



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**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**

Autor(es)

Julieth Quinchia Pineda

Universidad de Antioquia  
Facultad de ingeniería, Bioingeniería  
Medellín, Colombia

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

**Julieth Quinchia Pineda**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al  
título de:  
**Bioingeniería**

Asesores (a):

Mabel Catalina Álvarez Zapata  
Bioingeniera

Jorge Gómez López  
Ingeniero electrónico

Línea de Investigación:  
Ingeniería clínica

Universidad de Antioquia  
Facultad de ingeniería, Bioingeniería.  
Medellín, Colombia  
2020.

## Tabla de contenido

1. Resumen .....	3
2. Introducción .....	3
3. Objetivos.....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos específicos. ....	6
4. Marco teórico.....	6
3.1 Mantenimiento de equipos médicos. ....	6
3.2 Mantenimiento correctivo .....	8
3.3 Diseño de protocolos de mantenimiento correctivo para equipos médicos.....	10
3.4 Reemplazo de equipos médicos.....	11
3.5 Implementación de protocolos de mantenimiento para equipos médicos en plataformas virtuales - Software educativo. ....	12
3.6 Sistema de gestión de equipos médicos en Equibiomedic para los equipos que ingresan para mantenimiento correctivo. ....	13
5. Metodología .....	14
6. Resultados y análisis .....	15
7. Conclusiones .....	20
8. Bibliografía.....	21
9. Anexos .....	23
Anexo A: Enlace de videos y guías.....	23

## **1. Resumen**

El mantenimiento preventivo y correctivo son prácticas programadas que deben realizar todas las instituciones prestadoras de salud. La organización mundial de la salud lo recomienda con el fin de evitar eventos adversos en cualquier situación durante la prestación de servicios de salud. Equibiomedic S.A.S es una empresa del sector salud, dedicada a ofrecer servicios en mantenimiento, venta y alquiler de equipos médicos en Colombia. Cuenta con una alta demanda de servicios de mantenimiento que no pueden suplir por razones diversas. Por tal motivo, últimamente ha buscado apoyarse en practicantes de profesiones afines con la ingeniería clínica, con el fin de mejorar la atención en los servicios demandados. Esta metodología dio resultados respecto a algunos equipos del laboratorio, durante este trabajo se evaluó la evacuación de la demanda de los mismos. En consecuencia, se propuso generar un entrenamiento para los practicantes que ingresan, para que puedan continuar dando respuesta a la demanda. El entrenamiento consiste en realizar guías de manejo inicial de los equipos que más ingresan a Equibiomedic, en este caso son: termómetros, termohigrómetros, equipos de órganos, tensiómetros, fonendoscopios, básculas y monitores de signos vitales. Luego de publicar la información en una página web, se realizó una validación. Se encontró que tuvo una aceptación alta, puesto que la calificación de esta estuvo dentro de los rangos máximos, adicional la totalidad de los encuestados (21), respondieron satisfactoriamente a las preguntas de conocimiento adquirido sobre del tema, esto se realizó con el propósito de identificar que la teoría expuesta fuera clara. Adicional, se consideró validar si es una buena alternativa para enseñar a los practicantes sobre mantenimiento de equipos médicos, a lo que se obtuvo una respuesta positiva. Es importante aclarar que no es la única manera de formar a un profesional en esta área, también existen las capacitaciones presenciales que la empresa ofrece, pero utilizando la tecnología se considera un método sencillo y de alcance para los profesionales.

También se propone, realizar un seguimiento de las causas comunes de fallo de los equipos que ingresan al servicio para tener control sobre esta variable y en consecuencia mejorar el sistema de gestión de mantenimientos de equipos médicos en Equibiomedic.

## **2. Introducción**

Los dispositivos médicos son componentes fundamentales en la prestación de los servicios de salud alrededor del mundo, ya que por medio de estos se pueden tratar las enfermedades y acelerar diagnósticos de los pacientes de maneras más eficiente [1]. La incorporación de estas tecnologías implica

una gran responsabilidad por parte de las instituciones de salud, debido a los diferentes riesgos que impactan a los pacientes, cabe resaltar que estas tecnologías por su manejo y otras condiciones podrían elevar índices de eventos adversos [2].

En Colombia, existen decretos como el 1769, que resalta la distribución de los recursos financieros de las instituciones de salud para el mantenimiento de la infraestructura como la dotación hospitalaria y los objetivos del mantenimiento de equipos médicos en Colombia. También, el decreto 4725 de 2005, el cual regula entre muchas cosas, los permisos de mantenimiento de equipos médicos en Colombia como también la regulación de las buenas prácticas de manufactura de estos, los procedimientos que hace referencia son a la estructura organizacional, responsabilidades, procesos y recursos para implementar los requisitos de calidad asociados con el dispositivo médico. Adicional, la Superintendencia Nacional de Salud establece los lineamientos contenidos en el plan único de cuentas hospitalario para la contabilidad relativa a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y de la dotación hospitalaria [1]. Así mismo, el INVIMA impulsa y dirige en todo el país las funciones públicas de control de calidad, vigilancia sanitaria de los productos de su competencia, garantiza que los riesgos asociados con el consumo de productos de competencia del INVIMA se reduzcan y permitan a la autoridad sanitaria proteger la salud individual y colectiva de los colombianos. Los programas de vigilancia post comercialización de dispositivos médicos son una prioridad mundial, en este sentido la OMS reconoce la importancia de que la seguridad y el desempeño de estos sean continuamente evaluados por su frecuencia de uso, porque existen características que solo pueden ser probadas si se miden en condiciones clínicas reales [2]

La gestión de la tecnología contribuye la eficiencia en el sector salud y propicia un servicio sostenible. Las Instituciones de salud deben establecer responsablemente y de manera periódica procedimientos de gestión y control de los equipos biomédicos con el fin de conservar la tecnología, minimizando costos en la prestación de los servicios y dando cumplimiento a las recomendaciones del fabricante [3]. Por lo tanto, es importante que los equipos biomédicos estén en óptimas condiciones de uso de manera continua y cuando estos presentan una falla es indispensable darles una pronta solución. Para ello muchas empresas ofrecen servicios de mantenimiento de equipos médicos, ya que las instituciones prestadoras de salud tercerizan dichos procedimientos. Entre ellas se encuentra Equibiomedic.

Equibiomedic S.A.S es una empresa orientada en el sector salud dedicada a la prestación de servicios biomédicos. Ofrece mantenimiento preventivo, correctivo, alquiler y venta de equipos médicos. Adicional, cuenta con un laboratorio de ingeniería donde se llevan a cabo los procesos anteriormente mencionados.

Actualmente Equibiomedic cuenta con diferentes tipos de contratos, en los cuales debe suplir las necesidades de mantenimientos preventivos para las distintas entidades de salud, durante un mes pueden ser atendidos 500 equipos para mantenimiento preventivo, y un aproximado de 20 equipos para mantenimiento correctivo, estos últimos deben ser trasladados al laboratorio de ingeniería. Para efectuar los mantenimientos cuentan con 4 profesiones del área. En consecuencia, los equipos que llegan al laboratorio de ingeniería de la empresa no son evaluados en el tiempo de respuesta estimado en las políticas de la empresa, el cual es de aproximadamente tres días.

Muchos de los equipos médicos que llegan reportados por una falla o una avería no son atendidos dentro del tiempo establecido, pasando en el laboratorio por largas semanas sin ser diagnosticadas e incluso sin dar información al cliente sobre su estado. Por lo tanto, los clientes han presentado insatisfacción respecto a dichas situaciones.

En consecuencia, se pretende realizar guías de abordaje inicial de equipos médicos que permitan que los procedimientos de mantenimientos sean eficientes de manera que los procesos internos de gestión de mantenimiento mejoren. Esto se realizará por medio de protocolos de diagnóstico con base en la literatura y la experiencia de los profesionales de Equibiomedic. El desarrollo estará enfocado en los estudiantes practicantes e incluso a los interesados en el tema de mantenimientos de equipos médicos que posiblemente trabajen en la misma área. Inicialmente se hará para equipos básicos como: termómetro, termohigrómetro, equipos de órganos, monitor de signos vitales, tensiómetro y fonendoscopio. La información recopilada en las guías será evaluada por profesionales de la empresa y será validada por medio de encuestas que permitirán al estudiante al finalizar de estudiar el contenido, responder preguntas sobre el tema expuesto en cada una de las guías. Al finalizar el contenido realizado se publicará en una página web, que permitirá el acceso del personal que inicie en el proceso de gestión y/o mantenimiento de equipos médicos.

Serán el pilar para continuar en el proceso que permita la recopilación de más información del área, para así construir indicadores que permitan dar una mejor respuesta a las necesidades que se presentan en las instituciones de salud. Lo anterior conlleva que los tiempos de respuesta a las fallas reportadas sea de manera más pronta y aumenta en consecuencia el nivel de satisfacción del cliente y por ende que la empresa tenga crecimiento. Dado que las empresas invierten en la formación del personal, se busca que este método incentive la enseñanza virtual, que permite que los empleados pueden capacitarse en cualquier momento de manera independiente, ya que la incorporación de las tecnologías de información es una táctica que posibilita el incremento de la calidad de la educación, propicia un aprendizaje independiente y estable en el tiempo [3]. Conlleva la utilización

de un canal de comunicación para las empresas, y el intercambio de información eficaz.

La información de la tecnología biomédica en Colombia, tiene pocos años de trayectoria en el país, por lo cual, el proyecto permite la creación de indicadores de causas comunes de fallos de equipos médicos para toda la comunidad encargada de ingeniería clínica, con el fin de construir protocolos sofisticados que permitan darle una respuesta eficiente a cada una de las problemáticas que se pueden presentar en las instituciones de salud y también a las empresas dedicadas al mantenimiento de equipos médicos [4].

### **3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Disminuir el tiempo de respuesta del sistema de gestión de equipos que ingresan al laboratorio de Equibiomedic S.A.S. por mantenimiento correctivo por medio de guías de prediagnóstico.

#### **Objetivos específicos**

- Diseñar los protocolos de prediagnóstico de equipos con clasificación de riesgo I y IIA que ingresan a Equibiomedic S.A.S. para mantenimiento correctivo, teniendo como base una revisión de la literatura y las necesidades de la empresa.
- Implementar y validar los protocolos propuestos por medio de una plataforma que permita fácil acceso para dicho fin.
- Identificar oportunamente las causas de ingreso de equipos médicos por mantenimiento correctivo al área de ingeniería de Equibiomedic S.A.S. con el fin de disminuir el tiempo de respuesta a los prestadores de servicios de salud.

### **4. Marco teórico**

#### **3.1 Mantenimiento de equipos médicos.**

En el documento de “Modelo y Gestión” de equipamiento biomédico se definen el mantenimiento como: “proceso que integra un conjunto de procedimientos técnicos y administrativos diseñados para prevenir averías,

mantener, mejorar y restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento", en el que hace referencia al decreto 1769, el cual regula los criterios básicos para la asignación y utilización de los recursos financieros destinados al mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria. Adicional, este decreto establece los objetivos que tiene el mantenimiento, entre ellos esta: garantizar la seguridad del personal como de los pacientes, ofrecer un servicio de calidad prevista por la ley, reporte rápido y efectivo de los problemas presentados [5].

El decreto 4725 de 2005, en el artículo 38 menciona sobre el mantenimiento post venta de los equipos médicos, por parte de los distribuidores en Colombia en el cual se refiere a que el propietario debe tener certeza de que el equipo esté funcionando correctamente basado en el manual del fabricante [6].

Se menciona que: *"las instituciones prestadoras de salud deberán asegurarse que su uso y funcionamiento estén de acuerdo con lo establecido en los manuales entregados por el fabricante en el momento de la venta de este, así como de su calibración y mantenimiento"* [7].

Lo anterior, permite garantizar que el equipo esté en las condiciones óptimas de funcionamiento y lo más importante, cerciora la seguridad de los pacientes durante la prestación de servicios de salud. Por tal motivo el decreto 4725 establece que se debe realizar mantenimiento a estos dispositivos, lo cual reduce los eventos adversos durante los procedimientos de atención en salud [8].

La frecuencia de mantenimiento según la organización mundial de la salud, se puede ver influencia por distintos factores como: el uso frecuente del equipo, recomendaciones según el fabricante, el desgaste del equipo, entre otros. A su vez, se debe contar con un cronograma que permita la planeación del mantenimiento de los equipos que sean elegidos para tal fin [8].

La Organización Mundial de la Salud establece que el mantenimiento de los equipos médicos se puede dividir en dos principales categorías: inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y mantenimiento correctivo (MC). Por IMP se entienden todas las actividades programadas que aseguran la funcionalidad de los equipos y previenen averías o fallas. Las inspecciones de funcionamiento y seguridad son procedimientos sencillos que permiten verificar el funcionamiento adecuado y el uso seguro del dispositivo. El mantenimiento preventivo (MP) comprende todas las actividades que se realizan para prolongar la vida útil de un dispositivo y prevenir desperfectos [8].

Para facilitar el trabajo de sistemas automatizados para el mantenimiento orientado a riesgo en equipos médicos, puede definirse básicamente un Índice de Mantenimiento Preventivo como [9]:

$$IPM = \sum P_i \cdot \frac{t}{T}$$

**Ecuación 1.** Cálculo del Índice de Mantenimiento Preventivo e Inspecciones (IPM)

Donde:

**$P_i$**  Es el nivel de prioridad.

**$t$**  Es el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento.

**$T$**  Es el tiempo entre mantenimientos preventivos, el cual es dado por el fabricante o utilizar el tiempo obtenido por la experiencia del personal de mantenimiento de las instituciones prestadoras de Salud.

### 3.2 Mantenimiento correctivo

Por otro lado, el mantenimiento correctivo está definido como el proceso orientado a restaurar la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación además este tipo de mantenimiento está asociado a los costos de reparación de los equipos [10].

Las tareas de mantenimiento correctivo no se programan y aumentarán o disminuirán según la demanda. Por lo tanto, es importante contar con un esquema de prioridades de modo que los recursos para el MC se destinen a cubrir las necesidades más apremiantes.

De acuerdo con los que dice la organización mundial de la salud en el documento "Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos", los procedimientos se deben definir antes de ejecutarlos, inspeccionando cuidadosamente el equipo [11].

Algunos procedimientos según la OMS los pueden realizar el personal del hospital para que los técnicos se centren en problemas complejos y ahorrar tiempo en los mantenimientos preventivos. A lo anterior, en el programa de mantenimiento si algún equipo requiere de mantenimiento correctivo, se debe generar la orden para realizar la reparación en el momento o que esta quede en el plan y realizarlos posteriormente. Para considerar los

mantenimientos correctivos, es necesario detectarlo durante las visitas del mantenimiento preventivo o que el mismo personal de salud identifique una falla. En consecuencia, será el técnico del área que determine los pasos para corregir el daño para que el equipo quede nuevamente en funcionamiento. Las causas de fallo de los equipos médicos vienen ligadas con:

- Falla de algún componente electrónico individual.
- Cumplimiento de su vida útil.
- Fallo en una pieza por desgaste natural.
- Falta de mantenimiento preventivo.
- Mal uso por los usuarios de la tecnología.
- Falla en algunos de sus accesorios.

Para identificar la falla de un equipo la organización mundial de la salud aconseja que, los suministros eléctricos sean estables, aunque es complicado, hay alternativas que pueden contribuir a dicha consistencia, como comprar equipos que funcionen a batería. También otras condiciones de fallo es la temperatura y la humedad a la que se someta el equipo constantemente, se sugiere que estos al comprarlos se adapten al lugar de funcionamiento. Otra importante causa de falla es que el equipo esté obsoleto y sea reemplazado por un equipo moderno [12].

De acuerdo con el artículo publicado en la revista de ingeniería biomédica, acerca de un manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación Valle del Lili, hacen hincapié a que es importante realizar protocolos que contribuyan a tener procesos que sean definidos de manera detallada que permitan mejorar la eficiencia y la eficacia en la solución de los problemas, para ello presentan una guía de mantenimiento correctivo para una clínica de alto nivel. Se establecen los lineamientos de atención de los equipos médicos que son reportados en la clínica, en el que dibujan eslabones de atención, desde la llamada, el reporte de la falla. Posterior a ello la asignación donde se esclarece el nivel de complejidad del equipo como también el responsable del mantenimiento del equipo. En consecuencia, el coordinador, dará el dictamen de cómo se procederá a la atención del equipo basado en el nivel de complejidad. El primer paso de la atención interna es la verificación inicial en el que se determina la posibilidad de arreglar la avería o si se requiere del proveedor para reparar el daño. Si la avería va más allá de la verificación inicial se propone tomar medidas correctivas basada en los procedimientos de diagnóstico y reparación definidos por el manual de servicio del equipo como también con base en la experiencia de la persona

encargado. Finalmente, proponen que después del trabajo realizado se deberá comprobar el equipo por parte del área de metrología [9].

### **3.3 Diseño de protocolos de mantenimiento correctivo para equipos médicos**

Es importante tener en cuenta que las nuevas tecnologías buscan llevar a cabo procesos reduciendo tiempos de atención o repuesta, y entre otras cosas como se menciona en un estudio de diseño y aplicación de un protocolo de evaluación de equipos médicos: *“Los avances tecnológicos buscan siempre optimizar procesos, disminuir tiempos de muestreo, minimizar costos a largo plazo, mejorar apariencia global de los equipos, hacer los procedimientos más amistosos con el paciente y el usuario, entre muchas otras ventajas”* [13]

El aprovechamiento de las nuevas tecnologías permite la generación de índices de gestión basado en datos reales que permite el análisis de puntos débiles en cada una de las partes del sistema que integra un mantenimiento correctivo y/o preventivo. Por eso, en el estudio que se realizó fue construir un diseño e implementación análisis proactivo de fallas de equipos médicos mediante un software, pretende cambiar las practicas anteriores que no permiten cuestionar el contenido, la frecuencia y el impacto sobre las tasas de falla de equipo [14]. A lo anterior, los sistemas estructurados permiten programar los recursos humanos como un proceso clave para determinar el rendimiento en las funciones de cada uno de los miembros. De aquí el hecho de aplicar metodologías o procedimientos que garanticen seleccionar y ajustar adecuadamente las plantillas que proporcionen un buen desempeño operativo de la empresa [15].

En consecuencia, generar guías o protocolos para evaluar ciertos equipos, que se basen en la industria medica de dispositivos y de diagnóstico en el que se evidencien reglas generales y bases en experiencias anteriores, ofrece técnicas de cómo abordar situaciones frente al manejo e incluso arreglos de equipos médicos [16]. Lo anterior, puede dar una orientación de cómo el programa de mantenimiento de una institución puede buscar resultados, por ejemplo, tiempo de actividad, tasa de fallas, incidentes con pacientes, tiempo medio entre fallas, tiempo de respuesta, tiempo medio de reparación y los códigos de falla. En un estudio realizado sobre la evidencia de mantenimiento para equipos médicos, propone que las estrategias de mantenimiento actuales son efectivas, pero carecen de eficiencia. Si se recopilaron más datos, se pueden llegar a diferentes conclusiones y propone: incorporar el concepto de misión crítica en las estrategias de mantenimiento, reorientar los recursos del mantenimiento

programado al seguimiento de errores del usuario y la capacitación del usuario. Por medio de lo anterior se puede lograr el mejor equilibrio entre necesidades y recursos, incluidos humanos, técnicos y financieros, ampliar la investigación para abarcar más países, incluidos los países en desarrollo [17].

Algunos departamentos han intentado registrar cada falla de parte, corrección y acción tomada ya que dichos registros pueden ser útiles para que los fabricantes determinen individualmente confiabilidad de componentes pueda almacenar piezas. Cuando se ha recopilado una gran cantidad de registros, el departamento puede detectar dónde están las oportunidades de mejora. Además, es importante que el personal del departamento sea capacitado para realizar un análisis de causa raíz rudimentario y reparación falla prevenible y predecible:

**Falla predecible:** una falla que generalmente es causada por el desgaste puede ser detectado. La solución adecuada es el mantenimiento programado para detección de:

- Inspección de seguridad y rendimiento.
- Reemplazo de las piezas desgastadas.
- mantenimiento preventivo.

**Falla Potencial:** Una falla que está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir, pero aún no ha causado que el equipo deje de funcionar o problemas para pacientes o usuarios. La solución es una inspección programada que determinaría la necesidad de reemplazar los defectos o partes desgastadas o ajustes de calibración.

**Falla oculta:** un problema que el usuario no puede detectar a menos que se ejecute un comando especial prueba o uso de equipos especializados de prueba / medición. La solución apropiada está programada inspección que intentaría detectar la falla y, si se encuentra, corregir la falla.

### **3.4 Reemplazo de equipos.**

Como cualquier otro tipo de equipo, el equipo médico necesita ser reemplazado cuando ya no brinda servicios seguros, confiables y efectivos. Debido a la rápida introducción de nuevos, mejores tecnologías y procedimientos médicos, el equipo médico se reemplaza cada vez más antes de que sea inseguro o poco confiable. No obstante, los departamentos tienen el deber de revisar periódicamente el estado de cada pieza o grupo de equipos para determinar si ya no es técnicamente factible o financieramente justificable para continuar manteniéndolo. Una vez que parece necesario un reemplazo, el departamento debe recomendar al Comité de Planificación para considerar otro equipo como un proceso de incorporación. anterior [18].

### 3.5 Implementación de protocolos de mantenimiento para equipos médicos en plataformas virtuales - Software educativo.

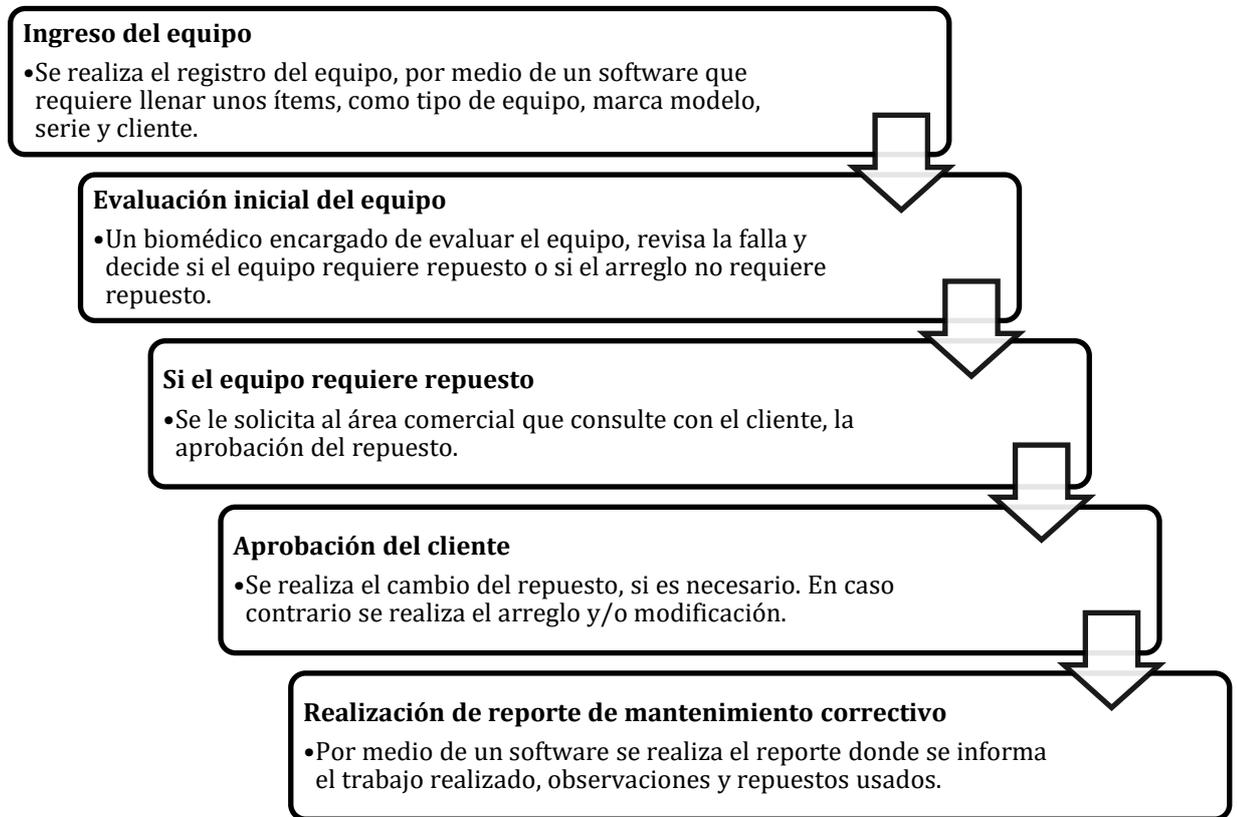
Todo tipo de información es susceptible a ser evaluada, sobre todo si se requiere reunir una colección de utilidad para los usuarios de un centro de información. La información almacenada en los soportes tradicionales, e incluso en los electrónicos, cuenta con un conjunto de datos teórico contrastado relativo a los criterios que se deben aplicar para la evaluación de esta. Sin embargo, la información telemática, especialmente la accesible a través de Internet, todavía está siendo objeto de reflexión e investigación, a fin de ofrecer una serie de parámetros y procedimientos que sirvan de forma definitiva para analizar la calidad de la información accesible en línea [19].

Los softwares educativos, se definen de forma genérica como aplicaciones o programas computacionales que faciliten el proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunos autores lo conceptualizan como cualquier programa computacional cuyas características estructurales y funcionales sirvan de apoyo al proceso de enseñar, aprender y administrar, o el que está destinado a la enseñanza y el autoaprendizaje y además permite el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas. En la literatura se discute de que las mediaciones cognoscitivas en los sujetos durante el proceso de recepción de vídeos varían ya que el proceso de aprendizaje no es lineal, sino que está mediado, tanto por el lenguaje y formas de la tecnología usada y las propiedades intrínsecas de la información por transmitir, como por la cultura con el desarrollo cognoscitivo [20].

Las características más generalizadas en los Softwares educativos son:

- **Finalidad:** orientados a la enseñanza-aprendizaje en todas sus formas.
- **Utilización del computador:** el medio utilizado como soporte es el computador.
- **Facilidad de uso:** son intuitivos y aplica reglas generales de uso y de fácil comprensión para su navegabilidad o desplazamiento y recursividad o posibilidad de regreso a temáticas de interés desde cualquier punto en el ambiente virtual.
- **Interactividad:** permite un intercambio efectivo de información con el estudiante [20].
-

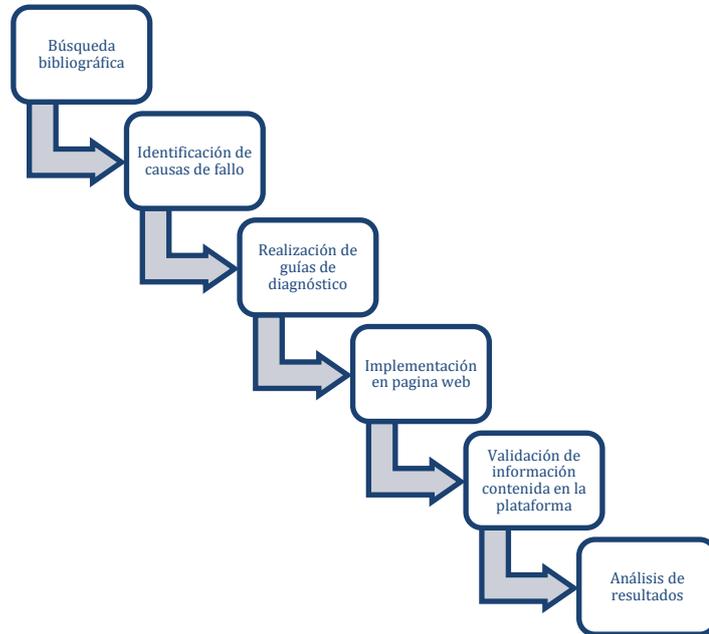
### 3.6 Sistema de gestión de equipos médicos en Equibiomedic para los equipos que ingresan para mantenimiento correctivo.



**Figura 1.** Sistema de gestión de equipos que ingresan a Equibiomedic

## 5. Metodología

Para el desarrollo de la propuesta se tiene en cuenta la figura 2 que se muestra a continuación.



**Figura 2.** Diagrama de metodología a desarrollar.

**Búsqueda bibliográfica:** Con base en la literatura especialmente en los manuales de usuarios de cada uno de los equipos médicos, se buscaron las recomendaciones que en cada apartado del manual se presenta como mantenimiento. Adicional, con ayuda del personal experto se recopiló información en base a la experiencia que posee, y las diferentes alternativas que se pueden tomar respecto a las distintas situaciones del manejo mantenimiento correctivo en equipos médicos.

**Identificación de causas de fallo:** De acuerdo con los lineamientos de las actividades propuestas de la empresa para los practicantes en el área de apoyo a ingeniería, se pretende dar identificación de falla a los equipos médicos que ingresan, especialmente a los equipos clase I y IIA, con base en la bibliografía y con los conocimientos de los profesionales expertos. Adicional, con los conocimientos adquiridos se procede a esquematizar las guías de diagnóstico.

**Realización de guías de diagnóstico:** Se realizaron videos interactivos en los que se muestra un caso de fallo y como abordar inicialmente el equipo, así mismo, se realizan unas guías escritas con el resumen de los pasos a seguir en el manejo inicial de los equipos. Los equipos que se les realizó los videos y las guías son: Termómetro, termohigrómetro, báscula, tensiómetro, fonendoscopio, equipo de órganos y monitor de signos vitales.

Estas guías están realizadas para que los practicantes del área puedan educarse de manera fácil e independiente con el fin de que el proceso de formación sea rápido.

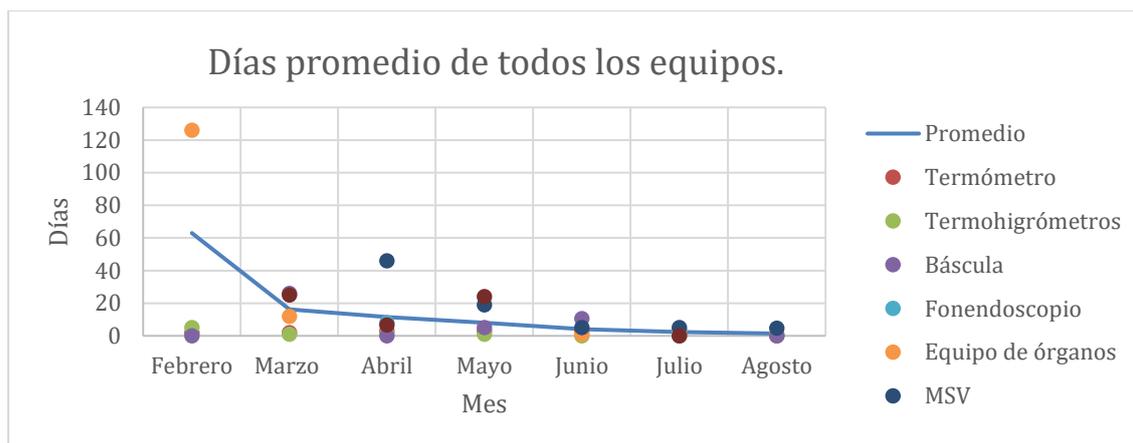
**Implementación en página web:** Se realiza una página web en la que se implementa todo el contenido: videos y guías. Con el objetivo de que cualquier estudiante o practicante del área pueda acceder desde cualquier lugar con acceso a internet.

**Validación de la información:** se escogieron estudiantes del programa de bioingeniería de la Universidad de Antioquia con conocimientos en ingeniería clínica y estudiantes que cumplen con los requisitos para realizar las practicas académicas. Como criterio de inclusión se tuvo que los estudiantes tuvieran cercanía con el tema, es decir, estuvieran en proceso de formación en esta línea profesional, en consecuencia, se seleccionaron 21 personas con los criterios mencionados, que corresponde a la muestra a evaluar. Las preguntas que se realizaron fueron relacionadas con el tema que se presenta en cada uno de los videos, cómo, por ejemplo, los pasos a seguir para que la revisión sea exitosa, las causas comunes de fallo de los equipos, presentación de casos y adicional se pregunta si la forma como se está enseñando sobre mantenimiento es una buena alternativa de adquisición de conocimiento para los practicantes.

## 6. Resultados y análisis

La identificación de las causas de falla de los equipos que ingresaron al laboratorio fue un proceso continuo que se realizó con base en el apoyo de los profesionales del laboratorio, los manuales de los equipos y la búsqueda en la literatura. A lo largo de la práctica se evidenció cómo la identificación oportuna de causas de fallo permitió dar una respuesta oportuna a los requerimientos de mantenimientos que se tuvieron, generando una disminución en el tiempo promedio de respuesta durante los meses de práctica académica.

En la figura 3 se muestra el gráfico de los días que se tardan en dar respuesta a los equipos médicos básicos desde el mes de febrero hasta el mes de agosto. La línea azul indica el promedio del tiempo de respuesta de todos los equipos. Se debe tener en cuenta que, durante los primeros días de las prácticas académicas el estudiante no tenía conocimientos previos de manejo de equipos médicos, lo que explicaría el valor alto de días tardados en dar respuesta del equipo de órganos (equipo que igualmente llevaba una cantidad de días considerables en el laboratorio). Cabe resaltar que el manejo de este equipo requiere de cuidado, ya que, sus partes internas pueden ser muy sensibles a caídas o manejos inadecuados.



**Figura 3.** Tendencia de promedio del tiempo de respuesta de equipos básicos.

Se evidencia que la tendencia de respuesta a la demanda de mantenimiento en promedio de días disminuye conforme aumentan los meses. Esto quiere decir que, la ayuda realizada por el practicante, previa a la evaluación de los ingenieros expertos, contribuye a que la respuesta frente a los equipos básicos que ingresan a la empresa determine un tiempo corto de instancia en el laboratorio de Equibiomedic S.AS.

Se aprecia que algunos puntos, presenta un pico como es el mes de mayo y abril. Este comportamiento se puede dar debido a que hay un tiempo de espera de aprobación por parte del cliente para realizar algún procedimiento que en su mayoría es de reposición de alguna pieza del equipo. Esta espera indica aumento de días en el laboratorio, debido a que son protocolos de la empresa "sistema de gestión de equipos médicos de Equibiomedic", mostrado en la figura 1.

A continuación, se presenta la plataforma en la que se implementó la información propuesta para la formación del personal, especialmente para los estudiantes practicantes y/o personas interesadas. Esta plataforma promueve el aprendizaje de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos médicos básicos. El material audiovisual generado se presenta como una alternativa interactiva para los usuarios y a su vez la plataforma permite descargar las guías de los procedimientos, estas últimas están realizadas con el objetivo de brindar conocimiento complementario a los videos. Adicional se realizan unas preguntas respecto a los diferentes equipos médicos, que se enumeran en la tabla 1. Estas preguntas tienen la finalidad de validar que la información presentada sea clara y concisa, ya que por medio de las repuestas se puede identificar si lo que se presenta en los videos y guías es comprensible por los usuarios, especialmente para los practicantes que inician en el área de mantenimiento de equipos médicos,

puesto que la mayoría de las veces el practicante conoce poco de estos procesos. Es importante que esta metodología sea implementada ya que permite que los próximos practicantes del área de Equibiomedic se puedan ayudar con la plataforma y a su vez acelerar los procesos internos de recepción de equipos e identificación de la falla. Adicional, respecto a la literatura, una de las mejores formas de adquirir conocimientos es por medio del apoyo audiovisual ya que ha demostrado su efectividad.

En la figura 4 se muestra el diseño de la página web que se utilizó para implementar la información de los videos y guías, como también el enlace para la realización de la encuesta.



**Figura 4.** Plataforma: Videos y guías para el manejo inicial de equipos médicos básicos.

En la tabla 1 se enuncian las preguntas realizadas, cada pregunta es elaborada respecto al equipo médico correspondiente al video y la guía. Cabe señalar que la plataforma fue también validada por profesionales expertos en el área de mantenimiento de equipos médicos. En total fueron 4 profesionales, quienes evaluaron la información y ofrecieron mejoras para la plataforma, como la elaboración de diagramas de flujo que permita

identificar la ruta de mantenimiento correctivo de posibles fallas como también ampliación de la información especialmente para el monitor de signos vitales.

**Tabla 1.** Pregunta para validar la información de la plataforma.

Numeral	Pregunta	Porcentaje de la muestra que respondió asertivamente
A	¿Qué es lo primero que se debe realizar al momento de revisar un equipo médico?	100%
B	Si falla la batería de un equipo de órganos, termohigrómetro y/o termómetro, ¿que se recomienda realizar?	58.5%
C	¿Cuál es la causa común de fallo de un fonendoscopio, balanza, termohigrómetro y/o termómetro?	100%
D	¿Conoce sobre pruebas de fuga que aplican para algunos equipos?	100%
F	¿Cree usted que es una buena manera de enseñar inicialmente sobre el mantenimiento de equipos médicos a practicantes en el área?	Si → 100% No → 0%

Respecto a la pregunta A de la tabla 1 el 100% de los estudiantes coincidieron, en realizar inicialmente la prueba de funcionamiento. Esta pregunta se realizó para todos los equipos presentados en la plataforma, con lo que se puede concluir que la información proporcionada en los medios audiovisuales es clara para esta situación inicial.

De acuerdo con la pregunta B de la tabla 1, si algún equipo requiere cambio de batería, ¿que se debería realizar?, los encuestados respondieron en un 58.5% en solicitar repuesto y el 41.4% eligió realizar el reporte de mantenimiento. Con base en la figura 1, donde se muestra el sistema de gestión de Equibiomedic es necesario realizar la solicitud del repuesto al cliente, ya que se puede presentar que la reposición no sea aceptada. Se puede interpretar que la información proporcionada en el video no es precisa, por lo que fue necesario realizar modificaciones, que permitieran dar claridad en las herramientas complementarias para evaluar un equipo. Por otro lado, se evidencia la importancia de realizar una capacitación

respecto a mantenimientos de equipos médicos para los practicantes, ya que contribuye a la formación inicial de dichos procedimientos, y en consecuencia los resultados obtenidos en las encuestas podrían mejor.

Se encuentra que el resultado de la pregunta C de la tabla 1, el 100% de las personas encuestadas identifican en la información dada, las causas comunes de fallos de los equipos. Esto se hace con la finalidad de que cualquier profesional que esté evaluando un equipo pueda ir descartando posibles fallos para que finalmente puede comunicar las revisiones que le hizo al equipo para que los otros profesionales con experiencia puedan hacer una evaluación detallada y así minimizar tiempos de respuesta.

Respecto a la pregunta D, se halla que el 100% de los encuestados reconocen que se debe hacer cuando se encuentra una fuga en uno de los equipos. En los videos proporcionados se hace énfasis en cada una de las situaciones para los equipos que aplican, ya que es muy común dichas situaciones, y es necesario realizar pruebas de fuga cuando amerite.

Adicional, respecto a la respuesta de la pregunta F, se establece que la totalidad de la muestra está de acuerdo en que los videos son una manera adecuada de enseñar inicialmente sobre equipos médicos. Lo que corrobora que los videos son una herramienta útil en el aprendizaje. En conjunto, las plataformas virtuales hacen que la información sea asequible, permite que los estudiantes o las personas que inicien en esta área puedan tener acceso en cualquier momento, incluso estudios realizados han demostrado que los videos son una herramienta útil en procesos formativos [21].

Así mismo, se les pidió a los usuarios que dieran una calificación respecto a la usabilidad y presentación de los videos, y en promedio los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 3.** Promedio de calificación respecto a la usabilidad de los videos

<b>Equipo</b>	<b>Calificación</b>
Termómetro	4.2
Termohigrómetro	4.95
Equipo de órganos	4,8
Báscula	4.5
Monitor de signos vitales	4.6
Tensiómetro	4,8
Fonendoscopio	4,5
Promedio	4,7

Conforme a los resultados obtenidos en la tabla 3, se evidencia que algunos videos no tuvieron la máxima calificación, sin embargo, fue una calificación alta. En general la calificación estuvo dentro de los rangos máximos, lo que indica que es una metodología aceptada y con la implementación de mejoras puede tener un alto impacto en la mejora de procesos.

Con base en lo anterior, muchas empresas de equipos médicos invierten tiempo en capacitación del personal, lo que implica la inversión de recursos económicos y humanos. Las plataformas digitales son un canal para acelerar procesos y reducir costos. Equibiomedic, es una empresa que lleva un recorrido de 10 años en la industria por lo cual ha logrado un reconocimiento a lo largo del tiempo, en consecuencia, es solicitada para mantenimiento de equipos médicos de distintas instituciones de Colombia. En la mayoría de las ocasiones el apoyo personal capacitado para atender las demandas internas en la institución contribuye a que el cliente encuentre satisfacción en el servicio prestado. Por lo anterior, se pretende que las guías sean una metodología de implementación para las personas que están iniciando en dichas prácticas, para que la atención a los equipos sea en un tiempo adecuados dentro de los lineamientos definidos en la política institucional. Como se evidenció, durante la instancia de un practicante, se logró el aprendizaje de las herramientas que condujeron al mejoramiento de los tiempos de atención, esto hace que un sistema de gestión se consolide en el tiempo, permitiendo la permanencia en el campo. Las guías de prediagnóstico contribuyen a que se analicen o se consoliden dentro de la misma institución las causas comunes de falla, no solamente de equipos básicos sino también de equipos más avanzados, permite la construcción de protocolos en la atención de equipos médicos, para que también en el momento de evaluar un equipo se pueda dar respuesta de una manera eficaz y eficiente.

## **7. Conclusiones**

- La identificación de falla de los equipos médicos se realizó durante la instancia de las practicas académicas, con soporte de los profesionales expertos y referenciación en la literatura. Lo anterior indica que los practicantes pueden contribuir al prediagnóstico de los equipos médicos que ingresaron para mantenimiento correctivo, lo cual se observa en la disminución del tiempo de respuesta para los equipos que ingresaron de clase I y IIA.

- El tiempo de respuesta de los equipos básicos disminuyó gracias al conocimiento adquirido durante el proceso de formación, lo que contribuyó consecuentemente a la construcción de videos ilustrativos y guías que permitirán a los próximos practicantes a consolidar un sistema de gestión de mantenimiento en Equibiomedic S.A.S.
- Se confirmó que los videos elaborados son una ayuda para los practicantes de esta área, por medio de la validación que se planteó. Los videos fueron una herramienta útil, ya que permiten accesibilidad en cualquier momento y generan aceleramiento en procesos internos deseados de la institución.
- La aplicación de las de guías permite identificar fácilmente las causas de fallo de los equipos que ingresa a Equibiomedic para mantenimiento correctivo, porque permiten seguir una serie de procedimientos en la cual secuencialmente se descartan posibles causas hasta identificar la correcta.
- Se propone como trabajo futuro, realizar un seguimiento de las fallas comunes de los equipos que ingresan a Equibiomedic S.A.S, para construir indicadores que permitan conformar un sistema de gestión estructurado. Teniendo un sistema de gestión, los protocolos internos de conductas de mantenimientos de equipos médicos, será eficiente y aumentará la satisfacción de los clientes.

## 8. Bibliografía

- [1] Nacional, S., Biom, E., & Prestadoras, I. (1998). *Modelo de evaluación y gestión Equipamiento biomédico Tecnología biomédica*. 256–281.
- [2] De, C. I. N., Del, A., Tecnovigilancia, P. D. E., & Torres, M. (2011). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – INVIMA CON EL OBJETO DE “Apoyar y consolidar a través de la facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, el programa nacional de Tecnovigilancia (Señalización y Gestión – Vigilancia Activa) y fortalece*.

- [3] "CVN - Información detallada para hacer inteligencia de mercados", *Centro Virtual de Negocios - CVN*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.cvn.com.co/inteligencia-de-mercados-quienes-somos/>. [Accedido: 25- Jun- 2019].
- [4] Saldarriaga, Oscar Darío. (2008). EXPERIENCIAS Y VIVENCIAS EN LA INGENIERÍA CLÍNICA. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 10-14. Retrieved October 28, 2019, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-97622008000200002&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200002&lng=en&tlng=es)
- [5] Gestión de equipos médicos: implementación y validación de una herramienta de auditoría *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, vol. 38, núm. 1, enero-abril, 2017, pp. 76-92 Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica Distrito Federal, México.
- [6] Cruskaya, D., & Jaramillo, M. (2017). *UNIVERSIDAD DEL AZUAY Facultad de filosofía, letras y ciencias de la educación Escuela de psicología organizacional*. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6753/1/12749.pdf>
- [7] Parra, V. G. (2009). Incorporación Del Uso De Una Plataforma Virtual, *Word Journal Of The International Linguistic Association*, Núm. 30([artículo en línea]EDUTECH, *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*), 1–16. Retrieved from <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec30/>
- [8] Ohyhv, H. Q., Vhulrv, P., Wdpelpq, S., Lqflghqwhv, O., Dv, D., & Gh, I. (2010). Incidence of Adverse Events Associated with Medical Devices Within a Health Institution in Colombia, 71–84. [En línea]. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/491/1/RBI00080.pdf/>. [Accedido: 25- Jun- 2019].
- [9] Organización Mundial de la Salud. (2012). Introducción al Programa de Mantenimiento de Equipos Médicos. Serie de Documentos Técnicos de La OMS Sobre Dispositivos Médicos, 6–12.
- [10] Proceso de mantenimiento. Nuevo Legislación." Modelo de evaluación y Gestión Equipamiento Biomédico Tecnología Biomédica", [En línea]. Disponible en: [http://www.nuevalegislacion.com/files/susc/cdj/doct/lb\\_ebm\\_cap6\\_3.pdf/](http://www.nuevalegislacion.com/files/susc/cdj/doct/lb_ebm_cap6_3.pdf/). [Accedido: 25- Jun- 2019].
- [11] "Inspection and Preventive maintenance System", 1995. [En línea]. Disponible en: <https://nodocaribe.blogspot.com/2017/09/documento-de-ecri-para-la-inspeccion-y.html>. [Accedido: 27-jun-2016].

- [12] Primero, D. F., & Diaz, J. C. (2015). Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili. *Revista de Ingeniería Biomédica*, 9, 81–87. <https://doi.org/10.14508/rbme.2015.9.18.81-87>
- [13] Villamil Gutiérrez, J. E. (2010). *Umbral científico*. Umbral Científico. Universidad Manuela Beltrán. [En línea]. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/491/1/RBI00080>
- [14] Primero, D., Diaz, J., García, L., & González Vargas, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación valle del lili. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 81–87.
- [15] Duque, M. F., & Lores, C. C. (2013). Diseño y aplicación de un protocolo de evaluación de equipos médicos. *IFMBE Proceedings*, 33 IFMBE, 417–420. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21198-0\\_107](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21198-0_107)
- [16] Galán, M. H., & Galán, M. H. (2015). Planificación del mantenimiento de equipos médicos a través del ajuste de plantilla. *Revista Cubana de Ingeniería*, 6(3), 61–67. <https://doi.org/10.1234/rci.v6i3.351>
- [17] Kimmel, W. D., & Gerke, D. D. (2018). Electromagnetic Compatibility in Medical Equipment. In *Electromagnetic Compatibility in Medical Equipment*. <https://doi.org/10.1201/9780203758724>
- [18] Khalaf, A. (2009). Evidence-based maintenance for medical equipment. *IFMBE Proceedings*, 25(7), 804–807. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03885-3-223>
- [19] Wang, B. (2012). Medical equipment maintenance: Management and oversight. *Synthesis Lectures on Biomedical Engineering*, 45, 1–83. <https://doi.org/10.2200/S00450ED1V01Y201209BME045>
- [20] Merlo Vega, J. A. (2003). "La evaluación de la calidad de la información web: aportaciones teóricas y experiencias prácticas." *Sociedad de La Información*, (8), 101–110.
- [21] Ledo, M. V., Martínez, F. G., & Ruiz Piedra, A. M. (2010). Software educativo. *Revista Cubana de Educación Medica Superior*, 24(1), 97–110.

## 9. Anexos

### Anexo A: Enlace a videos y guías prediagnóstico

<https://valoracionvideos.000webhostapp.com/doc/index.html>