

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS ACTIVOS FÍSICOS DE  
LA LÍNEA DE ARRIENDO DE BIOMÉDICA COLOMBIA SAS**

FABIO ANDRES CHINOME

CESAR JAIR GRIJALBA LUNA

WILLIAM DAVID RODRIGUEZ MENDOZA

DIRECTOR:

MsC. FRED GIOVANNY MURILLO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI, BOGOTÁ

FEBRERO DE 2023

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS ACTIVOS  
FÍSICOS DE LA LÍNEA DE ARRIENDO DE BIOMÉDICA COLOMBIA SAS**

FABIO ANDRES CHINOME cód. 122761

CESAR JAIR GRIJALBA LUNA cód. 124603

WILLIAM DAVID RODRIGUEZ MENDOZA cód. 44998

Trabajo de investigación como requisito para optar al título de Especialistas en Gerencia  
de Mantenimiento

DIRECTOR:

MsC. FRED GIOVANNY MURILLO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI, BOGOTÁ

FEBRERO DEL 2023

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

PRESIDENTE DEL JURADO

---

JURADO

---

JURADO

BOGOTÁ, FEBRERO DEL 2023

## **Dedicatorias**

El siguiente proyecto de grado lo dedico inicialmente a mi pareja, Laura Ximena Tirado Rairan, pues fue ella, con su motivación constante y alientos, me animaron a culminar de manera exitosa este nuevo proyecto que asumí en este año; también está dedicado a mi padre y madre, Fabio Orlando Chinome y Arabella Guevara, sus enseñanzas a lo largo de mi vida me han formado el hombre integral que soy, y, a todos aquellos amigos, en especial a mis amigos de HORDAS MC, por compartir conmigo sus consejos y conocimientos.

**FABIO ANDRES CHINOME GUEVARA**

El siguiente proyecto de grado lo dedico inicialmente a mi esposa, Liliana Valero Ortega, a mi hijo David Andrés Rodríguez y a mis padres Ramon Rodríguez y Luz Stella Mendoza pues fue ellos, con su constante incitación, motivación y sus enseñanzas me fortalecieron a concluir de manera satisfactoria un nuevo escalón en mi vida profesional que asumí con esfuerzo y dedicación; y a todos aquellas personas que están en mi entorno que me pudieron compartir nuevas experiencias para conocimiento de mi aprendizaje fueron de gran ayuda con sus consejos.

**WILLIAM DAVID RODRIGUEZ MENDOZA**

El proyecto de grado lo dedico a mis Padres Luis Grijalba y Amparo Luna, por su perseverancia, enseñanza y apoyo, a mi pareja Angie Castañeda, por su motivación, amor y apoyo, a toda la familia por el apoyo ilimitado. Son metas que peldaño a peldaño voy consiguiendo, con mucho esfuerzo y dedicación, pero ya hoy regresando en el tiempo, me motiva a dar más de mí, porque no hay imposibles.

CESAR JAIR GRIJALBA LUNA

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Empresa BIOMÉDICA COLOMBIA S.A.S, por permitirnos el desarrollo de nuestro proyecto en sus instalaciones y para beneficio mutuo; asimismo, agradezco a la Universidad ECCI, claustro académico que, por su experiencia, logística y demás aspectos, brinda educación de calidad, formando profesionales íntegros, que ayudan al desarrollo exitoso del país, y en especial, agradezco a la planta de profesores de la universidad, pues son ellos los que forman directamente al profesional, impartiendo de manera excelente las clases, compartiendo experiencias de vida y brindando consejos para el desarrollo de nuestro potencial.

**FABIO ANDRES CHINOME GUEVARA**

Inicialmente Agradezco a las personas involucradas en la autorización para ejecución del proyecto en la Compañía BIOMÉDICA COLOMBIA S.A.S, por permitirnos tener acceso a su infraestructura y poder ejecutar este proyecto con un beneficio bilateral; asimismo, agradezco a la Universidad ECCI, claustro académico que, por su experiencia, y demás aspectos brindando educación de calidad, formando profesionales virtuosos, que ayudan al desarrollo exitoso de cada profesional que se forma en la institución, por otra parte agradezco a la planta de profesores de la universidad, pues son ellos los que forman directamente al profesional, impartiendo la excelencia, compartiendo experiencias profesionales y personales, brindando consejos para el perfeccionamiento de nuestro entorno laboral.

**WILLIAM DAVID RODRIGUEZ MENDOZA**

En primera medida agradezco a la empresa BIOMÉDICA COLOMBIA S.A.S, por abrimos la puerta para que desarrolláramos nuestro proyecto en sus instalaciones. De igual manera, a la Universidad ECCI, por la calidad en su programa académico, amplia experiencia y por contar con una planta de profesores de alta calidad que han fortalecido nuestros conocimientos y competencias para mejorar nuestro desempeño profesional.

**CESAR JAIR GRIJALBA LUNA**

## Tabla de Contenido

Agradecimientos.....	4
Dedicatorias.....	6
Resumen.....	8
Astract.....	9
Lista de tablas.....	10
Lista de figuras.....	12
Introducción.....	14
Glosario.....	16
1. Título Del Proyecto De Investigación.....	18
2. Problemas De Investigación.....	19
2.1. Descripción del problema.....	19
2.2. Planteamiento del Problema de investigación.....	19
2.3 Delimitación del problema de investigación.....	20
2.4 Formulación del problema.....	20
3. Objetivos De La Investigación.....	21
3.1 Objetivos General.....	21
3.2 Objetivo Específicos.....	21
4. Justificación Y Delimitación De La Investigación.....	22
4.1 Justificación De La Investigación.....	22
4.2. Delimitación De La Investigación.....	23
5. Marco De Referencia De La Investigación.....	24
5.1 Estados del arte.....	24
5.2 Marcos Teórico.....	34
5.3 Marcos Legal.....	52
6.Marco metodologico de la investigación:.....	56
6.1 Tipo De Investigación.....	56
6.2 Método De Investigación.....	56
6.3 Fuentes De Obtención De La Información.....	56
6.3.1 Fuentes Primarias.....	56
6.3.2 Fuentes Secundarias.....	57



7. Desarrollo Metodológico .....	58
8. Análisis Financiero Costo – Beneficio .....	84
8.1. Costos Por Mantenimientos Especializados .....	84
8.2. Costos De Repuestos.....	84
8.3. Costos Por Talento Humano .....	85
8.4. Presupuesto .....	85
8.5. Acturación Anual De Biomédica S.A.S.....	86
8.6. Calculo Del Roi.....	86
9. Conclusiones .....	88
10. Recomendaciones .....	89
11. Referencias.....	90

## Lista de figuras

Figura 1 Ubicación sede Biomedica SAS.....	23
Figura 2 Relación entre los sistemas de gestión .....	34
Figura 3 Distintos tipos de mantenimiento. ....	36
Figura 4. Aspectos de la Confiabilidad Operacional .....	41
Figura 5 Grafico de calculo de MTBF.....	47
Figura 6. Grafico de calculo de MTTR.....	48
Figura 7. Formula calculo disponibilidad.....	49
Figura 8. Formula calculo disponibilidad.....	49
Figura 9. Formula calculo disponibilidad.....	49
Figura 10. Ejemplo MTTR .....	50
Figura 11. Mapa de riesgo inherente.....	58
Figura 12. Clasificaciones de Niveles de riesgo para la compañía.....	59
Figura 13. Probabilidad de materialización del riesgo.....	60
Figura 14. Matriz de riesgos. ....	61
Figura 15. Continuación de Matriz de riesgos.....	62
Figura 16. Continuación de Matriz de riesgos.....	63
Figura 17. Continuación de Matriz de riesgos.....	64
Figura 18. Desarrollo de la matriz de riesgos para el Monitor de signos vitales 2IBP.....	65
Figura 19. Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de Monitores de signos vitales .....	66
Figura 20 Desarrollo de la matriz de riesgos para el Monitor de signos vitales Capnógrafo. .....	68
Figura 21. Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de Monitores de signos vitales Capnógrafo.....	69
Figura 22. Desarrollo de la matriz de riesgos para las incubadoras.....	71
Figura 23 Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de incubadoras.....	72
Figura 24 Desarrollo de la matriz de riesgos para los monitores fetales .....	73
Figura 25 Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de monitores fetales.....	74
Figura 26 Columna de equipos. ....	76
Figura 27 Ubicación en el cronograma. ....	76

Figura 28 Serie de cada equipo.....	77
Figura 29 Valor del activo .....	78
Figura 30 Fechas del cronograma de Mantenimiento.....	79
Figura 31 Cuadro para cálculo de indicadores para la propuesta. ....	82
Figura 32. Presupuesto de mantenimiento de BIOMÉDICAS SAS.....	86

## INTRODUCCIÓN

Determinar un plan anual de mantenimiento para la realización de las acciones es primordial en las organizaciones, a fin de obtener un cálculo sobre las previsiones que pueden materializarse o no, de esta manera mantener el área funcional, esta parte es responsabilidad del administrador del área de mantenimiento. Con la formulación de esta propuesta se busca mostrar al área de mantenimiento de BIOMÉDICA SAS, la forma correcta como se debe ejecutar actividades a futuro en la organización.

Así mismo, se realizó un análisis de cómo está compuesta la empresa, cuya finalidad es llegar a dar como resultado un organigrama, el cual nos permitirá evidenciar los responsables de cada puesto de trabajo que está implicado en las áreas de la empresa y especial para nuestro objeto estudio del departamento de mantenimiento.

Se realizó un listado de activos pertenecientes a la compañía con el objeto de determinar la identificación del activo, denominación, asignación presupuestal, descripción de la cuenta de costo, código de cuenta, detalle del servicio, estrategia de mantenimiento a aplicar, clasificación del mismo, sede y criticidad entre otros aspectos relevantes.

Una vez obtenido el listado anterior se procedió a colocar en una matriz, las ocupaciones principales y secundarias de los activos que fueron listados y/o registrados, con la finalidad de determinar la cuenta donde se encuentra asociado el costo del servicio, para dar como resultado nuestra matriz del detalle presupuestal.

Lo anterior se realiza con la finalidad de generar el paso a paso correspondiente, para dar un buen resultado y cifra presupuestal a BIOMÉDICA SAS.

## **RESUMEN**

Durante los últimos años las empresas pyme en Colombia han aumentado en cerca de un 46% según datos de la CCB, para compensar las necesidades de sus compradores, lo cual hace la reproducción de empleos e incremento económico al país, por lo tanto las empresas pequeñas deben tener como estrategia un buen plan de mantenimiento previsto para los activos físicos y prevenir inconvenientes de sus equipos que afecten los servicios prestados, teniendo en cuenta que BIOMEDICA SAS se encuentra en crecimiento y desarrollo de su mercado, por lo tanto es necesario identificar, diseñar y tener un buen plan de trabajo, bajo en costos y acorde para ejecutar sus mantenimientos a sus activos, como es el caso de los equipos Biomédicos que tiene en arriendo a sus clientes o son usados como back up para sus servicios de mantenimiento que prestan en las instituciones.

Aprovechando el auge de Biomédica SAS en el mercado actualmente es pertinente efectuar un plan de mantenimiento para los dispositivos que administra, por lo cual es indispensable contar con una propuesta de mantenimiento para demostrar a gerencia la importancia que esta acarrea, para poder ejecutar correctamente sus actividades y minimizando costos.

### **Palabras Claves**

Diagnóstico, mantenimiento, presupuesto, Equipos, plan de mantenimiento y activos.

## **ABSTRACT**

During the last years, SME companies in Colombia have increased to compensate the needs of their buyers, which generates employment and economic growth for the country, therefore small companies must have a good maintenance plan as a strategy planned for the physical assets and prevent inconveniences of their equipment that affect the services provided, taking into account that BIOMEDICA SAS is in growth and development of its market, therefore it is necessary to identify, design and have a good work plan, low in costs and appropriate to carry out their maintenance to their assets, as is the case of the Biomedical equipment that they rent to their clients or are used as back up for their maintenance services that they provide in the institutions.

Taking advantage of the rise of Biomédica SAS in the market, it is currently pertinent to carry out a maintenance plan for its devices, for which it is essential to have a maintenance proposal to demonstrate to management the importance that this entails, to correctly execute its activities and minimizing costs.

### **Keywords**

Diagnosis, maintenance, budget, equipment, maintenance plan and assets.

## GLOSARIO

**Calidad:** se puede definir como el grado de cumplimiento en el que un conjunto de características propias de un producto y/o servicio cumple con los requisitos planteados desde su misma concepción en diseños.

**Confiabilidad:** Es la posibilidad de que un producto, maquina y/o servicio cumpla su función de diseño durante un tiempo determinado.

**Costos:** Son los honorarios económicos en los que se tiene que incurrir para la producción de un servicio o bien

**Depreciación:** Grado de pérdida de valor económico de un bien o servicio.

**Eficacia:** Es el conjunto de actividades y tareas que se han realizar con el objetivo de alcanzar los resultados esperados.

**Eficiencia:** Es la cualidad de optimizar los recursos, para tratar de usar la menor cantidad de recursos posibles y alcanzar la máxima de beneficios y resultados para el logro de los objetivos planteados.

**Estrategias:** Conjunto de lineamientos que conforman la ruta de trabajo para cumplir los objetivos.

**Equipo:** Conjunto de componentes pertenecientes a un sistema, el cual, a su vez, pertenece al mismo equipo o dispositivo.

**Factor crítico:** Identificar dentro de la unidad de negocio las actividades que requieren mayor control debido a su importancia o preponderancia dentro de la cadena de valor.

**Falla:** pérdida gradual o súbita de la habilidad de un bien y/o servicio para desempeñar una función requerida.

**Inspección:** Acciones encaminadas para la preservación y alargamiento de la vida útil de un bien. Puede ser de tipo preventivo, predictivo o bajo condición previa.

**Gestión:** conjunto de tareas y actividades que se llevan a cabo para resolver un asunto o finalizar con éxito un proyecto. También se puede definir como la administración de una empresa.

**Mantenimiento:** Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada. (Lopez,2015).

**Mantenibilidad:** Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos. (Amendola, 2013).

**Norma:** Regla o directriz que debe respetar y que permite ajustar ciertas conductas o actividades en los procesos en la que interviene directa o indirectamente.

**Planificar:** Proceso en el cual se definen las directrices, tareas, recursos y demás hitos para el cumplimiento de los objetivos previamente planteados.



## **1. Título del proyecto de investigación**

Propuesta plan de mantenimiento para los activos físicos de la línea de arriendo de Biomédica Colombia SAS.

## **2. Problema de la Investigación:**

### **2.1. Descripción de el problema:**

Biomédica Colombia S.A.S es una organización, que inició en el mercado colombiano en el 2011 y se ha dado a conocer en estos 11 años a nivel nacional. Desde el 2021 se ha visto su trabajo reflejado en el reconocimiento nacional y local, desarrollando proyectos con clientes como subred integrada de servicios de salud sur, norte, centro oriente, caja de compensación familiar Cafam, hospital regional de Soata, región del valle de Tenza entre otras.

De acuerdo con la trayectoria que ha tenido y bajo las direcciones de su lugar de inicio BIOMÉDICA COLOMBIA SAS ha llevado un arduo trabajo en el área de mantenimiento, pero a pesar de todos sus esfuerzos, se ven falencias en el departamento en cuanto al manejo del plan de mantenimiento para sus dispositivos propios, especialmente en la línea de Arrendamiento.

### **2.2. Planteamiento del Problema de investigación:**

Como causas del problema anterior, se encuentra centralizado lo siguiente, determinado desde diferentes puntos de vista:

Causas técnicas: actualmente no se ve orientada claramente la manera de designación presupuestal por parte de la organización, al no manejarse un modelo de mantenimiento correcto enfocado a mejora de sus actividades optimizando recursos.

Causas económicas: al no realizar un correcto modelo de presupuesto la designación lograda anualmente se queda corta, pues no se proyecta adecuadamente los gastos y/o en su defecto se maneja inadecuadamente el mismo, no alcanzando de manera correcta.

Por lo tanto, de no solucionarse este problema traerá consigo los siguientes efectos:

Falta de garantías y confiabilidad para sus clientes, perdiendo los mismos.

Falta de empoderamiento y compromiso atribuidos al cliente externo, al no ver los resultados

Pérdidas económicas considerables

Fallas en los servicios constantemente

Con la finalidad de solucionar el problema expuesto, se pretende presentar una propuesta de presupuesto de mantenimiento de los activos BIOMÉDICA COLOMBIA SAS para el año 2023, basados en la normatividad vigente y aplicable, y a fin de avalar una mejora continua en el departamento, optimizando recursos.

### **2.3 Delimitación del problema de investigación:**

En la delimitación de este proyecto de investigación corresponde al plan de mantenimiento para la empresa BIOMÉDICA SAS, en sus activos correspondientes a la línea de alquiler de equipos.

### **2.4 Formulación del problema**

¿Como garantizar un plan anual de mantenimiento correcto, adecuado y la necesidad de BIOMÉDICA COLOMBIA SAS y cumplir con las metas y objetivos del departamento y sus clientes involucrados?

### **3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1.Objetivos Específicos:**

Realizar una propuesta integral de mantenimiento de los activos de BIOMÉDICA COLOMBIA SAS, que, al ser desarrollada por la compañía, garantice el mejoramiento de las actividades del área de mantenimiento y optimice la vida útil de los activos en la organización.

#### **3.2.Objetivos Específicos:**

Realizar la valoración de los riesgos en Biomédica Colombia SAS, mediante una valoración de riesgos, con el fin de que sea utilizada por el departamento de mantenimiento de la empresa para mitigar los impactos que estos suponen.

Implementar los indicadores de gestión básicos, que permitan medir la disponibilidad de los activos de la compañía, para un óptimo plan de mantenimiento de Biomédica Colombia SAS.

Proponer una herramienta que pueda ser utilizada para controlar la gestión del mantenimiento de los activos en la organización, consistente de un plan de mantenimiento de equipos, usando para ello unos protocolos adecuados de mantenimiento y calibración, y un reporte de servicio donde se evidencie la ejecución correcta de las actividades, con el fin de que sea desarrollado por la empresa.

## **4. Justificación Y Delimitación De La Investigación**

### **4.1. Justificación De La Investigación:**

El presente propósito cuenta con las siguientes características:

Su propósito y/o fin es dar como resultado la propuesta del plan anual de mantenimiento de los activos de BIOMÉDICA SAS.

Este proyecto va dirigido al departamento de mantenimiento de la organización, con la finalidad de lograr la mejora continua.

El tiempo planteado para este proyecto está proyectado a un año, a fin de dejar un modelo a seguir de planteamiento de presupuesto.

Se estima que mediante la propuesta de plan de mantenimiento de los activos físicos de la línea de arrendamiento de BIOMÉDICA COLOMBIA SAS, se permitirá tener un plan más asertivo y tomando en cuenta los activos completos y reales con los que la organización cuenta, y de esta manera mitigará la paradas de servicios por ausencia de mantenimientos y de esta manera también se logrará la optimización del ciclo de vida del equipo y se reducirán los mantenimientos de tipo correctivo, logrando una productividad más eficaz y unos costos más económicos.

Con la propuesta a presentarse se espera dar cumplimiento de los mantenimientos esperados y de todos los activos según recomendaciones de fábrica, y sin excepción de ningún activo, clasificados así mismo por su nivel de criticidad y definiendo el presupuesto a ejecutar según cronograma tanto internos como de terceros asertivamente.

#### **4.1.1. Descripción de los Procesos de la Compañía**

Biomédica Colombia S.A.S es una empresa dedicada a la compra y venta de equipos médicos, así mismo realiza la prestación de servicios de metrología y mantenimiento en los

diferentes centro médicos ya sean consultorios o grandes instituciones prestadoras del servicio de salud, y finalmente cuenta con su línea de arrendamiento de equipo médico, por lo cual se evidencia la necesidad de contar con un plan de mantenimiento anual de los mismos, para evitar paradas en los servicios donde están ubicados y no incurrir en gastos con correctivos o descuentos de la facturación de arrendamiento.

La comisión de mantenimiento se precisa como el proceso de mantenimiento de activos y recursos de la organización, cuyos principales objetivos es reducir los costos, aumentar la disponibilidad de la máquina y prolongar su vida útil.

Por tal motivo, se hace necesario una supervisión de las maquinas, equipos, instalaciones, y herramientas, este tipo de gestiones evitan los paros de servicios y el desperdicio de recursos en procesos donde mantenimiento es ineficientes.

## **4.2. Delimitación De La Investigación:**

### **4.2.1. Delimitación temporal**

La realización del proyecto se efectuará en doce meses a partir del 01 de enero del 2023 hasta el 31 de abril del 2023.

### **4.2.2. Delimitación espacial**

Este proyecto se enfoca al área local, ciudad de Bogotá, D.C.

Figura 1

*Ubicación en Bogotá de la sede de Biomédica Colombia SAS*



Nota. Fuente: Fotografía tomada desde Google maps.

## **5. Marcos De Referencias De La Investigación:**

### **5.1.Estado del arte.**

#### **5.1.1. Estado del arte internacional:**

En el año 2012, los ingenieros Pablo Viveros, Raúl Steigmer, Fredy Kristjanpoller, Luis Barrera y Adolfo Crespo se reunieron para crear un documento tipo tesis de grado, en el cual proponen un modelo de gestión de mantenimiento integral y describen las herramientas más importantes y usadas para la obtención de resultados estratégicos, dicho documento se titula “PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y SUS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE APOYO” y fue publicado en el año 2012 en la revista chilena INGENIARE. En dicho documento, proponen como primera instancia mostrar la importancia que tiene la alineación de los objetivos a todo nivel organizacional para lograr la integración y correcta gestión de la módulo de mantenimiento (Viveros et al., 2013)” (Barrera, Viveros , Steigmer, Kristianpoller, & Crespo, 2012). A su vez, los autores del documento realizan un énfasis en la gestión del mantenimiento y la optimización de procesos internos para llegar a una correcta alineación e integración de todos los objetivos organizacionales junto con los del departamento de mantenimiento, teniendo especial cuidado planeación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento. Pero no solo se limita a enfocarse a lo anterior descrito, sino que también pretender que el documento sea una guía para la implementación del modelo en las organizaciones donde se pretenda implementar lo propuesto, analizando y describiendo una manera eficaz de usar las herramientas de apoyo que identificaron. Del anterior documento , se toma la metodología que se propone para realizar una guía de adaptación a las empresas colombianas que realizan gestión de mantenimiento a equipos biomédicos , donde se analizan las siguientes etapas de implementación del modelo, teniendo como base que las empresas gestionan el mantenimiento de sus equipos, así



sea en una menor medida: 1) Análisis del estado actual de la gestión de mantenimiento, 2) jerarquización de equipos, 3) estudios de puntos débiles en equipos críticos, 4) diseño de planes de mantenimiento y cálculo de recursos necesarios, 5) clasificación del mantenimiento y asignación de recursos necesarios, 6) estimación y control de la ejecución de actividades de mantenimiento y 7) análisis de ciclos de vida; todos estos campos se evalúan siempre desde la visión de una buena gestión estructural y estratégica de la compañía, siempre teniendo en cuenta el mejoramiento continuo del proceso. (Viveros et al., 2013) (Barrera, Viveros , Steigmer, Kristianpoller, & Crespo, 2013).

En el año 2016, los ingenieros Roy Gary Astete Aparicio y Friedberd Mario Palomino Cruz se reunieron para crear un documentos tipo tesis de grado para el título de ingeniería Industrial en la Universidad de Cusco, Perú, en el cual proponen un plan de mantenimiento preventivo para la gestión del mantenimiento de equipos médicos; dicho documentos tiene por nombre el de “PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA OMS DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS DE LAS UNIDADES CRÍTICAS DEL HOSPITAL REGIONAL DEL CUSCO”, en este documento plantean una investigación de tipo aplicada y descriptiva donde se analizaron cerca de 160 equipos biomédicos de la Unidad ejecutora 402 del Hospital Regional del Cusco en Perú; este análisis se enfoca a los equipos de la unidades criticas (emergencias, UCI y centros quirúrgicos)(Astete Aparicio & Palomino Cruz, 2016)” (Astete Aparicio & Palomino Cruz, 2016). En esta unidad no se contaba con un plan de mantenimiento que gestionara este tópico en los equipos biomédicos; por el contrario, solo se atacaba los requerimientos de mantenimiento, cuando estos se convertían en mantenimientos correctivos; lo que causa ineficiencias, tanto en procesos, disponibilidad de los equipos y aumento excesivo de costos. La investigación llevada a cabo por lo

ingenieros fue abordada bajo las siguientes acciones: Revisión de bibliografía existente donde se tenga consignada información sobre gestión de mantenimiento de equipos médicos, diagnóstico de la condición de los equipos de dicha unidad, diagnóstico de los equipos bajo la normativa dada por la OMS; esto los llevó, en el desarrollo de la investigación a determinar la mejor estrategia de mantenimiento que pueda gestionar exitosamente el ciclo de vida de los equipos biomédicos, la cual les dio como resultado que un cincuenta y cuatro por ciento de los equipos demandan un mantenimiento correctivo y el cuarenta y seis por ciento un mantenimiento de tipo preventivo para subsiguientemente hallar la criticidad de los equipos biomédicos en base a cada uno de los lineamientos de la Organización Mundial Salud la cual establece las frecuencias de cada mantenimiento (de tipo trimestral, tipo semestral, tipo bimestral y de manera anual) según corresponda (Astete Aparicio & Palomino Cruz, 2016)". Por último, y para genera la confiabilidad en el almacenamiento y fiabilidad de la información, los resultados de la investigación efectuada por los aspirantes a ingeniería migran los resultados y los planes de mantenimiento a un CMMS llamado SOFTWARE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO, de desarrollo local. Cierran los resultados de la investigación con un presupuesto anualizado para la gestión del mantenimiento de los equipos de la unidad 402 que analizaron. (Astete Aparicio & Palomino Cruz, 2016)".

Los ingenieros Alba Rosales Franklin Yonel y Chinchay Guerrero William Edgardo, presenta un documento tipo tesis para aspirar al grado de ingeniería Industrial de la universidad Cesar Vallejo de Huaraz, Perú; donde presentan una investigación de tipo deductiva; del resultado es una propuesta de un plan de mantenimiento para equipos de las UCI de Hospital Víctor Ramos Guardia-Huaraz titulada "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS BIOMÉDICOS - UCI, HOSPITAL VÍCTOR RAMOS

GUARDIA, HUARAZ (Alba Rosales & Chinchay Guerrero, 2019)”, presentada en el año 2019. Los aspirantes a ingeniería industrial inician su investigación donde llevan a cabo un diagnóstico de la situación de ese momento sobre como el Hospital gestiona el mantenimiento de los equipos biomédicos, los cuales están asignados a las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), dichos equipos son un total de 20 dispositivos biomédicos, donde, la disponibilidad de los equipos diagnosticadas estaban sobre los 86% ; a su vez, se realizaron entrevistas no formales al personal biomédico del hospital. Una vez se desarrolla la investigación, los tesisistas logran asegurar un aumento de la disponibilidad de los equipos hasta un 94%; esto lo certifican usando métodos estadísticos (software SPSS VS 22) con una desviación del 0.05 en la fiabilidad de los datos tomados y analizados. Pero no solo se limitaron a analizar y mejorar la disponibilidad de estos equipos, también llegan a identificar con una matriz de criticidad, que mostró que el 55% de los equipos analizados tiene baja operatividad, causada, según la investigación por una falta de un plan de mantenimiento. Tras el cumplimiento del objetivo general y objetivos específicos, se llega a la conclusión de que la mejor estrategia de mantenimiento que requiere el caso estudio es un plan de mantenimiento preventivo (86% de las actividades de mantenimiento son preventivas) y un restante de 14% asignadas a mantenimientos correctivos. Y para cerrar el documento, los autores dan como recomendaciones fortalecer la constancia para la implementación y sostenimiento del plan de mantenimiento propuesto, implementar una serie de capacitaciones constantes al personal que opera e interviene los equipos estudiados, seguir analizando y realizar seguimientos a los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad en función del plan de mantenimiento propuesto y por último, realizar un control de costos del plan, incluyendo una controlada gestión de los repuestos. (Alba Rosales & Chinchay Guerrero, 2019)”,

### **5.1.2. Estado del arte nacional:**

Un documento de grado presentado por el Ing. Oscar Orlando Mahecha Diaz para aspirar al título de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Colombia propone en su tesis una metodología de mantenimiento a equipos biomédicos críticos de la secretaria de salud de Cundinamarca CRUE, pues se identificó una necesidad de planes de mantenimientos a equipos que son de propiedad de la CRUE, exactamente a la unidad de brigadas; esta unidad visita a los pacientes en la zonas más rurales del departamento; este ritmo de trabajo hace que los equipos (monitores de signos vitales, y desfibriladores) sufran deterioros prematuras y baja el índice de disponibilidad de estos equipos. Lo que plantea el tesista es una propuesta metodológica de planes de mantenimiento específicos para estos equipos y así aumentar su disponibilidad a la hora de realizar brigadas de salud. Durante el desarrollo de la investigación, el tesista plantea una problemática desde el punto de vista de cómo un plan de mantenimiento, cualquiera que sea, pueda mejorar los indicadores RAM de los equipos biomédicos de las brigadas de atención de la CRUE, a lo cual se remite a establecer antecedentes de cómo ha sido el comportamiento de la ingeniería biomédica en el país, seguidamente, y de acuerdo a la normatividad establecida por diferentes entes de control, como la OMS y el INVIMA, el tesista llega a la decisión de analizar una metodología de mantenimiento por objetivos como la estrategia ideal de mantenimiento para los equipos analizados, para lo cual plantea como base de su metodología, el mantenimiento preventivo bajo tareas como la ruta más efectiva. El principal enfoque que desarrolla el tesista para su tesis es la de siempre tener como principio el bienestar de usuario final a los que las brigadas atiende, por lo que alinea la propuesta de

mantenimiento preventivo de los equipos a los principios estratégicos de la CRUE, por lo que decide también analizar la cadena de valor de la institución, lo que le da como resultado un enfoque hacia el cliente. Esto le lleva a proponer el desarrollo de su propuesta en dos fases; la primera fase lleva a cabo el análisis de la CRUE como institución y migración de los objetivos del plan de mantenimiento a los lineamientos de finalidad de atención de urgencias. La segunda fase contiene el diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos, una ruta de implementación de dicho plan y el control del registro de la información resultante de estas actividades. Esto también le permite al tesista definir la criticidad de los equipos, seguidamente implementa un formato de hoja de vida de equipos para identificación del equipos y definición de sistemas y subsistemas del mismo, crea también unas actividades sistemáticas de mantenimiento preventivo, registradas en un formato Excel llamando plan de mantenimiento y para un debido control, diseña el formato de bitácoras. El tesista no usa un CMMS para una mejor gestión de la información, solo se limita al uso de hojas de cálculo.

Los ingenieros Lina María Atencia Montes y José Mauricio Miele Tamayo desarrollaron una monografía, para lograr el título de especialistas en gerencia de mantenimiento de la Universidad de Antioquia, donde hacen un planteamiento de actividades y procedimientos de mantenimiento en equipos biomédicos con base en un análisis RCM, para mejorar el impacto en la prestación de servicios de los equipos biomédicos ubicados en dos clínicas que, los tesistas denominan como clínica A, siendo esta una entidad de alto nivel de complejidad y la clínica B, siendo esta un centro oftalmológico; el análisis propone metodologías para disminuir el impacto de las fallas súbitas que se presentan, así como el de disminuir la frecuencia de ocurrencia de las mismas, por lo que bajo la metodología de RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) buscan identificar las fuentes de las fallas y así proponer soluciones a estas fallas, mitigando el impacto en el servicio y aumentando

los índices de confiabilidad de los mismos. En esta monografía, los tesisistas plantean como objetivos específicos el de crear herramientas de recolección de datos e información, una vez establecido el manejo de la información, se permiten crear análisis de jerarquización de los equipos, desde el de más alto impacto hasta el de más bajo impacto, escoger la metodología más ideal desde la vista del RCM, crea una matriz de criticidad de fallas y aplicar técnicas de ‘prevención de ocurrencia de fallas. El inicio de la investigación es el de realizar un inventario de los equipos en las dos clínicas, bajo la vista de su participación dentro del presupuesto de las dos clínicas, por lo que usan una recolección de datos en campo y unas un análisis Pareto para determinar cuál es el equipo más crítico dentro del presupuesto. Pero también los análisis bajo el punto de vista de participación en número de exámenes que realizan en un plazo de 6 meses; uniendo los dos resultados, se llega a una correcta jerarquización de equipos de alto y bajo impacto. Los tesisistas solo se limitan al desarrollo del análisis de jerarquización y taxonomía de equipos, importancia de equipos críticos dentro del negocio y diseñan formatos para la recolección de información, pero no analizan los indicadores RAMS de los equipos.

### **5.1.3. Estado del arte local**

Los ingenieros Jean Oswaldo A, Karen C, Andrés Felipe C. D. y Gina Paola O presentaron un documento llamado PROPUESTA DE ESTÁNDAR PARA VERIFICACIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS DE UN SERVICIOS ODONTOLÓGICOS para aspirar al título de Gerentes en Servicios de Salud, donde plantearon una guía para el bosquejo y/o diseño, elaboración y valoración, a través de trabajo de campo, de un estándar para verificación integral (enmarcada en el ciclo Planear – Hacer -Verificar -Actuar), del mantenimiento de equipos biomédicos de unos servicios odontológicos(Alfonso Salazar et al., 2017)todo este estándar planteado es para la evaluación de la ejecución de los mantenimientos preventivos y correctivos a

equipos biomédicos de servicio odontológico, todo esto para mejorar la eficacia en el manejo de la información, mejora de la trazabilidad de los datos tomados y un manejo integral del registro y manejos de la información obtenida. Lo que se busca en primera instancia en este documento es presentar una gestión gerencial del mantenimiento de estos equipos, donde se lleve una manera objetiva de adquisición de datos, registros de inventarios, hojas de vida de los equipos, para así poder optimizar los recursos y disminuir tiempos de parada de estos equipos, reduciendo costos y haciendo eficiente la operación de los equipos. Como segunda instancia, y una vez teniendo la experiencia de lo implementado, se definen estándares y criterios para la evaluación del programa, para esto se diseñaron indicadores de gestión vinculados al sistema de gestión de calidad del consultorio odontológico y, completando toda la propuesta, se diseña un ciclo de mejora continua para así cumplir con la normatividad colombiana. Los tesisistas plantean el problema desde la visión gerencial de una correcta gestión del mantenimiento, analizan la evolución histórica de la gestión de mantenimiento en el sector salud, la normatividad aplicada a estos modelos, establecen a su vez, el estado actual del consultorio analizado, presupuesto en el momento del análisis, y una descripción detallada de los equipos con los que cuenta el consultorio; con esto buscan establecer un punto de partida para el desarrollo de su investigación. Se plantea un modelo de gestión de mantenimiento preventivo a los equipos, controlado con las herramientas anteriormente descritas y definieron los indicadores: a) proporción de intervenciones hechas en el mes; b) proporción de equipos con mantenimiento preventivos, c) proporción de equipos con mantenimiento correctivo, d) equipos con garantías; e) equipos con una antigüedad superior a 10 años; f) Lista de gestión del personal; g) Lista de órdenes de trabajos y formatos que sean indicados por la institución; h) Porcentaje de cumplimiento de cronograma de cada una de las actividades; i) Tiempos de respuesta en los servicio

(de acuerdo a la promesa de valor del servicio); j) Proporción de cada gestión de manera mensual en ordenes de mantenimiento.(Alfonso Salazar et al., 2017).

Terminan su investigación planteando un estimado de presupuesto anual, identificando las mejoras en este con una futura implementación del programa propuesto.

El documento denominado propuesta para mejorar el plan de mantenimiento de equipos biomédicos en la clínica de especialistas la dorada, presentado por los ingenieros Jaime Eduardo Gil García y Leonardo Iván Guerrero Álvarez, donde plantearon un modelo de gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos pertenecientes a la clínica de especialista la Dorada, donde se busca realizar mejorar al plan de mantenimiento que lleva la clínica con el fin de mejorar la prestación de servicio que ofrece el complejo médico. Los tesisistas plantean realizar una investigación del estado inicial del plan de mantenimiento que lleva el complejo médico, luego realizan un inventario de los equipos, luego establecer un índice de equipos más críticos para la operación del servicio, diseño e implementación de una lista de chequeo para la ejecución de las rutinas de mantenimiento, ordenes de trabajo y un plan maestro de mantenimiento anual, definiendo frecuencias y formatos de control. Una vez establecido el inventario de equipos, definieron el nivel de importancia en clase I, clase II y clase III; plantearon también el reemplazo de equipos obsoletos (el 9.46% del total de los equipos); una vez terminado esto, y bajo las recomendaciones de la OMS plantearon las mejores metodologías de mantenimiento en extensivos, superiores, promedio, inferiores y mínimos; también plantearon las frecuencias de mantenimiento, de donde concluyen que el 82% de los equipos deberían tener una frecuencia semestral de mantenimiento, 12% anual y 6% es de frecuencia cuatrimestral; también diseñaron procedimientos para ejecución de mantenimiento preventivo, atención de solicitudes de mantenimiento correctivo, atención a medidas correctivas identificadas en el mantenimiento



preventivo, control de infecciones, y de arranque y prueba de equipos biomédicos nuevos. También plantearon indicadores de mantenimiento como el de disponibilidad, tiempo medio entre fallas, tiempo medio entre reparaciones, índice de mantenimientos preventivos, y órdenes de mantenimiento generadas vs las ejecutadas. Analizan y plantean a la vez un costeo del sistema de mantenimiento, mostrando las mejoras. Los tesisistas plantean el control de este sistema bajo hojas de cálculo, pues el cliente no posee un CMMS donde se pueda sistematizar las acciones de mantenimiento.

Las características más importantes, evidenciadas en las monografías consultadas, son la elaboración de planes de mantenimiento basados en los análisis de fallas existentes en las diferentes organizaciones, y derivado de ello, unas acciones enfocadas en mejorar la confiabilidad de cada empresa en particular.

## **5.2.Marco Teórico:**

En la empresa BIOMÉDICA S.A.S el mantenimiento que se maneja actualmente se hace de forma correctiva, esto no permite que la calidad y la productividad sea eficiente, por esto se necesario implementar un plan de trabajo en el área de mantenimiento, teniendo en cuenta que debemos hacer una gestión en donde la empresa encuentre una rentabilidad y operatividad, desarrollada mediante un plan de trabajo preventivo para los equipos y así poder empezar a erradicar los correctivos que son los que afectan los intereses económicos de la empresa.

La producción de dispositivos médicos fue uno de los sectores en los cuales se pudo evidenciar un crecimiento considerable en el 2020 en Colombia, estos son fabricados por industrias cercanas a Bogotá D.C Capital de Colombia, como es el caso de la empresa Biomédica S.A.S que distribuye sus productos hacia los centros de salud públicos, privados, y otros centros de despacho. La gran demanda de estos productos hace que la producción en esta empresa siempre sea constante, y esta es la razón principal para que la calidad de estos productos siempre cumpla con los más altos estándares que describe la OMS (Organización mundial de la salud), no solo porque sean productos comercializables, también son elementos del consumo diario de muchos usuarios, en muchos casos necesarios para subsistir.

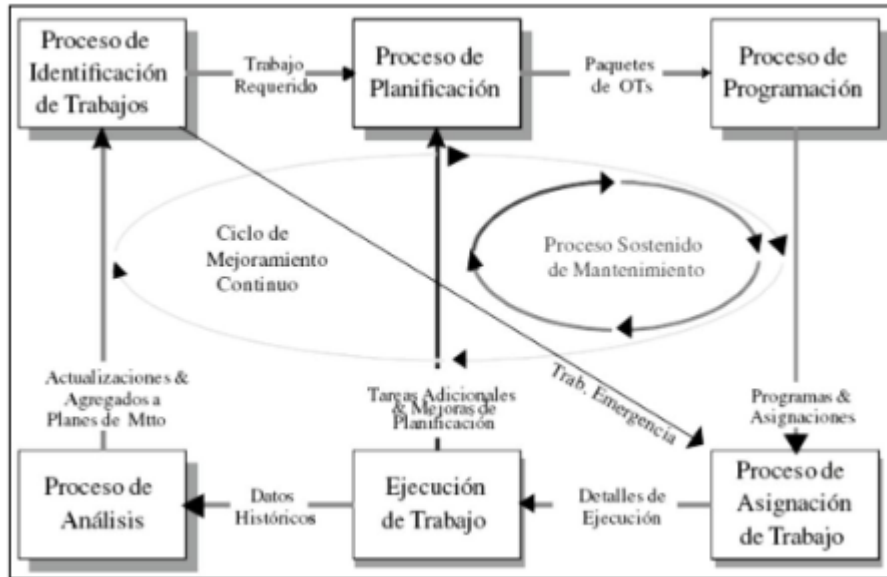
Antes de desarrollar el plan de mantenimiento es necesario conocer algunas definiciones.

Por ejemplo, se debe tener en cuenta la definición moderna de gestión de mantenimiento, la cual se puede definir como todas aquellas actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades (Mahecha-Díaz, 2017).

En base a lo anterior y si lo relacionamos, la gestión moderna de mantenimiento con la ISO 9001, podemos tener una relación solida entre la gestión de mantenimiento y los sistemas de gestión de calidad; eso lo podemos relacionar en la siguiente imagen:

Figura 2

*Relación entre los sistemas de gestión de calidad y la nueva gestión de mantenimiento.*



Nota. Fuente: VIVEROS, Pablo; STREGMAIER, Raúl; KRISTJANPOLLER, Fredy; BARBERA, Luis y CRESPO, 2013

De la imagen anterior, se destacan dos grandes grupos de gestión, el primero es el ciclo de proceso sostenido de mantenimiento, donde se observa las siguientes tareas:

- Planificación
- Programación
- Asignación de tareas
- Ejecución correspondiente.

Y el segundo grupo es de la mejora continua, el cual es necesario para que, los logros conseguidos durante el primer ciclo, se sostenga en el tiempo y, además, si durante la ejecución del primer ciclo se presentan fallas, poderla solucionar de una manera óptima y sin ocurrencias futuras.

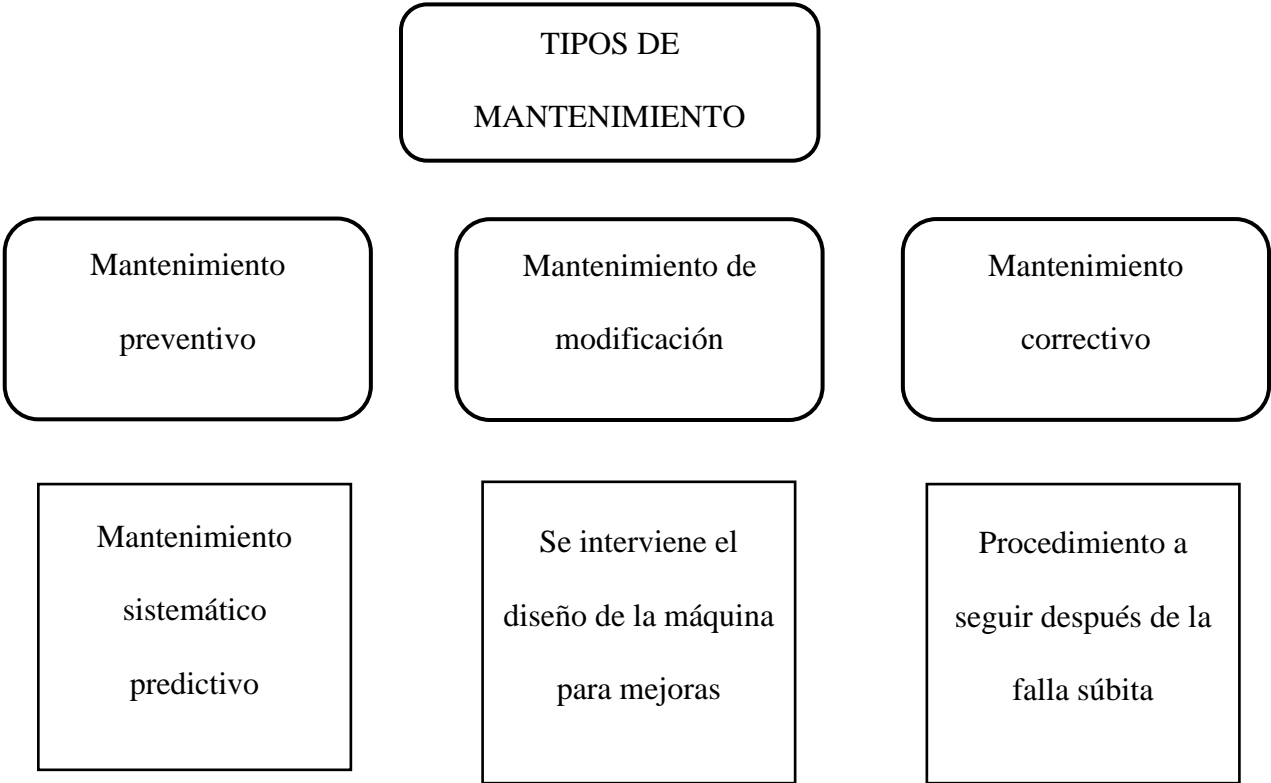
De este segundo ciclo podemos ver las siguientes tareas:

- Identificación de procesos y trabajos
- Toma y recopilación de datos
- Análisis de mejora.

### 5.2.1. Tipos de Mantenimiento

Figura 3

*Distintos tipos de mantenimiento que se usan en la actualidad para la gestión óptima de equipos.*



Nota. Fuente: Los autores.

A continuación, se verán los distintos tipos de mantenimientos:

#### **5.2.1.1. Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento consiste en reparar las fallas que se presentan en el día a día de los equipos, las personas que se encargan de informar que el equipo fallo son los operarios y los técnicos de mantenimiento realizan la reparación de dicha falla.

De los inconvenientes que se presentan por lo general de este tipo, es que se detecta la falla solo cuando el equipo se va a poner en marcha o cuando ya se ha iniciado su operación.

Sus características son:

- Estando basada en la intervención de manera rápida, después de que pasa cada avería.
- Sobrelleva detención en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

Se puede definir que:

**Mantenimiento correctivo** es la intervención que se hace a los equipos durante su operación para corregir una falla.

### **5.2.1.2. Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo se hace con la intención de evitar fallos durante la operación y de reducir las paradas inesperadas de los equipos, este mantenimiento se realiza de forma consensuada con los jefes de proceso que se vean involucrados para no afectar su operación y rentabilidad.

En resumidas cuentas, se trata de implementar en la compañía un programa de mantenimiento preventivo que permita detectar los posibles fallos y hacer su intervención previo al inicio de la producción.

El mantenimiento preventivo no evita el 100% de fallas inesperadas, pero si se controla más la consecución de repuestos claves que pueden originar una pérdida de producción por largo tiempo, haciendo que la operatividad sea más eficiente y que el operario tenga una mayor satisfacción de su labor.

Podemos llevar a cabo un protocolo para realizar las actividades preventivas:

- La gestión de la documentación de tipo técnica.
- Preparar intervenciones que sean preventivas.
- Acordar con producción paradas que sean programadas.

Es decir, todas las condiciones necesarias para el mantenimiento preventivo.

Este método de gestión de mantenimiento es el ideal para BIOMÉDICA S.A.S, ya que es necesario tener los índices de confiabilidad en altos niveles para evitar las fallas de los equipos que distribuye y tienen en alquiler a los diferentes clientes.

Para evitar que estos índices estén en niveles bajos, es necesario una correcta planificación de las actividades de mantenimiento, estableciendo correctamente las frecuencias de intervención, estableciendo adecuadamente los niveles de criticidad de los equipos y, para involucrar los ciclos de mejora continua, establecer indicadores de gestión para control de las actividades de mantenimientos programadas.

### **5.2.2. Planificación Del Trabajo De Mantenimiento**

Dado que la industria medica requiere altos niveles de confiabilidad y disponibilidad, aparte de altos estándares de seguridad, se necesita gestionar adecuadamente las actividades de mantenimiento, para evitar posibles fallas y paros de funcionamiento.

Para evitar suceso que impidan el correcto funcionamiento de los equipos biomédicos, se debe hacer una planificación sistemática y organizada de un método de trabajo y disponerlo de tal manera que tanto las personas como los materiales se utilicen de la mejor manera posible. Por lo que, antes que nada, se deben identificar las entidades y/o equipos a gestionar su mantenimiento.

En el entendido de que los equipos biomédicos requieren una metodología de gestión de mantenimiento más exhaustiva, se hace necesario reconocer la definición de mantenimiento, la cual se puede definir como “como un conjunto de técnicas que está destinado a conservar equipos e

instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento”(Garrido, 2010).

Pero solo esta definición limita el alcance de mantenimiento para gestionar adecuadamente el ciclo de vida de los equipos, por lo tanto, los encargados de la gestión de un departamento de mantenimiento deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Recomendaciones de fabricantes
- La función de diseño de los equipos.
- El nivel de criticidad del equipo dentro del desarrollo de la compañía.
- Las capacidades del personal encargado de planear y desarrollar las actividades de mantenimiento.
- El volumen de horas de trabajo

Entre otros aspectos que se definen en la bibliografía especializada en este aspecto (Souris, 1992).

Teniendo en cuenta lo anterior, y ya teniendo claro una definición previa de mantenimiento y el alcance holístico del mismo dentro, de la gestión del ciclo de vida de los equipos, se puede discriminar que tipo de mantenimiento debe ser el mejor a aplicar a los equipos biomédicos.

### **5.2.3. Criticidad de equipos**

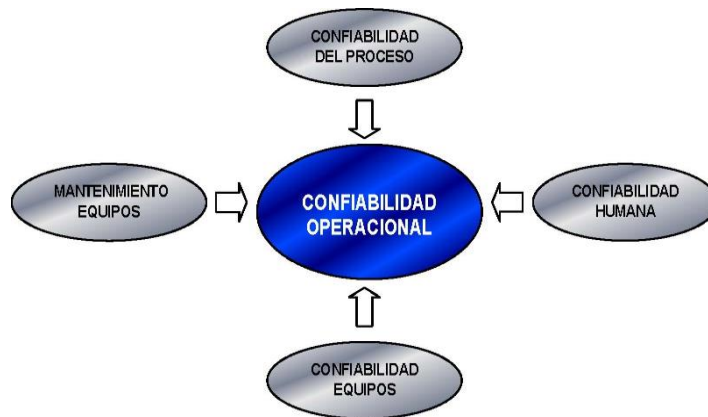
En el análisis de criticidad podemos establecer que es una metodología que nos permite identificar prioridades y orden jerárquico de los procesos, sistemas o equipos, creando una estructura que nos permita la toma de decisiones más acertadas en cuanto al recurso y su importancia en el flujo del proceso haciéndose más efectiva y mejorando la confiabilidad operacional, basado en la



realidad actual (Mendoza, 2000). El mejoramiento de la confiabilidad en la operatividad está sustentado en cuatro aspectos fundamentales: Confiabilidad de proceso, Confiabilidad Humana, Confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos. Lo podemos ver en la siguiente figura:

Figura 4

*Aspectos de la Confiabilidad Operacional.*



Nota. Fuente: PDVSA E & P Occidente 2002.

El análisis de criticidad es una herramienta de gran alcance, pues puede generar una lista amplia de los elementos bien sea desde el más crítico hasta el de menor incidencia del total de la situación analizada, diferenciando 4 hitos de clasificación: extrema, alta, moderada y baja criticidad (Mendoza , 2000).

Ya identificadas estas zonas, se facilita planear una estrategia, para analizar estudios y plantear soluciones que han de mejorar la confiabilidad de los equipos, iniciando con las estrategias en las aplicaciones en los conjuntos de proceso que sean de alta criticidad. (Mendoza , 2000).

Los criterios utilizados para realizar un análisis de criticidad están asociados con seguridad, ambiente, producción, costes de operación mantenimiento fallas y tiempo de reparación. (Mendoza

, 2000). La lista generada es el resultado del trabajo en equipo comprometido, en el que se realizaron consultas a las personas más conocedoras y expertas en la materia mediante encuestas y entrevistas que permiten nivelar y ponderar criterios para establecer prioridades y centralizarse hacia el éxito del programa.

#### **5.2.3.1. Definición del Análisis de Criticidad.**

El análisis de criticidad es una herramienta que nos permite jerarquizar y dar una calificación de importancia e impacto en los equipos sistemas e instalaciones dentro de las organizaciones, con el fin de tomar decisiones y no afectar la rentabilidad y operacionalidad para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y un propósito final, establecer unos criterios y objetivos para la evaluación final de la criticidad.

La información resultante del análisis se puede utilizar para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos. (Mendoza , 2000).

Al tener claridad sobre cuales activos son más críticos, se puede establecer correctamente los programas y planes de mantenimiento de tipo preventivo y predictivo; diseñar los procedimientos

de intervención del personal de mantenimiento; también nos permite establecer otros parámetros como frecuencias, calibraciones y demás aspectos que intervengan en el éxito del plan de mantenimiento.

Una vez se tiene establecida la criticidad de los equipos, se facilita la toma de decisiones, para que estas sean más acertadas sobre el nivel de stock, tanto en equipos como de repuesto que se debe tener disponibles en el almacén, así como materiales y herramientas que deben estar disponibles. En otras palabras, un buen análisis de criticidad también nos permite establecer los niveles óptimos de stock que se deben gestionar en los almacenes disponibles para el servicio.

En referencia al desarrollo de proyecto, que no necesariamente sean proyectos de mantenimiento, el análisis de criticidad permite visualizar los puntos críticos que se deben asegurar a la hora del desarrollo del mismo, a su vez, también permite definir correctamente las triples restricciones de los mismos (alcance, tiempo y costo) y definir hitos tales como presupuestos, tareas, cronogramas, contrataciones, etc.

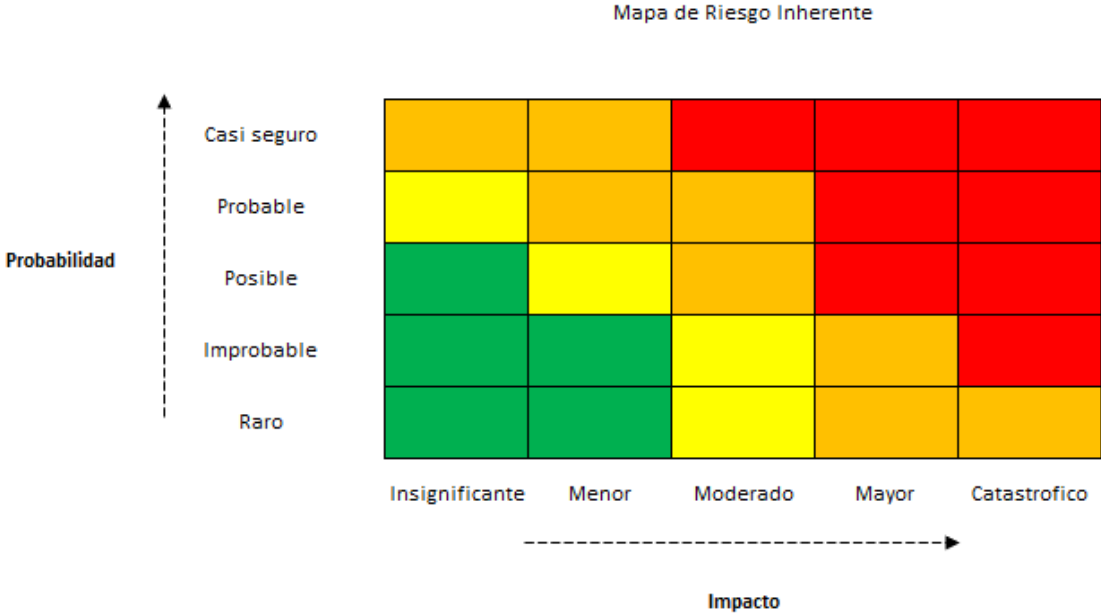
También permite realizar un buen programa de capacitación y desarrollo de habilidades del personal de mantenimiento, para que, desde el personal, se tenga claro los objetivos de las actividades que ellos deberán ejecutar y así asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento y tener en niveles óptimos, los iniciadores de gestión.

Para obtener la información requerida, se debe asignar un responsable inicial de la recolección de datos,( normalmente, esta tarea se le es asignada al planeador de mantenimiento o algún alto cargo encargado de la gestión de la información de mantenimiento), pero no es solo responsabilidad del planeador, se debe tener también involucrar al personal técnico de mantenimiento, operadores y demás personal que interviene en la operación y mantenimiento de los equipos analizados.

Por tal motivo, y para tener los resultados esperados en la correcta jerarquización de los equipos, se debe usar herramientas que permitan recolectar, analizar y evaluar el impacto de los equipos de la empresa, para si determinar sus frecuencias de intervención, actividades de mantenimiento y controles de los resultados, por lo que, normas como las ISO 14224 recomiendan el uso de mapas y matices de riesgos.

Figura 11

Mapa de riesgo inherente.

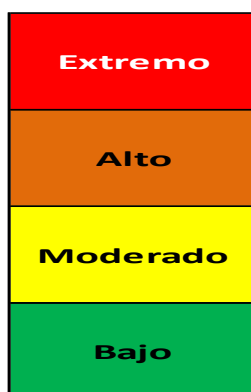


Nota. Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

La finalidad de desarrollar esta herramienta para la compañía es que exista una metodología con la cual se pueda dar tratamiento a la gestión de riesgos presentes en la organización, para ello se explica a detalle a continuación:

Figura 12

*Clasificaciones de Niveles de riesgo para la compañía.*



Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la empresa.

Para el caso del ranking de los diferentes niveles de riesgo, que se pueden presentar en la compañía, se establecen 4 niveles de riesgo:

Nivel de riesgo bajo: Siendo esta clasificación la de menor afectación para la empresa, en caso de presentarse.

Nivel de riesgo moderado: Siendo esta clasificación de riesgos, un nivel de impacto superior al riesgo bajo, por ende, requiere de atención o tratamiento de cada riesgo en particular ubicado dentro de esta área.

Nivel de riesgo alto: Es un riesgo, cuyo impacto afecta de manera significativa la continuidad operativa de la organización, y requiere acciones de tratamiento para mitigar esa amenaza.

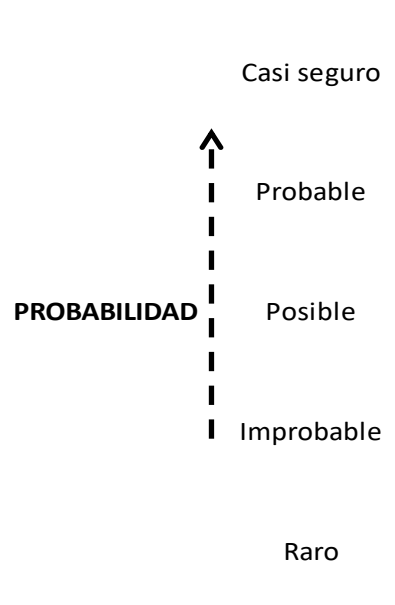
Nivel de riesgo extremo: Riesgo muy significativo para la compañía, si un riesgo queda valorado o ubicado dentro de la zona de riesgo extremo, esto significa que la empresa debe prestar atención y especial enfoque a este riesgo en particular, dado que representa un peligro inminente

para la organización, y por ende en cualquier momento puede este riesgo ubicado dentro de esta clasificación, afectar de manera importante la continuidad de negocio de la organización.

Al realizar la valoración de riesgos, cada riesgo debe quedar ubicado dentro de la escala anteriormente descrita, con el fin de valorar su ubicación dentro de la escala y poder tomar las acciones más idóneas para cada caso en específico.

Figura 13

*Probabilidad de materialización del riesgo.*



Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la compañía.

Para el caso de la valoración, de qué tan probable es que un riesgo se materialice, se asigna una escala con 5 niveles de probabilidad:

Probabilidad rara: Es casi improbable que este riesgo se materialice.

Probabilidad Improbable: Riesgo con muy poca probabilidad de materializarse.

Probabilidad posible: Riesgo con 50% de probabilidad de materializarse.

Probabilidad probable: Riesgo con más del 50% de probabilidad de materializarse.

Probabilidad casi segura: La probabilidad de materialización de este riesgo es casi inminente.

Figura 14

*Matriz de riesgos.*

No.	Macroproceso / Servicio	Proceso / Producto	Descripción del riesgo	Tipo de Riesgo	Causas
R1	Arriendo de equipos	Monitor de signos vitales 2IBP	Constantes anormales del paciente	MEDIO	Falta de mantenimiento Personal no calificado para el uso del equipo ambiente de servicio no adecuado

Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la empresa.

Para el caso de la consignación de los datos en la herramienta *MATRIZ DE RIESGOS*, se encuentra la siguiente información a tramitar:

Número de riesgo: Corresponde al número de ítems o riesgos evaluados con la herramienta de matriz de riesgos.

Macroproceso o servicio: Corresponde al servicio en el cual se encuentra asignado cada activo físico de la compañía.

Proceso o producto: Corresponde a cada equipo o activo físico en particular, esta información deberá ser consignada, con el fin de identificar cada equipo y poder realizar las asignaciones de valoración de riesgos.

Descripción del riesgo: En esta casilla se deben consignar todos los riesgos a valorar por parte de la compañía.

Tipo de riesgo: Colocar en esta casilla la clasificación del nivel de riesgo.

Causas: Consignar en esta casilla, las causas probables por las cuales se puede materializar cada riesgo en particular.

Figura 15

*Continuación de Matriz de riesgos.*

Factor del Riesgo Externo	Factor del Riesgo Interno	Consecuencias	Tipo de Impacto	Probabilidad	Impacto
N.A.	Mantenimiento preventivo	Fallo del dispositivo pero no pone en riesgo la vida del paciente.	Confidencialidad de información	posible	Moderado
N.A.	capacitacion				
N.A.	ambiente de servicio				

Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la empresa.

Factor de riesgo externo: Diligenciar esta casilla en caso de presentarse algún factor externo a la organización.

Factor de riesgo interno: se debe gestionar aquí información, en caso de que los factores contribuyentes a la materialización del riesgo sean internos.

Consecuencias: En esta casilla se debe tramitar la importancia, o impacto de cada riesgo.

Tipo de impacto: Colocar la información de tipo de impacto el cual pueda generar un problema en la compañía.

Probabilidad: Tramitar aquí la información de acuerdo con la probabilidad de materialización de cada riesgo.



Impacto: Colocar la valoración de cada impacto en específico.

Figura 16

*Continuación de Matriz de riesgos.*

Riesgo Inherente	Controles Existentes	Tipo de Control	Clase de Control	Frecuencia	Responsable del Control	Documentación del Control	Evaluación Efectividad del Control
alto	cumplir con el cronograma de mantenimiento preventivo de acuerdo con los tiempos estiamos por el fabricante	Preventivo	Manual	trimestral	area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
	realizar mantenimiento autonomo	Preventivo	Manual	diario	operario	Documentado	1.No se aplica
	realizar capacitacion al personal	Preventivo	Manual	trimestral	area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
	uso de un ambiente adecuado para equipo	Preventivo	Manual	Cuando se requiera	operario	No documentado	1.No se aplica

Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la empresa.

**Riesgo Inherente:** En esta casilla, la herramienta permite calcular el nivel de riesgo al que está expuesta la organización, y basado en esta calificación, la empresa debe tomar acciones para cada caso en particular de acuerdo con la calificación obtenida.

**Controles existentes:** En esta casilla, se deben tramitar los controles con los que actualmente cuenta la organización para mitigar cada riesgo en particular.

**Tipo de control:** Los tipos de controles pueden ser preventivos, en caso de que se gestionen antes de la materialización del riesgo, o correctivos si el control es ejercido después del evento.

**Clase de control:** Forma en la que se debe registrar el control, puede ser manual, en caso de registrarse de manera manual, o automática en caso de hacerlo mediante herramienta informática.

**Frecuencia:** periodicidad de ejecución del control.

**Responsable del control:** Departamento o área responsable de tramitar el control.

**Documentación del control:** Documentos o formatos requeridos para documentar el control.

**Evaluación de efectividad del control:** Se evalúa si el control es pertinente con su aplicación.

Figura 17

*Continuación de Matriz de riesgos.*

Afecta Probabilidad	Afecta Impacto	Riesgo Residual	Política de Manejo	Requiere Plan de Mejoramiento
Si	No	bajo	Reducir la probabilidad	Si
Si	No			
Si	No			
Si	No			

Nota. Fuente. Los autores, desarrollado para la empresa.

Afecta probabilidad: En caso de que se afecte la probabilidad de ocurrencia del riesgo se debe colocar sí.

Afecta impacto: En caso de que el impacto sea afectado colocar sí, en caso de que el impacto no sea afectado entonces colocar no.

Riesgo residual: Es el riesgo resultante luego de aplicar los controles.

Política de manejo: Si se reduce la calificación de riesgo o por el contrario se mantiene.

Requiere plan de mejoramiento: En caso de requerirse plan de acción para manejo de cada riesgo en específico.

#### 5.2.4. Indicadores de control de mantenimiento.

En concordancia con los ciclos de mejoramiento continuo, el personal de mantenimiento dedicado al análisis y control del mismo, han de ser rigurosos con la obtención de datos, análisis de resultados y la posterior toma de decisiones de mejora; para esto, se deben implementar los indicadores necesarios para alcanzar los objetivos propuestos en la gestión de mantenimiento.

Según Francisco González Fernández, sugiere que los indicadores han de satisfacer las necesidades de control de ejecución técnica de actividades, control de presupuesto, análisis de resultados y desviaciones de los mismos y los necesarios para que el control de mantenimiento sea exitoso(Fernández, 2004).

Para efectos de esta propuesta, y con las condiciones iniciales de BIOMÉDICA S.A.S, se adecuan los siguientes indicadores:

- **MTBF:** (mean time between failures) es el indicador que establece la media de tiempo entre paros, sean preventivos y/o correctivos (Fernández, 2004). También se refiere al tiempo en que la maquina es confiable antes de que falle o disminuya su misión de diseño. Los datos para alimentar este indicador son los tiempos en que la maquina estuvo en servicio antes de entrar en falla.

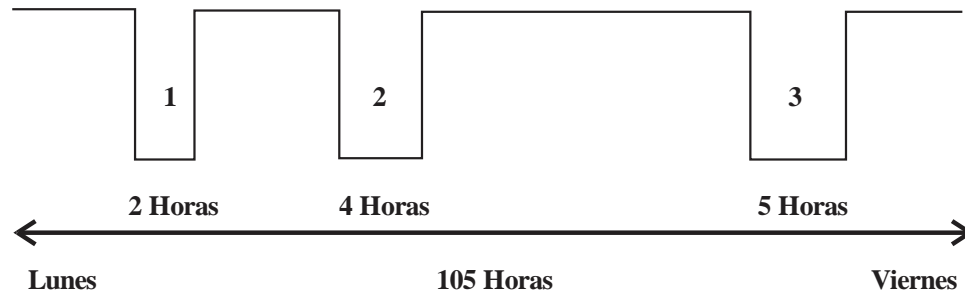
El cálculo del MTBF se hace con base en la que se ve que es la diferencia entre el tiempo que sea total disponible y el tiempo de inactividad, el cual será dividiendo

por el número de paradas. La fórmula será representada de la siguiente manera.

(Torres, 2015):

Figura 5

*Grafico de calculo de MTBF*



$$MTBF = \frac{\text{Ventana de operacion} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de fallas}} = \frac{105 - 11}{3} = 31 \text{ Horas}$$

Nota. Fuente. Los autores

En el que 105 horas es el tiempo disponible, es el total de horas en las que la máquina debía haber estado operando, 11 horas es el tiempo de inactividad, es el número de horas en las que estuvo parada y 3 es el número de paradas corresponde al número de averías (Torres, 2015).

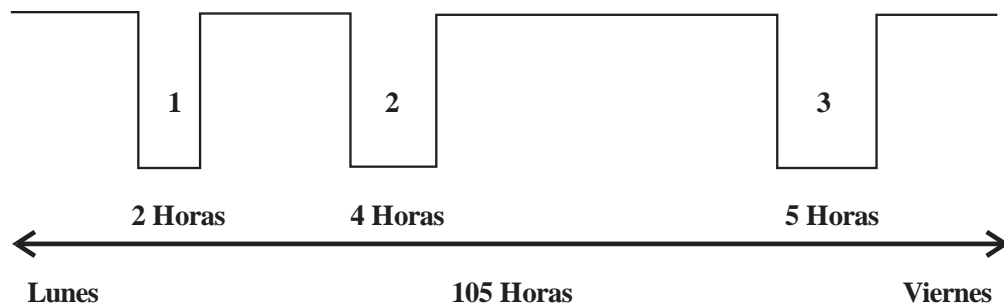
Para nuestro caso hemos determinado que nuestro tiempo promedio que transcurre en horas entre fallo y fallo debe ser mayor o igual a 12 horas, esto se determina viendo que nuestros equipos deben tener una sostenibilidad ya que los usuarios son pacientes con alguna afectación médica y que los equipos no pueden tener fallas durante su uso.

- **MTTR:** (mean time to repair). Es el tiempo que el equipo técnico de la compañía invirtió para reparar un equipo, una vez que se presenta el evento de falla que saca de servicio el equipo. Para alimentar este indicador, el equipo de mantenimiento

debe contabilizar los tiempos invertidos en reparar una falla y los eventos de falla ocasionados en una unidad de tiempo establecida por la gerencia del departamento de mantenimiento. Su objetivo es conseguir que esta cifra sea lo más baja posible, aumentando así la eficiencia de los procesos y equipos de reparación. La fórmula se representa así:

Figura 6

*Grafico de calculo de MTTR*



$$MTTR = \frac{\text{Tiempo fuera de operación (en reparación)}}{\text{Numero de fallas}} = \frac{2 + 4 + 5}{3} = 3\text{h } 36\text{min}$$

Nota. Fuente. Los autores

Para nuestra empresa se determina que el indicador para el MTTR promedio que se demora una reparación debe ser menor a 40 minutos, esto evaluando la premura que se tiene con los equipos al ser utilizados para la salud de las personas.

**DISPONIBILIDAD:** Es el porcentaje de tiempo en que el sistema o equipo es o fue útil (disponible) para producción o el servicio (Fernández, 2004). Pero este indicador no solo limita a analizar el tiempo en que la maquina estuvo disponible, a su vez, para un correcto análisis, se debe tomar en cuenta el tiempo en el que el equipo estuvo inoperante en una unidad de tiempo (indisponible) hasta su nueva puesta en servicio. Existen varias ecuaciones para el cálculo de la disponibilidad.

Figura 7

*Formula calculo disponibilidad*

$$D = \frac{\text{Tiempo calendario} - \text{perdidas de produccion}}{\text{Tiempo calendario}}$$

Nota. Fuente. Los autores

Si se reemplazase el Tc por Td, siendo el Td la diferencia entre el Tc y las Pd.  $Td = Tc - Pp$ , entonces la disponibilidad seria en este caso:

Figura 8

*Formula calculo disponibilidad*

$$D = \frac{Td - Pp}{Td}$$

**Tc = Tiempo Calendario**

**Td = Tiempo disponible**

**Pp = Paradas programadas**

Y si solo tenemos en cuenta solo las paradas por fallas propias de la ejecución del mantenimiento podemos usar la siguiente expresión:

Figura 9

*Formula calculo disponibilidad*

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

**MTBF = Tiempo medio entre fallas**

**MTTR = Tiempo medio para reparar**


Si observamos las fórmulas matemáticas anteriormente descritas, las cuales nos permiten calcular la confiabilidad y la disponibilidad podemos ver que existe una relación directa entre el MTBF y la confiabilidad, y a su vez también se relaciona la disponibilidad y el MTTR.

Veamos un ejemplo:


Existen 2 equipos de las mismas características trabajando en la planta en diferentes ubicaciones, los vamos a llamar equipo A y equipo B; ahora bien, sus resultados no son los mismos y se representan en la siguiente figura. El cálculo del desempeño de cada uno de los equipos se ha realizado considerando un periodo de 30 días, en ese tiempo, el equipo A experimentó una falla, mientras que el equipo B lo hizo en 30 oportunidades, se puede concluir que A es más confiable que B. El análisis da como resultado la siguiente imagen:

Figura 10

*Ejemplo MTTR*



**A**



**B**

CARACTERISTICAS	MAQUINA A			MAQUINA B				
<b>periodo considerado</b>	<b>30</b>	<b>Dias</b>		<b>30</b>	<b>Dias</b>			
<b>(TO) Tiempo de operacion</b>	<b>27</b>	<b>Dias</b>	<b>MTBF</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>Dias</b>	<b>MTBF</b>	<b>30</b>
<b>(NF) Numero de fallas</b>	<b>1</b>			<b>30</b>				
<b>(HF) Horas perdidas por fallas</b>	<b>72</b>	<b>Horas</b>	<b>MTTR</b>	<b>72</b>	<b>0.0083</b>	<b>Horas</b>	<b>MTTR</b>	<b>0.0083</b>
<b>(D) Disponibilidad</b>	<b>90%</b>			<b>100%</b>				
<b>(R) Confiabilidad</b>	<b>37%</b>			<b>0%</b>				

Nota. Fuente. Los autores

Así podemos concluir:

- La confiabilidad de un equipo está directamente relacionada en su MTBF y mejorar este desempeño se debe mejorar la confiabilidad desde el componente hasta el sistema en funcionamiento.
- La disponibilidad de un equipo está directamente relacionada en su MTTR y mejorar este desempeño se debe mejorar y optimizar el sistema en sí, y los procesos de reparación, optimizando tiempos y recursos.



### **5.3. Marco Legal**

Todo lo relacionado a dispositivos, equipos y demás relacionados con el tema medico se han venido considerado de gran importancia para brindar una atención sanitaria dando la oportunidad de mejora de la salud de la población mundial.

En Colombia, se puede observar lo anterior normalizado mediante el Decreto 4725 de 2005 “ mediante por el cual se observa la reglamentación del régimen de registros sanitarios, autorización de comercialización y vigilancia sanitaria de todo lo relacionado al equipamiento y máquinas de tipo médico para uso en los seres humanos lo anterior es lo establecido para el marco normativo para dicho tipo de tecnologías en salud.

La empresa Biomédica Colombiana SAS cuenta con las certificaciones pertinentes para las empresas auditoras, basados en sus normatividades, que se deben tener en cuenta para la implementación de un plan de mantenimiento de cualquier industria.

En cuanto a la gestión de mantenimiento, podemos encontrar las siguientes regulaciones:

La ISO 14224 es una norma de gestión, jerarquización y administración efectiva de activos entorno a las actividades de mantenimiento que son necesarias para gestionar correctamente los períodos de vida de los activos de las compañías.

La ISO 9000 se puede definir que es un conjunto o serie de reglas y/o normas las cuales aplican a cualquier tipo de empresa o actividad orientada a la elaboración de bienes o servicios y específica, cada organización debe establecer los modelos de fabricación y operación para asegurar aspectos como calidad, tiempos de entrega y niveles de servicio.

La norma ISO 14000 establece los requisitos mínimos para que las empresas u organizaciones tengan operaciones amigables con el planeta, dictando normas para la operación amigable con el uso racional de energía, reuso de algunas de sus materias primas y estableciendo requisitos para la disposición final adecuada de los residuos peligrosos.

La ISO 18000 está orientada a todas aquellas empresas de la gestión de la seguridad y la salud en los trabajos o salud ocupacional permitiendo identificar y evaluar los riesgos laborales desde el punto de vista de requisitos legal.

A continuación, se muestra la normatividad que se toma en cuenta para cualquier organización, enfocada en el sentido Biomédico y farmacéutico para la fabricación de medicamentos y dispositivos biomédicos; todo esto está estipulado en el informe 37/45 de la OMG.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es un organismo normalizado y manejado por la Organización de las Naciones Unidas, el cual se ocupa principalmente normalizar estándares en torno a los asuntos sanitarios internacionales y salud pública. Como procedimiento de esta organización, creada en 1948, los profesionales de la salud de unos 170 países mercantilizan sus conocimientos y experiencias con el objeto de que todas las personas del mundo puedan llegar a alcanzar en el año 2030 un grado de salud que les permita llevar una vida social y económicamente productiva (Invima,1992).

La OMS es la organización que contiene una Serie de Informes Técnicos con las observaciones y anotaciones más relevantes de diversos grupos internacionales de personas expertas que asesoran a la OMS, suministrándole la información técnica y científica más reciente sobre una amplia gama de problemas y consideraciones médicos y de salud pública. Las Prácticas adecuadas de elaboración de los productos biomédicos y farmacéuticos se describen en el informe 37/45 de la OMS (Organización mundial de la salud), segunda parte, numeral 16. Los productos Biomédicos autorizados deben ser fabricados solamente por fabricantes registrados (que posean autorización de fabricación), cuyas actividades sean inspeccionadas y reguladas por las autoridades nacionales.

A nivel nacional, se cuenta con el INVIMA, la cual es una entidad que funge como una Agencia Regulatoria Nacional, la cual realiza vigilancia y control de carácter técnico científico para asegurar la calidad en los procesos médicos y todos los productos que en ese proceso interviene como lo son medicamentos, buenas practicas en el sector salud, dispositivos médicos, productos de limpieza y sanitización, etc.; Aunque no solo se limita al sector salud, sino a los sectores alimenticios. Esta entidad esta bajo tutela del ministerio de Salud de Colombia, por tanto es capaz de asesorar y dictaminar normas para regular y controlar todo lo relacionado al sector salud y alimenticio, por lo tanto, se rige a la normatividad que el MinSalud emita. Alguna de ellas se observa a continuación.

A nivel nacional, se cuenta con el decreto 4725 de 2005 donde se dictaminan y se establecen los requisitos mínimos para la implementación de registros sanitarios, premisos de comercialización y vigilancia sanitaria de dispositivos médicos en uso humano. Entre sus mas grandes apartes podemos observar que establece la necesidad de contar con registros de fabricante donde se muestren

las memorias de cálculo del elemento, tiempos de uso sugeridos, tiempos de mantenimiento sugerido, etc.

Se debe también cumplir con la Resolución 4816 del 2008 donde se reglamenta un programa de tecnovigilancia que deben tener las empresas que fabriquen y/o importen dispositivos médicos para uso humano.

También se debe cumplir con la Resolución 4002 del 2007 donde se adopta el manual de requisitos de capacidad de almacenamiento, acondicionamiento y comisionamiento de dispositivos médicos.

Y por último, El Invima establece el cumplimiento del Decreto 4725 del 2005 donde establece los requisitos que deben cumplir las empresas para la comercialización y vigilancia sanitaria de dispositivos médicos.

A continuación, se muestran normas sugeridas por el ICONTEC como “*GUIA TÉCNICA COLOMBIANA*” que aplican para el mantenimiento:

GTC-20

Se trata de una norma de mantenimiento, en la cual vemos que nos indica un Cuestionario tipo de evaluación de una empresa de mantenimiento.

GTC-62

Se trata de una norma establece las definiciones que se utilizan en el área de mantenimiento ya sea en plantas industriales o empresas de servicios.

NTC 2353

En esta norma se especifica los símbolos de los materiales para uso en diagramas de interconexión, usado en el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de medición y control de cada proceso.

NTC 2354

Esta norma trata de los símbolos establecidos y destinados a ilustraciones de computación de procesos y funciones de muestra de los resultados en el campo de medición y control de procesos.

NTP 577

En esta norma encontramos todo lo relacionada a sistema de gestión preventiva: exploraciones de seguridad y mantenimiento de equipos

## **6. Marco metodológico de la investigación**

### **6.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es de tipo descriptiva, por lo cual la recopilación de la información se realizó sin cambiar su entorno. Tomando como referencia documentos existentes, observación, listados y entrevistas al departamento.

Para tomar la decisión de realizar este proyecto, se analizaron los fenómenos actuales por los cuales está pasando la empresa; y se encontró que no hay un departamento encargado de realizar seguimiento y mantenimiento a las herramientas y equipos; la única actividad existente y como única alternativa es la correctiva (solo se arregla cuando falle), la cual genera un incremento desmesurado de costos.

### **6.2.Método De Investigación**

Se usa la recopilación de información previa al desarrollo de este documento, tanto de orden documental (manuales técnicos, procedimientos previos, etc.) como recopilación de información en campo.

### **6.3.Fuentes de obtención de la información**

#### **6.3.1. Fuentes Primarias**

Se consideran fuentes primarias las obtenidas en BIOMEDICA SAS directa e indirectamente en horario laboral y no laboral guiados por el departamento de mantenimiento de BIOMEDICA COLOMBIA SAS.

Otra fuente fue el material cronológico como reportes, informes e históricos suministrados por la empresa donde se evidencio como ha sido el manejo del departamento de mantenimiento y sus respectivos costos.

### **6.3.2. Fuentes Secundarias**

Como fuentes secundarias para el presenta trabajo se utilizaron libros, artículos y trabajos de grado los cuales tienen relación o similitudes con el tema aquí tratado

- Guías técnicas
- Normatividad vigente
- Bases de datos ECCI

Lo cual estas fuentes fueron de gran ayuda para determinar la propuesta a realizar para la empresa.

## **7. Desarrollo Metodológico**

En este capítulo, se dará desarrollo a los objetivos específicos, con el fin de lograr plantear la propuesta de solución, objeto de este documento de trabajo de investigación:

### **7.1.Matriz de riesgos:**

Para el desarrollo de este objetivo, los investigadores desarrollan una herramienta en Excel como lo es una matriz de riesgos en la cual se tramita la siguiente información para cada familia de equipos en arriendo que maneja BIOMÉDICA SAS.

Una vez que se tienen las herramientas listas, es necesario realizar la evaluación de los equipos que maneja BIOMEDICA S.A.S. para así determinar el nivel de criticidad de cada equipo y poder caracterizarlo individualmente cada familia de grupos.

Como se observa en los capítulos anteriores, BIOMEDICA SAS tiene 34 equipos, divididos en 4 familias:

- Monitor de signos vitales 2IBP
- Monitor de signos vitales Capnógrafo
- Incubadoras
- Monitor fetal

#### **7.1.1. Monitor de signos vitales 2IBP**

Este dispositivo es usado para el monitoreo 24 horas del paciente mientras se encuentra en servicio la habitación, ya sea para cuidados intermedios, recuperación u observación. A continuación, se evalúa la criticidad de estos equipos, bajo las condiciones dadas en las herramientas anteriormente descritas.

Esta familia de equipos, compuesta por 5 equipos en arriendo a los diferentes clientes de BIOMEDICA S.A.S. se evalúan primero en la matriz de riesgos, para así, evaluar la criticidad de esta familia de equipos en el mapa de Riesgo Inherente. Se muestra el análisis y los resultados a continuación:

Figura 18

*Desarrollo de la matriz de riesgos para el Monitor de signos vitales 2IBP.*



No	Macroproceso/servicio	Proceso/producto	Descripcion del Riesgo	Tipo de Riesgo	Causas
R1	Arriendo de equipos	Monitor de signos vitales 2IBP	Constantes anormales del paciente	MEDIO	Falta de mantenimiento
					Personal no calificado para el uso del equipo
					Ambiente de servicio no adecuado

Factor de riesgo externo	Factor de riesgo Interno	Consecuencias	Tipo de Impacto	Probabilidad	Impacto
N.A.	Mantenimiento Preventivo	Fallo del dispositivo pero pone en riesgo la vida del paciente	Confidencialidad de la informacion	Posible	Moderado
N.A.	Capacitacion				
N.A.	Ambiente de servicio adecuado				

Nivel de riesgo	Controles Existentes	Tipo de control	Clase de control	Frecuencia
alto	Cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo de acuerdo a los tiempos estimados por el fabricante	Preventivo	Manual	Trimestral
	realizar mantenimiento autonomo	Preventivo	Manual	Diario
	realizar capacitacion del personal	Preventivo	Manual	Trimestral
	Uso de un ambiente adecuado de trabajo	Preventivo	Manual	Cuando se requiera

Area	Documentacion de control	Evaluación de Efectividad de Control
area de mantenimiento operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
area de mantenimiento operario	Documentado	1. Nose aplica
area de mantenimiento operario	Documentado	3. Se aplica y es efectivo
area de mantenimiento operario	Documentado	1. No se aplica

Nota. Fuente. Los autores. Desarrollado para la compañía.

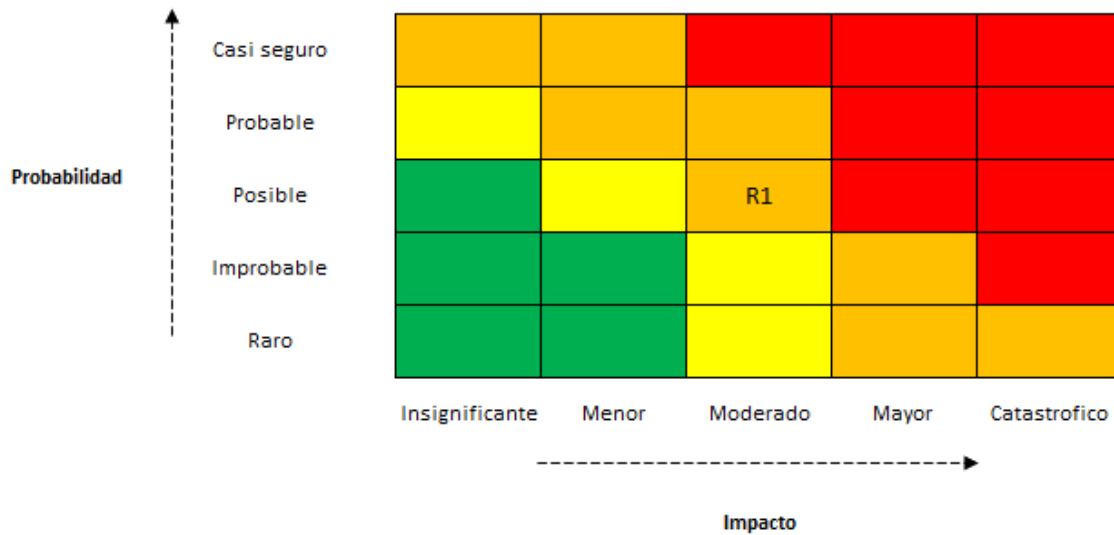
El resultado del análisis determinó que, esta familia de equipos tiene un riesgo inherente compuesto por un impacto moderado, con una probabilidad de ocurrencia posible; se ubica este indicador dentro del mapa de Riesgo Inherente:

Figura 19

*Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de Monitores de signos vitales*

2IBP

Mapa de Riesgo Inherente



Nota. Se observa que esta familia representa un riesgo moderado, pues su impacto es moderado y su probabilidad de ocurrencia es posible. Para un correcto control, dentro de la matriz de riesgo se observan las recomendaciones para controlar este ítem. Fuente: Los autores, desarrollado para la compañía.

Con este análisis, podemos concluir que:

Rutinas de Mantenimiento preventivo deben ser implementadas con una frecuencia trimestral

El mantenimiento autónomo del equipo debe ser ejecutado diariamente por el operador del equipo.

A pesar de que no se considera un equipo de criticidad extrema, se deben seguir las recomendaciones, pues una falla en el equipo podría afectar la salud del paciente.

### 7.1.2. Monitor de signos vitales Capnógrafo

Este dispositivo es usado para el monitoreo 24 horas de la cantidad de CO2 concentrado en el ambiente en el cual está alojado el paciente ya sea para cuidados intensivos o intermedios. A continuación, se evalúa la criticidad de este equipo, bajo las condiciones dadas en las herramientas anteriormente descritas.

Esta familia de equipos, compuesta por 6 equipos en arriendo a los diferentes clientes de BIOMEDICA S.A.S. Al igual que el anterior caso, se debe evaluar primero en la matriz de riesgos, para así, evaluar la criticidad de esta familia de equipos en el mapa de Riesgo Inherente. Se muestra el análisis y los resultados a continuación:

Figura 20

*Desarrollo de la matriz de riesgos para el Monitor de signos vitales Capnógrafo.*

No	Macroproceso/servicio	Proceso/producto	Descripción del Riesgo	Tipo de Riesgo	Causas
R2	Arriendo de equipos	Monitor de signos vitales Capnógrafo	Constantes anormales del paciente	MEDIO	Falta de mantenimiento
					Personal no calificado para el uso del equipo
					Daño en la sonda de medición de CO2
					Ambiente de servicio no adecuado

Factor de riesgo externo	Factor de riesgo Interno	Consecuencias	Tipo de Impacto	Probabilidad	Impacto
N.A.	Mantenimiento Preventivo	Fallo del dispositivo pero pone en riesgo la vida del paciente	Confidencialidad de la información	Posible	Menor
N.A.	Capacitación				
Altas concentraciones de CO2 no detectadas	Escapes en las líneas de suministro/extracción				
N.A.	Ambiente de servicio adecuado				

Riesgo Inherente	Controles Existentes	Tipo de control	Clase de control	Frecuencia
Moderado	Cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo de	Preventivo	Manual	Trimestral
	realizar mantenimiento autonomo	Preventivo	Manual	Diario
	realizar mediciones de gases en ambiente con equipo de respaldo	Preventivo	Rutinario	Diario
	Uso de un ambiente adecuado de trabajo	Preventivo	Manual	Trimestral

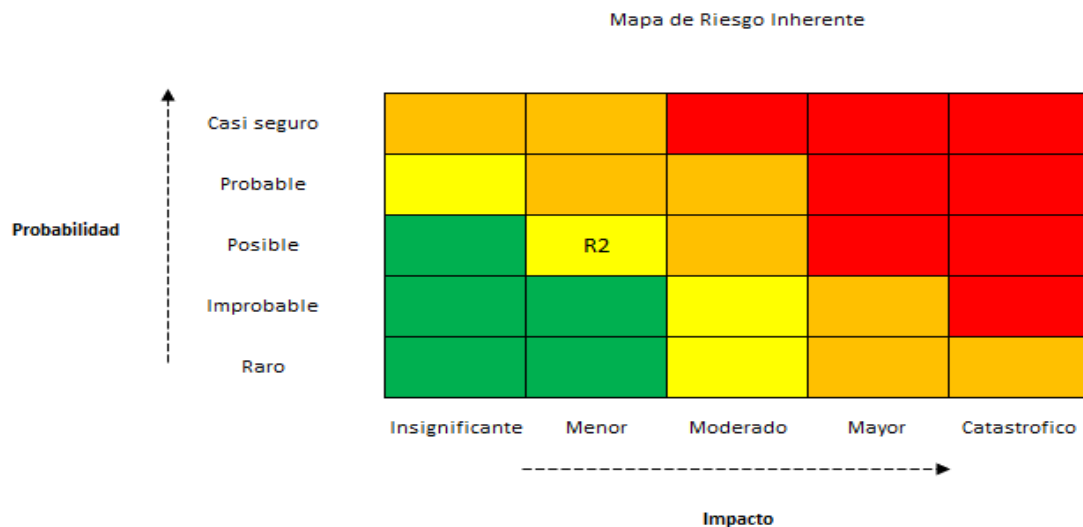
Responsable del control	Documentacion de control	Evaluación de Efectividad de Control
area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo

Nota. Fuente. Los autores. Desarrollado para la compañía.

El resultado del análisis determinó que, esta familia de equipos tiene un riesgo inherente compuesto por un impacto menor, con una probabilidad de ocurrencia posible; se ubica este indicador dentro del mapa de Riesgo Inherente:

Figura 21

*Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de Monitores de signos vitales Capnógrafo.*



Nota. Se observa que esta familia representa un riesgo moderado, pues su impacto es menor y su probabilidad de ocurrencia es posible. Para un correcto control, dentro de la matriz de riesgo se observan las recomendaciones para controlar este ítem.

Fuente: Los autores, desarrollado para la compañía.

Con este análisis, podemos concluir que:

Rutinas de Mantenimiento preventivo deben ser implementadas con una frecuencia trimestral y diario.

El mantenimiento autónomo del equipo debe ser ejecutado diariamente por el operador del equipo.

A pesar de que no se considera un equipo de criticidad extrema, se deben seguir las recomendaciones, pues una falla en el equipo podría afectar la salud del paciente.

### **7.1.3. Incubadoras**

La incubadora cerrada es un dispositivo que simula a una cuna cerrada en la cual se ubica el recién nacido para los cuidados posparto. Esta incubadora cuenta con servicios tales como:

- Calefacción
- Filtrado de aire
- Sistemas de cierre y apertura
- Monitoreo de signos vitales de neonato.

Las incubadoras cerradas, se diferencian de las abierta, por el tipo de irradiación de calefacción; mientras que la abierta, la irradiación se realiza de manera externa, hecha por una lampara de calor; la cerrada irradia calor desde la base de la incubadora.

Esta familia de equipos, compuesta por 10 equipos en arriendo a los diferentes clientes de BIOMEDICA S.A.S. Al igual que el anterior caso, se debe evaluar primero en la matriz de riesgos, para así, evaluar la criticidad de esta familia de equipos en el mapa de Riesgo Inherente. Se muestra el análisis y los resultados a continuación:

Figura 22

*Desarrollo de la matriz de riesgos para las incubadoras.*

No	Macroproceso/servicio	Proceso/producto	Descripcion del Riesgo	Tipo de Riesgo	Causas
R3	Arriendo de equipos	Incubadoras	Cuidados maximos prioritarios a recién nacidos y/o neonatos	ALTO	Falta de mantenimiento
					Personal no calificado para el uso del equipo
					Daño en la estructura de cierre hermetico de la incubadora
					Daño en los sensores internos de la incubadora
					Ambiente de servicio no adecuado

Factor de riesgo externo	Factor de riesgo Interno	Consecuencias	Tipo de Impacto	Probabilidad	Impacto
N.A.	Mantenimiento Preventivo	Fallo del dispositivo pero pone en riesgo la vida del paciente	Confidencialidad de la informacion	Posible	Catastrófico
N.A.	Capacitacion				
Contaminantes externos	Contaminacion cruzada				
Contaminantes externos	Contaminacion cruzada				
N.A.	Ambiente de servicio adecuado				

	Controles Existentes	Tipo de control	Clase de control	Frecuencia
Extremo	Cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo de acuerdo a los tiempos estimados por el fabricante	Preventivo	Manual	Trimestral
	mantenimiento autonomo	Preventivo	Manual	Diario
	Limpiezas de areas	Predictivo/P reventivo	Rutinario	Diario
	Limpiezas de areas	Predictivo/P reventivo	Rutinario	Diario
	ambiente adecuado de trabajo	Preventivo	Manual	Trimestral

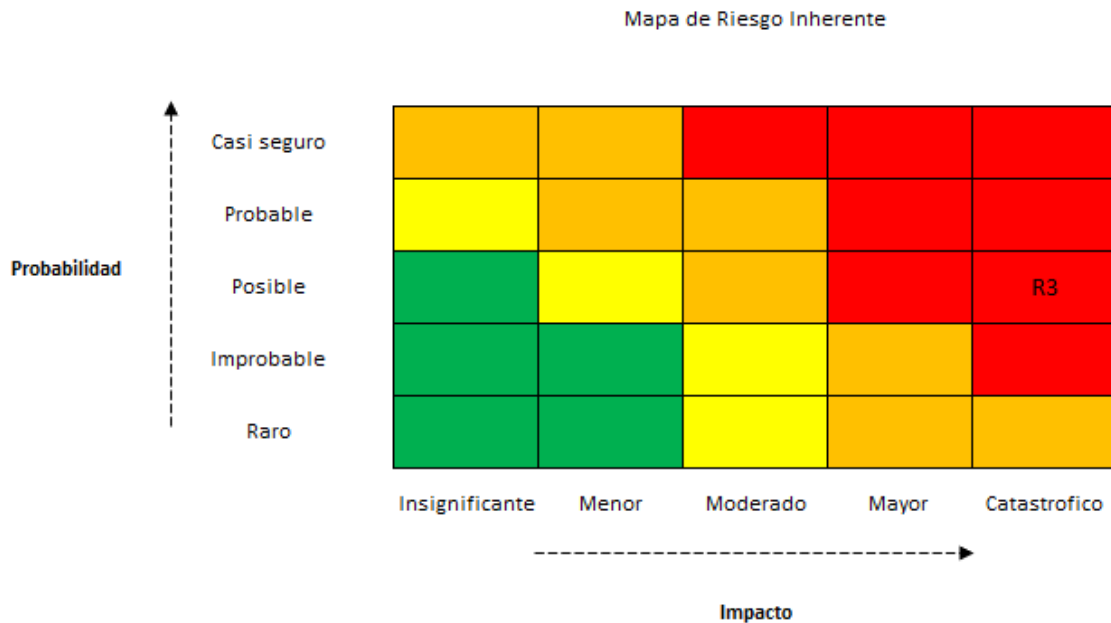
Responsable del control	Documentación de control	Evaluación de Efectividad de Control
ea de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
ea de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
ea de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo

Nota. Fuente: Los autores. Desarrollado para la compañía.

Al igual que en los casos anteriores, ya con los resultados y recomendaciones obtenidos en la Matriz de Riesgos, el cuadro nos ubica el riesgo inherente de esta familia de equipos en el Mapa; se muestra a continuación:

Figura 23

*Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de incubadoras.*



Nota. Fuente. Los autores. Desarrollado para la compañía.

Se observa que esta familia representa un riesgo catastrófico, pues las condiciones físicas de los neonatos son tan delicadas que una falla mínima en la incubadora pondría en riesgo la vida del paciente; su impacto es catastrófico y su probabilidad de ocurrencia es posible. Para un correcto control, dentro de la matriz de riesgo se observan las siguientes recomendaciones:

Implementar rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo, como las mediciones de atmosferas.

Mantenimiento autónomo debe ser crucial para evitar fallas catastróficas en el equipo. Esta rutina debe ser a diario y desarrollada por el operario.

Limpieza en el área y en el mismo dispositivo es crucial.

La capacitación para el personal, tanto el operario como para el personal de mantenimiento debe ser obligatoria.

#### **7.1.4. Monitor fetal.**

Este es un monitor en complemento a las incubadoras. Este dispositivo monitorea los signos vitales del neonato, tales como:

- Peso
- Ritmo cardiaco
- Ritmo de respiración del paciente
- Actividad cerebral.
- Entre otros.

Esta familia de equipos, compuesta por 12 equipos en arriendo a los diferentes clientes de BIOMEDICA S.A.S. Al igual que el anterior caso, se debe evaluar primero en la matriz de riesgos,



para así, evaluar la criticidad de esta familia de equipos en el mapa de Riesgo Inherente. Se muestra el análisis y los resultados a continuación:

Figura 24

*Desarrollo de la matriz de riesgos para los monitores fetales*

No	Macroproceso/servicio	Proceso/producto	Descripción del Riesgo	Tipo de Riesgo	Causas
R4	Arriendo de equipos	Monitor Fetal	Constantes anormales del paciente	ALTO	Falta de mantenimiento
					Personal no calificado para el uso del equipo
					Ambiente de servicio no adecuado

Factor de riesgo externo	Factor de riesgo Interno	Consecuencias	Tipo de Impacto	Probabilidad	Impacto
N.A.	Mantenimiento Preventivo	Fallo del dispositivo pero pone en riesgo la vida del paciente	Confidencialidad de la información	Posible	Catastrófico
N.A.	Capacitación				
N.A.	Ambiente de servicio adecuado				

Riesgo Inherente	Controles Existentes	Tipo de control	Clase de control	Frecuencia
Extremo	Cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo de acuerdo a los tiempos estimados por el fabricante	Preventivo	Manual	Trimestral
	realizar mantenimiento autonomo	Preventivo	Manual	Diario
	realizar capacitacion del personal	Preventivo	Manual	Trimestral
	Uso de un ambiente adecuado de trabajo	Preventivo	Manual	Cuando se requiera

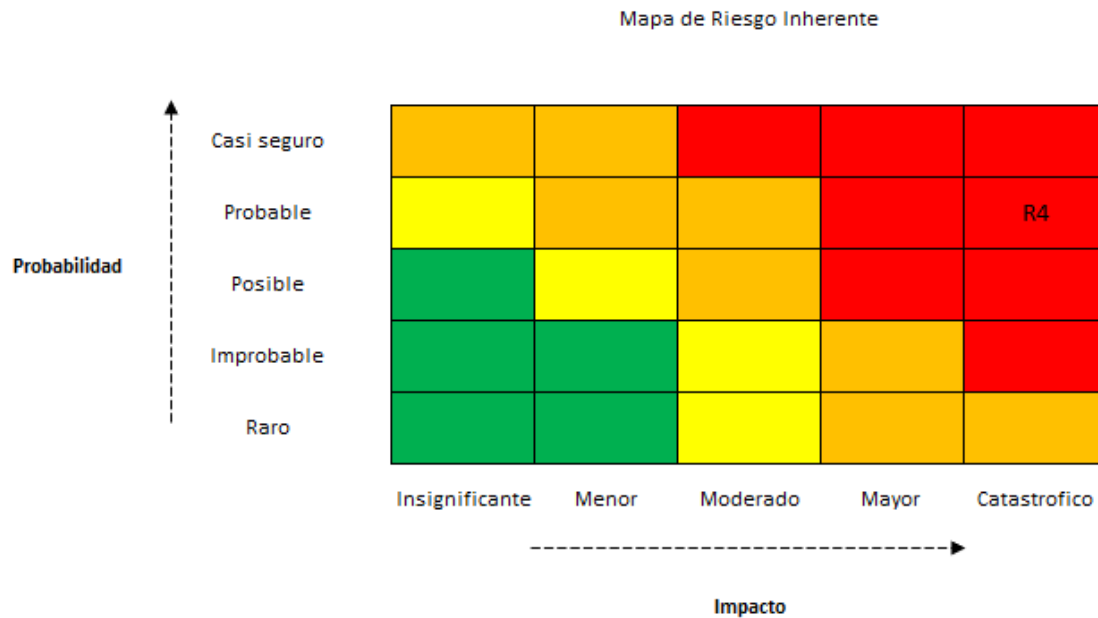
Responsable del control	Documentación de control	Evaluación de Efectividad de Control
area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
area de mantenimiento	Documentado	3.Se aplica y es efectivo
operario	Documentado	3.Se aplica y es efectivo

Nota. Fuente. Los autores. Desarrollado para la compañía.

Como en los anteriores casos, el cuadro esta desarrollado para el cálculo de la ubicación de estos resultados en el mapa de riesgo, determinando así su nivel de criticidad y nos muestra con ayuda visual el nivel crítico de esta familia de equipos. Se muestra el resultado a continuación:

Figura 25

*Ubicación de resultado de análisis de riesgo de la familia de monitores fetales.*



Nota. Fuente. Los autores. Desarrollado para la compañía.

Después del análisis en la matriz de riesgo, el mapa nos arroja un resultado de un impacto catastrófico, con una probabilidad de ocurrencia probable, pues una falla en este equipo, pone en riesgo la vida del neonato, pudiendo mostrar medidas erróneas de monitores del paciente, y se puede incurrir en fallas de tipo humano, técnico o latente, al no tener la información adecuada y veraz para la toma de decisiones. Para evitar esta situación, se recomienda:

Cumplimiento estricto de la rutina de mantenimiento preventivo

Es de vital importancia el mantenimiento autónomo diario del equipo por parte del operador, dejando documentada cada actividad ejecutada.

Control del ambiente es necesario, como una limpieza profunda.

La capacitación al personal es una recomendación transversal a los otros equipos, pero es de vital importancia, para evitar fallas humanas y latentes.

## **7.2.Indicadores de gestión a desarrollar en la compañía:**

Dado que actualmente en la empresa, no se realiza la gestión mediante indicadores, los investigadores proponen que sean gestionados los siguientes indicadores:

### **7.2.1. Tiempo medio entre fallas.**

Entre los indicadores más importantes para el estudio del comportamiento de los equipos es el tiempo medio entre cada una de las fallas (*Mean Time Between Failures*), ya que permite evaluar el mantenimiento que sea de tipo preventivo. Este tipo de indicador es aquel que permite realizar los estudios para la mejora de confiabilidad y mantenibilidad. Con la finalidad de preparar dichos indicadores se requieren adecuados reportes que sean de mantenimiento, de intervenciones, partes utilizadas, tiempos que están empleados. Con la ausencia de esta información el diagnóstico se hace cada vez más complejo y no garantiza identificar las causas profundas del problema.

$$\text{Nº IT*HROP}$$

$$\text{MTBF} = \text{-----}$$

$$\Sigma\text{NTMC}$$

### **7.2.2. Tiempo medio para reparar.**

Es la probabilidad de que alguno de los equipos pueda ser puesto en condiciones que sean operacionales en determinado periodo de tiempo dado, de esta manera el mantenimiento es efectuado

de acuerdo con los procedimientos preestablecidos. De manera matemáticamente puede caracterizarse de la siguiente expresión:

$$MTTR = \frac{\Sigma HTMC}{NTCM}$$

### 7.2.3. Disponibilidad.

Cuando hablamos de disponibilidad de Equipos se habla de una relación entre la diferencia del número de horas de un periodo considerado (horas calendario) vs el número de horas de intervención por el personal del área de mantenimiento (mantenimiento que sea de manera preventiva por tiempo o por estado, mantenimiento de manera correctiva y demás servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{\Sigma HROP}{\Sigma(HROP+HTMN)} * 100$$

De acuerdo con lo anterior descrito, y para hacer un uso practico de esta información para efectos de control y evaluación del plan propuesto en este documento, los autores diseñan un cuadro de control formulado y automatizado en un archivo Excel donde se calcula automáticamente los tres indicadores descritos, MTBF, MTTR y disponibilidad. Para un efectivo funcionamiento del cuadro,

el planeador de mantenimiento o la persona designada por la compañía, deberá ser riguroso, cuidadoso y constante para la alimentación de los tiempos requeridos para los cálculos, así como el registro de los eventos de falla para tales fines. A continuación, se muestra un detalle del cuadro formulado con la posibilidad de graficar los resultados mes por mes en un diagrama circular.

Figura 31

Cuadro para cálculo de indicadores para la propuesta

DISPONIBILIDAD EQUIPO XXXX 2023							
INFORMACION MENSUAL				INDICADORES			
MES	TIEMPO TOTAL DIPONIBLE	TIEMPO INACTIVO	NUMERO DE PARRAS	TIEMPO DE MATENIMIENTO	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
Enero	540	30	6	24	85	4	95,5%
Febrero	576				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Marzo	576				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Abril	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Mayo	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Junio	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Julio	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Agosto	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Septiembre	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Octubre	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Noviembre	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Diciembre	540				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
INDICADORES GENERAL					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!



Nota. Fuente. Los autores para desarrollo de la empresa.

### 7.3.Cronograma de mantenimiento

Para el desarrollo del segundo objetivo planteado, los autores proponen un cronograma de mantenimiento, el cual contiene la siguiente información:

Figura 26

*Columna de equipos.*

#	EQUIPO
1	Monitor de signos vitales 2IBP
2	Monitor de signos vitales 2IBP
3	Monitor de signos vitales 2IBP
4	Monitor de signos vitales Capnografía
5	Monitor de signos vitales Capnografía
6	Monitor de signos vitales Capnografía
7	Monitor de signos vitales 2IBP
8	Monitor de signos vitales 2IBP
9	Monitor de signos vitales 2IBP
10	Monitor de signos vitales Capnografía

Nota. Fuente. Los autores.

Para este caso, se deben colocar de acuerdo con la numeración, los equipos con los que cuenta la compañía, los cuales se encuentran ubicados en la primera columna y ordenados en forma numérica, al lado de esta columna, se puede apreciar la descripción del equipo, en esta casilla se deben colocar los equipos escritos de manera genérica en un listado, para que queden organizados de manera sistemática.

Figura 27

*Ubicación en el cronograma.*

UBICACIÓN
IMI
IMI
IMI
VICTORIA
SANTA CLARA
IMI
VICTORIA
VICTORIA
VICTORIA
Pendiente entrega

Nota. Fuente. Los autores.

En la columna de ubicación, correspondiente a la figura 3, se debe asignar la ubicación espacial de cada equipo en particular, es decir donde realmente se encuentra ubicado cada equipo, en este caso se puede apreciar que hay equipos ubicados en la Victoria, santa Clara, IMI y otros.

Figura 28

*Serie de cada equipo.*

SERIE
261236-M18708180012
360080-M19203200002
360080-M18B11080004
360080-M19C15280001
360080-M19C15280003
360080-M19C15280010
360080-M18911660015
360080-M18911660018
360080-M18911660020
360080-M19C15280008

Nota. Fuente. Los autores.

Para el caso de la serie de los equipos, cuya información se encuentra ubicada en la columna D del archivo en Excel del cronograma, en esta casilla se deben consignar los números de serie de cada equipo en particular, esta información está contenida en la placa de cada equipo en particular y a cada equipo corresponde una serie específica o un número en particular.

Esta información será utilizada para consignar el número independiente de cada equipo, con el cual se podrán realizar seguimientos a cada equipo en específico, las tareas de mantenimiento, que se van a asignar a ese equipo, y a futuro, la empresa debe evaluar la posibilidad de asignar una hoja de vida con la información que requiera cada activo físico de la compañía.

Figura 29

*Valor del activo*

VALOR DEL ACTIVO	
\$	4.668.881,70
\$	4.668.881,70
\$	4.668.881,70
\$	10.125.115,00
\$	10.125.115,00
\$	10.125.115,00
\$	4.668.881,70
\$	4.668.881,70
\$	4.668.881,70
\$	10.125.115,00

Nota. Fuente. Los autores.

En la columna E, del archivo en Excel denominado Cronograma de mantenimiento, se consigna el valor en libros que tiene cada equipo a la fecha, al ser este un valor contable, esta



información podrá ser utilizada para poder tomar decisiones, basadas en el valor financiero de cada activo físico, esta información, debe ser suministrada por la compañía y consignada en la columna E, designada para tal fin.

Figura 30

*Fechas del cronograma de Mantenimiento.*

ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO											
S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
T												T																				T			
T												T																				T			
T												T																				T			
T												T																				T			
T												T																				T			
T												T																				T			
T												T																				T			

Nota. Fuente. Los autores.

Para el caso de las fechas en las cuales se realizarán cada una de las actividades de mantenimiento a cada equipo en particular, se asignan de las columnas A1 en adelante, como se puede apreciar en la figura # 30, se asignan en estas columnas los meses correspondiente a periodo anual, en estos meses se asignarán tareas de mantenimiento, como se puede apreciar en la figura # 30, la denotación T, quiere decir que la frecuencia de la tarea a ejecutar, se desarrollará cada tres meses o de manera trimestral , por lo cual, si una actividad se realiza en el mes de enero de cada año, su siguiente ejecución o realización será en abril de ese mismo año, y posteriormente, la siguiente actividad se realizará en Julio de ese año, y la última correspondiente a ese año, se realizará en el mes de Octubre, esto para el caso de las actividades de ejecución con frecuencia trimestral.

En las casillas de asignación de fechas, se deben consignar tareas con diferente frecuencia de ejecución, es decir; tareas que se realizarán de manera trimestral o cada tres meses, tareas que se

desarrollarán de manera semestral o cada seis meses, y tareas de frecuencia anual o de ejecución cada año.

Es de aclarar, que, de acuerdo con la necesidad de la empresa, se pueden asignar otras frecuencias de ejecución.

De acuerdo al cronograma de mantenimiento estipulado y propuesto, se generó la proyección de los mantenimientos preventivos del equipo, de acuerdo a su uso en las instituciones de salud y sabiendo las recomendaciones dadas por cada fabricante, siguiendo las directrices de limpieza interna, externa y las pruebas de verificación de funcionamiento y parámetros con los simuladores correspondiente para cada equipo.

Con base a lo expuesto anteriormente se determinó una frecuencia trimestral, con el fin de determinar y mitigar los desgastes por uso frecuente con paciente, y así mismo estableciéndose la importancia de que anualmente se genere la respectiva evaluación de desempeño o calibración según corresponde a sus parámetros de fábrica.

Por lo tanto, dando cumplimiento al cronograma, se da más certeza del uso continuo, vida útil y el buen uso de los servicios brindados por los equipos.

### **7.3.1. Protocolos**

#### **7.3.1.1. Protocolos de mantenimiento**

Con el fin de continuar con el desarrollo del objetivo planteado, se hace uso de una acción técnica administrativa que se lleva con la finalidad del cuidado e inspección sistemática de los equipos en mención con el único propósito de lograr su manutención en estado optimo, evitar y detectar fallas menores que puedan convertirse en fallas mayores.

### **7.3.1.2. Protocolos de calibración y/o verificación**

Con el fin de dar un complemento a los protocolos de mantenimiento y cronogramas anteriormente planteados contamos con la acción técnica de los documentos administrativos de calibración con la finalidad de llevar una comparación de los valores de los equipos vs un patrón de medida, sabiendo el patrón de medida de referencia establecido previamente cuanta con su respectiva trazabilidad de fábrica y de entes idóneos de calibración del mismo, a fin de obtener los resultados óptimos de los parámetros de cada equipo y su correcto funcionamiento.

### **7.3.1.3. Reporte de servicio**

Por ultimo podemos reforzar la ejecución correcta de nuestro plan de mantenimiento con un resumen de la operación realizada, con base a un reporte de servicio o check list donde se observara mediante este informe los datos básicos del equipo, ubicación, usos, parámetros, fallos, accesorios , estado en general, este documento consiste en “en realizar una serie de inspecciones de manera periódicas de la forma en que están las instalaciones y de los equipos, las cuales indican si hay defectos o condiciones de falla que den lugar a aparadas por averías o problemas que se tornen de gravedad. Cuyo objetivo se trata de reducir las paradas de los sistemas, y todos los costes de reparación por averías.”

 BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S <small>NOI 800460741610</small>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA MONITOR DE SIGNOS VITALES</b>	Código:	BIO-SG-C-PRM077
		Edición:	1
		Fecha de creación:	05/02/2022
		Fecha de Actualización:	13/07/2022



### 1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- Tela para Limpieza
- Aspiradora
- Cepillo
- Simulador de paciente
- Multímetro digital
- Reporte de Servicio F-PS-01

### 2. RECOMENDACIONES

- Utilizar de forma estricta y correcta los materiales que se requieren para el mantenimiento.
- Revisar manuales y recomendaciones dadas por el fabricante.
- Diligencie el registro evidenciando la ejecución del Mantenimiento Preventivo.

### 3. INSPECCIÓN VISUAL DEL EQUIPO

- Verificación del estado físico del equipo medico
- Contacte el manual de limpieza y desinfección

### 4. INSPECCIÓN VISUAL DEL ACCESORIOS

- Conectores, cables de alimentación, cables de paciente
- Estado de la batería, desconecte cable de poder y verifique funcionalidad de la batería.
- Verifique el estado y la funcionalidad de las alarmas.
- Verifique los parámetros del equipo.
- Evalúe estado del brazaletes, sensor SPO2.
- Verifique válvula NIBP.

Desarrolló:	Revisó:	Aprobó
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero

 <p><b>BIOMEDICA</b> BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S NIT 900.687.2193</p>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA MONITOR DE SIGNOS VITALES</b>	<b>Código:</b>	BIO-SG-C-PRM077
		<b>Edición:</b>	1
		<b>Fecha de creación:</b>	05/02/2022
		<b>Fecha de Actualización:</b>	13/07/2022

## 5. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo
- Verificar los elementos eléctricos, electrónicos y realizar
- Verificar el funcionamiento del equipo
- Efectuar limpieza integral externa del equipo
- Efectuar limpieza integral interna del equipo
- Verificar funcionamiento final

## 6. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

VOLTAJE 100-240VAC+/-10%,50-60Hz.

## 7. VERIFICACIÓN DE PARÁMETRO ECG

- Inspección de derivadas ECG
- Utilizar simulador paciente, conectando derivadas a los bornes indicados en la configuración especificada en las derivaciones.
- Iniciar equipo patrón seleccionando los siguientes puntos de medición: 60, 100, 120, 180 y 240 LPM con amplitud de 1mV
- Consignar datos en reporte de servicio.

## 8. VERIFICACIÓN DE PARÁMETRO SPO2

- Inspección de sensor de saturación.
- Utilizar simulador de SPO2, colocando el diodo emisor con el diodo receptor del simulador, de modo que sea detectada la señal por el simulador,
- Seleccionar fabricante del monitor, cargando configuración estándar.
- Iniciar mediciones, programando los siguientes parámetros: 80%SPO2 y 60 LPM, 90% SPO2 y 120 LPM, 95% SPO2 y 180 LPM, 99% SPO2 y 240 LPM
- Consignar datos en reporte de servicio

## 9. VERIFICACIÓN DE PARÁMETRO NIBP

- Inspección de manguera y brazalete
- Utilizar un adaptador tipo "T", conectando en dos de los conectores el brazalete y la manguera del monitor, y el tercero dirigido a simulador paciente.
- Colocar el brazalete en brazo de prueba plástico.
- Seleccionar en simulador paciente los siguientes parámetros: 60/30, 120/80, 150/100,200/150 mmHg, para cada punto de medición iniciar proceso de insuflar en el monitor y esperar la medición tomada en el equipo

<b>Desarrolló:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó</b>
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero

 BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S <small>NEI 800.467.2163</small>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA MONITOR DE SIGNOS VITALES</b>	<b>Código:</b>	BIO-SG-C-PRM077
		<b>Edición:</b>	1
		<b>Fecha de creación:</b>	05/02/2022
		<b>Fecha de Actualización:</b>	13/07/2022

- Consignar datos en reporte de servicio.

#### 10. LIMPIEZA

Para limpiar el equipo deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilice un paño suave ligeramente húmedo.
- No utilice productos de limpieza abrasivos e inflamables.
- No sumerja el equipo en líquidos.
- Limpie el equipo con las baterías instaladas para evitar que los fluidos puedan penetrar en los contactos de la batería
- Utilice únicamente los siguientes productos permitidos por el fabricante.

#### CONTROL DE CAMBIOS:

Revisión	Fecha	Cambio o Modificación	Sección
01	05/02/2020	Emisión	No aplica
02	13/07/2020	Formato y codificación	No aplica

<b>Desarrolló:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó</b>
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero



**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA  
MONITOR FETAL**

Código:	BIO-SG-C-PRM078
Edición:	2
Fecha de creación:	05/02/2020
Fecha de Actualización:	12/12/2022



**1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

- Tela para Limpieza
- Aspiradora
- Cepillo
- Simulador de paciente
- Multímetro digital

**2. RECOMENDACIONES**

- Utilizar de forma estricta y correcta los materiales que se requieren para el mantenimiento.
- Revisar manuales y recomendaciones dadas por el fabricante.
- Diligencie el registro evidenciando la ejecución del mantenimiento preventivo.

**3. INSPECCIÓN VISUAL DEL EQUIPO**

- Verificación del estado físico del equipo medico
- Contacte el manual de limpieza y desinfección

**4. INSPECCIÓN VISUAL DEL ACCESORIOS**

- Conectores, cables de alimentación, cables de paciente
- Estado de la batería, desconecte cable de poder y verifique funcionalidad de la batería.
- Verifique el estado y la funcionalidad de las alarmas.
- Verifique parámetros de medición: Frecuencia Cardiaca Fetal (FHR1, FHR2), Contracciones Uterinas (TOCO).
- Verificar parámetros: IUP (Presión Intrauterina) y DECG (ECG directo).

Desarrolló:	Revisó:	Aprobó
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero

 BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S <small>NT 300.487.0110</small>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA MONITOR FETAL</b>	Código:	BIO-SG-C-PRM078
		Edición:	2
		Fecha de creación:	05/02/2020
		Fecha de Actualización:	12/12/2022

- Verificar los estados de la pantalla múltiple.
- Verificar la frecuencia Cardiaca Gemelar.
- Verificar estado de alarmas sonoras y visibles.
- Verificar el silenciador de las alarmas.
- Verificar el estado de rango de medición del toco 0 a 100%.
- Verificar el estado de la impresora interna del equipo.

#### 5. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo
- Verificar los elementos eléctricos, electrónicos.
- Verificar el funcionamiento del equipo
- Efectuar limpieza integral externa del equipo
- Efectuar limpieza integral interna del equipo
- Verificar funcionamiento final

#### 6. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

VOLTAJE 100-240VAC+/-10%,50-60Hz.

#### 7. LIMPIEZA

Para limpiar el equipo deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilice un paño suave ligeramente húmedo.
- No utilice productos de limpieza abrasivos e inflamables.
- No sumerja el equipo en líquidos.
- Limpie el equipo con las baterías instaladas para evitar que los fluidos puedan penetrar en los contactos de la batería
- Utilice únicamente los siguientes productos permitidos por el fabricante.

#### CONTROL DE CAMBIOS:

Revisión	Fecha	Cambio o Modificación	Sección
01	05/02/2020	Emisión	No aplica
02	12/12/2022	Actualización	No aplica

Desarrolló:	Revisó:	Aprobó
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero





**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA  
LAMPARA DE CALOR RADIANTE**

Código:	BIO-SG-C-PRM069
Edición:	2
Fecha de creación:	23/01/2020
Fecha de Actualización:	12/12/2022



**1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

- Tela para limpieza
- Multímetro

**2. RECOMENDACIONES:**

- Utilizar de forma estricta y correcta los materiales que se requieren para el mantenimiento.
- Revisar las recomendaciones del fabricante.
- Diligencie el registro evidenciando la ejecución del mantenimiento preventivo.
- Verificar los modos de precalentamiento, modo manual y modo bebé.
- Verificar que la lámpara ofrezca el calor según los parámetros programados.
- Verificar estado del controlador, columna principal, cuna, soporte, atril, bandeja, unidad de fototerapia (bombillos led).
- Verificar los ángulos del módulo (0°, 30°, 60°, 90°).
- Verificar el estado de los acrílicos, frenos, ruedas, esquineros.
- Verificar rangos efectivos de radiación: > 1000uw/cm<sup>2</sup>.  
Rango efectivo de uniformidad de la radiación: > 0,4.  
Longitud de onda de la luz azul fototerapia: 420-470nm.
- Realizar limpieza interna y externa.
- El usuario puede efectuar periódicamente el estado de las partes. En ella se verificará que ningún elemento presente rotura o daño externo.

Desarrolló:	Revisó:	Aprobó
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero

 BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S <small>NO. 200.961.279-0</small>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA LAMPARA DE CALOR RADIANTE</b>	Código:	BIO-SG-C-PRM069
		Edición:	2
		Fecha de creación:	23/01/2020
		Fecha de Actualización:	12/12/2022

**CONTROL DE CAMBIOS:**

Revisión	Fecha	Cambio o Modificación	Sección
01	23/01/2020	Emisión	No aplica
02	12/12/2022	Actualización	No aplica

Desarrolló:	Revisó:	Aprobó
Nelson Gustavo Moreno	Liliana Valero O.	Nelson Valero



**1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

- Tela para limpieza
- Aspiradora
- Cepillo
- Termometro Digital
- Multimetro Digital
- Solución no abrasiva
- Termómetro digital multisondas

**2. RECOMENDACIONES:**


- Utilizar de forma estricta y correcta los materiales que se requieren para el mantenimiento.
- No esterilizar.
- No sumergir el aparato en líquido.
- Revisar las recomendaciones del fabricante.
- Diligencie el registro evidenciando la ejecución del Mantenimiento Preventivo.

**REVISÓ:**

**APROBÓ:**

**FECHA:**

**FECHA:**

 <p>BIOMEDICA COLOMBIA S.A.S Juntos salvando vidas...</p>	<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO EQUIPO INCUBADORA CERRADA</b>	<b>CODIGO No.</b>	
		BIO-PRMT-01667	
		<b>EDICIÓN</b>	01
<p><b>3. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo</li> <li>• Efectuar limpieza integral externa del equipo</li> <li>• Inspeccionar que todas las partes estén en buen estado</li> <li>• Efectuar limpieza integral interna del equipo</li> <li>• Verificar los elementos eléctricos</li> <li>• Verificar el funcionamiento del equipo</li> </ul> <p><b>4. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TENSIÓN DE RED <math>110 \pm 10\%</math> Voltios</li> <li>• VOLTAJE NEUTRO – TIERRA <math>&lt; 1V</math></li> <li>• Resistencia de tierra <math>\geq 0.2 \Omega</math></li> </ul> <p><b>5. VERIFICACION DE FILTROS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación física de filtro de aire</li> <li>• Verificación física de filtro de oxígeno</li> <li>• Verificación física de célula de oxígeno</li> </ul> <p><b>6. VERIFICACION EXTERNA DEL EQUIPO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección Visual</li> <li>• Inspección cúpula de acrílico</li> <li>• Verificación visual del estado físico de los componentes</li> <li>• Verificación manual de las alarmas</li> </ul> <p><b>7. VERIFICACION DEL SISTEMA DE HUMEDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección física del sistema de humedad</li> <li>• Verificación eléctrica en la alimentación del modulo de humidificación</li> </ul> <p><b>8. VERIFICACION DE TEMPERATURA EN LA CAMARA (cúpula)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar la temperatura en la cámara con respecto a la lectura indicada en el display</li> </ul>			
<b>REVISÓ:</b>		<b>APROBÓ:</b>	
<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>	



**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO EQUIPO  
INCUBADORA CERRADA**

**CODIGO No.**

BIO-PRMT-01667

**EDICIÓN**

01

- Utilizar un termómetro certificado.
- Verificar alarmas.

**9. VERIFICACION DEL SISTEMA INTERNO**

- Verificar estado físico de la main board
- Verificar que el sistema de calentamiento (no tenga perdidas)
- Verificar el sistema de alarmas.

**10. VERIFICACION DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO (resistencias)**

- Verificar las resistencias de la unidad de calentamiento
- Verificar el estado y funcionamiento de la termocupla
- Verificar que el circuito de recirculación de aire caliente no tenga fugas
- Verificación de alarmas

**11. VERIFICACION DEL VENTILADOR**

- Verificar el estado físico del ventilador y su filtro de aire
- Verificar su alimentación eléctrica

**12. VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO**

Simular el funcionamiento del equipo

**13. LIMPIEZA**

Limpieza externa

14. Diligenciar reporte de servicio técnico

**REVISÓ:**

**APROBÓ:**

**FECHA:**

**FECHA:**

## **8. Análisis Financiero Costo – Beneficio**

Como en todas las empresas, donde se busca mejorar la gestión de sus activos, se debe tener claro que se incurrirán en una inversión, que, a grandes rasgos, pueden ser considerados como costos y gastos; lo cual puede dificultar la toma de la decisión de implementar un plan proactivo de gestión de mantenimiento. Una buena estrategia de soporte de la propuesta de implementar un plan de mantenimiento es la de evaluar la inversión inicial de montar el plan de mantenimiento contra el tiempo en que esa inversión retorna a las arcas de la empresa y se empiezan a tener ganancias monetarias. En este apartado, discriminaremos los costos que suponen la implementación de la propuesta aquí consignada; seguidamente confrontaremos esos costos contra la facturación que se genera por el préstamo y alquiler de los equipos de BIOMÉDICAS S.A.S. para así obtener el ROI tanto porcentual como en dinero.

### **8.1. Costos Por Mantenimientos Especializados**

En este rubro se consignan los costos que Biomédica S.A.S debe asumir por conceptos de mantenimientos especializado de los equipos. Este es un servicio que se debe tercerizar, ya que la empresa no cuenta con el alcance suficiente para hacer dichas intervenciones, y que, por su nivel de complejidad, tanto en proceso, como en personal cualificado, como nivel de riesgo, debe ser ejecutadas por una empresa contratista, casi siempre son ejecutados por la casa matriz o empresas autorizadas por la misma. El nivel de ocurrencia de este tipo de mantenimientos es poco frecuente, pero la información necesaria para determinar una estimación de costos bastante aproximada. Este rubro alcanza un valor de \$ 10.500.000 COP.

## **8.2. Costos De Repuestos**

Estos costos corresponden a la inversión de la empresa debe asignar a esos repuestos que deben estar disponibles para que la operación de los equipos no se vea afectada, sea en caso de un mantenimiento programado como en caso de un mantenimiento no programado, En este ítem se contemplan repuestos tales como cables especiales para la comunicación y control de los equipos, breakers, tarjetas de control, iluminación de señalización y demás elementos propios y exclusivos de los equipos. Costo de \$7.640.000 COP por el año.

## **8.3. Costos Por Talento Humano**

Actualmente, BIOMÉDICA S.A.S. no cuenta con personal técnico propio, pues, la empresa cuenta con contratos de mantenimiento tercerizados de las maquinas; sin embargo, cuenta con un coordinador de mantenimiento, auxiliar y programador de mantenimiento. Este grupo es responsable del control de la ejecución de los mantenimientos de los equipos. Este rubro se tiene calculado en un valor de \$ 6.120.000

Las capacitaciones el personal de amplia importancia para el personal, por lo que se planea capacitaciones bimensuales, con un costo de \$ 480.000

## **8.4. Presupuesto**

La función de esta herramienta es la de controlar el flujo de dinero correspondiente a un proceso de la empresa, y dependiendo del comportamiento empresarial, el presupuesto (*Clasificación del presupuesto / Gerencie.com, s. f.*) se puede comportar de varias maneras según su flexibilidad y duración en el tiempo. Para BIOMÉDICA S.A.S el mejor tipo de presupuesto es

de tipo variable, pues en la gestión de mantenimiento se pueden presentar mantenimientos de tipo reactivo que deben ser tenidos en cuenta en la planeación de presupuesto y de mediano plazo, en este caso, el escogido por la dirección de la empresa es por un periodo de un año.

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseña un presupuesto flexible anual, que contemple los costos anteriormente mencionados a los que incurre BIOMÉDICA S.A.S por la operación de sus equipos. A continuación, se muestra el presupuesto resumido. El presupuesto anual para esta propuesta es de \$ 193.538.796 COP

Figura 32

*Presupuesto de mantenimiento de BIOMÉDICA*

FORMATO DE PROYECCION FINANCIERA

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>EGRESOS</b>												
01. Talento humano	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000	\$ 6.120.000
02. Equipos y software	\$ 2.550.000	\$ 550.000	\$ 2.550.000	\$ 2.550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000	\$ 550.000
03. Capacitación	\$ 320.000		\$ 240.000			\$ 480.000		\$ 480.000			\$ 480.000	
04. Servicios tecnológicos y pruebas	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667	\$ 211.667
05. Materiales, insumos y documentación	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000
06. Costos por repuestos						\$ 3.820.000						\$ 3.820.000
07. Costos por mtos especializados			\$ 1.960.000			\$ 1.960.000			\$ 3.920.000			\$ 3.920.000
08. Infraestructura	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
09. Administrativos												
10. Subcontratación	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000	\$ 140.000
11. Otros (5%)	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233	\$ 423.233
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 16.164.900</b>	<b>\$ 13.844.900</b>	<b>\$ 18.044.900</b>	<b>\$ 15.844.900</b>	<b>\$ 13.844.900</b>	<b>\$ 20.104.900</b>	<b>\$ 13.844.900</b>	<b>\$ 14.324.900</b>	<b>\$ 17.764.900</b>	<b>\$ 13.844.900</b>	<b>\$ 14.324.900</b>	<b>\$ 21.584.900</b>

\$ 193.538.800

Nota. Para más información, remitirse a anexos, presupuesto anual de BIOMÉDICA S.A.S. Fuente los autores.

### 8.5. Facturación Anual De Biomédica S.A.S



Para poder establecer la viabilidad financiera de la nueva implementación de una nueva gestión de mantenimiento, es necesario, además de conocer el costo proyectado de dicho plan, conocer la facturación a favor de BIOMÉDICA S.A.S. por el año, para así establecer cuáles son las ganancias. Esta facturación mensual es cercana los \$ 25.422.000

### **8.6.Cálculo Del Roi**

Con los datos anteriores, presupuesto proyectado y el nivel de facturación mensual, podemos determinar el retorno de la inversión en tiempo, pudiendo conocer cuándo, el presupuesto planteado, puede dejar de considerarse como un gasto y podríamos tener utilidades.

En una posible implementación de esta propuesta, la cual pretende disminuir la ocurrencia de paradas de equipos, y optimizar los costos, maximizando utilidades, podemos tener un retorno de dicha inversión a:

$$\text{ROI} = \text{Presupuesto anual} / \text{facturación mensual.}$$

$$\text{ROI} = 193'538.769 \text{ COP} / 25'422.000$$

$$\text{ROI en meses} = 7.6 \text{ meses}$$

Del resultado anterior, y sin tener que incurrir en gastos por inoperancia de los equipos por mantenimientos reactivos, el presupuesto anual puede dar utilidad a partir de octavo mes de operación.

## **9. Conclusiones**

Es muy importante, que la compañía garantice la aplicación de la matriz de riesgos para evaluar los posibles impactos que cada riesgo inherente pueda tener en las operaciones de la compañía, y que, de acuerdo con la valoración realizada, se tomen las acciones necesarias para cada caso en particular, esto garantizará la continuidad operativa de la organización.

La gestión mediante indicadores permitirá a la empresa, medir la efectividad de sus acciones y tomar medidas que le permitan garantizar una mejora en sus procesos mediante metas que sean medibles y gestionables por parte de su personal.

La aplicación del plan de mantenimiento, apoyado por un bien estructurado cronograma y actividades de mantenimiento, por parte de la compañía BIOMEDICA SAS, garantizará que la compañía pueda cumplir con los objetivos de disponibilidad y confiabilidad requeridos por la compañía para alcanzar las metas estratégicas propuestas.

## **10. Recomendaciones**

Se recomienda a la compañía, continuar con el desarrollo de metodologías de mejoramiento continuo y aplicación práctica en sus departamentos, con el fin de que puedan ser desarrollados puntos estratégicos de enfoque en la organización.

Para el caso de la gestión de activos físicos, es muy importante que la compañía siga desarrollando sistemas de captura de información como las hojas de vida de cada equipo en particular, con el fin de garantizar que las decisiones que se toman sean basadas en data recopilada para cada activo físico en particular.

Se recomienda a la compañía, desarrollar la gestión mediante indicadores no solo de carácter técnico, deben incluirse los componentes financieros y de talento humano para que sea garantizada la integralidad en la compañía.

## 11. Referencias

Rey Sacristán Francisco. Mantenimiento Total de la Producción. Madrid: Fundación Confemetal. 2001. P, 31 – 80. ISBN 84-95428-49-0

Rojas González, Nelson Darío. Notas de clase Mantenimiento Productivo Total TPM Primera Edición. Bogotá: Editorial ECCI, 2010. 41 p. ISBN 978-958-8330-66-2

García Palencia, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial Primera Edición. Bogotá: Editorial Ediciones de la U, 2012. 168 p. ISBN 978-958-762-051-1

BIOMEDICA SAS. (2022). *BIOMEDICA COLOMBIA SAS*. Obtenido de <https://biomedicacolombia.com/la-empresa/>

FERNÁNDEZ, L. E. (1 de 1 de 2015). *MANUAL DE COSTOS Y PRESUPUESTOS*. Obtenido de ITSA: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-tecnologica-nacional/costos/3-l-viana-manual-de-costos-y-presupuestos/10142167>

g., M. (17 de diciembre de 2021). *Importancia del Presupuesto de Mantenimiento*. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/presupuesto-de-mantenimiento/>

GALAN, J. S. (08 de 11 de 2021). *Costos de mantenimiento*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/costos-de->

mantenimiento.html#:~:text=Los%20costos%20de%20mantenimiento%20son,volumen%20de%20costes%20fijos%20totales

Predictiva21. (2021). *PREDICTIVA21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/gestion-del-mantenimiento/>

Valuekeep . (2021). *Valuekeep* . Obtenido de <https://valuekeep.com/es/recursos/blog/que-es-la-gestion-de-mantenimiento/>

Alba Rosales, F. Y., & Chinchay Guerrero, W. E. (2019). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos—Unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41227>

Alfonso Salazar, J. O., Calderón Ortega, K. N., Cuadros Díaz, A. F., & Ordoñez Betancourt, G. P. (2017). *Propuesta de estándar para verificación integral del mantenimiento de equipos biomédicos de un servicio odontológico*. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/1709>

Astete Aparicio, R. G., & Palomino Cruz, F. M. (2016). Plan de mantenimiento preventivo bajo los lineamientos de la OMS de los equipos biomédicos de las unidades críticas del Hospital Regional del Cusco 2016. *Universidad Andina del Cusco*. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/834>

*Clasificación del presupuesto | Gerencie.com*. (s. f.). Recuperado 31 de octubre de 2022, de <https://www.gerencie.com/clasificacion-del-presupuesto.html>

Fernández, F. J. G. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. FC Editorial.

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.

Mahecha-Díaz, O. O. (2017). *Propuesta metodológica de mantenimiento preventivo aplicado a equipos biomédicos críticos de la Secretaría de Salud de Cundinamarca CRUE*.

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14651>

Souris, J.-P. (1992). *El mantenimiento, fuente de beneficios*. Ediciones Díaz de Santos.

Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

Mendoza, R. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional//Criticality analysis, a methodology to improve the operational reliability. *Ingenieria mecánica*, 3(4), 13-19.

Torres, L. (2015). *Gestión integral de activos físicos y mantenimiento*. Alpha Editorial.