

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS EN EL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS BIOMÉDICOS, UTILIZANDO PMO
(METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE CALIDAD)”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Joel Jesus Lazaro Obregon

Asesor:

Mg. Ing. Jorge Luis Blanco Reyna
<https://orcid.org/0000-0002-7477-5824>

Lima - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD




8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios y a mis padres (José Lázaro – Roberta Obregón), quienes han sido motivo de inspiración, dándome siempre todo su amor y apoyo, permitiéndome saber que, en medio de tantas pruebas, todo se puede lograr. A mis hermanos (Ángel Lázaro – Steben Lázaro), por demostrar siempre su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios, por permitirme llegar a este momento en mi vida profesional. A mis padres (José Lázaro – Roberta Obregón) por el ejemplo de lucha y perseverancia, por darme siempre su apoyo incondicional y ser mi motor y motivación en la vida. A mis hermanos (Ángel Lázaro – Steben Lázaro) por darme su apoyo en todo momento, por su paciencia, por sus consejos y por todo lo que han hecho por mí. A la Universidad Privada del Norte, por ser el alma mater en el inicio de mi vida profesional. A mi asesor por siempre estar dispuesto en ayudar y aclarar cualquier duda. Les agradezco a todos ustedes desde el corazón por acompañarme, en mi formación, como persona y profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|------------|
| INFORME DE SIMILITUD | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO..... | 4 |
| TABLA DE CONTENIDOS..... | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 10 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 24 |
| CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA | 42 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS | 103 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 111 |
| REFERENCIAS..... | 113 |
| ANEXOS | 116 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Información general del contribuyente | 12 |
| Tabla 2. Estructura de la Matriz FODA | 14 |
| Tabla 3. Análisis FODA de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C. | 14 |
| Tabla 4. Pasos del mantenimiento preventivo | 28 |
| Tabla 5. Análisis de modos de falla..... | 36 |
| Tabla 6. Racionalización y revisión del FMA | 37 |
| Tabla 7. Análisis funcional | 38 |
| Tabla 8. Evaluación de consecuencias | 38 |
| Tabla 9. Equipo de trabajo - Demla..... | 47 |
| Tabla 10. Plan semanal - Demla | 48 |
| Tabla 11. Recopilación de tareas – Monitor de paciente..... | 51 |
| Tabla 12. Indicadores de los monitores de paciente – previo a la aplicación PMO | 52 |
| Tabla 13. Análisis de fallas – Monitor de paciente multiparámetro..... | 53 |
| Tabla 14. Racionalización y revisión del FMA – Monitor de paciente multiparámetro | 55 |
| Tabla 15. Análisis funcional – Monitor de paciente multiparámetro | 57 |
| Tabla 16. Escala de Riesgo..... | 61 |
| Tabla 17. Evaluación de consecuencias – Monitor de paciente multiparámetro..... | 62 |
| Tabla 18. Definición de la política de mantenimiento – Monitor de paciente multiparámetro | 65 |
| Tabla 19. Agrupación y revisión – Monitor de paciente multiparámetro..... | 67 |
| Tabla 20. Indicadores de los monitores de paciente – Aplicando PMO..... | 70 |
| Tabla 21. Recopilación final de tareas – Monitor de paciente multiparámetro..... | 71 |
| Tabla 22. Recopilación de tareas – Incubadora de cultivo | 74 |
| Tabla 23. Indicadores de las incubadoras de cultivo – Previo a la aplicación PMO..... | 75 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24. Análisis de fallas – Incubadora de cultivo..... | 76 |
| Tabla 25. Racionalización y revisión del FMA – Incubadora de cultivo | 77 |
| Tabla 26. Análisis funcional – Incubadora de cultivo | 78 |
| Tabla 27. Evaluación de consecuencias – Incubadora de cultivo..... | 80 |
| Tabla 28. Definición de la política de mantenimiento – Incubadora de cultivo..... | 82 |
| Tabla 29. Agrupación y revisión – Incubadora de cultivo..... | 84 |
| Tabla 30. Indicadores de las Incubadoras de cultivo – Aplicando PMO..... | 86 |
| Tabla 31. Recopilación final de tareas – Incubadora de cultivo..... | 87 |
| Tabla 32. Recopilación de tareas – Desfibrilador monitor | 89 |
| Tabla 33. Indicadores de los Desfibrilador monitor – previo a la Aplicación PMO | 90 |
| Tabla 34. Análisis de fallas – Desfibrilador monitor..... | 91 |
| Tabla 35. Racionalización y revisión del FMA – Desfibrilador monitor | 92 |
| Tabla 36. Análisis funcional – Desfibrilador monitor | 93 |
| Tabla 37. Evaluación de consecuencias – Desfibrilador monitor..... | 95 |
| Tabla 38. Definición de la política de mantenimiento – Desfibrilador monitor..... | 97 |
| Tabla 39. Agrupación y revisión – Desfibrilador monitor | 99 |
| Tabla 40. Indicadores de los Desfibrilador monitor – Aplicando PMO..... | 101 |
| Tabla 41. Recopilación final de tareas – Desfibrilador monitor..... | 102 |
| Tabla 42. Indicadores de los Monitores de paciente – Aplicando PMO | 103 |
| Tabla 43. Indicadores de las Incubadoras de cultivo – Aplicando PMO..... | 104 |
| Tabla 44. Indicadores de los Desfibrilador monitor – Aplicando PMO..... | 104 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Domicilio fiscal de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C..... | 13 |
| Figura 2. Organigrama de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C..... | 16 |
| Figura 3. Hospital Nacional de la Policía..... | 17 |
| Figura 4. Equipos biomédicos instalados en el Hospital Nacional de la Policía..... | 17 |
| Figura 5. Hospital de Lima Este..... | 18 |
| Figura 6. Equipos biomédicos instalados en el Hospital de Lima Este..... | 19 |
| Figura 7. Hospital Daniel Alcides Carrión..... | 20 |
| Figura 8. Equipos biomédicos instalados en el Hospital Daniel Alcides Carrión..... | 20 |
| Figura 9. Equipamiento de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín..... | 21 |
| Figura 10. Testeo de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín..... | 22 |
| Figura 11. Clínica Sanens..... | 23 |
| Figura 12. Testeo de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín..... | 23 |
| Figura 13. Implementación del mantenimiento preventivo..... | 24 |
| Figura 14. Implementación del mantenimiento preventivo..... | 27 |
| Figura 15. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo..... | 29 |
| Figura 16. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo..... | 31 |
| Figura 17. Técnicas de mantenimiento predictivo..... | 33 |
| Figura 18. Pasos del PMO..... | 35 |
| Figura 19. Fuentes de información del PMO..... | 36 |
| Figura 20. Monitor de paciente de signos vitales..... | 45 |
| Figura 21. Etapas de proyecto puesto en marcha..... | 47 |
| Figura 22. Programa de mantenimiento preventivo..... | 49 |
| Figura 23. Orden de trabajo de mantenimiento..... | 50 |
| Figura 24. Plataforma web E-Bioservices..... | 51 |

| | |
|---|-----|
| Figura 25. Clasificación de consecuencias | 60 |
| Figura 26. Matriz de criticidad | 61 |
| Figura 27. Incubadora de cultivo..... | 73 |
| Figura 28. Desfibrilador Monitor | 88 |
| Figura 29. Número de fallas – Monitor de paciente..... | 105 |
| Figura 30. Número de fallas – Incubadora de cultivo | 106 |
| Figura 31. Número de fallas – Desfibrilador monitor | 107 |
| Figura 32. Plan de mantenimiento preventivo Monitor de paciente – Aplicando PMO .. | 108 |
| Figura 33. Plan de mantenimiento preventivo Incubadora de cultivo – Aplicando PMO | 109 |
| Figura 34. Plan de mantenimiento preventivo Desfibrilador monitor – Aplicando PMO | 110 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de mantenibilidad de un equipo. | 25 |
| Ecuación 2. Cálculo de la disponibilidad de un equipo..... | 25 |
| Ecuación 3. Cálculo del tiempo medio entre fallas TMEF (MTBF) | 26 |
| Ecuación 4. Cálculo del tiempo medio de reparación Tmpr (MTTR)..... | 26 |
| Ecuación 5. Cálculo de la confiabilidad de un equipo | 26 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó con el objetivo de crear un nuevo plan, optimizando los tiempos del mantenimiento preventivo, para el departamento técnico de la empresa Manufactura Medica y Ortopedia S.A.C., para ello elegimos como modelo la optimización del mantenimiento planeado (PMO), una metodología enfocada en la gestión de calidad.

Para aplicar correctamente el PMO debemos de seguir los nueve pasos que existen para la metodología mencionada, es importante llegar a cumplir con todos ellos. Para así logra una optimización del mantenimiento planeado más eficaz. El trabajo se basa en la optimización de los tiempos, reducción de fallas y disponibilidad de los dispositivos biomédicos. Ya que son indicadores importantes para cumplir nuestros objetivos. Para ello recolectamos la información ya existente, analizamos las fallas, agrupamos las fallas, analizamos su función, evaluamos la consecuencia con la ayuda de una matriz de criticidad y tabla de valor de riesgo, definimos la política de mantenimiento, agrupamos y distribuimos las actividades de los diferentes activos según cada especialista, y finalizando revisamos los pasos que realizamos para así poder ser luego aprobado por un directorio o superiores de la empresa. Por último, establecemos el nuevo plan de mantenimiento preventivo.

Como resultamos obtendremos un aumento en la disponibilidad de los dispositivos médicos, disminución de las fallas de los dispositivos médicos que elegimos para proyecto y finalmente la reducción del tiempo gracias al nuevo plan de mantenimiento que parte desde los datos recopilados de la empresa.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C., está constituida como una empresa que se dedica principalmente a la fabricación y venta de productos farmacéuticos y médicos, perteneciente al tipo contribuyente de Sociedad Anónima Cerrada (S.A.C.), con número de R.U.C de 20102032871, estado contribuyente ACTIVO, en condición de domicilio fiscal HABIDO; cuya dirección fiscal reside en Av. Emancipación Nro. 600 (Cruce Jr. Chancay), en el distrito de Cercado de Lima, Provincia y Departamento de Lima, siendo este lugar la oficina central de trabajo, siendo esta el espacio donde se concentra las actividades laborales.

Tabla 1.

Información general del contribuyente

| Datos del Contribuyente | |
|----------------------------------|--|
| Nombre Comercial | OMED |
| Fecha de Inscripción | 09/03/1993 |
| Actividad Económico Principal | 4690 – Venta al por mayor no especializada. |
| Actividad Económico Secundaria 1 | 4772 – Venta al por menor de productos farmacéuticos y médicos, cosméticos y artículos de tocador en comercios especializados. |
| Comprobante de Pago | Factura, boleta de venta, nota de crédito, guía de remisión. |
| Sistema de Contabilidad | Computarizado |

Nota. Información extraída de Superintendencia Nacional de Aduana y de Administración Tributaria 2024.

Figura 1.

Domicilio fiscal de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C



Nota. Información extraída de Google Earth.

1.2. Misión

MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C., tiene como misión desarrollar y fabricar productos farmacéuticos y médicos de alta calidad que mejoren la salud y el bienestar de las personas en todo el mundo, mediante la innovación, la investigación y el compromiso con la excelencia en cada etapa del proceso productivo.

1.3. Visión

MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C., tiene como visión ser líderes en la industria farmacéutica y médica, reconocidos por su capacidad de innovación, calidad de sus productos y dedicación a mejorar la calidad de vida de las personas a través de soluciones de salud avanzadas y accesibles.

1.4. Análisis FODA

Analizar la empresa desde adentro es el propósito principal del análisis FODA. Este método examina las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas externas, con el fin de desarrollar estrategias que impulsen el progreso continuo de la organización, se muestra su estructura en la Tabla 2 y su aplicación para la empresa en la Tabla 3.

Tabla 2.

Estructura de la Matriz FODA

| Situación | Positivos | Negativos |
|----------------|---------------|-------------|
| Origen Interno | Fortalezas | Debilidades |
| Origen Externo | Oportunidades | Amenazas |

Tabla 3.

Análisis FODA de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.

| FORTALEZAS | OPORTUNIDADES |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> Ofrecer una gran variedad de equipos farmacéuticos y médicos. Personal capacitado que brinda asesoramiento profesional y personalizado. Establecimiento ubicado en zona de alta concurrencia, facilitando el acceso a los clientes. Marca reconocida y respetada por la calidad de sus productos y servicios. | <ol style="list-style-type: none"> Apertura de nuevas sucursales en diferentes regiones o países. Colaboración con otras empresas farmacéuticas, instituciones académicas y de investigación. Desarrollo de una plataforma de venta en línea para alcanzar a un público más amplio. Implementación de programas de lealtad y descuentos para atraer y retener a más clientes. |
| DEBILIDADES | AMENAZAS |

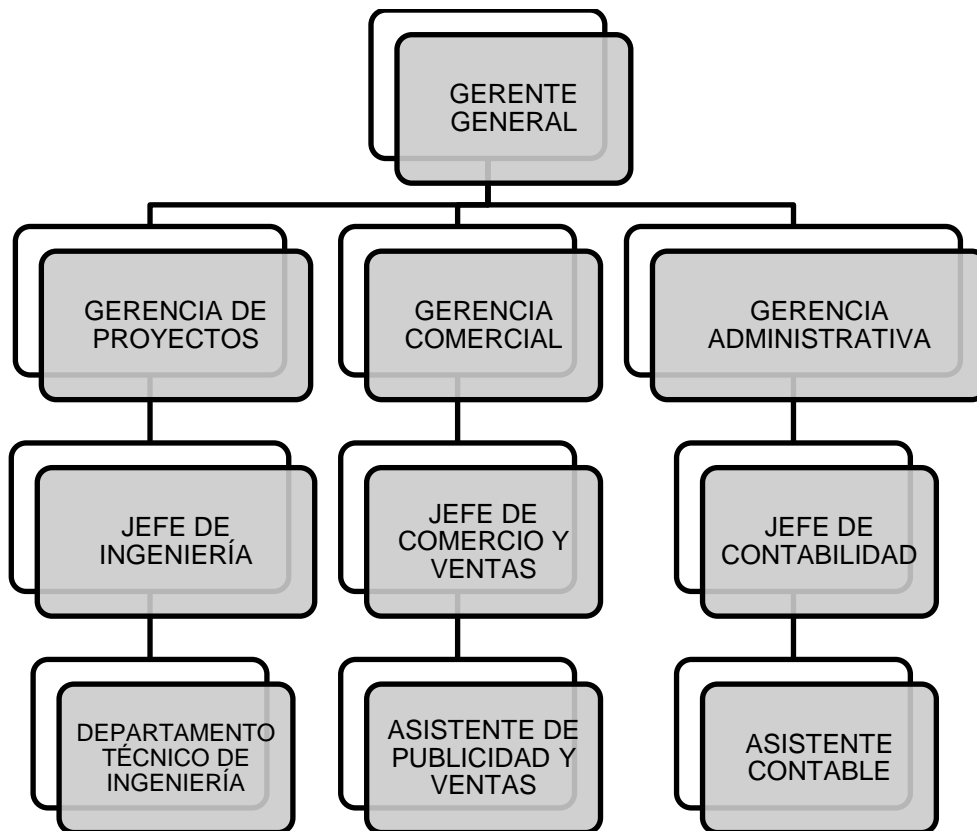
-
1. Mantener un servicio de alta calidad y personal capacitado puede ser costoso.
 2. Alta dependencia de materias primas y componentes críticos de proveedores específicos.
 3. Dificultad para competir con precios más bajos de grandes cadenas y tiendas en línea.
 4. Complejidad en los procesos de producción y logística que pueden afectar la eficiencia.
-
1. Crisis económica en el país pueden reducir el poder adquisitivo de los clientes y, por ende, las ventas.
 2. Cambios en las regulaciones y políticas de salud pueden afectar la operación y venta de ciertos productos.
 3. Cambio en las preferencias y comportamientos de compra de los consumidores hacia productos naturales o de marcas específicas.
-

1.5. Organigrama

La empresa MANUFACTURA MEDICA ORTOPEDIA S.A.C presenta también una estructura interna dentro de la empresa, esta estructura representa la jerarquía y las relaciones entre los diferentes departamentos y puestos que componen la empresa.

Figura 2.

Organigrama de MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C



1.6. Servicios realizados por la empresa.

La empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C. ha realizado proyectos en conjunto con A. JAIME ROJAS REPRESENTACIONES GENERALES S.A, ambas pertenecientes al mismo grupo económico empresarial principal del GRUPO A. JAIME ROJAS, entre los proyectos más representativos se cuenta con los siguientes:

Obra: Proyecto de equipamiento integral Hospital de la Policía

Año: 2021

Ubicación: Lima – Jesús María

Cliente: Policía Nacional

Equipos biomédicos y electromecánicos instalados: 1409

Figura 3.

Hospital Nacional de la Policía



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Figura 4.

Equipos biomédicos instalados en el Hospital Nacional de la Policía



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Obra: Proyecto de equipamiento integral Hospital de Lima-Este

Año: 2018

Ubicación: Lima – Ate

Cliente: MINSA

Equipos biomédicos y electromecánicos instalados: 3600

Figura 5.

Hospital de Lima Este



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Figura 6.

Equipos biomédicos instalados en el Hospital de Lima Este



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Obra: Proyecto de equipamiento integral Hospital Daniel Alcides Carrión

Año: 2018

Ubicación: Cerro de Pasco

Cliente: MINSA

Equipos biomédicos y electromecánicos instalados: 4800

Figura 7.

Hospital Daniel Alcides Carrión



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Figura 8.

Equipos biomédicos instalados en el Hospital Daniel Alcides Carrión



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Obra: Proyecto de equipamiento integral Hospital de Apoyo de San Martín de

Porres

Año: 2017

Ubicación: San Martín de Porres – Macusani

Cliente: MINSA

Equipos biomédicos y electromecánicos instalados: 3500

Figura 9.

Equipamiento de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Figura 10.

Testeo de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Obra: Proyecto de equipamiento integral Clínica Sanens

Año: 2017

Ubicación: Surquillo - Lima

Cliente: SANENS

Equipos biomédicos y electromecánicos instalados: 62

Figura 11.

Clínica Sanens



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

Figura 12.

Testeo de equipos biomédicos Hospital de Apoyo de San Martín



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

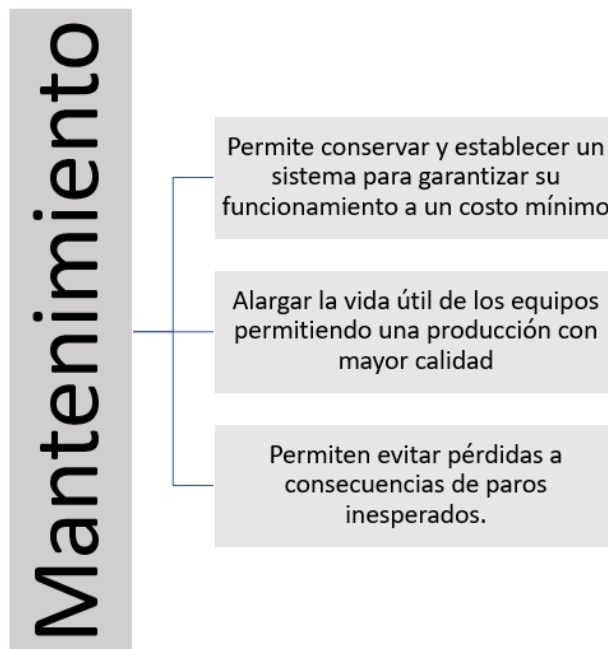
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Mantenimiento

Mamani (2019) expresa que el mantenimiento consiste en las actividades necesarias para corregir o prevenir fallos en instalaciones y equipos, con el propósito de asegurar que sigan funcionando correctamente. En todas las compañías, el mantenimiento es crucial para disminuir gastos de producción y garantizar la protección de los trabajadores.

Figura 13.

Implementación del mantenimiento preventivo



Nota. Adaptado de *Mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del área central de esterilización del complejo hospitalario Guillermo Kaelin de la Fuente* de Mamani (2019).

a) **Mantenibilidad:** La mantenibilidad se refiere a qué tan probable es que un equipo sea reparado y vuelva a funcionar tras una falla en un tiempo determinado. Una forma de medir la mantenibilidad es a través del TMDR (Tiempo Medio de Reparación) (Mamani, 2019). La facilidad de mantener un equipo o producto se puede representar con la ecuación 1.

Ecuación 1.

Cálculo de mantenibilidad de un equipo.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu \cdot t}$$

Donde:

$M(t)$: es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo $t=0$ y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación)

e : Constante Neperiana ($e=2.71828$)

μ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t : Tiempo previsto de reparación TMPR.

b) Disponibilidad: La disponibilidad es la seguridad de que un componente o sistema que ha sido reparado funcione bien por un período determinado. En la realidad, se representa como el porcentaje de tiempo en el que el sistema está preparado para funcionar o producir, especialmente en sistemas que operan de forma constante. En términos matemáticos, la disponibilidad $D(t)$ se puede entender como la proporción entre el tiempo en que la maquinaria o lugar estuvo listo para producir TMEF y el tiempo promedio de operación de dicho equipo (Mamani, 2019). En otras palabras, se puede expresar como:

Ecuación 2.

Cálculo de la disponibilidad de un equipo

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

Donde:

$D(t)$: Función de disponibilidad

$TMEF$: Tiempo medio entre fallas

TMPR: Tiempo medio de reparación

t: Tiempo previsto de reparación *TMPR*.

Previamente debemos de hallar

Ecuación 3.

Cálculo del tiempo medio entre fallas TMEF (MTBF)

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Ecuación 4.

Cálculo del tiempo medio de reparación TMPR (MTTR)

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

C) Confiabilidad: La confiabilidad se puede entender como la confianza en que un componente, equipo o sistema funcione correctamente durante un tiempo determinado y bajo condiciones normales de uso. También se define como la posibilidad de que un ítem cumpla su función dentro de un periodo de tiempo establecido y bajo ciertas condiciones de uso. (Mamani, 2019). En otras palabras, se puede expresar como:

Ecuación 5.

Cálculo de la confiabilidad de un equipo

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo determinado

e: Constante Neperiana ($e=2.71828$)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por periodo de operación)

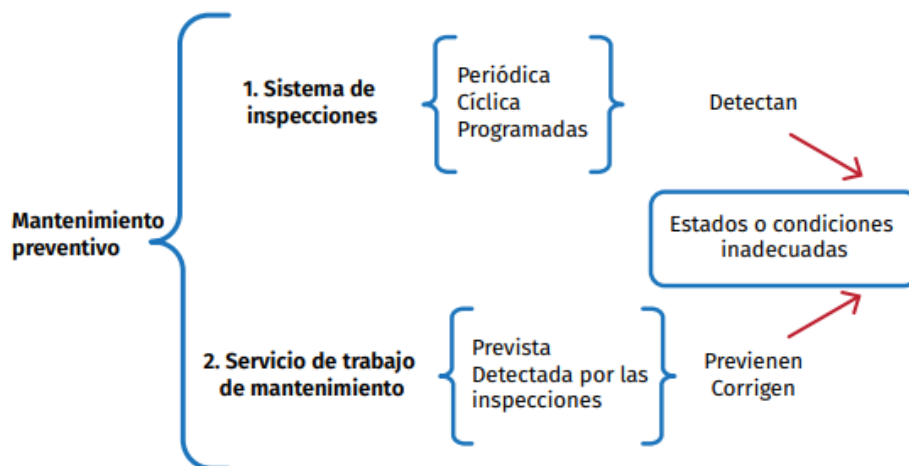
t: Tiempo

Mantenimiento Preventivo

Arroyo y Obando (2022) señalan que el mantenimiento preventivo es una estrategia crucial para garantizar el buen funcionamiento y vida útil de las maquinarias, aparatos y equipos, la cual consiste en la realización periódica de revisiones y tareas de mantenimiento con el objetivo de detectar y corregir posibles problemas antes de que se produzcan fallas o averías, además para Pillado et al. (2022) este tipo de mantenimiento se basa en programas establecidos, donde se planifican y programan las actividades a realizar en cada equipo, como inspecciones, ajustes, lubricación, limpieza, cambio de piezas susceptibles de desgaste. Al llevar a cabo estas acciones de manera sistemática, se puede prevenir la ocurrencia de incidencias y evitar interrupciones imprevistas en la operación de los equipos.

Figura 14.

Implementación del mantenimiento preventivo



Nota. Información extraída de *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* de Pérez (2021).

Palomino (2016) nos describe la importancia de los diez pasos para realizar un mantenimiento preventivo, con el objetivo de poder ampliar el tiempo de vida útil de los equipos y el estado adecuado de funcionamiento. Estos pasos generales forman parte de la base de las rutinas para cada equipo.

Tabla 4.*Pasos del mantenimiento preventivo*

| ÍTEM | PASO |
|------|---------------------------------------|
| 1 | Inspección de condiciones ambientales |
| 2 | Limpieza integral externa |
| 3 | Inspección externa del equipo |
| 4 | Limpieza integral interna |
| 5 | Inspección interna |
| 6 | Lubricación y engrase |
| 7 | Reemplazo de ciertas partes |
| 8 | Ajuste y calibración |
| 9 | Revisión de seguridad eléctrica |
| 10 | Pruebas funcionales completas |

Nota. Información extraída de *Plan de mantenimiento preventivo bajo los lineamientos de la OMS de los equipos biomédicos de las unidades críticas del hospital regional del cusco 2016* de Palomino (2016).

Alba y Chinchay (2019) manifiestan que el mantenimiento preventivo implica acciones proactivas que se llevan a cabo antes que ocurran problemas o daños en equipos o instalaciones, su objetivo es prevenir y reducir los efectos internos y externos de estos problemas, esta estrategia disminuye los costos, aumenta significativamente la eficiencia del equipo y evita molestias para los clientes.

Figura 15.

Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| Disminuye las anomalías o fallas y los tiempos muertos (aumentando la disponibilidad de las máquinas, equipos e instalaciones). | Todo programa que se inicia genera un incremento en los costos. |
| Aumenta la vida útil de las máquinas, equipos, componentes e instalaciones. | |
| Hay una mejora efectiva en el uso de los recursos. | Para iniciar se necesita de tiempo extra en el trabajo del personal de mantenimiento. |
| Se disminuyen o se reducen, los niveles de inventarios de repuestos. | Búsqueda de la información, como manuales, historial, fichas técnicas, repuestos, inventarios, reparaciones, etc. Actualizar información, generación de procedimientos, instructivos. |
| Hay un ahorro económico a largo y mediano plazo. | |
| Elaboración de planes de mantenimiento. | |
| Se definen indicadores de gestión o de desempeño. | Tiempo para transferir la información recolectada. |
| Se documentan procedimientos, instructivos. Se mantiene actualizada la información. | |
| Se implementan buenas inspecciones de rutinas. | |
| Implementación de un buen programa de lubricación. | Técnicos de mantenimiento, trabajo de campo adicional. Taxonomía de los equipos. Materiales utilizados, tiempos, etc. |
| Definición de los presupuestos. | |
| Se aumenta la seguridad industrial para las personas. | Dotación, ordenamiento de almacenes. |
| Se mejora el enfoque de contaminación ambiental. | Rotación de repuestos, actualizar información, inventarios. |
| Disminución de pagos de horas extras, que se generan continuamente. | Se elevan costos, por entrenamientos, capacitaciones para el personal. |
| Se aumenta el cumplimiento de la entrega oportuna de producción. | |

Nota. Información extraída de *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* de Pérez (2021).

Mantenimiento Correctivo

Pérez (2021) expresa que esta acción de mantenimiento se lleva a cabo cuando la máquina deja de funcionar, debido a una avería o fallo, y su propósito es restablecer el funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad, normalmente, se repara o se sustituye el componente de la máquina, procurando hacerlo en el menor tiempo posible.

Bermeo et al. (2022) resalta que el acceso oportuno a los equipos es clave para optimizar aspectos como la efectividad, la eficiencia y la productividad; cuanto menos tiempo requieran los equipos para intervenir, mayor será la seguridad y la calidad de los servicios salud brindados.

Guevara y Vera (2021) refuerzan la definición señalando que el mantenimiento correctivo se refiere a las acciones y procedimientos necesarios y previamente establecidos para restaurar fallas o averías causadas por uno o más factores extremos que han provocado el desgaste de la vida útil de los componentes físicos de una empresa. Se trata una intervención que busca solucionar problemas específicos y restablecer el correcto funcionamiento de los activos de la organización.

Figura 16.

Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas. | La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno. |
| Es imposible determinar la falla. | Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos. |
| No genera gastos fijos. | Alto inventario de repuestos. |
| Sin programar ni prever ninguna actividad. | La producción se vuelve impredecible y poco fiable. |
| Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo. | Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes. |
| A menor plazo se ofrece un buen resultado económico. | Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez. |
| Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos. | Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento. |
| Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo. | Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo –reparar cuando solo se presenta la avería–, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados. |

Nota. Información extraída de *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* de Pérez (2021).

Mantenimiento Predictivo

Pérez (2021) expresa que hay varias definiciones para el mantenimiento predictivo. Entre ellas hay una que define como un tipo de mantenimiento donde se agrupa la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de la máquina. El mantenimiento predictivo también se puede estimar como un método para encontrar a futuro el punto de falla, avería, rotura o anomalía, de un componente o pieza que forma parte de una máquina, con el fin de poder reemplazarla a base de un plan, justo antes de la falla. Disminuyendo el tiempo muerto de la máquina.

Palomino (2016) manifiesta que el mantenimiento predictivo se concentra en detectar o encontrar las diferentes fallas y averías que podrían suceder en un futuro, con la finalidad de dar tiempo a corregirla con un menor número de tareas sin perjudicar al servicio, ni paralizar la producción, etc. Por ello debe de llevarse periódicamente controles en función al tipo de equipo, tareas o planes de productividad que pueda tener la empresa.

Valencia (2023) afianza que el mantenimiento predictivo es un conjunto de métodos de medición y análisis de variables, que nos ayudan a ver el estado operativo de las maquinas frente a falla o averías. Teniendo como objetivos el optimizar la fiabilidad y disponibilidad. Para ellos en la Figura 17. menciona las principales técnicas del mantenimiento predictivo.

Figura 17.

Técnicas de mantenimiento predictivo



Nota. Información extraída de *Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de cilindros del uso domésticos de gas licuado de petróleo GLP de Valencia* (2023).

Equipos Biomédicos

Coronado (2023) señalan que son aparatos médicos que combinan distintos componentes eléctricos, electrónicos e hidráulicos, los cuales requieren una fuente energía para su correcto funcionamiento. Además, incluyen programas informáticos que interactúan con el adecuado funcionamiento de estos.

Gestión del mantenimiento de Equipos Biomédicos

Rodríguez et al. (2001) la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos es una herramienta clave para respaldar al personal médico y de ingeniería en la creación, supervisión y gestión de un programa de mantenimiento para el equipo médico, esto asegura que el equipo opere de manera segura, ofrezca su máximo rendimiento y sea económicamente eficiente.

La gestión de mantenimiento de equipos biomédicos es fundamental para la administración, supervisión y conservación de la tecnología médica en los hospitales, esto nos ayuda a mejorar la calidad de los servicios brindados y optimizar la relación entre los costos y beneficios en el funcionamiento del hospital (Primero et al., 2015).

Para Machaca y Portugal (2018) la importancia de optimizar el sistema de gestión del mantenimiento permite planificar y establecer estrategias de mantenimiento preventivo con el fin de reducir fallas y averías, lo que conduce a la disminución de los costos de mantenimiento.

Optimización de mantenimiento planeado (PMO)

Según Cuéllar y Oyola (2010), consiste en un método para examinar los datos sobre el mantenimiento necesario, los problemas pasados y los detalles técnicos de los equipos en uso.

Valencia (2023) señala que el objetivo de la optimización de mantenimiento planeado es mejorar la efectividad y eficiencia de las labores de mantenimiento al determinar qué acciones son beneficiosas y cuáles no lo son. Además, se enfoca en descubrir los problemas graves que puedan surgir en un equipo no incluido en el plan de mantenimiento.

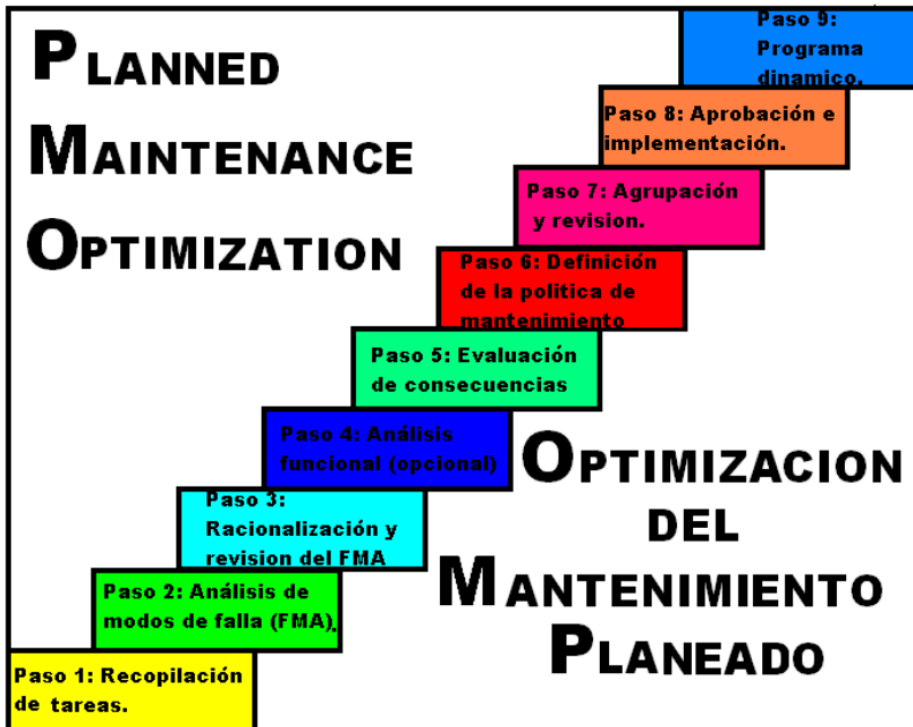
Para García (2007) es una técnica que se utiliza para analizar minuciosamente los mantenimientos necesarios, los registros de averías y los datos técnicos de los activos fijos en uso.

Según Cuéllar y Oyola (2010) esta metodología se enfoca en el largo plazo y considera el mantenimiento como un proceso en lugar de una parte de la empresa. Su objetivo principal es mejorar la confiabilidad, facilidad de mantenimiento y disponibilidad, así como reducir las horas de trabajo requeridas para atender las necesidades de mantenimiento.

Chica y Hernández (2009) señala que la optimización del mantenimiento planeado consta de nueve pasos las cuales deben comenzar una vez definida la criticidad de los equipos, estas se presentan en la Figura 18.

Figura 18.

Pasos del PMO



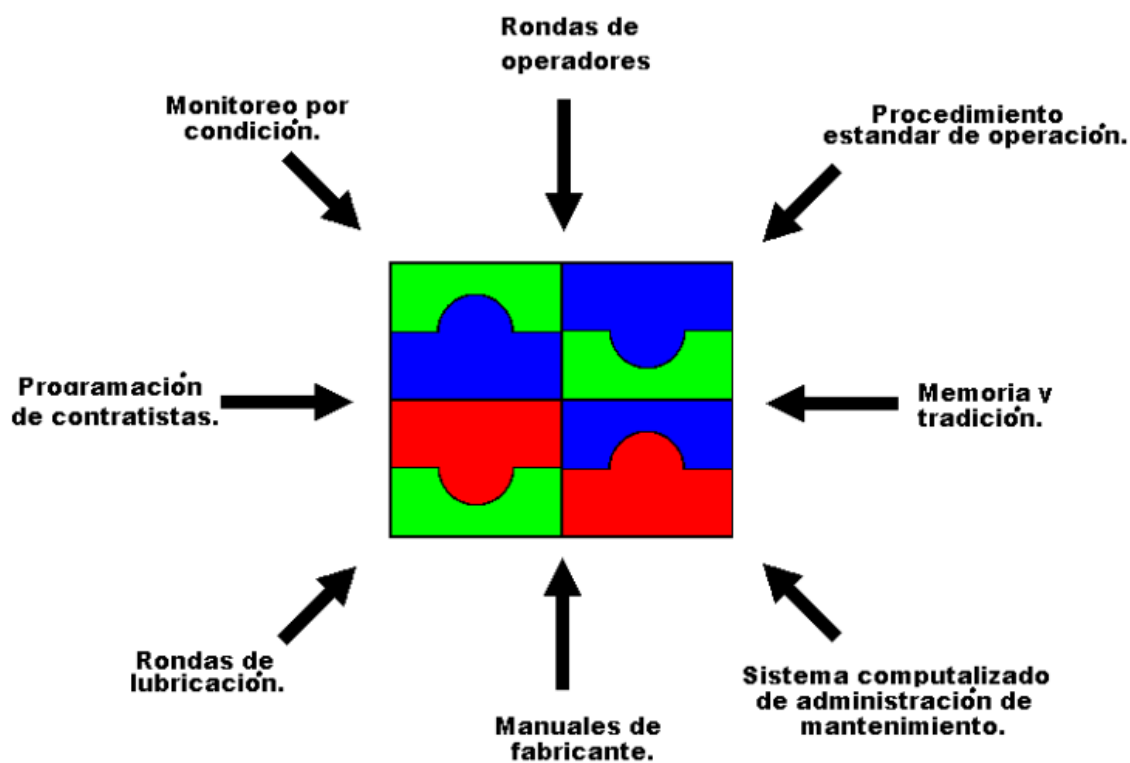
Nota. Información extraída de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 1: Recopilación de tareas

El primer paso es recopilar los planes de mantenimiento actuales, ya sean formales o informales, que estén guardados en una base de datos. Esta tarea la llevan a cabo varias personas, como los operadores y personal de mantenimiento.

Figura 19.

Fuentes de información del PMO



Nota. Información extraída de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 2: Análisis de modo de falla

En la segunda etapa, todo el equipo de la planta se une para identificar los modos de falla a los que se dedican las labores de mantenimiento, trabajando en equipos multidisciplinarios.

Tabla 5.

Análisis de modos de falla

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|--------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Tarea 1 | Diario | Operador | Falla A |
| Tarea 2 | Diario | Operador | Falla B |
| Tarea 3 | Semestral | Instalador | Falla C |
| Tarea 4 | Semestral | Instalador | Falla A |

| | | | |
|---------|---------|--------------|---------|
| Tarea 5 | Anual | Electricista | Falla B |
| Tarea 6 | Semanal | Operador | Falla C |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 3: Racionalización y revisión del FMA

La información se dispone agrupando los tipos de problemas, lo que ayuda a encontrar tareas repetidas. Durante esta etapa, el equipo revisa y estudia los distintos problemas generados por el FMA, añadiendo los que faltan. La lista de problemas se elabora usando información pasada de fallos y documentos técnicos.

Tabla 6.

Racionalización y revisión del FMA

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|--------------|-----------------------------|--------------------|--------------|
| Tarea 1 | Diario | Operador | Falla A |
| Tarea 4 | Semestral | Instalador | Falla A |
| Tarea 2 | Diario | Operador | Falla B |
| Tarea 5 | Anual | Electricista | Falla B |
| Tarea 3 | Semestral | Instalador | Falla C |
| Tarea 6 | Semanal | Operador | Falla C |
| | Detección de nueva falla | | Falla D |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 4: Análisis Funcional

El cuarto paso consiste en analizar la pérdida de funcionalidad que puede ocurrir en caso de avería. Aunque es opcional, resulta justificado en equipos críticos o altamente

complejos donde es vital comprender todas sus funciones para garantizar un mantenimiento efectivo. Sin embargo, en equipos no críticos, este paso es innecesario ya que solo añade tiempo y costos superfluos.

Tabla 7.

Análisis funcional

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función |
|---------|------------|--------------|---------|-----------|
| Tarea 1 | Diario | Operador | Falla A | Función 1 |
| Tarea 4 | Semestral | Instalador | Falla A | |
| Tarea 2 | Diario | Operador | Falla B | Función 3 |
| Tarea 5 | Anual | Electricista | Falla B | Función 2 |
| Tarea 3 | Semestral | Instalador | Falla C | Función 1 |
| Tarea 6 | Semanal | Operador | Falla C | |
| | | | Falla D | Función 1 |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 5: Evaluación de consecuencias

En esta etapa, se examinan los diferentes tipos de fallos para averiguar si son visibles o no. Considerando los resultados, se toma una decisión.

Tabla 8.

Evaluación de consecuencias

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Consecuencia |
|---------|------------|--------------|---------|-----------|--------------|
| Tarea 1 | Diario | Operador | Falla A | Función 1 | Operacional |
| Tarea 4 | Semestral | Instalador | Falla A | | |
| Tarea 2 | Diario | Operador | Falla B | Función 3 | Operacional |
| Tarea 5 | Anual | Electricista | Falla B | Función 2 | Oculto |
| Tarea 3 | Semestral | Instalador | Falla C | Función 1 | Oculto |
| Tarea 6 | Semanal | Operador | Falla C | | |
| | | | Falla D | Función 1 | |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

Paso 6: Definición de la política de mantenimiento

En el mantenimiento moderno, se presta mayor atención a las consecuencias de los activos en lugar de solo a los activos en sí. Aquí, se examina cada tipo de falla según los principios de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Paso 7: Agrupación y revisión

En el paso siete, se mejora la productividad y eficiencia de los activos al asignar las tareas de mantenimiento a las personas más competentes. El objetivo es lograr una gestión del mantenimiento efectiva y productiva.

Paso 8: Aprobación e implementación

La aprobación de los líderes de la compañía es crucial en este proceso, sin embargo, puede ser complicada para aquellos con horarios ocupados y en empresas tradicionales.

Paso 9: Programa dinámico

La secuencia de acciones del uno al nueve crea un enfoque lógico y económico para la gestión de proyectos. Es en este punto crítico donde se recopila la información y se administra eficazmente la operación, ya sea para mantenimiento de emergencia o programado.

Normativas y Estándares

Normativas Nacionales

NTP-ISO 13485: Sistemas de gestión de calidad para dispositivos médicos. Esta norma establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad donde una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar dispositivos médicos y servicios relacionados que cumplan consistentemente con los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables.

INACAL/ISO 14971: Aplicación de la gestión de riesgos a los dispositivos médicos.

Esta norma proporciona un marco para gestionar los riesgos asociados con los dispositivos médicos, incluyendo el mantenimiento.

RM N°507-2011/MINSA: Guía Técnica para el mantenimiento preventivo de equipos de electrocirugía.

RM N°533-2016/MINSA: Lineamiento para la Elaboración del Plan Multianual de Mantenimiento de la Infraestructura y el Equipamiento en los Establecimiento de Salud.

NTS N°119-MINSA/DGIEM-V.01: Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Tercer Nivel de Atención.

Normativas Internacionales

ISO 9001: Esta normativa en el contexto del mantenimiento preventivo es un aspecto clave para lograr un sistema de gestión de calidad eficaz. Para ello nos indica que dicha norma implica la planificación y ejecución de actividades para resguardar el desempeño y la confiabilidad de los equipos y sistemas críticos en una organización. Además, también debe de incluir documentación y registros de las actividades que se realizan o forman parte del mantenimiento, con el fin de monitorear la función de los equipos y prevenir fallas o disminución del desempeño, garantizando la continuidad de las operaciones de la organización

IFC 60601: Serie de normas para la seguridad y el rendimiento esencial de los equipos electromédicos. Esto incluye requerimientos específicos para el mantenimiento y pruebas de seguridad eléctrica.

ISO 14971: Gestión de riesgos para dispositivos médicos. Esta norma es crucial para entender cómo evaluar y mitigar los riesgos asociados con el mantenimiento de equipos biomédicos.

ISO 31000: Gestión del riesgo: Principios y directrices. Esta norma es útil para
gestionar los riesgos asociados con el mantenimiento de equipos biomédicos

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Descripción de la experiencia

Mi ingreso a la empresa Manufactura Médica y Ortopedia S.A.C., que forma parte del Grupo A. Jaime Rojas, marcó un nuevo capítulo en mi carrera profesional. Fue en el segundo trimestre del año 2022, durante el mes de mayo, cuando tuve la oportunidad de unirme a esta prestigiosa compañía. En ese momento, el Grupo A. Jaime Rojas se encontraba finalizando el Proyecto integral, un nuevo hospital para la policía, lo que generó un aumento significativo en la carga laboral de las empresas del grupo, especialmente en las áreas de mantenimiento y proyectos.

Dado este escenario, Manufactura Médica y Ortopedia S.A.C. se vio en la necesidad de ampliar su equipo de profesionales en el departamento técnico. Por ello, se llevó a cabo una convocatoria laboral en la que uno de los requisitos primordiales era contar con experiencia en el rubro biomédico. En mi caso, había comenzado a incursionar en este campo en el año 2020, lo que me permitió postularme para el puesto de técnico especialista tras aprobar con éxito la entrevista y las pruebas correspondientes.

Mi incorporación al departamento técnico de esta empresa representó tanto un desafío como una oportunidad de crecimiento profesional. Desde entonces, he tenido la posibilidad de aprender y desarrollarme en un ambiente dinámico y exigente, contribuyendo con mis conocimientos y habilidades al éxito de los proyectos llevados a cabo por Manufactura Médica y Ortopedia S.A.C.

Con frecuencia, se realizan capacitaciones en electrocirugía, autoclaves automáticas, mesa de operaciones, máquina de anestias, ultrasonido, monitoreo, mantenimiento biomédico, seguridad y salud en el trabajo, lo cual es fundamental para las funciones que realizo, como la instalación de dispositivos médicos, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y capacitaciones.

3.2. Descripción de Situación

Durante los primeros meses de mi ingreso en la empresa, se presentaron nuevos proyectos, además de los que ya se encontraban en proceso. Como consecuencia, la carga laboral aumentó considerablemente. Al formar parte del departamento técnico y contar con experiencia previa, me asignaron participar en varios de estos proyectos, donde debía asumir diversas tareas, como instalaciones, mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos y capacitaciones. De estas, los mantenimientos fueron las tareas que se realizaron con mayor frecuencia.

Debido a la alta demanda de estas actividades de mantenimiento, decidí buscar la manera de mejorar el plan de mantenimiento existente. Para ello, apliqué la metodología de optimización del mantenimiento planeado, la cual consta de nueve pasos. Estos pasos se fueron implementando en el mantenimiento de diferentes dispositivos médicos, en los diversos proyectos, siempre y cuando fuera posible cumplir con la totalidad de los nueve pasos en cada dispositivo.

La aplicación de esta metodología me permitió analizar en profundidad los procesos de mantenimiento, identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias más eficientes. Esto se tradujo en una reducción significativa de los tiempos de inactividad de los equipos, una optimización de los recursos destinados al mantenimiento y, en última instancia, una mejora en la calidad y la fiabilidad de los servicios prestados a los clientes.

3.3. Formulación del problema

3.3.1. Problema general

¿De qué manera la optimización del mantenimiento planeado (PMO) se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?

3.3.2. Problemas Específicos

¿De qué manera los planes de mantenimientos existentes se relacionan con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?

¿De qué manera disminuir el número de falla se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?

¿De qué manera aumentar la disponibilidad se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?

3.4. Objetivos

3.4.1. Objetivo general.

Implementar la optimización del mantenimiento planeado (PMO) para reducir los tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.

3.4.2. Objetivos Específicos.

Analizar los planes de mantenimientos existentes para reducir los tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.

Determinar disminuir el número de falla para reducir los tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.

Determinar aumentar la disponibilidad para reducir los de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.

3.5 Aplicando PMO en el mantenimiento preventivo de Monitores de Paciente

3.5.1. Monitor de Paciente de signos vitales.

Un monitor de signos vitales es un dispositivo que permite detectar, procesar y desplegar en forma continua los parámetros fisiológicos del paciente. Consta además de un sistema de alarmas que alertan cuando existe alguna situación adversa o fuera de los límites deseados.

Dependiendo de la configuración, los monitores de signos vitales miden y despliegan onda y/o información numérica para varios parámetros fisiológicos tales como electrocardiogramas (ECG), frecuencia respiratoria (RES), presión arterial no invasiva (NIBP), presión arterial invasiva (IBP), temperatura corporal (TEMP), saturación de oxígeno (SpO₂), gasto cardiaco (C.O.), dióxido de carbono (CO₂), gases anestésicos (GA), etc.

Figura 20.

Monitor de paciente de signos vitales.



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

3.5.2. Recopilación de tareas.

Se inició con la recopilación de los planes de mantenimiento anteriores, que existe en la empresa. En la actualidad los diferentes proyectos con las instituciones ya mencionadas, ya sean hospitales del estado o clínicas privadas, desarrollan su plan de mantenimiento anual, bien sea de los servicios generales, o por áreas especializadas.

Por consiguiente, depende de muchas variables, como tipo de equipo biomédico, año de fabricación, equipos de alta operatividad, equipos con garantía, equipos por mantenimiento preventivo, equipos por mantenimiento correctivo, equipos para calibración, equipos por mantenimiento de mejoramiento, equipos de alta complejidad, equipos tecnológicos y entre otros tipos de variables.

En manufactura médica y ortopedia, para el mantenimiento preventivo manejamos el siguiente plan de mantenimiento.

Se inspecciona la etapa en la que se encuentra el proyecto.

Figura 21.

Etapas de proyecto puesto en marcha



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario.

Cuando el proyecto culmina, queda en pie las cláusulas estipuladas en el contrato, entre ellas el tiempo de garantía por los equipos, los mantenimientos preventivos y entre otros. El departamento técnico, se divide en tres grupos según su especialidad. Olympus, se encargan de todos los equipos biomédicos que forman parte de una cirugía laparoscópica, endoscopia, etc. Demla, se encarga de los equipos biomédicos en general y los de laboratorio. Deed por su parte trabaja con los equipos y centrales de esterilización.

Tabla 9.

Equipo de trabajo - Demla

| Especialista | Equipo Biomédico | Proyecto 1 | Proyecto 2 | Proyecto 3 | Proyecto 4 |
|----------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| Especialista 1 | Monitor de paciente | ● | ● | ● | ○ |

| | | | | | |
|----------------|--------------------------|---|---|---|---|
| Especialista 2 | Incubadora de cultivo | ○ | ○ | ○ | ● |
| Especialista 3 | Desfibrilador | ● | ● | ● | ○ |
| Especialista 4 | Incubadora neonatal | ○ | ● | ○ | ○ |
| Especialista 5 | Aspirador de secreciones | ○ | ● | ● | ○ |
| Especialista 6 | Máquina de anestesia | ○ | ● | ● | ○ |
| Especialista 7 | Monitor fetal | ● | ● | ○ | |
| Especialista 8 | Mesa de operaciones | ○ | ● | ● | ○ |
| Especialista 9 | Electrobisturí | ○ | ● | ● | ○ |

Nota. Información extraída de Grupo A. Jaime Rojas.

Conociendo los proyectos y los activos que lo conforman, junto al equipo de especialistas, se realiza la programación de los mantenimientos preventivos de cada uno de los equipos biomédicos.

Tabla 10.

Plan semanal - Demla

| Especialista | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
|---------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Especialista 1 | Proyecto 1 | Proyecto 1 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 |
| Especialista 2 | Proyecto 4 | Proyecto 4 | - | - | - |
| Especialista 3 | Proyecto 1 | Proyecto 1 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 |
| Especialista 4 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | - | - | - |
| Especialista 5 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 | Proyecto 3 | - |
| Especialista 6 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 | Proyecto 3 | - |
| Especialista 7 | Proyecto 1 | Proyecto 1 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | - |
| Especialista 8 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 | Proyecto 3 | - |
| Especialista 9 | Proyecto 2 | Proyecto 2 | Proyecto 3 | Proyecto 3 | - |

Nota. Información extraída de Grupo A. Jaime Rojas

El especialista, según el equipo biomédico asignado, deberá realizar el mantenimiento preventivo según el programa que corresponde.

Figura 22.

Programa de mantenimiento preventivo



A. JAIME ROJAS
Equipamiento Integral Médico Hospitalario

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

DENOMINACIÓN : MONITOR DE TRANSPORTE DE 05 PARAMETROS
 MARCA : EDAN
 MODELO : IM-00
 Periodo total (meses) : 36 MESES

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD | PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (36 MESES) | | | | | | | | | | | |
|----|--|--|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| | | 1 | ... | 11 | 12 | 13 | ... | 23 | 24 | 25 | ... | 36 | 36 |
| 1 | Verificación del estado físico del equipo y sus componentes (*) | * | * | * | X | * | * | * | X | * | * | * | X |
| 2 | Verificación de pantalla LCD (touch) | | | | X | | | | X | | | | X |
| 3 | Verificación del teclado | | | | X | | | | X | | | | X |
| 4 | Verificación de alarmas | | | | X | | | | X | | | | X |
| 5 | Verificación del funcionamiento de la batería | | | | X | | | | X | | | | X |
| 6 | Verificación de impresora térmica | | | | X | | | | X | | | | X |
| 7 | Verificación de funcionamiento y operatividad de los módulos de medición | | | | X | | | | X | | | | X |
| 8 | Limpieza exterior del equipo (*) | * | * | * | X | * | * | * | X | * | * | * | X |

(X) Actividades realizadas por el proveedor del equipo.
 (*) Actividades a ser ejecutadas por el personal de operación del equipo.

NOTA: Las actividades Mantenimiento Preventivo que se le realicen a los equipos, deberán ser consignadas por el Consorcio Hospitalario Lima en la Ficha "Orden de Trabajo de Mantenimiento" (OTM) que será proporcionada por la Entidad.


A. JAIME ROJAS
 JEFE MANEJO DE EQUIPOS
 FIRMAR Y SELLO DEL REPRESENTANTE LEGAL

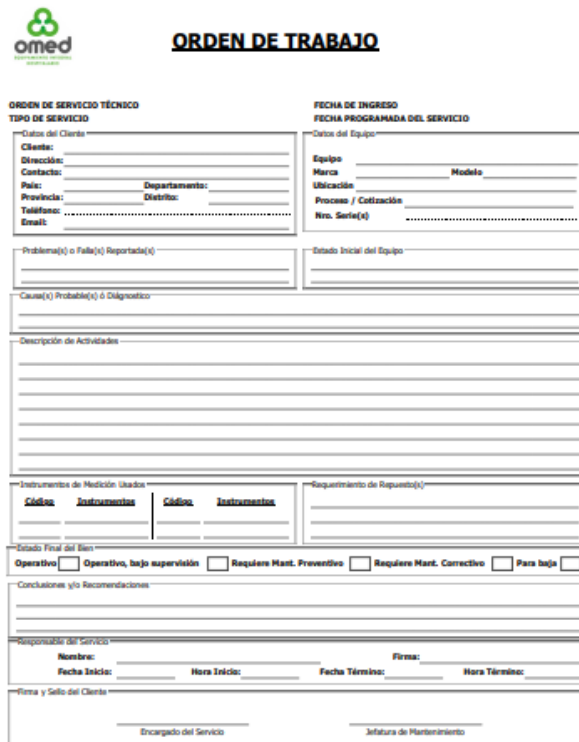

 GOBIERNO REGIONAL LA Libertad
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
 HOSPITALARIO
 Sr. Néstor Paredón Torres
 JEFE DE LA UNIDAD DE SERVICIOS
 FIRMAR Y SELLO DEL REPRESENTANTE LEGAL

Nota. Información extraída de Grupo A. Jaime Rojas.

Al finalizar las actividades del mantenimiento preventivo, el especialista o encargado de las tareas, llena una orden de trabajo de mantenimiento OTM, la cual será firmada por las personas encargadas del área correspondiente. Dicha persona deberá validar y dar el visto bueno de las actividades realizadas por parte del especialista y el correcto llenado de la OTM.

Figura 23.

Orden de trabajo de mantenimiento



oméd **ORDEN DE TRABAJO**

ORDEN DE SERVICIO TÉCNICO **FECHA DE INGRESO**
TIPO DE SERVICIO **FECHA PROGRAMADA DEL SERVICIO**

Datos del Cliente **Datos del Equipo**

Cliente: _____
 Dirección: _____
 Contacto: _____
 País: _____ Departamento: _____
 Provincia: _____ Distrito: _____
 Teléfono: _____
 Email: _____

Equipo: _____
 Marca: _____ Modelo: _____
 Ubicación: _____
 Proceso / Contratación: _____
 Nro. Serie(s): _____

Problema(s) o Falla(s) Reportada(s): _____
 Estado Inicial del Equipo: _____
 Causa(s) Probable(s) o Diagnóstico: _____
 Descripción de Actividades: _____
 Instrumentos de Medición Usados: _____
 Código: _____ Instrumentos: _____
 Requerimiento de Repuesto(s): _____

Estado Final del Bien:
 Operativo Operativo, bajo supervisión Requiere Mant. Preventivo Requiere Mant. Correctivo Para baja

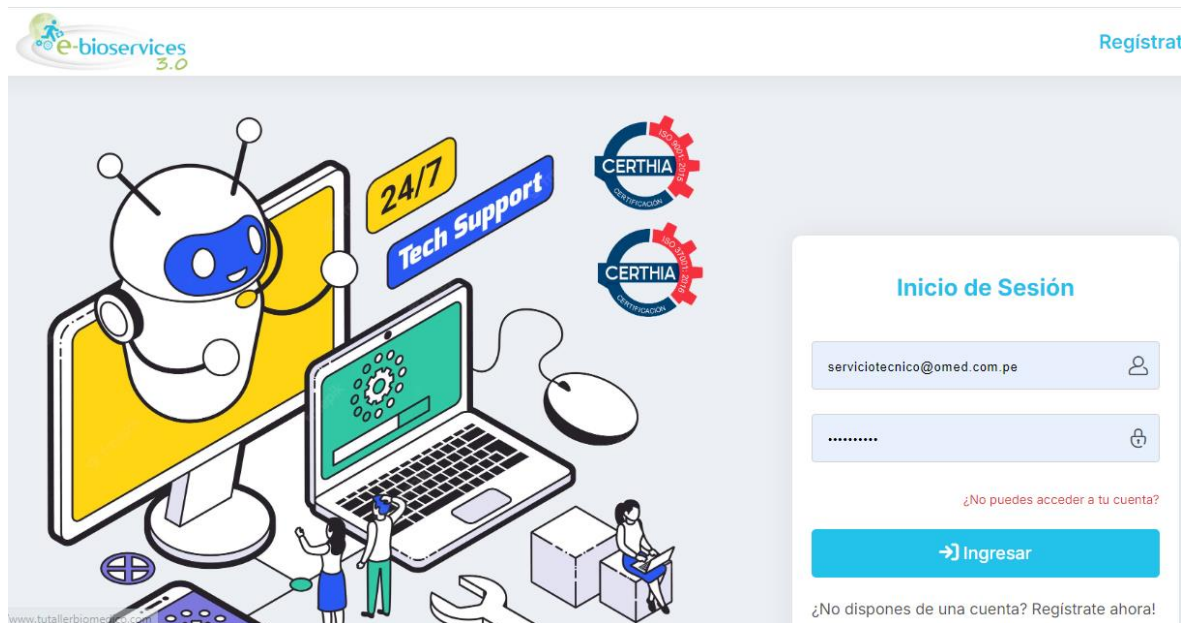
Conclusiones y/o Recomendaciones: _____
 Responsable del Servicio:
 Nombre: _____ Firma: _____
 Fecha Inicio: _____ Hora Inicio: _____ Fecha Término: _____ Hora Término: _____
 Firma y Sello del Cliente:
 Encargado del Servicio: _____ Jefatura de Mantenimiento: _____

Nota. Información extraída de Grupo A. Jaime Rojas.

Posteriormente, el especialista deberá crear un ticket en la plataforma que tiene el Grupo A. Jaime Rojas, para registrar, organizar, ejecutar todo los procedimientos y actividades de los diferentes equipos biomédicos, bien sea de stock o los equipos que se encuentran operando y forman parte de los diferentes proyectos estatales o privados.

Figura 24.

Plataforma web E-Bioservices



Nota. Información extraída de Grupo A. Jaime Rojas.

Finalmente, el especialista deberá ingresar con su usuario, generar los tickets de los servicios realizados, llenar la información que corresponde, y subir la OTM validada con la firma. Realizado estos pasos, podemos cerrar nuestro ticket y culminar con nuestro mantenimiento preventivo.

Recopilamos la información de los registros existentes y del historial de tareas que encontramos en la web E-Bioservices en la siguiente tabla 10.

Tabla 11.

Recopilación de tareas – Monitor de paciente

| N° | Tarea | Responsable |
|----|---|--------------|
| 1 | Encendido de equipo | Operador |
| 2 | Prueba de encendido y apagado | Especialista |
| 3 | Visualizar signos vitales | Operador |
| 4 | Verificar interface del monitor | Especialista |
| 5 | Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Operador |

| | | |
|----|---|--------------|
| 6 | Prueba de impresora | Especialista |
| 7 | Configurar parámetros del monitor | Operador |
| 8 | Medir los signos vitales de paciente | Operador |
| 9 | Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Especialista |
| 10 | Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Especialista |
| 11 | Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Especialista |
| 12 | Prueba de testeo – TEMP | Especialista |
| 13 | Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Especialista |
| 14 | Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Especialista |
| 15 | Prueba con simulador de signos vitales – AG | Especialista |
| 16 | Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Especialista |

Nota. Elaboración propia

Después de ver el plan de mantenimiento existente y conociendo los indicadores previos de la disponibilidad junto al número de falla, TMEF y Tmpr del monitor de paciente en los proyectos de la empresa respectivamente.

Tabla 12.

Indicadores de los monitores de paciente – previo a la aplicación PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | Tmpr | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| Proyecto 1 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 2 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 3 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 4 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 5 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 6 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 7 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 8 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 9 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 10 | 16 | 526.5 | 21 | 96.1 |

Nota. Elaboración propia

Realizamos el cálculo de la disponibilidad de un equipo de la siguiente manera, para ello usaremos la Ecuación 2:

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

$$D(t) = \frac{526.5}{526.5 + 21} \times 100 = 96.1\%$$

3.5.3. Análisis de modo de falla.

En este paso junto al equipo de trabajo, debemos de realizar un análisis de las fallas que podamos encontrar en los diferentes equipos biomédicos que han sido implementado en los diferentes proyectos de la empresa.

Para desarrollar la optimización del mantenimiento planeado PMO, seleccionaremos tres equipos biomédicos diferentes, y correspondientemente realizaremos una tabla de falla.

Tabla 13.

Análisis de fallas – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Monitor de paciente no enciende |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Monitor de paciente no enciende |
| Visualizar signos vitales | Diario | Operador | Pantalla sin imagen |
| Verificar interface del monitor | Anual | Especialista | Pantalla sin imagen |

| | | | |
|---|---------|--------------|-----------------------------------|
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Semanal | Operador | No imprime |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime |
| Configurar parámetros del monitor | Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos |
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Alarmas inactivas |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES |
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP |
| Prueba de testeo – TEMP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP |
| Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP |
| Prueba con simulador de signos vitales – AG | Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG |
| Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.5.4. Racionalización y revisión del FMA.

En este paso tendremos que organizar u ordenar las diferentes fallas que hemos ido encontrando junto al equipo de trabajo. Tener en cuenta que, en los equipos médicos, podemos reconocer que tipo de falla pueden tener, gracias a la experiencia y la frecuencia con equipos médicos que trabajamos. Ordenar de esta manera nos ayuda a no caer a la duplicidad de las tareas por parte de los especialistas.

Considerar que el equipo de trabajo además de ordenar por modos de fallas, deberá de adicionar alguna falla que pueda encontrar en el camino o no se haya mencionado anteriormente, este listado deberá elaborarse desde el historial de fallas e informes técnicos.

Tabla 14.

Racionalización y revisión del FMA – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Monitor de paciente no enciende |
| Visualizar signos vitales | Diario | Operador | Pantalla sin imagen |
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Semanal | Operador | No imprime |
| Configurar parámetros del monitor | Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos |
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Alarmas inactivas |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Monitor de paciente no enciende |

| | | | |
|---|---------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Verificar interface del monitor | Anual | Especialista | Pantalla sin imagen |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES |
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP |
| Prueba de testeó – TEMP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP |
| Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP |
| Prueba con simulador de signos vitales – AG | Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG |
| Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. |
| | Detección de avería nueva | | Equipo no detecta la impresora |
| | Detección de avería nueva | | Brazales no puede inflarse / fuga |
| | Detección de avería nueva | | La onda se mantiene recta, |

línea de muestreo
saturada

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.5.5. Análisis funcional.

En este cuarto paso analizaremos la pérdida de función a causa de cada falla que podamos encontrar. Este paso es opcional, pero se justifica en caso se trate de un equipo de criticidad alta o alto grado de complejidad, por ello es importante determinar todas las funciones y así podamos ofrecer un mantenimiento eficaz y seguro. Tener en cuenta que en caso de ser equipos poco críticos o de menor complejidad, se vuelven no beneficiosos debido al tiempo agregado y costos innecesarios.

Por su nivel de complejidad, vamos a adicionar las funciones que corresponden a cada una de las fallas ya recolectadas y a las nuevas fallas encontradas. Tener en cuenta que, al ser equipos biomédicos, el sector salud respecto al nivel de complejidad tiene una relación directa con la categoría de los establecimientos de salud. Adicional, a ellos muchos de los equipos biomédicos, se encuentran operando las 24 horas del día, lo que refleja la gran importancia de tener en buen estado y operativos, los diferentes equipos en un hospital o clínica privada.

Tabla 15.

Análisis funcional – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función |
|---------------------|------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente |

| | | | | |
|---|---------|--------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente |
| Visualizar signos vitales | Diario | Operador | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente |
| Verificar interface del monitor | Anual | Especialista | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente |
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Semanal | Operador | No imprime | Imprimir datos del paciente |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime | Imprimir datos del paciente |
| Configurar parámetros del monitor | Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos | Alarma visuales y auditivas |
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Alarmas inactivas | Alarma visuales y auditivas |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES | Monitoreo de ECG/RES |
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² | Monitoreo de SpO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP | Monitoreo de NIBP |

| | | | | |
|--|------------------------------|--------------|--|--|
| Prueba de testeo – TEMP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP | Monitoreo de TEMP |
| Prueba con simulador de signos vital – CO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² | Monitoreo de CO ² |
| Prueba con simulador de signos vital – IBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP | Monitoreo de IBP |
| Prueba con simulador de signos vital – AG | Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG | Monitoreo de AG |
| Prueba con simulador de signos vital – C.O. | Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. | Monitoreo de C.O. |
| | Detección de nueva avería | | Equipo no detecta la impresora | Imprimir datos del paciente |
| | Detección de nueva avería | | Brazales no puede inflarse / fuga | Medir la presión Arterial del paciente |
| | Detección de nueva avería | | La onda se mantiene recta, línea de muestreo saturada | Medir el porcentaje de CO ² del paciente |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.5.6. Evaluación de consecuencia.

En el quinto paso debemos de analizar cada uno de las fallas, y de esta manera podemos determinar si las fallas son ocultas o evidentes y la consecuencia si la falla ocurre de un modo imprevisto "peligrosa u operacional".

Como ya se mencionó mucho de estos dispositivos médicos se encuentran en funcionamiento durante las 24 horas del día, y muchas veces el usuario u operario, tiene una rutina ya establecida para poder visualizar si los signos vitales de los pacientes se encuentran estables o dentro de los parámetros permitidos. Durante este tiempo, el operario puede visualizar si el equipo presenta alguna falla, ya sea por las alarmas visuales y audibles que cuenta los monitores de paciente.

Figura 25.

Clasificación de consecuencias



Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

Es importante realizar una matriz de criticidad para así poder determinar si el riesgo es bajo, medio o alto y darle un valor numérico. El cual resulta del producto de dos parámetros que son serenidad y probabilidad para ello realizamos la tabla 16

Figura 26.

Matriz de criticidad

| | | PROBABILIDAD | | |
|-----------|----------|--------------|----------|------------|
| | | Permanente | Probable | Improbable |
| SEVERIDAD | Leve | 3 | 2 | 1 |
| | Moderado | 6 | 4 | 2 |
| | Critico | 9 | 6 | 3 |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16.

Escala de Riesgo

| NIVEL | VALOR |
|-------|-------|
| Bajo | 0 – 1 |
| Medio | 3 – 5 |
| Alto | 6 – 9 |

Nota. Elaboración propia.

Para entender de mejor manera los niveles de riesgo, se realiza la siguiente guía de los valores numéricos y su representación del resultado de la evaluación de consecuencias a través de la matriz de criticidad.

Bajo 0 – 1 Riesgo Aceptable, en donde puedo tener el control y no sea necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Medio 3 – 5 Riesgo Tolerante, en donde aún tengo el control, pero es necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Alto 6 – 9 Riesgo Inaceptable, en donde no tengo el control, y es necesario tareas de control de manera inmediata.

Tabla 17.

Evaluación de consecuencias – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo |
|---|--------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| Encendido de equipo | Operador | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 |
| Prueba de encendido y apagado | Especialista | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 |
| Visualizar signos vitales | Operador | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 |
| Verificar interface del monitor | Especialista | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 |
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Operador | No imprime | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 |
| Prueba de impresora | Especialista | No imprime | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 |

| | | | | |
|---|--------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| Configurar parámetros del monitor | Operador | Mal funcionamiento de periféricos | Alarma visuales y auditivas | 3 – 1 – 3 |
| Medir los signos vitales de paciente | Operador | Alarmas inactivas | Alarma visuales y auditivas | 3 – 1 – 3 |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES | Monitoreo de ECG/RES | 3 – 2 – 6 |
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² | Monitoreo de SpO ² | 3 – 2 – 6 |
| Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Especialista | Mal monitoreo de NIBP | Monitoreo de NIBP | 3 – 2 – 6 |
| Prueba de testeo – TEMP | Especialista | Mal monitoreo de TEMP | Monitoreo de TEMP | 2 – 2 – 4 |
| Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Especialista | Mal monitoreo de CO ² | Monitoreo de CO ² | 3 – 2 – 6 |
| Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Especialista | Mal monitoreo de IBP | Monitoreo de IBP | 3 – 2 – 6 |

| | | | | |
|---|--------------|---|---|-----------|
| Prueba con simulador de signos vitales – AG | Especialista | Mal monitoreo de AG | Monitoreo de AG | 3 – 2 – 6 |
| Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Especialista | Mal monitoreo de C.O. | Monitoreo de C.O. | 3 – 2 – 6 |
| | | Equipo no detecta la impresora | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 |
| | | la presión de inflación varia / fuga | Medir la presión Arterial del paciente | 2 – 2 – 4 |
| | | La onda se mantiene recta, línea de muestreo saturada | Medir el porcentaje de CO ² del paciente | 3 – 2 – 6 |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.5.7. Definición de la política de mantenimiento.

En este paso se plantea como hoy en día la filosofía del mantenimiento moderno respalda más el estado de las consecuencias que de los propios bienes o activos en sí, por ello debemos de trabajar, analizando cada una de las fallas bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Es importante aplicar ello para garantizar el perfecto estado y funcionamiento de los equipos médicos. Además, de conservar en buen

estado los activos que se encuentran en los diferentes proyectos, reducir tiempos y reducir costos.

Tabla 18.

Definición de la política de mantenimiento – Monitor de paciente multiparámetro

| Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo | Política |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------|
| Diario | Operador | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Anual | Especialista | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Diario | Operador | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Anual | Especialista | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Semanal | Operador | No imprime | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 | Inspección |
| Anual | Especialista | No imprime | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 | Inspección |
| Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos | Alarma visuales y auditivas | 3 – 1 – 3 | Pruebas |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------|--|-------------------------------|-----------|------------|
| Diario | Operador | Alarmas inactivas | Alarma visuales y auditivas | 3 – 1 – 3 | Pruebas |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES | Monitoreo de ECG/RES | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² | Monitoreo de SpO ² | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP | Monitoreo de NIBP | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP | Monitoreo de TEMP | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² | Monitoreo de CO ² | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP | Monitoreo de IBP | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG | Monitoreo de AG | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. | Monitoreo de C.O. | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Detección de nueva avería | | Equipo no detecta la impresora por tiempos | Imprimir datos del paciente | 1 – 2 – 2 | Pruebas |

| | | | | |
|---------------------------|---|---|-----------|-----------------------------|
| Detección de nueva avería | la presión de inflación varia / fuga | Medir la presión Arterial del paciente | 2 – 2 – 4 | No mantenimiento preventivo |
| Detección de nueva avería | La onda se mantiene recta, línea de muestreo saturada | Medir el porcentaje de CO ² del paciente | 3 – 2 – 6 | Pruebas |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.5.8. Agrupación y revisión.

En el paso siete, se mejora la productividad y eficiencia de los activos al asignar las tareas de mantenimiento a las personas más competentes y con experiencia, de acuerdo a los equipos biomédicos que puedan conocer y trabajar con mayor facilidad. El objetivo es lograr una gestión del mantenimiento efectiva y productiva. Por ello tenemos que tener en cuenta que es muy posible que las tareas y responsabilidades sean modificadas o transferidas.

Tabla 19.

Agrupación y revisión – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Tiempo estimado |
|-------------------------------|------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos vitales de paciente | 10' |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Monitor de paciente no enciende | Medir los signos | 10' |

| | | | | | |
|---|---------|--------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----|
| Visualizar signos vitales | Diario | Operador | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 15' |
| Verificar interface del monitor | Anual | Especialista | Pantalla sin imagen | Visualizar signos vitales de paciente | 15' |
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Semanal | Operador | No imprime | Imprimir datos del paciente | 10' |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime | Imprimir datos del paciente | 10' |
| Configurar parámetros del monitor | Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos | Alarma visuales y auditivas | 30' |
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Alarmas inactivas | Alarma visuales y auditivas | 30' |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES | Monitoreo de ECG/RES | 30' |
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² | Monitoreo de SpO ² | 30' |
| Prueba con simulador de | Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP | Monitoreo de NIBP | 30' |

signos vitales –

NIBP

| | | | | | |
|----------------------------|-------|--------------|--------------------------|----------------------|-----|
| Prueba de testeo – TEMP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP | Monitoreo de TEMP | 30' |
|----------------------------|-------|--------------|--------------------------|----------------------|-----|

| | | | | | |
|---|-------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----|
| Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² | Monitoreo de CO ² | 30' |
|---|-------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----|

| | | | | | |
|---|-------|--------------|-------------------------|---------------------|-----|
| Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP | Monitoreo de IBP | 30' |
|---|-------|--------------|-------------------------|---------------------|-----|

| | | | | | |
|--|-------|--------------|------------------------|--------------------|-----|
| Prueba con simulador de signos vitales – AG | Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG | Monitoreo de AG | 30' |
|--|-------|--------------|------------------------|--------------------|-----|

| | | | | | |
|--|-------|--------------|--------------------------|----------------------|-----|
| Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. | Monitoreo de C.O. | 60' |
|--|-------|--------------|--------------------------|----------------------|-----|

| | | | | | |
|------------------------------|--|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Detección de nueva avería | | | Equipo no detecta la impresora | Imprimir datos del paciente | |
|------------------------------|--|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--|

| | | | | | |
|------------------------------|--|--|--|--|--|
| Detección de nueva avería | | | la presión de inflación varia / fuga | Medir la presión Arterial del paciente | |
|------------------------------|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|------------------------------|--|--|---|--|--|
| Detección de nueva avería | | | La onda se mantiene recta, línea de muestreo saturada | Medir el porcentaje de CO ² del paciente | |
|------------------------------|--|--|---|--|--|

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009)

Demostración de resultados.

Después de asentar las nuevas tareas y planes de trabajo, se evalúan los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, donde se muestra que hay un incremento de la disponibilidad de los monitores de paciente en los diferentes proyectos del Grupo A. Jaime rojas.

Tabla 20.

Indicadores de los monitores de paciente – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 2 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 3 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 4 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 5 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 6 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 7 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 8 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 9 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 10 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |

Nota. Elaboración propia

Finalmente, como hemos podemos ver en la tabla 21, nuestra disponibilidad de nuestros equipos aumento en un 2.00% en los diferentes proyectos de la empresa.

3.5.9. Aprobación e implementación.

En el octavo paso el resultado del análisis se presenta para la aprobación de los líderes de la compañía y es crucial este proceso para poder dar inicio a la implementación, sin embargo, puede ser complicada para aquellos con horarios ocupados y en empresas tradicionales.

3.5.10. Programa dinámico.

La secuencia de acciones del uno al nueve crea un enfoque lógico y económico para la gestión de proyectos. Es en este punto crítico donde se recopila la información y se administra eficazmente la operación, ya sea para mantenimiento de emergencia o programado.

Tabla 21.

Recopilación final de tareas – Monitor de paciente multiparámetro

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|---|------------|--------------|-----------------------------------|
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Encendido de monitor |
| Medir los signos vitales de paciente | Diario | Operador | Pantalla sin imagen |
| Configurar parámetros del monitor | Diario | Operador | Mal funcionamiento de periféricos |
| Imprimir datos de la medición de los signos vitales | Mensual | Operador | No imprime |
| Medir los signos vitales de paciente | Mensual | Operador | Alarmas inactivas |
| Prueba con simulador de signos vitales – ECG/RES | Anual | Especialista | Mal monitoreo de ECG/RES |

| | | | |
|---|-------|--------------|-----------------------------------|
| Prueba con simulador de signos vitales – SpO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de SpO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – NIBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de NIBP |
| Prueba de testeo – TEMP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de TEMP |
| Prueba con simulador de signos vitales – CO ² | Anual | Especialista | Mal monitoreo de CO ² |
| Prueba con simulador de signos vitales – IBP | Anual | Especialista | Mal monitoreo de IBP |
| Prueba con simulador de signos vitales – AG | Anual | Especialista | Mal monitoreo de AG |
| Prueba con simulador de signos vitales – C.O. | Anual | Especialista | Mal monitoreo de C.O. |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.6. Aplicando PMO en el mantenimiento preventivos de Incubadora de cultivo.

3.6.1. Incubadora de cultivo.

La incubadora de cultivo es un dispositivo que utiliza la temperatura para cultivar y mantener cultivos celulares o microbianos. Además, también existen incubadoras que cuentan con la función de mantener la humedad, el dióxido de carbono y disminuir la temperatura en niveles apropiados.

Por lo tanto, es importante para los laboratorios contar con uno de estos dispositivos, ya que realizar diferentes estudios en biología celular, biología molecular y la microbiología.

Figura 27.

Incubadora de cultivo



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

3.6.2. Recopilación de tareas.

Se inició con la recopilación de los planes de mantenimiento anteriores, que existe en la empresa. En la actualidad los diferentes proyectos con las instituciones ya

mencionadas, ya sean hospitales del estado o clínicas privadas, desarrollan su plan de mantenimiento anual, bien sea de los servicios generales, o por áreas especializadas.

Se inspecciona la etapa en la que se encuentra el proyecto. Y se continúa con la secuencia vista en el punto 3.5.2. Recopilación de tareas.

Recopilamos la información de los registros existentes y del historial de tareas que encontramos en la web E-Bioservices en la siguiente tabla 22.

Tabla 22.

Recopilación de tareas – Incubadora de cultivo

| N° | Tarea | Responsable |
|-----------|----------------------------------|--------------------|
| 1 | Encendido de equipo | Operador |
| 2 | Prueba de encendido y apagado | Especialista |
| 3 | Programar aumento de temperatura | Operador |
| 4 | Programar timer | Operador |
| 5 | Regular trampa de aire | Operador |
| 6 | Activar ventilador | Operador |
| 7 | Configurar módulo de control | Operador |
| 8 | Prueba de módulo de control | Especialista |
| 9 | Prueba de testeo de temperatura | Especialista |
| 10 | Prueba de trampa de aire | Especialista |
| 11 | Prueba de ventilador | Especialista |
| 12 | Calibración de temperatura | Especialista |

Nota. Elaboración propia

Después de ver el plan de mantenimiento existente y conociendo los indicadores previos de la disponibilidad junto al número de falla, TMEF y TMPR del monitor de paciente en los proyectos de la empresa respectivamente.

Tabla 23.

Indicadores de las incubadoras de cultivo – Previo a la aplicación PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 2 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 3 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 4 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 5 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 6 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 7 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 8 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 9 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |
| Proyecto 10 | 12 | 337 | 28 | 92.3 |

Nota. Elaboración propia

Realizamos el cálculo de la disponibilidad de un equipo de la siguiente manera, para ello usaremos la Ecuación 2:

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

$$D(t) = \frac{337}{337 + 28} \times 100 = 92.3\%$$

3.6.3. Análisis de modo de falla.

En este paso junto al equipo de trabajo, debemos de realizar un análisis de las fallas que podamos encontrar en los diferentes equipos biomédicos que han sido implementado en los diferentes proyectos de la empresa.

Tabla 24.

Análisis de fallas – Incubadora de cultivo

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operario | Incubadora no enciende |
| Prueba de encendido y apagado | Semestral | Especialista | Incubadora no enciende |
| Programar aumento de temperatura | Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura |
| Programar timer | Diario | Operario | no inicia el conteo |
| Regular trampa de aire | Diario | Operario | Trampa sin movimiento |
| Activar ventilador | Diario | Operario | Ventilador no enciende |
| Configurar módulo de control | Diario | Operario | Módulo no permite configurar |
| Prueba de módulo de control | Semestral | Especialista | Módulo de permite configurar |
| Prueba de testeo de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada |
| Prueba de trampa de aire | Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento |
| Prueba de ventilador | Semestral | Especialista | Ventilador no enciende |
| Calibración de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández. (2009).

3.6.4. Racionalización y revisión del FMA.

En este paso tendremos que organizar u ordenar las diferentes fallas que hemos ido encontrando y agregar alguna falla nueva, todo ello junto al equipo de trabajo. De igual modo como se realizó con el monitor de paciente.

Tabla 25.

Racionalización y revisión del FMA – Incubadora de cultivo

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operario | Incubadora no enciende |
| Programar aumento de temperatura | Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura |
| Programar timer | Diario | Operario | no inicia el conteo |
| Regular trampa de aire | Diario | Operario | Trampa sin movimiento |
| Activar ventilador | Diario | Operario | Ventilador no enciende |
| Configurar módulo de control | Diario | Operario | Módulo no permite configurar |
| Prueba de encendido y apagado | Semestral | Especialista | Incubadora no enciende |
| Prueba de módulo de control | Semestral | Especialista | Módulo de permite configurar |
| Prueba de testeo de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada |
| Prueba de trampa de aire | Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento |
| Prueba de ventilador | Semestral | Especialista | Ventilador no enciende |

| | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------|---|
| Calibración de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error |
| | Detección de avería nueva | | Incubadora no carga el software de inicio |
| | Detección de avería nueva | | El rotámetro de control no funciona |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.6.5. Análisis funcional.

En este cuarto paso analizaremos la pérdida de función a causa de cada falla que podamos encontrar. Este paso es opcional, pero se justifica en caso se trate de un equipo de criticidad alta o alto grado de complejidad, por ello es importante determinar todas las funciones y así podamos ofrecer un mantenimiento eficaz y seguro. De la misma manera como se realizó con el monitor de paciente.

Tabla 26.

Análisis funcional – Incubadora de cultivo

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función |
|----------------------------------|------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operario | Incubadora no enciende | Da inicio a la operatividad |
| Programar aumento de temperatura | Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura | Aumentar temperatura en la cámara |
| Programar timer | Diario | Operario | no inicia el conteo | Temporizador |
| Regular trampa de aire | Diario | Operario | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara |
| Activar ventilador | Diario | Operario | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|---|---|
| Configurar módulo de control | Diario | Operario | Módulo no permite configurar | Controlar y programa |
| Prueba de encendido y apagado | Semestral | Especialista | Incubadora no enciende | Verificar el inicio a la operatividad |
| Prueba de módulo de control | Semestral | Especialista | Módulo de permite configurar | Controla y programa |
| Prueba de testeo de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada | Verifica que la incubadora este calibrada |
| Prueba de trampa de aire | Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara |
| Prueba de ventilador | Semestral | Especialista | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara |
| Calibración de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error | Calibra la incubadora |
| | Detección de avería nueva | | Incubadora no carga el software de inicio | Da inicio a la operatividad |
| | Detección de avería nueva | | El rotámetro de control no funciona | Navega y selecciona |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.6.6. Evaluación de consecuencia.

En el quinto paso debemos de analizar cada uno de las fallas, y de esta manera podemos determinar si las fallas son ocultas o evidentes y la consecuencia si la falla ocurre de un modo imprevisto “peligrosa u operacional”.

De igual modo, que el monitor de paciente, aplicaremos una matriz de criticidad ya que es importante, para así poder determinar si el riesgo es bajo, medio o alto y darle un valor numérico. El cual resulta del producto de dos parámetros que son seriedad y probabilidad para ello nos apoyamos de la figura 26 y la tabla 16.

Para entender de mejor manera los niveles de riesgo, se realiza la siguiente guía de los valores numéricos y su representación del resultado de la evaluación de consecuencias a través de la matriz de criticidad.

Bajo 0 – 1 Riesgo Aceptable, en donde puedo tener el control y no sea necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Medio 3 – 5 Riesgo Tolerante, en donde aún tengo el control, pero es necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Alto 6 – 9 Riesgo Inaceptable, en donde no tengo el control, y es necesario tareas de control de manera inmediata.

Tabla 27.

Evaluación de consecuencias – Incubadora de cultivo

| Tarea | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo |
|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| Encendido de equipo | Operario | Incubadora no enciende | Da inicio a la operatividad | 2 – 2 – 4 |
| Programar aumento de temperatura | Operario | Incubadora no aumenta temperatura | Aumentar temperatura en la cámara | 2 – 2 – 4 |
| Programar timer | Operario | no inicia el conteo | Temporizador | 1 – 1 – 1 |
| Regular trampa de aire | Operario | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 2 – 1 – 2 |

| | | | | |
|---------------------------------|--------------|---|---|-----------|
| Activar ventilador | Operario | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara | 1 – 2 – 2 |
| Configurar módulo de control | Operario | Módulo no permite configurar | Controlar y programa | 3 – 2 – 6 |
| Prueba de encendido y apagado | Especialista | Incubadora no enciende | Verificar el inicio a la operatividad | 2 – 2 – 4 |
| Prueba de módulo de control | Especialista | Módulo de permite configurar | Controla y programa | 3 – 2 – 6 |
| Prueba de testeo de temperatura | Especialista | Temperatura diferente a la programada | Verifica que la incubadora este calibrada | 3 – 2 – 6 |
| Prueba de trampa de aire | Especialista | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 2 – 1 – 2 |
| Prueba de ventilador | Especialista | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara | 1 – 2 – 2 |
| Calibración de temperatura | Especialista | Temperatura fuera del margen de error | Calibra la incubadora | 3 – 2 – 6 |
| | | Incubadora no carga el software de inicio | Da inicio a la operatividad | 3 – 2 – 6 |
| | | El rotámetro de control no funciona | Navega y selecciona | 3 – 2 – 6 |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.6.7. Definición de la política de mantenimiento.

En este paso se plantea como hoy en día la filosofía del mantenimiento moderno respalda más el estado de las consecuencias que de los propios bienes o activos en sí, por ello debemos de trabajar, analizando cada una de las fallas bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Es importante aplicar ello para garantizar el perfecto estado y funcionamiento de los equipos médicos. Además, de conservar en buen estado los activos que se encuentran en los diferentes proyectos, reducir tiempos y reducir costos.

Tabla 28.

Definición de la política de mantenimiento – Incubadora de cultivo

| Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo | Política |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|
| Diario | Operario | Incubadora no enciende | Da inicio a la operatividad | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura | Aumentar temperatura en la cámara | 2 – 2 – 4 | Medición |
| Diario | Operario | no inicia el conteo | Temporizador | 1 – 1 – 1 | Inspección |
| Diario | Operario | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 2 – 1 – 2 | Inspección |
| Diario | Operario | Ventilador no enciende | Homogeniza a la cámara | 1 – 2 – 2 | Inspección |
| Diario | Operario | Módulo no permite configurar | Controlar y programa | 3 – 2 – 6 | Inspección |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------|---|---|-----------|-----------------------------|
| Semestral | Especialista | Incubadora no enciende | Verificar el inicio a la operatividad | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Semestral | Especialista | Módulo de permite configurar | Controla y programa | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada | Verifica que la incubadora este calibrada | 3 – 2 – 6 | Medición |
| Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 2 – 1 – 2 | Inspección |
| Semestral | Especialista | Ventilador no enciende | Homogeniza a la cámara | 1 – 2 – 2 | Inspección |
| Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error | Calibra la incubadora | 3 – 2 – 6 | Calibración |
| Detección de avería nueva | | Incubadora no carga el software de inicio | Da inicio a la operatividad | 3 – 2 – 6 | No mantenimiento preventivo |
| Detección de avería nueva | | El rotámetro de control no funciona | Navega y selecciona | 3 – 2 – 6 | Pruebas |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.6.8. Agrupación y revisión.

En el paso siete, se mejora la productividad y eficiencia de los activos al asignar las tareas de mantenimiento a las personas más competentes y con experiencia, de acuerdo a los equipos biomédicos que puedan conocer y trabajar con mayor facilidad. El objetivo es lograr una gestión del mantenimiento efectiva y productiva. Por ello tenemos que tener en cuenta que es muy posible que las tareas y responsabilidades sean modificadas o transferidas.

Tabla 29.

Agrupación y revisión – Incubadora de cultivo

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Tiempo estimado |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operario | Incubadora no enciende | Da inicio a la operatividad | 10' |
| Programar aumento de temperatura | Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura | Aumentar temperatura en la cámara | 20' |
| Programar timer | Diario | Operario | no inicia el conteo | Temporizador | 10' |
| Regular trampa de aire | Diario | Operario | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 10' |
| Activar ventilador | Diario | Operario | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara | 10' |
| Configurar módulo de control | Diario | Operario | Módulo no permite configurar | Controlar y programa | 15' |
| Prueba de encendido y apagado | Semestral | Especialista | Incubadora no enciende | Verificar el inicio a la operatividad | 10' |

| | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|---|---|-----|
| Prueba de módulo de control | Semestral | Especialista | Módulo de permite configurar | Controla y programa | 15' |
| Prueba de testeo de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada | Verifica que la incubadora este calibrada | 60' |
| Prueba de trampa de aire | Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento | Salida de aire de la cámara | 10' |
| Prueba de ventilador | Semestral | Especialista | Ventilador no enciende | Homogeniza la cámara | 10' |
| Calibración de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error | Calibra la incubadora | 60' |
| | Detección de avería nueva | | Incubadora no carga el software de inicio | Da inicio a la operatividad | |
| | Detección de avería nueva | | El rotámetro de control no funciona | Navega y selecciona | |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009)

Demostración de resultados.

Después de asentar las nuevas tareas y planes de trabajo, se evalúan los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, donde se muestra que hay un incremento de la disponibilidad de las incubadoras de cultivo en los diferentes proyectos del Grupo A. Jaime rojas.

Tabla 30.

Indicadores de las Incubadoras de cultivo – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 2 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 3 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 4 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 5 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 6 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 7 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 8 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 9 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 10 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |

Nota. Elaboración propia

Finalmente, como hemos podemos ver en la tabla 30, nuestra disponibilidad de nuestros equipos aumento en un 3.80% en los diferentes proyectos de la empresa.

3.6.9. Aprobación e implementación.

La aprobación de los líderes de la compañía es crucial en este proceso, sin embargo, puede ser complicada para aquellos con horarios ocupados y en empresas tradicionales.

3.6.10. Programa dinámico.

La secuencia de acciones del uno al nueve crea un enfoque lógico y económico para la gestión de proyectos. Es en este punto crítico donde se recopila la información y se administra eficazmente la operación, ya sea para mantenimiento de emergencia o programado.

Tabla 31.

Recopilación final de tareas – Incubadora de cultivo

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Programar aumento de temperatura | Diario | Operario | Incubadora no aumenta temperatura |
| Programar timer | Diario | Operario | no inicia el conteo |
| Prueba de encendido y apagado | Semestral | Especialista | Incubadora no enciende |
| Prueba de módulo de control | Semestral | Especialista | Módulo no permite configurar |
| Prueba de testeo de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura diferente a la programada |
| Prueba de trampa de aire | Semestral | Especialista | Trampa sin movimiento |
| Prueba de ventilador | Semestral | Especialista | Ventilador no enciende |
| Calibración de temperatura | Semestral | Especialista | Temperatura fuera del margen de error |

Nota. Elaboración propia

3.7. Aplicando PMO en el mantenimiento preventivos de Desfibrilador monitor.

3.7.1. Desfibrilador monitor.

El desfibrilador monitor, es un dispositivo médico portátil con la función principal de restablecer el ritmo cardiaco de una persona que sufre alguna arritmia. Además de ello por su función de monitoreo, él también puede medir los signos vitales y realizar el monitoreo correspondiente, esto dependerá de la configuración que pueda tener el desfibrilador monitor desde fábrica.

Por ello, es dispositivo médico que puede estar en diferentes áreas, como una sala de cirugía, sala UCI, sala de reposo, ambulancias, centros comerciales, tópicos, campos deportivos o estadios, centro de hemodiálisis, etc.

Figura 28.

Desfibrilador Monitor



Nota. Información extraída de A. Jaime Rojas Equipamiento Integral Médico Hospitalario

3.7.2. Recopilación de tareas.

Se inició con la recopilación de los planes de mantenimiento anteriores, que existe en la empresa. En la actualidad los diferentes proyectos con las instituciones ya

mencionadas, ya sean hospitales del estado o clínicas privadas, desarrollan su plan de mantenimiento anual, bien sea de los servicios generales, o por áreas especializadas.

Se inspecciona la etapa en la que se encuentra el proyecto. Y se continúa con la secuencia vista en el punto 3.5.2. Recopilación de tareas.

Recopilamos la información de los registros existentes y del historial de tareas que encontramos en la web E-Bioservices en la siguiente tabla 32.

Tabla 32.

Recopilación de tareas – Desfibrilador monitor

| N° | Tarea | Responsable |
|-----------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | Encendido de equipo | Operador |
| 2 | Prueba de encendido y apagado | Especialista |
| 3 | Testeo inicial | Operador |
| 4 | Prueba de testeo del equipo | Especialista |
| 5 | Medir ECG del paciente | Operador |
| 6 | Seleccionar potencia de carga | Operador |
| 7 | Aplicar descarga | Operador |
| 8 | Prueba de módulo de batería | Especialista |
| 9 | Prueba de módulo de carga | Especialista |
| 10 | Seleccionar entre modos | Especialista |
| 11 | Imprimir ECG | Especialista |
| 12 | Prueba de carga y descarga | Especialista |
| 13 | Prueba de impresora | Especialista |
| 14 | Prueba de parámetro ECG | Especialista |

Nota.

Elaboración propia

Después de ver el plan de mantenimiento existente y conociendo los indicadores previos de la disponibilidad junto al número de falla, TMEF y TMPR del monitor de paciente en los proyectos de la empresa respectivamente.

Tabla 33.

Indicadores de los Desfibrilador monitor – previo a la Aplicación PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 2 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 3 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 4 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 5 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 6 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 7 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 8 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 9 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |
| Proyecto 10 | 14 | 601.7 | 24 | 96.1 |

Nota. Elaboración propia

Realizamos el cálculo de la disponibilidad de un equipo de la siguiente manera, para ello usaremos la Ecuación 2:

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

$$D(t) = \frac{601.7}{601.7 + 24} \times 100 = 96.1\%$$

3.7.3. Análisis de modo de falla.

En este paso junto al equipo de trabajo, debemos de realizar un análisis de las fallas que podamos encontrar en los diferentes equipos biomédicos que han sido implementado en los diferentes proyectos de la empresa.

Tabla 34.

Análisis de fallas – Desfibrilador monitor

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Desfibrilador no enciende |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende |
| Testeo inicial | Semanal | Operador | Testeo fallido |
| Prueba de testeo del equipo | Anual | Especialista | Testeo fallido |
| Medir ECG del paciente | Diario | Operador | No detecta o mide el ECG |
| Seleccionar potencia de carga | Diario | Operador | No cambia la potencia de carga |
| Aplicar descarga | Diario | Operador | No aplica descarga |
| Prueba de módulo de batería | Anual | Especialista | No carga o detecta la batería |
| Prueba de módulo de carga | Anual | Especialista | No alimenta o carga la batería |
| Seleccionar entre modos | Diario | Especialista | No cambia de modos |
| Imprimir ECG | Diario | Especialista | No imprime |
| Prueba de carga y descarga | Anual | Especialista | Carga y descarga fuera de rango |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime |
| Prueba de parámetro ECG | Anual | Especialista | No detecta o mide ECG |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.7.4. Racionalización y revisión del FMA.

En este paso tendremos que organizar u ordenar las diferentes fallas que hemos ido encontrando y agregar alguna falla nueva, todo ello junto al equipo de trabajo. De igual modo como se realizó con el monitor de paciente y la incubadora de cultivo.

Tabla 35.

Racionalización y revisión del FMA – Desfibrilador monitor

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Desfibrilador no enciende |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende |
| Testeo inicial | Semanal | Operador | Testeo fallido |
| Prueba de testeo del equipo | Anual | Especialista | Testeo fallido |
| Medir ECG del paciente | Diario | Operador | No detecta o mide el ECG |
| Prueba de parámetro ECG | Anual | Especialista | No detecta o mide ECG |
| Seleccionar potencia de carga | Diario | Operador | No cambia la potencia de carga |
| Prueba de carga y descarga | Anual | Especialista | Carga y descarga fuera de rango |
| Aplicar descarga | Diario | Operador | No aplica descarga |
| Prueba de módulo de batería | Anual | Especialista | No carga o detecta la batería |
| Prueba de módulo de carga | Anual | Especialista | No alimenta o carga la batería |
| Seleccionar entre modos | Diario | Especialista | No cambia de modos |
| Imprimir ECG | Diario | Especialista | No imprime |

| | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------------|
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime |
| | Detección de avería nueva | | Código de error: tarjeta de terapia |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.7.5. Análisis funcional.

En este cuarto paso analizaremos la pérdida de función a causa de cada falla que podamos encontrar. Este paso es opcional, pero se justifica en caso se trate de un equipo de criticidad alta o alto grado de complejidad, por ello es importante determinar todas las funciones y así podamos ofrecer un mantenimiento eficaz y seguro. De la misma manera como se realizó con el monitor de paciente y la incubadora de cultivo.

Tabla 36.

Análisis funcional – Desfibrilador monitor

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función |
|-------------------------------|------------|--------------|---------------------------|------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Desfibrilador no enciende | Da inicio a la operatividad |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende | Verificar la operatividad |
| Testeo inicial | Semanal | Operador | Testeo fallido | Que el equipo este operativo |
| Prueba de testeo del equipo | Anual | Especialista | Testeo fallido | Que el equipo este operativo |
| Medir ECG del paciente | Diario | Operador | No detecta o mide el ECG | Medir signo vitales - ECG |
| Prueba de parámetro ECG | Anual | Especialista | No detecta o mide ECG | Medir signo vitales - ECG |

| | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------------|--|
| Seleccionar potencia de carga | Diario | Operador | No cambia la potencia de carga | Elegir potencia de carga necesaria. |
| Prueba de carga y descarga | Anual | Especialista | Carga y descarga fuera de rango | Verificar la carga y descarga correcta |
| Aplicar descarga | Diario | Operador | No aplica descarga | Aplicar descarga para reanimación |
| Prueba de módulo de batería | Anual | Especialista | No carga o detecta la batería | Alimenta de energía al desfibrilador |
| Prueba de módulo de carga | Anual | Especialista | No alimenta o carga la batería | Alimenta de energía y carga la batería |
| Seleccionar entre modos | Diario | Especialista | No cambia de modos | Selecciona entre los modos de uso |
| Imprimir ECG | Diario | Especialista | No imprime | Imprime ECG |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime | Imprime ECG |
| | Detección de avería nueva | | Código de error: tarjeta de terapia | Envía la carga hacia las paletas |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández (2009).

3.7.6. Evaluación de consecuencia.

En el quinto paso debemos de analizar cada uno de las fallas, y de esta manera podemos determinar si las fallas son ocultas o evidentes y la consecuencia si la falla ocurre de un modo imprevisto “peligrosa u operacional”.

De igual modo, que el monitor de paciente, aplicaremos una matriz de criticidad ya que es importante, para así poder determinar si el riesgo es bajo, medio o alto y darle un

valor numérico. El cual resulta del producto de dos parámetros que son serenidad y probabilidad para ello nos apoyamos de la figura 00 y la tabla 16.

Para entender de mejor manera los niveles de riesgo, se realiza la siguiente guía de los valores numéricos y su representación del resultado de la evaluación de consecuencias a través de la matriz de criticidad.

Bajo 0 – 1 Riesgo Aceptable, en donde puedo tener el control y no sea necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Medio 3 – 5 Riesgo Tolerante, en donde aún tengo el control, pero es necesario intervenir o adicionar alguna tarea más.

Alto 6 – 9 Riesgo Inaceptable, en donde no tengo el control, y es necesario tareas de control de manera inmediata.

Tabla 37.

Evaluación de consecuencias – Desfibrilador monitor

| Tarea | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo |
|-------------------------------|--------------|---------------------------|------------------------------|---|
| Encendido de equipo | Operador | Desfibrilador no enciende | Da inicio a la operatividad | 3 – 2 – 6 |
| Prueba de encendido y apagado | Especialista | Desfibrilador no enciende | Verificar la operatividad | 3 – 2 – 6 |
| Testeo inicial | Operador | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 2 – 2 – 4 |
| Prueba de testeo del equipo | Especialista | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 2 – 2 – 4 |
| Medir ECG del paciente | Operador | No detecta o mide el ECG | Medir signo vitales - ECG | 2 – 2 – 4 |

| | | | | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------------|--|-----------|
| Prueba de parámetro ECG | Especialista | No detecta o mide ECG | Medir signo vitales - ECG | 2 – 2 – 4 |
| Seleccionar potencia de carga | Operador | No cambia la potencia de carga | Elegir potencia de carga necesaria. | 2 – 2 – 4 |
| Prueba de carga y descarga | Especialista | Carga y descarga fuera de rango | Verificar la carga y descarga correcta | 3 – 2 – 6 |
| Aplicar descarga | Operador | No aplica descarga | Aplicar descarga para reanimación | 3 – 3 – 9 |
| Prueba de módulo de batería | Especialista | No carga o detecta la batería | Alimenta de energía al desfibrilador | 2 – 2 – 4 |
| Prueba de módulo de carga | Especialista | No alimenta o carga la batería | Alimenta de energía y carga la batería | 3 – 2 – 6 |
| Seleccionar entre modos | Especialista | No cambia de modos | Selecciona entre los modos de uso | 2 – 2 – 4 |
| Imprimir ECG | Especialista | No imprime | Imprime ECG | 1 – 2 – 2 |
| Prueba de impresora | Especialista | No imprime | Imprime ECG | 1 – 2 – 2 |
| | | Código de error: tarjeta de terapia | Envía la carga hacia las paletas | 3 – 3 – 9 |

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.7.7. Definición de la política de mantenimiento.

En este paso se plantea como hoy en día la filosofía del mantenimiento moderno respalda más el estado de las consecuencias que de los propios bienes o activos en sí, por ello debemos de trabajar, analizando cada una de las fallas bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Es importante aplicar ello para garantizar el perfecto estado y funcionamiento de los equipos médicos. Además, de conservar en buen estado los activos que se encuentran en los diferentes proyectos, reducir tiempos y reducir costos.

Tabla 38.

Definición de la política de mantenimiento – Desfibrilador monitor

| Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Consecuencia sever – probab – riesgo | Política |
|------------|--------------|---------------------------|------------------------------|---|------------|
| Diario | Operador | Desfibrilador no enciende | Da inicio a la operatividad | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende | Verificar la operatividad | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| Semanal | Operador | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Anual | Especialista | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| Diario | Operador | No detecta o mide el ECG | Medir signo vitales - ECG | 2 – 2 – 4 | Inspección |

| | | | | | |
|--------|--------------|---------------------------------|--|-----------|------------|
| | | No detecta | Medir signo | | |
| Anual | Especialista | o mide ECG | vítales - ECG | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| | | | Elegir | | |
| Diario | Operador | No cambia la potencia de carga | potencia de carga necesaria. | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| | | Carga y descarga fuera de rango | Verificar la carga y descarga correcta | | |
| Anual | Especialista | | Aplicar | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| | | No aplica descarga | descarga para reanimación | | |
| Diario | Operador | | Alimenta de energía al desfibrilador | 3 – 3 – 9 | Inspección |
| | | No carga o detecta la batería | | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| | | No alimenta o carga la batería | Alimenta de energía y carga la batería | | |
| Anual | Especialista | | Selecciona | 3 – 2 – 6 | Inspección |
| | | No cambia de modos | entre los modos de uso | | |
| Diario | Especialista | | Imprime ECG | 2 – 2 – 4 | Inspección |
| | | No imprime | | 1 – 2 – 2 | pruebas |
| | | No imprime | Imprime ECG | | |
| Anual | Especialista | | | 1 – 2 – 2 | Pruebas |

| | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Detección de avería nueva | Código de error: tarjeta de terapia | Envía la carga hacia las paletas | 3 – 3 – 9 | No mantenimiento preventivo |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|

Nota. Información adaptada de *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* de Chica y Hernández (2009).

3.7.8. Agrupación y revisión.

En el paso siete, se mejora la productividad y eficiencia de los activos al asignar las tareas de mantenimiento a las personas más competentes y con experiencia, de acuerdo a los equipos biomédicos que puedan conocer y trabajar con mayor facilidad. El objetivo es lograr una gestión del mantenimiento efectiva y productiva. Por ello tenemos que tener en cuenta que es muy posible que las tareas y responsabilidades sean modificadas o transferidas.

Tabla 39.

Agrupación y revisión – Desfibrilador monitor

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla | Función | Tiempo estimado |
|-------------------------------|------------|--------------|---------------------------|------------------------------|-----------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Desfibrilador no enciende | Da inicio a la operatividad | 10' |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende | Verificar la operatividad | 10' |
| Testeo inicial | Semanal | Operador | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 15' |
| Prueba de testeo del equipo | Anual | Especialista | Testeo fallido | Que el equipo este operativo | 10' |
| Medir ECG del paciente | Diario | Operador | No detecta o mide el ECG | Medir signo vitales - ECG | 10' |

| | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------------|--|-----|
| Prueba de parámetro ECG | Anual | Especialista | No detecta o mide ECG | Medir signo vitales - ECG | 15' |
| Seleccionar potencia de carga | Diario | Operador | No cambia la potencia de carga | Elegir potencia de carga necesaria. | 10' |
| Prueba de carga y descarga | Anual | Especialista | Carga y descarga fuera de rango | Verificar la carga y descarga correcta | 20' |
| Aplicar descarga | Diario | Operador | No aplica descarga | Aplicar descarga para reanimación | 10' |
| Prueba de módulo de batería | Anual | Especialista | No carga o detecta la batería | Alimenta de energía al desfibrilador | 15' |
| Prueba de módulo de carga | Anual | Especialista | No alimenta o carga la batería | Alimenta de energía y carga la batería | 15' |
| Seleccionar entre modos | Diario | Operador | No cambia de modos | Selecciona entre los modos de uso | 10' |
| Imprimir ECG | Diario | Operador | No imprime | Imprime ECG | 10' |
| Prueba de impresora | Anual | Especialista | No imprime | Imprime ECG | 10' |
| | Detección de avería nueva | | Código de error: tarjeta de terapia | Envía la carga hacia las paletas | 60' |

Nota. Información adaptada de Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization) de Chica y Hernández. (2009)

Demostración de resultados.

Después de asentar las nuevas tareas y planes de trabajo, se evalúan los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, donde se muestra que hay un incremento de la disponibilidad de las incubadoras de cultivo en los diferentes proyectos del Grupo A.

Jaime rojas.

Tabla 40.

Indicadores de los Desfibrilador monitor – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 2 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 3 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 4 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 5 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 6 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 7 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 8 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 9 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 10 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |

Nota. Elaboración propia

Finalmente, como hemos podemos ver en la tabla 40, nuestra disponibilidad de nuestros equipos aumento en un 2.00% en los diferentes proyectos de la empresa.

3.7.9. Aprobación e implementación.

La aprobación de los líderes de la compañía es crucial en este proceso, sin embargo, puede ser complicada para aquellos con horarios ocupados y en empresas tradicionales.

3.7.10. Programa dinámico.

La secuencia de acciones del uno al nueve crea un enfoque lógico y económico para la gestión de proyectos. Es en este punto crítico donde se recopila la información y se administra eficazmente la operación, ya sea para mantenimiento de emergencia o programado.

Tabla 41.

Recopilación final de tareas – Desfibrilador monitor

| Tarea | Frecuencia | Responsable | Falla |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| Encendido de equipo | Diario | Operador | Desfibrilador no enciende |
| Testeo inicial | Semanal | Operador | Testeo fallido |
| Prueba de testeo del equipo | Anual | Especialista | Testeo fallido |
| Prueba de parámetro ECG | Anual | Especialista | No detecta o mide ECG |
| Prueba de encendido y apagado | Anual | Especialista | Desfibrilador no enciende |
| Prueba de carga y descarga | Anual | Especialista | Carga y descarga fuera de rango |
| Prueba de módulos | Anual | Especialista | No alimenta o carga la batería |

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Al finalizar mi proyecto laboral sobre la optimización del mantenimiento planeado, enfocado al mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos para la mejora de los tiempos. Hemos elegido tres dispositivos médicos para poder aplicar la metodología de gestión de calidad ya mencionada.

Una vez establecido los nuevos planes de trabajo y tareas por parte del operario y el especialista. Analizaremos los indicadores más resaltantes como la disponibilidad, número de fallas y tiempo. En la tabla 42 vamos a mostrar los valores numéricos de la disponibilidad en los tres dispositivos médicos y observamos que los indicadores han mejorado en comparación del planeamiento que contaba la empresa manufactura médica y ortopedia.

Tabla 42.

Indicadores de los Monitores de paciente – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| Proyecto 1 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 2 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 3 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 4 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 5 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 6 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 7 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 8 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 9 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |
| Proyecto 10 | 13 | 660.9 | 12.9 | 98.1 |

Nota. Elaboración propia

Tabla 43.

Indicadores de las Incubadoras de cultivo – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 2 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 3 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 4 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 5 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 6 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 7 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 8 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 9 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |
| Proyecto 10 | 8 | 526.5 | 21 | 96.1 |

Nota. Elaboración propia

Tabla 44.

Indicadores de los Desfibrilador monitor – Aplicando PMO

| Proyectos Grupo A. Jaime | N° Fallas | TMEF | TMPR | Disponibilidad (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Proyecto 1 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 2 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 3 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 4 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 5 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 6 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 7 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 8 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |

| | | | | |
|-------------|---|--------|----|-------------|
| Proyecto 9 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |
| Proyecto 10 | 7 | 1227.4 | 24 | 98.1 |

Nota. Elaboración propia

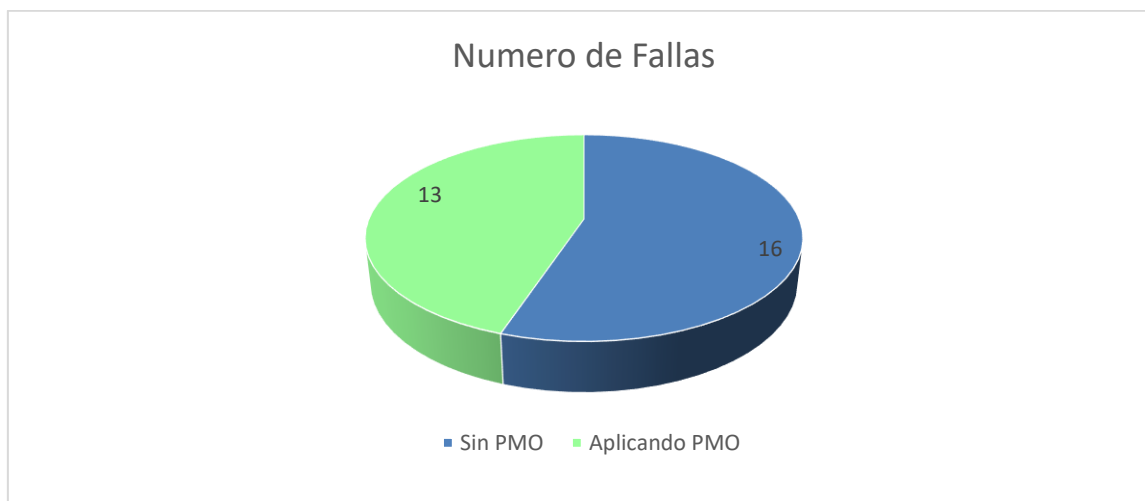
Como podemos observar en las tablas de indicadores del monitor de paciente, incubadora de cultivo y desfibrilador monitor. Al comparar la disponibilidad antes de aplicar el PMO y luego de aplicarla. Logramos una mejora en la disponibilidad en porcentaje de nuestros dispositivos médicos. Obteniendo un aumento del 2.00%, 3.80% y 2.00% respectivamente.

La disponibilidad, un indicador muy importante, debido a que estamos tratando con dispositivos médicos, los cuales realizan funciones de 24 horas continuas o más. Y muchos de ellos están asistiendo de manera directa a una persona. Por ende, es necesario contar con un mayor tiempo de disponibilidad en los dispositivos médicos.

A continuación, vamos a realizar una comparativa del número de falla que existe en la base de datos de la empresa, con el número de falla después de aplicar el PMO en el monitor de paciente, incubadora de cultivo y desfibrilador monitor. Podemos observar cómo se ha ido registrado nuevas tareas, fallas, agrupando tareas, filtrando fallas, etc.

Figura 29.

Número de fallas – Monitor de paciente

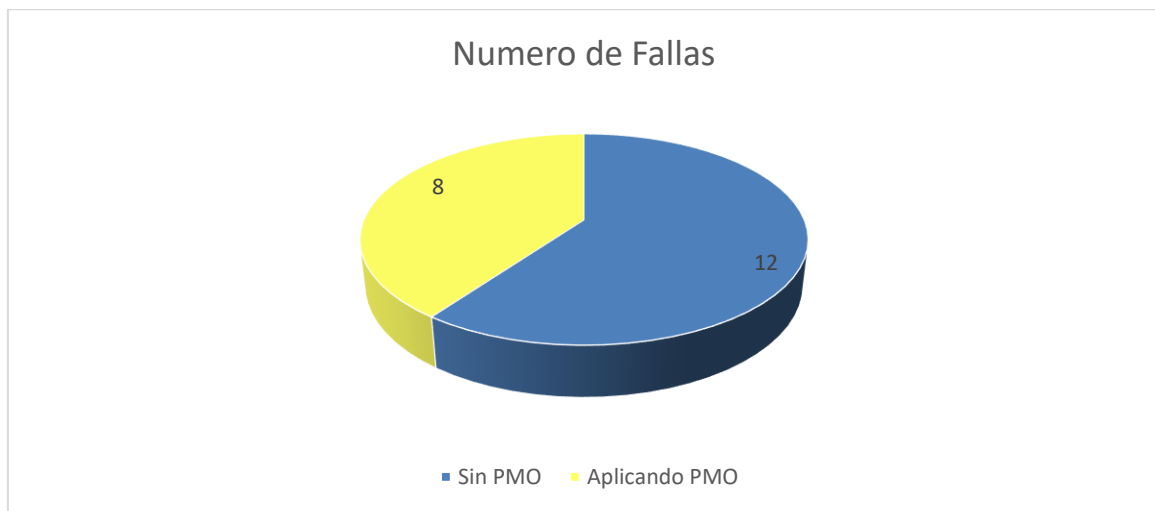


Nota. Elaboración propia

Como podemos observar el número de fallas en los monitores de paciente aplicando PMO reduce en un 18.75%. lo que nos permite reducir tiempo al momento de realizar las tareas del mantenimiento preventivo.

Figura 30.

Número de fallas – Incubadora de cultivo

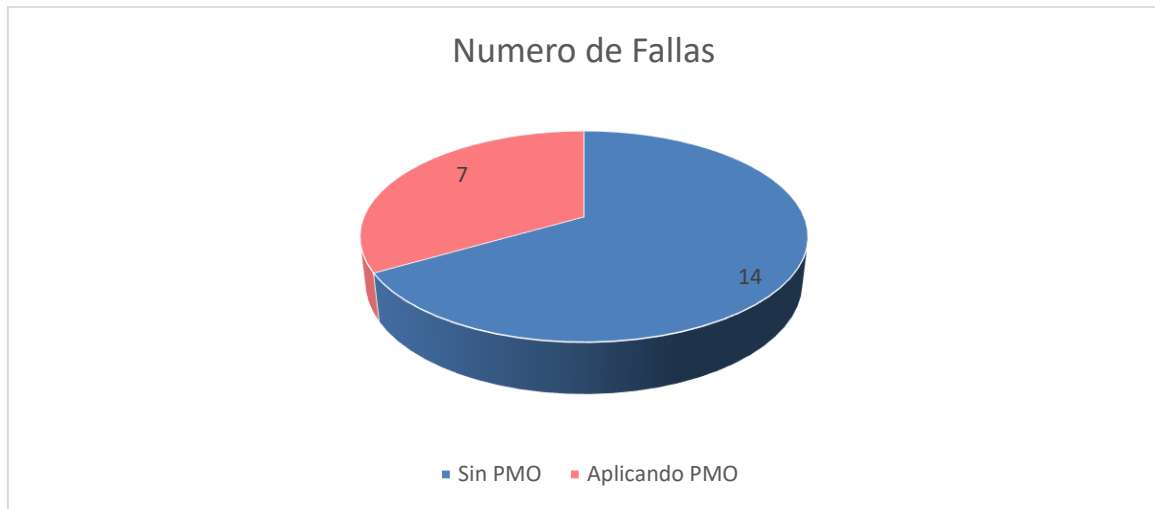


Nota. Elaboración propia

Como podemos observar el número de fallas en las incubadoras de cultivo aplicando PMO reduce en un 33.33%. lo que nos permite reducir tiempo al momento de realizar las tareas del mantenimiento preventivo.

Figura 31.

Número de fallas – Desfibrilador monitor



Nota. Elaboración propia

En los desfibriladores monitor, podemos notar que el número de fallas en las aplicando PMO reduce en un 50%. lo que nos permite reducir tiempo al momento de realizar las tareas del mantenimiento preventivo.

En este proyecto laboral tenemos como indicador el poder evaluar qué tan factible es implementar la metodología de optimización del mantenimiento planeado (PMO) en los equipos o dispositivos biomédicos, comparar el plan de mantenimiento existente con el plan de mantenimiento aplicando PMO.

Para obtener resultados óptimos, debemos partir de la información que nosotros podamos tener y descubrir, ya sea de informes técnicos realizado por parte de la empresa y/o de los especialistas, los planes de mantenimiento, las tareas y fallas ya existentes que están en la base de datos de la empresa.

A continuación, podemos apreciar el impacto positivo que tiene el poder conocer el plan de mantenimiento existente. Ya que con ello podemos partir con una base, un historial de planes, tareas, fallas, etc. Los cuales nos ayuda a poder sintetizar nuestro plan de mantenimiento preventivo, logrando reducir tareas y, por ende, reducir tiempo.

Figura 32.

Plan de mantenimiento preventivo Monitor de paciente – Aplicando PMO

| N° | Sistema | Tarea | Responsable | Frecuencia | Tipo de tarea | Tipo de mantenimiento | Tiempo estimado |
|----|---------------------|--|--------------|------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | Monitor de paciente | Prueba de encendido y apagado | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 2 | Monitor de paciente | Verificar interface del monitor | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 3 | Monitor de paciente | Prueba de impresora | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 4 | Monitor de paciente | Prueba de testeo de temperatura | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 20 minutos |
| 5 | Monitor de paciente | Prueba con simulador de signos vitales | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |
| 6 | Monitor de paciente | Limpieza integral externa | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 7 | Monitor de paciente | Inspección externa de equipo | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 8 | Monitor de paciente | Limpieza integral interna | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 9 | Monitor de paciente | Inspección interna | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 10 | Monitor de paciente | Lubricación y engrase | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 11 | Monitor de paciente | Reemplazar ciertas piezas | Especialista | Anual | Tarea de desarme y reemplazo | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |
| 12 | Monitor de paciente | Ajuste y revisión eléctrica | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 13 | Monitor de paciente | Pruebas de operatividad | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |

Nota. Elaboración propia.

En la figura podemos observar que contamos con 13 tareas en las que ya involucran los pasos establecidos de un mantenimiento preventivo.

En la racionalización y revisión del análisis de modos de falla, encontramos un total de 19 fallas sin contar las tareas de un mantenimiento preventivo. esta cantidad sumada al total de fallas, nos dan una cantidad de 29 tareas que conformarían el mantenimiento

preventivo anterior. Comparando los planes de mantenimiento podemos obtener una diferencia de 16 tareas, lo cual reduce el tiempo de trabajo.

Figura 33.

Plan de mantenimiento preventivo Incubadora de cultivo – Aplicando PMO

| N° | Sistema | Tarea | Responsable | Frecuencia | Tipo de tarea | Tipo de mantenimiento | Tiempo estimado |
|----|-----------------------|---------------------------------|--------------|------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | Incubadora de cultivo | Prueba de encendido y apagado | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 2 | Incubadora de cultivo | Prueba del módulo de control | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 3 | Incubadora de cultivo | Prueba de testeo de temperatura | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 60 minutos |
| 4 | Incubadora de cultivo | Limpieza integral externa | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 5 | Incubadora de cultivo | Inspección externa de equipo | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 6 | Incubadora de cultivo | Limpieza integral interna | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 7 | Incubadora de cultivo | Inspección interna | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 8 | Incubadora de cultivo | Lubricación y engrase | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 9 | Incubadora de cultivo | Reemplazar ciertas piezas | Especialista | Semestral | Tarea de desarme y reemplazo | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |
| 10 | Incubadora de cultivo | Ajuste y revisión eléctrica | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 11 | Incubadora de cultivo | Pruebas de operatividad | Especialista | Semestral | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |

Nota. Elaboración propia.

En la figura podemos observar que contamos con 11 tareas en las que ya involucran los pasos establecidos de un mantenimiento preventivo.

En la racionalización y revisión del análisis de modos de falla, encontramos un total de 14 fallas sin contar las tareas de un mantenimiento preventivo. Esta cantidad sumada al total de fallas, nos dan una cantidad de 24 tareas que conformarían el mantenimiento

preventivo anterior. Comparando los planes de mantenimiento, podemos obtener una diferencia de 13 tareas, lo cual reduce el tiempo de trabajo.

Figura 34.

Plan de mantenimiento preventivo Desfibrilador monitor – Aplicando PMO

| N° | Sistema | Tarea | Responsable | Frecuencia | Tipo de tarea | Tipo de mantenimiento | Tiempo estimado |
|----|----------------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | Desfibrilador monitor | Prueba de encendido y apagado | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 2 | Desfibrilador monitor | Prueba de testeo del equipo | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 3 | Desfibrilador monitor | Prueba de carga y descarga | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 20 minutos |
| 4 | Desfibrilador monitor | Limpieza integral externa | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 5 | Desfibrilador monitor de cultivo | Inspección externa de equipo | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 6 | Desfibrilador monitor | Inspección interna | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 15 minutos |
| 7 | Desfibrilador monitor | Reemplazar ciertas piezas | Especialista | Anual | Tarea de desarme y reemplazo | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |
| 8 | Desfibrilador monitor | Ajuste y revisión eléctrica | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 10 minutos |
| 9 | Desfibrilador monitor | Pruebas de operatividad | Especialista | Anual | Tarea de Inspección | Mantenimiento preventivo | 30 minutos |

Nota. Elaboración propia.

En la figura podemos observar que contamos con 09 tareas en las que ya involucran los pasos establecidos de un mantenimiento preventivo.

En la racionalización y revisión del análisis de modos de falla, encontramos un total de 15 fallas sin contar las tareas de un mantenimiento preventivo. Esta cantidad sumada al total de fallas, nos dan una cantidad de 25 tareas que conformarían el mantenimiento preventivo anterior. Comparando los planes de mantenimiento, podemos obtener una diferencia de 16 tareas, lo cual reduce el tiempo de trabajo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Finalizando mi trabajo de suficiencia profesional, puedo expresar la gran importancia de aplicar lo aprendido en mi etapa universitaria, especialmente enfocada a las materias de electrónica, manufactura, mecánica, y redes. Materias que me ayudaron a desenvolverme y especializarme en el campo de la biomédica enfocado en los dispositivos médicos. Además, de ello la experiencia que fue adquiriendo con los años en este campo, me es de gran ayuda para poder realizar diferentes tareas como la instalación, capacitación, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. Por todo ello es importante mencionar que el Grupo A. Jaime Rojas, sigue ampliando mi experiencia en el campo biomédico, con las diferentes capacitaciones que brindan de la mano de las marcas con las que trabajamos.

Recuerdo que al ingresar a la empresa de Manufactura Medica y Ortopedia, que forma parte del Grupo A. Jaime Rojas. Me trace implementar un plan de mantenimiento para las diferentes actividades que realizo en mi puesto. Debido a que observe poca eficiencia en los planes existentes.

La optimización del mantenimiento planeado, es una metodología de gestión de calidad, que es muy útil para nosotros el departamento técnico, debido a que una de las tareas más frecuentes es el realizar los mantenimientos preventivos de los equipos biomédicos que se encuentran en diferentes hospitales o clínicas que forman parte de los proyectos de Grupo A. Jaime Rojas.

Aplicando esta metodología he obtenido mejoras en el procedimiento de las tareas en el mantenimiento preventivo, en la disponibilidad del equipo. Si bien es cierto, por trabajar de la mano con el sector salud, es importante tener en buen estado los dispositivos médicos, ya que muchos de ellos están operando directamente con los pacientes, adultos,

pediátricos y neonatos, además es primordial en ciertas áreas que cuentan con un nivel de complejidad y atención alta y por ello no pueden fallar en ningún procedimiento que realicen. Entre ellos tenemos a los dispositivos médicos que se encuentran en un área de emergencia, cirugía, unidad de cuidados intensivos, etc.

Asimismo, con esta metodología podemos reducir tareas, fallas, y procesos, optimizando los tiempos en los mantenimientos preventivos de los diferentes equipos biomédicos que contamos en Manufactura Médica y Ortopedia.

Recomendaciones

Implementar el sistema de optimización del mantenimiento planeado (PMO) no ayuda a mejorar los tiempos del mantenimiento preventivo, reduciendo las fallas, tareas y aumentando la disponibilidad de los dispositivos biomédicos.

Se recomienda hacer una recolección a fondo de las tareas, los planes de mantenimiento existentes, los informes técnicos. Es importante tener la mayor información para poder realizar una correcta aplicación del PMO.

Se recomienda agregar o ir actualizando las fallas que se puedan encontrar de los diferentes dispositivos médicos, para así poder tener un mayor alcance de las tareas que podamos realizar y del mismo modo aumentar o disminuir las tareas según el plan de mantenimiento que estamos trabajando.

Se recomienda realizar un seguimiento y supervisión del cumplimiento del sistema PMO, para poder identificar futura fallas, para así garantizar la disponibilidad de los dispositivos médicos.

Se recomienda al Grupo A. Jaime Rojas a aplicar el sistema PMO a diferentes dispositivos médicos que hay en los diversos proyectos de la empresa, para así poder reducir los tiempos en los mantenimientos preventivos.

REFERENCIAS

- 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 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. In *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41227>
- Arroyo Vaca, C. S., & Obando Quito, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *Journal of Engineering Sciences*, 4(10), 59–69.
<https://doi.org/10.53734/ESCI.VOL4.ID240>
- Bermeo Varon, L. A., Vargas Vásquez, J. E., & Erazo Benavidez, N. (2022). Aplicación del algoritmo de K-NN en la asignación de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo para equipos biomédicos. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 39–47. <https://doi.org/10.17981/CESTA.03.01.2022.05>
- Chica Mejía, G. H., & Hernández Florez, J. G. (2009). *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization)* [Tesis de grado, Universidad EAFIT].
<http://hdl.handle.net/10784/4331>
- Coronado Agurto, O. E. (2023). *Mantenimiento y la eficiencia de los equipos biomédicos en el seguro social de salud – Huacho 2020* [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7961>
- Cuéllar Velilla, G. A., & Oyola Miranda, C. A. (2010). Optimización de mantenimiento planeado (PMO) en puerto zona franca Argos S.A. de Cartagena [Trabajo de especialización, Universidad Tecnológica de Bolívar]. In

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0061422.pdf>.

<https://hdl.handle.net/20.500.12585/366>

García Palencia, O. (2007). El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado. *Asociación Chilena de Mantenimiento Industrial*, 1–17.

https://www.researchgate.net/publication/320540199_El_Sistema_PMO_Optimizacion_Real_del_Mantenimiento_Planeado

Guevara Sosa, W. G., & Vera Sanchez, J. E. (2021). Sistema web para el proceso de mantenimiento correctivo de equipos de embarcaciones pesqueras en la Empresa Reparaciones Navales e Industriales [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. In *Repositorio Institucional - UCV*.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91396>

Machaca Miranda, T. J., & Portugal Mendiguri, R. F. (2018). *Repositorio Institucional UCSP* [Tesis de grado, Universidad Católica San Pablo].

<https://repositorio.ucsp.edu.pe/item/11a274b7-fe24-4706-8687-9fb2fda42f43>

Mamani Cabellos, L. M. (2019). *Mejora y Actualización del Plan de Mantenimiento Preventivo de Los Equipos Biomédicos del Área Central de Esterilización del Complejo Hospitalario Guillermo Kaelin de la Fuente* [Tesis de grado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur].

<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/404>

Perez Rondon, F. A. (2021). Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial. In *Universidad Santo Tomás*. Universidad Santo Tomás.

<https://repository.usta.edu.co/>

Pillado Portillo, M., Castillo Pérez, V. H., & De La Riva Rodríguez, J. (2022).

Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la

confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y*

El Desarrollo Educativo, 12(24), 1–17. <https://doi.org/10.23913/RIDE.V12I24.1218>

Primero, D. F., Diaz, J. C., García, L. F., & González-Vargas, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación Valle del Lili. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 81–87.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-

[97622015000200021&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622015000200021&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Rodriguez, E., Miguel, A., & Sanchez, M. C. (2001). Gestión de mantenimiento para equipos, medicos. *Sociedad Cubana de Bioingeniería*, 22(1), 59–67.

<https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=02585944&v=2.1&it=r&id=GAL>

[E%7CA146633365&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext](https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=02585944&v=2.1&it=r&id=GAL)

Valencia Valencia, N. D. (2023). *Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de cilindros de uso domésticos de gas licuado de petróleo GLP* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana].

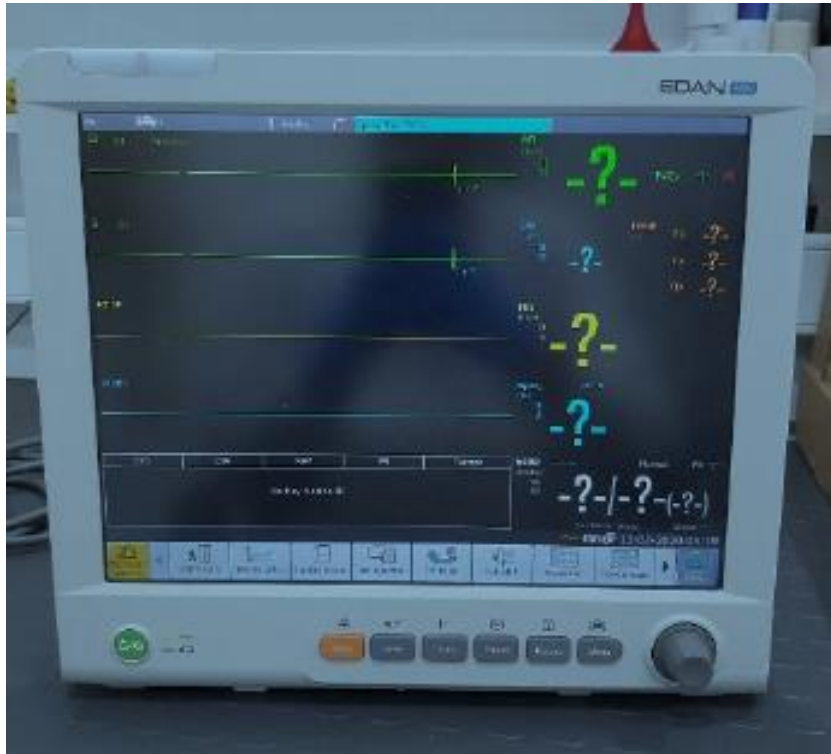
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2499>

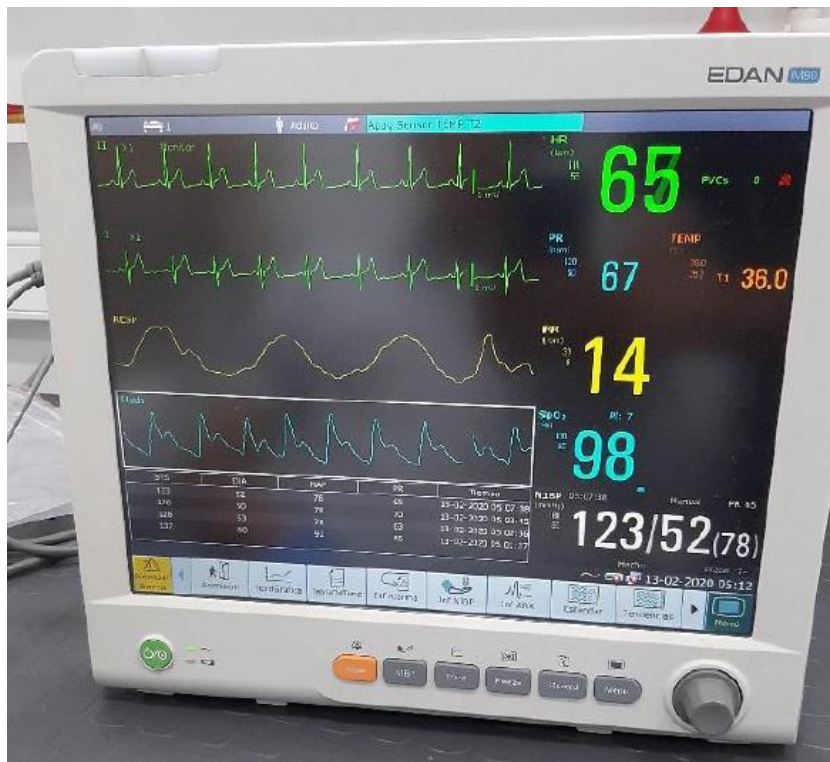
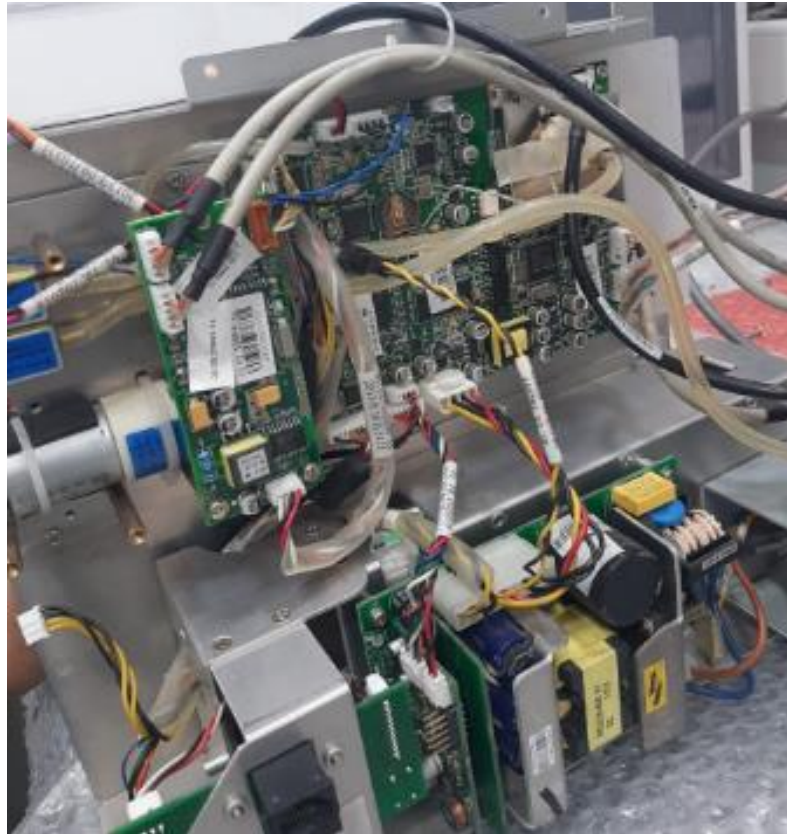
Astete Aparicio, R. G., Palomino Cruz, F. M. (2016). *Plan de mantenimiento preventivo bajo los lineamientos de la OMS de los equipos biomédicos de las unidades críticas Del Hospital Regional Del Cusco 2016* [Tesis de grado, Universidad Andina Del Cusco].

<https://hdl.handle.net/20.500.12557/834>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Imágenes del mantenimiento preventivo del monitor de paciente



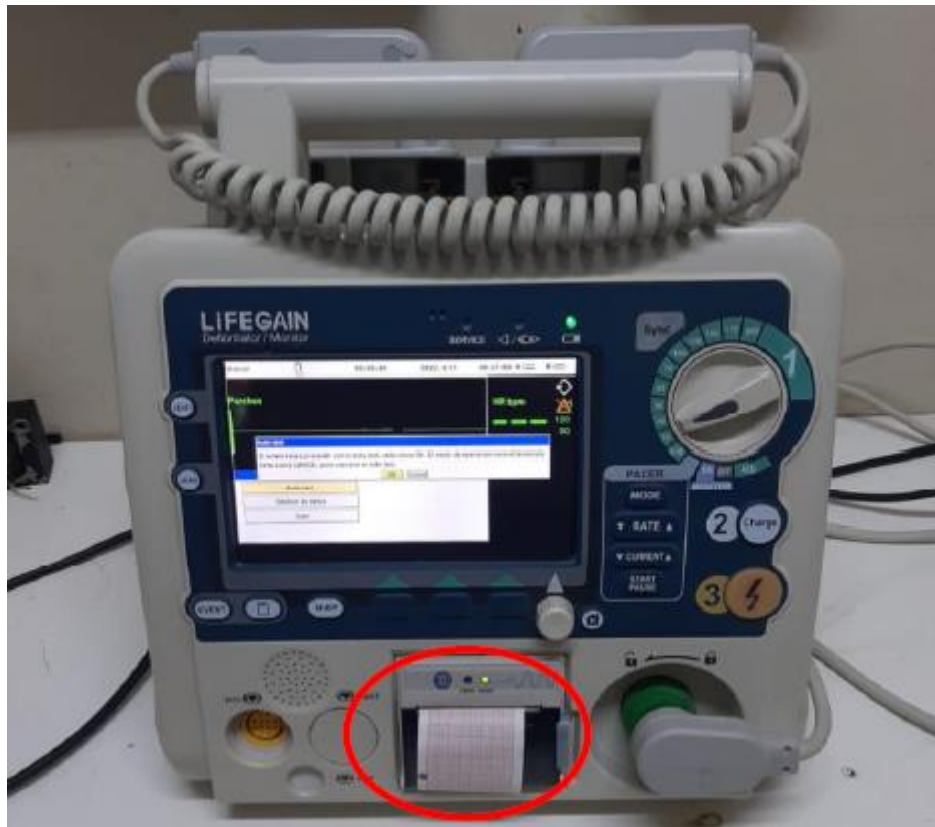


ANEXO N° 2. Imágenes del mantenimiento preventivo de la incubadora de cultivo





ANEXO N° 3. Imágenes del mantenimiento preventivo del desfibrilador monitor





ANEXO N° 4. Matriz de consistencia

Título: Optimización de los tiempos en el mantenimiento preventivo para los equipos biomédicos, utilizando PMO (metodología de gestión de calidad)

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLE | METODOLOGÍA |
|---|--|---|--|---|
| <p>Problema General</p> <p>¿De qué manera la optimización del mantenimiento planeado (PMO) se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Implementar la optimización del mantenimiento planeado (PMO) para reducir los tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> | <p>Hipótesis General</p> <p>El sistema PMO se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> | <p>Variable Independiente</p> <p>Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO)</p> | <p>Enfoque</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel</p> <p>Descriptiva y aplicada</p> |
| <p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera los planes de mantenimientos existentes se relacionan con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?</p> <p>¿De qué manera disminuir el número de falla se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos</p> | <p>Objetivos Específicos</p> <p>Analizar los planes de mantenimientos existentes para reducir los tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> <p>Determinar disminuir el número de falla para reducir los tiempos en</p> | <p>Hipótesis Específicos</p> <p>Los planes de mantenimientos existentes se relacionan con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> | <p>Variable dependiente</p> <p>Mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos</p> | <p>Diseño</p> <p>Preexperimental</p> <p>Población</p> <p>Se tomo 10 proyectos del Grupo A. Jaime Rojas</p> <p>Materiales</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?</p> <p>¿De qué manera aumentar la disponibilidad se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.?</p> | <p>el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> <p>Determinar aumentar la disponibilidad para reducir los de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> | <p>Disminuir el número de falla se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> <p>Aumentar la disponibilidad se relaciona con la reducción de tiempos en el mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos de la empresa MANUFACTURA MEDICA Y ORTOPEDIA S.A.C.</p> | <p>Los materiales claves que se usaron fueron, monitor de paciente, incubadora de cultivo y desfibrilador monitor</p> <p>Instrumentos</p> <p>Se aplico los nueve pasos que conforman la metodología “Optimización del mantenimiento planeado”</p> |
|--|--|---|--|