  | ROCHE              | COBAS B 221      | 19738           |
| 40924            | ANALIZADOR DE GASES ARTERIALES | UCIA                      | 2 PISO                  | ROCHE              | COBAS B123       | 40924           |
| 9571             | ANALIZADOR DE GASES ARTERIALES | UCI CORONARIOS            | UCI CORONARIA           | ROCHE              | COBAS B 221      | 9571            |
| 00072876WW       | ANALIZADOR DE TROPONINAS       | EQUIPOS MEDICOS           | EQUIPOS MEDICOS         | BIOSITE            | TRIAGE METER PRO | 00072876WW      |
| I-STAT 1         | ANALIZADOR SANGUINEO PORTATIL  | SALAS DE CIRUGIA          | SALA 1                  | ABBOTT             | MODELO 200       | 236756          |
| 1111702120       | ARMONICO                       | SALAS DE CIRUGIA          | CUARTO DE EQUIPOS       | JOHNSON & JOHNSON  | GEN 11           | 1111702120      |
| EMC04646         | ARMONICO                       | SALAS DE CIRUGIA          | CUARTO DE EQUIPOS       | JOHNSON & JOHNSON  | GEN 11           | 1112003089      |
| EMC04340         | BANDA CAMINADORA               | CONSULTA EXTERNA          | REHABILITACION CARDIACA | FORMA              | XS               | NT              |
| EMC04341         | BANDA CAMINADORA               | CONSULTA EXTERNA          | REHABILITACION CARDIACA | FORMA              | XS               | NT              |

La tabla “registros\_reportes” contiene toda la información relacionada a los reportes agregados por los usuarios. Con los datos almacenados en esta tabla se realizan los análisis de los procesos relacionados a los mantenimientos de tecnología biomédica

de la institución. Esta tabla al igual que las demás es editable, ya que desde el software se pueden modificar los datos de los registros ya almacenados.

La tabla “stock” contiene el listado de los repuestos y partes con los que cuenta la institución. Esta tabla se actualiza a medida que el usuario registra el consumo o incorporación de repuestos. Los datos contenidos en esta tabla son: “Descripción”, “Cantidad máxima”, “Cantidad mínima”, “Ingresos”, “Egresos”, “Costos” y “Actual”.

En la figura 6 se puede observar la información contenida en esta tabla.

**Figura 6.** Tabla “Stock” en MySQL.

| Descripción                           | Cant. Máximo | Cant. Mínima | Cant. inicial | Ingresos | Egresos | Costo   | Actual | Estado   | Cantidad pedido del mes |
|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------|----------|---------|---------|--------|----------|-------------------------|
| Abrazadera de manguera Å¼             | 5            | 2            | 0             | 0        | 0       | 100     | 0      | Adquirir | 5                       |
| Acople Å¼ hembra                      | 3            | 2            | 0             | 0        | 0       | 8300    | 0      | Adquirir | 3                       |
| Acople Å¼ macho                       | 3            | 2            | 0             | 0        | 0       | 6900    | 0      | Adquirir | 3                       |
| Acople rapido colchon antiescaras     | 5            | 2            | 8             | 0        | 1       | 0       | 7      | Bueno    | -2                      |
| Aro de Fonendoscopio Grande           | 5            | 2            | 4             | 0        | 2       | 45316   | 2      | Normal   | 3                       |
| Aro de Fonendoscopio Grande GMD       | 5            | 2            | 9             | 0        | 0       | 0       | 9      | Bueno    | -4                      |
| Aro de Fonendoscopio Pequeno          | 5            | 2            | 7             | 0        | 0       | 57120   | 7      | Bueno    | -2                      |
| Aro de Fonendoscopio Pequeno GMD      | 5            | 2            | 9             | 0        | 0       | 0       | 9      | Bueno    | -4                      |
| Aro O'Rings vaporizador               | 2            | 1            | 12            | 0        | 0       | 0       | 12     | Bueno    | -10                     |
| Assy front panel force fx con tarjeta | 1            | 0            | 1             | 0        | 0       | 2395470 | 1      | Normal   | 0                       |
| Assy front panel force fx sin tarjeta | 1            | 0            | 2             | 0        | 0       | 1350000 | 2      | Bueno    | -1                      |
| Baranda camilla Dometal               | 4            | 2            | 0             | 0        | 0       | 370000  | 0      | Adquirir | 4                       |
| Baranda de cama Dometal               | 4            | 2            | 0             | 0        | 0       | 350000  | 0      | Adquirir | 4                       |
| Baranda de cama los pinos             | 4            | 2            | 0             | 0        | 0       | 120000  | 0      | Adquirir | 4                       |
| Base de glucometro                    | 1            | 0            | 1             | 0        | 0       | 0       | 1      | Normal   | 0                       |
| Base Quick release                    | 1            | 0            | 1             | 0        | 0       | 428876  | 1      | Normal   | 0                       |
| Bateria 3V                            | 4            | 2            | 1             | 0        | 0       | 2000    | 1      |          | 3                       |

Por último, se encuentra la tabla “usuarios\_login” con la información de los usuarios registrados en el software. En esta tabla se almacena la información básica de cada usuario creado, lo cual corresponde a los datos de: “Nombre de usuario”, “contraseña”, “cargo” y “valor hora”. En la figura 7 se pueden observar estos datos.

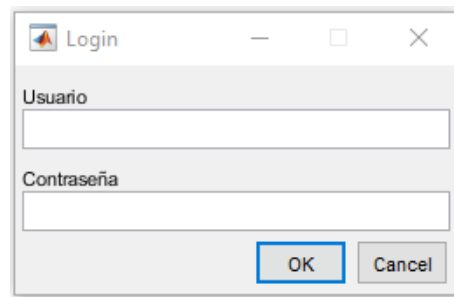
**Figura 7.** Tabla “usuarios\_login” en MySQL.

| Nombre de usuario | Contraseñas | Cargo         | Valor hora |
|-------------------|-------------|---------------|------------|
| cobando789        | nosoyAdmin  | Particular    | 1261.84    |
| kbautista237      | soyAdmin    | Administrador | 3785.52    |
| lforero865        | nosoyAdmin  | Particular    | 1261.84    |
| ycardenas164      | nosoyAdmin  | Particular    | 1261.84    |

#### 4.1.2 Desarrollo del software

Se realizó una pantalla inicial para el acceso al aplicativo por parte del usuario, esta se mostrará luego de ejecutar el icono del aplicativo y dará acceso a la interfaz principal después de que el usuario ingrese su usuario y contraseña. Ver figura 8.

**Figura 8.** Pantalla inicial del aplicativo.



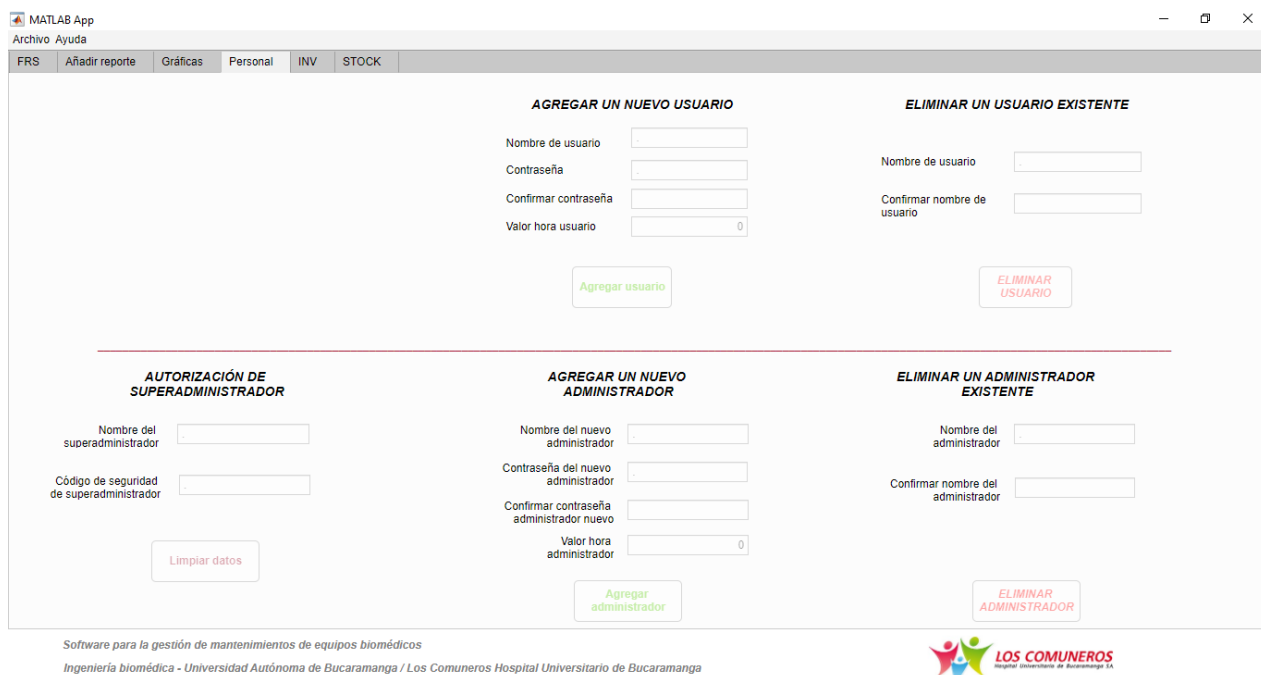
Al acceder a la pantalla principal del aplicativo el usuario se encontrará con seis (6) secciones principales, las cuales corresponden a las pestañas de registros de reportes “FRS”, adición de reportes nuevos “Añadir reporte”, gráficas de análisis de resultados “Gráficas”, listado y administración de usuarios “Personal”, listado y administración de inventario “INV” y listado y administración de elementos en Stock “STOCK”.

Las pestañas FRS y Añadir reporte son de carácter “público”, por lo que los usuarios particulares y administradores pueden acceder a ellas sin credenciales privadas. Las otras cuatro pestañas son de carácter “privado” con permisos de visualización e interacción de Administradores; los usuarios con cargo Particular que se dirijan a las pestañas de carácter privado encontrarán inhabilitadas algunos componentes y otros serán invisibles. El acceso a las pestañas de secciones privadas desde un usuario “particular” tiene limitaciones y restricción de interacciones con el usuario para evitar modificaciones en la información por personal no autorizado.

**Figura 9.** Acceso a pestaña “Gráficas” por un usuario particular.



**Figura 10.** Acceso a pestaña “Personal” por un usuario particular.





**Figura 11.** Acceso a Pestaña “INV” desde sesión de un usuario particular.

|    | Placa inventario | Descripción de equipo     | Área                       | Ubicación                   | Marca             | Modelo           | Serie      |
|----|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| 1  | 00072876WW       | ANALIZADOR DE TROPONIN... | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | BIOSITE           | TRIAGE METER PRO | 00072876WW |
| 2  | 101900           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE RECUPERACION        | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 101900     |
| 3  | 105924           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS           | 3M                | 775              | 105924     |
| 4  | 105927           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105927     |
| 5  | 105928           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105928     |
| 6  | 108826           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | UCIA                       | 3 PISO                      | 3M                | 775              | 108826     |
| 7  | 1100635674       | LENTE DE ARTROSCOPIA 30°  | SALAS DE CIRUGIA           | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.880.543        | 1100635674 |
| 8  | 1100668629       | URETEROSCOPIO SEMIRIGI... | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.702.534        | 1100668629 |
| 9  | 1111702120       | ARMONICO                  | SALAS DE CIRUGIA           | CUARTO DE EQUIPOS           | JOHNSON & JOHNSON | GEN 11           | 1111702120 |
| 10 | 114286           | BOMBA DE INFUSION         | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS BACK UP     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 114286     |
| 11 | 121J05           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30°      | 121J05     |
| 12 | 12405Z           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30° 4MM  | 12405Z     |
| 13 | 131088           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA                     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 131088     |
| 14 | 132579           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 132579     |
| 15 | 138089           | TENSIOMETRO ADULTO        | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | WELCH ALLYN       | ADULTO           | 138089     |
| 16 | 13J045684        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | TORRE DE LAPAROSCOPIA       | STRYKER           | CORE             | 13J045684  |
| 17 | 149210           | PERFUSOR                  | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | PERFUSOR SPACE   | 149210     |
| 18 | 14C039144        | PROCESADOR DE VIDEO       | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE ORTHOSYS... | STRYKER           | 1288HD           | 14C039144  |
| 19 | 14D050904        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | SALAS DE CIRUGIA            | STRYKER           | CROSSFIRE        | 14D050904  |
| 20 | 150146           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150146     |
| 21 | 150962           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150962     |
| 22 | 1612CF0253       | NEFIMO INSUFLADOR         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE COVIDIEN    | COVIDIEN          | F104             | 1612CF0253 |

**Figura 12.** Acceso a Pestaña “STOCK” desde sesión de un usuario particular.

|    | Descripción                           | Cant. Máx | Cant. Min | Ingresos | Egresos | Costo   | Actual |
|----|---------------------------------------|-----------|-----------|----------|---------|---------|--------|
| 1  | Abrazadera de manguera ¼              | 5         | 2         | 0        | 0       | 100     | 0      |
| 2  | Acople ¾ hembra                       | 3         | 2         | 0        | 0       | 8300    | 0      |
| 3  | Acople ¾ macho                        | 3         | 2         | 0        | 0       | 6900    | 0      |
| 4  | Acople rápido colchón antiescaras     | 5         | 2         | 8        | 1       | 0       | 7      |
| 5  | Aro de Fonendoscopio Grande           | 5         | 2         | 4        | 2       | 45316   | 2      |
| 6  | Aro de Fonendoscopio Grande ...       | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 7  | Aro de Fonendoscopio Pequeño          | 5         | 2         | 7        | 0       | 57120   | 7      |
| 8  | Aro de Fonendoscopio Pequeño ...      | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 9  | Aro O'Rings vaporizador               | 2         | 1         | 12       | 0       | 0       | 12     |
| 10 | Assy front panel force fx con tarj... | 1         | 0         | 1        | 0       | 2395470 | 1      |
| 11 | Assy front panel force fx sin tarjeta | 1         | 0         | 2        | 0       | 1350000 | 2      |
| 12 | Baranda camilla Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 370000  | 0      |
| 13 | Baranda de cama Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 350000  | 0      |
| 14 | Baranda de cama los pinos             | 4         | 2         | 0        | 0       | 120000  | 0      |
| 15 | Base de glucómetro                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 16 | Base Quick release                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 428876  | 1      |
| 17 | Batería 3V                            | 4         | 2         | 1        | 0       | 2000    | 1      |
| 18 | Batería A23                           | 2         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 19 | Batería AA                            | 4         | 2         | 6        | 2       | 1390    | 4      |
| 20 | Batería AAA                           | 4         | 2         | 2        | 2       | 1500    | 0      |
| 21 | Batería CR2032                        | 4         | 2         | 1        | 0       | 1500    | 1      |
| 22 | Batería Cuadrada 9V                   | 2         | 1         | 0        | 0       | 9333    | 0      |

A diferencia del usuario particular, el administrador tendrá acceso total al software.

Las pestañas y funciones con que cuenta el software, son:

**FRS:** Es la pestaña principal para el análisis y visualización de datos. En la pestaña de FRS es donde se encuentran los registros de reportes de mantenimientos realizados por el personal del departamento. En ella, el usuario puede interactuar modificando la información de ciertas columnas de la tabla de visualización de reportes y calcular las variables para cálculo de indicadores de gestión por medio de un botón. Toda la información que es presentada y modificada en el elemento de tipo Tabla es extraída de la tabla registros\_reportes de la BD en MySQL.

**Figura 13.** Registro de reportes (FRS).

|    | Tipo de mantenimiento | Fecha del reporte | Hora del reporte | N° de solicitud | Servicio que reporta   | Placa    | Equipo                     | Marca            | Modelo          | Serie       |
|----|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------------|----------|----------------------------|------------------|-----------------|-------------|
| 1  | Correctivo            | 2021-10-14        | 07:58:00         | 1228            | UCI 3 piso             | EMC00262 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | NIHON KOHDEN     | VISMO PVM 27... | 4355        |
| 2  | Correctivo            | 2021-10-14        | 07:58:00         | 1229            | UCI 3 piso             | EMC00262 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | NIHON KOHDEN     | VISMO PVM 27... | 4355        |
| 3  | Tercerizado D         | 2021-10-12        | 08:00:10         | 1230            | Quirófanos             | EM02630  | MAQUINA DE ANESTESIA       | GENERAL ELECT... | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 4  | Tercerizado P         | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1231            | Quirófanos             | EM02630  | CAMA HOSPITALARIA          | DOMETAL          | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 5  | Preventivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1232            | Quirófanos             | EM02630  | UNIDAD ODONTOLOGICA        | GENERAL ELECT... | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 6  | Preventivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1233            | Quirófanos             | EM02630  | DESFIBRILADOR              | MINDRAY          | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 7  | Preventivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1234            | Quirófanos             | EM02630  | ELECTROBISTURI             | GENERAL ELECT... | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 8  | Preventivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1235            | Quirófanos             | EM02630  | LARINGOSCOPIO              | WELCH ALLYN      | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 9  | Preventivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1236            | Quirófanos             | EM02630  | CAMA HOSPITALARIA          | DOMETAL          | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 10 | Correctivo            | 2021-10-15        | 08:00:00         | 1237            | UCI 2 piso             | EMC00094 | ELECTROCARDIOGRAFO         | GENERAL ELECT... | MAC 600         | SF71044046  |
| 11 | Tercerizado C         | 2021-10-18        | 09:00:00         | 1238            | UCI 2 piso             | EMC00100 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | GENERAL ELECT... | DASH 4000       | SD0104914f  |
| 12 | Tercerizado P         | 2021-10-06        | 17:45:00         | 1239            | Quirófanos             | EMC00100 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | GENERAL ELECT... | DASH 4000       | SD0104914f  |
| 13 | Tercerizado D         | 2021-10-15        | 18:00:00         | 1240            | Quirófanos             | EMC00100 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | GENERAL ELECT... | DASH 4000       | SD0104914f  |
| 14 | Tercerizado D         | 2021-10-15        | 18:00:00         | 1241            | Quirófanos             | EM02630  | MAQUINA DE ANESTESIA       | GENERAL ELECT... | AVANCE CS2      | APKT02142   |
| 15 | Tercerizado D         | 2021-11-04        | 09:30:00         | 1242            | Quirófanos             | EMC00734 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | NIHON KOHDEN     | BSM-2303K       | 1438        |
| 16 | Tercerizado P         | 2021-10-16        | 09:00:00         | 1243            | Hospitalización 2 piso | EMC01492 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | MINDRAY          | IMEC 8          | EW-5C0235-  |
| 17 | Diagnóstico           | 2021-10-04        | 08:00:00         | 1244            | UCI 2 piso             | EMC00060 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | GENERAL ELECT... | DASH 4000       | SD0104704f  |
| 18 | Correctivo            | 2021-07-15        | 12:00:00         | 1245            | Quirófanos             | EMC01055 | ESTERILIZADOR A VAPOR      | GETINGE          | HS5510          | 2527733-05f |
| 19 | Diagnóstico           | 2021-10-04        | 08:00:00         | 1246            | UCI 2 piso             | EMC00060 | MONITOR DE SIGNOS VITAL... | GENERAL ELECT... | DASH 4000       | SD0104704f  |

Summary section (Group 1):

- Total mtos correctivos
- Total mtos preventivos
- Total mtos tercerizado
- Total diagnósticos
- Total prioridad alta
- Total prioridad media
- Total prioridad baja
- Total partes cambiadas
- Total costos
- Tiempo total mtto activo
- Tiempo total abajo
- Tiempo total retrasos

Buttons (Group 2):

- ACTUALIZAR DATOS
- ELIMINAR REGISTRO

Footer: Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos. Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga. LOS COMUNEROS Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.

El grupo de elementos número uno (1) hace referencia al grupo de campos numéricos donde se refleja el resumen de valores claves en el análisis de los procesos registrados. En este apartado el usuario podrá encontrar un vistazo rápido del conteo de tipos de mantenimiento, prioridades, costos, tiempos y partes a lo largo de todos los procesos; cabe resaltar que estos campos numéricos son solo de lectura.

**Figura 14.** Grupo de componentes número uno (1), Información resumida de variables clave en análisis de reportes.

|                         |    |                        |    |                          |              |
|-------------------------|----|------------------------|----|--------------------------|--------------|
| Total mttos correctivos | 98 | Total prioridad alta   | 73 | Total costos             | 17980791.742 |
| Total mttos preventivos | 26 | Total prioridad media  | 49 | Tiempo total mtto activo | 128:50:00    |
| Total mttos tercerizado | 9  | Total prioridad baja   | 12 | Tiempo total abajo       | 109:48:00    |
| Total diagnósticos      | 3  | Total partes cambiadas | 89 | Tiempo total retrasos    | 19:20:00     |

En el grupo de elementos número dos (2) se encuentran los botones de interacción del usuario para actualizar la información resumida del grupo de elementos uno, ver figura 13. Esta le permite eliminar los registros no deseados en la base de datos. Para hacerlo, solo se debe seleccionar una celda o la fila completa del registro a eliminar, oprimir el botón y confirmar la acción en el cuadro de aviso.

Por último, el componente número tres (3) corresponde a la tabla de visualización de los registros añadidos a la base de datos. La tabla de reportes permite la interacción del usuario para editar celdas y actualizar la información de las mismas en la base de datos a tiempo inmediato sin latencia, al igual que para la acción de eliminar registros de reportes.

**Añadir reporte:** En esta pestaña el usuario encontrará un formulario donde debe diligenciar la información necesaria para el registro del reporte de mantenimiento. Dicha información está ligada a ciertos parámetros condicionales que generan mensajes de error para asegurar un correcto registro de la información. Entre estos parámetros se encuentran verificación de fechas, existencias de repuestos en stock, verificación de existencia de placa en inventario de equipos, asegurar que no ingrese dos números de solicitud iguales, entre otros. Toda la información que es

diligenciada en el formulario es añadida en la tabla registros\_reportes de la BD en MySQL.

**Figura 15.** Adición de reportes nuevos (Añadir reporte).

The screenshot shows the MATLAB App interface for adding a new report. The interface is divided into several sections:

- INFORMACIÓN INICIAL:** Tipo de mantenimiento (Preventivo), Fecha de reporte (yyyy-mm-dd), Hora del reporte, N° solicitud (0), Servicio que reporta (Quirófanos).
- DATOS DEL EQUIPO:** Placa, Últ. servicio (Preventivo), Causa del últ. servicio, Fecha del últ. servicio (yyyy-mm-dd).
- INFORMACIÓN DEL SERVICIO:** Fecha inicio de servicio (yyyy-mm-dd), Fecha fin de servicio (yyyy-mm-dd), Hora planeada, Hora de inicio, Hora de finalización, Prioridad (Alta).
- INFORMACIÓN DE LA FALLA:** Falla reportada, Parte en falla (N/A), Causa de falla (Programada), Parte cambiada (Ninguna), Cantidad (0), Estado de la pieza (N/A).
- INFORMACIÓN FINAL:** Costo de parada (0), Encargado del servicio (Luis Martínez), Supervisión de servicio (Luis Martínez), Recibido del servicio a satisfacción.
- Actividades realizadas:** (Empty text area)
- Observaciones:** (Empty text area)

At the bottom right, there are two buttons: "Añadir registro" (green) and "LIMPIAR DATOS" (red). The interface also includes a footer with the text: "Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga" and the logo for "LOS COMUNEROS Hospital Universitario de Bucaramanga".

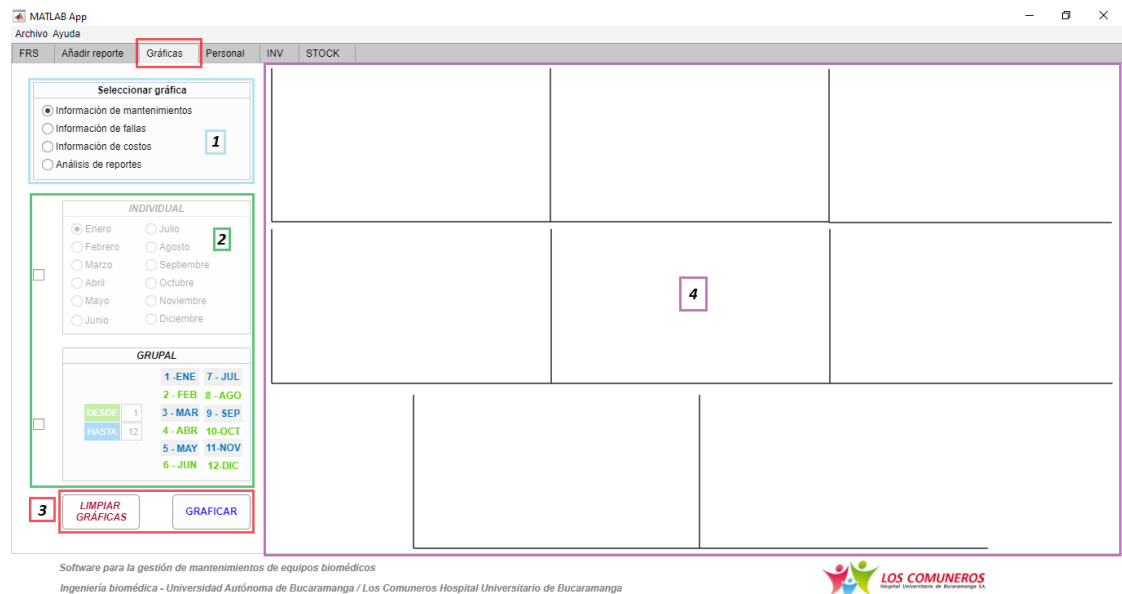
El grupo de elementos número uno (1) hace referencia a formularios separados según el tipo de información que debe ingresar el usuario para añadir un nuevo reporte. Así pues, se tienen formularios de Información inicial, Datos del equipo, Información del servicio, Información de la falla, Información final, Actividades realizadas y Observaciones.

El grupo de componentes número dos (2) de la sección Añadir reporte se conforma por dos botones de interacción del usuario. El botón “limpiar datos” restablecerá todos los campos de texto a campos vacíos, eliminando cualquier información almacenada en dichos campos. El botón Añadir reporte agrupa toda la información ingresada por el usuario y la concatena en una cadena de tipo String junto a cadenas

predeterminadas para conformar un statement en lenguaje SQL para realizar la adición de filas en la tabla registros\_reportes de la base de datos.

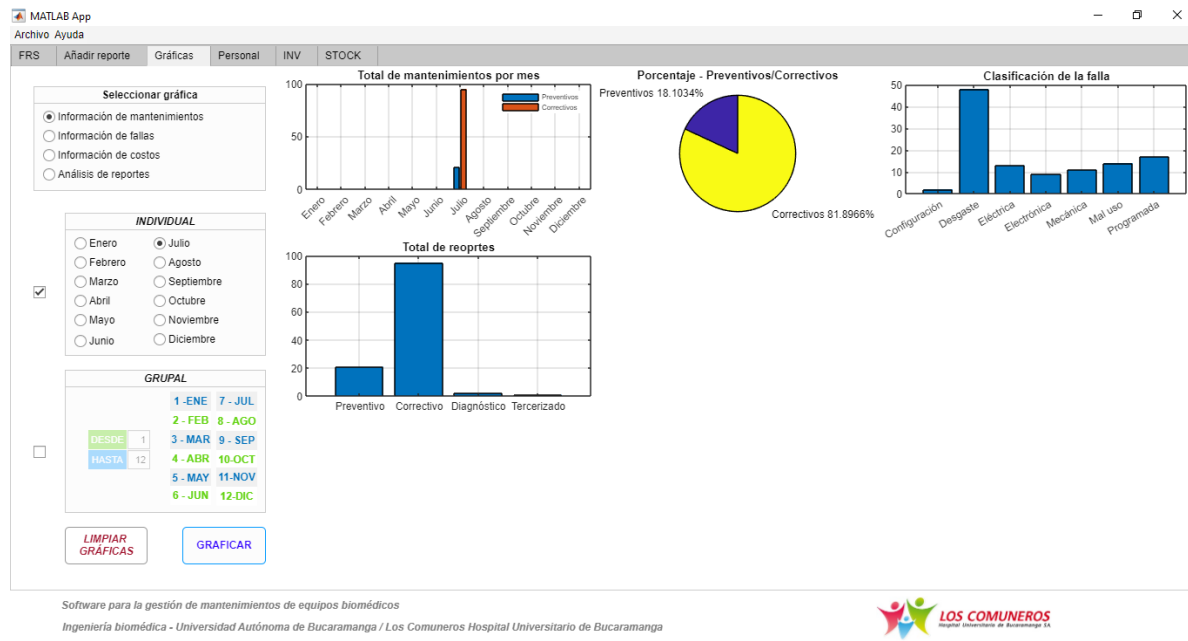
**Gráficas:** Esta pestaña es útil para realizar el análisis estadístico de los indicadores evaluados por la institución. El usuario podrá generar gráficas con finalidades variadas según el tipo de información que se desee ver reflejada. Lo anterior va ligado directamente con un filtro que responde a fechas por mes individual o por un rango de meses en conjunto.

**Figura 16.** Visualizar gráficas analíticas (Gráficas).



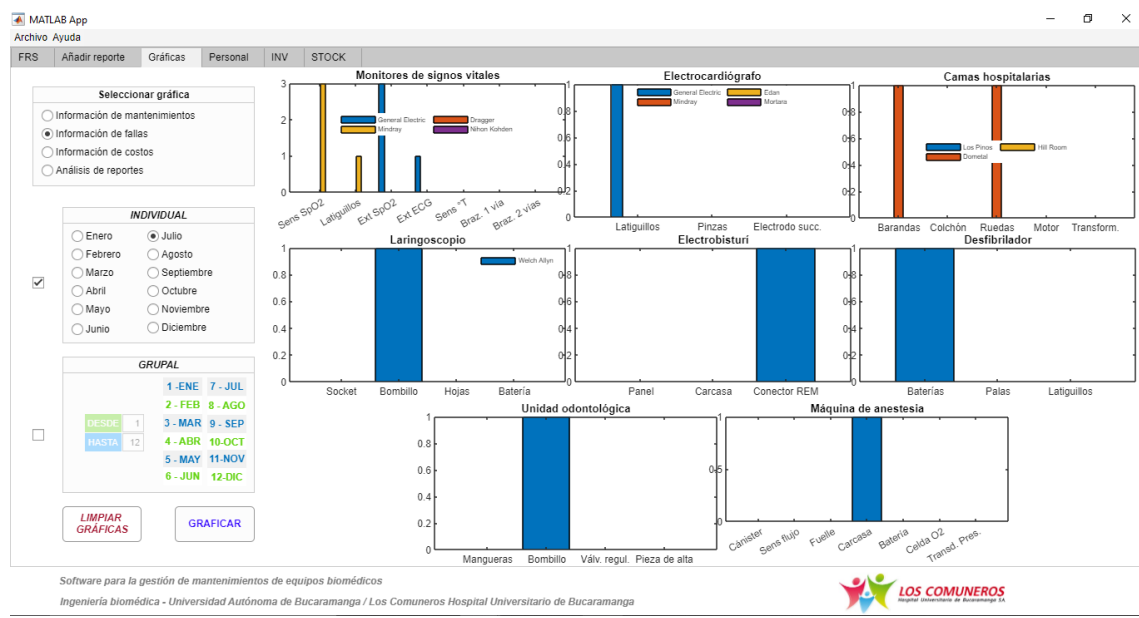
El grupo de elementos número uno (1) se trata de un conjunto de botones con los que el usuario decide qué tipo de gráfica desea mostrar en pantalla (Información de mantenimientos, Información de fallas, Información de costos y Análisis de reportes). En el primer tipo se muestran gráficos de barra y pastel dando información comparativa entre los distintos tipos de mantenimiento, el número total de reportes por tipo de fallas, relación preventivo/correctivo, entre otros gráficos.

Figura 17. Presentación de gráficas de Información de mantenimientos.



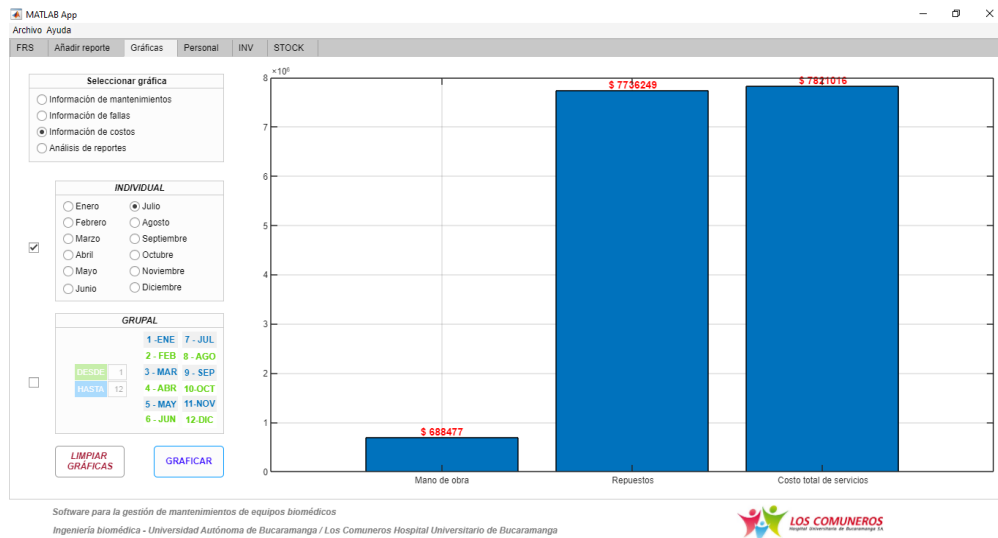
En el segundo tipo se presentan 8 gráficos representando el número de fallas reportadas por accesorios de los equipos considerados como de mayor relevancia.

Figura 18. Presentación de gráficas Información de fallas.



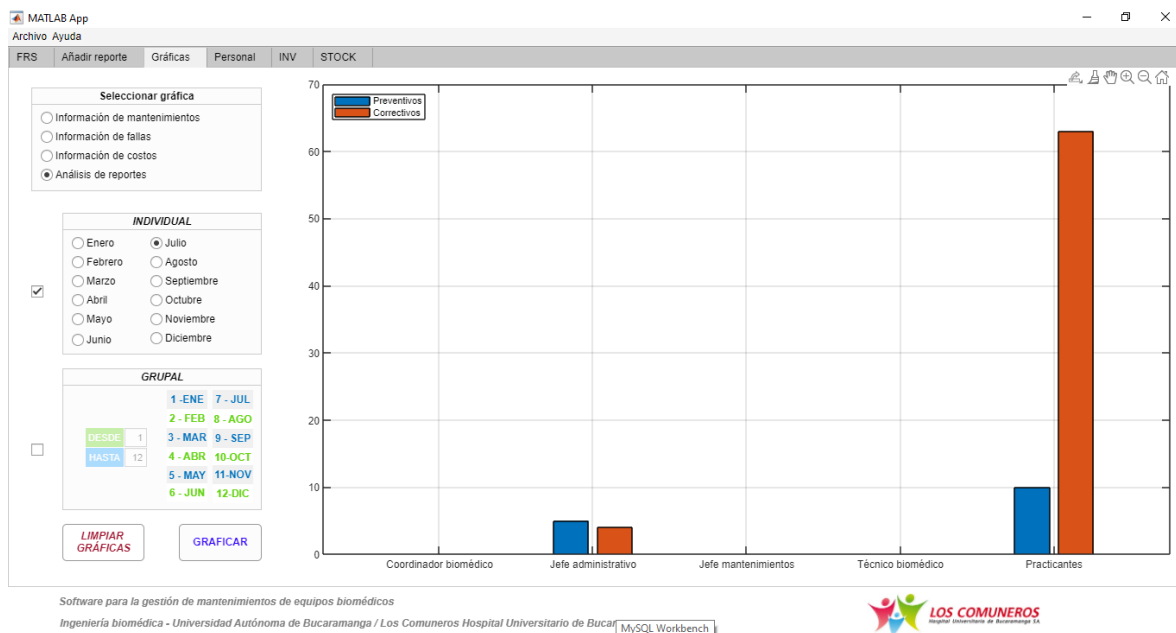
En el tercer tipo se exhibe un gráfico de barras donde se puede evidenciar los costos acumulados de mano de obra del personal, repuestos utilizados y costo total de los servicios a lo largo de un periodo determinado.

**Figura 19.** Presentación de gráficas Información de costos.



Por último, en el cuarto tipo, se enseña un gráfico de barras donde se evidencia el número de mantenimientos (preventivos y correctivos) realizados por cada cargo del personal del departamento CE de la institución: practicante, técnico biomédico, jefe de mantenimientos, jefe administrativo y coordinador biomédico.

**Figura 20.** Presentación de gráficas Información de reportes.

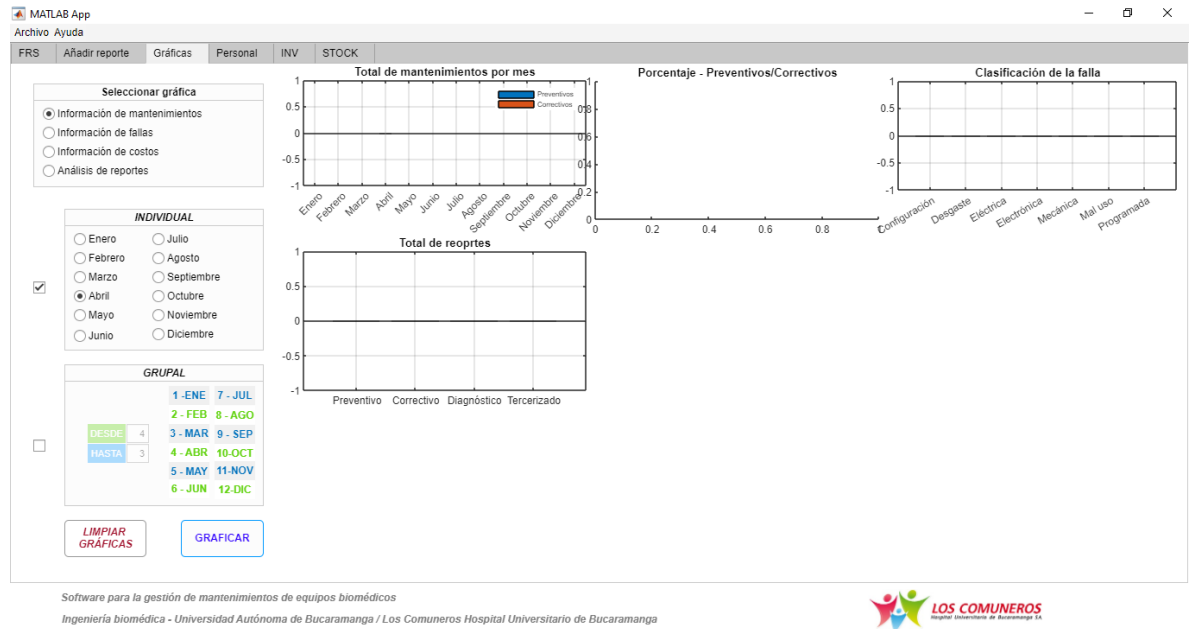


El segundo conjunto de componentes se comprende de dos paneles para la denotación del rango temporal dentro del cual se quiere mostrar la información de gráficas. Lo anterior quiere decir que el usuario es libre de elegir el o los meses de los que desee observar los datos, teniendo el panel de nombre INDIVIDUAL para seleccionar un filtro por mes único, o también puede interactuar con el panel con nombre GRUPAL y escribir los números de los meses que quiere usar como filtro. Para habilitar la interacción con estos paneles se debe validar el checkbox al lado izquierdo de cada panel que se vaya a usar; la validación de uno va a inhabilitar el otro de manera automática para evitar errores.

Si no existe información relevante dentro del rango de fechas ingresadas se mostrarán espacios vacíos en los componentes de visualización de gráficas.



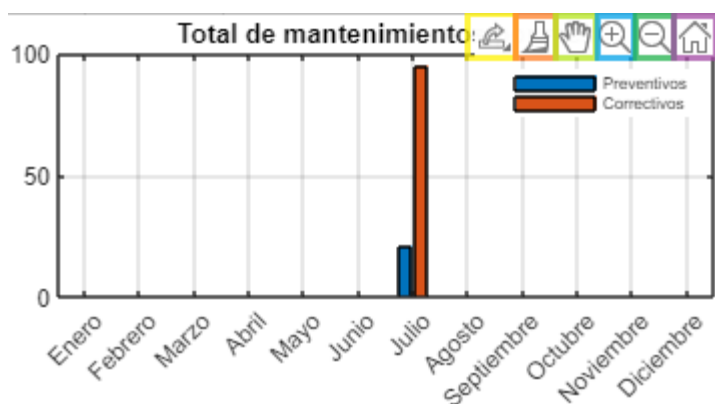
**Figura 21.** Presentación de gráficas.



El conjunto de elementos número tres (3) comprende dos botones de interacción del usuario. El botón LIMPIAR GRÁFICAS da un reset a los nueve componentes de visualización y los dispone en blanco sin información. El botón GRAFICAR dará operación con base a los datos seleccionados en el tipo de gráfica y el rango de fechas que haya deseado el usuario; según el tipo de gráfica que seleccione el usuario se usarán diferentes componentes de visualización y la visibilidad de los mismos varía. Por último, el cuarto conjunto de componentes se refiere a los nueve componentes de visualización (Axis) dispuestos en la sección de Gráficas. Para los tipos de gráfica Información de costos e Información de reportes se implementa el Axis número 7 (según su nombre en el diseño del software), que permanece invisible al fondo del canvas hasta ser seleccionado uno de los tipos mencionados con anterioridad, de lo contrario se hará invisible e inhabilitado.

Los Axis tienen variadas opciones de interacción con el usuario. Para acceder a estas se debe posicionar el puntero sobre el componente deseado y pocos instantes después aparecerán íconos habilitados para la interacción de guardar y copiar imágenes, resaltar datos, desplazamiento a lo largo de los ejes coordenados de referencia, aumento y reducción de tamaño y reset de las modificaciones realizadas.

**Figura 22.** Íconos de interacción de Axis con el usuario.



**Personal:** En esta pestaña el usuario tiene acceso a una lista donde se encuentran los nombres y cargos de usuarios registrados en el software. Adicional a lo anterior, el usuario puede añadir y eliminar otros usuarios y administradores (esta funcionalidad está habilitada únicamente para usuarios con cargo de ADMINISTRADOR). En caso de que se quiera eliminar un administrador se requiere de credenciales de carácter confidencial que son otorgadas al coordinador biomédico del departamento. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla usuarios\_login de la BD en MySQL.

**Figura 23.** Listado y administración de usuarios (Personal)

| Nombre de usuario | Cargo         |
|-------------------|---------------|
| cobando789        | Particular    |
| kbautista237      | Administrador |
| lforero865        | Particular    |
| ycardenas164      | Particular    |

**1**

**2**

**3**

**4**

Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga

**LOS COMUNEROS**  
Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla que permite la visualización de todos los usuarios registrados en la base de datos con autorización de inicio de sesión al software de gestión. Por cuestiones de seguridad se permite ver sólo las variables de Nombre de usuario y Cargo, ocultando las variables Contraseña y Valor Hora. Esta tabla no tiene propiedad de edición de celdas.

El conjunto de elementos número dos (2) se conforma de campos de texto y botones de interacción con el usuario. En este apartado el usuario tiene la posibilidad de agregar usuarios Particulares a la base de datos al diligenciar la información solicitada en cada campo de texto o bien eliminar usuarios Particulares dando confirmación del nombre de usuario que desee eliminar, ver Figura 23. La acción de agregar usuarios está limitada para administradores en el sistema. La variable Nombre de usuario es de tipo de PRIMARY KEY en la tabla

usuarios\_login en la base de datos del gestor MySQL. Lo anterior significa que tiene la característica de ser irrepetible.

El grupo de componentes número tres (3) corresponde a campos de texto para ingresar credenciales de carácter privado. Las credenciales Nombre del superadministrador y Código de seguridad de superadministrador son variables desconocidas por los usuarios y son otorgadas únicamente al administrador principal del software.

En el cuarto conjunto de elementos de la pestaña Personal se encuentra el apartado para agregar y eliminar usuarios de cargo Administrador. Para poder interactuar de manera exitosa con estas funcionalidades del software se requiere digitar las credenciales de superadministrador descritas anteriormente.

**INV:** En esta pestaña, el usuario podrá navegar por un elemento de tipo Tabla donde se muestran todos los equipos registrados en el sistema. Se tiene la posibilidad de añadir o eliminar equipos de la base de datos si el usuario lo requiere. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla de inventario\_equipos de la BD en MySQL.

**Figura 24.** Listado y administración de inventario (INV)

|    | Placa inventario | Descripción de equipo     | Área                       | Ubicación                   | Marca             | Modelo           | Serie      |
|----|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| 1  | 00072876WW       | ANALIZADOR DE TROPONIN... | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | BIOSITE           | TRIAGE METER PRO | 00072876WW |
| 2  | 101900           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE RECUPERACION        | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 101900     |
| 3  | 105924           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS           | 3M                | 775              | 105924     |
| 4  | 105927           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105927     |
| 5  | 105928           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105928     |
| 6  | 108826           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | UCIA                       | 3 PISO                      | 3M                | 775              | 108826     |
| 7  | 1100635674       | LENTE DE ARTROSCOPIA 30°  | SALAS DE CIRUGIA           | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.880.543        | 1100635674 |
| 8  | 1100668629       | URETEROSCOPIO SEMIRIGI... | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.702.534        | 1100668629 |
| 9  | 1111702120       | ARMONICO                  | SALAS DE CIRUGIA           | CUARTO DE EQUIPOS           | JOHNSON & JOHNSON | GEN 11           | 1111702120 |
| 10 | 114286           | BOMBA DE INFUSION         | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS BACK UP     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 114286     |
| 11 | 121105           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30°      | 121105     |
| 12 | 12405Z           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30° 4MM  | 12405Z     |
| 13 | 131088           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA                     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 131088     |
| 14 | 132579           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 132579     |
| 15 | 138089           | TENSIOMETRO ADULTO        | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | WELCH ALLYN       | ADULTO           | 138089     |
| 16 | 13J045684        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | TORRE DE LAPAROSCOPIA       | STRYKER           | CORE             | 13J045684  |
| 17 | 149210           | PERFUSOR                  | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | PERFUSOR SPACE   | 149210     |
| 18 | 14C039144        | PROCESADOR DE VIDEO       | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE ORTHOSYS... | STRYKER           | 1288HD           | 14C039144  |
| 19 | 14D050904        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | SALAS DE CIRUGIA            | STRYKER           | CROSSFIRE        | 14D050904  |
| 20 | 150146           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150146     |
| 21 | 150962           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150962     |
| 22 | 1612CF0253       | NEFIMONINSULINADOR        | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE COVIDIEN    | COVIDIEN          | F 104            | 1612CF0253 |

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla, donde el usuario podrá visualizar toda la lista de equipos registrados en la tabla inventario\_equipos de la base de datos. Este componente tiene la propiedad de ser editado y la información es actualizada en tiempo inmediato sin latencia (por usuarios con cargo de Administrador). Permite al usuario explorar toda la información relevante de los equipos biomédicos de la institución y administrarlos.

El grupo de componentes número dos (2) hace referencia a los campos de texto donde se diligenciará la información de nuevos equipos para ser agregados al inventario. Se debe tener en cuenta que el campo de texto Placa inv. hace referencia a la variable Placa Inventario de la tabla inventario\_equipos, por lo que es irrepitible y no es posible crear dos equipos con la misma placa dentro de la base de datos.

Por último, el tercer conjunto de componentes se conforma de dos botones para interacción del usuario, con los cuales se pueden añadir y eliminar equipos dentro

del inventario. Para agregar de manera exitosa un nuevo equipo dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto. El botón **ELIMINAR EQUIPO** requiere que el usuario seleccione una celda o la fila completa del equipo que desea eliminar de la lista de inventario.

**STOCK:** Aquí el usuario podrá navegar por un elemento de tipo Tabla donde se muestran todos los repuestos y elementos registrados en el stock del sistema. Se tiene la posibilidad de añadir o eliminar elementos de la base de datos si el usuario lo requiere. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla de stock de la BD en MySQL.

**Figura 25.** Listado y administración de elementos en Stock (STOCK).

|    | Descripción                           | Cant. Máx | Cant. Min | Ingresos | Egresos | Costo   | Actual |
|----|---------------------------------------|-----------|-----------|----------|---------|---------|--------|
| 1  | Abrazadera de manguera ¼              | 5         | 2         | 0        | 0       | 100     | 0      |
| 2  | Acople ¼ hembra                       | 3         | 2         | 0        | 0       | 8300    | 0      |
| 3  | Acople ¼ macho                        | 3         | 2         | 0        | 0       | 6900    | 0      |
| 4  | Acople rápido colchón antiescaras     | 5         | 2         | 8        | 1       | 0       | 7      |
| 5  | Aro de Fonendoscopio Grande           | 5         | 2         | 4        | 2       | 45316   | 2      |
| 6  | Aro de Fonendoscopio Grande           | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 7  | Aro de Fonendoscopio Pequeño          | 5         | 2         | 7        | 0       | 57120   | 7      |
| 8  | Aro de Fonendoscopio Pequeño          | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 9  | Aro O'Rings vaporizador               | 2         | 1         | 12       | 0       | 0       | 12     |
| 10 | Assy front panel force fx con tarj... | 1         | 0         | 1        | 0       | 2395470 | 1      |
| 11 | Assy front panel force fx sin tarjeta | 1         | 0         | 2        | 0       | 1350000 | 2      |
| 12 | Baranda camilla Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 370000  | 0      |
| 13 | Baranda de cama Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 350000  | 0      |
| 14 | Baranda de cama los pinos             | 4         | 2         | 0        | 0       | 120000  | 0      |
| 15 | Base de glucómetro                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 16 | Base Quick release                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 428876  | 1      |
| 17 | Batería 3V                            | 4         | 2         | 1        | 0       | 2000    | 1      |
| 18 | Batería A23                           | 2         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 19 | Batería AA                            | 4         | 2         | 6        | 2       | 1390    | 4      |
| 20 | Batería AAA                           | 4         | 2         | 2        | 2       | 1500    | 0      |
| 21 | Batería CR2032                        | 4         | 2         | 1        | 0       | 1500    | 1      |
| 22 | Batería Cuadrada 9V                   | 2         | 1         | 0        | 0       | 9333    | 0      |

Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuseros Hospital Universitario de Bucaramanga

**1** Descripción  Cant. Min.  Egresos  Actual   
**2** Cant. Máx.  Ingresos  Costo

**3**

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla, donde el usuario podrá visualizar toda la lista de elementos registrados en la tabla stock de la base de datos. Este componente tiene la propiedad de ser editado y la información es actualizada en tiempo inmediato sin latencia (por usuarios con cargo de Administrador). Permite al

usuario explorar toda la información relevante de los elementos y repuestos usados en la reparación de equipos biomédicos de la institución y administrar dichos repuestos.

El grupo de componentes número dos (2) hace referencia a los campos de texto donde se diligenciará la información de nuevos elementos/repuestos para ser agregados al stock. Se debe tener en cuenta que el campo de texto Descripción hace referencia a la variable Descripción de la tabla stock, por lo que es irrepetible y no es posible crear dos elementos/repuestos con la misma descripción o nombre dentro de la base de datos.

Por último, el tercer conjunto de componentes se conforma de dos botones para interacción del usuario, con los cuales se pueden añadir y eliminar elementos dentro del stock. Para agregar de manera exitosa un nuevo elemento dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto; para eliminar de manera exitosa un nuevo elemento dentro de la base de datos se requiere seleccionar una celda o fila del elemento a eliminar.

#### **4.1.3 Pruebas del usuario**

Una vez desarrollado el software en App Designer de MATLAB, se utiliza la extensión Matlab Compiler para volver la app diseñada en una aplicación de escritorio ejecutable en cualquier equipo de cómputo sin la necesidad de instalar el software MATLAB. Para realizar las pruebas del software en la IPS se instaló en dos equipos de cómputo en el departamento CE, un equipo de escritorio (*Intel i3, 4GB RAM*) y otro equipo portátil (*Intel i5, 8GB RAM*). La instalación fue satisfactoria y el software se ejecutó de manera correcta en ambos equipos de cómputo, pero se evidenció una

clara diferencia de rendimiento al operarse. El computador de escritorio presentó mayor dificultad en correr el programa de manera fluida mientras se mantenía en uso programas secundarios con alto consumo, ya que su capacidad de memoria dificulta el proceso.

Por cuestiones de disponibilidad del personal, tres integrantes del departamento tuvieron la oportunidad de trabajar con el software y se les otorgó su respectiva capacitación del programa para tener el completo conocimiento de los alcances y limitaciones. Entre las personas encuestadas se encuentra el coordinador biomédico, quien tiene la principal responsabilidad de llevar la gestión de los procesos de mantenimiento biomédico y presentar los resultados de análisis estadísticos correspondientes.

#### **4.1.4 Indicadores de calidad**

La institución evalúa periódicamente los procesos de mantenimientos por medio de indicadores que miden los cambios y progresos que se han dado en ese periodo. Los indicadores calculados por la institución son: fallas, repuestos, costos, eficacia y tiempos.

El indicador “fallas” es utilizado para analizar qué equipos médicos presentan fallas, las fallas más comunes y la afectación al servicio. Con esta información es posible realizar un plan de acción o mejora reduciendo así el impacto en la disponibilidad y operatividad de los equipos en sus áreas. El software, en su función Gráficas permite obtener el análisis de este indicador ya que, como se muestra en la figura 18, el aplicativo genera los estadísticos que relacionan las fallas con otras variables.



El segundo indicador “repuestos” es importante para conocer la cantidad de repuestos con los que cuenta la institución en ese periodo y al relacionarlo con la variable “fallas” se puede hacer un análisis más riguroso de lo acontecido en este rango de tiempo. El usuario puede conocer todos los datos sobre este indicador en la función “stock”, ver figura 25.

El indicador “eficacia” es utilizado para evaluar la cantidad de reportes hechos por el personal técnico y practicantes. En la figura 20, se puede observar la sección del software con la cual se pueden obtener las estadísticas de este indicador.

Con el indicador “costos” se evalúan los valores de los costos de repuestos, costos del personal técnico y los costos totales de los servicios realizados en el periodo. Para visualizar las gráficas estadísticas de estos datos, el usuario debe ingresar a la función costos y seleccionar “información de costos”, ver figura 19.

Finalmente se tiene el indicador “tiempos”, este permite analizar la rapidez con que se atienden los llamados, la duración de un equipo sin su disponibilidad en el servicio y el tiempo promedio gastado en la solución de los mantenimientos correctivos y preventivos.

#### **4.2. Análisis de resultados**

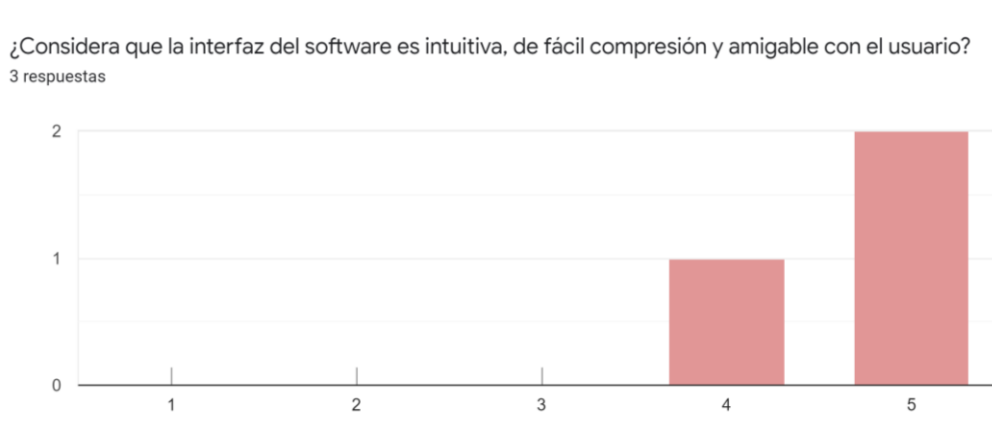
Una vez finalizado y probado el funcionamiento del software. Se instala en la institución y se realizan las pruebas de funcionamiento por parte del usuario. Al instalarlo, el personal del área gestión de la tecnología interactuó con el software y manifestó su opinión por medio de una encuesta enfocada en la opinión de la solución

desarrollada al problema, la comparación de escenarios antes y después de tener el software, recomendaciones para mejoras futuras, etc.

La encuesta consta de 6 preguntas, de las cuales 2 son de pregunta abierta, 3 de escala de valores (1 a 5) y 1 de respuesta binaria (sí y no). (Ver anexo 1)

En la primera pregunta, se quería conocer el nivel de usabilidad del aplicativo, por esto, se le pregunta a los usuarios que den una puntuación al mismo, según consideren la facilidad de uso.

**Figura 26.** Respuestas de los usuarios respecto a la usabilidad del aplicativo.

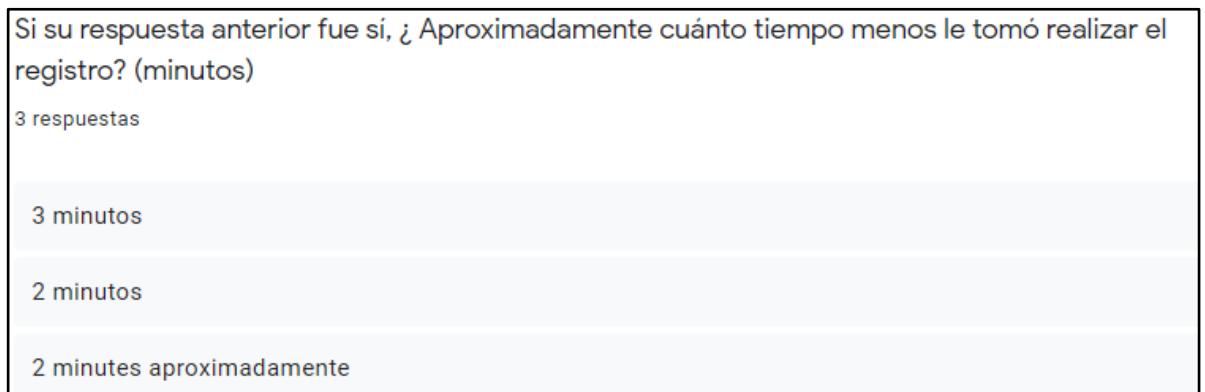


Según lo observado en la figura 26, los usuarios dan al aplicativo una calificación promedio de 4.66, lo que significa que se cumplió con el propósito del software de ser de fácil uso. Sin embargo, se debe considerar, la opinión de aquellos usuarios que no dieron una calificación de 5 al aplicativo.

La pregunta 2 se realiza con el objetivo de saber si se cumple con uno de los requisitos más solicitados por la institución. Este requisito consiste en que se disminuya el tiempo utilizado por los usuarios para llenar los registros de mantenimiento. Por esto,

se le pregunta a los usuarios si se cumple con esta condición y adicionalmente, en la pregunta 3, se les pide colocar el número de minutos menos que gastaron, en comparación a la herramienta anteriormente utilizada.

**Figura 27 y 28.** Respuestas del usuario sobre la disminución de tiempo que da el aplicativo.

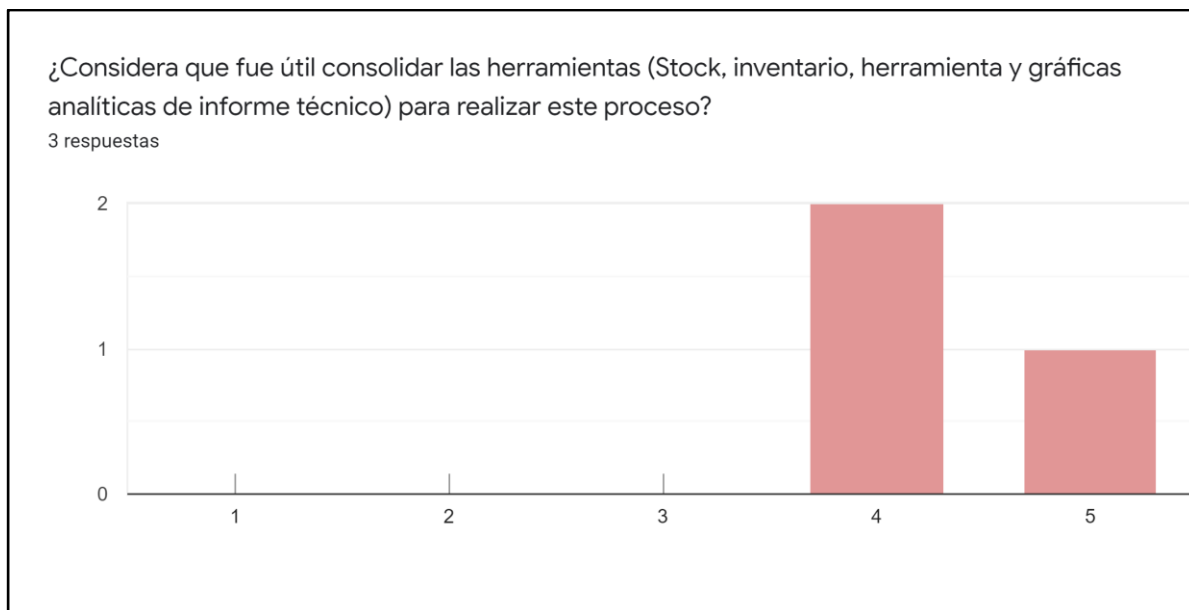


El 100% de los usuarios coinciden en que el software sí disminuye el tiempo en realizar los registros de mantenimiento y según las respuestas obtenidas, la disminución de tiempo es de aproximadamente 2 minutos y medio.

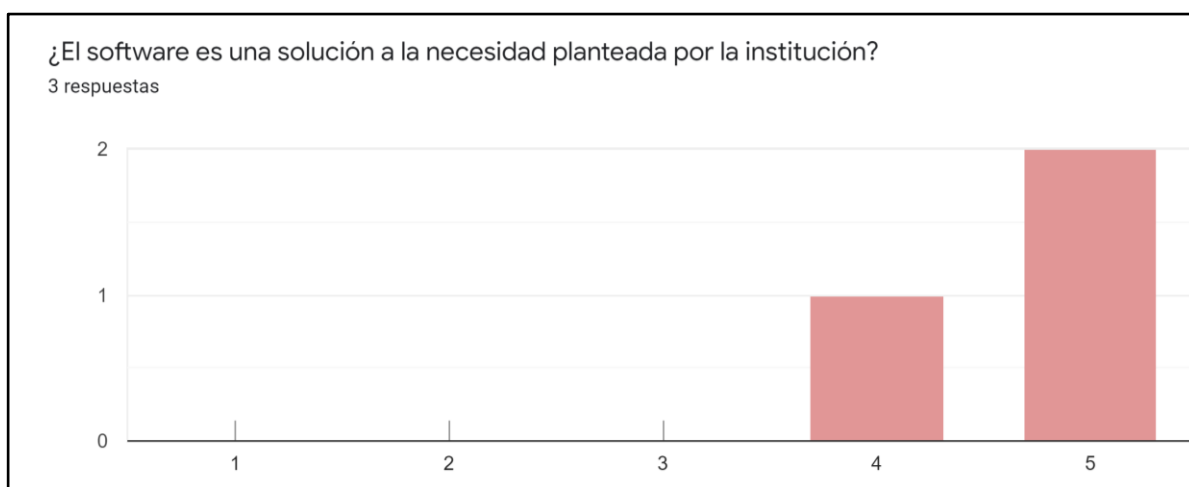
Las preguntas 4 y 5 se realizan con el objetivo de conocer si la consolidación de las 3 herramientas utilizadas y si el resultado final obtenido es lo esperado por la institución.

Para esto se decide realizar dos preguntas con respuesta de escala de valores (1 al 5), así podemos conocer el resultado cuantitativo de lo que piensan los usuarios.

**Figura 29.** Respuesta de los usuarios sobre la utilidad de consolidar las herramientas anteriormente utilizadas.



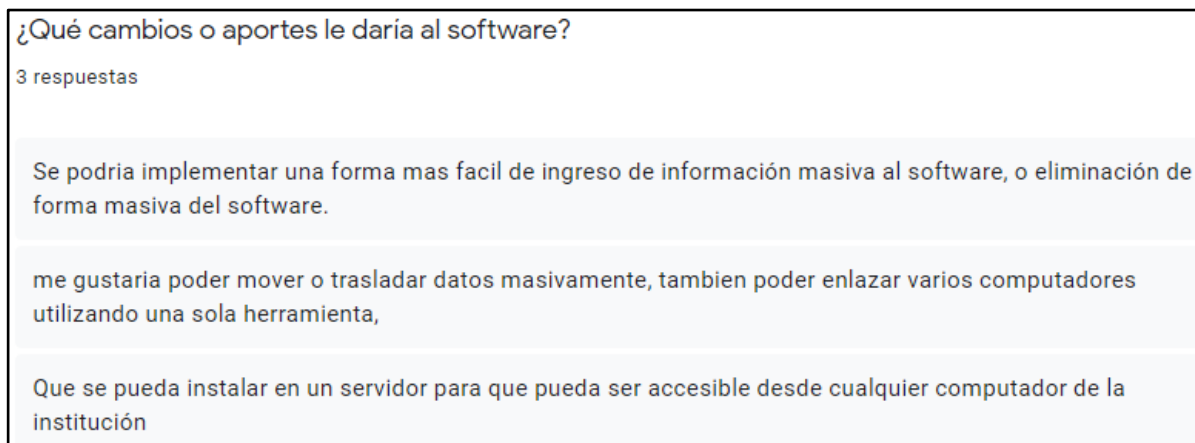
**Figura 30.** Respuesta de los usuarios respecto a si el software es una solución a la necesidad planteada por la institución.



Se puede concluir que los usuarios si consideran útil unir las 3 herramientas usadas anteriormente, ya que la calificación promedio es superior a 4 (4.66) y con las respuestas de la pregunta 5, se puede establecer que el software si cumple con la necesidad planteada por la institución que es optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica.

Finalmente, se pide a los usuarios su opinión acerca de los cambios o aportes que consideran necesarios en el software. Esto con el propósito de establecer el trabajo a futuro del proyecto y seguir mejorando el software. En la siguiente figura se muestran las respuestas dadas.

**Figura 31.** Respuestas del usuario sobre los cambios o aportes que le daría al software.



A partir de los resultados obtenidos se puede constatar de ciertos puntos clave:

- El software reduce el tiempo de registro de reportes, lo cual mejora la eficiencia del personal en dicha labor.
- El software es agradable y de claro entendimiento en la interacción con los usuarios del departamento.

- Las funcionalidades del software permiten la correcta gestión y administración de los mantenimientos, además de proporcionar apoyo analítico con gráficas pertinentes y administración de equipos y repuestos.

La comunicación entre base de datos y software es exitosa. El almacenamiento y transferencia de datos es satisfactorio y todos los cálculos realizados por el sistema fueron validados por el personal del departamento para asegurar el correcto funcionamiento.

## **Capítulo 5**

### **Conclusiones**

La IPS Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga buscando cumplir con los estándares que establece la resolución 3100 del 2019 relacionados con el seguimiento a la tecnología biomédica y optimizar los procesos relacionados con gestión del mantenimiento realizados por el departamento CE se planteó diseñar e implementar un software que diera solución a esta problemática unificando además el flujo de información que respecta con procesos de mantenimiento, con lo cual se logró evidenciar una mejora en el desarrollo de los procesos al cumplir con características como calidad, fácil uso, seguridad y confianza.

El desarrollo del software fue fundamentado en los problemas con que contaba la institución respecto a las herramientas empleadas en el proceso de gestión del mantenimiento de tecnología biomédica, llegando a un software de fácil manejo con módulos básicos descritos

con anterioridad que lo estructuran permitiendo un buen sistema de información que cumple con las necesidades planteadas en las primeras fases de ejecución del proyecto.

El diseño de las interfaces y las bases de datos que conforman el software permiten la interrelación entre que todos los datos y variables que se generan en torno a los procedimientos de mantenimiento de tecnología biomédica de manera que resulte sencillo y práctico el diligenciamiento de los formularios necesarios para el registro de cada uno de los reportes haciendo la tarea más sencilla para el personal asignado a tal área.

El aplicativo final instalado en la institución es un software libre y gratuito que, aunque necesite de la instalación de una herramienta adicional “MYSQL”, no necesita mayores requerimientos del software, ya que los requisitos mínimos son: contar con procesador Intel(R) Celeron(R) 1.70 GHz y memoria RAM de 4G.

Este aplicativo fue desarrollado usando dos softwares importantes MySQL y Matlab. MySQL es la herramienta utilizada para la gestión de base de datos; esta se instala bajo la licencia GPL, lo que implica que el usuario no debe pagar por dicha licencia. Por el otro lado está Matlab que, por medio de sus herramientas “App Designer” y “App Compiler” permitieron la programación del código del software y su descarga como un ejecutable.

La correcta implementación de este tipo de software resulta de gran utilidad para las instituciones prestadoras de servicios de salud como soporte ante cada uno de los procesos de gestión que surgen en torno al mantenimiento de tecnología biomédica, además de verse beneficiados en los procesos de toma de decisiones mediante la retroalimentación que la herramienta brinda, haciendo este tipo de labores menos tediosas para el personal encargado,

lo cual se ve directamente reflejado en los tiempos empleados para la ejecución de estas actividades de gestión.

## **Capítulo 6**

### **Recomendaciones y trabajo a futuro**

Es importante asegurar la continuidad de este proyecto especialmente con la implementación de una red de tipo LAN, que permita la integración y comunicación de la información registrada en la herramienta entre diferentes equipos del departamento CE y no solo en uno de ellos, como se está manejando la herramienta en la actualidad, adicionalmente, la ampliación de la plataforma para la integración con dispositivos móviles de manera que los procesos de consulta y acceso a la información contenida en la herramienta resulten más fáciles y eficientes para el personal encargado.

Adicionalmente, se recomienda seguir las indicaciones de instalación, requerimientos y funcionamiento del aplicativo desarrollado explicados de manera clara en el manual de usuario realizado. ( Ver anexo 2)

### **Referencias bibliográficas**

Akar, N., Ülgen, Y., & Öztürk-Işık, E. (2019). A Comprehensive Medical Equipment Management Software System for Increased Patient Safety. *Medical Measurements and Applications, MeMeA 2019 - Symposium Proceedings*, 19–23. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2019.8802156>



Arvizú1, E. S., Bravo, I. F., & Alaniz, D. L. (2018). Propuesta De Un Software De Mantenimiento Para Equipos Biomédicos Escarlet Sarahy Arvizú 1 Isamara Francisca Bravo 2 Dania Lisseth Alaniz 3 [UNAN-Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/8944/1/18790.pdf>

Centeno, C. A., Voos, J. A., Riva, G., & Zerbini, C. (2020). Web Software for Technology and Medical Infrastructure Management of a Clinical Engineering Department (pp. 1386–1397). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30648-9\\_179](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30648-9_179)

Díaz, L. (2020). Desarrollo de aplicativo para el mejoramiento de la gestión de mantenimientos preventivos y calibraciones en el Centro Policlínico del Olaya [Universidad del Rosario]. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/30713>

Est, P., & Lissi, U. (2015). Mixed-Integer Linear Programming (MILP) for Optimisation of Medical Equipment Maintenance Schedules a. Tshwane University of Technology / F' SATI, Private Bag X680, 0001 Pretoria - RSA \* Corresponding author: Abdelbaset Khalaf Tshwane University of. November, 25–27.

Farhat, J., Shamayleh, A., & Al-Nashash, H. (2018). Medical equipment efficient failure management in IoT environment. 2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2018, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2018.8376911>

Fuaddi, M., & Subirosa, B. (2018). The Implementation and Testing of a Prototype for Web-Based Medical Equipment Maintenance System. 2018

International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS), 159–163. <https://doi.org/10.1109/ICELTICS.2018.8548828>

González, E. (2020). DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTOS DE EQUIPOS BIOMÉDICOS Y RÁPIDA ELABORACIÓN DE HOJAS DE VIDA Y FICHAS TÉCNICAS EN UNA CLÍNICA DE ALTA COMPLEJIDAD (Vol. 36) [UNIVERSIDAD DEL ROSARIO ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO]. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/30703>.

Goszczyńska, M., Tyszka, T., & Slovic, P. (1991). Risk perception in Poland: A comparison with three other countries. *Journal of Behavioral Decision Making*, 4(3), 179–193. <https://doi.org/10.1002/bdm.3960040305>.

Kravets, A. G., Orudjev, N. Y., & Salnikova, N. A. (2019). Software for Predictive Maintenance and Repair of the Enterprise Office Equipment. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 1–7. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2019.8934186>

Malataras, P. G., Bliznakov, Z. B., & Pallikarakis, N. E. (2015). A Web-Based Medical Equipment Management System. In 6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering (pp. 617–620). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11128-5\\_154](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11128-5_154).

MINISTERIO DE SALUD. (2001). RESOLUCION NÚMERO 434 DE 2001yens, Wal. In *Thinking and Reasoning* (Vol. 18, Issue 2).

Ministerio de Salud y Protección Social. (2005). Resolución 4725 de 2005. República de Colombia, (Diciembre 26), 31. [http://www.who.int/medical\\_devices/survey\\_resources/health\\_technology\\_national\\_policy\\_colombia.pdf](http://www.who.int/medical_devices/survey_resources/health_technology_national_policy_colombia.pdf)

Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). Decreto Número 903 De 2014. 13 De mayo, 6.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. (2019). Resolución Número 003100 De 2019. Diario Oficial, 2019, 1–230. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3100-de-2019.pdf>.

Nutdanai, S., Pornthip, L., & Sanpanich, A. (2016). Development of an information system for medical equipment management in hospitals. 2016 9th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 1–5. <https://doi.org/10.1109/BMEiCON.2016.7859583>.

Orozco, W., Narváez, G., Galvis, L., & Cano, D. (2015). Maintenance management in biomedical equipments in the context of the research project cleaner production in the health cluster of medellín, colombia. Maintenance Management in Biomedical Equipments in the Context of the Research Project Cleaner Production in the Health Cluster of Medellín, Colombia, 9(18), 15–19. <https://doi.org/10.24050/19099762.n18.2015.761>

Pérez, M., & Posada, M. (2015). Diseño de un software para la gestión del mantenimiento aplicable a las pymes en Colombia. Tesis, 64.

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2290/1/32100.pdf>

Ranjbar, E., Sedehi, R. G., Rashidi, M., & Suratgar, A. A. (2019). Design of an IoT-Based System for Smart Maintenance of Medical Equipment. 2019 3rd International Conference on Internet of Things and Applications (IoT), 1–12. <https://doi.org/10.1109/IICITA.2019.8808841>

Reyes, E., & Gutiérrez, M. (2015). DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO A EQUIPOS BIOMÉDICOS MEDIANTE PHP, BAJO LINEAMIENTOS OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD) [UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA]. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/8417>

Salazar, K., Botero, S., & Jimenez, C. (2015). Panorama y desafíos de la gestión de tecnología biomédica en Colombia [Universidad Nacional de Colombia, Antioquia, Colombia]. <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/363.pdf>

Salazar-Flórez, K. J., Botero-Botero, S., & Jiménez-Hernández, C. N. (2017). Adquisición de tecnología biomédica en IPS colombianas: comparación y mejores prácticas. *Gerencia y Políticas de Salud*, 15(31). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgyps15-31.atbi>

Suarez, R. (2014). DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA WEB PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS DE UNA IPS DE

TERCER NIVEL [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA].  
[https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3396/2015\\_Tesis\\_Suarez\\_Suarez\\_Roney\\_Armando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3396/2015_Tesis_Suarez_Suarez_Roney_Armando.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Salazar Florez, K.,  
Botero Botero, S., & Jimenez Hernández, C. (2015). Retrieved 25 February 2021,  
from <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/363.pdf>



Anexo 1: Manual de Usuario.

**LOS COMUNEROS**  
Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.

# SOFTWARE PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN UNA INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD DE ALTA COMPLEJIDAD

## Manual de Usuario

Versión: 1.0

Fecha: 06/10/2021

### Versión 1.0

Este software es creado bajo la categoría de Software Libre y se rige por los lineamientos de la licencia GPL (General Public License) de GNU. Esto implica que se permita la reproducción, distribución, comunicación pública y/o transformación, total o parcial, por cualquier medio, de este documento.



Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad

Manual de Usuario



## HOJA DE CONTROL

|                        |  |                            |            |
|------------------------|--|----------------------------|------------|
| <b>Organismo</b>       | Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB)   |                            |            |
| <b>Proyecto</b>        | Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad. |                            |            |
| <b>Entregable</b>      | Manual de Usuario  |                            |            |
| <b>Autor</b>           | Cristian Obando Acevedo<br>Camila Cárdenas Camacho<br>Lyna Forero Gómez  |                            |            |
| <b>Versión/Edición</b> | 1.0  | <b>Fecha Versión</b>       | 03/11/2021 |
| <b>Aprobado por</b>    |  | <b>Fecha Aprobación</b>    | DD/MM/AAAA |
|                        |  | <b>Nº Total de Páginas</b> | 41         |

## REGISTRO DE CAMBIOS

| Versión | Causa del Cambio | Responsable del Cambio  | Fecha del Cambio |
|---------|------------------|---|------------------|
| 1.0     | Versión inicial  | Cristian Obando Acevedo<br>Camila Cárdenas Camacho<br>Lyna Forero Gómez | 03/11/2021       |

## CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

| Nombre y Apellidos        |
|---------------------------|
| Cristian Obando Acevedo   |
| Camila Cárdenas Camacho   |
| Lyna Marcela Forero Gómez |



## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....                       | 5  |
| 1.1 Objetivo .....                                    | 5  |
| 1.2 Alcance.....                                      | 5  |
| 1.3 Funcionalidad .....                               | 5  |
| 2. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA .....                   | 6  |
| 2.1 Requisitos del software .....                     | 6  |
| 2.2 Requisitos mínimos del hardware .....             | 17 |
| 3. INSTALACIÓN DEL APLICATIVO .....                   | 18 |
| 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....                      | 21 |
| 5. PERFILES DE USUARIO .....                          | 32 |
| 5.1 Administrador .....                               | 32 |
| 5.2 Particular.....                                   | 33 |
| 6. ERRORES MÁS FRECUENTES .....                       | 34 |
| 6.1 Error de comunicación con MySQL .....             | 34 |
| 6.2 Error en acceder al log-in .....                  | 34 |
| 6.3 Error al graficar .....                           | 35 |
| 6.4 Error al graficar un rango de fechas .....        | 35 |
| 6.5 Error al ingresar reportes .....                  | 35 |
| 6.6 Errores al añadir usuarios y administradores..... | 39 |
| 6.7 Errores al editar el stock.....                   | 41 |
| 7. CERRAR SESIÓN DEL PROGRAMA .....                   | 43 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....                    | 44 |





**Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad**

**Manual de Usuario**





## 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 1.1 Objetivo

El objetivo de este documento es brindar una guía al departamento de ingeniería biomédica de la IPS “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A” en el uso del software de optimización de la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de manera que instruya al usuario sobre las funciones generales de este.

### 1.2 Alcance

El presente manual describe una visión general de las características de la aplicación y se indican las instrucciones que deben seguirse paso a paso para realizar diversas tareas.

### 1.3 Funcionalidad

Este software es desarrollado con el objetivo de optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de la IPS “Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A”



## 2. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para el correcto funcionamiento del ejecutable, se requieren tener ciertos requisitos tanto en hardware como en software.

### 2.1 Requisitos del software

El gestor de base de datos usado para este software es MySQL, por esto es indispensable instalar MySQL y cargar la base de datos antes de instalar el ejecutable.

Para instalar MySQL, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ingresar a la página oficial de MySQL y seleccionar la opción "Downloads".

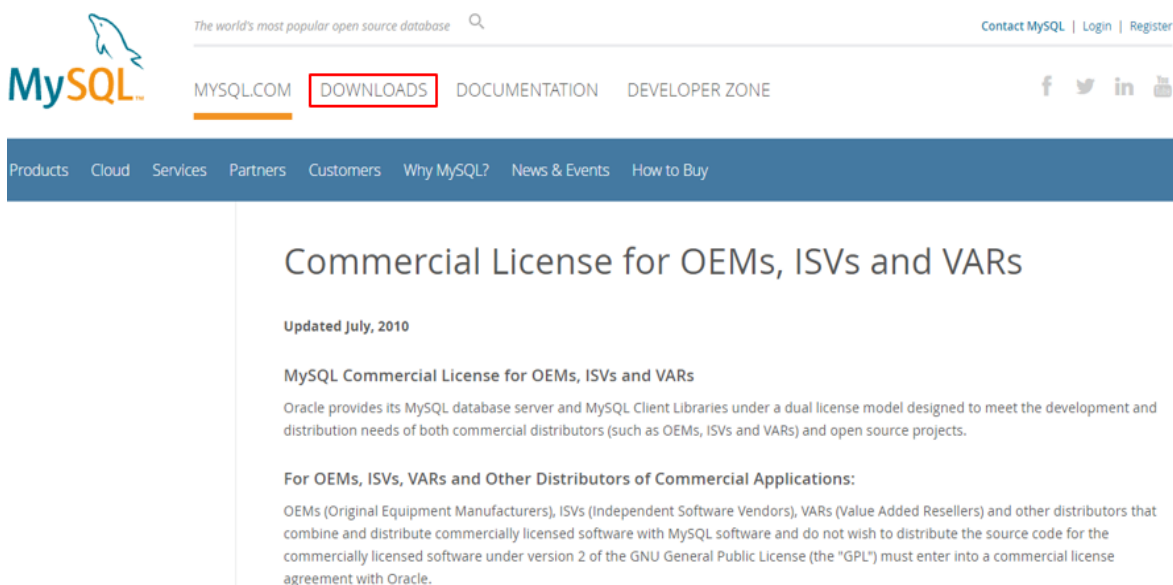


Figura 1. Página oficial de MySQL.

2. Después de seleccionar "Downloads", desplazarse al final de la página hasta encontrar "MySQL Community (GPL) Downloads".

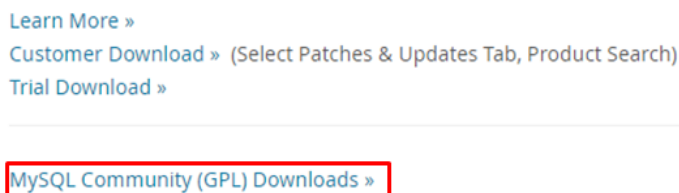


Figura 2. Página oficial de MySQL.

3. Al ingresar a descargas de MySQL, seleccionar "MySQL Installer for Windows".



## MySQL Community Downloads

- MySQL Yum Repository
- MySQL APT Repository
- MySQL SUSE Repository
- MySQL Community Server
- MySQL Cluster
- MySQL Router
- MySQL Shell
- MySQL Workbench
- C API (libmysqlclient)
- Connector/C++
- Connector/J
- Connector/NET
- Connector/Node.js
- Connector/ODBC
- Connector/Python
- MySQL Native Driver for PHP
- MySQL Benchmark Tool
- Time zone description tables
- Download Archives
- **MySQL Installer for Windows**
- MySQL for Visual Studio

Figura 3. MySQL Community Downloads.

- Al redirigir a la siguiente pestaña de “MySQL Installer 8.0.26”; elegir la primera opción y por último dar click en el botón “No thanks, just start my download”.

General Availability (GA) Releases Archives

### MySQL Installer 8.0.26

Select Operating System: Microsoft Windows Looking for previous GA versions?

|  |        |        |                 |
|--|--------|--------|-----------------|
| <b>Windows (x86, 32-bit), MSI Installer</b><br><small>(mysql-installer-web-community-8.0.26.0.msi)</small> | 8.0.26 | 2.4M   | <b>Download</b> |
| <b>Windows (x86, 32-bit), MSI Installer</b><br><small>(mysql-installer-community-8.0.26.0.msi)</small>     | 8.0.26 | 450.7M | <b>Download</b> |

**i** We suggest that you use the MD5 checksums and GnuPG signatures to verify the integrity of the packages you download.

Figura 4. MySQL Community Downloads.

**Login »**  
using my Oracle Web account

**Sign Up »**  
for an Oracle Web account

MySQL.com is using Oracle SSO for authentication. If you already have an Oracle Web account, click the Login link. Otherwise, you can sign up for a free account by clicking the Sign Up link and following the instructions.

**No thanks, just start my download.**

Figura 5. Descarga de instalador de MySQL.

- Al ejecutar el instalador, aparecerá la siguiente pantalla, dar clic en la opción “Developer Default” y siguiente.

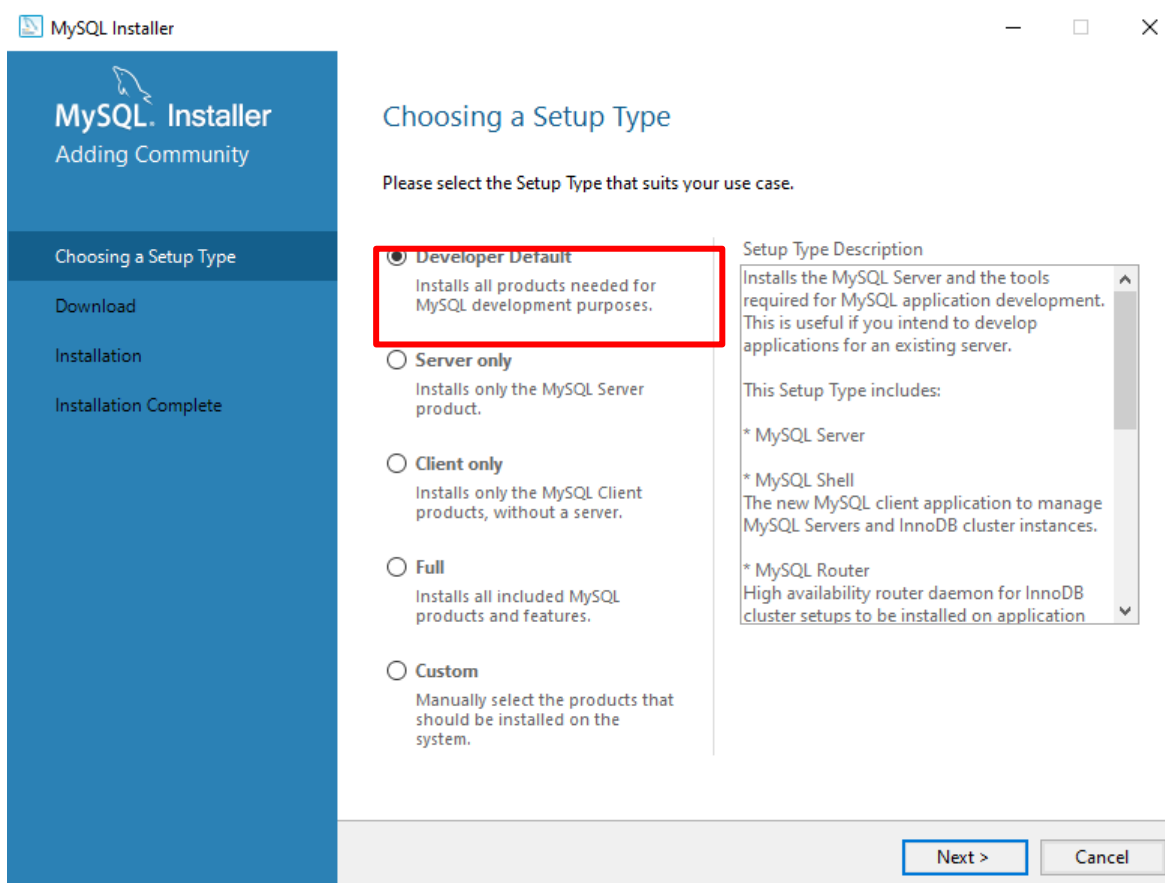


Figura 6. Seleccionar tipo de instalación.

6. Si al llegar a la pestaña “Check requirements” se visualizan los requerimientos mostrados en la figura 7; dar clic en “next” y después en “sí”.

Por el contrario, si al llegar aquí, la lista es más amplia y aparecen requerimientos como los mostrados en la figura 8. Se debe seleccionar “MySQL Server 8.0.26”; dar clic en ejecutar y al descargar, dar clic en “siguiente”.

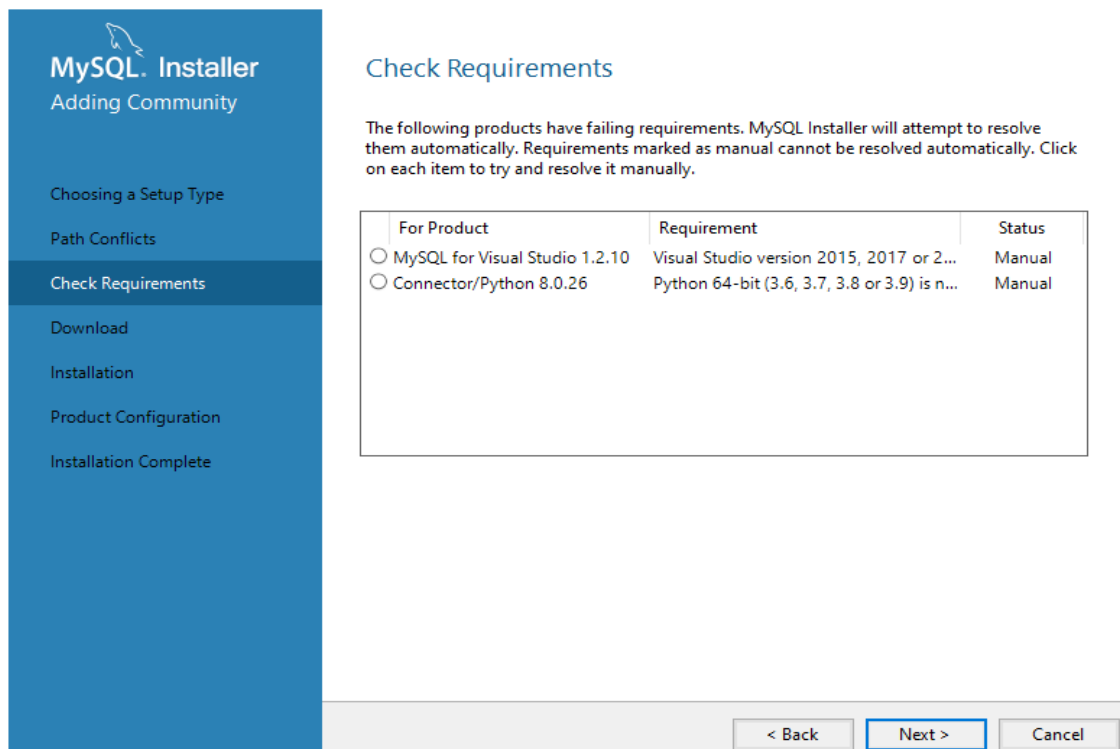


Figura 7. Requerimientos para la instalación.

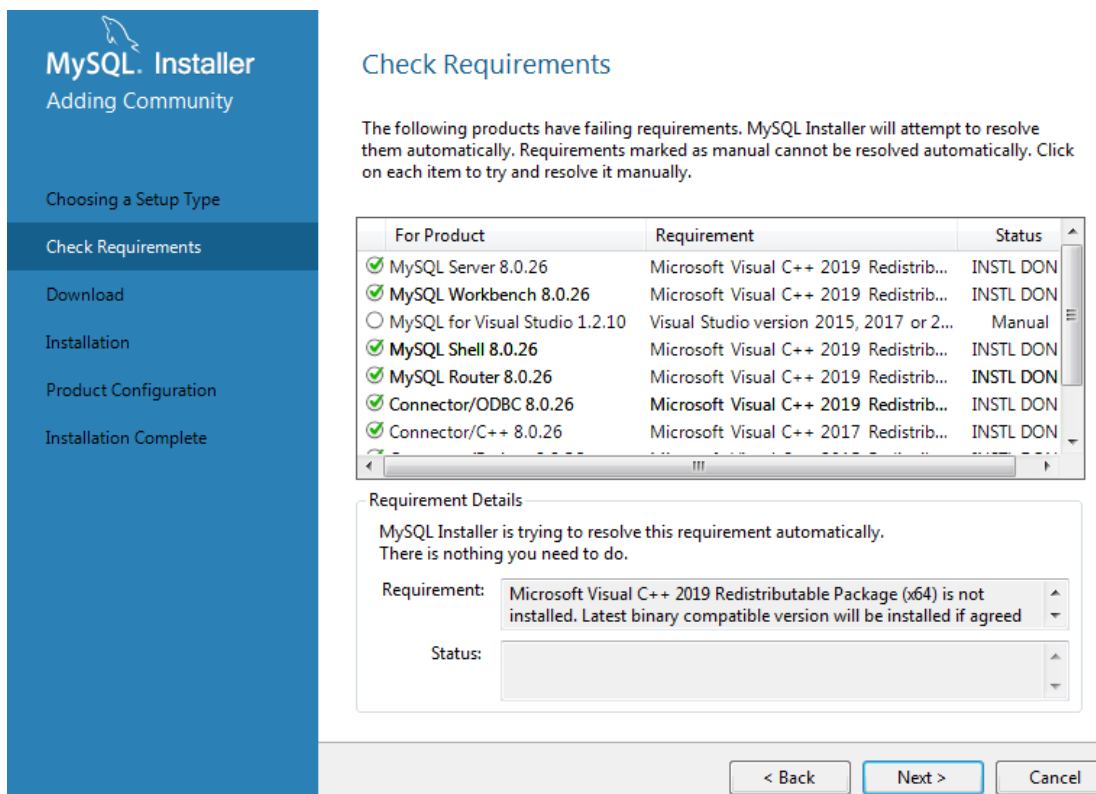


Figura 8. Requerimientos adicionales en la instalación.

7. En la pestaña de instalación, dar clic en “ejecutar” y al completar la instalación,



seleccionar “siguiente” .

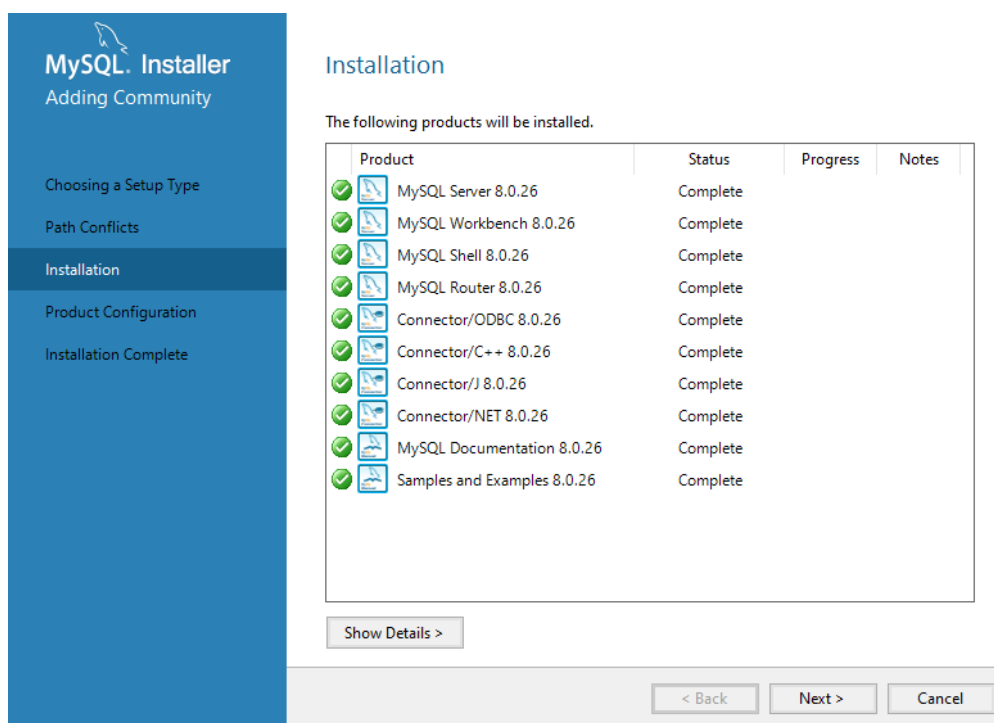


Figura 9. Instalación de MySQL.

- Después que se ejecuten todos los productos, dejar el puerto seleccionado por defecto “3306” seleccionar la primera opción del método de autenticación y por último colocar la contraseña y seleccionar “check”.
- Contraseña: “CCLFCO2021.” (El punto al final hace parte de la contraseña)

## Accounts and Roles

### Root Account Password

Enter the password for the root account. Please remember to store this password in a secure place.

Current Root Password:

••••••••

Check



Figura 10. Validación de cuenta de MySQL.

- Al llegar a la ventana “MySQL Router Configuration”, dar clic en “Finish” sin seleccionar la casilla de verificación.
- En la ventana Connect to Server, colocar los siguientes datos:
  - Usuario: root.
  - Contraseña: “CCLFCO2021.”



## Connect To Server

Select the MySQL server instances from the list to receive sample schemas and data.

|                                     | Server              | Port | Arch... | Type               | Status                |
|-------------------------------------|---------------------|------|---------|--------------------|-----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | MySQL Server 8.0.26 | 3306 | X64     | Stand-alone Server | Connection succeeded. |

Provide the credentials that should be used (requires root privileges).  
Click "Check" to ensure they work.

User name:  Credentials provided in Server configuration

Password:

**Figura 11.** Instalador de MySQL-usuario.

Al finalizar la instalación, abrir el MySQL Workbench y establecer la conexión con los datos mostrados en la figura.

Connection Name:

Connection Method:  Method to use to connect to the RDBMS

Parameters

Hostname:  Port:  Name or IP address of the server host - and TCP/IP port.

Username:  Name of the user to connect with.

Password:   The user's password. Will be requested later if it's not set.

Default Schema:  The schema to use as default schema. Leave blank to select it later.





Figura 12. Conexión con MySQL.

Al seleccionar “store in Vault” se abre la siguiente ventana:

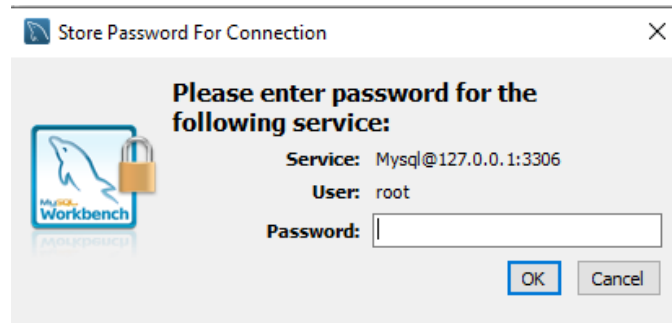



Figura 13 Contraseña de acceso a conexión con MySQL.

- Escribir la contraseña: “CCLFCO2021.”

Al ingresar al área de trabajo de MySQL Workbench, seleccionar el cuarto icono  y colocar los datos mostrados en la pantalla.

- **charset/Collation:** utf8mb4 / utf8mb4\_es\_traducido (Segunda opción en la lista)

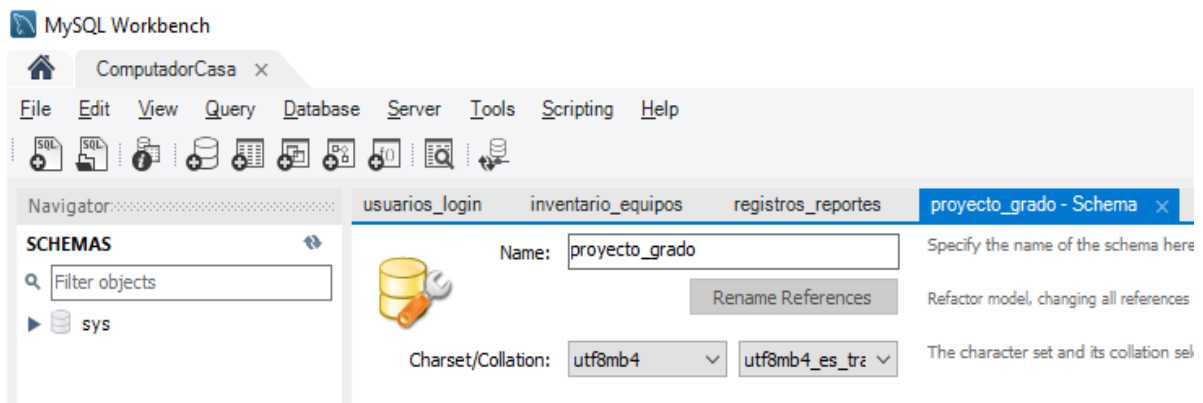
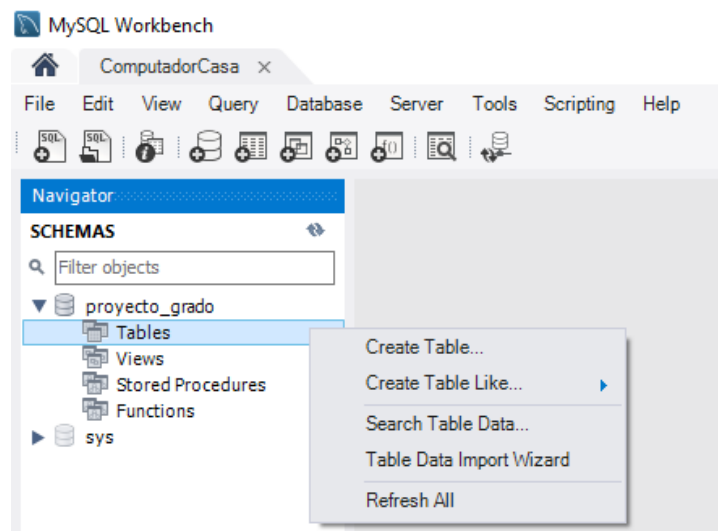


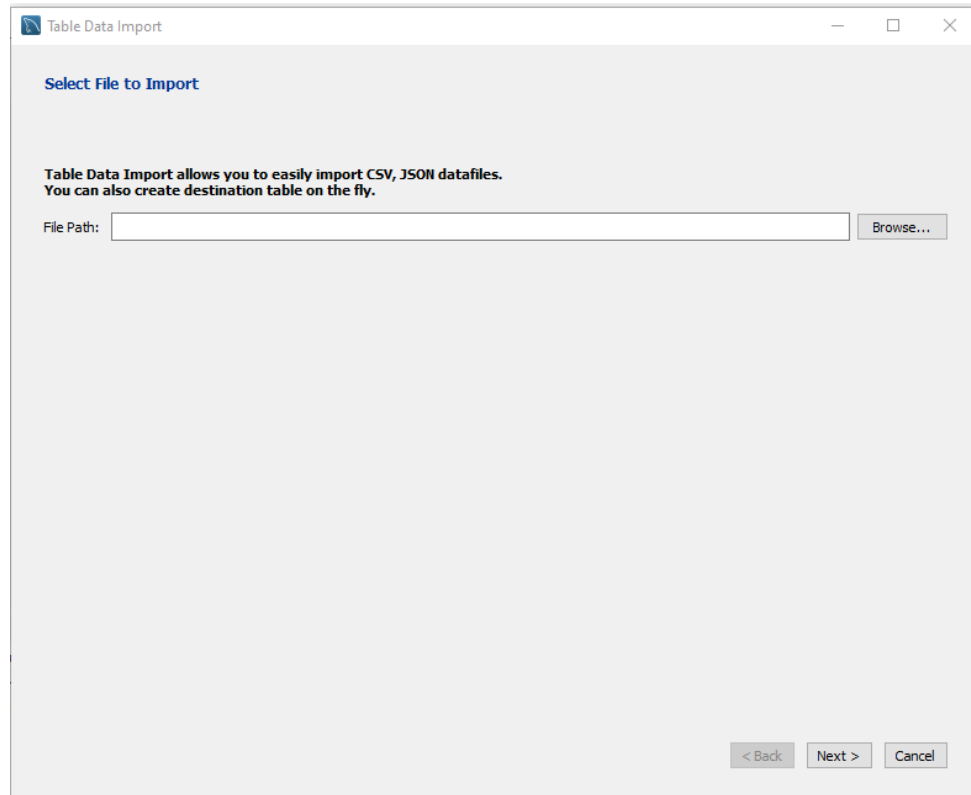
Figura 14. Creación del esquema para la importación de la BD.





**Figura 15.** Importación de las tablas de la BD.

Seleccionar la base de datos, desplegar tablas y seleccionar la opción “Table Data Import Wizard”

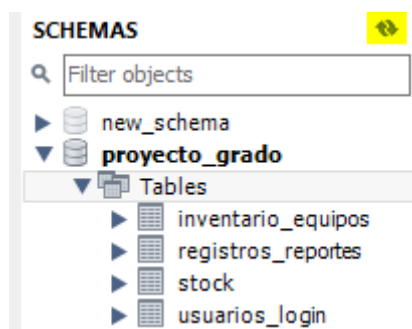


**Figura 16.** Selección de la carpeta de origen de las tablas.

En el botón Browse seleccionar una por una las tablas adjuntas en la carpeta. Estas tablas son:

- inventario\_equipos
- registros\_reportes
- stock
- usuarios\_login

Al subir las tablas, se debe actualizar la base de datos con la opción resaltada en la siguiente imagen



**Figura 17.** Actualización de Base de datos.

A continuación, se muestran las variables de cada una de las tablas de la base de datos proyecto\_grado. Para definir las variables de las base de datos; se debe seleccionar la opción en forma de herramienta



que se encuentra en la parte derecha de cada tabla.

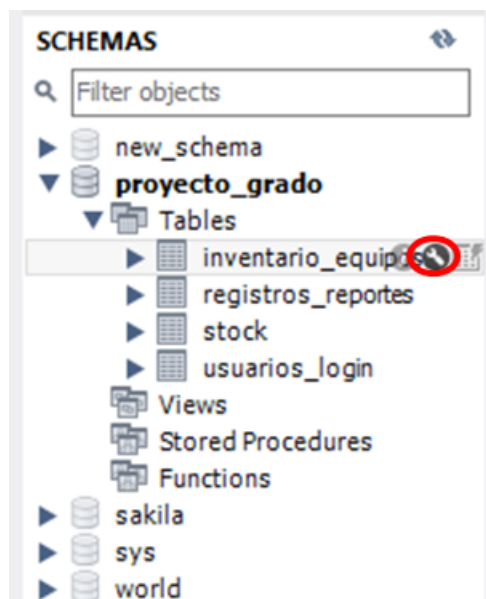


Figura 18. Actualización de Base de datos.

Table Name:  Schema: **projecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name        | Datatype     | PK                                  | NN                                  | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|--------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Placa Inventario   | VARCHAR(20)  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Equipo Descripción | VARCHAR(60)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Area               | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Ubicación          | VARCHAR(100) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Marca              | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Modelo             | VARCHAR(60)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Serie              | VARCHAR(25)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |

Figura 19. Variables tabla inventario\_equipos.

Table Name:  Schema: **projecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name           | Datatype    | PK                                  | NN                                  | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|-----------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Tipo de mantenimiento | VARCHAR(20) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Fecha del reporte     | VARCHAR(12) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Hora del reporte      | VARCHAR(12) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| No. de solicitud      | VARCHAR(12) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| Servicio que reporta  | VARCHAR(50) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Placa                 | VARCHAR(25) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Equipo                | VARCHAR(50) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |



## Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad

### Manual de Usuario



Table Name:  Schema: **proyecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name               | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|---------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Equipo                    | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Marca                     | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Modelo                    | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Serie                     | VARCHAR(20)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Área                      | VARCHAR(100) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Ubicación                 | VARCHAR(120) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Último servicio realizado | VARCHAR(20)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Table Name:  Schema: **proyecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name                      | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|----------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Último servicio realizado        | VARCHAR(20)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Causa de último servicio         | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Fecha del último servicio        | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Falla reportada                  | VARCHAR(120) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Fecha de realización del serv... | VARCHAR(12)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Fecha de finalización del ser... | VARCHAR(12)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Hora planeada del servicio       | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Table Name:  Schema: **proyecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name                       | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Hora planeada del servicio        | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Hora de realización del servi...  | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Hora de finalización del servi... | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Prioridad                         | VARCHAR(30)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Parte en falla                    | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Causa de la falla                 | VARCHAR(120) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Actividades realizadas            | VARCHAR(500) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Table Name:  Schema: **proyecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name              | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Actividades realizadas   | VARCHAR(500) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Parte cambiada           | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Estado de la parte nueva | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Cantidad                 | VARCHAR(3)   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Costo de parte           | VARCHAR(12)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Costo mano de obra       | VARCHAR(8)   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Costo tiempo de parada   | VARCHAR(8)   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Table Name:  Schema: **proyecto\_grado**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

| Column Name              | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Costo tiempo de parada   | VARCHAR(8)   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Costo total del servicio | VARCHAR(12)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Tiempo de mtto activo    | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Tiempo abajo             | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Tiempo retrasos mtto     | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Observaciones            | VARCHAR(500) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| Encargado del servicio   | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |



Table Name: registros\_reportes Schema: proyecto\_grado

Charset/Collation: utf8mb4 utf8mb4\_0900\_ai\_ci Engine: InnoDB

Comments:

| Column Name                        | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|------------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ⌵ Tiempo retrasos mitto            | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Observaciones                    | VARCHAR(500) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Encargado del servicio           | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Recibido a satisfacción del s... | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Supervisión del servicio         | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Table Name: registros\_reportes Schema: proyecto\_grado

Charset/Collation: utf8mb4 utf8mb4\_0900\_ai\_ci Engine: InnoDB

Comments:

| Column Name                        | Datatype     | PK                       | NN                       | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|------------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ⌵ Tiempo retrasos mitto            | VARCHAR(15)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Observaciones                    | VARCHAR(500) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Encargado del servicio           | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Recibido a satisfacción del s... | VARCHAR(40)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |
| ⌵ Supervisión del servicio         | VARCHAR(50)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NULL               |

Figuras 20 -27. Variables tabla registros\_reportes.

Table Name: stock Schema: proyecto\_grado

Charset/Collation: utf8mb4 utf8mb4\_0900\_ai\_ci Engine: InnoDB

Comments:

| Column Name    | Datatype     | PK                                  | NN                                  | UQ                       | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|----------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ⌵ Descripción  | VARCHAR(100) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Cant. Máximo | VARCHAR(4)   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Cant. Mínima | VARCHAR(4)   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Ingresos     | VARCHAR(4)   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Egresos      | VARCHAR(4)   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Costo        | VARCHAR(10)  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Actual       | VARCHAR(4)   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |

Figura 28. Variables tabla stock.

Table Name: usuarios\_login Schema: proyecto\_grado

Charset/Collation: utf8mb4 utf8mb4\_0900\_ai\_ci Engine: InnoDB

Comments: Lista de usuarios de acceso.

| Column Name         | Datatype    | PK                                  | NN                                  | UQ                                  | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ⌵ Nombre de usuario | VARCHAR(25) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ..                 |
| ⌵ Contraseñas       | VARCHAR(25) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Cargo             | VARCHAR(15) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Valor hora        | VARCHAR(7)  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |

Table Name: usuarios\_login Schema: proyecto\_grado

Charset/Collation: utf8mb4 utf8mb4\_0900\_ai\_ci Engine: InnoDB

Comments: Lista de usuarios de acceso.

| Column Name         | Datatype    | PK                                  | NN                                  | UQ                                  | B                        | UN                       | ZF                       | AI                       | G                        | Default/Expression |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ⌵ Nombre de usuario | VARCHAR(25) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ..                 |
| ⌵ Contraseñas       | VARCHAR(25) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Cargo             | VARCHAR(15) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |
| ⌵ Valor hora        | VARCHAR(7)  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                    |

Figura 29 y 30. Variables tabla usuarios\_login.



**Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad**

**Manual de Usuario**



## **2.2 Requisitos mínimos del hardware**

- Procesador, al menos, Intel(R) Celeron(R) 1.70 GHz.
- Al menos 4GB de memoria RAM.



### 3. INSTALACIÓN DEL APLICATIVO

Para instalar el aplicativo, se debe ejecutar el instalador enviado y seguir las instrucciones mostradas en las siguientes imágenes:

1. Seleccionar la carpeta en la cual se va a instalar.

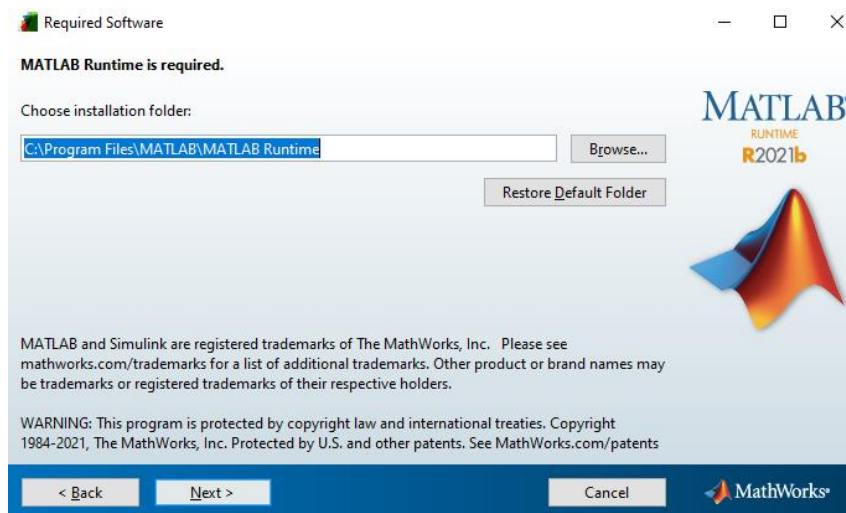


Figura 31. Selección de la carpeta de instalación del software.



Figura 32. Proceso de instalación del software.

2. Aceptar términos y condiciones de la licencia

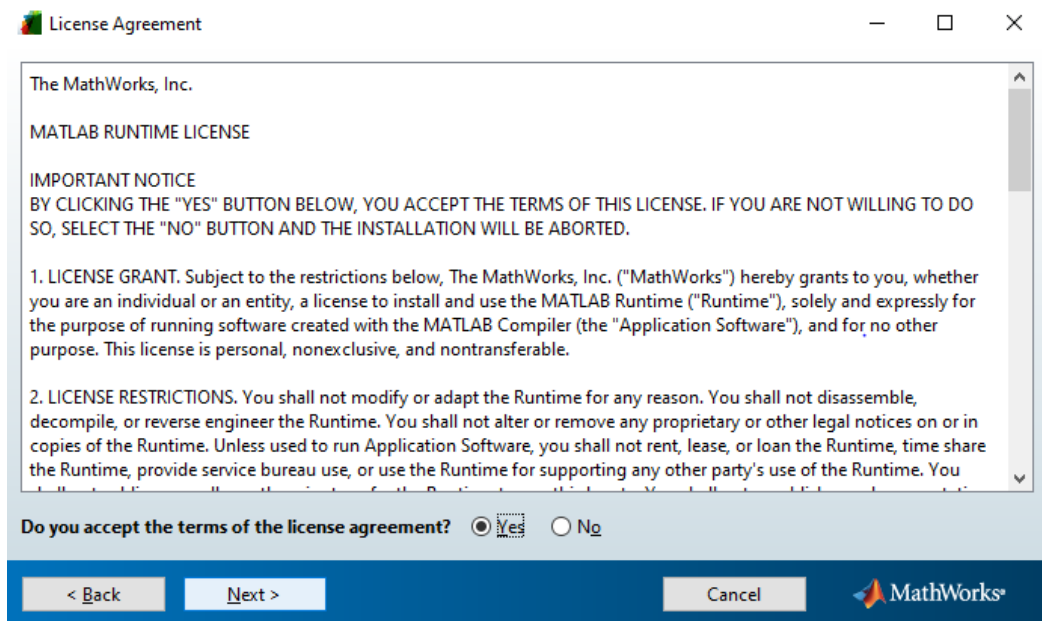


Figura 33. Términos y condiciones.

### 3. Instalar.

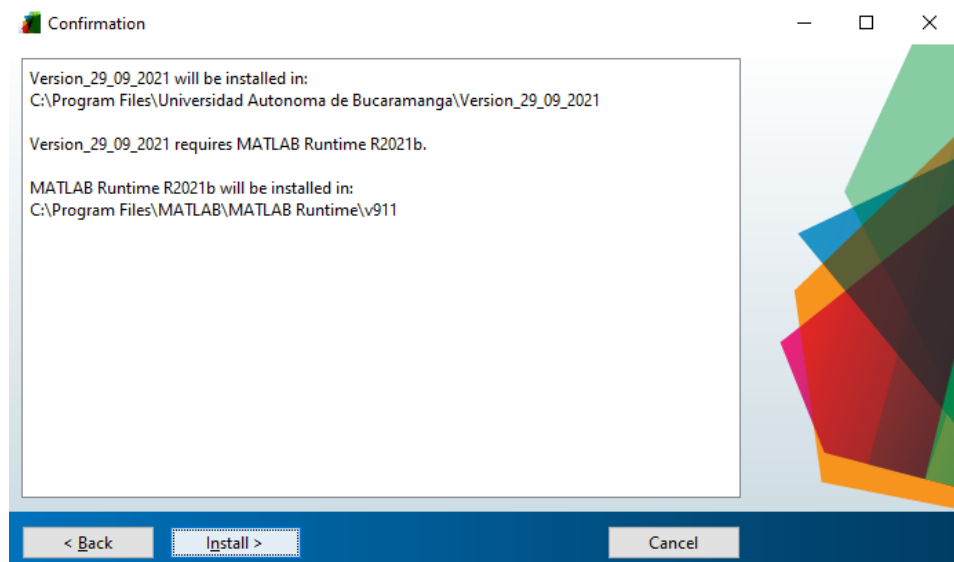
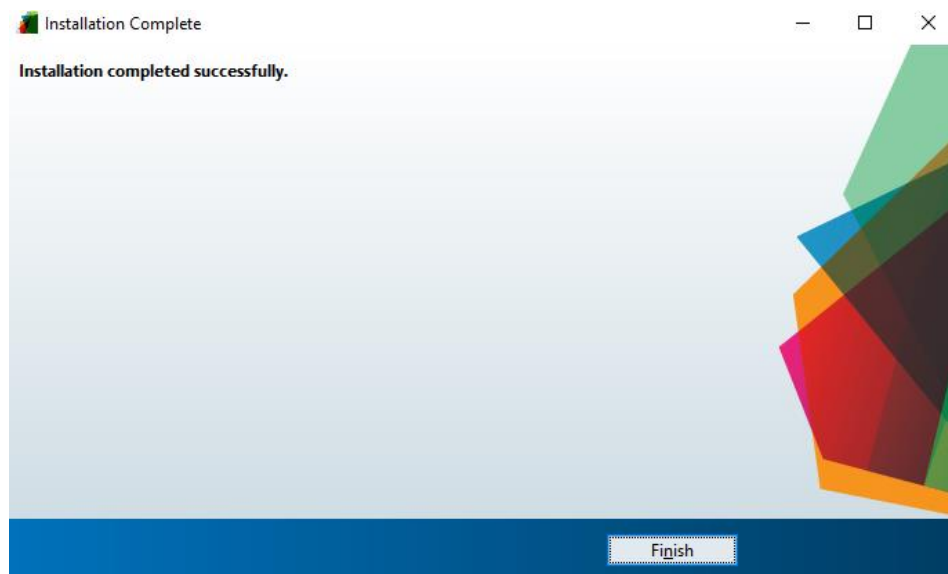


Figura 34. Último paso de la instalación.





**Figura 35.** Finalización de la instalación.



## 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El software consta de dos pantallas: el login que se abre al ejecutar el aplicativo y la pantalla principal a la que se accede, después de ingresar usuario y contraseña.

Figura 36. Login del aplicativo.

La composición del software se da, principalmente, en seis pestañas que puede explorar el usuario (FRS, Añadir reporte, Gráficas, Personal, INV, STOCK) y en cada una de ellas encontrará una finalidad diferente. Las pestañas FRS y Añadir reporte son de carácter “público”, por lo que los usuarios “Particulares” y “Administradores” pueden acceder a ellas sin ninguna limitación. Las otras cuatro pestañas son de carácter “privado” con permisos de visualización e interacción solo para Administradores; los usuarios con cargo Particular que se dirijan a las pestañas de carácter privado encontrarán inhabilitados algunos componentes y otros serán invisibles.

|    | Placa inventario | Descripción de equipo     | Área                       | Ubicación                   | Marca             | Modelo           | Serie      |
|----|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| 1  | 00072876WW       | ANALIZADOR DE TROPONIN... | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | BIOSITE           | TRIAGE METER PRO | 00072876WW |
| 2  | 101900           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE RECUPERACION        | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 101900     |
| 3  | 105924           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS           | 3M                | 775              | 105924     |
| 4  | 105927           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105927     |
| 5  | 105928           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105928     |
| 6  | 108826           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | UCIA                       | 3 PISO                      | 3M                | 775              | 108826     |
| 7  | 1100635674       | LENTE DE ARTRSCOPIA 30*   | SALAS DE CIRUGIA           | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.880.543        | 1100635674 |
| 8  | 1100668629       | URETEROSCOPIO SEMIRIGI... | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.702.534        | 1100668629 |
| 9  | 1111702120       | ARMONICO                  | SALAS DE CIRUGIA           | CUARTO DE EQUIPOS           | JOHNSON & JOHNSON | GEN 11           | 1111702120 |
| 10 | 114286           | BOMBA DE INFUSION         | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS BACK UP     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 114286     |
| 11 | 121J05           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPSKINS 30*     | 121J05     |
| 12 | 12405Z           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30* 4MM  | 12405Z     |
| 13 | 131088           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA                     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 131088     |
| 14 | 132579           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 132579     |
| 15 | 138089           | TENSIOMETRO ADULTO        | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | WELCH ALLYN       | ADULTO           | 138089     |
| 16 | 13J045684        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | TORRE DE LAPAROSCOPIA       | STRYKER           | CORE             | 13J045684  |
| 17 | 149210           | PERFUSOR                  | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | PERFUSOR SPACE   | 149210     |
| 18 | 14C039144        | PROCESADOR DE VIDEO       | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE ORTHOSYS... | STRYKER           | 1288HD           | 14C039144  |
| 19 | 14D050904        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | SALAS DE CIRUGIA            | STRYKER           | CROSSFIRE        | 14D050904  |
| 20 | 150146           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150146     |
| 21 | 150962           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150962     |
| 22 | 1612CF0253       | NFIIMO INSUFIAADOR        | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE COVIDIEN    | COVIDIEN          | F104             | 1612CF0253 |

Figura 37. Pestaña INV desde sesión de un usuario Particular.



Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad

Manual de Usuario



Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga

Figura 38. Pestaña STOCK desde sesión de un usuario Particular.

A continuación, se dará explicación de cada pestaña:

**FRS:** Es la pestaña principal para el análisis y visualización de datos. En la pestaña de FRS es donde se encuentran los registros de reportes de mantenimientos realizados por el personal del departamento. En ella, el usuario puede interactuar modificando la información de ciertas columnas de la tabla de visualización de reportes y calcular las variables para cálculo de indicadores de gestión por medio de un botón. Toda la información que es presentada y modificada en el elemento de tipo Tabla es extraída de la tabla registros\_reportes de la BD en MySQL.

Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga

Figura 39. Registro de reportes (FRS).



El grupo de elementos número uno (1) hace referencia al grupo de campos numéricos donde se refleja el resumen de valores claves en el análisis de los procesos registrados. En este apartado el usuario podrá encontrar un vistazo rápido del conteo de tipos de mantenimiento, prioridades, costos, tiempos y partes a lo largo de todos los procesos; cabe resaltar que estos campos numéricos son solo de lectura.

|                         |    |                        |    |                          |              |
|-------------------------|----|------------------------|----|--------------------------|--------------|
| Total mttos correctivos | 98 | Total prioridad alta   | 73 | Total costos             | 17980791.742 |
| Total mttos preventivos | 26 | Total prioridad media  | 49 | Tiempo total mtto activo | 128:50:00    |
| Total mttos tercerizado | 9  | Total prioridad baja   | 12 | Tiempo total abajo       | 109:48:00    |
| Total diagnósticos      | 3  | Total partes cambiadas | 89 | Tiempo total retrasos    | 19:20:00     |

**Figura 40.** Grupo de componentes número uno (1), Información resumida de variables clave en análisis de reportes.

En el grupo de elementos número dos (2) se encuentran los botones de interacción del usuario para actualizar la información resumida del grupo de elementos uno, ver figura 41. Esta le permite eliminar los registros no deseados en la base de datos. Para hacerlo, solo se debe seleccionar una celda o la fila completa del registro a eliminar, oprimir el botón y confirmar la acción en el cuadro de aviso.

Por último, el componente número tres (3) corresponde a la tabla de visualización de los registros añadidos a la base de datos. La tabla de reportes permite la interacción del usuario para editar celdas y actualizar la información de las mismas en la base de datos a tiempo inmediato sin latencia, al igual que para la acción de eliminar registros de reportes.

**Añadir reporte:** En esta pestaña el usuario encontrará un formulario donde debe diligenciar la información necesaria para el registro del reporte de mantenimiento. Dicha información está ligada a ciertos parámetros condicionales que generan mensajes de error para asegurar un correcto registro de la información. Entre estos parámetros se encuentran verificación de fechas, existencias de repuestos en stock, verificación de existencia de placa en inventario de equipos, asegurar que no ingrese dos números de solicitud iguales, entre otros. Toda la información que es diligenciada en el formulario es añadida en la tabla registros\_reportes de la BD en MySQL.



Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga

**Figura 41.** Adición de reportes nuevos (Añadir reporte)

El grupo de elementos número uno (1) hace referencia a formularios separados según el tipo de información que debe ingresar el usuario para añadir un nuevo reporte. Así pues, se tienen formularios de Información inicial, Datos del equipo, Información del servicio, Información de la falla, Información final, Actividades realizadas y Observaciones.

El grupo de componentes número dos (2) de la sección Añadir reporte se conforma por dos botones de interacción del usuario. El botón “limpiar datos” restablecerá todos los campos de texto a campos vacíos, eliminando cualquier información almacenada en dichos campos. El botón Añadir reporte agrupa toda la información ingresada por el usuario y la concatena en una cadena de tipo String junto a cadenas predeterminadas para conformar un statement en lenguaje SQL para realizar la adición de filas en la tabla registros\_reportes de la base de datos.

**Gráficas:** Esta pestaña es útil para realizar el análisis estadístico de los indicadores evaluados por la institución. El usuario podrá generar gráficas con finalidades variadas según el tipo de información que se desee ver reflejada. Lo anterior va ligado directamente con un filtro que responde a fechas por mes individual o por un rango de meses en conjunto.



## Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad

### Manual de Usuario

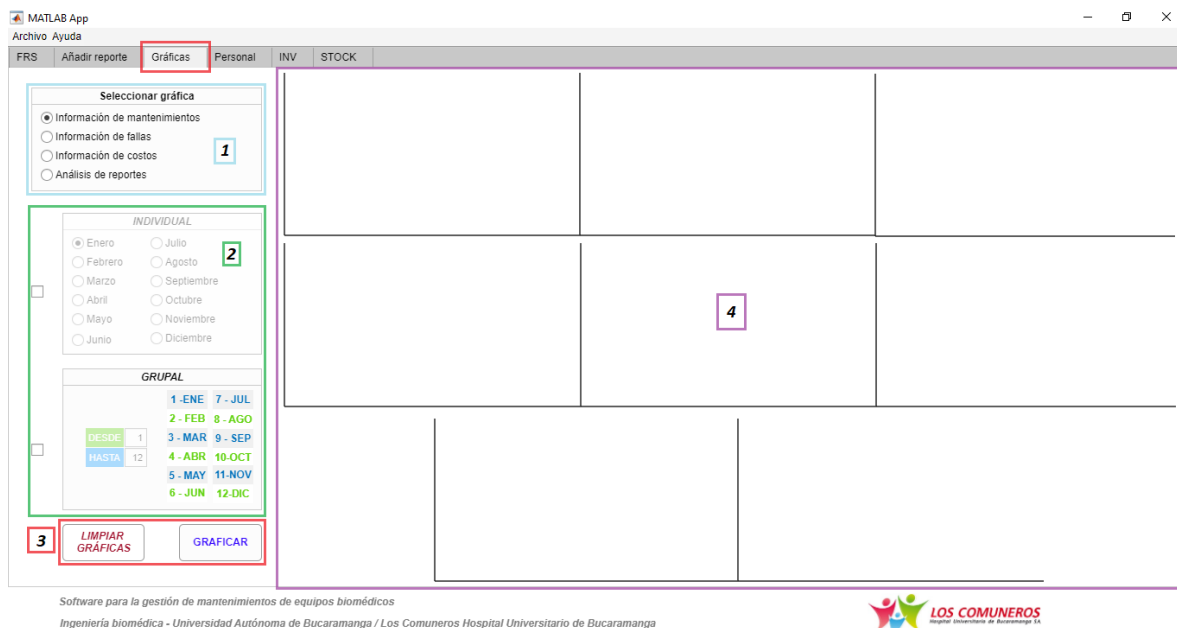


Figura 42. Visualizar gráficas analíticas (Gráficas).

El grupo de elementos número uno (1) se trata de un conjunto de botones con los que el usuario decide qué tipo de gráfica desea mostrar en pantalla (Información de mantenimientos, Información de fallas, Información de costos y Análisis de reportes). En el primer tipo se muestran gráficos de barra y pastel dando información comparativa entre los distintos tipos de mantenimiento, el número total de reportes por tipo de fallas, relación preventivo/correctivo, entre otros gráficos.

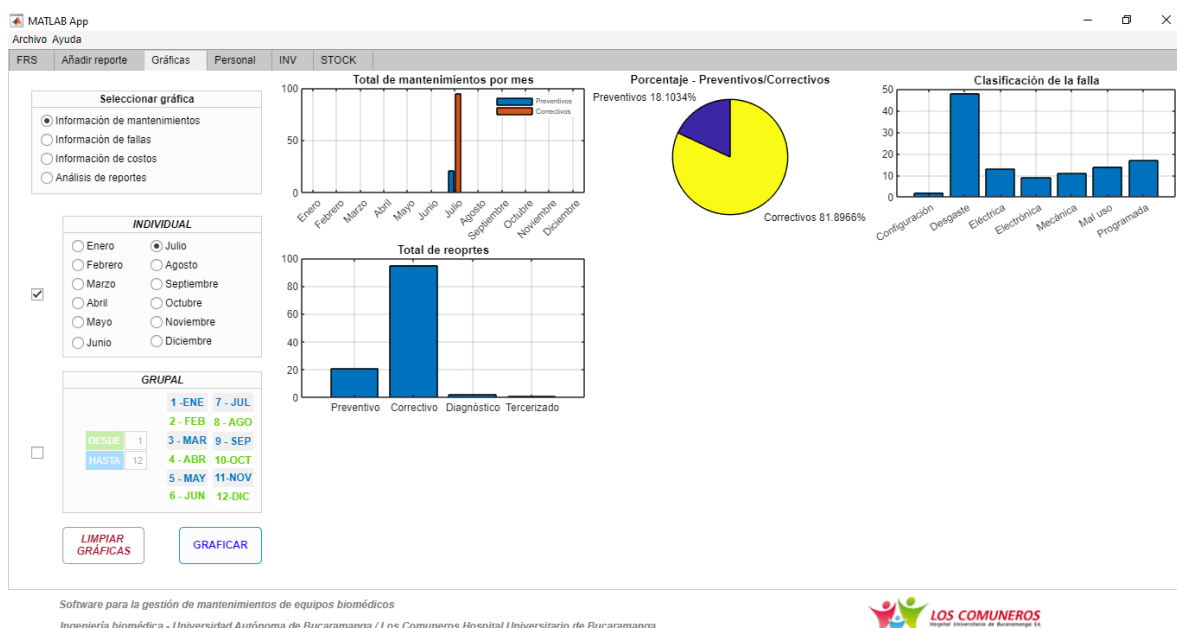


Figura 43. Presentación de gráficas de Información de mantenimientos.

En el segundo tipo se presentan 8 gráficos representando el número de fallas reportadas por accesorios de los equipos considerados como de mayor relevancia.



## Software para optimizar la gestión de mantenimiento de la tecnología biomédica de una institución prestadora de salud de alta complejidad

### Manual de Usuario

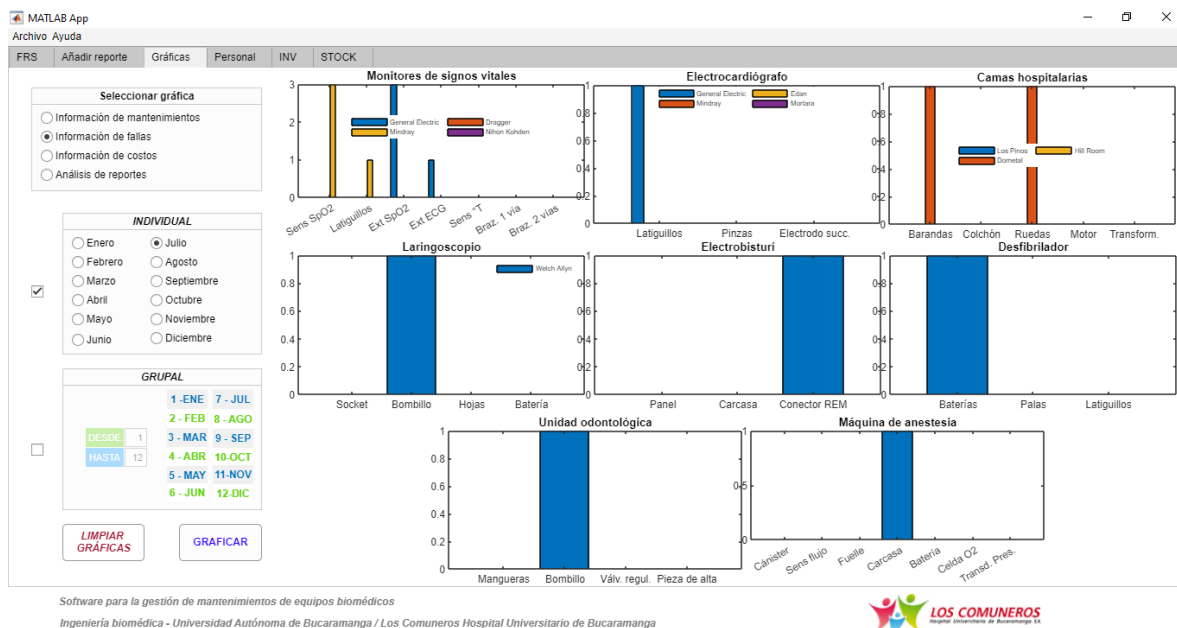


Figura 44. Presentación de gráficas Información de fallas.

En el tercer tipo se exhibe un gráfico de barras donde se puede evidenciar los costos acumulados de mano de obra del personal, repuestos utilizados y costo total de los servicios a lo largo de un periodo determinado.

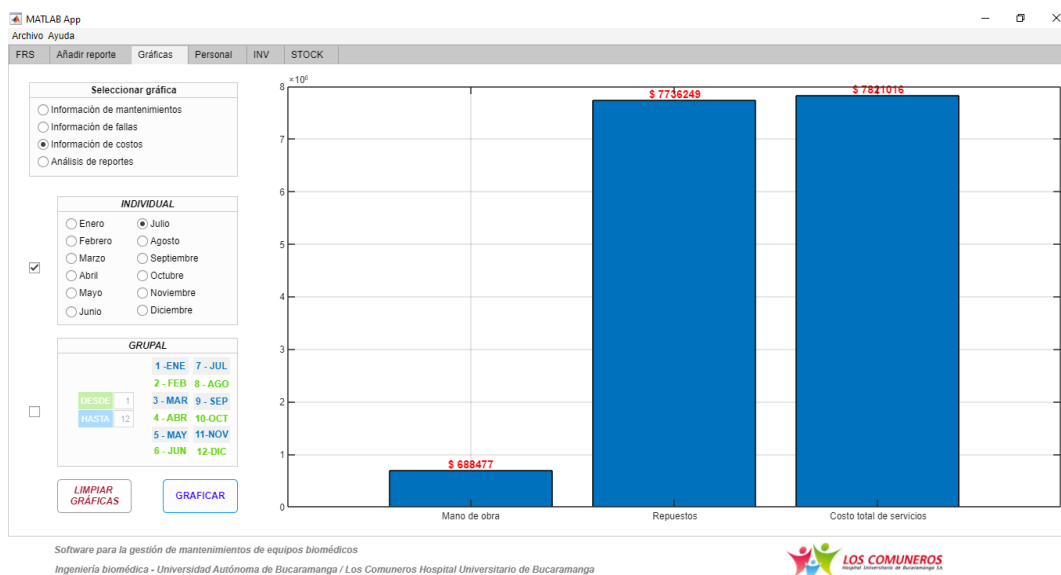


Figura 45. Presentación de gráficas Información de costos.

Por último, en el cuarto tipo, se enseña un gráfico de barras donde se evidencia el número de mantenimientos (preventivos y correctivos) realizados por cada cargo del personal del departamento de bioingeniería de la institución: practicante, técnico biomédico, jefe de mantenimientos, jefe administrativo y coordinador biomédico.



El segundo conjunto de componentes se comprende de dos paneles para la denotación del rango temporal dentro del cual se quiere mostrar la información de gráficas. Lo anterior quiere decir que el usuario es libre de elegir el o los meses de los que desee observar los datos, teniendo el panel de nombre INDIVIDUAL para seleccionar un filtro por mes único, o también puede interactuar con el panel con nombre GRUPAL y escribir los números de los meses que quiere usar como filtro. Para habilitar la interacción con estos paneles se debe validar el checkbox al lado izquierdo de cada panel que se vaya a usar; la validación de uno va a inhabilitar el otro de manera automática para evitar errores.

Si no existe información relevante dentro del rango de fechas ingresadas se mostrarán espacios vacíos en los componentes de visualización de gráficas.

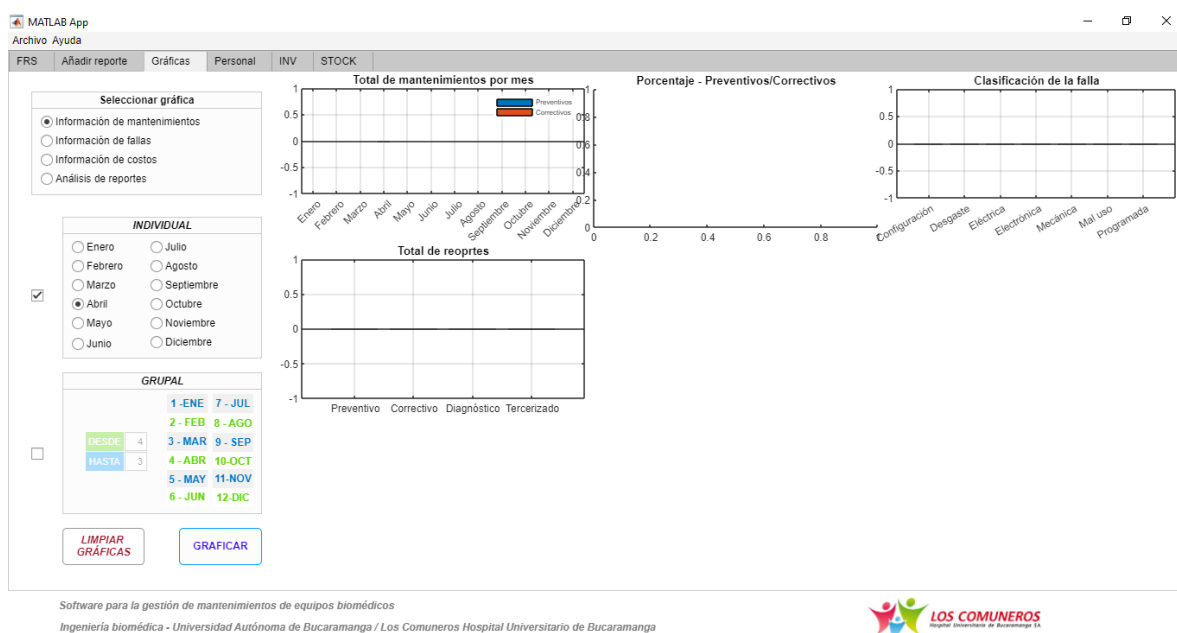


Figura 46. Presentación de gráficas.

El conjunto de elementos número tres (3) comprende dos botones de interacción del usuario. El botón LIMPIAR GRÁFICAS da un reset a los nueve componentes de visualización y los dispone en blanco sin información. El botón GRAFICAR dará operación con base a los datos seleccionados en el tipo de gráfica y el rango de fechas que haya deseado el usuario; según el tipo de gráfica que seleccione el usuario se usarán diferentes componentes de visualización y la visibilidad de los mismos varía.

Por último, el cuarto conjunto de componentes se refiere a los nueve componentes de visualización (Axis) dispuestos en la sección de Gráficas. Para los tipos de gráfica Información de costos e Información de reportes se implementa el Axis número 7 (según su nombre en el diseño del software), que permanece invisible al fondo del canvas hasta ser seleccionado uno de los tipos mencionados con anterioridad, de lo contrario se hará invisible e inhabilitado.

Los Axis tienen variadas opciones de interacción con el usuario. Para acceder a estas se debe posicionar el puntero sobre el componente deseado y pocos instantes después aparecerán íconos habilitados para la interacción de guardar y copiar imágenes, resaltar datos,





desplazamiento a lo largo de los ejes coordenados de referencia, aumento y reducción de tamaño y reset de las modificaciones realizadas.

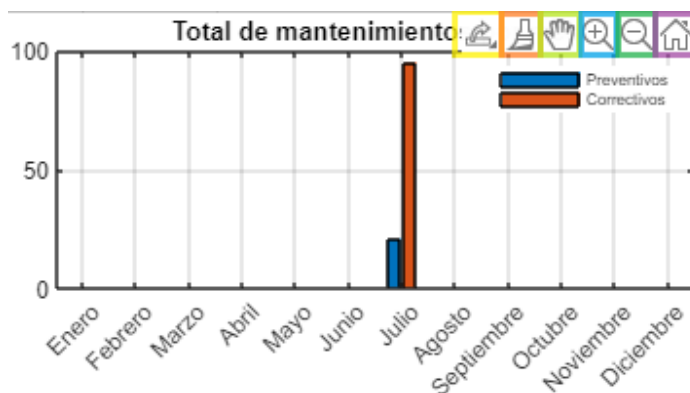


Figura 47. Íconos de interacción de Axis con el usuario.

**Personal:** En esta pestaña el usuario tiene acceso a una lista donde se encuentran los nombres y cargos de usuarios registrados en el software. Adicional a lo anterior, el usuario puede añadir y eliminar otros usuarios y administradores (esta funcionalidad está habilitada únicamente para usuarios con cargo de ADMINISTRADOR). En caso de que se quiera eliminar un administrador se requiere de credenciales de carácter confidencial que son otorgadas al coordinador biomédico del departamento. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla usuarios\_login de la BD en MySQL.

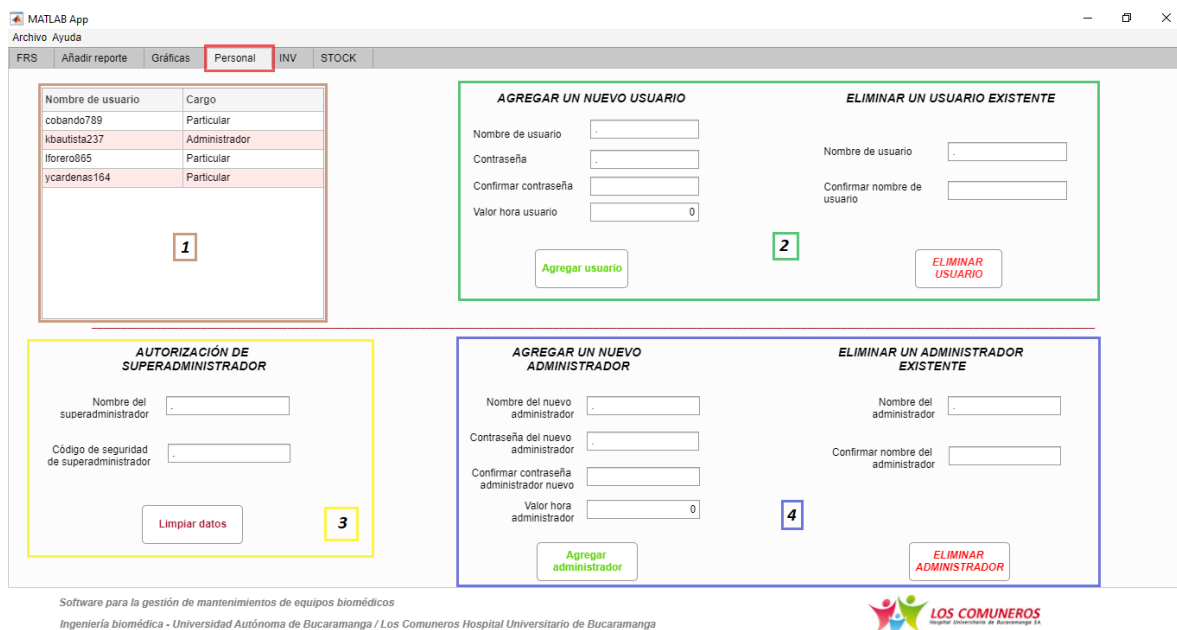


Figura 48. Listado y administración de usuarios (Personal).

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla que permite la visualización de todos los usuarios registrados en la base de datos con autorización de inicio de sesión al software de gestión. Por cuestiones de seguridad se permite ver sólo las variables de Nombre de usuario



y Cargo, ocultando las variables Contraseña y Valor Hora. Esta tabla no tiene propiedad de edición de celdas.

El conjunto de elementos número dos (2) se conforma de campos de texto y botones de interacción con el usuario. En este apartado el usuario tiene la posibilidad de agregar usuarios Particulares a la base de datos al diligenciar la información solicitada en cada campo de texto o bien eliminar usuarios Particulares dando confirmación del nombre de usuario que desee eliminar, ver Figura 48. La acción de agregar usuarios está limitada para Administradores en el sistema.

La variable Nombre de usuario es de tipo de PRIMARY KEY en la tabla usuarios\_login en la base de datos del gestor MySQL. Lo anterior significa que tiene la característica de ser irrepetible

El grupo de componentes número tres (3) corresponde a campos de texto para ingresar credenciales de carácter privado. Las credenciales Nombre del superadministrador y Código de seguridad de superadministrador son variables desconocidas por los usuarios y son otorgadas únicamente al administrador principal del software.

En el cuarto conjunto de elementos de la pestaña Personal se encuentra el apartado para agregar y eliminar usuarios de cargo Administrador. Para poder interactuar de manera exitosa con estas funcionalidades del software se requiere digitar las credenciales de superadministrador descritas anteriormente.

**INV:** En esta pestaña, el usuario podrá navegar por un elemento de tipo Tabla donde se muestran todos los equipos registrados en el sistema. Se tiene la posibilidad de añadir o eliminar equipos de la base de datos si el usuario lo requiere. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla de inventario\_equipos de la BD en MySQL.

|    | Placa inventario | Descripción de equipo     | Area                       | Ubicación                   | Marca             | Modelo           | Serie      |
|----|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| 1  | 00072876WW       | ANALIZADOR DE TROPONIN... | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | BIOSITE           | TRIAGE METER PRO | 00072876WW |
| 2  | 101900           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE RECUPERACION        | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 101900     |
| 3  | 105924           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS           | 3M                | 775              | 105924     |
| 4  | 105927           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105927     |
| 5  | 105928           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | SALAS DE CIRUGIA           | BODEGA DE EQUIPOS MEDIC...  | 3M                | 775              | 105928     |
| 6  | 108826           | UNIDAD DE CALENTAMIENTO   | UCIA                       | 3 PISO                      | 3M                | 775              | 108826     |
| 7  | 1100635674       | LENTE DE ARTROSCOPIA 30°  | SALAS DE CIRUGIA           | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.880.543        | 1100635674 |
| 8  | 1100668629       | URETEROSCOPIO SEMIRIGI... | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | RICHARD WOLF      | 8.702.534        | 1100668629 |
| 9  | 1111702120       | ARMONICO                  | SALAS DE CIRUGIA           | CUARTO DE EQUIPOS           | JOHNSON & JOHNSON | GEN 11           | 1111702120 |
| 10 | 114286           | BOMBA DE INFUSION         | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS BACK UP     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 114286     |
| 11 | 121105           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30°      | 121105     |
| 12 | 124052           | CISTOSCOPIO               | CENTRAL DE ESTERILIZACI... | CENTRAL DE ESTERILIZACION   | STORZ             | HOPKINS 30° 4MM  | 124052     |
| 13 | 131088           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA                     | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 131088     |
| 14 | 132579           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 132579     |
| 15 | 138089           | TENSIOMETRO ADULTO        | EQUIPOS MEDICOS            | EQUIPOS MEDICOS             | WELCH ALLYN       | ADULTO           | 138089     |
| 16 | 13J045684        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | TORRE DE LAPAROSCOPIA       | STRYKER           | CORE             | 13J045684  |
| 17 | 149210           | PERFUSOR                  | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | PERFUSOR SPACE   | 149210     |
| 18 | 14C039144        | PROCESADOR DE VIDEO       | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE ORTHOSYS... | STRYKER           | 1288HD           | 14C039144  |
| 19 | 14D050904        | CONSOLA SHAVER            | SALAS DE CIRUGIA           | SALAS DE CIRUGIA            | STRYKER           | CROSSFIRE        | 14D050904  |
| 20 | 150146           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA DE CIRUGIA             | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150146     |
| 21 | 150962           | BOMBA DE INFUSION         | SALAS DE CIRUGIA           | SALA 1                      | BRAUN             | INFUSOMAT SPACE  | 150962     |
| 22 | 1612CF0253       | NEIIMO INSUFLADOR         | SALAS DE CIRUGIA           | CIRUGIA - TORRE COVIDIEN    | COVIDIEN          | E104             | 1612CF0253 |

Figura 49. Listado y administración de inventario (INV).

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla, donde el usuario podrá visualizar toda la lista de equipos registrados en la tabla inventario\_equipos de la base de datos. Este componente tiene la propiedad de ser editado y la información es actualizada en tiempo



inmediato sin latencia (por usuarios con cargo de Administrador). Permite al usuario explorar toda la información relevante de los equipos biomédicos de la institución y administrarlos.

El grupo de componentes número dos (2) hace referencia a los campos de texto donde se diligenciará la información de nuevos equipos para ser agregados al inventario. Se debe tener en cuenta que el campo de texto Placa inv. hace referencia a la variable Placa Inventario de la tabla inventario\_equipos, por lo que es irrepetible y no es posible crear dos equipos con la misma placa dentro de la base de datos.

Por último, el tercer conjunto de componentes se conforma de dos botones para interacción del usuario, con los cuales se pueden añadir y eliminar equipos dentro del inventario. Para agregar de manera exitosa un nuevo equipo dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto. El botón ELIMINAR EQUIPO requiere que el usuario seleccione una celda o la fila completa del equipo que desea eliminar de la lista de inventario.

**STOCK:** Aquí el usuario podrá navegar por un elemento de tipo Tabla donde se muestran todos los repuestos y elementos registrados en el stock del sistema. Se tiene la posibilidad de añadir o eliminar elementos de la base de datos si el usuario lo requiere. Toda la información que es modificada se refleja en la tabla de stock de la BD en MySQL.

| Descripción                              | Cant. Máx | Cant. Min | Ingresos | Egresos | Costo   | Actual |
|--|-----------|-----------|----------|---------|---------|--------|
| 1 Abrazadera de manguera ¼               | 5         | 2         | 0        | 0       | 100     | 0      |
| 2 Acople ¼ hembra                        | 3         | 2         | 0        | 0       | 8300    | 0      |
| 3 Acople ¼ macho                         | 3         | 2         | 0        | 0       | 6900    | 0      |
| 4 Acople rápido colchón antiescaras      | 5         | 2         | 8        | 1       | 0       | 7      |
| 5 Aro de Fonendoscopio Grande            | 5         | 2         | 4        | 2       | 45316   | 2      |
| 6 Aro de Fonendoscopio Grande ...        | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 7 Aro de Fonendoscopio Pequeño           | 5         | 2         | 7        | 0       | 57120   | 7      |
| 8 Aro de Fonendoscopio Pequeño ...       | 5         | 2         | 9        | 0       | 0       | 9      |
| 9 Aro O Rings vaporizador                | 2         | 1         | 12       | 0       | 0       | 12     |
| 10 Assy front panel force fx con tarj... | 1         | 0         | 1        | 0       | 2395470 | 1      |
| 11 Assy front panel force fx sin tarjeta | 1         | 0         | 2        | 0       | 1350000 | 2      |
| 12 Baranda camilla Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 370000  | 0      |
| 13 Baranda de cama Dometal               | 4         | 2         | 0        | 0       | 350000  | 0      |
| 14 Baranda de cama los pinos             | 4         | 2         | 0        | 0       | 120000  | 0      |
| 15 Base de glucómetro                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 16 Base Quick release                    | 1         | 0         | 1        | 0       | 428876  | 1      |
| 17 Batería 3V                            | 4         | 2         | 1        | 0       | 2000    | 1      |
| 18 Batería AZ3                           | 2         | 0         | 1        | 0       | 0       | 1      |
| 19 Batería AA                            | 4         | 2         | 6        | 2       | 1390    | 4      |
| 20 Batería AAA                           | 4         | 2         | 2        | 2       | 1500    | 0      |
| 21 Batería CR2032                        | 4         | 2         | 1        | 0       | 1500    | 1      |
| 22 Batería Cuarta de 9V                  | 2         | 1         | 0        | 0       | 6333    | 0      |

Figura 50. Listado y administración de elementos en Stock (STOCK).

El elemento número uno (1) es un componente de tipo Tabla, donde el usuario podrá visualizar toda la lista de elementos registrados en la tabla stock de la base de datos. Este componente tiene la propiedad de ser editado y la información es actualizada en tiempo inmediato sin latencia (por usuarios con cargo de Administrador). Permite al usuario explorar toda la información relevante de los elementos y repuestos usados en la reparación de equipos biomédicos de la institución y administrar dichos repuestos.

El grupo de componentes número dos (2) hace referencia a los campos de texto donde se diligenciará la información de nuevos elementos/repuestos para ser agregados al stock. Se debe tener en cuenta que el campo de texto Descripción hace referencia a la variable Descripción de



la tabla stock, por lo que es irrepetible y no es posible crear dos elementos/repuestos con la misma descripción o nombre dentro de la base de datos.

Por último, el tercer conjunto de componentes se conforma de dos botones para interacción del usuario, con los cuales se pueden añadir y eliminar elementos dentro del stock. Para agregar de manera exitosa un nuevo elemento dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto; para eliminar de manera exitosa un nuevo elemento dentro de la base de datos se requiere seleccionar una celda o fila del elemento a eliminar.



## 5. PERFILES DE USUARIO

El software cuenta con dos perfiles de usuario principales, el primero corresponde al perfil de administrador, el cual tendrá acceso a todo el software, mientras que el usuario particular tiene limitaciones y restricción de interacciones con el usuario para evitar modificaciones en la información por personal no autorizado. Solo los usuarios con cargo de Administrador tendrán acceso total al software.

Como se puede observar a continuación, así luce el aplicativo para cada uno de los perfiles asignados.

### 5.1 Administrador

Archivo Ayuda Menu

FRS Añadir reporte Gráficas Personal INV Stock

| Nombre de usuario | Cargo         |
|-------------------|---------------|
| coband0789        | Particular    |
| jserrano100       | Administrador |
| lflore0865        | Particular    |
| PruebaAdmin1      | Administrador |
| PruebaUsuario1    | Particular    |
| ycardenas164      | Particular    |

**AGREGAR UN NUEVO USUARIO**

Nombre de usuario:

Contraseña:

Confirmar contraseña:

Valor hora usuario:

**ELIMINAR UN USUARIO EXISTENTE**

Nombre de usuario:

Confirmar nombre de usuario:

**AGREGAR UN NUEVO ADMINISTRADOR**

Nombre del nuevo administrador:

Contraseña del nuevo administrador:

Confirmar contraseña administrador nuevo:

Valor hora administrador:

**ELIMINAR UN ADMINISTRADOR EXISTENTE**

Nombre del administrador:

Confirmar nombre del administrador:

**AUTORIZACIÓN DE SUPERADMINISTRADOR**

Nombre del superadministrador:

Código de seguridad de superadministrador:

Buttons: **Agregar usuario**, **Limpiar datos**, **ELIMINAR USUARIO**, **Agregar administrador**, **ELIMINAR ADMINISTRADOR**

Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos  
Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga

**LOS COMUNEROS**  
Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.

Figura 51. Pestaña de personal vista para el administrador.



## 5.2 Particular

FRS | Añadir reporte | Gráficas | Personal | INV | Stock

---

|  |                                |  |                      |
|--|--------------------------------|--|----------------------|
| <b>AGREGAR UN NUEVO USUARIO</b>                |                                | <b>ELIMINAR UN USUARIO EXISTENTE</b>   |                      |
| Nombre de usuario                              | <input type="text"/>           | Nombre de usuario  | <input type="text"/> |
| Contraseña                                     | <input type="password"/>       | Confirmar nombre de usuario  | <input type="text"/> |
| Confirmar contraseña                           | <input type="password"/>       |  |                      |
| Valor hora usuario                             | <input type="text" value="0"/> |  |                      |
| <input type="button" value="Agregar usuario"/> |                                | <input type="button" value="Limpiar datos"/> <input type="button" value="ELIMINAR USUARIO"/> |                      |

---

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>AGREGAR UN NUEVO ADMINISTRADOR</b>  | <b>ELIMINAR UN ADMINISTRADOR EXISTENTE</b> | <b>AUTORIZACIÓN DE SUPERADMINISTRADOR</b> |
| Nombre del nuevo administrador   | Nombre del administrador                   | Nombre del superadministrador             |
| <input type="text"/>   | <input type="text"/>                       | <input type="text"/>                      |
| Contraseña del nuevo administrador   | Confirmar nombre del administrador         | Código de seguridad de superadministrador |
| <input type="password"/>   | <input type="text"/>                       | <input type="text"/>                      |
| Confirmar contraseña administrador nuevo   |  |   |
| <input type="password"/>   |  |   |
| Valor hora administrador   |  |   |
| <input type="text" value="0"/>   |  |   |
| <input type="button" value="Agregar administrador"/> <input type="button" value="ELIMINAR ADMINISTRADOR"/> |  |   |

Software para la gestión de mantenimientos de equipos biomédicos

Ingeniería biomédica - Universidad Autónoma de Bucaramanga / Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga



**Figura 52.** Pestaña de personal vista por un usuario particular.



## 6. ERRORES MÁS FRECUENTES

### 6.1 Error de comunicación con MySQL

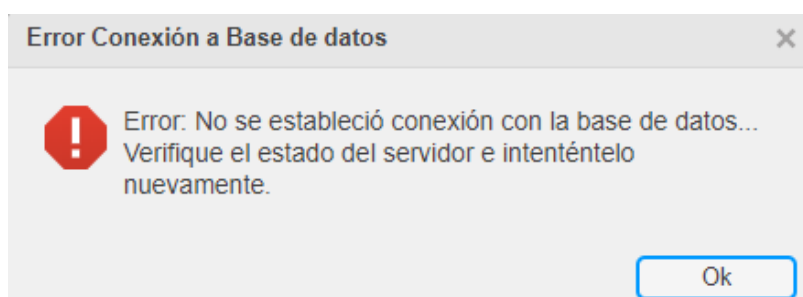


Figura 53. Error de conexión de base de datos.

Se puede presentar por:

- Error en la digitalización de las credenciales: usuario y contraseña.
- No haber instalado el driver
- No se está ejecutando el servidor de MySQL. Para comprobar que se está ejecutando, debe ir a servicios y revisar que MYSQL 80 se encuentra en ejecución.



| Motor de filtrado de base    | El Motor de ...  | En ejecu... | Automático       | Servicio local  |
|------------------------------|------------------|-------------|------------------|-----------------|
| MYSQL80                      |                  | En ejecu... | Automático       | Servicio de red |
| Net Logon                    | Mantiene u...    |             | Manual           | Sistema local   |
| NVIDIA Display Container LS  | Container se...  | En ejecu... | Automático       | Sistema local   |
| Office 64 Source Engine      | Saves install... |             | Manual           | Sistema local   |
| OpenSSH Authentication Agent | Agent to hol...  |             | Deshabilitado    | Sistema local   |
| Optimización de distribución | Realiza tarea... | En ejecu... | Automático (i... | Servicio de red |

Figura 54. Ejecución de MySQL.

### 6.2 Error en acceder al log-in

Si no puede pasar del login, seguramente sea porque ingresó mal el usuario y contraseña del usuario, tal y como lo muestra la figura.

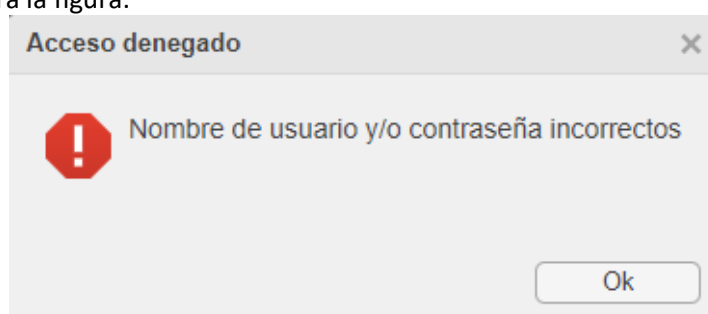


Figura 55. Mensaje de acceso denegado.



### 6.3 Error al graficar

Si al graficar, le aparece el mensaje mostrado en la figura 43. Seguramente sea porque no actualizó los datos antes de graficar.

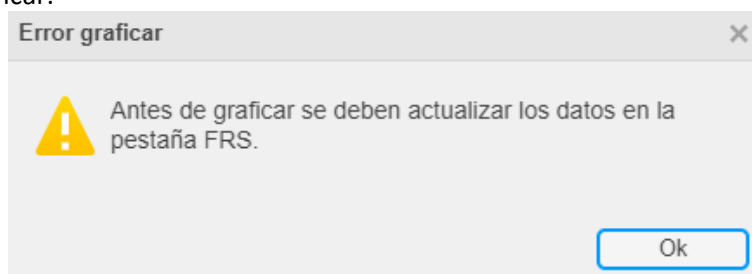


Figura 56. Error al graficar.

Para solucionar este problema, el usuario se debe dirigir a la pestaña FRS y dar click en el botón seleccionado en la figura 37.



Figura 57. Actualizar datos.

### 6.4 Error al graficar un rango de fechas

Si al graficar un rango de fecha, aparece el mensaje mostrado en la figura 45. Seguramente, esto sea porque la fecha o mes de inicio es posterior al mes final.

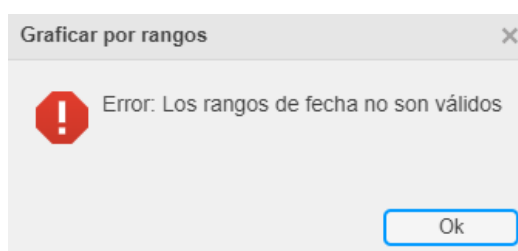


Figura 58. Error al graficar rangos de fechas.

### 6.5 Error al ingresar reportes

Al subir al programa los datos de un reporte, se pueden presentar los siguientes errores:

- Si se repite el número de solicitud ya registrada; la segunda no se guardará
- Colocar mal el número de placa
- Error al digitalizar las variables

Al realizar cualquiera de los errores anteriormente mencionados, aparecerá el mensaje mostrado en la siguiente figura.



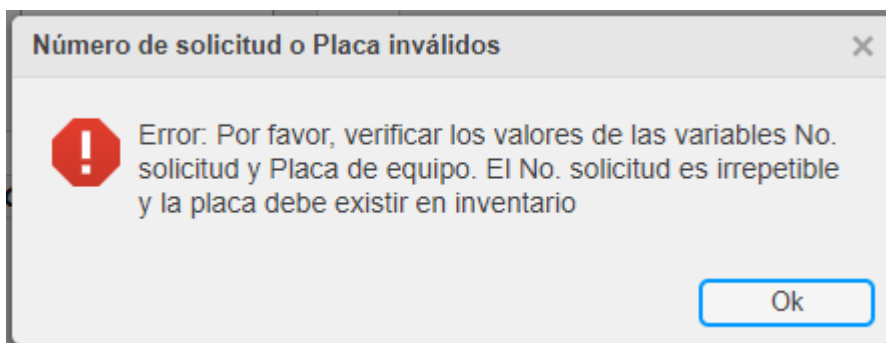


Figura 59. Errores al añadir reporte.

- La placa de un equipo biomédico que vaya a ingresar en reporte debe ser existente dentro de la tabla inventario\_equipos de la base de datos del gestor MySQL. Esto quiere decir que, en caso de digitar una placa de equipo NO existente en el inventario, se producirá un error.

| DATOS DEL EQUIPO        |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Placa                   | <input type="text"/> |
| Últ. servicio           | Preventivo ▼         |
| Causa del últ. servicio | <input type="text"/> |
| Fecha del últ. servicio | yyyy-mm-dd ▼         |

Figura 60. Variable Placa.

En caso de interactuar con el botón Añadir reporte con una Placa de equipo inexistente se mostrará el siguiente mensaje de error:

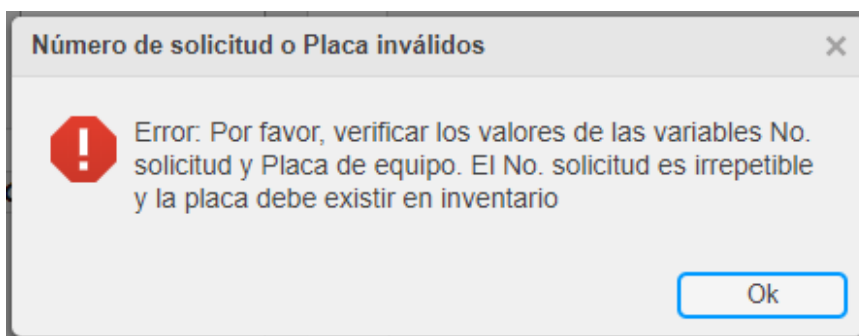


Figura 61. Aviso de error por intento de añadir reporte con una Placa de equipo inexistente.

- Fecha de reporte / Fecha inicio de servicio / Fecha fin de servicio: Los campos mencionados que



corresponden a información de tipo fecha tienen relaciones condicionales entre ellas. Si la Fecha inicio de servicio es futura a la Fecha fin de servicio se producirá error lógico en el sistema; si la Fecha de reporte es pasada a la Fecha inicio de servicio o a la Fecha fin de servicio se producirá un error lógico, debido a que no es posible reportar un servicio que no ha sido llevado a cabo.

The image shows two side-by-side form panels. The left panel, titled 'INFORMACIÓN INICIAL', contains fields for 'Tipo de mantenimiento' (dropdown), 'Fecha de reporte' (dropdown, highlighted with a red box), 'Hora del reporte' (text input), 'N° solicitud' (text input with '0'), and 'Servicio que reporta' (dropdown). The right panel, titled 'INFORMACIÓN DEL SERVICIO', contains fields for 'Fecha inicio de servicio' (dropdown, highlighted with a red box), 'Fecha fin de servicio' (dropdown, highlighted with a red box), 'Hora planeada' (text input), 'Hora de inicio' (text input), 'Hora de finalización' (text input), and 'Prioridad' (dropdown).

Figura 62. Variables de tipo fecha con relaciones condicionales.

- Hora del reporte / Hora planeada / Hora de inicio / Hora de finalización: Los campos de texto dedicados a la denotación de información en formato de tiempos se rigen bajo un estricto formato de horas, minutos, segundos separados por el carácter 'dos puntos' (hh:mm:ss); las horas comprendidas entre las 12:00 p.m. y 11:59 p.m. se ingresan en formato militar (24 horas). Si el usuario ingresa la información en un formato diferente o incompleto al mencionado se producirán errores y es posible que el reporte no sea ingresado a la base de datos.

The image shows two side-by-side form panels. The left panel, titled 'INFORMACIÓN INICIAL', contains fields for 'Tipo de mantenimiento' (dropdown), 'Fecha de reporte' (dropdown), 'Hora del reporte' (text input, highlighted with a red box), 'N° solicitud' (text input with '0'), and 'Servicio que reporta' (dropdown). The right panel, titled 'INFORMACIÓN DEL SERVICIO', contains fields for 'Fecha inicio de servicio' (dropdown), 'Fecha fin de servicio' (dropdown), 'Hora planeada' (text input, highlighted with a red box), 'Hora de inicio' (text input, highlighted with a red box), 'Hora de finalización' (text input, highlighted with a red box), and 'Prioridad' (dropdown).

Figura 63. Variables de tipo temporales (horas) con formato estricto.

- Parte cambiada / Cantidad: La lista desplegable Parte cambiada muestra todos los elementos existentes en Stock. Si el usuario selecciona un elemento del Stock que tiene cantidad actual (existencias del repuesto) igual a cero, entonces se mostrará un aviso del agotamiento de



existencias y no se permitirá ingresar un número en el campo numérico Cantidad diferente de cero. Si el usuario continúa con el repuesto sin existencias y un número de cantidad superior a cero se mostrará un aviso de error que no le permitirá ingresar el reporte al sistema.

| INFORMACIÓN DE LA FALLA |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| Falla reportada         | <input type="text"/>           |
| Parte en falla          | N/A ▼                          |
| Causa de falla          | Programada ▼                   |
| Parte cambiada          | Ninguna ▼                      |
| Cantidad                | <input type="text" value="0"/> |
| Estado de la pieza      | N/A ▼                          |

Figura 64. Variables Parte cambiada y Cantidad con relación de existencias en Stock.

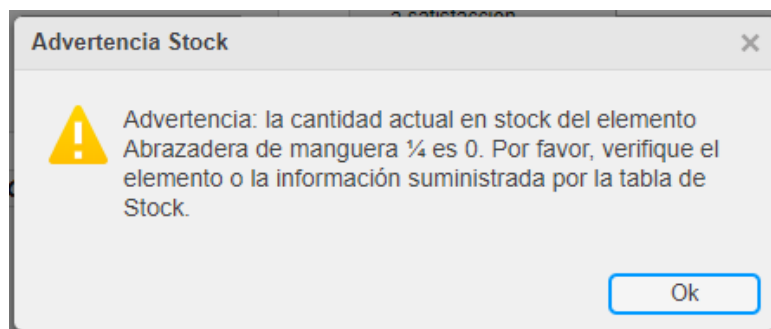
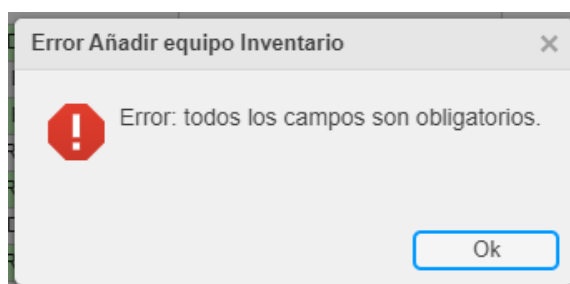


Figura 65. Aviso de advertencia por selección de elementos sin existencias en Stock.



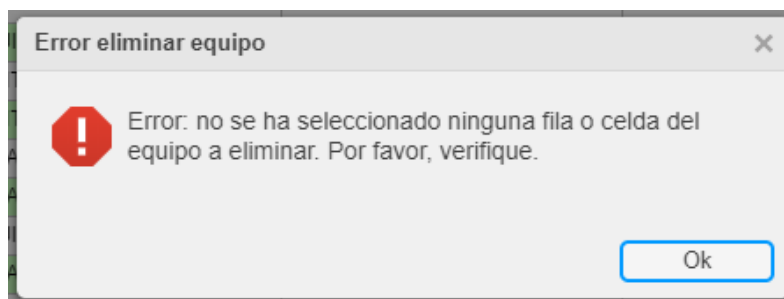
Figura 66. Aviso de error por intento de añadir reporte sin existencias en Stock.

- Para agregar de manera exitosa un nuevo equipo dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto; si algún campo de texto está vacío se emitirá un mensaje de error por la obligatoriedad de los datos, ver figura 67.



**Figura 67.** Aviso de error por intento de agregar equipo nuevo a inventario con datos incompletos.

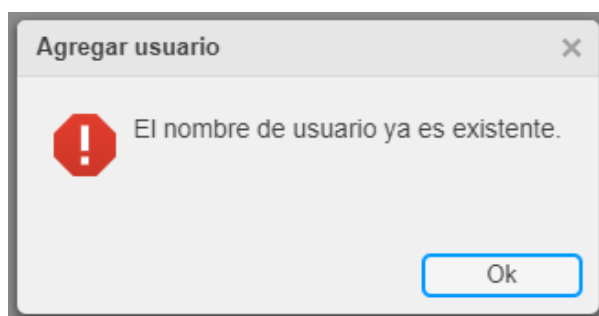
- El botón ELIMINAR EQUIPO requiere que el usuario seleccione una celda o la fila completa del equipo que desea eliminar de la lista de inventario. Si el usuario no selecciona ninguna celda o fila del equipo que desea eliminar se mostrará un aviso de error, ver figura 68.



**Figura 68.** Aviso de error por intento de eliminar equipo sin selección de celda o fila.

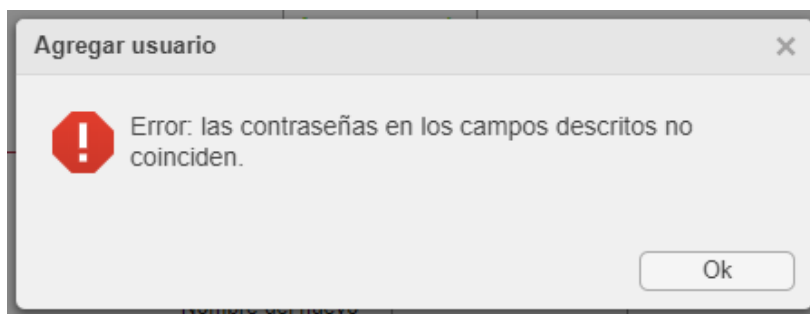
## 6.6 Errores al añadir usuarios y administradores

La variable Nombre de usuario es de tipo de PRIMARY KEY en la tabla usuarios\_login en la base de datos del gestor MySQL. Lo anterior significa que tiene la característica de ser irreplicable y, en caso de intentar registrar un usuario nuevo con el mismo nombre, el sistema dará aviso de error si se presenta el caso, ver Figura 69).



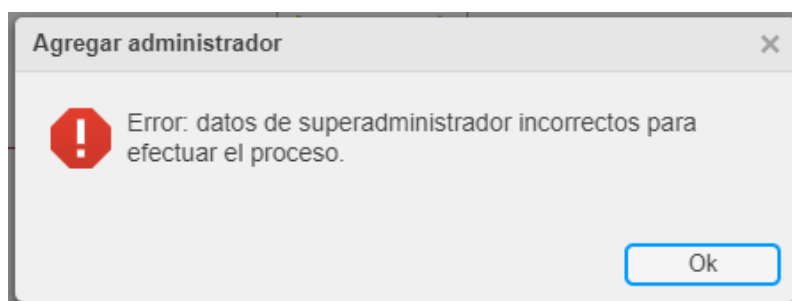
**Figura 69.** Aviso de error por intentar registrar un nuevo usuario con nombre ya existente.

De igual forma el sistema avisará al usuario con mensaje de error si no se realiza una validación de contraseña exitosa.



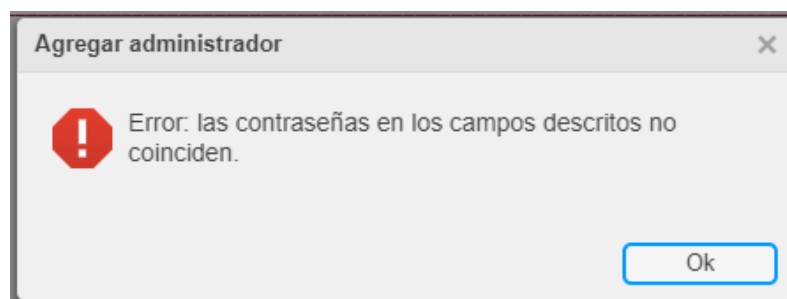
**Figura 70.** Aviso de error por intentar registrar un nuevo usuario sin validación de contraseña correcta.

En caso de ingresar las credenciales y que estas no estén bien digitadas el sistema avisará al usuario con un mensaje de error, ver figura 71.



**Figura 71.** Aviso de error por ingresar credenciales de superadministrador incorrectas.

En caso de ingresar de manera incorrecta la información de las variables mencionadas anteriormente se mostrarán mensajes de error de las figuras 72 y 73.



**Figura 72.** Aviso de error por validación de contraseñas incorrecta.

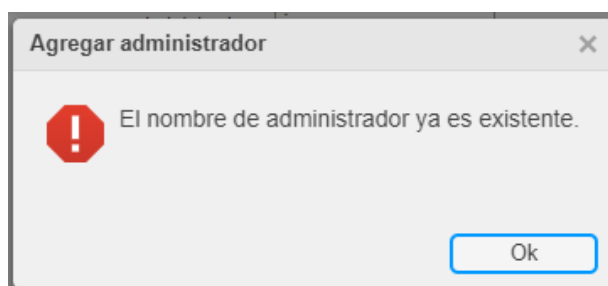


Figura 73. Aviso de error por ingreso de nombre de usuario ya existente.

## 6.7 Errores al editar el stock

Al agregar nuevos elementos/repuestos para ser agregados al stock. Se debe tener en cuenta que el campo de texto Descripción hace referencia a la variable Descripción de la tabla stock, por lo que es irreplicable y no es posible crear dos elementos/repuestos con la misma descripción o nombre dentro de la base de datos; en caso de presentarse la situación, el software mostrará un mensaje de error, ver Figura 74.

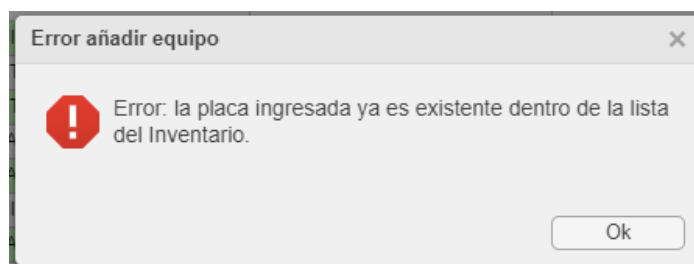


Figura 74. Aviso de error por intentar ingresar un nuevo equipo con placa ya existente.

- Para agregar de manera exitosa un nuevo equipo dentro de la base de datos se requiere diligenciar todos los espacios de los campos de texto; si algún campo de texto está vacío se emitirá un mensaje de error por la obligatoriedad de los datos, ver figura 75.

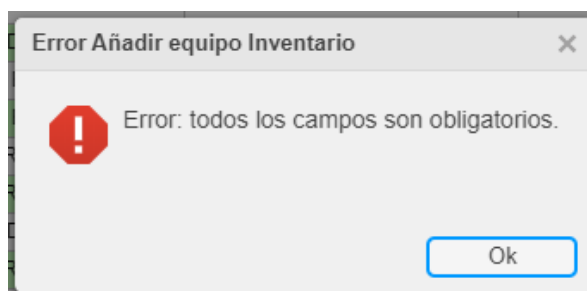
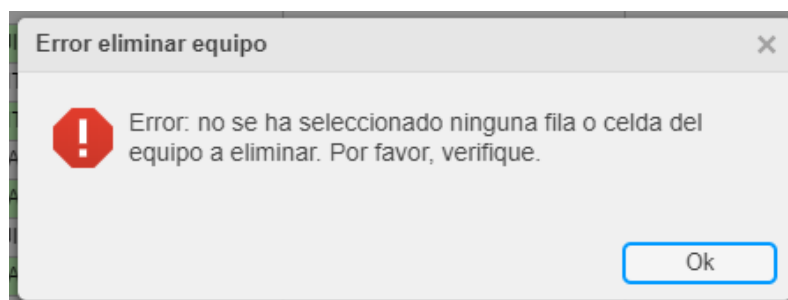


Figura 75. Aviso de error por intento de agregar equipo nuevo a inventario con datos incompletos.

- El botón ELIMINAR EQUIPO requiere que el usuario seleccione una celda o la fila completa del equipo que desea eliminar de la lista de inventario. Si el usuario no selecciona ninguna celda o



fila del equipo que desea eliminar se mostrará un aviso de error, ver figura 76.



**Figura 76.** Aviso de error por intento de eliminar equipo sin selección de celda o fila.



## 7. CERRAR SESIÓN DEL PROGRAMA

Para terminar la sesión iniciada del programa, el usuario se debe dirigir a la pestaña de archivo y seleccionar cerrar sesión como se muestra en la figura 77.

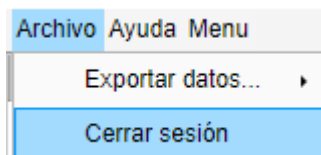


Figura 77. Salir del programa.

Al seleccionar “Cerrar sesión”, saldrá un mensaje, el cual debe confirmar.

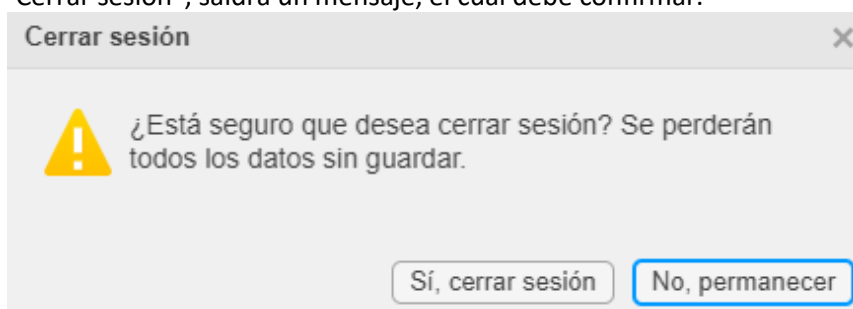


Figura 78. Confirmación para salir del programa.





## 9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. Manual de usuario software mantenimiento. (2021). Tomado de: <https://es.slideshare.net/vargasfranklin/manual-de-usuario-software-mantenimiento>
2. Software gratuito de Gestión de Mantenimiento. (2021). Retrieved 7 October 2021, from <http://renovetec.com/manualrenovefree/manual-renovefree-v3.6.pdf>