



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE BIOMEDICINA**

Diseño e implementación de un programa para gestionar el cronograma de los mantenimientos realizados a los equipos médicos orientado a la eficiencia operativa y reducción de costos para la empresa Totalmedic

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Biomédico

Autores:

Jesús Guillén Núñez

Karla Lizbeth Tamayo Cedeño

Tutor: Ing. Flavio Vicente Moreno Villamarin

Guayaquil – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Karla Lizbeth Tamayo Cedeño con documento de identificación N°0952312239 y Jesús Guillén Núñez con documento de identificación N°0954353900; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 30 de agosto del año 2024

Atentamente,

  
Karla Lizbeth Tamayo Cedeño  
0952312239

  
Jesús Guillén Núñez  
0954353900

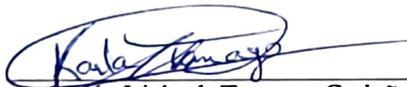
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

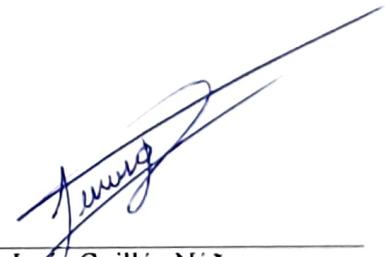
Nosotros, Karla Lizbeth Tamayo Cedeño con documento de identificación N°0952312239 y Jesús Guillén Núñez con documento de identificación N°0954353900, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: "Diseño e implementación de un programa para gestionar el cronograma de los mantenimientos realizados a los equipos médicos orientado a la eficiencia operativa y reducción de costos para la empresa Totalmedic", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Biomédica / Ingeniero Biomédico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de agosto del año 2024

Atentamente,

  
Karla Lizbeth Tamayo Cedeño  
0952312239

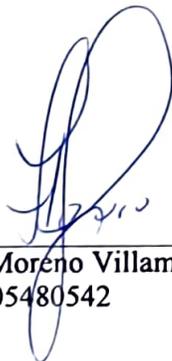
  
Jesús Guillén Núñez  
0954353900

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Flavio Vicente Moreno Villamarin con documento de identificación N° N°1205480542, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA GESTIONAR EL CRONOGRAMA DE LOS MANTENIMIENTOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS MÉDICOS ORIENTADO A LA EFICIENCIA OPERATIVA Y REDUCCIÓN DE COSTOS PARA LA EMPRESA TOTALMEDIC, realizado por Jesús Guillén Núñez con documento de identificación N°0954353900 y por Karla Lizbeth Tamayo Cedeño con documento de identificación N°0952312239, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Flavio Moreno Villamarin  
1205480542

## **Dedicatoria**

### ***Karla Tamayo Cedeño***

El presente documento va especialmente dedicado a mis padres Yessenia Cedeño y Carlos Tamayo, quienes con su dedicación, amor y sacrificio me han dado el apoyo necesario para alcanzar este logro. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y la resiliencia, por ser un ejemplo de trabajo, dedicación y pasión a lo que ejercen profesionalmente. Este objetivo es tanto mío como suyo; sin sus guías y compañía, no hubiese sido posible llegar hasta aquí.

### **Jesús Guillen Nuñez**

Dedico con todo mi corazón a mis padres, pues ellos han estado para mí siempre, cada momento y me han ayudado a crecer profesionalmente gracias a sus consejos, enseñanzas y ejemplos de vida. Sus bendiciones me han ayudado a crecer de una manera madura y eso me ha hecho más firme, por eso esto lo hago por ustedes porque me han enseñado a nunca rendirse y seguir adelante a pesar de todos los obstáculos que nos presenta la vida.

## **Agradecimiento**

### ***Karla Tamayo Cedeño***

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme vivir y haberme brindado sabiduría, fortaleza y paciencia necesarias para poder culminar uno de los objetivos de mi vida. A mi familia, mi base primordial, por ser siempre mi apoyo constante y guía en el transcurso de los años de estudio. Han sido y serán mi principal motivación para seguir adelante ante cualquier desafío. A mis amigos, que han estado a mi lado en los momentos difíciles y celebrando cada logro alcanzado. Estoy muy agradecida con mis profesores por su gran dedicación, conocimiento y esfuerzo que pusieron en mi formación académica en el transcurso de la carrera. A la UPS por brindarme las herramientas necesarias para implementar durante mi vida profesional.

### ***Jesús Guillen Nuñez***

Soy una persona muy creyente y estoy agradecido a Dios porque sé que él ha escuchado mis oraciones en las cuales había días que no confiaba en mí mismo y él me ayudó a tener esa fortaleza y confianza para seguir adelante. Agradezco a mis padres nuevamente porque ellos han estado conmigo siempre, en cada momento, en cada minuto, a mi lado. Agradezco a mis hermanos, porque ellos me aconsejaron cada vez que necesitaba de alguien y ellos estuvieron a mi lado en todo momento. Agradezco a mis amigos y amigas, en las cual ellas me ayudaron a subirme los ánimos porque hubo momentos en los que yo me sentí cansado y cuando necesité de alguien, ellos se quedaron y tomaron su tiempo para mí y me siento muy agradecido por tenerlos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	II
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1 <i>Grupo beneficiario</i> .....	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
<i>General</i> .....	7
<i>Específicos</i> .....	7
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>8</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>8</b>
2.1 DATOS QUE ANTECEDEN .....	8
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	10
2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	11
2.4 EQUIPOS BIOMÉDICOS Y LA GESTIÓN DE UN SOFTWARE WEB .....	13
2.5 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	15
2.5.1 <i>Inventario</i> .....	15

2.5.2 Inventario y la forma en que se clasifica.....	16
2.6 FORMA PARA CALCULAR LA FRECUENCIA DEL SOSTENIMIENTO	
PREVENTIVO PLANIFICADO.....	18
2.7 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	20
2.7 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS .....	21
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>22</b>
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>44</b>
<b>4. PROPUESTA .....</b>	<b>44</b>
4.1 IMPORTANCIA DE EJECUCIÓN.....	44
4.2 PRUEBAS DEL PROGRAMA WEB .....	44
4.2.1 Módulo de ingreso .....	44
4.2.2 Módulo de hoja de vida .....	45
4.2.3 Módulo de inventario .....	49
4.2.4 Módulo de Cronograma (Mantenimiento).....	50
4.2.5 Módulo de Criticidad (Reporte) .....	51
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>52</b>
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES .....	54
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>
ANEXOS 1 .....	59
ANEXO 2.....	59
ANEXO 3.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	4
Tabla 2 .....	16
Tabla 3 .....	17
Tabla 4 .....	17
Tabla 5 .....	17
Tabla 6 .....	18
Tabla 7 .....	19
Tabla 8 .....	19
Tabla 9 .....	19
Tabla 10 .....	20
Tabla 11 .....	23
Tabla 12 .....	26
Tabla 13 .....	30
Tabla 14 .....	42
Tabla 15 .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	33
Figura 2.....	35
Figura 3.....	37
Figura 4.....	39
Figura 5.....	41
Figura 6.....	43
Figura 7.....	45
Figura 8.....	45
Figura 9.....	46
Figura 10.....	47
Figura 11.....	48
Figura 12.....	49
Figura 13.....	49
Figura 14.....	50
Figura 15.....	51
Figura 16.....	51
Figura 17.....	52

## Resumen

Las instituciones hospitalarias requieren cumplir con las normas y reglamentos de la OMS y MSP, en Ecuador, por ello es necesario que se desarrollen programas para gestionar mantenimientos a los equipos médicos que resulten en la optimización operativa y reducción de costos. En el caso particular, la organización Totalmedic requería un estudio que les permita el diseño e implementación de un cronograma relacionado con el mantenimiento de equipos médicos que permitan mejorar la eficiencia de las operaciones y a su vez reduzcan los costos. La metodología fue una revisión bibliográfica, en la fase inicial se receptaron diferente información histórica de la revisión de los equipos, incluyendo fechas, tipos de mantenimientos y disponibilidad de los equipos médicos, así como los recursos humanos, técnicos y tecnológicos, se diseñaron diagramas de procesos relacionados con el tema. Como parte de la investigación se detectó que la empresa carece de un cronograma que reporte los mantenimientos de los equipos. Respecto al desarrollo del cronograma se concluyó que la prueba piloto se llevó con éxito, desde el ingreso primario de datos hasta el hecho de permitir que se añadan fechas próximas a realizar mantenimiento preventivo, se incluyó el reporte de criticidad con opción para editar, añadir y eliminar datos según la necesidad de la empresa, actualizando automáticamente el cronograma de mantenimiento.

**Palabras Clave:** Mantenimiento preventivo, equipos biomédicos, cronograma de mantenimiento, procesos, criticidad

## **Abstract**

Hospital institutions need to comply with the rules and regulations of the WHO and MSP in Ecuador, which is why it is necessary to develop programs to manage maintenance on medical equipment that result in operational optimization and cost reduction. In the particular case, the Totalmedic organization required a study that would allow them to design and implement a schedule related to the maintenance of medical equipment that would improve the efficiency of operations and in turn reduce costs. The methodology was a bibliographic review, in the initial phase different historical information from the equipment review was received, including dates, types of maintenance and availability of medical equipment, as well as human, technical and technological resources, flow charts were designed. processes related to the topic. As part of the investigation, it was detected that the company lacks a schedule that reports equipment maintenance. Regarding the development of the schedule, it was concluded that the pilot test was carried out successfully, from the primary data entry to the fact of allowing the addition of dates close to carrying out preventive maintenance, the criticality report was included with the option to edit, add and eliminate data according to the company's need, automatically updating the maintenance schedule.

**Keywords:** Preventive maintenance, biomedical equipment, maintenance schedule, processes, criticality

# **CAPÍTULO I**

## **1. Introducción**

Las empresas requieren procesos para la optimización de los servicios, siendo así que en la parte de la salud una adecuada gestión para conservar los equipos médicos que garanticen el buen funcionamiento, que garanticen la disponibilidad, seguridad y funcionamiento óptimo para la atención médica. En los hospitales, centros médicos y clínicas se utilizan diferentes instrumentos, desde sencillos termómetros y monitores de signos vitales hasta las más complejas máquinas de resonancia magnética y sistemas de ventilación mecánica.

En este mismo ámbito, el mantenimiento adecuado de estos equipos tiene como finalidad asegurar el buen funcionamiento y promueve una gestión eficaz que responde a situaciones de emergencia, específicamente con la creciente dependencia de tecnologías avanzadas en la medicina moderna, por ello es necesario que se utilicen prácticas que incluyan el sostenimiento para prever, predecir y corregir a fin de minimizar el riesgo de fallos durante procedimientos médicos críticos, de esa manera se protege a los pacientes y al personal médico de posibles daños, así mismo optimiza los costos operativos al prevenir reparaciones costosas y prolongadas.

Como parte introductoria es fundamental conocer que el mantenimiento preventivo se enfoca en realizar revisiones y ajustes regulares para evitar fallos de los diferentes equipos, mientras que el mantenimiento predictivo utiliza tecnologías avanzadas que permiten monitorear el estado de las máquinas para anticipar dificultades, es decir que detecta los problemas antes de que ocurran. En el mismo contexto, el mantenimiento que corrige se lo realiza con equipos ya han fallado y requieren reparación o sustitución para evitar posibles problemas, este tipo de acciones deben ser planificadas, hacer un seguimiento y registrarse de manera detallada las actividades de mantenimiento que mejoran la eficiencia operativa.

Bajo esta perspectiva, el mantenimiento predictivo tiene como base dos etapas, la primera se enfoca en la recopilación de antecedentes de los equipos para tener una idea clara de su conservación y sostenimiento, mientras que en la segunda instancia está asociada directamente con el cumplimiento de la revisión puntual de las máquinas (Mercado, 2022, pág. 143).

De lo anteriormente mencionado, en los diversos hospitales se deben implantar sistemas de gestión que den paso a revisar las máquinas, requiriéndose personal técnico especializado y capacitado con actualización de conocimientos sobre los avances que promuevan las mejores prácticas de mantenimiento para que los equipos médicos estén en condiciones óptimas que les permita funcionar y contribuyan a mejorar la calidad de la atención del cliente.

El desarrollo del presente trabajo se consideró el desarrollo de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Esta asociada directamente con la introducción, la descripción del problema, justificación, elaborar los objetivos y delimitación del problema.

Capítulo II: Se representa la parte teórica, incluyen las referencias teóricas, marco conceptual y legal en toda la investigación.

Capítulo III: Comprende la metodología, con el diseño y enfoque de la investigación, tipo de investigación, técnica e instrumento.

Capítulo IV: Consta la propuesta para gestionar el cronograma de los mantenimientos realizados a las máquinas, orientado a la eficiencia operativa y reducción de valores para la empresa Totalmedic.

## 1.1 Descripción del problema

La empresa Totalmedic cuenta con una gran cantidad de equipos para la prevención y tratamiento de los pacientes. Para asegurar el cuidado y la prolongación de estos dispositivos, es necesario cumplir con un análisis de calidad que incluya calibración, mantenimiento preventivo y correctivo para evitar problemas en el uso de la atención médica y disminuir los gastos operativos de la organización.

Unido a lo anterior, desde el 2022, Totalmedic evidencia la carencia de un cronograma de revisión de equipos, por ello la revisión documental evidenció que se realiza control preventivo, pero no cuenta con un técnico especializado para verificar daños o deficiencias que ocurran en el momento que resta utilidad a los dispositivos médicos que afectan la precisión en la revisión de la salud del paciente. En situaciones como estas, los costos se incrementan notablemente, específicamente si un equipo se daña entonces se interrumpe la atención directa de los pacientes, lo que afecta los ingresos directos de la institución.

En forma particular, el problema nace de diferentes causas, entre ellas la escasa revisión que compromete la funcionalidad, precisión y seguridad de los equipos, reconociendo que el desconocimiento de un debido control del mantenimiento regular, que se encuentre dentro de un cronograma el cual lleve a cabo una gestión de manera organizada y digitalizada para evitar provocar daños en la operatividad de los mismos.

Entonces, la falta de este debido control de mantenimiento como indica el Ministerio de Salud Pública, en cambio que tienen un cronograma en Excel, además, al no contar con un área de mantenimiento y el encargado de llevar el control es el administrador de la institución, en el cual el trabajo es más complejo y poco visual para identificar los equipos que necesiten un mantenimiento preventivo e identificar los equipos que necesiten ser priorizados su mantenimiento.

Además, si los equipos tienen mal funcionamiento pueden conducir a diagnósticos erróneos y tratamientos inadecuados. Esta falta mantenimiento trae como consecuencia fallas inesperadas de los equipos causando retrasos en los tratamientos. Así también puede aumentar los costos de reparación porque pueden sufrir daños graves y costosos, comparado con el mantenimiento regular y aceleran el desgaste y acorta la vida útil de los aparatos de diagnósticos, que pueden deteriorar la reputación del hospital, afectando la confianza de los pacientes y la comunidad.

Tabla 1  
Representación de la problemática

<b>PROBLEMÁTICA</b>				
<b>EFFECTOS</b>	Riesgo para la seguridad del paciente que puede provocar fallas durante procedimientos críticos	Los equipos tienen mal funcionamiento puede conducir a diagnósticos erróneos y tratamientos inadecuados	Fallas inesperadas de los equipos causando retrasos en los tratamientos	Aumentan los costos de reparación, los fallos resultan más graves y costosos aceleran el desgaste y acorta la vida útil de los equipos médicos
<b>PROBLEMÁTICA</b>	Carencia de un cronograma de mantenimiento de los equipos que compromete la funcionalidad, precisión y seguridad de los dispositivos médicos			
<b>CAUSAS</b>	Desconocimiento de la necesidad del mantenimiento regular de los equipos médicos	Falta de un cronograma de gestión de mantenimiento organizado y digitalizado para gestionar adecuadamente las actividades de mantenimiento	Carencia de programas de para mantenimiento de equipos médicos	Déficit de personal técnico para controlar el mantenimiento de los equipos

Fuente: Elaborado por los autores

Es importante mencionar que la falta de conservación de los instrumentales médicos en el hospital Totalmedic representa un problema crítico con múltiples causas y efectos adversos, debido a que se debe asegurar la funcionalidad y seguridad de los equipos, de tal manera que garantice una atención médica de calidad, por ello emerge la necesidad de implementar un cronograma con políticas y prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo adecuadas, asignando el presupuesto suficiente para contratar profesionales técnicas capacitadas y utilizar tecnología en la preservación eficaz.

Para la implementación de un programa sistemático es que se puede obtener un mejor control de cronograma y el inventario de revisión de los equipos, permite mantener automatizado los datos, además se contará con resultados de criticidad, que tiene que ver con el desgaste de los equipos, impacto operacional y es parte del mantenimiento correctivo, porque evalúa la necesidad de dar prioridad de revisión.

Al reconocer el problema, causa y efecto nació la pregunta de la investigación: ¿Cómo el diseño e implementación de un programa permitirá gestionar el cronograma del mantenimiento a los equipos médicos para lograr efectividad en la operación que minimicen el valor para Totalmedic?

## **1.2 Justificación del problema**

El presente proyecto de titulación es importante por el motivo en el que va a contribuir en el desarrollo de un marco teórico con el concepto de las variables vinculas con el cuidado de aparatos médicos, con la necesidad de diseñar e implementar un programa para controlar estos mantenimientos. Se tomó en cuenta publicaciones en revistas especializadas y los criterios de especialistas en el tema que realzan la necesidad del mantenimiento en los equipos para las diferentes empresas, como también las entidades pertinentes que regulan dentro del sector de la Salud.

En la parte práctica se fundamenta la relevancia académica del aprendizaje, en el estudio se mostró cronograma de mantenimiento de equipos médicos de la empresa Totalmedic; la finalidad es contribuir en la gestión de control de las fechas específicas de revisión de los dispositivos,

de tal manera que se eviten confusiones y contrariedades. Además, la empresa podrá contar con información sobre las condiciones para crear un programa enfocado a la toma de decisiones acertadas que den lugar a la ejecución de planes de mantenimiento que garantice la sostenibilidad financiera.

La relevancia del estudio responde a la problemática de la limitada de estructura en los cronogramas de vigilancia que ha conllevado a una serie de problemas operativos y financieros, siendo así que proponer un método informático de gestión de sostenimiento para aumentar esa capacidad en la empresa para llevar un registro detallado de las actividades de conservación de los equipos de la empresa Totalmedic, tomando en cuenta que la carencia de este sistema dificulta la identificación de patrones de fallas y la planificación proactiva de intervenciones preventivas.

La justificación práctica está fundamentada en que el diseño e implementación de un programa informático permitirá mantener actualizado el historial de la revisión de los equipos, lo mantendrá documentado y aportará a las decisiones sobre adquirir, reemplazar para mantener los equipos, minimizando los riesgos de fallos y gastos financieros exagerados, considerando que cada vez que un equipo se daña y requiere reparación, se interrumpe la atención directa de los pacientes, afectando potencialmente la salud y bienestar de estos. Dentro de este marco, la aspiración de este trabajo se centra en abordar el problema de forma directa para aprovechar la utilidad de los equipos por más tiempo.

Bajo esta perspectiva, al implementar un sistema que optimice el mantenimiento y disminuya la temporalidad de los materiales biomédicos que puede traducirse en beneficios por la efectividad de la operatividad que minimiza los valores de pérdida de equipos que con un adecuado mantenimiento se puede alargar la preservación, por ello el diseño e implementación del programa permitirá una mejor organización y control de las acciones de conservación prolongaran la utilidad de los equipos, la mejora de la calidad del servicio y la optimización de los costos financieros de la empresa.

### **1.2.1 Grupo beneficiario**

En la investigación se identifica dos grupos beneficiarios, en primer lugar, los dueños, accionistas y administradores de la empresa y en segundo lugar el cuerpo médico y los pacientes que asisten a Totalmedic.

### **1.3 Objetivos**

#### **General**

Crear un programa que gestione el cronograma de mantenimiento de equipos médicos orientado al logro de la eficiencia de las operaciones que minimicen los valores

#### **Específicos**

- Hacer una investigación profunda de equipos médicos para la clínica, identificando sus características técnicas y regulaciones establecidas.
- Evaluar el estado actual de diversos aparatos médicos en la clínica, examinando los métodos, la temporalidad y valores asociados.
- Revisar los estándares y regulaciones internacionales de gestión de preservación de los aparatos biomédicos, también las tecnologías emergentes con respecto al campo del análisis de calidad.
- Ejecutar los cuidados de los instrumentos quirúrgicos en la clínica, verificando la usualidad y funcionamiento.
- Desarrollar una prueba piloto del programa de gestión de cuidados de los aparatos médicos dentro del hospital, comprobando el funcionamiento en los diferentes módulos del programa.

## CAPÍTULO II

### 2. Fundamentación teórica

#### 2.1 Datos que anteceden

En el proceso del estudio del manejo para mantenimiento de los equipos biomédicos se consideró la revisión de diferentes temas publicados en revistas especializadas, temas de tesis, artículos científicos, entre otro tipo de información.

En los datos de OMS los programas para gestionar mantenimientos a los equipos médicos se vinculan directamente con la eficiencia operativa que deben tener en cada revisión de las piezas comunes, entre ellas fusibles, diferentes tipos de cables, las pilas que requieren para el funcionamiento y los componentes electrónicos, mantenimiento de las tarjetas de circuitos. En este sentido se debe considerar el nombre de la pieza, número de almacén que es parte de inventario, con la identificación de quien lo fábrica, serie y las partes que debe registrar, además el modelo de equipo, precio y fecha de compra (OMS, 2012, pág. 18).

El módulo de mantenimiento del CMMS optimiza las actividades que se programan y las que no se programan que se integran en los procesos hospitalarios. Este módulo permite, la planificación que sirve para calcular el momento óptimo para el mantenimiento preventivo y fechas de entrega, el seguimiento sirve para controlar el proceso y registrar la ejecución de cada tarea, por ello es importante considerar los beneficios, en cuanto al módulo de preservación como parte fundamental que busca el mejoramiento y la prolongación de la vida útil de las máquinas. Al automatizar esa programación y el seguimiento de tareas, reduce el riesgo de averías imprevistas y optimiza los valores al ofrecer una plataforma integral para gestionar los activos, definiendo los procedimientos específicos, la creación de calendarios detallados y el análisis de datos históricos que permiten anticiparse a posibles fallos mediante un mantenimiento proactivo (OMS, 2012, pág. 18).

Es importante considerar que la optimización de las acciones en el mantenimiento preventivo da paso para restar valores en la operación que sube esa disponibilidad de los equipos, por tanto, para un funcionamiento óptimo, el módulo debe incluir campos para fijar los procedimientos que pueden definir las acciones a realizar en cada equipo, fijándolas en un calendario que registra los programas, las inspecciones y mantenimientos realizados. En este sentido, el historial corresponde al registro de la frecuencia de averías y horas de funcionamiento que destaca el funcionamiento del módulo para resolver problemas concretos y aporta valor a la organización de los mantenimientos en forma clara y concisa (OMS, 2012, pág. 18).

De esto se desprende aquello que emite el MSP, acerca del registro de cada uno de los bienes, esto se lo realiza por medio de un inventario, el mismo se debe realizar tomando los datos del nombre del equipo biomédico, lugar en que se ubican los aparatos, lo que consta como parte de los equipos, identificación de su marca, especificar el modelo y la serie. En este mismo registro debe contener la identificación de quien lo fabrica, la empresa que provee, en el mismo se debe incluir nombre comercial, Registro Único del Contribuyente, la parte jurídica, contactos telefónicos, correo electrónico, personal técnico, fecha que fue creada y datos importantes (MSP, 2018, pág. 26).

En caso de que se incorporen nuevos equipos por la adquisición o si fueron donados, así como el egreso de equipamiento porque no se los puede usar; se recomienda que año a año se verifiquen los productos, como se encuentran en su utilidad para proceder a la baja de equipos en un centro de salud público, es indispensable ceñirse a los protocolos detallados en el 'RACAMS'. Asimismo, es obligatorio cumplir con las 'NCICGE, considerando factores como la ubicación del equipo, su estado técnico y otros aspectos relevantes según el departamento de mantenimiento(MSP, 2018, pág. 26).

Con la recopilación y gestión de información general de la información de los tres estudios permite registrar el cuidado de los equipos biomédicos con su respectiva planificación y análisis de calidad sobre los equipos médicos para disminuir el tiempo de no operabilidad. Es importante conocer

el problema del manejo de mantenimientos correctivos, predictivos y preventivos, además de tener presupuesto predestinado para la contratación de personal calificados que planifique y controle el buen manejo de los equipos y de esa manera se evite la paralización temporal o permanente que perjudica a la empresa hospitalaria, a la administración, cuerpo médico y paciente.

En este mismo contexto, se debe considerar el costo de la conservación que prevé que los aparatos médicos que corresponden a los hospitales públicos, establecimiento los parámetros de los recursos materiales que gestionan el mantenimiento y el talento humano que puede considerar contrato con terceros que brindan la revisión. Es fundamental que se tomen en cuenta los equipos de diagnóstico como los instrumentos de medición y calibración que fueran ser fijadas o se pueden alquilar, mientras que el equipo son los colaboradores especializados que realiza el sostenimiento al interior y exterior, sumando que se requieren procesos de capacitación permanente y diferentes actividades para incentivar al personal. Por otro lado, los recursos tecnológicos se determinan por el costo de equipos tecnológicos, software, ente otros, que se utilizan en el procesamiento la información en equipos biomédicos (MSP, 2018, pág. 24).

## **2.2 Mantenimiento Preventivo**

La idea del sostenimiento de los equipos asegura un correcto uso de las máquinas que se usan en las unidades hospitalarias y centros de salud para prevenir fallas y paradas imprevistas. El concepto de programa de mantenimiento preventivo consiste en ejecutar con rapidez actividades regulares como lo son revisiones diarias o semanales, cambios de repuestos que permitirán la eficacia del manejo de los dispositivos y equipos médicos (Tech, 2024, pág. 3).

Para (Caro, 2019) “El mantenimiento preventivo siempre será prevenida y preparada antes de la fecha propuesta para conocer el fallo que permite ubicar las causas posibles que se deben corregir en el momento que aparecen” (pág. 14).

En el proceso de mantenimiento de equipo se deben tomar en cuenta diferentes variables: a) Calibración es considerada como un balance de resultados que se han obtenido en el equipo para luego llevar a cabo una comparación según las normativas. b) Inspección: En la inspección se detalla de manera visual mediante herramientas de medición con componentes factibles que aprueben el estado del funcionamiento del equipo, ya sean sus características y sus condiciones técnicas. c) Limpieza: La limpieza consiste en eliminar elementos sucios y corrosivos en las estructuras del equipo o dispositivo como rayos x, equipos de soporte vital, de monitoreo y diagnóstico. d) Lubricación: Esto ayudará a reducir el desgaste en distintas partes y piezas de los equipos médicos (Caro, 2019, pág. 1).

En este mismo sentido, en el mantenimiento preventivo se deben establecer fechas programadas conforme a las recomendaciones del fabricante, en ocasiones pueden ser mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. Otra opción es programarlo según las horas de uso, como en el caso de los ventiladores volumétricos. En este escenario, es crucial implementar un método mediante el cual los usuarios informen al departamento de ingeniería clínica que el dispositivo ha alcanzado el tiempo de uso establecido.

En las empresas el sostenimiento de los equipos debe ir acompañado de la planificación y organización del mantenimiento para obtener los mejores resultados y contribuir de manera eficiente a la vida útil, para ello, se deben establecer diferentes técnicas que den paso a la realización de tareas preventivas, predictivas y correctivas que garanticen el correcto funcionamiento, aumente la producción y se reduzcan esos valores en las organizaciones con las acciones añaden que el personal encargo demuestre profesionalismo al momento de realizar las actividades (Aquino & Muzo, 2021, pág. 90).

### **2.3 Mantenimiento Correctivo para el análisis de criticidad**

Según (Pineda, 2020) mencionó que “Ante una falla o avería, se realiza un sostenimiento correctivo para recuperar la seguridad y el

funcionamiento del equipo. Estos trabajos implican gastos de reparación” (pág. 9).

Según lo que menciona la OMS en la publicación sobre los programas referidos a los mantenimientos de aparatos biomédicos indicó la importancia de supervisar el desempeño adecuado en el mantenimiento correctivo y se deben realizar a tiempo las correcciones de las averías, conocer exactamente el número de desperfectos, considerando el tiempo; además se debe tomar en cuenta el servicio que se requiere y el principio de reparación, así como el inicio y finalización de reparación y el tiempo en que el dispositivo está fuera de servicio (OMS, 2024, pág. 1).

Para llevar a cabo los mantenimientos correctivos, es fundamental identificarlos durante las visitas de mantenimiento preventivo y en otras ocasiones a través de la detección de fallas por parte del personal de salud, cuando se trata de equipos biomédicos. Posteriormente, el técnico del área determinará los pasos necesarios para reparar el daño y restablecer el funcionamiento del equipo.

Las causas de fallos en los equipos médicos están relacionadas con la falla de algún componente electrónico específico, con los datos técnicos, de la utilidad de estos aparatos que incluya el desgaste natural de una pieza, la ausencia por mantenimiento preventivo, el uso incorrecto por parte de los usuarios y falla en alguno de sus accesorios, considerando que el mantenimiento es una actividad necesaria que busca lograr un correcto desempeño de los equipos o máquinas, que incluya procesos de verificación, prevención y corrección para garantizar el rendimiento, fiabilidad y disponibilidad adecuados del sistema, en el que se destaque la falta de registro y planificación para el mantenimiento correctivo, si no se realiza a tiempo puede disminuir drásticamente la vida útil y el rendimiento de una máquina (López & Sárate, 2023, pág. 204).

Unido a lo anterior, la (OMS, 2024) expresó que “Para investigar un fallo inexplicable pueden considerar diferentes factores, entre ellos los suministros eléctricos pueden ser afectados a los dispositivos biomédicos para que funcionen con energía eléctrica” (pág. 42).

Es importante que la parte eléctrica se vincule con el suministro eléctrico estable y confiable para el funcionamiento de los equipos médicos. En muchos lugares, esta condición no se cumple. Para garantizar un funcionamiento óptimo, es necesario que el personal técnico colabore en conjunto con los responsables del sistema eléctrico. Se recomienda el uso de reguladores de voltaje, sistemas de alimentación ininterrumpida y estabilizadores, evitando conexiones improvisadas (OMS, 2024, pág. 42).

El objetivo fundamental del proyecto es gestionar un procesamiento adecuado de los mantenimientos e información de los equipos biomédicos, utilizando el cronograma que indica el fabricante o distribuidor del equipo. Al llevar a cabo una planificación del mantenimiento, se establece una programación sobre la preservación de los instrumentos médicos. Algunos dispositivos biomédicos pueden ser muy complejos al momento de brindar un mantenimiento. Como ejemplo, un esfigmomanómetro mide la presión arterial, el cual sus componentes son fáciles de reparar teniendo las piezas, instrumento de calibración y herramientas básicas.

Desde este mismo marco investigativo, el mantenimiento tiene varios objetivos, entre ellos establecer diversas medidas que reduzcan los costos ocasionados cuando las máquinas paran sin previa planificación y resultan en pérdidas de producción y en otros casos disminuyen los servicios, además se evitará que existan productos rechazados que se conviertan en pérdida para la empresa, por ello es importante que se concreten los planes de mantenimiento de los equipos (Yevara, 2024, pág. 3).

#### **2.4 Equipos Biomédicos y la gestión de un software web**

En este caso, los instrumentos médicos corresponde a los aparatos que están operativos y funcionales que de igual forma integran sistemas hidráulicos o electrónicos y programas informáticos, los cuales influyen en su correcto funcionamiento según las especificaciones de fabricación para su uso en personas. Estos equipos están destinados a fines preventivos, de tratamiento, rehabilitación o diagnóstico. (Yahira, 2024, pág. 11).

En esta relación, el cuidado de los instrumentos quirúrgicos es esencial para la buena operabilidad de estos, sin embargo, el tener un software que lo gestione le dará un plus. En la actualidad las tecnologías han sido de gran utilidad dentro de diversos ámbitos en donde se han implementado (Marqués, 2016), en el caso de tecnologías dentro del área de la salud como son los nuevos equipos médicos, medicinas y tratamientos innovadores, unos ejemplos son los exoesqueletos, tecnología 3D, el big data, la inteligencia artificial, y más (Docline, 2020).

Por este motivo, una entidad dedicada a brindar servicios médicos que optimicen las nuevas técnicas y sistemas para favorecer esa prolongación de productividad, confiabilidad y disponibilidad en calidad de sus servicios, dando a conocer la importancia de llevar un mantenimiento dentro de la entidad de salud generando posibilidad de obtener métodos que optimicen la labor del departamento técnico para la conservación, donde entran los diferentes destronamientos digitales surgiendo lo que se planea, ejecuta y controlan las acciones (Ardila, Orozco, Galeano, & Medina, 2018, pág. 43).

Para una institución dedicada a la prestación de servicio de salud ambulatoria que ha adquirido equipos médicos para el diagnóstico que requiere una atención de los pacientes, es primordial trabajar en la conservación de sus instrumentos por medio del sostenimiento; evitando un gasto excesivo e innecesario del presupuesto destinado a equipos médicos y repuestos dentro de las unidades hospitalarias (Condori, 2015, pág. 1).

En este mismo contexto, la clasificación de niveles de prioridad con respecto a la revisión y reparación de estos donde se diferenciarán en función de la ponderación del equipo, usando el modelo de Fennigkoh y Smith que da paso a la evaluación de los instrumentos de diagnóstico, considerando los atributos y funcionalidad de estos, obteniendo un valor como índice de valoración que está relacionado con la numeración gestionada que se calcula de acuerdo con la funcionalidad de los aparatos que sean afín a los requerimientos de la conservación (MSP, 2018, pág. 379).

## **2.5 Gestión de mantenimiento**

Según el Ministerio de Salud Pública (2018), “ Una adecuada gestión de mantenimiento médico en hospitales requiere observar y conectar las acciones que permitan alcanzar las metas con los resultados establecidos” (pág. 14).

Según el MSP (2018) “En un programa de mantenimiento, se determinan los diversos valores, más los implementos necesarios que permiten conseguir actividades para el mantenimiento, permitiendo esto que el equipo funcione de manera continua, confiable y segura” (pág. 14).

Los resultados de (Ministerio de Salud Pública , 2018) "La elaboración e implementación exitosa de un programa de sostenimiento recae en el personal técnico. Para garantizar su efectividad, es indispensable contar con un equipo capacitado, altamente comprometido, con asesoría técnica especializada y un presupuesto adecuado” (pág. 14).

En este sentido, los centros de salud del MSP deben contar con un programa de conservación, de esa forma las empresas del sector salud deben seguir los pasos establecidos para su implementación (Ministerio de Salud Pública , 2018, pág. 14).

### **2.5.1 Inventario**

El primer paso como antes mencionado es el inventario; El inventario es el total de los aparatos biomédicos que disponen los centros hospitalarios, en las cuales deben ser registradas y se las incluyen en el programa de mantenimiento.

En base a lo que se ha mencionado por el Ministerio de Salud Pública (2018) se tomarán en cuenta los siguientes datos: “Equipo y su denominación, ubicación, cuantos hay, a que empresa pertenece, modelo, la serie, la información de quien fabrica y quien provee y año de fabricación”. (pág. 15).

De acuerdo con el MSP(2018) dice que: “La incorporación en una nueva compra de equipo por causa de un desperfecto del equipo, se deberá actualizar el inventario; se requiere que esto se lo realice

anualmente con respecto a una verificación de los bienes, estados, ubicación de los instrumentos que requieren conservación y datos para él área” (pág. 15)

### 2.5.2 Inventario y la forma en que se clasifica

Son los tipos de productos que forman parte del catálogo de equipos biomédicos son representados específicamente por el MSP.

- a) Equipos Biomédicos:** Como lo menciona el MSP (2018), el dispositivo médico funcional es aquel que integra sistemas eléctricos, electrónicos o hidráulicos, junto con esquemas que aseguran su correcto funcionamiento. Estos dispositivos están destinados a ser utilizados en personas con el fin de diagnosticar, tratar o rehabilitar (pág. 16).
- b) Mobiliario Médico:** Según el Ministerio de Salud Pública (2018), los bienes muebles son esenciales para las actividades hospitalarias diarias en el ámbito sanitario y juegan un papel primordial, ya que garantizan la atención adecuada a los pacientes, tanto internos como externos, para así facilitar su inmediata recuperación (pág. 16).
- c) Según la aplicación de los equipos biomédicos hacia al paciente:** Tiene una ponderación de 5 puntos y es el siguiente:

Tabla 2  
Según el nivel de riesgo

APLICACIÓN	PUNTAJE
Muerte al paciente	5
Daños al paciente o al operador	4
Diagnóstico equivoco	3
No hay riesgo alguno	2
Sin Riesgos	1

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos

- d) Según la función del equipo:** Áreas que comprenden equipos terapéuticos, diagnósticos, analíticos y entre otros.

Tabla 3  
Según la función del equipo

DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN	PUNTUACIÓN
Soporte de vida	10
Intervenciones quirúrgicas y cuidados críticos	9
Rehabilitación y tratamiento	8
Supervisión de cirugía y cuidados intensivos	7
Monitoreo fisiológico adicional y diagnóstico	6
Evaluaciones de laboratorio	5
Equipos de laboratorio	4
Tecnología informática y relacionados	3
Otros	2

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos

**e) Requerimientos de mantenimientos:** Indica el nivel y la frecuencia del mantenimiento requerido.

Tabla 4  
Requerimientos de mantenimientos

REQUERIMIENTO DE MANTENIMIENTO	PUNTOS
Extensivo: Calibración y sustitución de componentes	5
Más que el promedio: Evaluación del rendimiento y pruebas de seguridad	4
Promedio: Revisión del desempeño y comprobaciones eléctricas	3
Menos del promedio: Inspección superficial	2
	1

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

Tabla 5  
Acciones de lo que resulta

RESULTADO	ACCIONES POR TOMAR
≥11	Agregar al inventario de mantenimiento
ENTRE 10 A 3	A decisión del encargado del departamento de mantenimiento, según su experiencia.
MENOR A 3	No va incluir en el inventario para la gestión.

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

En este sentido, según el MSP (2018) “El programa de mantenimiento junto con sus protocolos, se basan en la continuidad de la mejora y se las asocia con planear, hacer, verificar y actuar”. (pág. 26).

Asimismo, el MSP (2018) hace esta pregunta: “¿Qué nos quiere decir con planear? Planear se refiere a la organización del departamento de mantenimiento, esto quiere decir de que es de suma consideración establecer objetivos para obtener resultados” (pág. 26).

Según el MSP, la frase “Hacer” es la implementación de lo planificado, que implica organizar los programas que se priorizan, actualizando las hojas de vida y cronogramas de vigilancia. Esta etapa también incluye verificar, tal como lo indica el nombre, para comprobar e inspeccionar que las actividades que cuiden de forma correcta y cumpliendo con el cronograma determinado. Finalmente, el departamento de mantenimiento será responsable para analizar los resultados de las inspecciones para identificar problemas, elaborar informes técnicos y aplicar mejoras. (Ministerio de Salud Pública , 2018, pág. 27).

## 2.6 Forma para calcular la frecuencia del sostenimiento preventivo planificado.

Según el Ministerio de Salud Pública (2018), la frecuencia de la vigilancia que previene. El MSP para realizar este cálculo se necesitará reconocer los siguientes criterios:

- a) Riesgo físico:** Daño que puede ocasionar un equipo o dispositivo médico para los usuarios.

Tabla 6

### Tipos de riesgos

Tipo de Riesgo	Ponderación
Riesgo elevado	4
Riesgo considerable	3
Riesgo moderado	2
Riesgo mínimo	1

**Nota:** Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

- b) Desgaste mecánico:** Desgaste que puede ser ocasionado en partes mecánicas del equipo.

Tabla 7

Tipo de desgaste	Ponderación
Desgaste Alto	5
	4
Desgaste Medio	3
	2
Desgaste Mínimo	1
No aplica	0

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

- c) Frecuencia de uso:** Intervalos con la que se usa el equipo

Tabla 8

Frecuencia de uso	Ponderación
24 horas	5
Diariamente	4
Regularmente	3
	2
Ocasionalmente	1

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

- d) Antecedentes de problemas del equipo:** Toda la información relativa a las reparaciones del equipo.

Tabla 9

Promedio de averías del equipo	Factor
Mayor a seis meses	2
cada 6 o 9 meses	1
Usualmente: una cada 9 a 18 meses	0
minúsculo: una cada 18 a 30 meses	-1
menos de una en los 18 a 30 meses mencionados	-2

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

- e) Ponderación de la puntuación:** Resultado de frecuencias de mantenimiento para los equipos médicos y biomédicos

Tabla 10  
Puntuación

Puntuación	Frecuencia
≥ 21	Trimestral
15 - 20	Semestral
1-14	Anual

Adaptado del documento del Ministerio de Salud Pública (MSP, 2018) al Manual de equipos biomédicos.

## 2.7 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad permite jerarquizar el valor de los elementos de una colocación sobre las cuales vale la pena dirigir ya sea a nivel tecnológico, recursos y económicos.

Este análisis nos ayuda a determinar elementos indeseados, en el aspecto de la confiabilidad; la meta de este análisis es que sirva como un método de jerarquización de procesos, equipos y sistemas, autorizando elementos en fracción que puedan ser controladas y sustentadas.

Para esto, como lo menciona (Angelmendizabal.com) se tomará en cuenta un análisis que usa un método semicuantitativo que es muy práctico, en la cual la criticidad se lo conoce como:

### **Frecuencia \* consecuencia**

Donde la frecuencia se asocia a la cantidad de eventos o fallas que ha presentado un sistema o equipo considerando los valores de las soluciones y los impactos de seguridad y ambiente. (pág. 3). (Angelmendizabal.com, 2019) dice que: “Existen una gran diversidad de los equipos para el análisis crítico que reconoce lo oportuno a lo que necesita la empresa” (pág. 4).

En las cuales serán aplicadas las siguientes:

**Impacto operacional:** Es cuando el equipo deja de conducir cuando ocurre la falla.

**Equipo de respaldo:** Se relaciona si tienen un equipo con iguales características o similar función.

**Costos:** Costos que están relacionados a las fallas.

## 2.7 Tiempo medio entre fallas

Se define como el tiempo central que un sistema o equipo funcionará antes de fallar.

Esto puede ser útil para evaluar la fiabilidad de una planta, redes eléctricas, redes de datos y diversos otros contextos.

El tiempo medio entre fallas o MTBF se obtiene dividiendo el tiempo total de funcionamiento entre número de fallos registrados durante ese período. Este cálculo proporciona un valor promedio que puede usarse para estimar la vida útil del equipo.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número total de fallos}}$$

Como ejemplo en el ámbito aplicado en equipos biomédicos tenemos este caso:

Un hospital adquiere un monitor de signos vitales para el seguimiento continuo de cliente en UCI; y se obtienen los siguientes datos:

Tiempo total de operación del monitor: 10,000 horas

Número de fallos del monitor: 8 fallos durante ese tiempo

Aplicando la fórmula del MTBF, obtenemos este resultado:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número total de fallos}} = \frac{10,000 \textit{ horas}}{8 \textit{ fallos}} = 1,250 \textit{ horas}$$

Conclusión:

El MTBF de este monitor es de 1,250 horas, es decir que este equipo funcionará por 1,250 horas antes de que se produzca un fallo que requiera reparación.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

En la fase inicial se realizó la obtención de datos históricos de mantenimiento, incluyendo fechas, tipos de mantenimientos y repuestos cambiados. Al obtener información sobre la disponibilidad de los equipos médicos/biomédicos y los recursos que se necesitan, se convertirá los datos en un formato ideal para el análisis, como tablas o estructuras de datos.

Luego, se diseñó los modelos utilizando los datos obtenidos previamente, ajustando los parámetros para mejorar el rendimiento, en el cual, se incluyeron las funcionalidades adicionales como la visualización de cronogramas, la gestión de recursos y la programación automática de los mantenimientos.

En la fase de implementación, se validó la aplicación de la gestión de cronogramas y la adquisición de retroalimentación para realizar mejoras adicionales si es necesario. Llevando a cabo, un seguimiento continuo del rendimiento del sistema, recopilando datos y ajustando los modelos y la aplicación según sea necesario.

La metodología aborda la necesidad de unificar la información técnica de los equipos médicos y biomédicos para optimizar los procesos de gestión del mantenimiento, esto implica recopilar los datos para facilitar la planificación y lograr un adecuado seguimiento de las tareas que permitan directamente la evaluación del desempeño de equipos a través de indicadores clave de la revisión. De esta manera, se busca conocer la eficiencia, reducir costos y garantizar la disponibilidad de los equipos en el momento que se lo requiera, evitando contratiempos a los médicos y usuarios.

En forma general, un sistema de mantenimiento computarizado unifica los datos de un programa de gestión técnica de servicios, optimiza el sistema de planificación, efectuar y dar seguimiento de las diversas tareas de mantenimiento que permitan monitorizar el rendimiento de los equipos y del personal técnico de la institución médica, objeto del estudio.

Tabla 11

Check list del estudio de los equipos biomédicos

CHECKLIST DEL 1ER OBJETIVO: ESTUDIO DE LOS EQUIPOS										
EQUIPOS REGISTRADOS	CARACTERISTICAS TECNICAS				REGULACIONES ESTABLECIDAS					CUMPLIMIENTO
	DESCRIPCION DEL EQUIPO	ESPECIFICACIONES TECNICAS Dimensiones-peso capacidad-voltaje	TECNOLOGIA UTILIZADA Sensores- software integrado	MANTENIMIENTO NECESARIO Y VIDA ÚTIL	NORMATIVAS Y ESTANDARES FDA/CE/ISO	CERTIFICACIONES DE USO	PROTOCOLOS DE SEGURIDAD Y USO	REQUISITOS DE CALIBRACION	DOCUMENTACION DE C/EQUIPO	
UNIDAD ODONTOLÓGICA	1	0	0	1	1	1	1	0	1	67%
RAYOS X PERIOPTICAL	1	0	1	1	1	1	1	1	1	89%
RAYOS X DETECTOR FLAT PANEL	1	0	1	1	1	1	1	1	1	89%
AUTOCLAVE	1	0	0	1	1	1	1	0	1	67%
TORRE DE ENDOSCOPIA	1	0	1	1	1	1	1	0	1	78%



OFTALMOSC OPIO INDIRECTO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
OCT+CAMAR A RETINAL	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
ANALIZADOR BIOQUIMICO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
ANALIZADOR INMUNOLOGICO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
CONTADOR HEMATOLOGICO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
RESONADOR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
SISTEMA DE ULTRASONIDO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
MAMOGRAFO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
TOMOGRAFO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
Total											83%

*Nota: Del total de los equipos 17 cumplen con los estándares de revisión y mantenimiento, mientras que seis de los equipos biomédicos por los estándares de cumplimiento no alcanzan los niveles de uso adecuado. En el conteo final, 83% es el resultado final del cumplimiento de todos los equipos.*



9. OPTOMETRIA	LENSOMETRO	HLM-1	HUVITZ	1LM00021 C0097	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023				
10. OPTOMETRIA	FOROPTERO	HDR- 7000	HUVITZ	7HR00021 D0053	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023				
11. OPTOMETRIA	PROYECTOR UNIDAD DE	HCP- 7000	HUVITZ	7PC00C2 010026	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	2023/ 1271	2024 712/ 09	2023 /127	4/6/ 202	4
12. OPTOMETRIA	REFRACCION TRANSVERSAL DE DOS INSTRUMENTOS		FRASTE MA		OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023	9/12/ 2024	2023 /127	4/6/ 202	4
13. CONSULTORIO OFTALMOLOGIA	LAMPARA DE HENDIDURA	HS5000	HUVITZ	7HS00019 K004	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023	9/12/ 2024	2023 /127	4/6/ 202	4
14. CONSULTORIO OFTALMOLOGIA	ECOGRAFO A/B	EUS- 2600	EZER	EUS2600 K0912	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023	9/12/ 2024	9/12/ 2024		
15. CONSULTORIO OFTALMOLOGIA	OFTALMOSCOPIO INDIRECTO		EZER	BI0260020 01060000 1	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023	9/12/ 2024			
16. SALA DE PROCEDIMIENTOS DE	OCT+CAMARA RETINAL	HOCT-1F	HUVITZ	1CT00F20 L0017	OFTALM OANDR EC	ANUAL	CON TRAT O	1	10/12 /2023	9/12/ 2024			

---

OFTALM  
OLOGIA

17.	LABORAT	ANALIZADOR DE		MINDRA	YW12005	MEDILA	3 VECES	CON	
	ORIO	BIOQUIMICA	BS-430	Y	301	BOR	AL AÑO	TRAT	3
18.	LABORAT	ANALIZADOR		MINDRA	BB1-	MEDILA	MENSUAL	COM	
	ORIO	INMUNOLOGICO	CL-900i	Y	19002245	BOR	MENTE	ODA	
19.	LABORAT	CONTADOR		MINDRA	TU-	MEDILA	MENSUAL	COM	
	ORIO	HEMATOLOGIC	BC-6000	Y	18002055	BOR	MENTE	ODA	
20.	RESONA		PRODIVA						
	NCIA	RESONADOR	1.5T CS	PHILIPS	82642,00	EOS			
	ECOGRA	SISTEMA DE	CLEARV		USD21E0				
	FIA	ULTRASONIDO	UE 350	PHILIPS	548	EOS			
21.	MAMOGR	SISTEMA DE			21371088		SEGÚN		
	AFIA	MAMOGRAFIA	IMAGE M	GIOTTO	92,00	EOS	CRONOG		1
22.	TOMOGR		ACCESS				SEGÚN		
	AFIA	TOMOGRAFO	CT PRO	PHILIPS	320567,00	EOS	CRONOG		1
							RAMA		

---

*Nota: La ejecución del cronograma se lo realiza considerando los equipos y las acciones de mantenimiento.*

La revisión se realizó a 22 equipos que forman parte de la empresa Totalmedic, de los cuales, diez tienen citas programadas y solo hubo dos visitas realizadas. Esta es la plantilla de Excel que tiene la empresa, no es una tabla dinámica, sino que ingresan cada uno de los datos según las necesidades que presentan, está herramienta al crear un sistema computarizados se logra el almacenamiento de los datos que generen la documentación necesaria para certificaciones del buen estado de los instrumentos, indicando la necesidad del rendimiento de gestionar la parte industrial según los indicadores clave que optimicen la gestión de equipos y que verifiquen que se cumplan los datos relacionados con la calidad requerido por la OMS y MSP del Ecuador.

Es importante tomar en consideración que el análisis de datos de fiabilidad de equipos es necesario para gestionar una base de conocimiento de requisitos normativos y seguridad del funcionamiento de los equipos, siendo necesario que se documenten los procesos para obtener y mantener las certificaciones obtenidas después de evaluar la eficacia de la gestión técnica mediante indicadores como el costo por equipo, el cumplimiento en la programación del sostenimiento de los instrumentos biomédicos en la empresa Totalmedic, que contenga el contrato, visitas programadas, visitas realizadas, planes de mantenimiento y la productividad del equipo para un adecuado manejo de los equipos.

Tabla 13  
Evaluación de los procesos de mantenimiento

2DO OBJETIVO: EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO									
EQUIPOS REGISTRADOS	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO								CUMPLIMIENTO
	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO	PROTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE NIVEL DE PRIORIDAD Y FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	CÁLCULO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O PLANIFICADO (FMPP)	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	TIEMPOS DE INACTIVIDAD	COSTOS ASOCIADOS	
UNIDAD ODONTOLÓGICA	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
RAYOS X PERIOPTICAL	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
RAYOS X DETECTOR FLAT PANEL	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
AUTOCLAVE	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
TORRE DE ENDOSCOPIA	1	1	1	0	0	0	0	0	38%

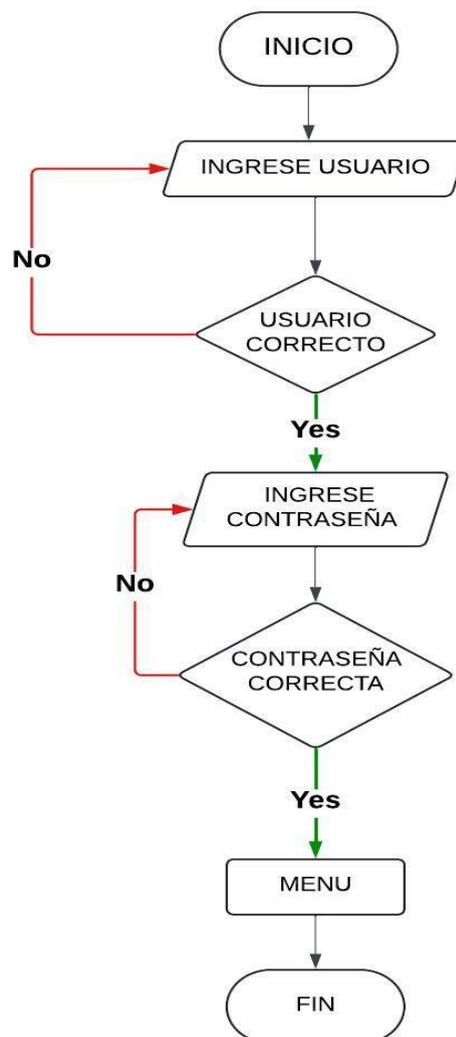
ELECTROCARDIO GRAFO ELI150	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
ELECTROCARDIO GRAFO ELI250	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
AUTORREFRACT OR KERATOMETRO	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
LENSOMETRO	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
FOROPTERO	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
PROYECTOR	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
UNIDAD DE REFRACCION TRANSVERSAL DE DOS INSTRUMENTOS	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
LAMPARA DE HENDIDURA	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
ECOGRAFO A/B	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
OFTALMOSCOPI O INDIRECTO	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>
OCT+CAMARA RETINAL	1	1	1	0	0	0	0	0	<b>38%</b>

ANALIZADOR BIOQUIMICO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
ANALIZADOR INMUNOLOGICO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
CONTADOR HEMATOLOGICO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
RESONADOR	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
SISTEMA DE ULTRASONIDO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
MAMOGRAFO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
TOMOGRAFO	1	1	1	0	0	0	0	0	38%
	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	38%

*Nota: El registro de los datos totales indica la evaluación del cumplimiento de los equipos médicos.*

En forma particular, utilizar un método para vigilar con tecnología por parte del personal técnico representa una forma que optimiza la supervisión de instrumentos médicos, convirtiéndose en soluciones personalizadas que complementan los programas, mejorando la eficiencia, efectividad, fiabilidad y, en última instancia, la calidad para atender a los clientes desencadena en rentabilidad para la empresa.

Figura 1

*Ingreso del programa*

*NOTA: En este módulo se ingresa usuario y contraseña del encargado de los respectivos mantenimientos realizados a los equipos médicos.*

Para usar el método computarizado de cuidado para los equipos de diagnóstico requiere que los profesionales de la salud, entre ellos biomédicos tiene como finalidad facilitar la comprensión de los componentes clave, por ello en la figura anterior se ofrecen datos para ingresar, de tal forma que se convierta en datos seguros.

En primer lugar, se debe considerar el usuario, si este usuario es incorrecto no se puede ingresar a la revisión del programa. En otro caso, si el usuario es correcto, entonces se avanza a la contraseña, de la misma manera si no es correcta se sale del programa, pero si es correcta se avanza y se puede ingresar al menú, después de revisar se termina y se cierra, de esa manera se pone en marcha una solución adecuada. Está opción de actualización de mantenimiento dirigido, tanto a profesionales técnicos, como a directivos interesados en optimizar la gestión de sus equipos médicos y garantizar el buen uso de los mismos.

Características:

Usuario: K\_guillén24

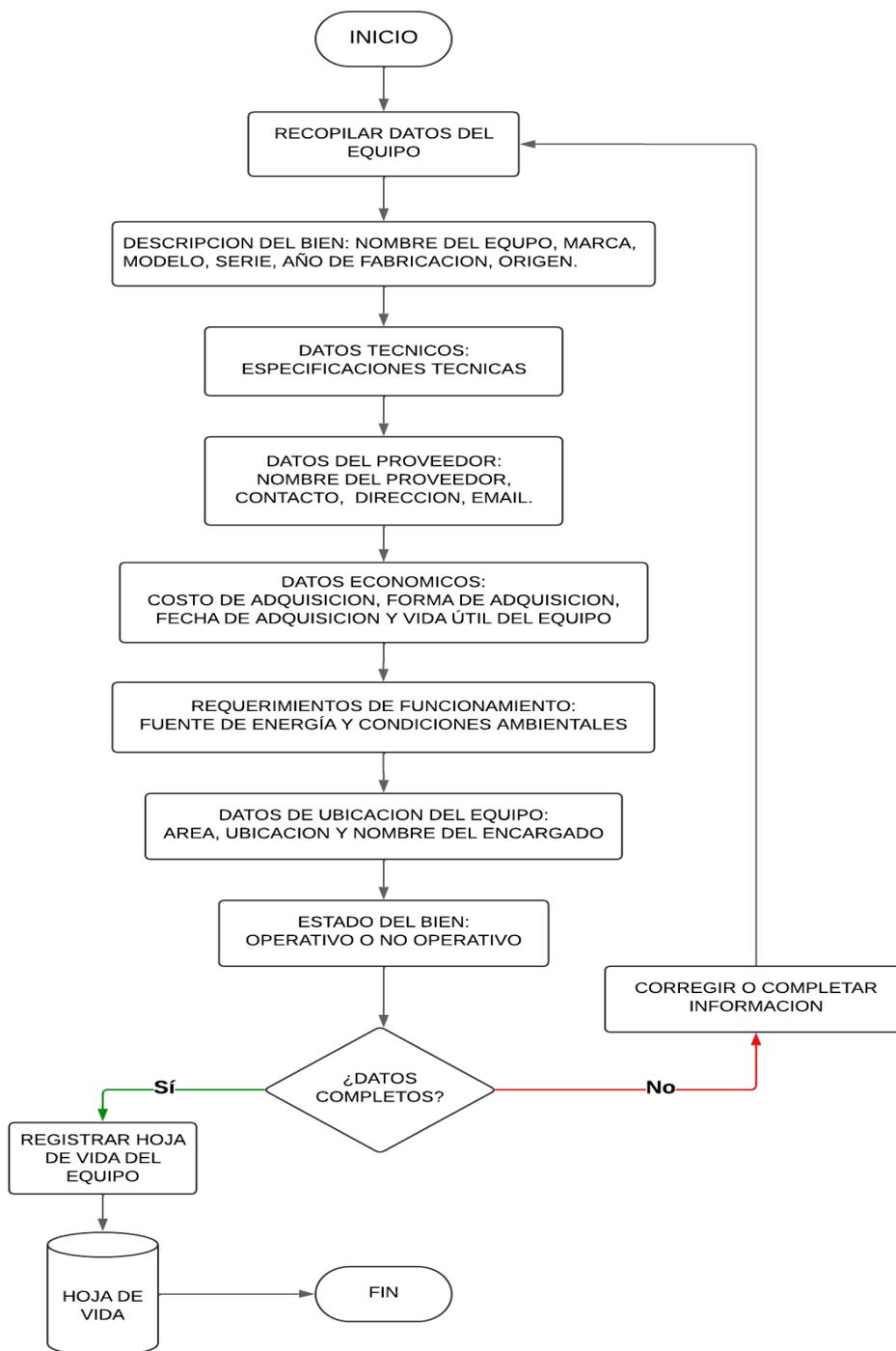
Contraseña: Equipos\_seguros

En este contexto, se debe considerar que esta aplicación busca proveer a los usuarios un mecanismo para:

- a) Optimizar los procesos de revisión de los equipos y que se conviertan en un apoyo a la parte técnica para los mantenimientos preventivos.
- b) Garantizar de manera eficiente y efectiva que se cumplan los reglamentos que representan la calidad.
- c) Mejorar la efectividad de los equipos médicos en la empresa investigada.
- d) Facilitar al equipo técnico o biomédico encargado del mantenimiento tomen las decisiones basadas en datos reales.

Figura 2

Registro de la información de cada equipo médico



NOTA: Se registra la información necesaria de cada equipo, para su respectiva información.

El registro de instrumentos y aquellos momentos de su mantenimiento preventivo en el sistema computarizado requiere del ingreso previo de los datos técnicos de cada equipo, de tal manera que las actividades programadas garanticen de manera efectiva la revisión periódica en la misma se incluye la inspección progresiva y el debido mantenimiento.

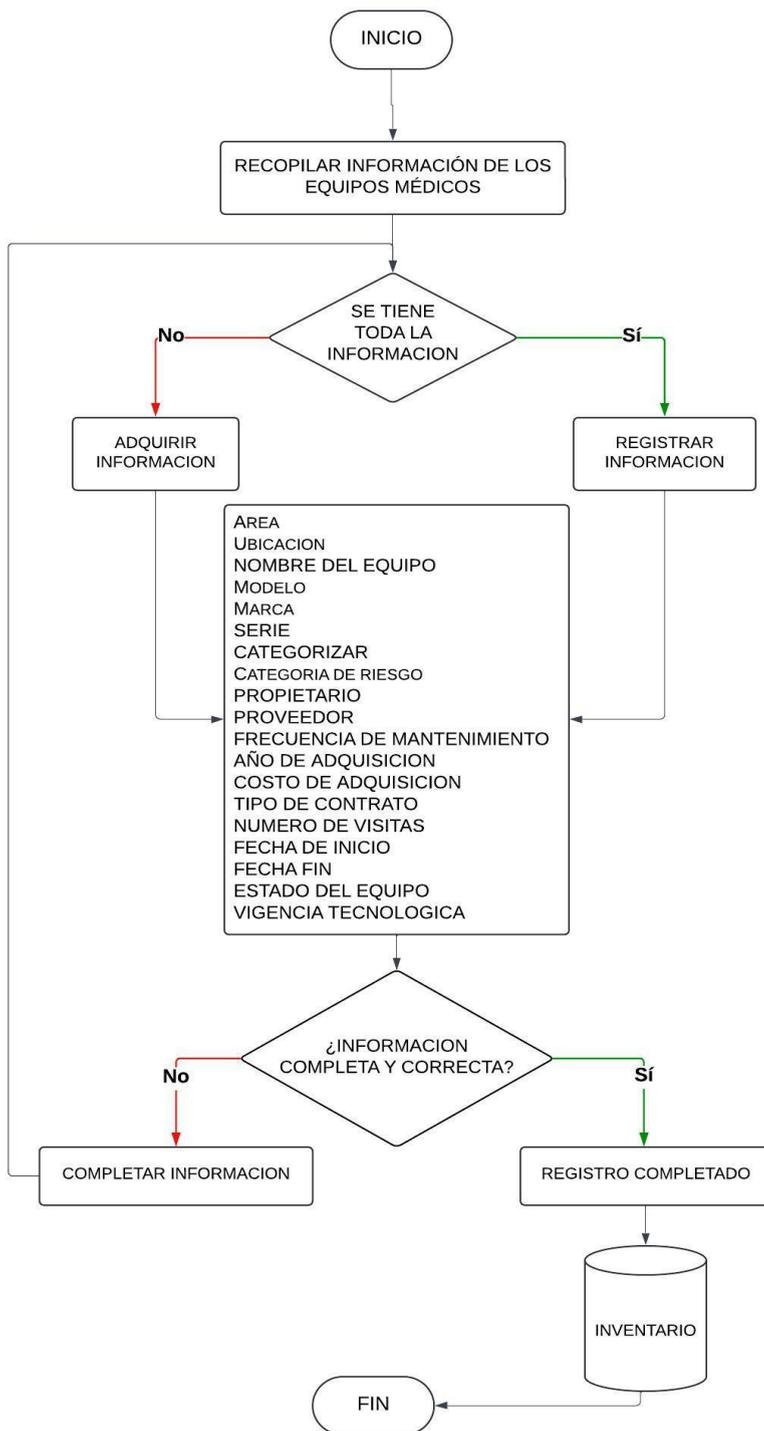
En el flujograma se evidencia el inicio del proceso consta de la recopilación de los datos técnicos, descripción del bien, que debe constar de nombre, marca, modelo, serie, año de fabricación y origen. Los datos con sus especificaciones técnicas, datos como nombre del proveedor, contacto, dirección y email.

En este mismo flujograma se incluyen los datos económicos, costo de adquisición, forma de adquisición, fecha y vida útil del equipo. Además, los requerimientos de funcionamiento, fuente de energía y condiciones ambientales. Los datos de ubicación del equipo, área, ubicación y nombre del encargado, sin dejar de mencionar el estado del bien operativo y no operativo y entonces se finaliza el proceso.

Bajo estas consideraciones, este flujograma registra las actividades programadas para el mantenimiento preventivo, de tal manera que aseguran la funcionalidad de cada uno de los dispositivos y de esa manera se asumen acciones de prevención de posibles averías y fallas, dando como resultado que aumente la utilidad del dispositivo como forma efectiva de prevenir desperfectos.

En este mismo marco, es importante considerar que este tipo de sostenimiento es programado, fijando fecha, hora y responsable para revisar en forma continua, realizadas según lo que requiere los instrumentos, se debe tomar en consideración las revisiones específicas de lubricación del equipo, limpieza periódica general, reemplazo de piezas clave que pueden suceder por desgaste.

Figura 3  
 Datos ingresados de los equipos médicos



NOTA: En este módulo se recopilan los datos ingresados en la hoja de vida y se añaden los datos faltantes.

En el diseño del flujograma constan los datos informativos de los equipos considerando la importancia del mantenimiento preventivo diseñado para garantizar seguridad y funcionalidad, así como evitar posibles lesiones en los pacientes, profesionales y personal inmerso en el uso. Desde ese punto de vista se busca que el personal conozca la vida útil de cada dispositivo, tomando en cuenta el fabricante, los datos de calibración, la necesidad de lubricación, limpieza frecuente, entre otros aspectos que dan como resultado conocer el estado actual de cada equipo y la vigencia tecnológica.

Si se avanza hasta completar la información, entonces se hace el registro completo, se logra el inventario y finaliza el proceso. La otra opción es que, si la información esáa incompleta no se puede continuar, se debe regresar para completar y seguir el proceso.

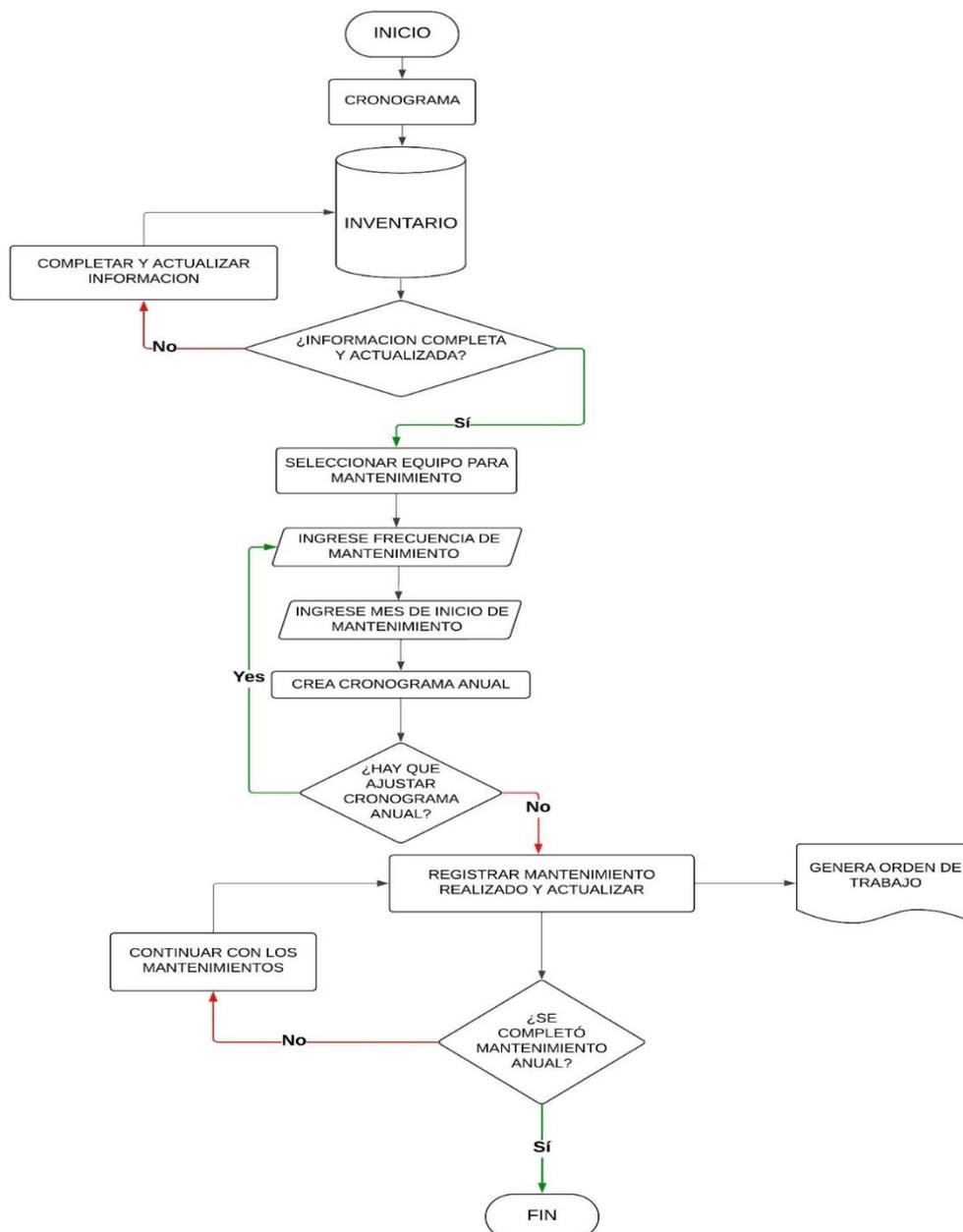
En este mismo sentido, es necesario la supervisión del desempeño del equipo, por tanto, el mantenimiento preventivo contribuye a detectar los fallos, las averías y posibles desperfectos en un determinado período de tiempo, siendo fundamental que el personal detecte a tiempo para general la solicitud y comenzar con la reparación.

Como responsable del área, los profesionales y/o técnicos deben considerar que el mantenimiento oportuno maximiza la prevención de posibles daños y le da un valor a los recursos que se utilizan en tecnología sanitaria. La recopilación de la información es parte vital para el buen desarrollo y utilidad del mantenimiento preventivo.

El inicio del flujograma da paso a la recopilación de los equipos médicos, si se cuenta con toda la información si se puede registrar área, ubicación, nombre del equipo, modelo, marca, serie, categorizar riesgo, propietario, proveedor, frecuencia de mantenimiento, años de adquisición, tipo de contrato, número de vistas, fecha de inicio, fecha fin, estado del equipo, vigencia tecnológica. Cuando no se cuenta con todos los datos se debe recopilar los datos que permitan terminar los procedimientos.

Figura 4

## Módulo del cronograma de mantenimiento preventivo



NOTA: El módulo cronograma indicará los diversos meses en que se realizará la vigilancia para prevenir, contando con la información adquirida de cada equipo médico.

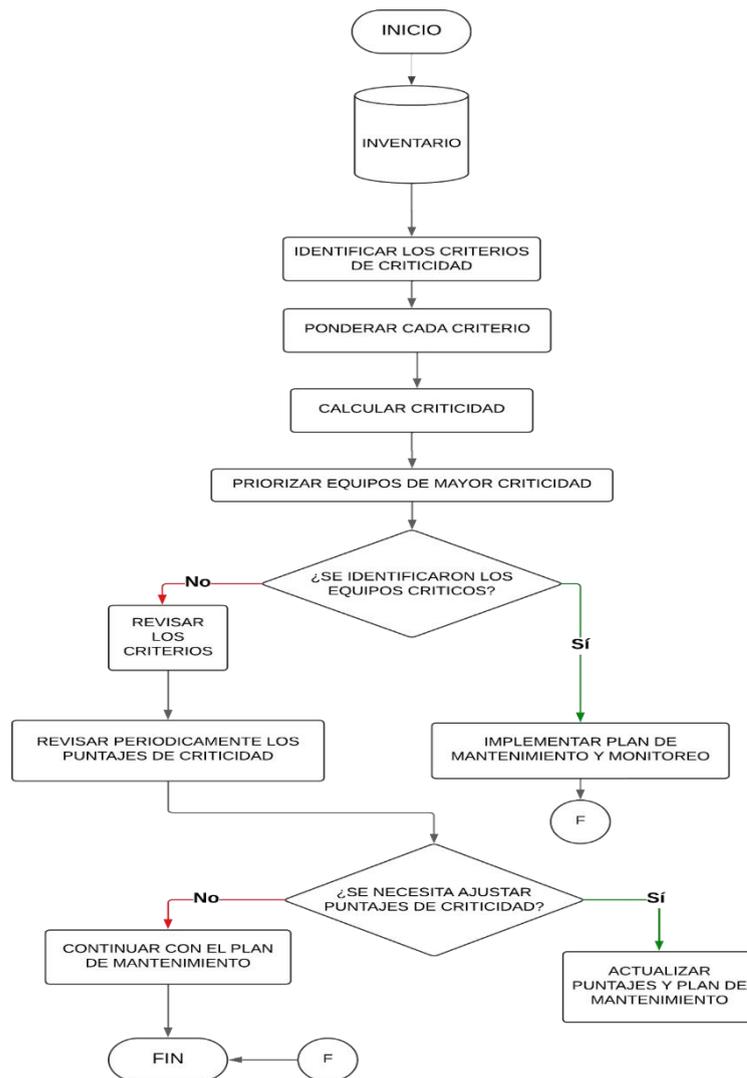
El inicio del flujograma sugiere conocer e ingresar todo el inventario de los equipos existentes, se debe completar y actualizar toda la información, si No se realiza entonces se debe hacer para continuar con la selección del equipo y su mantenimiento, entonces se crea el cronograma anual y viene la opción de ajustar ese programa, en caso de No existir se debe registrar todos los datos del mantenimiento realizado y actualizar, aquí se genera la orden de trabajo. Si se completó el mantenimiento entonces se termina, de No hacerlo se debe continuar generando los mantenimientos hasta completarlo, entonces se termina el proceso.

A manera general se debe reconocer que con estos procesos se evitan descripciones complejas y extensas, por tanto, se mejora la eficiencia al momento de gestionar los datos. En el flujograma se expone de manera clara la forma en se pueden codificar los datos de los equipos de forma estructurada. La utilización de códigos únicos a cada equipo de la base de datos, en los que se incluyan procedimientos y ubicación que facilita la búsqueda de los equipos y el procedimiento para analizar y generar de manera rápida la generación de informe de los dispositivos, permitiendo la optimización de la información que agiliza los procesos de mantenimiento.

En este flujograma, la estructura de datos que debe ingresar es fundamental, considerando que el módulo de inventario contiene la información detallada de cada uno de los equipos. Los datos almacenados permiten automatizar los registros y reduce la posibilidad de errores al momento de la búsqueda de los dispositivos.

Cada uno de los datos se convierte en información de los valores predeterminados que están relacionados directamente con el modelo de equipo que debe recibir el mantenimiento, siendo necesario conocer la ubicación del equipo médico y la cantidad que existen en el inventario para el ingreso de la información respectivas que maximiza la veracidad de los datos. Al precisar los datos permite la codificación del inventario, convirtiéndose en un ahorro en términos de tiempo y los errores evitados es significativo para la empresa.

Figura 5  
Módulo de criticidad



*El módulo criticidad junto con la información importante del inventario y criterios de criticidad investigados, indicarán los puntajes o ponderaciones para determinar la priorización con respecto a los mantenimientos de cada dispositivo médico.*

Tabla 14

**Reporte de criticidad**

<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>BAJA</b>
<b>32 - 40</b>	<b>31-22</b>	<b>21-6</b>

**IMPACTO OPERACIONAL (IO)**

Se ha tomado en cuenta el siguiente análisis:

Parada inmediata de la atención médica	4
Afecta más del 50% a la atención médica	3
Afecta menos del 50% a la atención médica	2
No afecta a la atención	1

**Nota:** El impacto operacional se refiere a cuando un equipo deja de funcionar, afectando la atención del paciente.

**EQUIPO RESPALDO**

No se dispone de un equipo similar o respaldo	3
La atención de salud no se ve afectada	2
Se dispone de un repuesto	1

**Nota:** Disponibilidad de un equipo respaldo.

Tabla 15

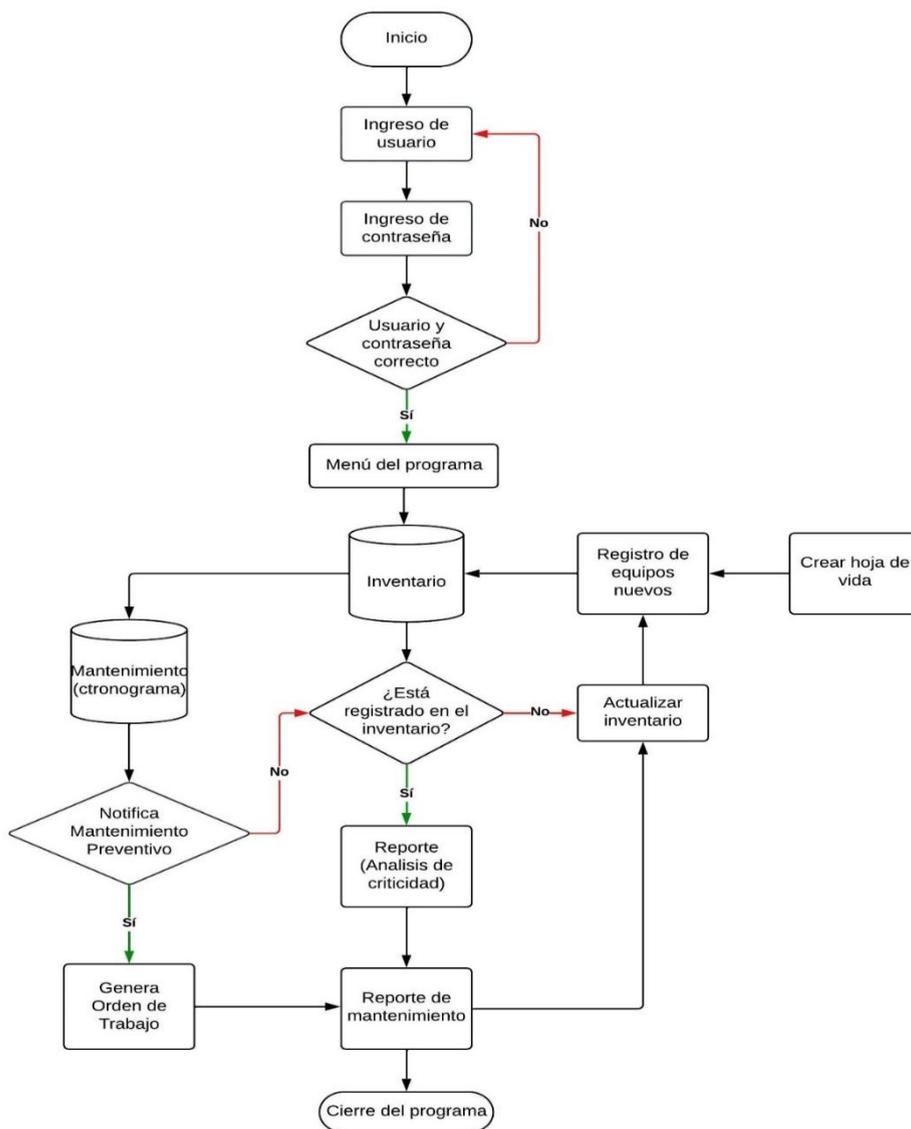
**Costos De Mantenimiento**

Más de US \$4000	3
Entre US \$200 y menos de US \$4000	2
Menos de US \$200	1

Esto va incluido con el cuadro de gestión de mantenimiento antes mencionado de la página 15.

Figura 6

## Proceso de programa general



*En este diagrama se muestra el proceso general del funcionamiento del programa web desde su ingreso, el registro y el procesamiento de criticidad, considerando los pasos para ingresar al programa y llegar al menú considerando que se registre los aparatos, crear la hoja de vida del equipo, avanzar al cronograma de mantenimiento, notificar las acciones para generar la orden de trabajo, seguir las instrucciones y llegar al cierre del programa.*

## **CAPÍTULO IV**

### **4. Propuesta**

#### **4.1 Importancia de ejecución**

En comparación con los equipos de imagenología o de laboratorio que necesitan más recursos materiales, financieros y humanos. El inventario facilita localizar para realización de las debidas inspecciones o los trabajos de MP y MC, también si se adquieren nuevos equipos médicos se los inspecciona y se los añade. Los equipos biomédicos del centro médico TOTALMEDIC y el interés del buen rendimiento de estos para el servicio de atención del paciente que ofrece la clínica, son necesarios para organizar el inventario y gestionar mantenimientos de los equipos biomédicos, evitando así una paralización larga e interrupción del servicio.

Para no tener riesgos o daños permanentes se debe desarrollar un CMMS, usando herramientas de software que ayude al control sistematizado de la gestión de vigilancia de implementos biomédicos; ayudando a reducir costos y mejorar el servicio.

#### **4.2 Pruebas del programa web**

El desarrollo del proyecto fue realizado por vía web para una mejor accesibilidad del usuario. A continuación, se mostrará los diferentes módulos del programa.

##### **4.2.1 Módulo de ingreso**

En este módulo se ingresará el usuario y contraseña para que sean configurado dentro de la programación, se ingresará el correo y contraseña, respectivamente.

Figura 7

*Ingreso, correo y contraseña*

K&J  
SYSTEM

Correo electrónico

Contraseña

Ingresar

Para ingresar al sistema se debe escribir el correo electrónico e inmediatamente la contraseña y luego se da clic en ingresar.

**4.2.2 Módulo de hoja de vida**

En este módulo se ingresará los datos de los equipos, los cuales son:

**Descripción del bien**

- Nombre del equipo
- Fabricante y la marca
- Modelo
- Enumerar la serie del producto
- Fecha de fabricación
- Origen del equipo

**Datos económicos**

- Costo de adquisición
- Forma de adquisición: compra o redistribución
- Fecha de adquisición
- Vida útil

Figura 8

### Búsqueda de reporte del mantenimiento



**Buscar reporte** Agregar

**K&J  
SYSTEM**

---

 Hojas de vida

 Inventario

 Mantenimiento

 Reporte

 Salir

**Equipos**

Nombre	Serie	Ubicación	Fabricante	Estado	Opción
LAMPARA DE HENDIDURA	7H500019K004	OFTALMOLOGIA1	HUVITZ	Operativo	 
ECOGRAFO A/B	EUS2600K0912	OFTALMOLOGIA1	EZER	Operativo	 
OFTALMOSCOPIO INDIRECTO	BI0260020010600001	OFTALMOLOGIA1	EZER	Operativo	 
OCT+CAMARA RETINAL	1CT00F20L0017	PROCEDIMIENTO OFTALMOLOGIA	HUVITZ	Operativo	 
ANALIZADOR DE BIOQUIMICA	YW12005301	LABORATORIO	MINDRAY	Operativo	 
ANALIZADOR INMUNOLOGICO	BB1-19002245	LABORATORIO	MINDRAY	Operativo	 
CONTADOR HEMATOLOGICO	TU-18002055	LABORATORIO	MINDRAY	Operativo	 
RESONADOR	82642_00	RESONANCIA	PHILIPS	Operativo	 

Figura 9

### Ingreso nombre de equipo

**Agregar equipo**

**Descripción del bien**

Nombre  Marca  Modelo  Serie

Año fabricación  Origen

**Datos económicos**

Costo adquisición  Forma adquisición  Compra  Redistribución Fecha adquisición  Vida útil

**Datos de ubicación del equipo**

Area  Ubicación  Nombre del encargado

**Datos de proveedor Fabricante**

**Datos de ubicación del equipo**

- Área
- Ubicación
- Nombre del encargado

### Datos de proveedor y fabricante

- Fabricante
- Proveedor de mantenimiento
- Dirección
- Teléfono
- Nombre de contacto
- Email

### Datos de proveedor de calibración

- Proveedor de calibración
- Dirección
- Teléfono
- Nombre de contacto
- Email

Figura 10

### *Datos del equipo y su ubicación*

#### Datos de ubicación del equipo

Area	Ubicación	Nombre del encargado
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

#### Datos de proveedor Fabricante

Fabricante	P. mantenimiento	Dirección	Teléfono
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nombre de contacto	Email		
<input type="text"/>	<input type="text"/>		

#### Datos de proveedor Calibración

P. calibración	Dirección	Teléfono	Nombre de contacto
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Email			
<input type="text"/>			

### Estado del bien

- Operativo
- No operativo: mantenimiento o baja

**Otros datos**

- Garantía: Sí o No
- Contrato de mantenimiento: Sí o No
- Frecuencia de mantenimiento
- Responsable de mantenimiento

Figura 11

*Guardar los cambios*

P. calibración	Dirección	Teléfono	Nombre de contacto
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Email			
<input type="text"/>			
<hr/>			
<b>Estado del bien</b>			
Operativo	No operativo		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Mantenimiento		
	<input type="checkbox"/> Baja		
<hr/>			
<b>Otros datos</b>			
Garantía	Contrato MTTO.	Frecuencia MTTO.	Responsable MTTO.
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No		
<hr/>			
			<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Guardar"/>

### 4.2.3 Módulo de inventario

Este módulo mostrará los datos ingresados en una tabla para mejor visualización de los equipos que se tiene.

Figura 12

*Búsqueda de inventario*

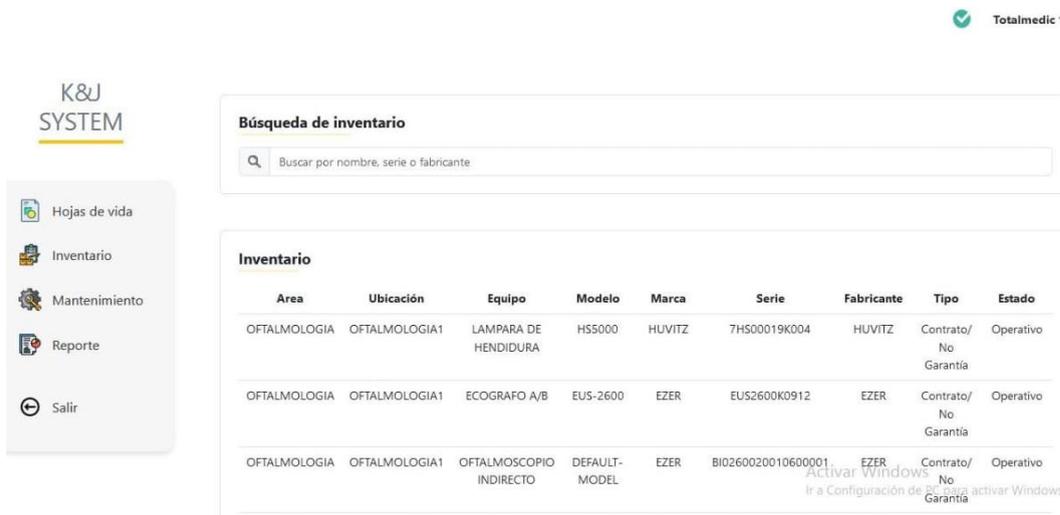
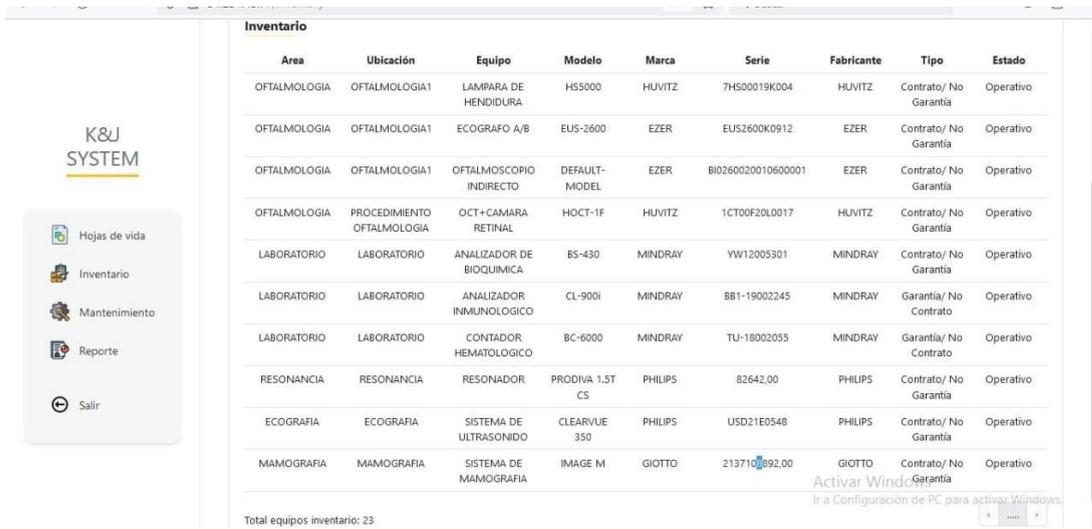


Figura 13

*Revisión del inventario*



### 4.2.4 Módulo de Cronograma (Mantenimiento)

En el cronograma se identificará como Mantenimiento en el cual se visualizará por orden de fecha aproximada a la actual los equipos que tendrán próximamente mantenimiento preventivo y tendrá la opción de verificar si se realizó el mantenimiento.

Figura 14  
Cronograma de mantenimiento

The screenshot shows a web application interface for equipment maintenance scheduling. On the left is a sidebar with the 'K&J SYSTEM' logo and navigation links: 'Hojas de vida', 'Inventario', 'Mantenimiento', 'Reporte', and 'Salir'. The main area is titled 'Cronograma mantenimientos' and features a search section with a text input 'Buscar por nombre o proveedor', a date input 'dd/mm/aaaa', and buttons for 'Buscar', 'Resetear búsqueda', and 'Agregar'. Below the search is a table listing equipment items with their maintenance status.

Nombre	Serie	Fecha	Proveedor	Estado	Opción
RESONADOR	82642.00	2024-10-07	EOS	X	[Icono]
ANALIZADOR INMUNOLOGICO	BB1-19002245	2024-09-22	MEDILABOR	X	[Icono]
CONTADOR HEMATOLOGICO	TU-18002055	2024-09-22	MEDILABOR	X	[Icono]
RAYOS X DETECTOR FLAT PANEL	SGG2109267J	2024-09-14	SERQUIP	X	[Icono]
LAMPARA DE HENDIDURA	7HS00019K004	2024-09-12	OFTALMOANDREC	X	[Icono]
ECOGRAFO A/B	EUS2600K0912	2024-09-12	OFTALMOANDREC	X	[Icono]
OFTALMOSCOPIO INDIRECTO	BI0260020010600001	2024-09-12	OFTALMOANDREC	X	[Icono]
OCT- CAMARA RETINAL	1CT00F20L0017	2024-09-12	OFTALMOANDREC	X	[Icono]
ANALIZADOR INMUNOLOGICO	BB1-19002245	2024-08-22	MEDILABOR	✓	[Icono]
CONTADOR HEMATOLOGICO	TU-18002055	2024-08-20	MEDILABOR	✓	[Icono]

At the bottom of the table, it indicates 'Total equipos: 50' and includes a pagination control.



Figura 17  
Revisión del equipo

54234.43.77/report#

Equipo	Función	Riesgo físico	Impacto operacional	Frecuencia de uso	MTBF	Meses de MTBF	Costo de mantenimiento	Reporte criticidad	Opción
RESONADOR	8.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	3.00	Alta	
TORRE DE ENDOSCOPIA	9.00	4.00	4.00	3.00	0.00	0.00	2.00	Media	
TOMOGRAFO	6.00	3.00	4.00	4.00	0.00	0.00	2.00	Media	
SISTEMA DE MAMOGRAFIA	6.00	3.00	4.00	4.00	4320.00	24.00	2.00	Media	
ELECTROCARDIOGRAFO ELI 150	7.00	2.00	4.00	4.00	0.00	0.00	2.00	Media	
ELECTROCARDIOGRAFO ELI 250	7.00	2.00	4.00	4.00	0.00	0.00	2.00	Media	

## Capítulo V

### Conclusiones

En conclusión, con respecto al primer objetivo el total de cumplimiento según a los especificado anteriormente es 60% siguiendo el estudio de las características técnicas y regulaciones establecidas nacionales e internacionales; en el segundo objetivo tenemos que el cumplimiento total es del 38% evaluando la gestión de mantenimiento. Es importante reconocer que se necesita un conocimiento profundo del estado actual de los equipos biomédicos y los procesos que se deben vigilar con el fin de optimizar los recursos, épocas que no son utilizados con valores por las reparaciones, de tal manera que permitan maximizar el tiempo de disponibilidad de los equipos, cumpliendo con las normativas que enfocan la importancia de cumplir con las normativas internacionales que expongan la calidad y seguridad de los servicios médicos.

En la evaluación del estado actual de los procedimientos de la conservación de los materiales biomédicos dentro de la clínica Totalmedic se puede determinar que los programas usados tienen como prioridad minimizar los tiempos de inactividad de los equipos, considerando los costos asociados con un enfoque en mejora continua, por ello es necesario recopilar y analizar los datos del funcionamiento de equipos para facilitar el conocimiento de las diversas áreas que se deben mejorar.

En este sentido, los estándares y regulaciones internacionales sobre la conservación de los instrumentos biomédicos y las tecnologías emergentes con respecto al campo del análisis de calidad se deben reconocer que la adaptación de nuevas tecnologías da paso a la optimización de los procedimientos que buscan eficiencia en los equipos, así mismo se debe considerar la evaluación constante de las revisiones que permitan manejar de mejor manera la gestión de manera continua.

Respecto a la ejecución del programa para vigilar el buen estado de los equipos de la empresa Totalmedic se logró verificar el uso correcto y funcionamiento del cronograma, fundamentalmente para conocer la disponibilidad de equipos, reducir las posibles interrupciones en los servicios médicos, e una forma de prevenir fallas y la optimización de los recursos que ahorraran los costos asociados al mantenimiento y contribuyen a la optimización en la forma de atender al paciente, que garantizar la atención médica más efectiva, segura y eficiente.

En la puesta en práctica de la prueba piloto del programa de conservación de los instrumentos médicos en la empresa Totalmedic se comprueba el funcionamiento de los diferentes módulos del programa bajo el cumplimiento de los estándares internacionales que reducen el riesgo de daños en los equipos y contribuye a la mejora de la imagen y reputación de esta unidad hospitalaria.

En este sentido, el cronograma se concluyó con éxito, desde el ingreso de usuario y contraseña creado dentro de la programación hasta cuando se ingresaron todos los datos de los equipos en la hoja de vida, logrando que

estos datos se muestren en el inventario. En el módulo de mantenimiento se seleccionó el equipo junto al proveedor de mantenimiento para añadir las fechas próximas a realizar mantenimiento preventivo y en reporte (criticidad) se seleccionó el equipo a evaluar y se lo evaluó siguiendo la ponderación de cada tabla. Cabe recalcar que se tiene opción de editar, añadir y eliminar datos según la necesidad que debe reflejarse en el cronograma de mantenimiento.

### **Recomendaciones**

Entre las recomendaciones se sugiere que:

La empresa y su personal técnico debe tener la documentación de los equipos con sus respectivas especificaciones, tales como dimensiones, peso, cantidad.

Se recomienda llevar una metodología para el cálculo de prioridad y las veces que se realiza el mantenimiento y un cálculo de sostenimiento preventivo planificado sobre la utilidad de cada equipo, sus tiempos de inactividad y costos asociados al mantenimiento.

Es importante que la empresa fortalezca la capacitación del personal que corresponde a lo técnico, especializadas en el mantenimiento de los equipos biomédicos, la interpretación en datos generados en el sistema de gestión del cronograma, siendo así que, conozcan el uso de todos los módulos del software de gestión para que el personal pueda aprovechar al máximo sus funciones y complete la base de datos de los equipos, incluyendo los datos técnicos, historial de mantenimiento, proveedores y otros datos como la calibración que ajusten los parámetros de mantenimiento en el momento adecuado.

Se sugiere optimizar el mantenimiento preventivo que permita analizar las fallas de los equipos, explorando y analizando los datos para obtener los datos de la utilidad de los equipos y optimizar la trazabilidad en la mejora continua, revisando de manera periódica del programa de gestión que da paso al ajuste de los procesos según sea necesario.

Finalmente, se recomienda fortalecer la base del programa para optimizar los procesos de mantenimiento y utilizar la tecnología que favorece a mejorar la eficiencia, efectividad y toma de decisiones acertadas que reafirmen con aquello que se dispone en la empresa.

## Bibliografía

- Aquino, G., & Muzo, S. (Febrero de 2021). Diseñar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada para la “Constructora Vargas Soria Cia. Ltda”, del Cantón de Baños de Agua Santa. *Repositorio de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 90. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2179>
- Ardila, M., Orozco, W., Galeano, O. J., & Medina, A. (2018). Desarrollo de software para la gestión del mantenimiento en los laboratorios de la I.U. Pascual Bravo. *Cintex*, 23, 43-50.  
doi:<https://doi.org/10.33131/24222208.307>
- Barahona, A. (30 de Junio de 2021). Plan de mantenimiento para la maquinaria pesada en funcionamiento de la dirección para la gestión del riesgo y desastre del departamento del Meta. *Repositorio de la Universidad Cooperativa de Colombia*, 72.  
doi:<http://hdl.handle.net/20.500.12494/35016>
- Barahona, A. (12 de junio de 2021). *Universidad Cooperativa de Colombia*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/10O8cv4GROpOCpKeckmttxNPC9XhnxcTO/view>
- Cabrera, A. I., Ortiz, F., & Cruz, F. (2019). Un modelo de minimización de costos de mantenimiento de equipo médico mediante lógica difusa. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 14, 379-396.  
doi:10.21919/remef.v14i3.410
- Caro, J. (13 de julio de 2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE UN CLUB DE ESPARCIMIENTO*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2693/IND\\_T030\\_75549338\\_T%20%20RUBIO%20CHAVEZ%20LESLIE%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2693/IND_T030_75549338_T%20%20RUBIO%20CHAVEZ%20LESLIE%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Colegio Oficial y Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid. (2020). *Antares*. Madrid : Gestión y Mantenimiento del equipamiento electromédico .
- Condori, J. L. (2015). *Edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/336>

- Docline*. (21 de 01 de 2020). Obtenido de <https://www.docline.com/blog/top-10-avances-tecnologicos-sector-salud/>
- Lema, E. G. (24 de junio de 2024). Estudio del estado funcional y determinación de la vida útil de máquinas de anestesia.
- López, J. D., & Sárate, D. F. (Febrero de 2023). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo asistido por (GMAO) para maquinaria pesada del Departamento de Construcción, Mantenimiento y Talleres de la Dirección de Obras Públicas del GAD municipal del cantón Gualaquiza. *Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca*, 204. doi:<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24712>
- Marqués, F. L. (06 de 03 de 2016). *Clinic Cloud*. Obtenido de <https://clinic-cloud.com/blog/aplicaciones-de-la-tecnologia-en-la-salud>
- Mendoza, E., & Zambrano, J. (25 de junio de 2023). Análisis del impacto del mantenimiento preventivo en el rendimiento de los equipos biomédicos. *Suplemento CICA Multidisciplinario*, 7(15), 3. Obtenido de <https://uleam.suplementocica.org/index.php/SuplementoCICA/article/view/97/243>
- Mercado, J. L. (2022). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos del área de maquinaria y equipos Edicas SAC Contratistas Generales, Trujillo 2022. *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 143. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12692/102431>
- OMS. (14 de junio de 2024). Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536\\_spa.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf)
- Peña, G. (13 de junio de 2024). Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos en la e.s.e Hospital San Antonio Del Cerrito. *Repositorio UniPamplona*, 34. Obtenido de [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5466/1/Pe%C3%B1a\\_2021\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5466/1/Pe%C3%B1a_2021_TG.pdf)
- Perales, J. (2023). Disminución de la alta frecuencia de fallas mediante la implementación de un plan de mantenimiento en la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de San Jerónimo, Apurímac. *Repositorio de la Universidad Tecnológica del Perú*, 3. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12867/6998>
- Pineda, J. Q. (2020). MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS QUE INGRESAN AL LABORATORIO DE

EQUIBIOMEDIC S.A.S PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR MEDIO DE GUÍAS DE PREDIAGNÓSTICO. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.ud ea.edu.co/bitstream/10495/15111/1/QuinchiaJulieth\_2020\_Mejoramiento SistemaGestion.pdf

Post Grado Industrial. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://postgradoindustrial.com/mantenimiento-predictivo-caracteristicas-ventajas/>

Ramírez, D. (2022). Metodología para determinación de obsolescencia de equipos médicos en el hospital de la Universidad Nacional. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/001/2994/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tech, F. (13 de junio de 2024). *Cómo realizar un mantenimiento preventivo a tus equipos biomédicos*. Obtenido de <https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-equipos-biomedicos>

Yahira, R. (13 de junio de 2024). Impuestos en la importación de equipos médicos en Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/44172>

Yevara, N. (13 de junio de 2024). *Universidad Mayor San Andrés*. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1uTB-coj\\_MsgrSGyij-qL9jwG7ZV2w3EU/view](https://drive.google.com/file/d/1uTB-coj_MsgrSGyij-qL9jwG7ZV2w3EU/view)

## Anexos 1

### Cronograma de Actividades

Actividad	Duración (Días)	Inicio	Fin
Adquisición de Datos	14	1	14
Recopilación de Datos Etiquetados	7	21	28
Selección de Características	7	29	36
Selección del Modelo de Aprendizaje Automático	14	37	51
Entrenamiento y Validación	9	52	61
Pruebas en Tiempo Real	5	62	67
Uso del programa	5	68	73

## Anexo 2

### Presupuesto

PRESUPUESTO DEL PROYECTO	
Actividad	Cantidad Precio
Información sobre los equipos en la empresa	\$50.00
Licencia de software	\$80.00
Conectividad	\$ 50.00
Mano de obra	\$600.00
<b>Total</b>	<b>\$ 780.00</b>

### Anexo 3

#### Recolección de datos (primera visita)



#### Recolección de datos 2



Fotografía del equipo en mantenimiento



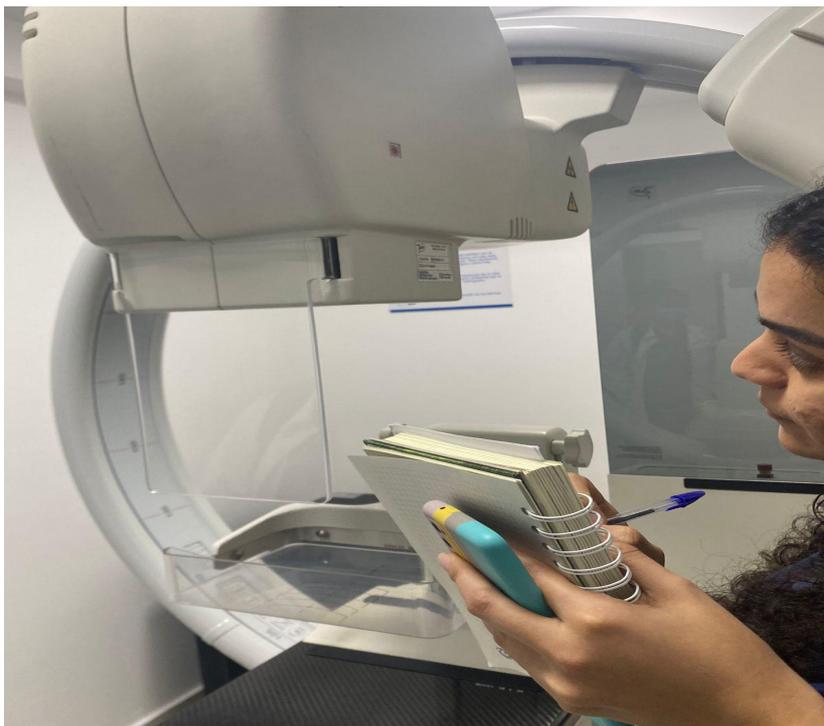
Toma de datos de la supervisión



### Revisión del equipo y toma de datos



### Revisión exhaustiva y toma de datos



### Revisión de equipo 2



### Toma de datos



### Apoyo del personal en la toma de datos



### Datos de los equipos para el diseño del programa



Guayaquil, 22 de mayo de 2024

Ing. Denisse Torres  
Administradora  
Totalmedic S.A.  
Presente.-

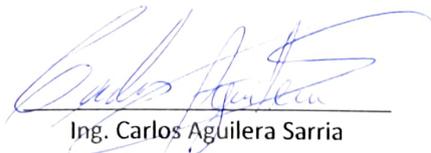
Estimada Ingeniera Torres,

Reciba un cordial saludo de parte de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial de la Facultad de Ingeniería en Biomedicina. Nos dirigimos a usted con el propósito de solicitar su colaboración en un proyecto de tesis que consideramos de gran importancia tanto para nuestra institución como para Totalmedic.

Los estudiantes Karla Lizbeth Tamayo Cedeño con cédula de identidad: 0952312239 y Jesús Guillén Núñez con cédula de identidad: 0954353900, quienes cursan el último año de la carrera de Ingeniería en Biomedicina en nuestra universidad, se encuentran desarrollando su proyecto de tesis titulado "Diseño e implementación de un programa para gestionar el cronograma de los mantenimientos realizados a los equipos médicos orientado a la eficiencia operativa y reducción de costos para la empresa Totalmedic". Este proyecto tiene como objetivo principal crear una herramienta que optimice la gestión de mantenimientos y reduzca costos, aplicando técnicas de aprendizaje automático. En este sentido, solicitamos su autorización para que nuestros estudiantes puedan ingresar a las instalaciones de Totalmedic, utilizar la información necesaria para el desarrollo y poder nombrar a su empresa en el documento de tesis, asegurando la confidencialidad y el uso ético de la información proporcionada.

Agradecemos de antemano su colaboración y esperamos una respuesta favorable.

Atentamente,



Ing. Carlos Aguilera Sarria  
**Director de la Carrera de Ingeniería en Biomedicina**  
**Universidad Politécnica Salesiana**

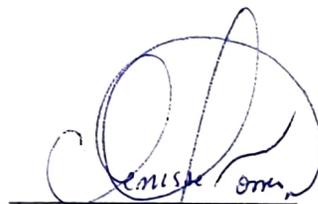
Guayaquil, 26 de junio de 2024

Mgs.  
Carlos Aguilera Sarria  
**Director de la carrera de Ingeniería en Biomedicina**  
**Universidad Politécnica Salesiana**  
Presente.-

De mis consideraciones:

Yo, Ing. Denisse Torres, Administradora de TOTALMEDIC, AUTORIZO como autoridad de este Centro Médico al estudiante Karla Lizbeth Tamayo Cedeño con cédula de identidad: 0952312239 y al estudiante Jesús Guillen Nuñez con cédula de identidad: 0954353900, los cuales están cursando la Ingeniería en Biomedicina en su distinguida institución y cuyo título de tesis es: "Diseño e implementación de un programa para gestionar el cronograma de los mantenimientos realizados a los equipos médicos orientado a la eficiencia operativa y reducción de costos para la empresa Totalmedic" a obtener información estadística, arquitectónica, realizar recomendaciones en caso de que existan y poder nombrar a TOTALMEDIC en su documento de tesis.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Denisse Torres', is written over a horizontal line.

Ing. Denisse Torres  
**Encarga del Área Administrativa**

DAULEMED S.A