



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Desarrollo e Implementación de Un  
Sistema Digital para La Gestión de  
Equipo Médico**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Sistemas Biomédicos**

**P R E S E N T A**

Jesús Alfredo Carrillo Pelaes

**ASESORA DE INFORME**

Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



# Jurado Asignado

Presidente: DR. RICARDO ACEVES GARCIA

Vocal: DRA. ZAIDA ESTEFANIA ALARCON BERNAL

Secretario: M.I. SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

1er. Suplente: DRA. MICHELIN ALVAREZ CAMACHO

2do. Suplente: M.A. EDNA SANTA RANGEL RANGEL

# Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a la Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal por brindarme el apoyo y asesoría durante la etapa final de mi paso por la Facultad de Ingeniería. Muchas gracias por su comprensión al tiempo debido a mi trabajo y por su guía durante la realización de este reporte.

A los miembros del jurado participante que formaron parte de este proceso y que me brindaron su apoyo para estar presentes durante la culminación de mis estudios de licenciatura.

A mi familia, tanto a mi mamá Gisela como mi abuelita Carmen, ya que gracias a sus consejos y su guía que siempre me impulsaron a seguir adelante y dar lo mejor de mí ante cualquier situación pude seguir adelante ante tantas adversidades.

Al Ing. Sergio Cruz perteneciente a UNICA, el cual me abrió las puertas al lugar que sería como una segunda casa durante mi paso por la Facultad, en donde conocí a mis amigos de más confianza y de donde aprendí muchas lecciones que me han permitido crecer de forma personal.

A mis amigos que siempre estuvieron apoyándome en los buenos y malos momentos, con los cuales he pasado muchos momentos y que sin su apoyo no habría llegado tan lejos. Hago mención especial de dos personas, las cuales les tengo un cariño muy especial por ayudarme a levantar durante esos momentos más difíciles de mi paso por la facultad, muchas gracias Rodrigo Bass y Noyelli Pacheco.

A mis dos compañeros de carrera, Antonio Tirado y Elizabeth Laguna, ya que gracias a ellos me empecé a involucrar con la Ingeniería en Sistemas Biomédicos con respecto al campo laboral y por haberme integrado a los principios de este proyecto del cual está basado este reporte.

A mis compañeros del Hospital Ángeles Pedregal, ya que ellos fueron los que impulsaron a que este proyecto pudiera seguir adelante y que fuera implementado de la mejor forma posible.

Finalmente, me gustaría agradecer de gran manera a la Gerente del departamento de Ingeniería Biomédica, Carolina Vieyra Machuca, ya que siempre conté con su apoyo y agradezco la gran confianza que me dio ante este proyecto y el haberme dado la oportunidad de entrar en el campo laboral de la Ingeniería Biomédica.

# Dedicatoria

*Dedico este trabajo a mi familia y amigos que estuvieron presentes durante mis estudios, desde que comencé cuando era un niño hasta que terminé mis estudios de licenciatura. Aunque algunos ya no estén presentes en mi vida, les agradezco desde lo más profundo de mi ser ya que me brindaron los aprendizajes para crecer de forma personal, así como de forma profesional.*

# Contenido

<b><i>Jurado Asignado</i></b> .....	<b><i>I</i></b>
<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>II</i></b>
<b><i>Dedicatoria</i></b> .....	<b><i>IV</i></b>
<b><i>Contenido de Figuras</i></b> .....	<b><i>VII</i></b>
<b><i>Introducción</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
Objetivo General .....	2
Objetivos específicos .....	2
<b><i>1. Antecedentes</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
El Hospital Ángeles del Pedregal.....	4
Departamento de Ingeniería Biomédica .....	5
<b><i>2. Definición del problema</i></b> .....	<b><i>10</i></b>
Personal de áreas del hospital.....	10
Falta de información .....	11
Actualización de información .....	11
Poca comunicación con proveedor .....	12
Carga de trabajo .....	13
<b><i>3. Metodología utilizada</i></b> .....	<b><i>15</i></b>
1. Validación y actualización de inventario de equipo médico .....	15
2. Aplicación del modelo de la OMS .....	18

Función del equipo .....	18
Riesgo físico asociado con la aplicación clínica .....	18
Requisitos de mantenimiento: .....	18
Antecedentes de problemas del equipo .....	19
<b>3. Primera actualización de calendarios de mantenimientos preventivos .....</b>	<b>19</b>
<b>4. Segunda actualización de calendarios de mantenimientos preventivos .....</b>	<b>20</b>
<b>5. Sistema de Gestión de Equipo Médico (SGEM) .....</b>	<b>20</b>
Sistemas Computarizados de Gestión del Mantenimiento (CMMS) .....	21
<b>4. Resultados .....</b>	<b>22</b>
<b>Primera actualización de inventarios y calendarios de mantenimientos preventivos.....</b>	<b>22</b>
<b>Segunda actualización de calendarios de mantenimientos preventivos .....</b>	<b>24</b>
<b>Sistema de Gestión de Equipo Médico (SGEM).....</b>	<b>26</b>
Sesiones que componen al Sistema de Gestión de Equipo Médico .....	30
Implementación y capacitación del personal del Hospital Ángeles Pedregal en el Sistema de Gestión de Equipo Médico.....	44
Obstáculos para el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de Equipo Médico .....	45
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>6. Referencias .....</b>	<b>51</b>

# Contenido de Figuras

Figura 1. Organigrama del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Ángeles Pedregal.....	7
Figura 2. Diagrama de Ishikawa de la problemática del departamento de ingeniería biomédica .....	14
Figura 3. Pasos para el desarrollo del proyecto "Rediseño de la Gestión de Equipo Médico" .....	16
Figura 4. Inventario utilizado por el departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal hasta finales del año 2021.....	17
Figura 5. Inventario actualizado por el departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal.....	23
Figura 6. Calendario actualizado de mantenimientos preventivos .....	24
Figura 7. Sesiones que componen al Sistema de Gestión de Equipo Médico .....	28
Figura 8. Tabla de usuarios con la información general de las personas que pueden ingresar al sistema .....	28
Figura 9. Tabla principal con la información general de los equipos.....	29
Figura 10. Interfaz de Inicio del SGEM .....	30
Figura 11. Sesión General: Buscador .....	31
Figura 12. Modulo cuenta.....	32
Figura 13. Modulo Equipo Médico.....	32
Figura 14. Nomenclatura de colores utilizados en el SGEM .....	33
Figura 15. Modulo Formatos .....	34
Figura 16. Ejemplo del formato <i>Inventario vigente</i> .....	35
Figura 17. Ejemplo del formato <i>Calendario de mantenimientos preventivos</i> .....	36
Figura 18. Ejemplo del formato <i>Listado mensual de mantenimientos preventivos</i> del mes de diciembre .....	37
Figura 19. Modulo Indicadores .....	38
Figura 20. Ventana con información de reporte básica.....	39

Figura 21. Ejemplo de caratula de un equipo médico 40

Figura 22. Ejemplo de formato *Inventario Completo* 41

Figura 23. Ejemplo de Adéndum de inventario: Muestra la información del equipo del cual cambio la información 42

Figura 24. Ejemplo de Adéndum de calendario: Muestra los cambios relacionados a las fechas del mantenimiento preventivo del equipo 43

# Introducción

El Hospital Ángeles Pedregal es una institución privada que pertenece al Grupo Empresarial Ángeles, específicamente al sector de servicios de salud, con la visión de <<Ofrecer a los pacientes un sistema integral de servicios de salud, otorgándoles el mejor servicio, ... apoyados en el equipo biomédico, infraestructura y tecnología de clase mundial que permite operar con alta eficiencia>> (Manual de procedimientos del departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal, 2016).

La gestión de equipo médico (GEM) involucra la adquisición de nueva tecnología médica con base a las necesidades presentadas, la operación dentro de la institución y finalmente, la baja del mismo. La GEM bien ejecutada, permite utilizar de forma eficiente la tecnología médica con la que se cuenta. En el Hospital Ángeles Pedregal, el proceso de la GEM está a cargo del departamento de ingeniería biomédica.

La parte más importante de la GEM es la *operación* de la tecnología médica, la cual permite dar seguimiento al equipo dentro de la institución. En esta etapa, dos acciones que se tienen que dar seguimiento son los mantenimientos preventivos y correctivos, los cuales derivan en indicadores importantes para el desempeño del personal del departamento de ingeniería biomédica. Es por ello que en este trabajo se describe el proyecto de desarrollo de un sistema que permite concentrar la información de forma digital y gestionar los mantenimientos preventivos con base en las fechas designadas por el mismo departamento o por el proveedor, redefiniendo la manera en la que el hospital tiene almacenada la información de los equipos médico, además de permitir a las diferentes áreas tener un seguimiento directo del avance de los mantenimientos.

Para el desarrollo del proyecto, se consideraron los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

- Desarrollar e implementar un sistema de gestión de equipo médico para tener un mejor control de la información de los equipos médicos con los que cuenta el Hospital Ángeles del Pedregal.

### **Objetivos específicos**

- Tener registro del 100% de equipo médico a cargo del departamento de ingeniería biomédica.
- Tener registro del 100% de órdenes de servicios de los mantenimientos preventivos realizados de los equipos médicos del hospital.
- Incrementar a 90% el desempeño de los ingenieros referidos a mantenimientos preventivos como mínimo.
- Involucrar, al menos, al 80% a las áreas que tengan equipo médico.
- Disminuir, al menos, en 80% la pérdida de información causada por la pérdida documental de las órdenes de servicio de los mantenimientos realizados.
- Permitir el seguimiento a detalle del proceso de gestión de equipo médico (GEM) a partir de la instalación de cada uno de los equipos médicos e identificar las necesidades de cada área.

A continuación, se describe la estructura del trabajo que documenta el proyecto desarrollado.

En el capítulo 2 se presentan los antecedentes del proyecto, describiendo al Hospital Ángeles Pedregal, así como estructura interna y las acciones que realiza el departamento de ingeniería biomédica, encargado de la gestión de tecnología médica, revisión de reportes de tecnovigilancia, mantenimientos correctivos y preventivos, y el ingreso de equipo de equipo a renta o préstamo para procedimientos de corta duración.

En el capítulo 3, con base en un diagrama de Ishikawa, se identifica el problema en el que se enfoca el proyecto: un bajo porcentaje en el indicador de mantenimientos preventivos, consecuencia del poco control de la información por parte de ingeniería biomédica y las áreas con equipo médico, la poca comunicación con los proveedores y una carga excesiva para el personal del departamento.

En el capítulo 4, se explica la metodología utilizada para dar solución al problema encontrado, la cual conlleva un proceso de recopilación de información para poder armar una base de datos real de la cantidad total de equipos, dos reprogramaciones de los mantenimientos preventivos con base a lo investigado, y finalmente, la creación de un sistema de gestión de equipo médico que permite digitalizar la información de la tecnología médica del hospital.

En el capítulo 5, se presentan los resultados obtenidos durante la primera y la segunda etapa de reprogramación de mantenimientos, así el desarrollo final del sistema de gestión de equipo médico. Aunado a esto se indica el proceso de implementación en el hospital, así como de los obstáculos presentados al momento de hacerla.

Finalmente, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones

# 1. Antecedentes

## El Hospital Ángeles del Pedregal

El Hospital Ángeles Pedregal es una institución privada que pertenece al Grupo Empresarial Ángeles, específicamente al sector de servicios de salud. La visión de esta institución es <<Ofrecer a los pacientes un sistema integral de servicios de salud, otorgándoles el mejor servicio, atención y calidez desde el primer contacto, durante y hasta la conclusión de su tratamiento mediante la red de médicos más profesional y experta de México, apoyados en el equipo biomédico, infraestructura y tecnología de clase mundial que permite operar con alta eficiencia>> (Manual de procedimientos del departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal, 2016).

En cuanto a infraestructura, esta institución hospitalaria se conforma por tres torres: una de hospitalización, un centro de especialidades quirúrgicas y una torre de consultorios. Es un hospital que está en constante crecimiento, siendo uno de los próximos proyectos, la construcción de un cuarto edificio que pretende la ampliación de quirófanos, CEyE, oncología, hemodinamia y neonatología, así como nuevos espacios los cuales podrán ser rentados por médicos para dar consulta.

El hospital ofrece diferentes servicios como estudios especializados de laboratorio, medicina reproductiva, imagenología, fisiología cardiovascular, neurofisiología, entre otros. Cuenta con un área

de urgencias, seis pisos de hospitalización con más de 200 habitaciones, y con tres quirófanos enfocados a cirugía general y labor.

El director es quien encabeza las actividades dentro del hospital, apoyándose de las diferentes direcciones con las que cuenta la institución: Dirección de Servicios de Atención Hospitalaria, Dirección de Enfermería, Dirección de Administración y Dirección de Operaciones.

La *Dirección de Operaciones* está a cargo del departamento de Servicios Generales, Vigilancia, Admisión, Servicios Administrativos, Comunicaciones, Sistemas e **Ingeniería Biomédica**.

## **Departamento de Ingeniería Biomédica**

En el manual de procedimientos del Hospital Ángeles se menciona el objetivo del departamento de ingeniería biomédica: *<<Garantizar la oportuna y correcta operación de los equipos médicos en la atención de los pacientes en los diferentes servicios clínicos y para todo el personal del hospital involucrado en el uso y operación de los mismos a través de la implementación de políticas y procedimientos establecidos a través de la elaboración de un programa de gestión de equipo y tecnología biomédica que defina los protocolos para controlar, mantener, conservar y proteger al equipo y tecnología biomédica del hospital>> (Manual de procedimientos del departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal, 2016).*

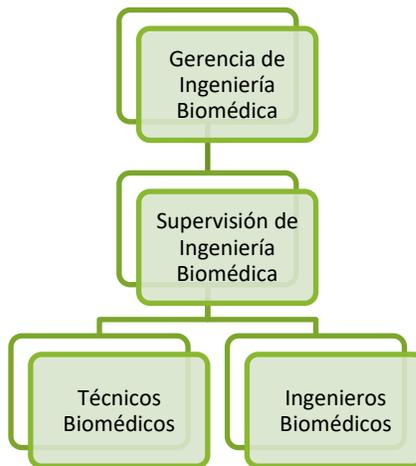
El departamento de ingeniería biomédica es el encargado de la gestión de equipo médico, tanto de la tecnología propia como la que es brindada por otros proveedores, ya sea por evento único (renta) o por contrato (comodato o consigna). Respecto a los equipos propios, el personal lleva a cabo el proceso completo de gestión de equipo médico (GEM):

- **Planeación:** Se buscan tres diferentes proveedores para la adquisición de equipo nuevo y con base en criterios como características técnicas, costos, tiempo de entrega, entre otros, se define qué propuesta es la que satisface las necesidades del área donde se requiere. Posteriormente, se lleva el trámite al departamento de compras, el cual será el encargado de verificar si la opción es viable de forma económica y en caso afirmativo, seguir con el proceso.

- **Incorporación:** Cuando finaliza el proceso de compra, el proveedor entrega los equipos a almacén, donde *control de inventarios* asigna un identificador único en grupo Ángeles, y finalmente, es entregado a biomédica para darlo de alta en el inventario del área correspondiente.
- **Instalación:** El departamento de ingeniería biomédica es el encargado de la instalación del equipo. En caso de no ser posible, gestiona el proceso con proveedor. Al término de las pruebas de funcionamiento y puesta en marcha, el personal indicado impartirá capacitaciones a enfermería, médicos y demás áreas que tengan contacto directo con la tecnología nueva.
- **Operación:** En esta parte del proceso de la GEM, el personal de ingeniería biomédica dará seguimiento al uso adecuado del equipo con base en las especificaciones brindadas por el fabricante, así como de capacitación constante, mantenimientos preventivos y correctivos, reportes de tecno vigilancia o adquisición de refacciones que se tienen que cambiar de forma periódica.
- **Baja:** Cuando un equipo es declarado obsoleto, ya sea porque no tiene reparación o ha pasado su tiempo de vida útil, *control de inventarios* se encarga del trámite de baja ante grupo Ángeles como activo fijo. Finalmente, biomédica se ocupa del desecho o retiro del mismo.

Con respecto a los equipos que ingresan por evento, el departamento de ingeniería biomédica es el encargado de recibirlos en condiciones óptimas para manejo por parte del personal designado, supervisar su uso, realizar el cargo correspondiente, y al finalizar el procedimiento para el cual se utilizó, gestionar la salida del mismo para verificar que se retira solo lo perteneciente a proveedor.

La estructura organizacional de ingeniería biomédica en el Hospital Ángeles Pedregal se muestra en la Figura 1, seguida de la descripción de las actividades de cada uno de los puestos que integran al departamento:



**Figura 1. Organigrama del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Ángeles Pedregal**

La gerencia se encarga de asignar tareas a los supervisores, dar seguimiento a la GEM, autorizar servicios de mantenimientos preventivos, correctivos o rentas de equipos, gestionar proyectos que involucren un cambio considerable en un área específica, así como de estar pendiente del desempeño de los integrantes del departamento, entre otras actividades.

La supervisión coordina las actividades operativas y revisa la parte administrativa de los técnicos e ingenieros del departamento con el fin de evaluar continuamente el aprovechamiento del personal de biomédica.

Finalmente, los técnicos e ingenieros tienen a su cargo una o más áreas, de las cuales tendrán a su cargo las actividades operativas, que incluye la revisión constante de equipos, configuración de los mismos o soporte; y las actividades administrativas, como cotización de equipo nuevo, gestión de los mantenimientos preventivos y correctivos, así como su proceso de baja si el equipo lo requiere.

Uno de los principales indicadores mensuales de aprovechamiento y desempeño dentro del departamento tanto para técnicos como ingenieros es el porcentaje de mantenimientos preventivos realizados en tiempo y forma. Con base a un proyecto realizado por dos ingenieros del departamento a mediados del año 2021, se detectó que la carga de trabajo por ingeniero era demasiada y junto con la parte operativa, era difícil que se cumpliera la meta del 100% de mantenimientos preventivos

realizados, por lo que se realizó un reajuste de calendarios con base a la ponderación dada por la Organización Mundial de la Salud, la cual considera 4 factores para decidir si un equipo debe tener mantenimiento preventivo o no, así como la frecuencia de estos (World Health Organization, 2012a).

Cabe destacar que esta ponderación, más que una serie de reglas a seguir es una recomendación que nos brinda la OMS con respecto al mantenimiento preventivo de los equipos médicos.

En el hospital, los equipos se clasifican de acuerdo a quien les realiza mantenimiento preventivo:

- Equipos propios cuyo mantenimiento preventivo realiza el departamento de ingeniería biomédica (reguladores de succión, negatoscopios, camillas, básculas).
- Equipos propios cuyo mantenimiento preventivo realiza proveedor (tomógrafo, resonancia magnética, ultrasonidos).
- Equipos a comodato (monitores de signos vitales, bombas de alimentación integral, glucómetros, calentadores de sabanas).

Los equipos cuyo mantenimiento sea realizado por alguien externo del hospital o sea indicado por el fabricante, no se verán afectados en su periodicidad. En el caso de los equipos propios cuyo mantenimiento preventivo lo realiza el departamento de ingeniería biomédica, este se realizará con base al puntaje que la ponderación arroje. Si no alcanza un mínimo puntaje, se consideran libres de mantenimiento.

Anteriormente la información de los equipos médicos se registraba en hojas de cálculo locales gestionada de forma independiente, es decir, cada ingeniero contaba con su documento con la información de las áreas que tenía asignadas, provocando que la información se concentrara solo en una persona y cuando hubiera una reasignación de áreas, se tuviera que generar un archivo nuevo, originando una cantidad múltiple de inventarios “actuales”.

Por una parte, los reportes para los mantenimientos preventivos se realizan por medio de una plataforma propia del hospital, la cual permite describir las acciones realizadas. Por otra parte, la plataforma también permite la realización de los reportes de los mantenimientos correctivos describiendo las acciones que se realizaron para corregir el problema.

Estos reportes, llamados **órdenes de servicio**, se imprimen y se llevan con los jefes de área para su firma de conformidad. Esto genera evidencia documental e historial del equipo, el cual se va almacenando tanto en ingeniería biomédica, como en el área correspondiente. Los reportes se almacenan en carpetas, las cuales cuentan con una caratula con la información general del equipo y los reportes tanto de preventivos como correctivos correspondientes.

Tomando en cuenta el contexto de la GEM en el departamento de ingeniería biomédica del Hospital Ángeles del Pedregal, en la siguiente sección se describirá el problema que se aborda en este informe.

## 2. Definición del problema

Se realizó un diagrama de Ishikawa, también conocido como espina de pescado, en donde se describen los problemas que originan al problema a solucionar mediante la implementación del presente proyecto, así como el problema en cuestión que es el bajo indicador de mantenimientos preventivos. Dicho diagrama lo podemos ver en la Figura 2 y en la siguiente sección se detallará cada uno de los puntos descritos:

### Personal de áreas del hospital

El proceso de entrega de las órdenes de servicio de un mantenimiento preventivo es el siguiente:

1. En el sistema interno del hospital (intranet) se realiza una descripción del equipo y las acciones que se realizaron por parte de ingeniería biomédica o del proveedor.
2. Se imprimen dos copias de la orden, una para su entrega en el área correspondiente y otra para tener control documental en el departamento. La segunda copia debe ser validada con la firma del jefe o encargado del área en cuestión.
3. La orden se valida por la supervisión y gerencia para posteriormente guardarla en su espacio correspondiente en las carpetas donde se lleva la parte documental.

En el 70% de las áreas, los encargados del área no tienen control de las ordenes de servicio, así como de los mantenimientos que se deben realizar cada mes, provocando que tengan información incompleta y documentación deficiente al momento de hacer una revisión de los equipos médicos. Así mismo, el personal del área no le da seguimiento al calendario entregado a inicios del año, por lo que no se confirman que se hayan realizado todos los mantenimientos agendados.

## **Falta de información**

Las ordenes de servicio de los mantenimientos preventivos se entregan directamente a los supervisores del departamento, para obtener los indicadores de aprovechamiento del personal y pasar un reporte con la gerencia del departamento.

Durante el proceso mencionado, las ordenes de servicio pasaban por distintos filtros antes de guardarse en su lugar asignado para el control documental, provocando que estas en algunas ocasiones se extraviaran, lo cual implicaba que no hubiera un registro del mantenimiento. Con el tiempo esto generaba un problema ya que no había pruebas del mantenimiento y este tendría que hacerse nuevamente.

Aunado a esto, el sistema que se utiliza para la creación de órdenes de servicio tiene un problema que impide la búsqueda con filtros, por lo que, buscar una orden de servicio entre tantos reportes realizados, era una tarea difícil y laboriosa que obligaba al ingeniero a realizar nuevamente el mantenimiento en caso de no encontrar la orden digital.

Cuando los mantenimientos eran realizados por proveedor, la pérdida de información era más delicada, ya que esta para recuperarse, se debía de tener contacto directo con proveedor para que mandaran su comprobante de la realización de dicho preventivo.

## **Actualización de información**

El inventario de Ingeniería Biomédica es dinámico, es decir, siempre está en constantes cambios. Esto se debe principalmente a dos motivos: el ingreso de nuevo equipo o el cambio de estatus del que ya se encuentra en el hospital.

Conforme ingresaba un nuevo equipo médico al hospital, el ingeniero a cargo debía de recabar la información necesaria para agregarlo al inventario y realizar una transferencia al área correspondiente.

En ocasiones, el personal del departamento no realizaba dicho proceso en el tiempo indicado, provocando que hubiera una información desactualizada que normalmente se corregía en la revisión de inventarios, los cuales son a principios de año, incidiendo en el mismo problema tras el paso de unos meses.

El estatus de los equipos es vital para saber cuál es su situación actual en el hospital. Si el equipo está funcionando correctamente se conoce que está en un estado <<operando>>.

Si un equipo deja de funcionar debido a un mantenimiento correctivo o una falla en su operación, el estatus del mismo debe cambiar a <<fuera de operación>> hasta que se solucione el problema. Hay ocasiones en las que un equipo puede estar en este estado durante un par de días o puede que se extienda hasta semanas debido al nivel de dificultad para la reparación del mismo.

Si un equipo no puede ser reparado o es sustituido por actualización de tecnología, se cambia el estatus del equipo a <<baja>>. Al mismo tiempo se genera un formato de baja que tiene que firmar dirección, el área de control de inventarios y el jefe de área correspondiente para hacer todo de forma oficial y poder empezar el proceso para su retiro o desecho.

De toda esta información, el departamento de ingeniería biomédica junto con el área en cuestión, no contaban con el estatus en tiempo real de los equipos, lo que provocaba que no estuviera actualizada la información.

## **Poca comunicación con proveedor**

Algunos equipos del hospital necesitan mantenimiento por parte de proveedor, debido a la complejidad de estos o a la necesidad de herramientas con las cuales no cuenta el hospital. Este tipo de mantenimientos se tiene que solicitar o cotizar, en caso de que no se incluya el servicio dentro del contrato.

La mayoría de estos equipos tienen al proveedor identificado, sin embargo, hay equipos selectos que, debido a su antigüedad o falta de proveedor para realizar el mantenimiento, no se pueden realizar

medidas preventivas. Por otro lado, los equipos que, si tienen contrato, pueden llegar a presentar atrasos debido a temas de agenda del mismo o a la poca premura con la que trabaja el ingeniero asignado al área, debido a falta de información o la carga de este.

## **Carga de trabajo**

Existen 39 áreas que cuentan con equipo médico en el hospital y son 10 técnicos e ingenieros los cuales atienden a las mismas, lo que quiere decir que cada uno de ellos se hace cargo de 4 aproximadamente. Puesto que los ingenieros se encargan tanto de la parte operativa como administrativa, la carga de trabajo operativa del día a día puede ser mucha durante algunos periodos del año, provocando que este no realice los mantenimientos realizados en tiempo y forma.

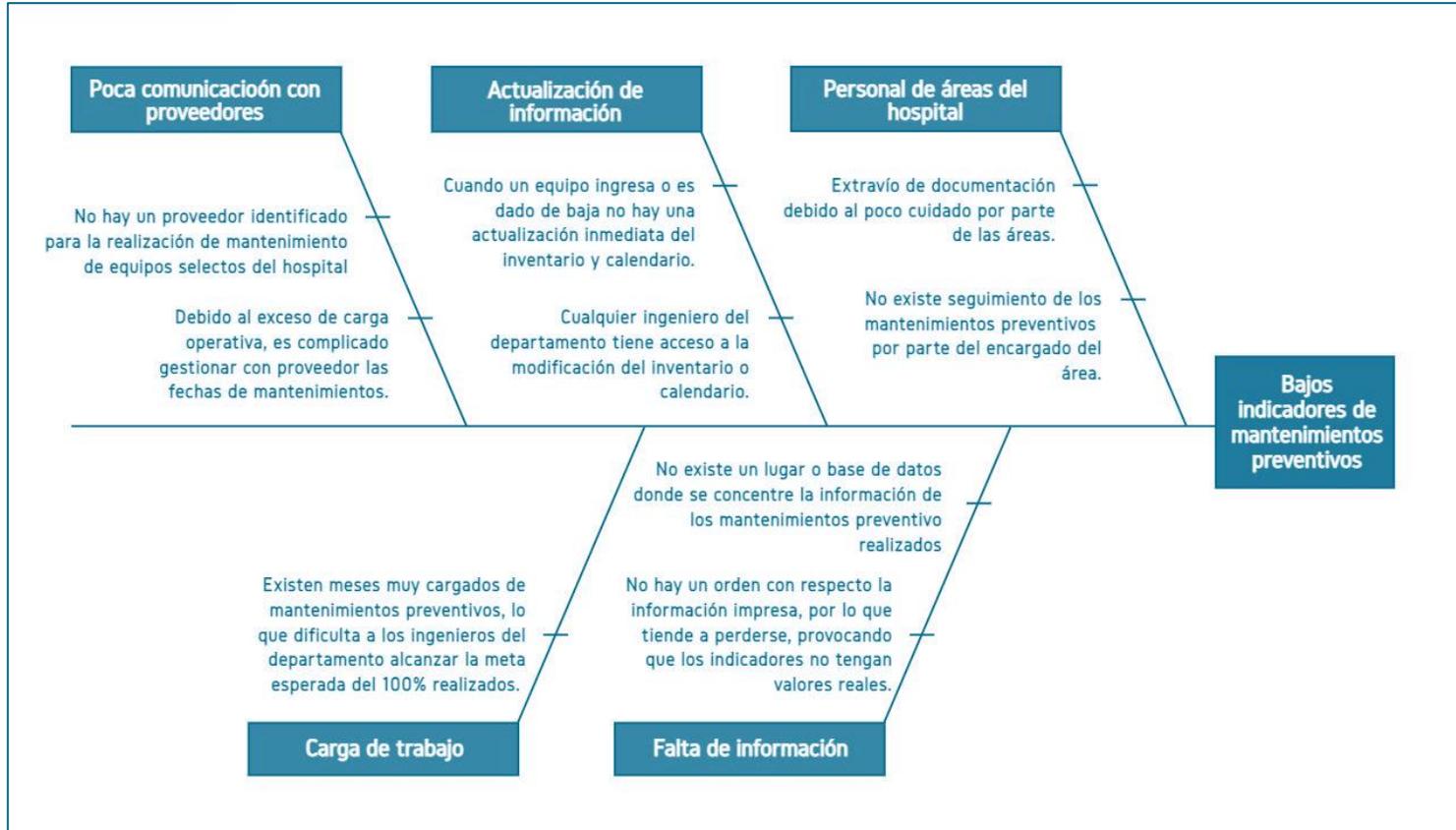


Figura 2. Diagrama de Ishikawa de la problemática del departamento de ingeniería biomédica

## **3. Metodología utilizada**

Con base a la problemática planteada, el departamento de Ingeniería Biomédica empezó a desarrollar un proyecto en el cual se consideraría una reestructuración de los mantenimientos preventivos, cuyas etapas se pueden observar en la Figura 3.

### **1. Validación y actualización de inventario de equipo médico**

Antes de que iniciará el proyecto titulado <<Rediseño de Gestión de Equipo Médico>>, el departamento trabajaba con varios archivos que concentraban toda la información de los equipos médicos de las 39 áreas con las que se relacionaba ingeniería biomédica.

Durante el mes de enero de cada año, se realiza una revisión junto con el área de todo el equipo médico, con lo cual se actualizan los estatus a <<Fuera de operación>> o <<Baja>> o bien, se agregan los equipos que no estaban registrados en el mismo.

Sin embargo, al tener un cambio constante en la plantilla del departamento y, por lo tanto, poca o nula comunicación entre encargados de un área, la información de la base de datos se iba desactualizando poco a poco, pues los nuevos encargados no tenían idea del estatus de cada uno de los equipos.

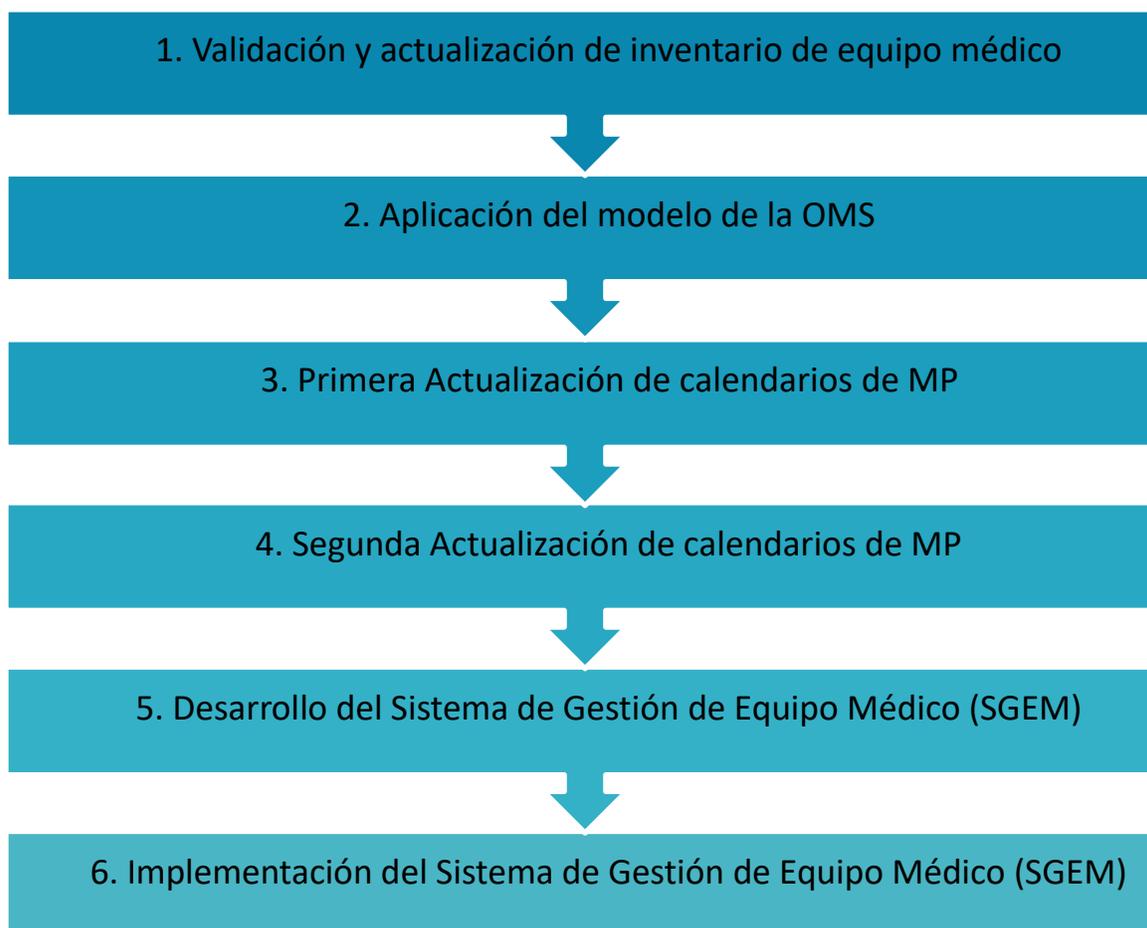


Figura 3. Pasos para el desarrollo del proyecto "Rediseño de la Gestión de Equipo Médico"

La primera parte del proyecto estuvo enfocada completamente en solucionar este problema. Para ello se hizo una validación profunda del equipo médico de las 39 áreas, el cual se fue corroborando con una base de datos de principios del año 2021. Esto se hizo con el fin de verificar el estatus de cada uno de los equipos y poder tener la información correcta y actual de cada uno de ellos. El formato con el cual estaba trabajando el hospital se puede observar en la Figura 4.

Para esta primera parte, se revisaron exhaustivamente los rubros elementales que componen a un inventario, los cuales son enlistados a continuación:

- **Número de control:** Identificador del equipo, en el cual se indica el área y al número asignado en el momento de su ingreso. Por ejemplo, **NE – 180**, indica que el equipo pertenece al área de Neonatología y que fue el equipo número 180 en ser registrado.

- **Nombre del equipo:** Es la descripción del equipo, asignada por cada ingeniero. Esto generaba un problema, ya que había un mismo tipo de equipo con diferentes nombres, con lo cual no se podía contar con una cantidad exacta del total por tipo. Durante esta revisión se unificó el nombre de los equipos que tuvieran las mismas características.
- **Marca**
- **Modelo**
- **Número de serie**
- **Estado:** operando, fuera de operación o baja
- **Ubicación**
- **Comentarios / Observaciones**

N° Cont	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Estado	Ubicación	Observaciones
RA-001	MAQUINA DE ANESTESIA	OHMEDA	AESPIRE	AMXL00299	OP	HEMODINAMIA	
RA-002	UNIDAD DE SUCCIÓN	OHMEDA	S/M	GFFB26706	OP	ULTRASONIDO	
RA-003	LAMPARA DE EXPLORACIÓN	AMSCO	EXAMINER-10	S/N	OP	HEMODINAMIA	
RA-004	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	CONCOA	S/M	805 2295	OP	SALA 2	
RA-005	UNIDAD DE SUCCIÓN	OHIO	S/M	BDKH06025	OP	SALA 4	
RA-006	UNIDAD DE SUCCIÓN	OHMEDA	S/M	GFFB26705	OP	HEMODINAMIA	
RA-007	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEB27829	OP	ULTRASONIDO	
RA-008	ULTRASONIDO	ACUSON	ASPEN	32448	FO	URO	TRANSFERIDO A OTRO HOSPITAL
RA-009	MANGO DE LARINGOSCOPIO	WELCH ALLYN	S/M	S/N	OP	HEMODINAMIA	CON 6 HOJAS
RA-010	ESFIGOMANOMETRO	WELCH ALLYN	TYCOS	40909044624	OP	PET	
RA-011	CAMILLA	HILL-ROM	880	880-24A28	FO	US	
RA-012	ULTRASONIDO	ACUSON	SEQUOIA 512	51958	FO	URO	TRANSFERIDO A OTRO HOSPITAL
RA-013	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEE17922	OP	CD	US 3P-CEQ
RA-014	UNIDAD DE SUCCIÓN	OHMEDA	S/M	GFFB26704	OP	CT	
RA-015	INYECTOR DE MEDIO DE CONTRASTE	MEDRAD	STELLANT	43766	FO	CT	SE REALIZO CAMBIO FISICO
RA-016	INYECTOR DE MEDIO DE CONTRASTE	MALLINCKRODT	OPTI-VANTAGE	C11208B558	FO	CT	SE PASO A SECCION DE COMODATO
RA-017	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEE17921	OP	HEMODINAMIA	
RA-018	DESFIBRILADOR	PHILIPS	HEARTSTART XL	US00123290	OP	CT	
RA-019	LAMPARA DE EXPLORACIÓN	AMSCO	EXAMINER-10	423903028	OP	SALA 2	
RA-020	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEK02153	OP	HEMODINAMIA	
RA-021	UNIDAD DE SUCCIÓN	OHMEDA	S/M	GPHV12580	OP	HEMODINAMIA	
RA-022	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEL13166	OP	MN	
RA-023	BANDA DE ESFUERZO	PHILIPS	STRESS VUE	106152725151	FO	3P-CEQ	
RA-024	ESFIGOMANOMETRO	WELCH ALLYN	TYCOS	9805060715	OP	HEMODINAMIA	
RA-025	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHEB26278	OP	MN	
RA-026	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHMEDA	S/M	AHET20137	OP	PET	
RA-027	ESFIGOMANOMETRO	WELCH ALLYN	TYCOS	9807201315	OP	ULTRASONIDO	
RA-028	ESFIGOMANOMETRO	WELCH ALLYN	TYCOS	9807102357	OP	SALA 4	
RA-029	LAMPARA DE CHICOTE	WELCH ALLYN	LS-135	S/N	OP	HEMODINAMIA	
RA-030	INYECTOR DE MEDIO DE CONTRASTE	MEDRAD	MARK V PROVIS	94457	OP	HEMODINAMIA	JUAMA
RA-031	ESFIGOMANOMETRO	WELCH ALLYN	TYCOS	80908132153	OP	MN	
RA-032	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHIO	S/M	AHE B27821	OP	HEMODINAMIA	
RA-033	IMPRESORA LASER	CARESTREAM	DRYVIEW 6800	68002660	OP	CRITERIO	#K 4203 1020

**Figura 4. Inventario utilizado por el departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal hasta finales del año 2021**

El personal del departamento se encargó de realizar la corrección y actualización de la información de los equipos pertenecientes a sus áreas, con el objetivo de tener una base de datos maestra que recabará toda la información actualizada.

## 2. Aplicación del modelo de la OMS

El segundo paso del proyecto, fue la aplicación de un modelo que justificara los mantenimientos preventivos y la frecuencia de los mismos. Para ello, se utilizó un modelo dado por la Organización Mundial de la Salud llamado <<Modelo de Fennigkoh y Smith>> que se basa principalmente en cuatro rubros (World Health Organization, 2012a):

### Función del equipo

En este rubro se especifica si el equipo tiene fines terapéuticos (apoyo vital, cirugía y cuidados intensivos, fisioterapia y tratamiento), de diagnóstico (control de cirugía y cuidados intensivos, control fisiológico adicional y diagnóstico), analíticos (análisis de laboratorio, accesorios de laboratorio, computadoras y afines) u otros (relacionados con el paciente y otros).

### Riesgo físico asociado con la aplicación clínica

Se refiere a los posibles riesgos que puede sufrir el paciente, el usuario o el mismo equipo durante su aplicación para la cual fue diseñado. Los riesgos desde el más alto al más bajo son:

- Riesgo de muerte del paciente
- Posible lesión del paciente o usuario
- Tratamiento inapropiado o error de diagnóstico
- Daño al equipo
- Sin riesgo significativo

### Requisitos de mantenimiento:

Describe el nivel y frecuencia del mantenimiento con base a lo indicado por parte del fabricante o la experiencia propia del ingeniero. Los requisitos pueden ser:

- Importantes (exige calibración y reemplazo de piezas periódicas).
- Superiores al promedio
- Usuales (verificación de funcionamiento y pruebas de seguridad).
- Inferiores al promedio
- Mínimos (inspección visual)

## Antecedentes de problemas del equipo

Se basa en la cantidad de reparaciones o mantenimientos correctivos que ha tenido el equipo. Los rubros son:

- Significativos (más de una cada seis meses).
- Moderado (una cada 6-9 meses).
- Usual (una cada 9-18 meses).
- Mínimo (una cada 18-30 meses).
- Insignificante (menos de una en los anteriores meses).

El personal designado del departamento de Ingeniería Biomédica se encargó de evaluar los diferentes tipos de equipos con los que contaba el hospital, para poder clasificarlos con base en el resultado de la suma de todos los rubros. Si la suma daba 12 o más, quería decir que el mantenimiento preventivo tenía que realizarse, y si era menor, el equipo sería considerado como <<Libre de mantenimiento>> y solo se revisaría si se requiere un mantenimiento correctivo. Si la suma era de 12 a 15, el mantenimiento era de forma anual; de 16 a 18, semestral; y de 18 a 20, cuatrimestral.

Por un lado, los equipos de apoyo vital como desfibriladores, ventiladores o máquinas de anestesia, al tener una función de *soporte vital*, tener un riesgo asociado de *posible muerte del paciente* y unos requerimientos de mantenimiento *importantes de calibración y cambio de piezas*, tenían la puntuación más alta y por lo tanto se consideraba su preventivo de forma cuatrimestral. Por otro lado, los negatoscopios, nebulizadores o lámparas de exploración, que al tener una puntuación muy baja, debajo de los 12 puntos en la ponderación, se consideraron como libres de mantenimiento.

### 3. Primera actualización de calendarios de mantenimientos preventivos

Con base al método descrito en la sección anterior, se realizó una revisión detallada de cada uno de los equipos de las 39 áreas para poder aplicar la ponderación y determinar cuáles de ellos cambiarían su periodicidad, o bien, dejarían de aparecer en el calendario debido a que su calificación no era la suficiente para poder ser calendarizados.

Esta primera distribución se generó de manera equitativa, con el fin de no generar una concentración muy alta de mantenimientos preventivos calendarizados en los diferentes meses del año.

#### **4. Segunda actualización de calendarios de mantenimientos preventivos**

Durante la primera versión de reestructuración del calendario de mantenimientos preventivos, no se consideraron las indicaciones dadas por el proveedor para los equipos en comodato o que estuvieran en contrato, los cuales a pesar de ser calificados con la ponderación de la OMS no tenían que cambiar su mantenimiento preventivo, puesto que el encargado directo no era el departamento de ingeniería biomédica sino los mismos proveedores.

En el mes de abril del año 2022, se realizó este reajuste del calendario, obteniendo una segunda actualización en donde se ajustaron las fechas indicadas por las empresas a cargo de los preventivos de los equipos comodatos, a consigna y en contrato.

#### **5. Sistema de Gestión de Equipo Médico (SGEM)**

A la par de los puntos 3 y 4, realice la propuesta de creación de un sistema de gestión de equipo médico que nos permitiera solucionar varias de los problemas presentadas en el departamento relacionadas al manejo de la información de los equipos médicos.

La forma de trabajar con la información de los equipos médicos, era mediante una hoja de cálculo. Aunque una hoja de cálculo permite realizar muchas acciones y si es bien manejada permite el registro de información de los equipos médicos de una forma eficiente, la propuesta presentada a la gerencia del departamento permitía entrar en armonía con las herramientas usadas en Grupo Ángeles, ya que muchas de ellas se basan en desarrollo web.

En el Hospital Ángeles Pedregal, el departamento de *Sistemas* es el que encarga de crear nuevas tecnologías que permitan el crecimiento o actualización de procesos dentro de los diferentes departamentos mediante la ayuda de herramientas informáticas, sin embargo, la creación de un sistema por parte de un ingeniero en sistemas biomédicos perteneciente al departamento implica un desarrollo integral con base a las necesidades del departamento relacionadas a la gestión de inventarios y mantenimientos preventivos de los equipos.

## **Sistemas Computarizados de Gestión del Mantenimiento (CMMS)**

Los sistemas computarizados de gestión del mantenimiento (CMMS) son programas informáticos que contienen una base de datos sobre las operaciones de mantenimientos de una institución. Un CMMS se emplea para automatizar la documentación de todas las actividades relacionadas con dispositivos médicos, como son la planificación de equipos, la gestión de inventarios, los procedimientos de mantenimiento correctivos y preventivos, el control de los repuestos, los contratos de mantenimiento y órdenes de retirada de dispositivos médicos o alertas sobre los mismos. Los datos recopilados se pueden analizar y utilizar en la gestión de la tecnología, la garantía de la calidad, el control de las órdenes de servicio y la elaboración de presupuestos de dispositivos médicos. (World Health Organization, 2012b)

Entre las diferentes funciones que tiene un CMMS enfocado al ámbito hospitalario están:

- Estandarizar la información relacionada a los equipos médicos.
- Dar seguimiento a la planificación y realización de los mantenimientos preventivos.
- Brindar indicadores de desempeño del personal del departamento, así como de un equipo o grupo de equipos con las mismas características.
- Concentrar información de los equipos para facilitar los procesos de acreditación de auditorías.

## 4. Resultados

### Primera actualización de inventarios y calendarios de mantenimientos preventivos

Durante la primera actualización, el formato con el que contaba el departamento donde se mostraba la información de los preventivos, cambio, ya que en esta nueva versión se mostraban los 4 puntos que calificaba la ponderación de la OMS como lo podemos ver en la Figura 5.

Los equipos médicos con una ponderación por debajo de los 12 puntos se quitarían del calendario de mantenimientos preventivos, debido a que las acciones realizadas eran mínimas y que principalmente era validar su funcionamiento e inspección visual física del equipo. Los flujómetros de aire y de oxígeno, generadores de ozono, bacinetes, mesas de exploración, holter, son algunos ejemplos de equipos médicos que, al no tener una función vital, que no impliquen un riesgo de uso para el paciente y que su rutina de mantenimiento consiste en revisión general, fueron equipos que se retiraron del calendario de mantenimientos preventivos. Solo se realizaría la revisión de estos bajo un reporte de incidente o daño que impidiera que el equipo se usará conforme a lo dictaminado por fabrica, abriendo el caso para un *mantenimiento correctivo*, el cual se le daría el seguimiento indicado para su reparación, o bien, para su baja y posterior actualización de tecnología.

Este primer cambio disminuyo en gran medida la carga de trabajo del personal del departamento, ya que muchos de los equipos calendarizados ya no incluían los que consistían en revisiones sencillas, y esto provocaba que el ingeniero se pudiera enfocar a mantenimientos más complejos y gestionar los mantenimientos respectivos con proveedores.

AP	CONTRO	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	NS	UBICACIÓN	OBSERVACIONES	ESTADO	FUNCION	RIESGO	REQUISITC	ANTECEDEN	CALENDARIO
1P	1P-002	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO	WELCH ALLYN	71110	S/N	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO		6	3	3	0 INCLUIDO
1P	1P-003	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHIO	SM	AHEU37606	CARRO DE PARO		OPERANDO		6	3	1	NO INCLUIDO
1P	1P-004	ESFIGMOMANÓMETRO	TYCO HEALTHCARE	PORTATIL	9203241594	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
1P	1P-005	DEFIBRILADOR	PHILIPS	HEARTSTART XL	US00126565	CENTRAL		OPERANDO		10	5	5	INCLUIDO
1P	1P-008	MANGO DE LARINGOSCOPIO	WELCH ALLYN	S/M	S/N	CARRO DE PARO	C / 4 HOJAS	OPERANDO		6	3	3	1 INCLUIDO
1P	1P-009	GENERADOR DE OZONO	AMERICAN OZONO	AT 1000	SN	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO		2	2	2	NO INCLUIDO
1P	1P-011	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO	WELCH ALLYN	S/M	S/N	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	0 INCLUIDO
1P	1P-012	BÁSCULA	SECA	813	8.81331E+12	HABITACIÓN AISLADA [120]	DIGITAL	OPERANDO		6	3	5	-1 INCLUIDO
1P	1P-013	MARCAPASOS	MEDTRONIC	5348	PEP007855P	BIOMEDICA		FUERA DE OPERACIÓ		8	4	4	-2 INCLUIDO
1P	1P-014	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	WELCH ALLYN	44300	SN	ROPERIA		OPERANDO		6	3	3	-2 INCLUIDO
1P	1P-015	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	7670-01S	1.60621E+11	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
1P	1P-018	IMPRESORA	HP	LASER JET PRO M402dn	PHBQD37457	RACK REGISTRADOR		OPERANDO		3	2	1	-2 NO INCLUIDO
1P	1P-019	UPS	APC	SMART-UPS SC 450	5S1621T20119	RACK REGISTRADOR		OPERANDO		2	2	2	NO INCLUIDO
1P	1P-022	SWITCH	HP	1420	CN49FPB12R	RACK REGISTRADOR		OPERANDO		3	2	2	-1 NO INCLUIDO
1P	1P-025	RACK REGISTRADOR	PHILIPS	M3176C	US41022102	CENTRAL		OPERANDO		3	3	3	-1 NO INCLUIDO
1P	1P-042	BÁSCULA	SECA	813	8.61321E+11	CENTRAL	DIGITAL	OPERANDO		6	3	5	-1 INCLUIDO
1P	1P-043	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	7670-01S	1.8083E+11	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
1P	1P-044	BÁSCULA	SECA	700	5.70005E+12	CENTRAL	CON ESTADIMETRO	OPERANDO		6	3	5	-1 INCLUIDO
1P	1P-045	ELECTROCARDIOGRAFO	PHILIPS	TRIM II	USO0507505	CENTRAL		OPERANDO		6	4	4	0 INCLUIDO
1P	1P-046	NEGATOSCOPIO	DIMEDIC	S/M	48513	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	-2 INCLUIDO
1P	1P-047	TERMOHIGROMETRO	AVALY	VA-EDT-1-55	S/N	CENTRAL		OPERANDO		4	3	5	0 INCLUIDO
1P	1P-C05	COMPRESOR VASCULAR	COVIDIEN	SCD 700	V1833515SX	CENTRAL		OPERANDO		8	4	3	-2 INCLUIDO
1P	1P-C06	COMPRESOR VASCULAR	COVIDIEN	SCD 700	V1900629SX	CENTRAL		OPERANDO		8	4	3	-2 INCLUIDO
1P	1P-C07	COMPRESOR VASCULAR	COVIDIEN	SCD 700	V1900511SX	CENTRAL		OPERANDO		8	4	3	-2 INCLUIDO
1P	1P-C08	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MASIMO	ROOT / RADICAL 7	2000051591	CENTRAL		OPERANDO		7	4	4	1 INCLUIDO
1P	1P-C09	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MASIMO	ROOT / RADICAL 7	2000051000	CENTRAL		OPERANDO		7	4	4	1 INCLUIDO
1P	1P-C12	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MASIMO	ROOT / RADICAL 7	2000051550	CENTRAL		OPERANDO		7	4	4	1 INCLUIDO
1P	1P-C11	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MASIMO	ROOT / RADICAL 7	2000051598	CENTRAL		FUERA DE OPERACIÓ		7	4	4	1 INCLUIDO
1P	1P-048	ESFIGMOMANÓMETRO	HILLROM	7670-01S	2.11209E+11	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
1P	1P-049	ESFIGMOMANÓMETRO	HILLROM	7670-01S	2.11209E+11	CENTRAL		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
1P	1P-050	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO	FREE FLOW	BDKL00794	CARRO DE PARO	SE TRANSIERE DE LA	OPERANDO		9	4	3	-1 INCLUIDO
1P	1P-C13	GLUCÓMETRO	ABBOTT	FREESTYLE OPTIUM NEO H	LBGB197510955	CENTRAL		OPERANDO		6	2	1	NO INCLUIDO
2P	2P-002	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	7670-01S	1.60621E+11	PEDIATRIA		OPERANDO		6	3	3	2 INCLUIDO
2P	2P-004	BÁSCULA	HEALT O METER	HOM3997	41376	PEDIATRIA		OPERANDO		6	3	5	-1 INCLUIDO
2P	2P-005	DEFIBRILADOR	HP	CODE MASTER	3814A14233	PEDIATRIA		OPERANDO		10	5	5	INCLUIDO
2P	2P-011	MEZCLADOR DE GASES	OHIO	S/M	B1003920	PEDIATRIA		OPERANDO		8	4	3	-1 INCLUIDO
2P	2P-013	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO	WELCH ALLYN	11470	S/N	PEDIATRIA		OPERANDO		6	3	3	0 INCLUIDO

Figura 5. Inventario actualizado por el departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal

En el caso de los equipos que tuvieran una calificación igual o superior a los 12 puntos en la ponderación de la OMS, se buscó tener una distribución más uniforme a lo largo de los 12 meses del año, para que la carga de trabajo no se concentrará mucho en un solo año y pudiera alcanzarse el mejor aprovechamiento del personal del departamento. Un ejemplo del cambio de este calendario se puede observar en la Figura 6.

Area	Control	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1P	1P-001	ESFIGMOMANÓMETRO												
1P	1P-002	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO												
1P	1P-003	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO												
1P	1P-004	ESFIGMOMANÓMETRO												
1P	1P-005	DESFIBRILADOR												
1P	1P-007	REGULADOR DE SUCCIÓN												
1P	1P-008	ESTUCHE DE LARINGOSCOPIO												
1P	1P-009	GENERADOR DE OZONO												
1P	1P-011	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO												
1P	1P-012	BÁSCULA												
1P	1P-014	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN												
1P	1P-015	ESFIGMOMANÓMETRO												
1P	1P-016	MONITOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-017	MONITOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-018	IMPRESORA												
1P	1P-019	UPS												
1P	1P-021	SINCRONIZADOR												
1P	1P-022	SWITCH												
1P	1P-023	HOPPING												
1P	1P-024	PC												
1P	1P-025	RACK REGISTRADOR												
1P	1P-026	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-027	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-028	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-029	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-030	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-031	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-032	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-033	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-034	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-035	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												
1P	1P-037	TRANSMISOR DE TELEMETRÍA												

Figura 6. Calendario actualizado de mantenimientos preventivos

Por otro lado, para los equipos que tuvieran una calificación más alta de los 12 puntos, se buscó tener una distribución mucho más uniforme a lo largo del año, de forma que no hubiera una concentración muy grande de mantenimientos preventivos en un mes, sino que los 12 meses tuviera una distribución similar (Figura 6).

## Segunda actualización de calendarios de mantenimientos preventivos

En la primera versión del calendario modificado se observó una distribución más uniforme en torno a la concentración de mantenimientos preventivos agendados por mes, sin embargo, al realizar una segunda revisión de los mismos, se encontraron puntos que no se habían tomado en cuenta, los cuales se mencionan a continuación:

- Los mantenimientos preventivos de los equipos en contrato con proveedor, ya sea por garantía, póliza de mantenimientos, comodato o por consigna, son definidos con base en las fechas establecidas dentro de la empresa para coordinar a su personal en los diferentes complejos con los que trabajan, por lo que, para estos equipos, la ponderación de OMS solo se utiliza como referencia. El departamento Ingeniería Biomédica se encarga de gestionar la realización del mantenimiento preventivo y de verificar los resultados al término del mismo.
- Los equipos propios fueron movidos de tal forma que en el calendario 2021 y 2022 no coincidía la periodicidad, provocando que hubiera mantenimientos calendarizados poco tiempo después de realizado el anterior. Por ejemplo, si un regulador de succión fue calendarizado en el 2021 en el mes de diciembre, con el reacomodo de mantenimientos preventivos, se programó en febrero de 2022, lo cual llevaba a una inconsistencia.
- Los equipos que ingresaron durante enero y febrero del año 2022 fueron calendarizados de manera inmediata a su llegada para acoplarse a la distribución de los mantenimientos a lo largo del año, lo que provocó una inconsistencia en el calendario ya que no tenía sentido realizar un mantenimiento preventivo a un equipo con el tiempo mínimo de estado activo, antes de la recomendación del proveedor.
- La información del inventario se concentró en una sola base maestra, la cual solo tenía acceso una persona para evitar modificaciones. Esto provocó que no hubiera una actualización constante debido a la dependencia de esa persona, pues si llegaba a faltar o tenía vacaciones, el personal no podría hacer actualizaciones o modificaciones a los equipos reincidiendo a uno de los factores determinantes del proyecto: no tener una base de datos actualizados en tiempo real.

Con base en estos resultados, se realizó un ajuste al calendario, el cual no se enfocaría en la uniformidad de mantenimientos a lo largo de los 12 meses del año sino en el ingreso de los equipos y la consideración de las instrucciones del proveedor o en la calificación obtenida por parte de la ponderación de la OMS en caso de que fueran propios y no fueran definidos por el proveedor. Estos

reajustes obligaron al departamento a realizar una actualización de información con los diferentes jefes de áreas.

Aunque en esta segunda actualización, el factor principal no fue la distribución uniforme de la carga por las razones anteriormente explicadas, se tomó en cuenta la cantidad de carga del ingeniero para poder realizar distribución de áreas conforme a la carga de cada una de ellas, pensando tanto en la parte operativa diaria como la parte de los mantenimientos preventivos.

## **Sistema de Gestión de Equipo Médico (SGEM)**

El *Sistema de Gestión de Equipo Médico* o también llamado *SGEM*, está desarrollado en un entorno web para entrar en armonía con las plataformas y herramientas desarrolladas por el departamento de sistemas, para que posteriormente se pudiera integrar a los servidores del hospital. Entre las diferentes herramientas que se utilizaron para la creación del sistema están:

- HTML (HyperText Markup Language): Es un lenguaje de marcado que se encarga de estructurar la página web que se está desarrollando. Para poder visualizar la información codificada en forma de etiquetas es necesario el uso de un navegador, ya que este es el intérprete del código generado por el programador (*HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto*, 2022).
- CSS (Cascading Style Sheets): Es un lenguaje de interpretación que agrupa aspectos visuales como diseño, color, forma, etc., de una página web con base al uso de estilos aplicados a las etiquetas HTML (*¿Qué es el CSS?*, 2022).
- PHP (Hypertext Preprocessor): Es un lenguaje de programación en donde el código realizado se ejecuta en el servidor, generando código HTML y enviándolo al cliente. Este podrá visualizar los resultados, pero no podrá ver el código ejecutado. Se utiliza de igual forma para tener una conexión con las bases de datos alojadas en el servidor (*What is PHP?*, 2022).
- JavaScript (AJAX): Es un lenguaje de programación que permite que las páginas web se actualicen de forma asíncrona mediante el intercambio de datos con un servidor web en

segundo plano. Esto significa que es posible actualizar partes de una página web sin recargar toda la página (*AJAX Introduction.*, 2022).

- SQL: Es un lenguaje de programación que trabaja con un conjunto de datos y la relación entre ellos. Permite el acceso y manipulación de la información almacenada permitiendo de esta forma seleccionar, insertar, actualizar, eliminar y manejar de manera administrativa todos los datos alojados en el servidor. («Lenguaje de programación SQL», 2022)

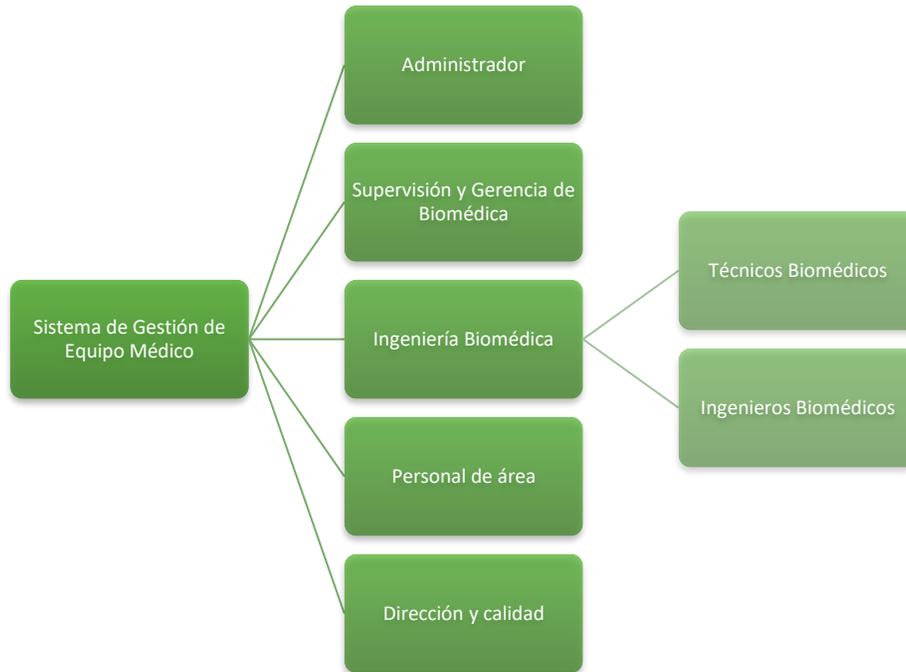
Se utilizó un bloc de notas llamado *Sublime Text V. 3.2* de distribución libre para la escritura del código en los diferentes lenguajes, ya que permite la generación de colores de los elementos de una amplia gama de lenguajes de programación y etiquetado que permiten visualizar errores de una manera mucho más sencilla.

Para la interpretación del código HTML, así como el uso de las hojas de estilo, se utilizó como software de pruebas el navegador *Firefox Browser Developer V. 106.0b9* por la ventaja de poder instalar una extensión que permite borrar la cache de una manera más rápida y fácil y por las diferentes herramientas de desarrollo web con las que cuenta.

Para la compilación del código PHP y la utilización de SQL para manejar la información de la base de datos, se instaló un grupo de programas de acceso libre contenidos en el paquete *AppServe*, el cual incluye la versión más actualizada de Apache además de un gestor de bases de datos llamado *PHPMYADMIN*.

Para la creación del sistema, se consultó al personal del departamento (técnicos, ingenieros, supervisores y gerente) para identificar que necesidades tenía el departamento y la manera en la que el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de equipo médico pudiera ayudar a tener un mejor control de información. Con base a esto se realizó un boceto, indicando las diferentes funcionalidades con las que debía de contar el sistema, así como las posibles sesiones que se podrían implementar, ya que los permisos eran diferentes.

El resultado fue un diagrama que mostraba todas las sesiones que compondrían al sistema, el cual se puede visualizar en la Figura 7.



**Figura 7. Sesiones que componen al Sistema de Gestión de Equipo Médico**

Ya visualizadas las sesiones que tendría el sistema, se generó una tabla independiente a la del equipo médico, en donde se concentraba la información general de los usuarios que tendrían acceso al sistema, desde los integrantes del departamento de ingeniería biomédica hasta el personal de áreas y directivos. Los campos que se utilizaron para poder registrar cada usuario fueron un id incrementable que identificaría a cada usuario, usuario, contraseña, tipo de sesión, nombre completo del usuario y el estatus de la sesión, es decir, si estaba activa o inactiva. Dichos campos de la tabla, se pueden ver en la Figura 8.

Opciones						
id_usuario	username	password	id_tipo_sesion	nombre_usuario	iniciales	Status
						1- Activo / 2-Inactivo

**Figura 8. Tabla de usuarios con la información general de las personas que pueden ingresar al sistema**

Para integrar la información generada durante las revisiones del calendario, se realizó un archivo de Excel que recopilaría la información general de cada uno de los equipos y esta misma fue importada al gestor de base de datos, conformando la tabla observada en la Figura 9.

id_inventario	area	control	descripcion	marca	modelo	numero_serie	ubicacion	observaciones	estado	fecha_registro_equipo
1	1P	1P-001	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	PORTATIL	180830081485	CENTRAL		BAJA	
2	1P	1P-002	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO	WELCH ALLYN	71110	S/N	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO	
3	1P	1P-003	FLUJÓMETRO DE OXÍGENO	OHIO	SM	AHEU37606	CARRO DE PARO		OPERANDO	
4	1P	1P-004	ESFIGMOMANÓMETRO	TYCO HEALTHCARE	PORTATIL	9203241594	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO	
5	1P	1P-005	DEFIBRILADOR	PHILIPS	HEARTSTART XL	US00126565	CENTRAL		OPERANDO	
6	1P	1P-007	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO	S/M	AHBK16782	CARRO DE PARO		BAJA	
7	1P	1P-008	MANGO DE LARINGOSCOPIO	WELCH ALLYN	S/M	S/N	CARRO DE PARO	C / 4 HOJAS	OPERANDO	
8	1P	1P-009	GENERADOR DE OZONO	AMERICAN OZONO	AT 1000	SN	HABITACIÓN AISLADA [120]		OPERANDO	
9	1P	1P-010	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	7670-01S	180830082225	BAJA		BAJA	

fecha_baja	funcion	riesgo	requisitos	antecedentes	ge	calendario	mes_programado	frecuencia	equipo	definido	realiza
6	3	3	3	2	14	INCLUIDO	06	6	PROPIO	SI	IB
6	3	3	3	0	12	INCLUIDO	07	12	PROPIO	SI	IB
6	3	1				NO INCLUIDO	NA	NA	PROPIO	IB	NA
6	3	3	3	2	14	INCLUIDO	08	12	PROPIO	SI	IB
10	5	5				INCLUIDO	04	6	PROPIO	IB	IB
8	4	3	3	-1	14	INCLUIDO	NA	NA	PROPIO	SI	IB
6	3	3	3	1	13	INCLUIDO	06	12	PROPIO	SI	IB
2	2	2	2			NO INCLUIDO	NA	NA	PROPIO	IB	NA
6	3	3	3	2	14	INCLUIDO	06	12	PROPIO	SI	IB

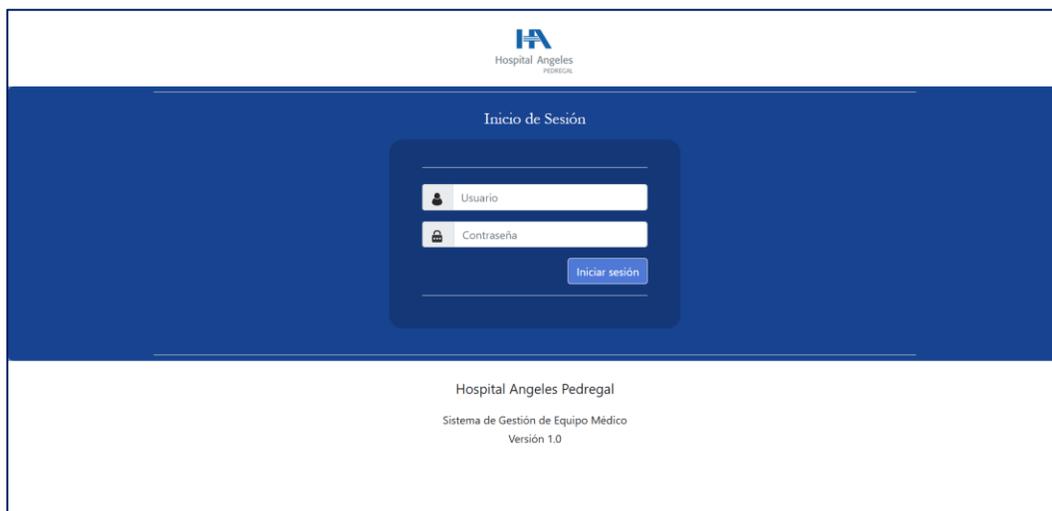
Figura 9. Tabla principal con la información general de los equipos

Los elementos que componen a la tabla de la Figura 9 son los siguientes:

- **Información general del equipo:** id inventario, área, control, descripción, marca, modelo, número de serie, ubicación, si es propio o comodato, observaciones e id del usuario que agrego el equipo
- **Información del estado actual del equipo:** estado (operando, fuera de operación, baja), fecha de operación y fecha de baja

- **Ponderación de la OMS:** función, riesgo asociado al paciente, requerimientos de mantenimiento y antecedentes
- **Información sobre el mantenimiento:** si está incluido en calendario o no, frecuencia, primer mes programado del año en que recibe mantenimiento, quien define el mantenimiento, quien realiza el mantenimiento

Posteriormente, se empezó a generar la interfaz gráfica del sistema, la cual se usaría como base para todas las sesiones, cambiando los permisos de cada una. Para la generación de esta parte se utilizó un framework front-end de distribución gratuita llamado *BOOSTRAP*, que utiliza estilos definidos en CSS fáciles de adaptarse a las necesidades del usuario y capaz de adaptarse a cualquier dispositivo utilizado (computadora, celular, tableta) por medio del uso de elementos responsivos.

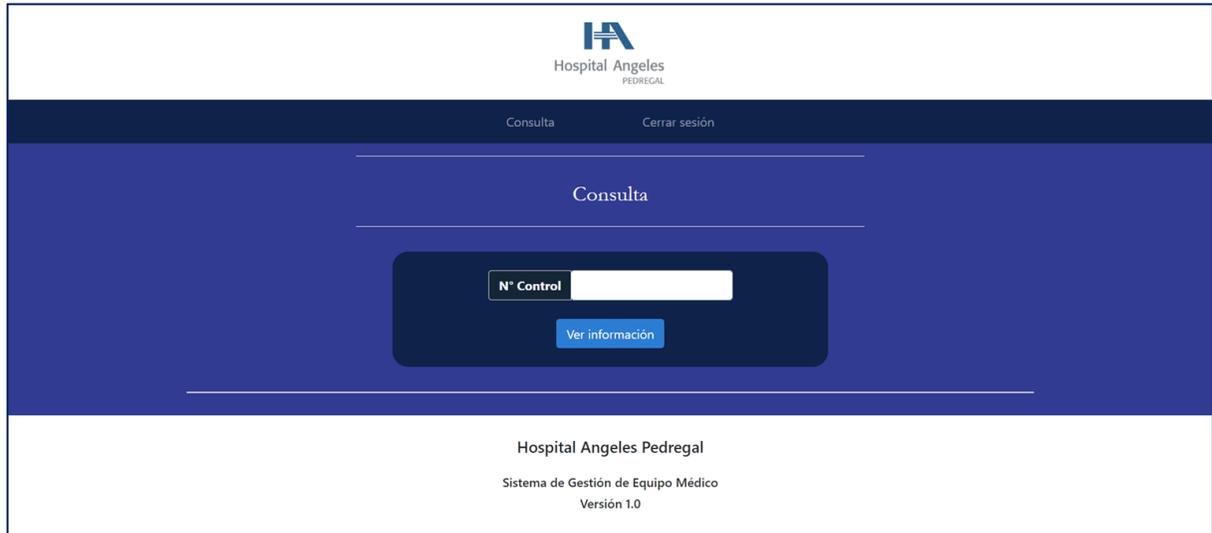


**Figura 10. Interfaz de Inicio del SGEM**

## **Sesiones que componen al Sistema de Gestión de Equipo Médico**

### ***Sesión General***

Su función principal es utilizarse como un buscador mediante el cual se podrá ver información general del número de control o número de serie del equipo ingresado. Es la sesión a la que tendrá acceso todo el personal del hospital.



**Figura 11. Sesión General: Buscador**

### ***Sesión de áreas***

En este tipo de sesión podrá acceder el personal del área de la sesión, así como el jefe de la misma y solo podrá ver la información relacionada a los equipos médicos pertenecientes al servicio. Esta sesión estará compuesta por cuatro módulos:

#### ***Modulo Cuenta:***

Permite visualizar la información general de la cuenta, en donde vendrá el nombre del jefe o jefa del servicio, así como el nombre del área (Figura 12).



**Figura 12. Modulo cuenta**

***Equipo Médico:***

Permite visualizar el estatus de los mantenimientos preventivos de los equipos médicos asignados al área, así como la información general de los mismos Figura 13.

No.	Control	Descripción	Marca / Modelo	Número de Serie	Estado	Información
1	1P-001	ESFIGOMANÓMETRO	WELCH ALLYN / PORTATIL	180830081485	BAJA	
2	1P-002	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO	WELCH ALLYN / 71110	S/N	OPERANDO	
3	1P-003	FLUÓMETRO DE OXÍGENO	OHIO / SM	AHEU37606	OPERANDO	
4	1P-004	ESFIGOMANÓMETRO	TYCO HEALTHCARE / PORTATIL	9203241594	OPERANDO	
5	1P-005	DESFIBRILADOR	PHILIPS / HEARTSTART XL	US00726565	OPERANDO	

**Figura 13. Modulo Equipo Médico**

Cada color indica un estatus del mantenimiento preventivo del equipo en cuestión; si el mantenimiento es vigente, atrasado, esta calendarizado en el mes actual o es libre de mantenimiento. En la Figura 14 se puede ver el significado de cada uno de los colores utilizados.

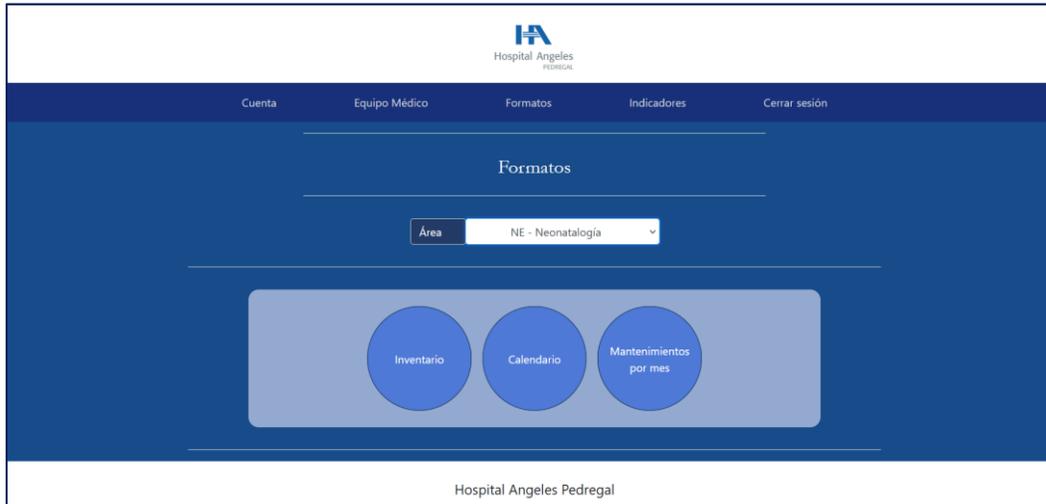
The image shows a dialog box titled 'Código de colores' with a close button (X) in the top right corner. It contains a table with two columns: 'Color' and 'Estado'. The table lists seven maintenance states, each associated with a specific color. At the bottom right of the dialog, there are two buttons: 'Cerrar' (Close) and 'Aceptar' (Accept).

Color	Estado
Verde oscuro	Mantenimiento Vigente
Verde claro	Mantenimiento Reprogramado
Naranja	Mantenimiento Actual
Rojo	Mantenimiento Atrasado
Cian	Libre de mantenimiento
Verde lima	Fuera de operación
Púrpura	Baja

**Figura 14. Nomenclatura de colores utilizados en el SGEM**

***Formatos:***

Permite visualizar tres tipos de formatos en PDF distintos que engloban toda la información de todos los equipos médicos del departamento: el inventario general, el calendario de mantenimientos y los mantenimientos asignados de forma mensual.



**Figura 15. Modulo Formatos**

La primera opción permite ver el PDF del inventario vigente que tiene el área con la información más relevante (nombre, número de serie, ubicación, estatus). Este documento no incluye a los equipos de baja o fuera de operación (Figura 16).

La segunda opción permite visualizar el calendario de mantenimientos preventivos del año en curso. Solo se podrán visualizar los equipos que tengan el calendario de mantenimientos incluidos (Figura 17).

Finalmente, el tercer formato permitirá visualizar los mantenimientos programados a lo largo de los doce meses del año en curso, así como la fecha y el número de reporte referenciado al mantenimiento. En caso de no ser realizado aparecerá “No Registrado” (Figura 18).

## INVENTARIO DE EQUIPO MÉDICO NEONATOLOGÍA 2022

Propios: 132						
N° Control	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Estado	Ubicación
NE-001	REGULADOR DE VOLTAJE	GR7C	RG-2000MC	001138343	OPERANDO	TRANS
NE-002	BÁSCULA	SARTORIUS	BP18000S	80304055	OPERANDO	PASILLO
NE-003	MEZCLADOR DE GASES	SECHRIST	20457-2	81782	OPERANDO	UCIN
NE-004	MEZCLADOR DE GASES	SECHRIST	20457-2	81781	OPERANDO	UCIN
NE-005	MEZCLADOR DE GASES	SECHRIST	20457-2	86049	OPERANDO	UCIN
NE-008	BÁSCULA	SARTORIUS	CP8201	18550094	OPERANDO	PASILLO
NE-007	MEZCLADOR DE GASES	OHMEDA MEDICAL	M2100	CAQ01243	OPERANDO	TRANS
NE-008	MEZCLADOR DE GASES	OHMEDA MEDICAL	M2100	CAQ01510	OPERANDO	TRANS
NE-009	MEZCLADOR DE GASES	OHMEDA MEDICAL	M2100	CAQ01441	OPERANDO	UCIN
NE-010	MEZCLADOR DE GASES	BIRD	SM	BAF05753	OPERANDO	TRANS
NE-011	MEZCLADOR DE GASES	BIRD	MR	AJF05729	OPERANDO	PROC. ESP.
NE-012	MEZCLADOR DE GASES	OHMEDA MEDICAL	M2100	CAQ01423	OPERANDO	TERAPIA INTER
NE-014	MEZCLADOR DE GASES	OHMEDA MEDICAL	M2100	BAF02433	OPERANDO	TERAPIA INTER
NE-015	GENERADOR DE OZONO	COSEMAR-OZONO	1250 TURBO	SN	OPERANDO	TRANS
NE-019	MEZCLADOR DE GASES	SECHRIST	20457-2	86050	OPERANDO	TRANS
NE-020	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHMEDA MEDICAL	S/M	AHBIK18828	OPERANDO	UCIN
NE-021	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHMEDA MEDICAL	FREE FLOW	BOXL00727	OPERANDO	TRANS
NE-024	REGULADOR DE SUCCIÓN	VACUTRON	22-15-1100	SN	OPERANDO	UCIN
NE-025	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO	22-15-1100	JGHT38033	OPERANDO	UCIN
NE-028	DESFIBRILADOR	HP	CODE MASTER	US00102304	OPERANDO	UCIN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

FO-OP-IB-01  
Rev. 1  
2003/09/10  
Pag. 1 / 9

Figura 16. Ejemplo del formato *Inventario vigente*

## CALENDARIO DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS NEONATOLOGÍA 2022

Propios: 81

N° Control	Equipo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NE-002	BÁSCULA												
NE-003	MEZCLADOR DE GASES												
NE-004	MEZCLADOR DE GASES												
NE-005	MEZCLADOR DE GASES												
NE-006	BÁSCULA												
NE-007	MEZCLADOR DE GASES												
NE-008	MEZCLADOR DE GASES												
NE-009	MEZCLADOR DE GASES												
NE-010	MEZCLADOR DE GASES												
NE-011	MEZCLADOR DE GASES												
NE-012	MEZCLADOR DE GASES												
NE-014	MEZCLADOR DE GASES												
NE-019	MEZCLADOR DE GASES												
NE-020	REGULADOR DE SUCCIÓN												
NE-021	REGULADOR DE SUCCIÓN												
NE-024	REGULADOR DE SUCCIÓN												
NE-025	REGULADOR DE SUCCIÓN												
NE-026	DEFIBRILADOR												
NE-028	REGULADOR DE SUCCIÓN												
NE-029	CAMPANA DE FLUJO LAMINAR												

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

FO-OP-IB-02  
Rev. 1  
2003/09/10  
Pag. 1 / 6

Figura 17. Ejemplo del formato *Calendario de mantenimientos preventivos*

**LISTADO MENSUAL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS  
NEONATOLOGÍA  
Diciembre - 2022**

Propios: 29					
N° Control	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Reporte
NE-020	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHMEDA MEDICAL	S/M	AHBK10620	2022-12-29 ..... 1545224
NE-021	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHMEDA MEDICAL	FREE FLOW	BDKL00727	2022-12-29 ..... 1545228
NE-059	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	WELCH ALLYN	LS-135	S/N	2022-12-29 ..... 1545234
NE-060	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	WELCH ALLYN	LS-135	S/N	2022-12-29 ..... 1545238
NE-065	INCUBADORA	INTERNATIONAL BIOMEDICAL	VOYAGER	782	NO REGISTRADO
NE-069	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDGK51425	2022-12-29 ..... 1545241
NE-070	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDGK51421	2022-12-29 ..... 1545243
NE-071	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDGQ50592	2022-12-29 ..... FO. 1545251
NE-072	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDHK51420	2022-12-29 ..... 1545247
NE-073	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDHK51424	2022-12-29 ..... 1545250
NE-082	INCUBADORA	OHMEDA MEDICAL	GIRAFFE OMNIBED	HDHK51425	NO REGISTRADO
NE-083	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	GENERAL ELECTRIC	S/M	S/N	2022-12-29 ..... 1545238
NE-085	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHMEDA MEDICAL	SM	JGHP38291	2022-12-29 ..... BAJA: 1545252
NE-086	MONITOR DE OXIGENO	OHMEDA MEDICAL	5120	FABV00311	NO REGISTRADO
NE-087	MONITOR DE SIGNOS VITALES	GENERAL ELECTRIC	DASH 4000	SHQ11370875GA	2022-12-29 ..... 1545255
NE-093	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHILIPS	MX500	DE351B9501	2022-12-29 ..... 1545257
NE-096	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHILIPS	MX500	DE351B9500	2022-12-29 ..... 1545259
NE-097	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHILIPS	MX500	DE351B9508	2022-12-29 ..... 1545261
NE-098	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHILIPS	MX500	DE351B9509	2022-12-29 ..... 1545264
NE-101	MÓDULO MULTIPARAMÉTRICO	PHILIPS	M3001A	DE6520HD8D	2022-12-29 ..... 1545267

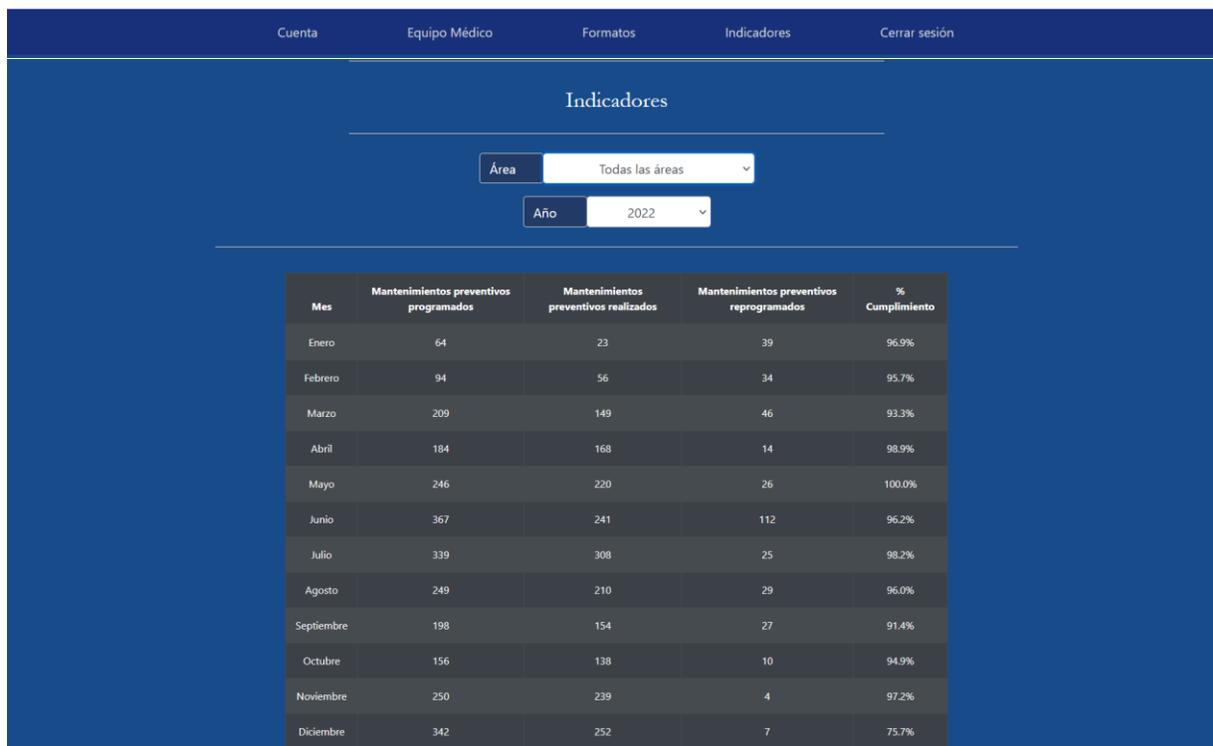
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

FO-OP-IB-01  
Rev. 1  
2003/09/10  
Pag. 1 / 2

Figura 18. Ejemplo del formato *Listado mensual de mantenimientos preventivos* del mes de diciembre

## Indicadores

Permite ver el porcentaje de avance del calendario de mantenimientos programados por parte del personal del departamento de ingeniería biomédica. Los <<mantenimientos realizados>> son aquellos que fueron realizados en tiempo y forma mientras que los <<mantenimientos reprogramados>> son aquellos que se atrasaron por alguna razón y se realizaron posteriormente. El indicador se expresa en porcentaje.



The screenshot shows the 'Indicadores' module interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Cuenta', 'Equipo Médico', 'Formatos', 'Indicadores', and 'Cerrar sesión'. Below the navigation bar, the title 'Indicadores' is centered. There are two dropdown menus: 'Área' set to 'Todas las áreas' and 'Año' set to '2022'. Below these filters is a table with the following data:

Mes	Mantenimientos preventivos programados	Mantenimientos preventivos realizados	Mantenimientos preventivos reprogramados	% Cumplimiento
Enero	64	23	39	96.9%
Febrero	94	56	34	95.7%
Marzo	209	149	46	93.3%
Abril	184	168	14	98.9%
Mayo	246	220	26	100.0%
Junio	367	241	112	96.2%
Julio	339	308	25	98.2%
Agosto	249	210	29	96.0%
Septiembre	198	154	27	91.4%
Octubre	156	138	10	94.9%
Noviembre	250	239	4	97.2%
Diciembre	342	252	7	75.7%

Figura 19. Modulo Indicadores

## Sesión de Acceso Completo

Tendrá permisos solo de visualización. A este tipo de sesión tendrá acceso el personal de dirección, del área de calidad y la supervisión de enfermería. A diferencia de la sesión pasada esta tendrá acceso general a la información de todas las áreas que se encuentran en el hospital.

### ***Sesión de Ingeniería Biomédica***

Tendrá acceso personal del departamento de Ingeniería Biomédica (técnicos biomédicos e ingenieros biomédicos). Además de las funciones enlistadas en los cuatro módulos anteriores de la sesión de áreas, se agregan las siguientes funcionalidades:

- Visualizar los formatos del inventario completo en donde se incluyen equipos de baja (Figura 22).
- Agregar información de los reportes de los preventivos programados a lo largo del año: Se ingresará el número de reporte de la plataforma de Intranet, así como la fecha en la cual fue realizado el mantenimiento preventivo. En el estatus se indicará si fue hecho en tiempo y forma o si recibió un atraso debido a algún tema en particular (Figura 20).

The image shows a web application window titled "Reporte: AL-001" with a close button (X) in the top right corner. The main content area is titled "Información de reporte" and contains several form elements:

- A dropdown menu labeled "Tipo de reporte" with the selected value "Mantenimiento Preventivo".
- A dropdown menu labeled "Mantenimiento" with the selected value "Seleccionar".
- A dropdown menu labeled "Status" with the selected value "Seleccionar el estatus del preventivo".
- A text input field labeled "N° Reporte" which is currently empty.
- A date input field labeled "Fecha [Reporte]:" with the value "09 / 01 / 2023" and a calendar icon.
- A blue button labeled "Guardar Reporte" centered below the input fields.
- At the bottom right, there are two buttons: a red "Cerrar" button and a blue "Aceptar" button.

**Figura 20. Ventana con información de reporte básica**

- Visualizar formatos de Adendum que permiten realizar modificaciones al inventario actual con conocimiento de las áreas correspondientes sin la necesidad de reimprimir todo el inventario (Figura 23 y Figura 24).
- Visualizar las caratulas que tiene cada equipo en las carpetas donde se resguarda la documentación del mismo (Figura 21).

 <b>HOSPITAL ANGELES PEDREGAL</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA</b> <b>INFORMACIÓN DE EQUIPO MÉDICO</b>				
DATOS GENERALES				
NO DE CONTROL	CD-002	FECHA DE INGRESO		
EQUIPO	ESFIGMOMANÓMETRO	INICIO DE OPERACIÓN		
MARCA	WELCH ALLYN	UBICACIÓN	CONSUL 1	
MODELO	S/M	ESTADO	OPERANDO	
NO. DE SERIE	309231703	CALENDARIO MP	INCLUIDO	
PROVEEDOR		FRECUENCIA	ANUAL	
TELEFONO		#GESTIÓN DE EQUIPO	10	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
OBSERVACIONES				
No Orden	Fecha	Tipo	Ingeniero	Supervisión

**Figura 21. Ejemplo de caratula de un equipo médico**

- Agregar equipo nuevo con la información que se requiere para la base de datos enlistada en la Figura 9.

## INVENTARIO DE EQUIPO MÉDICO QUIRÓFANOS INTERNOS 2023

Propios: 181						
N° Control	Equipo	Marca / Modelo	Serie	Estado	Ubicación	Observaciones
CI-001	BALANZA	SARTORIUS / TE8100	21860142	BAJA	TRANSFER 5-6	
CI-002	MARCAPASOS	MEDTRONIC / 5388	PFQ012827P	OPERANDO	TRANSFER 5-6	
CI-003	BASTIDOR DE WILSON	S/M / S/M	S/N	OPERANDO	GUARDA DE EQUIPO RODABLE	
CI-004	SUJETADOR DE CADERA	S/M / S/M	S/N	OPERANDO	TRANSFER 5-6	
CI-005	SALA DE UROLOGÍA	SIEMENS / UROSKOP OMNIA	3427	BAJA	SALA 7	TRASLADO A INVENTARIO RA
CI-006	BOMBA DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA	TERUMO / 8000	1984	OPERANDO	GUARDA DE EQUIPO RODABLE	
CI-007	DESFIBRILADOR	PHILIPS / HEARTSTART MRX	US00578888	OPERANDO	SALA 10	
CI-008	SUJETADOR DE CADERA	INNOMED / S/M	S/N	OPERANDO	TRANSFER 5-6	
CI-009	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO / 1225	JGHR38270	OPERANDO	SALA 10	
CI-010	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO / 1225	JGHT38037	OPERANDO	SALA 2	
CI-011	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO / 1225	JGHT38031	OPERANDO	SALA 7	
CI-012	COLUMNA DE GASES MEDICINALES	OHMEDA MEDICAL / S/M	AKK500399	BAJA	SALA 9	
CI-013	COLUMNA DE GASES MEDICINALES	OHMEDA MEDICAL / S/M	AKK500400	BAJA	SALA 2	
CI-014	COLUMNA DE GASES MEDICINALES	OHMEDA MEDICAL / 6800	EAGV00110	BAJA	SALA 10	
CI-015A	TORRE DE VISUALIZACIÓN DAVINCI	INTUITIVE / VS300	329878	BAJA	SALA 6	
CI-015B	SIMULADOR DAVINCI	INTUITIVE / VS300	S/N	BAJA	SALA 6	
CI-015C	CONSOLA DE CIRUJANO DAVINCI	INTUITIVE / VS300	329817	BAJA	SALA 6	
CI-015D	CARRO DE PACIENTE DAVINCI	INTUITIVE / VS300	328844	BAJA	SALA 6	
CI-016	CONSOLA CON SISTEMA DE IRRIGACIÓN	STRYKER / TPS	304901883	OPERANDO	TRANSFER 5-6	
CI-017	REGULADOR DE SUCCIÓN	OHIO / 1225	JGHR38267	BAJA	SALA 6	

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

FO-OP-IB-01  
Rev. 1  
2003/09/10  
Pag. 1 / 21

Figura 22. Ejemplo de formato *Inventario Completo*

**ADENDUM ( 3P )**  
**INVENTARIO DE EQUIPO MÉDICO**

Fecha: 09-01-2023 / Hora: 22:20

N° Control	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Estado	Ubicación
3P-003	ESFIGMOMANÓMETRO	WELCH ALLYN	7670-01S	180830161945	OPERANDO	CENTRAL
3P-007	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO (OTOSCOPIO)	WELCH ALLYN	71060-C	4713	OPERANDO	CENTRAL
3P-014	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	WELCH ALLYN	LS-135	SIN	OPERANDO	GUARDA

Elaborado por:

Ing. Diana

Firma: \_\_\_\_\_

Recibido por:

Lic. Julia

Firma: \_\_\_\_\_

Revisado por:

Ing. Josué

Firma: \_\_\_\_\_

Autorizado por:

Ing. Carolina

Firma: \_\_\_\_\_

Figura 23. Ejemplo de Adéndum de inventario: Muestra la información del equipo del cual cambio la información

## ADENDUM ( 3P ) CALENDARIO DE EQUIPO MÉDICO

Fecha: 09-01-2023 / Hora: 22:21

N° Control	Equipo	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3P-003	ESFIGMOMANÓMETRO	2023												
3P-007	ESTUCHE DE DIAGNÓSTICO (OTOSCOPIO)	2023												
3P-014	LÁMPARA DE EXPLORACIÓN	2023												

**Elaborado por:**

Ing. Diana

Firma: \_\_\_\_\_

**Revisado por:**

Ing. Josué

Firma: \_\_\_\_\_

**Recibido por:**

Lic. Julia

Firma: \_\_\_\_\_

**Autorizado por:**

Ing. Carolina

Firma: \_\_\_\_\_

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

FO-OP-IB-01  
Rev. 1  
2003/09/10  
Pag. 1 / 1

Figura 24. Ejemplo de Adéndum de calendario: Muestra los cambios relacionados a las fechas del mantenimiento preventivo del equipo

### ***Gerencia y supervisión de Ingeniería Biomédica:***

Tendrán acceso los supervisores y el gerente del departamento. Las funciones agregadas en esta sesión son:

- Visualizar los formatos de inventarios, calendarios y mantenimientos programados por mes agrupados por ingeniero, para ver el avance que tienen estos a lo largo del año y dar seguimiento al trabajo del personal de biomédica.
- Permite cambiar el estado de un equipo, de *operando a fuera de operación*, de *operando a baja* y de *fuera de operación a operando*.

### ***Administrador:***

Solo tendrá acceso el administrador del sistema, así como el personal designado por el mismo. Además de las funciones ya descritas en las anteriores cuentas, se agregan las siguientes funciones:

- Corregir información equivocada de la base de datos, así como la modificación de fechas programadas de mantenimientos preventivos.
- Dar de alta nuevos usuarios y dar de baja usuarios que ya no están activos en el hospital.

### **Implementación y capacitación del personal del Hospital Ángeles Pedregal en el Sistema de Gestión de Equipo Médico**

Al finalizar el montaje de la base de datos de los equipos médicos (información general, fechas de mantenimientos, ponderación de la OMS), tanto los técnicos como ingenieros fueron los primeros que se les presentaron las funciones que podía realizar el sistema y las ventajas que este traería para el departamento. Se realizó una capacitación individual a cada uno de los ingenieros que forman parte de la plantilla del departamento explicando los siguientes puntos: como agregar números de reportes a un preventivo programado, como realizar una búsqueda de información en la base de datos, como agregar nuevos equipos al sistema, los diferentes tipos de formatos que se puede extraer del sistema y finalmente, la parte de los indicadores.

A los dos supervisores del departamento y a la gerente del departamento se le explicaron las funciones agregadas principalmente enfocadas al aprovechamiento de los ingenieros.

Este periodo de capacitación fue durante el mes de mayo, en lo que se adaptaba el departamento al uso del sistema. A finales del mismo mes, por indicaciones de la jefa del departamento, todo el personal debía de registrar sus mantenimientos preventivos en la nueva plataforma para actualizar el estatus de los indicadores y se identificaron los preventivos pendientes de cada área.

Cuando fue registrada toda la información realizada a lo largo de los primeros meses del año 2022 y esta se anexo al sistema, empezó la segunda etapa del ciclo de capacitaciones, las cuales involucraban al personal de áreas y a los jefes de las mismas.

Para esto se cito a los jefes de áreas junto con el personal de calidad a dos capacitaciones en aulas, en donde se explicaron las funciones del sistema, así como las ventajas que este traería para todas las áreas del hospital, las cuales iban enfocadas al mejor control de los mantenimientos realizados por el departamento. Para concluir esta parte de capacitación, se habilito y se entregaron las credenciales para cada una de las 39 áreas que involucran equipo médico dentro del hospital, así como los encargados del departamento de calidad y supervisión de enfermería.

Para finales del año 2022, tanto las áreas como el personal del departamento de ingeniería biomédica, habían aceptado el sistema de gestión de equipo médico y se convirtió en una de las herramientas de uso de día a día.

### **Obstáculos para el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de Equipo Médico**

Para la primera parte del proyecto, los ingenieros que iniciaron el proyecto, se encargaron de recabar toda la información de las 39 áreas del hospital, lo que excluyo al personal del departamento, provocando que hubiera problemas en el manejo de la información, ya que, cada uno tenía conocimiento del 100% de sus equipos de sus áreas. Al no integrarlos al principio del proyecto, se realizaron cambios en los calendarios sin tener en cuenta que había fechas que brindaba proveedor y que éstas no se podían modificar con base a la ponderación de la OMS, sino que se tenían que respetar.

Esta situación antes mencionada, genero una modificación de calendarios que provoco un desfase de preventivos durante los primeros meses del año y que, por lo tanto, generó un paso más en el proceso de proyecto, el cual es la segunda actualización de calendario. Aunado a esto, al ser validado por los encargados de las diferentes áreas, se encontraron muchas incongruencias con respecto al estatus de los equipos (operando, fuera de operación y baja) y con respecto a las fechas de mantenimientos. Es por esta razón, que la implantación oficial del sistema se concretó hasta el mes de mayo.

Al principio, el personal del departamento de biomédica tuvo cierta resistencia al cambio, ya que este implicaba dejar atrás el sistema de las hojas de cálculo con el que habían estado trabajando y al que ya estaban acostumbrados.

Durante la etapa de desarrollo, se consultó a cada uno de los ingenieros acerca de las herramientas que les funcionaría a ellos para cubrir sus necesidades. La mitad del departamento se involucró y apporto su opinión con respecto al sistema, mientras que la otra mitad, al parecerles tedioso el cambio, no dieron su punto de vista. Es decir, durante el tiempo de desarrollo y la implementación en el primer mes, el 50% del departamento aprobó la integración de la plataforma a sus actividades, mientras que el otro 50% se mantuvo al margen ante la propuesta.

Durante el mes de mayo, ya que se había montado la base de datos, la indicación de la gerencia fue el actualizar la información de los preventivos directamente en el sistema al igual que agregar los equipos nuevos que se integren al hospital. Por lo consecuente, el personal empezó a utilizar el sistema, empezando a ver que facilitaba mucho más el control de la información tanto general como de los mantenimientos y que permitía tener a todo el departamento involucrado con el estatus de todas las áreas del hospital. Para el mes de julio, el 100% del personal utilizaba el sistema para hacer consultas, actualizaciones y mantener al corriente el inventario de sus áreas correspondientes.

Con respecto a la gerencia y supervisión, desde que comenzó la implementación del sistema, ambas se vieron involucradas debido a que ahí podrían dar mayor seguimiento al aprovechamiento y avances de los ingenieros y en caso de no ver productividad, buscar opciones o alternativas para dar solución al problema.

Referente a las áreas del hospital, la recepción del sistema al principio fue muy baja, hubo poco interés por parte de la mayoría de ellas. De las 39 áreas, solo los jefes de aproximadamente 8, es decir cerca del 21%, se acercaron para hacer preguntas y tener una explicación mucho más detallada de las funciones del sistema.

En el mes de julio, este interés en el control de los preventivos aumentó, ya que se avisó por parte de dirección de que el hospital empezaría un proceso de certificación y uno de los puntos que se estaría revisando por parte de los certificadores era la documentación y la realización de los mantenimientos preventivos de todos los equipos que contaba el servicio. Con este nuevo escenario, a lo largo del mes de julio, la recepción al sistema aumentó, siendo 32 áreas (82%) las que empezaron a utilizar el sistema de forma frecuente.

Debido a la necesidad surgida por la certificación en puerta, integrantes de calidad, dirección y personal ajeno al departamento, pero involucrado con la operación y aprovechamiento del mismo empezó a acceder al sistema con regularidad para ver el avance de los ingenieros.

## 5. Conclusiones

Dada la importancia de la prestación de los servicios, las instituciones deben buscar la incorporación de sistemas y tecnología que permitan prestar el mejor servicio posible. Dadas las características del hospital descrito en el trabajo, la gestión adecuada del equipo médico era un punto fundamental que no estaba resuelto. Con el proyecto desarrollado, se buscó generar una herramienta que mejorara la GEM y, en consecuencia, generara un impacto en los servicios prestados por el hospital.

El desarrollo del proyecto, requirió del análisis de los procedimientos realizados, su evaluación y ajuste, en algunos casos, para generar una propuesta adecuada para el departamento de ingeniería biomédica y para el hospital en su conjunto.

Posterior a la implementación del sistema, durante los primeros meses de funcionamiento, se verificaron, área por área, los equipos médicos en cada una, corroborando la información recabada al inicio del proyecto y completándola con los equipos que no estaban registrados en la base de datos inicial. Para la fecha en la cual se implementó oficialmente el proyecto, **se tenía el registro del 100% de los equipos a cargo del departamento de ingeniería biomédica, siendo estos, aproximadamente, 3,400.** Este registro se siguió manteniendo actualizado, ya que conforme se integraba tecnología nueva, se registraba en el sistema y se entregaba un Adéndum al área para que estuviera informada de la actualización.

A partir de la integración del sistema a las actividades del departamento, cada un ingeniero que realizaba un mantenimiento o lo gestionaba con un proveedor, tenía que registrar el SGEM su orden de servicio para ser firmada por el jefe de área correspondiente, por lo que **se registró el 100% de las órdenes de servicio de los mantenimientos preventivos realizados.**

Con una certificación en curso, las áreas empezaron a involucrarse más con el sistema, ya que les permitía ver el avance de los ingenieros con respecto a los servicios correspondientes. Por otro lado, al tener una herramienta más directa para ver el aprovechamiento del personal, la gerencia podía visualizar los indicadores de los mantenimientos realizados por mes, de forma individual (por técnico o ingeniero) y general, del departamento. Con el primer ajuste de calendarios, durante los primeros tres meses fue alto el porcentaje de mantenimientos realizados fuera de tiempo y un porcentaje mínimo realizado en tiempo y forma. A partir del segundo ajuste de calendarios, **el porcentaje de mantenimientos se mantuvo arriba del 80%, superando el 90% en los meses posteriores, indicando que el desempeño de los ingenieros con respecto a los mantenimientos preventivos fue en aumento.**

Al principio, el personal utilizaba poco en el sistema, llegando apenas al 20%. Sin embargo, al anunciar la certificación, **empezó a aumentar el porcentaje de uso del sistema, superando el 80%.** Esto permitió que todo el personal se viera involucrado con los equipos que tenía a cargo su servicio, estando más pendientes de que los mantenimientos se realizaran en tiempo y forma.

Los ingenieros tenían a su cargo diferentes áreas, y un procedimiento de registro manual de las órdenes de servicio. **Al tener una plataforma que registrara esta información, disminuyó en un 80% la pérdida de información,** incluso, solo con el número de orden, se podía acceder al intranet y ver lo relacionada a ésta.

Finalmente, la implementación del sistema permitió que se tuviera información exacta y facilitó el registro de tecnología médica nueva, ya que, dentro del sistema, se consideró la información de integración y puesta en marcha, además de incluir información referente a la baja de los equipos. **Esto permitió que se tuviera un mayor control con respecto al proceso de gestión de equipo médico desde el ingreso hasta la baja.**

En general, el objetivo principal del proyecto se completó en su totalidad, ya que fue desarrollado un sistema de gestión de equipo médico para el hospital Ángeles del Pedregal que permite tener un mejor control de la información de los equipos. El sistema fue implementado tanto en el departamento de ingeniería biomédica como en las diferentes áreas del hospital.

El Sistema de Gestión de Equipo Médico es un avance muy importante para la digitalización de la información dentro del hospital, pues permite tener la información concentrada en un solo lugar, además de permitir una actualización continua respecto al estatus de los equipos, dando seguimiento al proceso de la GEM.

Este modelo es escalable, ya que se pueden integrar herramientas para el registro de mantenimientos correctivos y agregar otro tipo de indicadores, o bien, digitalizar todo el proceso de entrada y salida de equipo médico, tanto de activos propios como de externos, para obtener indicadores o de los proveedores que tiene contrato con el hospital.

Gracias a mi formación de ingeniero en sistemas biomédicos, además de las labores que tengo asignadas en el hospital como encargado de áreas de imagenología, neonatología, terapia intensiva y fisiología pulmonar; pude aplicar mis conocimientos de materias básicas, como programación, y vincularlo con materias de sistemas biomédicos relacionadas al área de logística hospitalaria como aspectos legales en las organizaciones de la atención médica o evaluación de proyectos, para lograr la creación de un sistema funcional que alineado con los objetivos del Hospital, comenzando con la digitalización de la información, un paso que debido al avance de la tecnología, todas las instituciones médicas están obligadas a tomar.

## 6. Referencias

*AJAX Introduction.* (2022, octubre 16). [https://www.w3schools.com/js/js\\_ajax\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/js/js_ajax_intro.asp)

*HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto.* (2022, noviembre 29). HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto

*Manual de procedimientos del departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Ángeles Pedregal.* (2016).

*¿Qué es el CSS?* (2022, noviembre 20). [https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/First\\_steps/What\\_is\\_CSS](https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/First_steps/What_is_CSS)

*What is PHP?* (2022, octubre 16). <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>

World Health Organization. (2012a). Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico. *Introduction to medical equipment inventory management.* <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44817>

World Health Organization. (2012b). Sistema computarizado de gestión del mantenimiento. *Computerized maintenance management system.* <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44828>