

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR GRADO DE LICENCIATURA



**“Diseño de un Modelo Gestión en Mantenimiento para la empresa MOOG Medical
Devices Group”**

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento
Industrial con el grado de Licenciatura

Estudiante:
Carlos Alfredo Espinoza Alfaro

Cartago, Costa Rica 2018



Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)


CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 13/11/18

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Carlos Alfredo Espinoza Alfaro
carné No. 200938740, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento
Industrial, presentado en la fecha 14/11/18, con el título Diseño
de un Modelo de Gestión en Mantenimiento para la
empresa M006 Medical Devices Group.

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante: 
Correo electrónico: carcesp1220@gmail.com
Cédula No.: 2 0694 0654

Profesor Asesor

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Asesor Industrial

Ing. Sergio Phillips

Tribunal Examinador

Ing. Juan Pablo Arias

Ing. Joshua Guzmán

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y EMPRESA

Información del estudiante

<i>Nombre</i>	Carlos Alfredo Espinoza Alfaro
<i>Cédula</i>	2 0694 0654
<i>Carné TEC</i>	200938740
<i>Dirección de residencia</i>	Urbanización las Mercedes, 300 m Norte y 150 m Oeste de la Escuela Eulogia Ruiz, distrito central, Grecia, Alajuela, Costa Rica.
<i>Teléfono celular</i>	8702 9076
<i>Correo electrónico</i>	caresp1220@gmail.com/cespinoza@moog.com

Información del proyecto

<i>Nombre del proyecto</i>	Diseño de un Modelo Gestión para la empresa MOOG MDG
<i>Profesor asesor</i>	Ing. Carlos Piedra Santamaría
<i>Horario de trabajo del estudiante</i>	Lunes a viernes 8:00 am-5:00 pm

Información de la empresa

<i>Dirección</i>	Edificio B9, Zona Franca El Coyol, ubicado en el Coyol, Alajuela, Costa Rica
<i>Actividad principal</i>	Manufactura de dispositivos médicos
<i>Teléfono</i>	

Dedicatoria

A mi familia, que es lo más preciado que tengo, a mis padres Carlos y Marta, mis hermanas Mari, Nene y Gabi, a mi sobrina Sofi y al gordo, ¡los amo! ¡Gracias por todo su apoyo!

A mi novia Kimberly, a quien amo y aprecio mucho, gracias por ser mi compañera en este proceso y apoyarme en estos dos años de mi vida.

A las personas que de manera indirecta contribuyeron para que lograra alcanzar este punto de mi carrera.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por ayudarme todos estos años, a mi novia Kimberly por su apoyo, a mis amigos cercanos, quienes me motivaron en los momentos de duda.

Al profesor Carlos Piedra Santamaría por su guía durante el desarrollo del proyecto, al profesor Luis Gómez por su consejo y apoyo.

Al personal de MOOG, Samantha Kohkemper, Sergio Phillips, Daniel Aguilar, Roger Chavarría y al personal técnico.

Índice General

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Capítulo 1. Introducción	3
1.1 Introducción	3
1.2 Generalidades de la Empresa	5
1.3 Partenón.....	8
1.4 Misión MOOG	9
1.5 Visión MOOG.....	9
1.6 Valores	9
1.7 Pilares	9
1.8 Estructura Organizacional.....	10
1.9 Proceso productivo.....	10
1.9.1 Línea Enteral.....	11
1.9.2 Línea IV	12
Capítulo 2. Planteamiento del problema.....	13
2.1 Problema y situación actual	13
2.2 Justificación del proyecto	16
2.3 Alcance	20
2.4 Limitaciones.....	21
2.3 Objetivos	22
2.3.1 Objetivo general.....	22
2.3.2 Objetivos específicos	22
Capítulo 3. Marco teórico	23
3.1 Modelo de Gestión de Mantenimiento.....	23
3.2 Proceso de Gestión de Mantenimiento	23
3.3 Eficacia y eficiencia de la Gestión de Mantenimiento	24
3.4 Principios básicos en la definición.....	25
3.5 MGM	26
3.6 Mejora continua	27
3.7 Cuadro de Mando Integral	28
3.7.1 Indicadores.....	31
3.8 Análisis de criticidad integral de activos físicos.....	34

3.8.1 Definición de riesgo.....	35
3.8.2 Técnicas semicuantitativas de riesgo.....	36
3.8.3 Modelo de Criticidad Semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo)	36
3.9 Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM).....	39
3.9.1 Definición de fallos funcionales	39
3.9.2 Definición de modo de fallos.....	39
3.9.3 Definición de los efectos y consecuencias de los modos de fallos.....	40
3.9.4 Actividades de mantenimiento preventivas (Proactivas).....	41
3.9.5 Actividades de mantenimiento correctivas (Proactivas).....	42
Capítulo 4. Análisis departamental.....	43
4.1 Situación actual.....	43
4.2 Auditoría MES	46
Capítulo 5. Modelo de Gestión en Mantenimiento.....	57
5.1 Modelo de Gestión en Mantenimiento Propuesto.....	57
5.1.1 Normativas.....	56
5.1.2 Planificación	56
5.1.3 Procesos de soporte.....	57
5.1.3 Ejecución del mantenimiento.....	58
5.1.4 Control y mejora	58
5.1.5 Requisitos y satisfacción.....	58
5.2 Jerarquización de Equipos y Análisis de Criticidad por metodología CTR (Criticidad Total por Riesgo)	59
5.2.1 Análisis CTR en equipo Traveling Head Press	60
5.2.2 Análisis CTR en equipo DOBOY.....	61
5.2.3 Análisis CTR en equipo ACLAS.....	61
5.2.4 Análisis CTR en equipo Pad Printer.....	62
5.2.5 Análisis CTR en equipo RF Welder Machine	62
5.2.6 Jerarquía de equipos.....	63
5.3 Cuadro de Mando Integral (CMI).....	64
5.3.1 Metodología de desarrollo del CMI.....	64
5.3.2 Análisis FODA	65
5.3.3 Definición de objetivos.....	66
5.3.4 Selección de indicadores del CMI	70

5.3.5 Codificación y rangos de indicadores del CMI	74
5.3.6 Cuadro de Mando Integral propuesto para MOOG MDG	75
5.4 RCM.....	76
5.4.1 Costo de mantenimiento preventivo	76
5.5 Sistema de información de mantenimiento.....	79
Conclusiones	80
Recomendaciones	81
Bibliografía	82
Anexos	84
Apéndices.....	85
A. Cuestionario Norma MES	85
B. Matriz de criticidad por el método CTR	90
C. Hoja de RCM del equipo RF Welder Machine	91
D. Plan de Mantenimiento Preventivo para el equipo RF Welder Machine	95

Índice de Tablas

TABLA 1. Distribución de turnos. Fuente: Elaboración propia (Microsoft propia).	10
TABLA 2. Datos de acciones correctivas y costos asociados de Línea productiva Enteral. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel).	14
TABLA 3. Enfoque de Indicadores Técnicos-Económicos. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	30
TABLA 4. Puntuación y Categorías de calificación norma MES. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft World)	47
TABLA 5. Categorías de calificación norma MES. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Word).	48
TABLA 6. Evaluación norma MES de Recursos Gerenciales en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	49
TABLA 7. Evaluación norma MES de Gerencia de la información en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	50
TABLA 8. Evaluación de norma MES de Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	51
TABLA 9. Evaluación de norma MES de Planificación y Ejecución en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	52
TABLA 10. Evaluación de norma MES de Soporte, Calidad y Motivación en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	53
TABLA 11. Resultados auditoría MES en el departamento de Mantenimiento de MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	54
TABLA 12. Equipos de Línea Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	59
TABLA 13. Puntuación para cálculo de método CTR. Fuente: Elaboración propia. (Microsoft Excel).	60
TABLA 14. Matriz CTR de equipo Traveling Head Press. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	60
TABLA 15. Matriz CTR de equipo DOBOY. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	61
TABLA 16. Matriz CTR de equipo ACLAS. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	61
TABLA 17. Matriz CTR de equipo Pad Printer. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	62
TABLA 18. Matriz CTR de equipo RF Welder Machine. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).	62
TABLA 19. Jerarquización de equipos en Línea de producción Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	63
TABLA 20. Análisis FODA del Departamento de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word)	65
TABLA 21. Objetivos Financieros del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	66
TABLA 22. Objetivos para Clientes del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	67
TABLA 23. Objetivos de Procesos Internos del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	68
TABLA 24. Objetivo de Crecimiento y Personal de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	69
TABLA 25. Indicadores de la perspectiva Financiera del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word). ..	70
TABLA 26. Indicadores de la perspectiva de Clientes del CMI, Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word). ..	71
TABLA 27. Indicadores de la perspectiva de Procesos Internos del CMI. Fuente: Elaboración propia (Elaboración propia).	72
TABLA 28. Indicador de perspectiva de Crecimiento y Personal de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	73
TABLA 29. Codificación y Rangos de Indicadores del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	74
TABLA 30. Cuadro de Mando Integral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Escel).	75

Índice de Figuras

FIGURA 1. Principales empresas exportadoras de equipo de precisión y médico. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017 PROCOMER.	6
FIGURA 2. Set de Alimentación Enteral. Fuente: MOOG MDG.	7
FIGURA 3. Set Intravenoso. Fuente: MOOG MDG.	7
FIGURA 4. Partenón. Fuente: MOOG MDG.	8
FIGURA 5. Estructura Organizacional. Fuente: MOOG MDG.	10
FIGURA 6. Línea de producción Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	11
FIGURA 7. Ensamble ACLAS. Fuente: MOOG MDG.	11
FIGURA 8. Línea de producción IV. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	12
FIGURA 9. Problema Por Resolver. Fuente: Elaboración Propia. (Microsoft Word).	15
FIGURA 10. Crecimiento Industria Médica en CR 2013-2017. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017 PROCOMER.	16
FIGURA 11. Principales Sectores de Exportación en CR 2017. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017, PROCOMER.	16
FIGURA 12. Modelo en Gestión de Mantenimiento basado en norma ISO 9001:2000. Fuente: López, M. Crespo A. Un Modelo de Referencia para la Gestión del Mantenimiento.	18
FIGURA 13. Modelo para la definición de la Estrategia de Mantenimiento. Fuente: (Crespo, 2007).	25
FIGURA 14. Modelo del proceso de Gestión del Mantenimiento MGM. Fuente: (Crespo, 2007).	26
FIGURA 15. Ciclo para Mantenimiento de Mejora Continua. Fuente: Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, && Crespo, 2014.	28
FIGURA 16. Estructura del BSC. Fuente: Amendola L. 2015.	29
FIGURA 17. Fases de Implementación BSC. Fuente: Amendola L, 2015.	31
FIGURA 18. Determinación del Riesgo. Fuente: Santos J, Gutiérrez E, Strefezza M, & Miguel Agüero. (2013).	35
FIGURA 19. Matriz de Criticidad. Fuente: Santos J, Gutiérrez E, Strefezza M, & Miguel Agüero. (2013).	38
FIGURA 20. Tendencia de horas extras laboradas en Oct17-Ago18. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word),	44
FIGURA 21. Gasto monetario en repuesto para equipos de producción. Fuente MOOG MDG.	45
FIGURA 22. Gráfico Radar de los resultados de auditoría MES en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	55
FIGURA 23. Modelo de Gestión en Mantenimiento propuesto en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).	55
FIGURA 24. QAD. Fuente: QAD Inc.	79

Resumen

La excelencia operacional que buscan las empresas en esta década se debe al amplio mercado y competencia que existen actualmente, MOOG MDG no es la excepción de esta competencia, por lo que la Organización se encuentra en la constante búsqueda por optimizar los costos de producción, salvaguardando la calidad que radica en el proceso de fabricación, cumpliendo con las necesidades del cliente final o consumidor.

Para lograr esta excelencia operacional, las compañías deben contar para el caso del área de Mantenimiento, con estrategias que permitan llevar y mantener los equipos a la condición requerida por la unidad de negocio, es a partir de este punto, donde un Modelo de Gestión en Mantenimiento contribuye como un factor clave para alcanzar las metas y realizar el cumplimiento de objetivos que buscan el crecimiento de la organización.

Actualmente la Empresa intenta solventar problemas en sublíneas de ensamble del producto principal, el cual es el Set de Alimentación Enteral, por lo que el Modelo de Gestión en Mantenimiento desarrollado en este proyecto, a partir de metodologías como el Cuadro de Mando Integral que define los objetivos necesarios, la aplicación de la Auditoría de Mantenimiento (MES) que determina la condición actual del Departamento, la implantación del método de criticidad y jerarquización de equipos (CTR) que definen los equipos críticos que requieren mayor atención y recursos, el uso del Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM) para detectar los modos de fallo de los equipos críticos y plantear acciones proactivas mediante Planes de Mantenimiento, logran en conjunto, atacar el problema actual presente en la organización mediante el incremento de la disponibilidad asociada al contexto operacional.

Abstract

The operational excellence that companies seek in this decade is due to the broad market and competition that currently exists, MOOG MDG is not the exception of this competition, so this organization is in the constant search to optimize production costs, safeguarding the quality that lies in the manufacturing process, meeting the needs of the end customer or consumer.

To achieve this operational excellence, companies must have in the case of the Maintenance area, strategies that allow the equipment to be carried and maintained to the condition required by the business unit. It is from this point, where a Maintenance Management Model contributes as a key factor to achieve the goals and fulfill the objectives that seek the growth of the organization.

Currently the organization tries to solve problems in sub lines of assembly of the main product which is the Enteral Feeding Set, for which the Maintenance Management Model developed in this project, from methodologies such as the Balanced Score Card that defines the necessary objectives, the application of the Maintenance Audit (MES) that determines the current condition of the department, the implementation of the criticality and equipment hierarchization (CTR) method that define the critical equipment that requires greater attention and resources, the use of Reliability Centered Maintenance (RCM) to detect the failure modes of critical equipment and propose proactive actions through Maintenance Plans, they achieve together, attack the current problem present in the organization by increasing the availability associated with the operational context.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción

La moderna Gestión del Mantenimiento integra una serie de metodologías aplicadas tanto en el Departamento de Mantenimiento, como en los equipos de producción, estas metodologías son claves para crear todas aquellas actividades que permiten formular los objetivos y las prioridades del departamento, los objetivos vistos como las metas asignadas y aceptadas por la Gerencia del Mantenimiento.

Para la realización o cumplimiento de los objetivos, se deben aplicar un modelo como el Cuadro de Mando Integral, este facilita, primeramente, la traducción de la misión de la unidad de negocio que es MOOG MDG como tal, y segundo, la estrategia en un conjunto de objetivos y medidas cuantificables. Seguidamente de la definición del CMI, el Modelo de gestión en Mantenimiento involucra la aplicación de auditorías que miden la efectividad de la gestión actual del mantenimiento, mediante el exhaustivo análisis de una variedad de factores que contribuyen como un conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento al sistema de producción (Parra & Crespo, 2015).

A partir de la condición del Departamento de Mantenimiento se debe plantear dónde es necesario invertir recursos basados en los problemas que la Organización enfrenta. Es partir de este punto donde el modelo aplica metodologías como la jerarquización de equipos, análisis de criticidad, pues estas permiten identificar la importancia de los activos de una empresa sobre los cuales vale la pena dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos.

Identificados los activos críticos, el modelo implanta la metodología del Mantenimiento Basado en Fiabilidad por sus siglas en inglés RCM, el cual mediante el análisis de los modos de falla de los equipos críticos y los efectos que estos modos de falla puedan tener sobre el proceso, ataca estos posibles escenarios mediante acciones proactivas utilizadas para la formulación del Plan de Mantenimiento Preventivo, este no solo considera Mantenimiento Preventivo y Predictivo, sino que considera el Mantenimiento Correctivo cuando sea económicamente más rentable contemplando el contexto operacional donde se encuentra la máquina.

Por último, el Modelo de Gestión del Mantenimiento integra estas metodologías en un sistema integral de información, el cual utiliza las metas contabilizadas para la toma de decisiones, permitiendo en el día a día, implantar estas estrategias planificando, programando y controlando la ejecución del mantenimiento para su realización y mejora, teniendo siempre en cuenta aquellos aspectos económicos relevantes para la organización y de ese modo contribuir a la excelencia operacional.

1.2 Generalidades de la Empresa

MOOG es una corporación con sede en East Aurora, EE. UU., se fundó en 1951, enfoca sus esfuerzos en diversas aplicaciones como militares, energía, salud y aplicaciones industriales. MOOG actualmente cuenta con más de 80 compañías con operaciones a nivel global en distintas áreas de industria, las cuales son:

- Gestión de tráfico aéreo
- Pruebas Automotrices y Simulación
- Departamento de Defensa USA
- Energía
- Maquinaria Industrial
- Marítimo
- Simulación Médica y Dental
- Equipo médico
- Automovilismo
- Petróleo y Gas
- Espacial
- Sistemas de Vigilancia

A nivel de industria médica, la corporación MOOG cuenta con tres sedes de fabricación de dispositivos médicos, una en Salt Lake City, EE. UU., otra sede en Lituania y la otra en Costa Rica.

La empresa MOOG MDG se estableció en Costa Rica a partir de agosto del 2008, se encuentra ubicada en Zona Franca El Coyol en la provincia de Alajuela; desde su fundación hace 10 años, esta organización viene trabajando y especializando en la producción de sets de alimentación enteral y sets intravenosos para la dosificación de medicamentos, contribuyendo a la mejora del sector de Salud a nivel mundial mediante productos funcionales y ergonómicos para personas con condiciones médicas específicas. Actualmente cuenta con más de 450 colaboradores en diferentes áreas y continúa creciendo mediante la contratación constante. Actualmente MOOG MDG se posiciona en el puesto número 15 entre las principales empresas productoras de dispositivos médicos de Costa Rica, esto de acuerdo con el reporte de Estadísticas de Exportación 2017 de PROCOMER.

EXPORTADOR	POSICIÓN
St. Jude Medical Costa Rica Ltda.	1
Boston Scientific de Costa Rica S.R.L.	2
Allergan Costa Rica Ltda.	3
Baxter Productos Médicos Ltda.	4
Hospira de Costa Rica Ltda.	5
Volcarica S.R.L.	6
Abbott Vascular Ltda.	7
Microvention Costa Rica; S.R.L.	8
Hologic Surgical Products Costa Rica S.R.L.	9
Covidien Manufacturing Solutions S.A.	10
Arthrocare Costa Rica S.R.L.	11
Coopervision Manufacturing Costa Rica S.R.L.	12
Medtech Costa Rica S.A.	13
Camera Dynamics Ltda.	14
Moog Mdg S.R.L.	15

FIGURA 1. Principales empresas exportadoras de equipo de precisión y médico. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017 PROCOMER.

A manera de ejemplo, a continuación, se muestran los sets o dispositivos médicos fabricados en MOOG MDG, para el caso del Set de Alimentación Enteral, este se produce en capacidades de 500 ml y 1200 ml.



FIGURA 2. Set de Alimentación Enteral. Fuente: MOOG MDG.



FIGURA 3. Set Intravenoso. Fuente: MOOG MDG.

1.3 Partenón

El Partenón consiste en un diagrama, el cual muestra los valores sobre los que la organización monta su operación, además de los pilares sobre los cuales la organización monta su negocio, a partir de estos, se definen filosofías de trabajo, en un nivel superior los objetivos de la organización, todo esto como estructura de la visión y la misión.

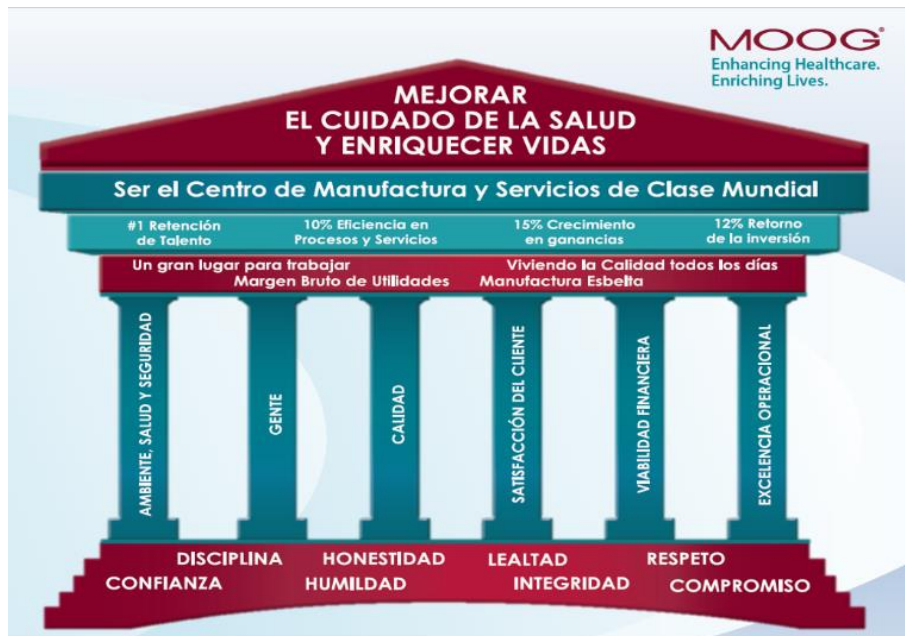


FIGURA 4. Partenón. Fuente: MOOG MDG.

El modelo de Gestión en Mantenimiento busca comprometerse con el cumplimiento de la misión de la Empresa, además de contribuir al alcance de visión, manteniendo los principios en los cuales monta su negocio como los son los valores que se observan en el Partenón y, a su vez, se sostiene respetando los pilares de la Organización con el fin de integrarse de manera paralela con los objetivos de esta. A continuación, se detallan los valores, pilares, visión y misión mostrados en el Partenón.

1.4 Misión MOOG

Mejorar el cuidado de la salud y enriquecer vidas.

1.5 Visión MOOG

Ser el Centro de Manufactura y Servicios de Clase Mundial

1.6 Valores

- Disciplina
- Confianza
- Humildad
- Integridad
- Compromiso
- Respeto
- Lealtad
- Honestidad

1.7 Pilares

- Ambiente, Salud y Seguridad
- Gente
- Calidad
- Satisfacción del cliente
- Viabilidad Financiera
- Excelencia Operacional

1.8 Estructura Organizacional

A continuación, se muestra la estructura organizacional con la cual la Compañía labora en su sede en CR:

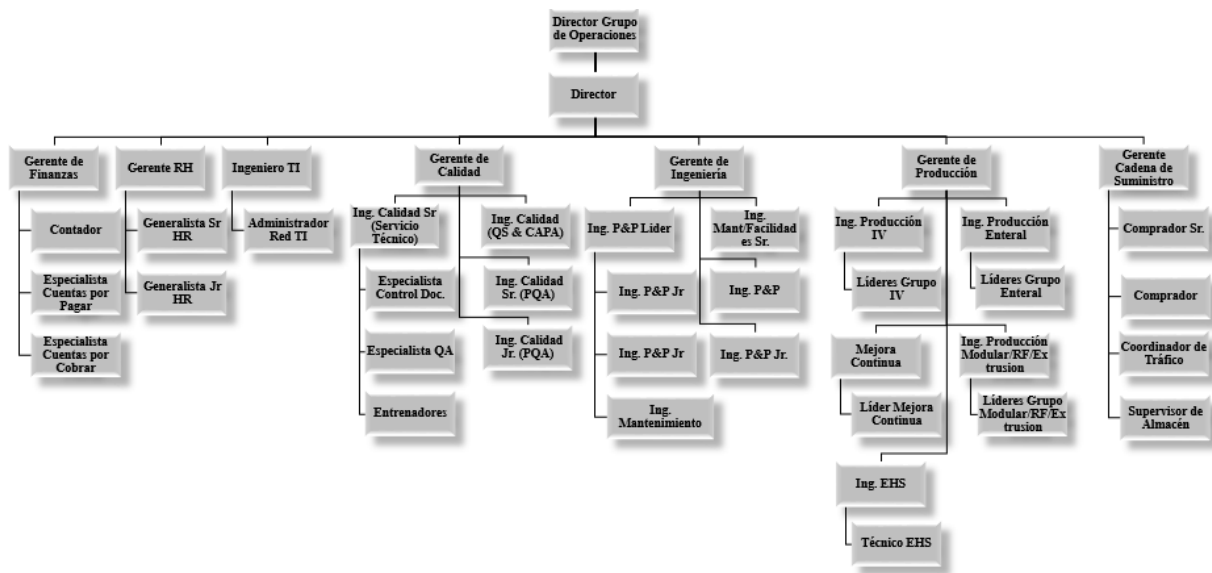


FIGURA 5. Estructura Organizacional. Fuente: MOOG MDG.

1.9 Proceso productivo

MOOG MDG Costa Rica trabaja de manera continua seis días a la semana, esto es a partir del domingo a las 10:00 pm, hasta el sábado a las 10:00 pm, los horarios de trabajo se dividen en tres turnos de ocho horas, esto para el personal de producción. En caso del personal administrativo el horario laboral es de lunes a viernes de 8:00 am a 5:00 pm.

TURNO	HORARIO
A	6:00 am - 2:00 pm
B	2:00 pm – 10:00 pm
C	10:00 pm – 6:00 am

TABLA 1. Distribución de turnos. Fuente: Elaboración propia (Microsoft propia).

El proceso productivo se divide en siete sectores o áreas de trabajo, Modular, RF, ACLAS, Enteral, 4036, 4080 y, por último, IV. Estos sectores se alimentan en orden específico, los cuales forman dos líneas de producción para cada uno de los productos descritos anteriormente, además, los componentes como válvulas, tubería, filtros u otros utilizados y fabricados por extrusión o moldeo son comprados a través de otros fabricantes de industria medica que trabajan en el país.

1.9.1 Línea Enteral

Esta línea contempla Modular, RF, ACLAS y Enteral

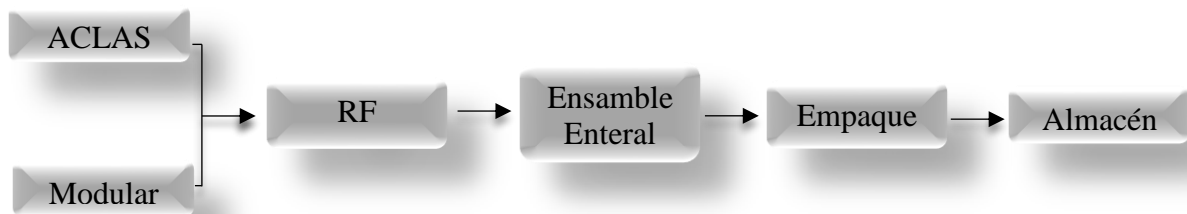


FIGURA 6. Línea de producción Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

ACLAS: Esta línea consiste en equipo automatizado que realiza el ensamble de un ducto dosificador o "Lim" con el "Cassette", el cual es utilizado en el ensamble de Enteral.

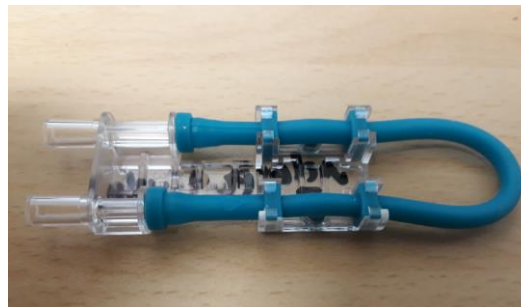


FIGURA 7. Ensamble ACLAS. Fuente: MOOG MDG.

Modular: En esta primera etapa e inicio del proceso se realiza lo que es la bolsa que forma parte del set de alimentación enteral mostrado anteriormente, en esta sección se realiza el corte del vinil que forma el recipiente, se realiza el troquelado del vinil con la geometría correspondiente, luego la impresión que lleva el recipiente con la información del fabricante y una revisión visual del acabado con respecto de un patrón.

RF: Esta segunda etapa del proceso consiste en formar la “bolsa” o recipiente a partir de soldadura por radiofrecuencia a partir del vinil ya troquelado proveniente de la línea de Modular.

Ensamble Enteral: En esta línea se realiza el ensamble de los componentes descritos anteriormente con el “Tubing” o tubería y el inyector que va colocado al final del tubo.

El resto del proceso consiste en el empaque del set Enteral en una bolsa mediante un equipo llamado “Doboy”, el cual realiza el sellado de la bolsa, así como la impresión con información del fabricante; después de esto se hace la inspección de calidad en búsqueda de partículas o algún contaminante, el cual pueda haberse filtrado en el set, así como una buena impresión en el empaque del set. Por último, se realiza el embalaje de las unidades en la caja, así como el almacenaje en bodega.

1.9.2 Línea IV

Esta línea contempla 4036, 4080 y IV.



FIGURA 8. Línea de producción IV. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Esta línea de sets intravenosos consiste en un subensamble creado a partir de diferentes componentes, los cuales están fabricados por moldeo o extrusión y son comprados a otras compañías como se mencionó anteriormente, después de esto, el ensamble se ve sometido al mismo procedimiento de embalaje y calidad presente en la línea de producción de sets de alimentación enteral.

Capítulo 2. Planteamiento del problema

2.1 Problema y situación actual

Como se presentó en el capítulo anterior, el proceso productivo consta de dos líneas productivas, sin embargo, para efecto de este proyecto, el modelo de Gestión en Mantenimiento se desarrolla para resolver el problema que enfrenta la organización en la línea de producción de Sets de Alimentación Enteral. Los motivos por los cuales se da este enfoque tienen como base el costo de mantenimiento por acciones correctivas, volumen de producción y número de acciones correctivas y en sí el hecho de la existencia de equipos, ya que el comportamiento de estos aspectos anteriores crea una brecha de crecimiento continuo, la cual no permite a la Organización convertirse en un centro de producción de clase mundial como así lo indica la visión.

Otro argumento importante para la determinación del enfoque del proyecto es mencionar que la línea de Sets de IV consiste en un 90% ensamble manual, por ello mantiene una cantidad muy reducida de equipos y su número de acciones correctivas anuales representa aproximadamente el 4.45% de total y es por esto por lo que esta línea productiva se excluye del análisis. A continuación, se muestra una tabla resumen que contiene los datos en los cuales se basa este proyecto para dar el enfoque correcto hacia el problema por resolver.

Producción de Sets Enteral				
Clasificación	Equipo	Número de Acciones Correctivas Anuales	Costo por Acciones Correctivas (USD)	Costo No producción (USD)
Equipos del Modular	Traveling Head Press	24	956	NA
	Pad Printer	91	51161,73	NA
	Hornos de Pad Printer	2		NA
	Cutting Die	0	0	NA
	Mesa Corte de Vinil	0	0	NA
Equipos de la Línea Enteral	Banda Enteral	0	0	NA
	Doboy	40	15690,23	NA
	RF Welder Machine	246	60590,91	264829,63
	Bandas de RF	0	0	NA
	Dispensador Cassettes	0	0	NA
	Tube Expander	0	0	NA
Equipo de Ensamble y Test	ACLAS	1292	120626,62	1894396,69
Total		1695	\$ 249 025,49	\$ 2 159 226,32

TABLA 2. Datos de acciones correctivas y costos asociados de Línea productiva Enteral. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel).

En la tabla anterior se puede observar cómo los equipos ACLAS y RF Welder Machine tienen la mayor cantidad de acciones correctivas, por supuesto ACLAS con una desproporción considerable con consecuencias en la excelencia operacional sobre la cual la Organización se apoya para cumplir su misión, esto tiene consecuencias económicas de \$ 249 025,5 anuales solo por acciones correctivas, además de esto, otra consecuencia de la cantidad de paros en producción es la pérdida económica por el concepto de no producción representando \$2 159 266, 32 en pérdidas por oportunidad de inversión, lo cual quebranta el pilar de viabilidad financiera y satisfacción del cliente, ya que estos montos se ven reflejado en el precio al consumidor. Es a partir de esta información que se determina que la sublínea ACLAS y RF son las que presentan mayores problemas para la Organización y lo preocupante es que el Departamento de Mantenimiento no dispone de información de indicadores de desempeño de Clase Mundial de Mantenimiento para establecer políticas de mejora en la toma de decisiones en las líneas productivas ACLAS y RF Welder Machine que permitan corregir estas situaciones.

Ahora, esta situación representa un déficit de un 24,3 % para ACLAS y un 24,64% para RF Welder Machine del volumen de la producción, sin embargo, el Departamento de Mantenimiento no existe la información técnica para determinar cómo y en qué proporción puede solventar el problema.

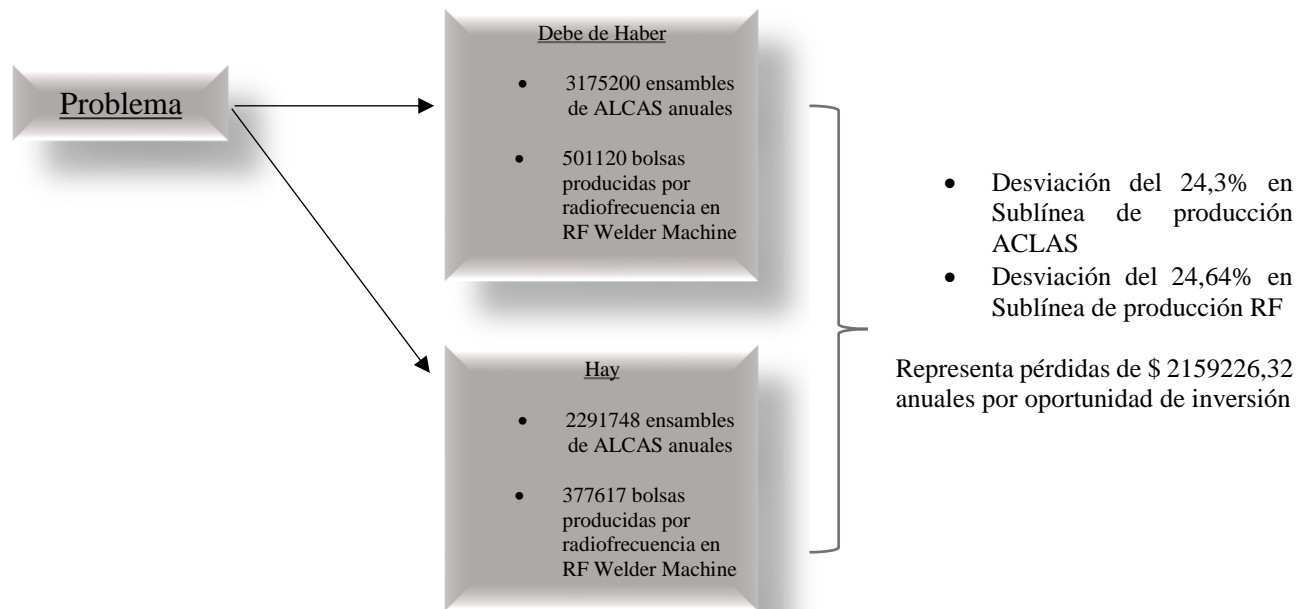


FIGURA 9. Problema Por Resolver. Fuente: Elaboración Propia. (Microsoft Word).

2.2 Justificación del proyecto

La industria médica en Costa Rica es de suma importancia, y este tipo de industria viene creciendo año a año, en el reporte de Estadísticas de Comercio Exterior 2017 de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER) muestra el aumento de empresas médicas establecidas dentro del suelo nacional, como consecuencia directa, la producción y exportación de dispositivos médicos ha llegado a representar una gran porción de las exportaciones nacionales, posicionando la exportación de dispositivos médico en un representativo 27% del total de las exportaciones anuales para un total de \$ 2807 Millones.

AÑO	PRODUCTOS	DESTINOS	EMPRESAS
2013	148	71	137
2014	165	74	156
2015	166	78	179
2016	171	73	187
2017	168	73	185

FIGURA 10. Crecimiento Industria Médica en CR 2013-2017. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017 PROCOMER.

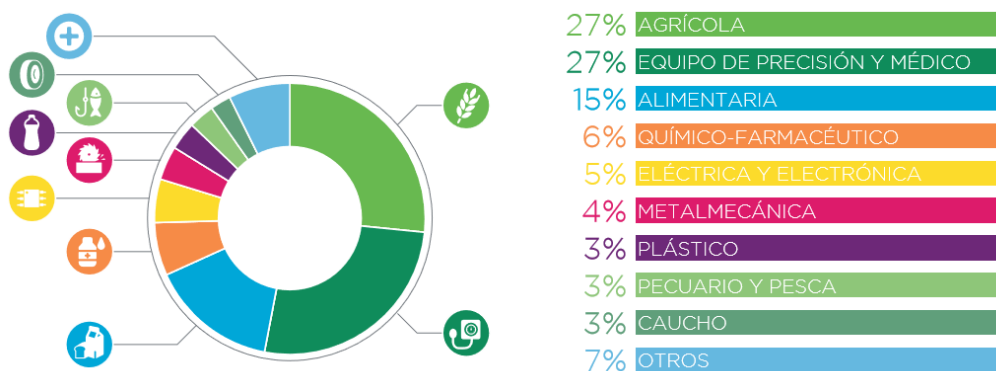


FIGURA 11. Principales Sectores de Exportación en CR 2017. Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de CR 2017, PROCOMER

A partir de este volumen de exportación y razón de crecimiento en Costa Rica, las empresas como MOOG MDG deben buscar una gestión integral que permita garantizar el crecimiento y evolución de la excelencia operacional y en sí, les permita posicionarse a futuro dentro de las principales empresas médicas del país, por arriba del puesto número 15 en el que actualmente se encuentra. Es a partir de este proyecto que se contribuye a la búsqueda del crecimiento operacional de la Organización con el fin de posicionarse en un nivel superior en el “ranking” nacional.

MOOG MDG busca en su visión “Ser el centro de Manufactura de Clase Mundial”, por lo que es necesario que funcione a partir de buenas prácticas de mantenimiento, estrategias actualizadas y modernas que permitan acercarse constantemente a esa meta. Este proyecto a partir de una moderna Gestión en Mantenimiento incluirá todas aquellas actividades que permitan determinar los objetivos o prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades en la gestión realizadas por medio de la planificación, del control y de la supervisión del mantenimiento, mejorando los métodos organizativos incluyendo los aspectos económicos como lo propone (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

El modelo de gestión en Mantenimiento se basa en la norma ISO 9001:2000, esto debido a que es referencia internacional para cualquier sistema de gestión de calidad, ello convierte a este modelo en una guía genérica para la operación de procesos en los que se pueda demostrar cumplimiento de requisitos como lo es el caso de Mantenimiento (López & Crespo, 2015).

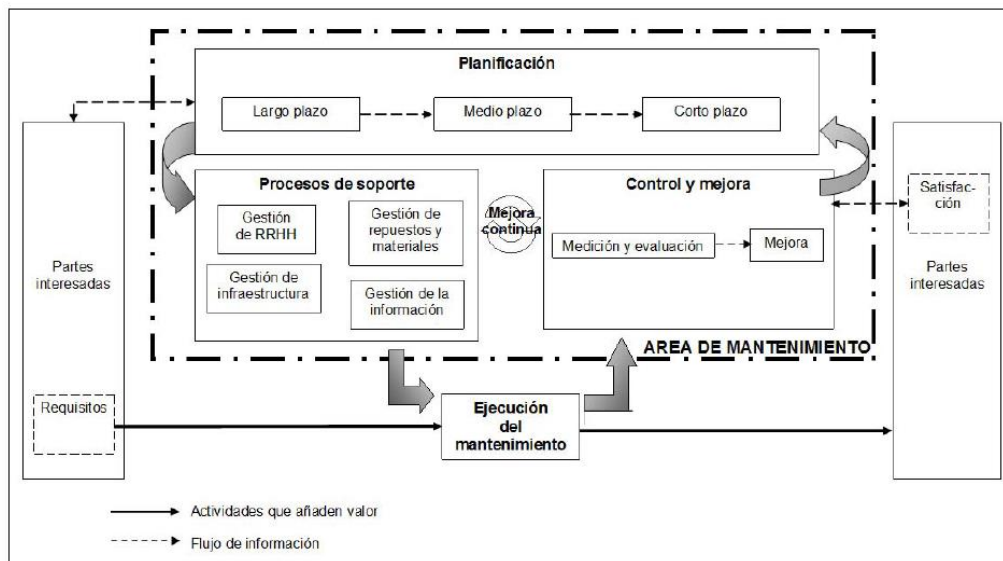


FIGURA 12. Modelo en Gestión de Mantenimiento basado en norma ISO 9001:2000. Fuente: López, M. Crespo A. Un Modelo de Referencia para la Gestión del Mantenimiento.

Como complemento del modelo de Gestión en Mantenimiento basado en la norma 9001:2000, la metodología de desarrollo de este se da a partir de la propuesta del modelo de Gestión Genérico del Mantenimiento (MGM) de (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015), el cual involucra el desarrollo de un Cuadro de Mando Integral (Balance Score Card, BSC) propuesto por (Kaplan & Norton, 1992), así se convierte en una herramienta que permite medir indicadores de Clase Mundial tales como Disponibilidad, Tiempo promedio operativo hasta el fallo, Tiempo promedio fuera de servicio, Relación de Mantenimiento Correctivo versus Mantenimiento Preventivo, este último contemplando la relación de 70% mantenimiento preventivo y 30% mantenimiento correctivo (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000), lo que permite al Departamento de Mantenimiento de MOOG MDG monitorear la variación de acciones correctivas contabilizadas por órdenes de trabajo manteniendo y mejorando la viabilidad financiera, por ello de manera general, mediante las cuatro perspectivas en las cuales se basa el CMI y los indicadores asociados a cada una, la Organización puede tener los objetivos necesarios que vayan paralelos con las estrategias propias y contribuyan al cumplimiento de la misión .

Este proyecto brinda un sistema de jerarquización de los equipos de acuerdo con la importancia de su función que permite a la Organización determinar dónde es de mayor conveniencia e impacto invertir tiempo, esfuerzo técnico y económico, además de considerar el riesgo total asociado al proceso, permite generar una estructura que facilita la toma de decisiones, además de direccionar acciones y recursos hacia las áreas operacionales considerando distintas situaciones desde la perspectiva del impacto en el negocio (Santos, Gutiérrez, Strefezza & Agüero), contribuyendo a la viabilidad financiera y excelencia operacional de la Empresa.

El modelo de Gestión en Mantenimiento permite implantar estrategias de mantenimiento como lo es el Mantenimiento Centrado en Fiabilidad por sus siglas en inglés (RCM), el modelo implica un esfuerzo desarrollado por el equipo natural que permite generar un sistema de gestión flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la Organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón coste/beneficio (Jones, 1995), a partir de esto Mantenimiento puede determinar las necesidades de cualquier activo físico, con el claridad de las frecuencias adecuadas a los activos más importantes de un contexto operacional.

Por último, a partir de la primicia de “Lo que no se puede medir, no se puede controlar; lo que no se puede controlar, no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar, no se puede mejorar”, según Jorge Gregorio Aldana, es necesario la implantación un modelo de Gestión en Mantenimiento que permita a MOOG MDG mejorar el proceso productivo con sistema que involucra mejora continua.

2.3 Alcance

A partir del Modelo de Gestión en Mantenimiento se busca mejorar la competitividad y rentabilidad del negocio, de manera que la organización se posicione dentro su candidatura permanente al Premio de la Excelencia de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR).

El proyecto permitirá generar un sistema de información de Mantenimiento, el cual permita tener un panorama claro de los datos que se manejan en el Departamento de Mantenimiento y así exista una mejora continua en el cumplimiento de los requisitos ligados a la respectiva estandarización de los procesos que involucran al Departamento.

Se pretende, a partir del Cuadro de Mando Integral, un sistema vinculante con el de información de Mantenimiento, el cual permita el monitorear el desempeño de los activos, así como valores de referencia para la toma de decisiones, además de que permita traducir las estrategias de mantenimiento del Modelo de Gestión en metas del Departamento que vayan relacionadas con los objetivos de la Organización.

2.4 Limitaciones

La limitación principal de este proyecto es la implantación de este, esto se debe al tiempo limitado para el desarrollo del Modelo de Gestión, por lo que el presente documento se basa en una propuesta para el Departamento de Mantenimiento, así implantar el modelo en la línea de producción correspondiente sobre la cual surge el problema principal posteriormente a la finalización del proyecto.

Además del tiempo limitado, otro factor de gran importancia por considerar involucra un proyecto actual que consiste en el monitoreo en tiempo real de los tiempos muertos de producción por avería, existe un retraso en el proceso de toma de decisiones por parte del Departamento de Mejora Continua que impiden poner en práctica la obtención de resultados para efectos de cálculo de disponibilidad.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

- Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para la empresa MOOG MDG que identifique las oportunidades de mejora para el proceso productivo ACLAS y RF, a través de indicadores de Clase Mundial.

2.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la condición del Departamento de Mantenimiento mediante la aplicación de una norma de auditoría de mantenimiento MES (Maintenance Effectiveness Survey), que identifique dónde se encuentran las deficiencias en las áreas de Recursos Gerenciales, Gerencia de la información, Equipos y técnicas de Mantenimiento preventivo, Planificación y ejecución, Soporte, Calidad y Motivación.
- Identificar las necesidades en las estrategias de mantenimiento (RCM, Predictivo y Preventivo) requeridas en el proceso productivo ACLAS y RF en función del contexto operacional.
- Crear un Cuadro de Mando Integral que permita el planteamiento de indicadores de Clase Mundial en las cuatro perspectivas propuestas por (Kaplan & Norton, 1992), lo cual permitiría el control del proceso productivo ACLAS y RF en función de la reducción de paros no programados de producción.
- Crear un Modelo de Criticidad semicuantitativo (CTR) que identifique el riesgo relacionado con los equipos de ACLAS y RF Welder Machine, enfocando los esfuerzos adecuados en función del contexto operacional.

Capítulo 3. Marco teórico

3.1 Modelo de Gestión de Mantenimiento

La gestión moderna de mantenimiento busca desarrollar la planeación, así como la ejecución y monitoreo de todas las diferentes actividades que son vitales para cumplir con la misión, objetivos, prioridades, así como metas del área de mantenimiento; esto siempre y cuando pueda generar valor a la Organización, ya sea a nivel económico, técnico, logístico y administrativo, siendo un esfuerzo constante por buscar la mejora continua de manera que se pueda garantizar la disponibilidad y se puede alcanzar el valor de confiabilidad que Organización requiere.

A partir de esto, se puede demostrar (Crespo, 2007), que, para la gestión eficaz y eficiente del mantenimiento, es posible conseguir los anteriores puntos entendiendo bien los dos siguientes aspectos:

- a) El proceso de gestión de mantenimiento, que tiene un curso por seguir, es decir, una serie de pasos por seguir.
- b) El marco general de referencia para la gestión, es decir, la estructura básica de soporte constituida por una serie de herramientas que conforman un sistema básico, necesario para una gestión avanzada del mantenimiento.

3.2 Proceso de Gestión de Mantenimiento

Todo proceso o desarrollo de una gestión de mantenimiento puede dividirse en dos secciones primordiales:

- Definir la estrategia de mantenimiento.
- Implantar la estrategia de mantenimiento.

En la primera parte, para plantear la estrategia, primero se deben definir los objetivos del Departamento de Mantenimiento como función de este, estos objetivos deben ir de forma paralela con los requerimientos o el plan de negocios de la Organización. Para la segunda parte de implantación de la estrategia, se enfoca más en asegurar en diferentes niveles y habilidades la formación del personal, así como la preparación de los trabajos, selección de herramientas, por lo que esta fase mantiene gran importancia dentro del modelo.

3.3 Eficacia y eficiencia de la Gestión de Mantenimiento

La eficacia muestra la bondad con la cual un Departamento de Mantenimiento consigue los objetivos planteados con base en los requerimientos de la Organización en la mayoría de los casos, se mide a partir de la calidad del servicio realizado por el Departamento, eso sí, siempre desde un enfoque cliente/proveedor. A partir de la eficacia de la gestión de mantenimiento se permite entonces minimizar los costes indirectos de mantenimiento (Vagliasindi, 1989), aquellos asociados con las pérdidas de producción y en última instancia con la insatisfacción del cliente. Por tanto, en el caso de mantenimiento, la eficacia de la gestión de esta función se puede ver como la satisfacción que la empresa tiene con la capacidad y condición de sus activos (Wireman, 1998), o con la mejora general de los costes que experimenta cuando la capacidad de producción esté disponible cuando se necesita (Palmer, 1999).

La eficiencia se basa en producir utilizando la menor cantidad de materia prima y recursos disponibles, esto con el fin de disminuir en la medida de lo posible el desperdicio de recursos, además de los gastos asociados a la producción. La mejora de la eficiencia permite minimizar costos de mantenimiento los costos directos de mantenimiento, lo cual mejora la competitividad.

3.4 Principios básicos en la definición

Para definir una estrategia para el mantenimiento se pueden utilizar métodos conocidos de planificación estratégica:

- A partir de los objetivos de la Organización, así como los del Departamento y sus políticas al más alto nivel, estos objetivos pueden incluir variables como riesgo, seguridad, presupuesto de mantenimiento, disponibilidad, etc.
- Determinar el desempeño o rendimiento actual de la instalación productiva.
- Determinar cuáles deben ser los indicadores de rendimiento (KPI) claves para asegurar la operación y establecer mejoras a seguir en el plan de mantenimiento.
- Establecer principios que conduzcan a la implantación de la estrategia, y que condicionarán la posterior planificación, ejecución, evaluación, control y análisis para la mejora continua de las actividades de mantenimiento.

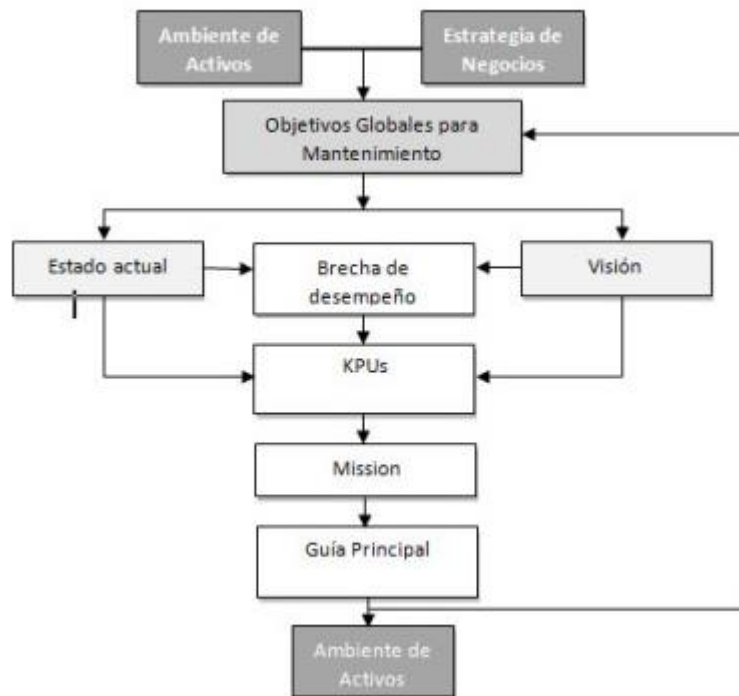


FIGURA 13. Modelo para la definición de la Estrategia de Mantenimiento. Fuente: (Crespo, 2007).

3.5 MGM

A partir de lo mencionado anteriormente se presenta el modelo de gestión de mantenimiento genérico MGM (Crespo, 2007), la cual toma en cuenta e integra diversos modelos de mantenimiento desarrollado por diversas industrias.

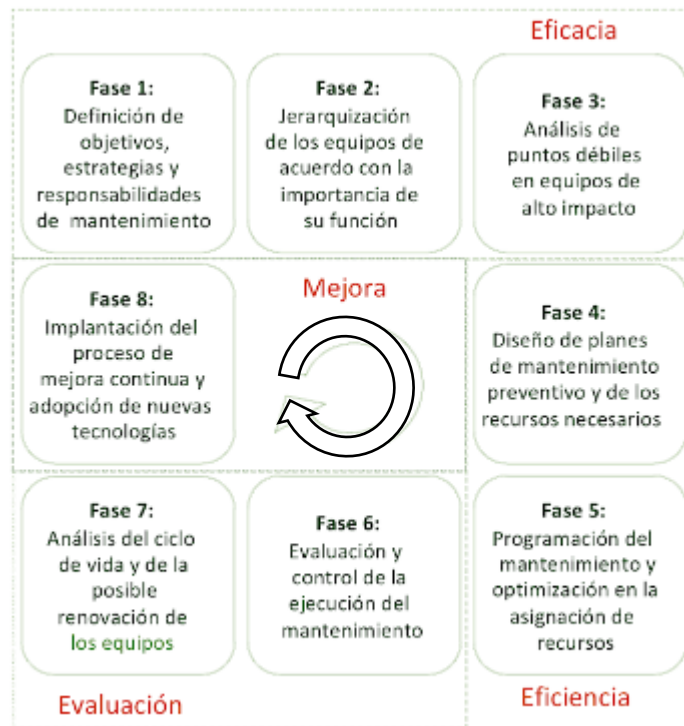


FIGURA 14. Modelo del proceso de Gestión del Mantenimiento MGM. Fuente: (Crespo, 2007).

El cuadro incluye lo analizado anteriormente y los distribuye en ocho fases, las cuales asignan tareas por realizar en cada una de ellas. Como se mencionó de manera previa, definir objetivos del departamento de Mantenimiento de forma que estos coexistan de forma paralela a los objetivos de la Organización describe a la fase 1. A partir de análisis de las debilidades del proceso y la priorización de los equipos dentro de facilidades y producción se busca la eficacia dentro del modelo de gestión en la fase 2 y 3; ahora bien, para finalizar el primer bloque de definición de estrategia de mantenimiento, en la fase 4 y 5, se deben establecer cuáles son los pilares en el diseño y en sí, la programación de los planes de mantenimiento ya sean correctivos y preventivos.

Continuando con el segundo bloque del modelo de gestión genérico, empieza la fase de implantación, en esta se debe evaluar las fases anteriores, esto mediante controles en la ejecución de las tareas de mantenimiento asignadas, todo esto para las fases 6 y 7, así mediante un control eficiente en el cual se tiene claro cuáles son los resultados obtenidos, se emprende la última fase, fase 8, la cual busca la mejora continua dentro del modelo de gestión, esto para dar con la eficiencia que se menciona anteriormente la cual busca minimizar los costos de mantenimiento, reducir el desperdicio y agregar competitividad a la Organización.

3.6 Mejora continua

Como se menciona en el punto anterior, existe un modelo de gestión de mantenimiento genérico, el cual está compuesto de las ocho fases mencionadas anteriormente, sin embargo, estas fases forman un ciclo de mejora continua, este modelo debe complementarse con una herramienta que pueda definir la secuencia lógica del proceso operativo de las actividades de mantenimiento. Por esto, a partir de la norma de calidad de procesos ISO 9001-2008 se describe el proceso “Ciclo Habitual de Mantenimiento”, este se desarrolla ligado al ciclo de mejora continuo, a partir de este modelo se toma en cuenta diversas actividades como planificación, programación, asignación de tareas y labores y además de su ejecución, las cuales deben desarrollarse de manera secuencial para el cumplimiento de las actividades de mantenimiento, este aporte es fundamental, como puede observarse en la figura 2 que es incorporado al modelo.

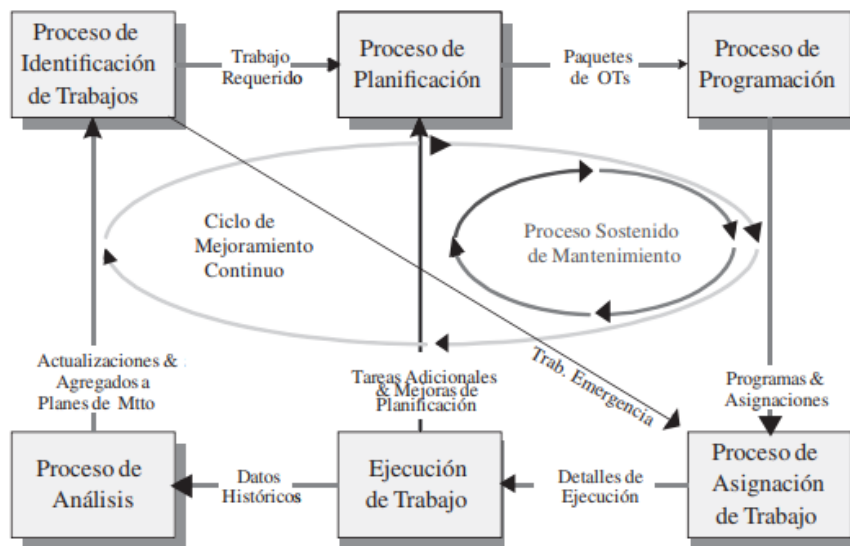


FIGURA 15. Ciclo para Mantenimiento de Mejora Continua. Fuente: Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2014

Este ciclo de mantenimiento permite, en caso de ocurrir algún fallo en el modelo, ser atendido de manera inmediata, agregando valor al modelo de gestión de mantenimiento.

3.7 Cuadro de Mando Integral

El Cuadro de Mando Integral es una metodología que logra integrar la estrategia y la evaluación del desempeño del negocio (Amendola, 2015). Desde su divulgación en 1992 por sus dos autores Robert Kaplan y David Norton, ha sido incorporada a los procesos de gerencia estratégica en otras áreas del negocio con resultados extraordinarias en empresas de EU, EE.UU, asiáticas e Iberoamericanas.

El CMI parte de la visión y estrategias de la empresa, a partir de ese punto, se definen los objetivos financieros requeridos para alcanzar la visión, y estos a su vez serán el resultado de mecanismos, estrategias que determinan los resultados con los clientes del Departamento de Mantenimiento. Los procesos internos deben ser planificados para satisfacer los requerimientos financieros y de los clientes.

Además de esto, la metodología reconoce que el aprendizaje y crecimiento es la plataforma donde reposa todo el sistema y se definen los objetivos planteados para esta perspectiva. Una ventaja de la metodología es que esta no se limita a una perspectiva, de manera que las considera todas simultáneamente, identificando relaciones entre ellas, de esta forma se establece una cadena causa-efecto que permite tomar las iniciativas necesarias en cada nivel. El BSC transforma la visión y estrategia en objetivos e indicadores organizados en cuatro perspectivas diferentes.

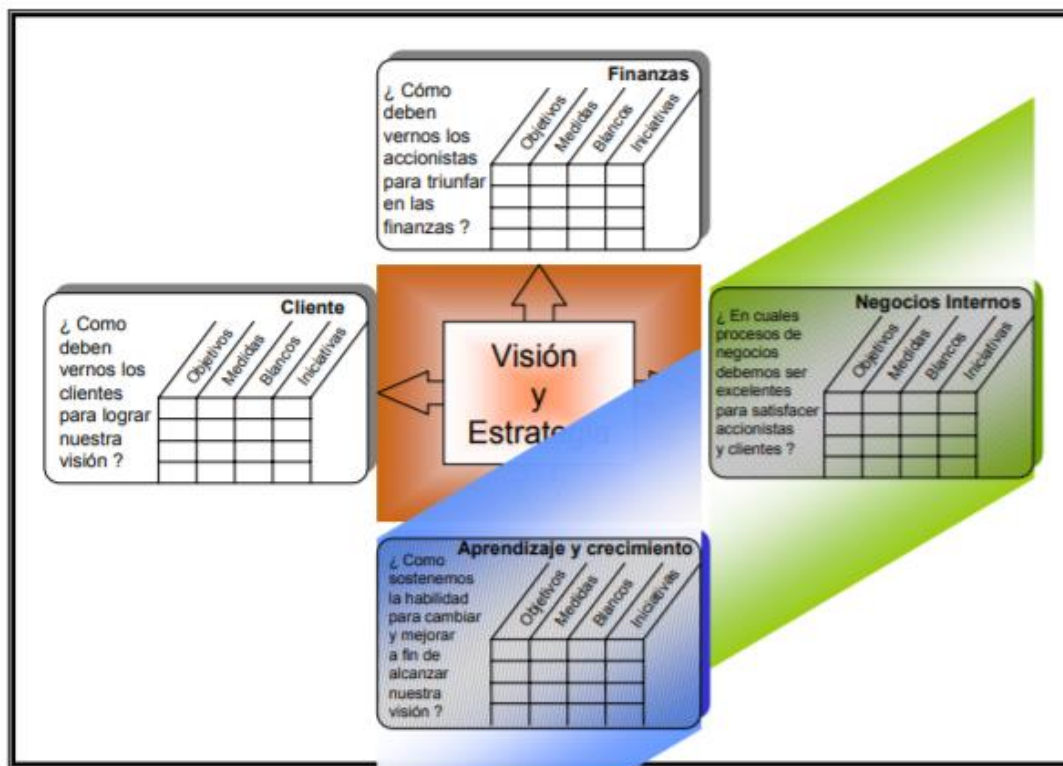


FIGURA 16. Estructura del BSC. Fuente: Amendola L. 2015

A partir de esta estructura puede mencionarse porque se debe incorporar el BSC en el mantenimiento:

- Las mediciones son importantes “Si no se mide, no se puede gerenciar”

- El CMI conserva la medición técnica y financiera, pero realiza además un conjunto de mediciones más generales e integradas, que vinculan los procesos internos, los empleados y la actuación de los sistemas con el éxito a largo plazo.
- Indicadores técnicos y financieros: dicen algo, pero no todo, sobre la historia de las acciones pasadas y proporcionan una guía adecuada para las acciones que hay que realizar hoy y después para crear un valor futuro.
- A partir de las cuatro perspectivas aplicadas al mantenimiento pueden enfocarse desde el punto de vista de los indicadores técnicos económicos del mantenimiento.

Indicadores	Financiera	Efectividad
		Costes de Mantenimiento
		Indicadores Económicos
	Cliente	Satisfacción del Cliente
		Gestión de la Calidad
		Fiabilidad Humana
	Procesos Internos	Gestión de la Efectividad
		Planificación
		Gestión de Stock
		Gestión de Compras
		Gestión de Contratación
		Mantenimiento Preventivo
	Aprendizaje y Crecimiento	Rendimiento
		Tecnología

TABLA 3. Enfoque de Indicadores Técnicos-Económicos. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Por último, se plantea una secuencia que indica por fases cómo debe ser la implantación del CMI, esta secuencia asegura el que se capture y traduzca a un sistema de medición o sistema de indicadores, los temas y objetivos estratégicos de la Organización, sobre una variedad de situaciones estratégicas y operacionales, lo que hace de uso universal ante la diversidad de organizaciones a la que es aplicable.



FIGURA 17. Fases de Implementación BSC. Fuente: Amendola L, 2015

3.7.1 Indicadores

A partir de la metodología en las diferentes fases de implantación del BSC, se muestran los diferentes indicadores por utilizar.

- Gasto de compra de repuestos

Este indicador consiste en el gasto de repuestos mensual por compra de repuestos destinados al mantenimiento planificado y correctivo de los equipos destinados a producción y este es calculado a partir de una simple sumatoria de las diferentes órdenes de compra.

$$Gasto\ Repuestos = \sum Costo\ de\ repuestos$$

- Porcentaje de horas extras del personal Técnico

Este indicador consiste en la proporción de horas extras respecto del total de horas laboradas por el personal técnico, su cálculo se da a partir del cociente de la sumatoria de horas extras y el total de horas laboradas por el personal técnico.

$$\% \text{ Horas Extra} = \frac{\sum \text{Horas Extra}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$$

- Disponibilidad

Este indicador es el cociente entre el tiempo medio entre fallas y la suma de este con el tiempo promedio de reparación, se expresa de manera porcentual y busca contabilizar la disponibilidad de los equipos a los que ve el Departamento y proporciona los insumos básicos a la planta.

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

- Tiempo medio entre fallos (MTFB)

Este indicador cuantifica el tiempo promedio de funcionamiento entre fallos; es la suma de los tiempos reales de operación de los equipos de producción, dividido entre el número de fallos que ocurrieron durante en el lapso medido.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$$

- Tiempo medio de reparación (MTTR)

Esta variable mide el tiempo medio requerido por el personal técnico para realizar una reparación en los equipos utilizados en producción, el tiempo se contabiliza desde el momento que sucede el fallo, hasta la entrega al personal de producción una vez reparada la falla y, como se menciona, su cálculo es el cociente de la suma de tiempos de reparación del equipo y la cantidad de fallos ocurridos en el lapso medido.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

- Porcentaje de mantenimiento correctivo

Este indicador corresponde a la relación de mantenimientos correctivos realizados en el equipo, respecto del total de mantenimientos (planificados y correctivos) realizados en el en el mismo intervalo.

$$\% MC = \frac{\text{Total de acciones correctivas}}{\text{Total de intervenciones en el equipo}} \times 100$$

- Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento planificado

Esta variable permite contabilizar de manera porcentual de los mantenimientos ejecutados, respecto a los planificados y su cálculo se da a partir del cociente de los mantenimientos ejecutados y los planificados.

$$\% MP = \frac{\text{Total de mantenimientos realizados}}{\text{Total de mantenimientos planificados}} \times 100$$

- Porcentaje de entrenamientos realizados

Este indicador mide la cantidad de entrenamientos realizados tanto a nivel interno de la empresa, como externo respecto de los planeados en el periodo laboral equivalente a un año.

$$\% \textit{Capacitación} = \frac{\textit{Total de capacitaciones realizados}}{\textit{Total de capacitaciones planificados}} \times 100$$

3.8 Análisis de criticidad integral de activos físicos

Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos, a partir de este se puede determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan (Woodhouse, 1994).

El objetivo del análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de un proceso de producción complejo, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Los motivos de priorización pueden variar según las oportunidades y las necesidades de la Organización, entre los más comunes:

- Flexibilidad Operacional
- Efecto en la continuidad operacional/capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencias de fallas/ confiabilidad
- Condiciones de operación
- Flexibilidad/ accesibilidad para inspección & mantenimiento

- Requerimientos/Disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de recursos

3.8.1 Definición de riesgo

El riesgo es un término probabilístico, que se define como pérdidas, concepto que coexiste la posibilidad de que un evento o aseveración se haga realidad o se satisfaga, con las consecuencias de que ello ocurra.

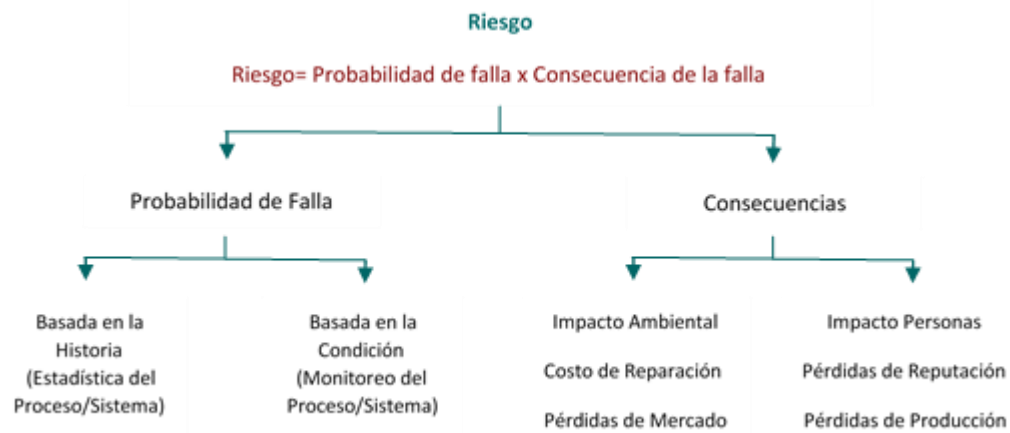


FIGURA 18. Determinación del Riesgo. Fuente: Santos J, Gutiérrez E, Strefezza M, & Miguel Agüero. (2013).

En el proceso de toma de decisiones se emplea el riesgo como una herramienta para la optimización de los planes de cuidado de activos, dirigiendo mayores recursos y acciones para aquellos equipos que presenten un riesgo elevado, con una reducción de acciones y recursos para los equipos de bajo riesgo, todo ello permite en forma general un gasto justificado en los recursos dirigidos a las actividades de mantenimiento.

3.8.2 Técnicas semicuantitativas de riesgo

Las técnicas semicuantitativas permiten determinar valores absolutos de riesgo, que pueden tratarse como egresos probables, lo cual permite el incluir en diversas evaluaciones de carácter financiero con el propósito que puedan ser tomados en consideraciones para el proceso de toma de decisiones.

3.8.3 Modelo de Criticidad Semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo)

Este modelo consiste en un proceso de análisis semicuantitativo, el cual se soporta en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad de este, a continuación, se presentan de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar los sistemas a partir del modelo CTR:

$$CTR = FF * C$$

Donde:

CTR: Criticidad Total por Riesgo

FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinando (fallos/año))

C: Consecuencias de los eventos de fallos

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C = (IO * FO) + CM + SHA$$

Siendo:

IO: Factor de impacto en la producción

FO: Factor de flexibilidad operacional

CM: Factor de costes de mantenimiento

SHA: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

Los factores ponderados de cada uno de los criterios por ser evaluados por la expresión de riesgo se presentan a continuación:

- Factor de Frecuencia de fallos (FF) (Escala 1-4)
 - 4: Frecuente: Mayor a 2 eventos al año
 - 3: Promedio: 1 y 2 eventos al año
 - 2: Bueno: Entre 0,5 y un evento al año
 - 1: Excelente: Menos de 0,5 eventos al año

- Factores de consecuencias
 - Impacto Operacional (IO) (Escala 1-10)
 - 10: Pérdidas de producción superiores al 75%
 - 7: Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%
 - 5: Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%
 - 3: Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%
 - 1: Pérdidas de producción menor al 10%
 - Impacto por flexibilidad Operacional (FO) (Escala 1-4)
 - 4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes
 - 2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios
 - 1: Se cuenta con unidades en línea, tiempos de reparación y logística pequeños
 - Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (Escala 1-2)
 - 2: Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares
 - 1: Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares

○ Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (Escala 1-8)

8: Riesgo alto de pérdidas de vida, daños graves a la salud del personal incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos

6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, incidente ambiental de difícil restauración

3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas

1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

Para obtener el nivel de criticidad de los equipos o sistemas, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: Frecuencia de fallos y Consecuencias de los fallos y se ubican en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal. A partir de esto la matriz de criticidad permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

FIGURA 19. Matriz de Criticidad. Fuente: Santos J, Gutiérrez E, Strefezza M, & Miguel Agüero. (2013).

3.9 Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en fiabilidad o RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance) se define como un proceso de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la fiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallos de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

3.9.1 Definición de fallos funcionales

El fallo funcional consiste en una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el funcionamiento esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña (Moubray, 1991), esta causa de fallo provoca un nivel de insatisfacción que depende de las repercusiones generadas por la aparición de dicho fallo dentro del contexto operacional en el que se encuentra el equipo, estos se dan de manera parcial o total.

- Fallo Parcial: El activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado, es decir, cuando opera de forma ineficiente o fuera de los límites específicos tolerados.
- Fallo Total: EL activo se detiene por completo de forma inesperada.

3.9.2 Definición de modo de fallos

Los fallos funcionales mencionados anteriormente, por lo general muestran causas físicas que originan la aparición de estas, estas causas son lo que la metodología RCM define como modos de fallos, las actividades de prevención, anticipación o corrección según el RCM deben estar orientadas a atacar modos de fallos específicos. En el proceso de análisis de modos de fallos el grupo busca información con el fin de consultar:

- Listas genéricas de modos de fallos
- Personal de operación mantenimiento que haya tenido una larga asociación con el activo
- Registros e historiales técnicos existentes del activo
- Fabricantes

3.9.3 Definición de los efectos y consecuencias de los modos de fallos

La identificación de los efectos del modo de fallo deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de los fallos (Moubray, 1991). El impacto del modo de fallo depende del contexto operacional donde trabaje el equipo, del estándar de ejecución deseado para la función del activo y de las consecuencias físicas generadas tras la aparición del modo de fallo. Estos tres factores proporcionan a cada modo de fallo una manera característica de impactar en la seguridad, en el ambiente y en las operaciones, el RCM clasifica los modos de fallo en las siguientes categorías:

- Modos de fallo con consecuencias ocultas: Las consecuencias se general a partir de funciones ocultas o no evidentes que presentan algunos activos en su contexto operacional.
- Modo de fallo con consecuencias sobre la seguridad humana y el medio ambiente: Las consecuencias surgen a partir de funciones evidentes de los activos y afectarán a la seguridad humana y al medio ambiente.
- Modo de fallo con consecuencias operacionales: Surgen a partir de funciones evidentes de los activos cuyos fallos funcionales afectarán de forma importante a la producción o las operaciones (cantidad de producto, calidad de este, costes de operación, costes directos de reparación, etc.).
- Modo de fallo con consecuencias operacionales: Surgen a partir de funciones evidentes y sus consecuencias son aceptables respecto de la seguridad, ambiente y operaciones, únicamente repercute económicamente, en el coste directo de su operación.

3.9.4 Actividades de mantenimiento preventivas (Proactivas)

Para la metodología de RCM, las actividades de mantenimiento preventivas se dividen en cuatro categorías.

1. Tareas programadas con base en condición.

Son tareas basadas en el hecho de que la mayoría de los modos de fallo no ocurren instantáneamente, sino que estos se desarrollan de manera progresiva en un periodo. Como la evidencia de este tipo de modo de fallo puede ser detectada bajo mediciones en condiciones normales de operación, se pueden programar acciones basándose en la condición detectada a partir de la medición y que, en sí, esto permita mejorar condición de operación y eliminar sus consecuencias.

2. Tareas de reacondicionamiento.

Estas se pueden realizar con el propósito de volver a llevar al equipo o activo a su condición de operación original, con esto se involucra actividades de prevención realizadas a los activos en intervalos menores del límite de vida operativo del activo, todo esto, en función del análisis de sus funciones en el tiempo. En estas tareas proactivas, el activo es puesto fuera de servicio, se realiza una inspección general y se reemplazan las piezas defectuosas.

3. Tareas de Sustitución-Reemplazo Programado.

Se enfoca en un actividades específicas como reemplazos de componentes o partes usadas de un activo a un intervalo temporal inferior al de su vida útil (antes de que se produzca el fallo), estas actividades de reemplazo devuelven al equipo a su condición de operación original u óptima, esto por la sustitución del componente viejo por uno nuevo, este tipo de tarea se diferencia de la anterior simplemente a que estas influyen en los componentes u las de reacondicionamientos involucran a todos los componentes de un equipo mayor.

4. Tareas de búsqueda de fallos ocultos.

Estos modos de fallos no son evidentes bajo las condiciones normales de operación de los activos, esto implica que las consecuencias asociadas a este tipo de modo de fallo no se relacionan de manera directa, sin embargo, si implica que puedan propiciar la aparición de fallos múltiples dentro de un contexto operacional.

3.9.5 Actividades de mantenimiento correctivas (Proactivas)

El método RCM también propone la posible evaluación de acciones de mantenimiento correctivas, esto cuando las actividades de prevención para un determinado modo de fallo no son técnicamente factibles. Estas actividades correctivas (proactivas) se dividen en dos categorías:

1. Rediseño.

Esta actividad tiene aplicación cuando no es posible encontrar ningún tipo de actividad preventiva que ayude a reducir la posibilidad de ocurrencia de los modos de fallos que afecten a la seguridad o al ambiente a un nivel aceptable, es necesario desarrollar un rediseño o una modificación (de la estrategia de mantenimiento o del modo de fallo) que permita minimizar o eliminar las consecuencias de esos modos de fallos.

2. Actividades de mantenimiento no programado.

Esta actividad tiene aplicación cuando no es posible encontrar ningún tipo de actividad preventiva económicamente más barata que los posibles efectos derivados de los modos de fallos con consecuencias operacionales o no operacionales, se podrá tomar la decisión de esperar que ocurra el fallo y actuar de forma reactiva.

Capítulo 4. Análisis departamental

A partir del problema descrito en el capítulo 2, es necesario conocer la situación actual en la que se encuentra el Departamento de Mantenimiento, esto es de importante para conocer cuáles son los recursos con los que se cuenta y cuáles son las áreas que necesitan mayor intervención, lo que se logra a partir del análisis de objetivos, presupuesto, de recurso humano, así como metas del departamento.

4.1 Situación actual

El Departamento de Mantenimiento no cuenta con objetivos definidos, por lo cual es necesario plantearlos identificando las necesidades del Departamento que permitan el cumplimiento de los objetivos de la Organización; mediante la elaboración de un cuadro de mando integral (CMI), esto se verá reflejado más adelante. Ahora bien, el faltante de un CMI crea una deficiencia sobre el control del rendimiento del Departamento, esto no permite la realimentación de los efectos de la actual estrategia de mantenimiento aplicada por el Departamento.

En cuanto a la disponibilidad de los equipos, uno de los objetivos más importantes del modelo de gestión, es necesario lograr una disponibilidad del 87, 5%, como se mencionó, el no cumplimiento de este objetivo resulta en una desviación del 24,3% para la sublínea de ensamble ACLAS y 24,64% para la sublínea RF Welder Machine que deja pérdidas de inversión por \$ 2159226,32. A partir del déficit productivo que enfrenta la organización se ven obligados a trabajar turnos extras domingos y días feriados, para esto se debe tomar en cuenta que siempre debe haber personal de mantenimiento cuando se trabajen líneas de producción, incrementando los costos de operativos producción, y como consecuencia, disminuyendo la competitividad; en la FIGURA 20 se muestra la tendencia de horas extras a partir de octubre del 2017, hasta agosto del 2018.

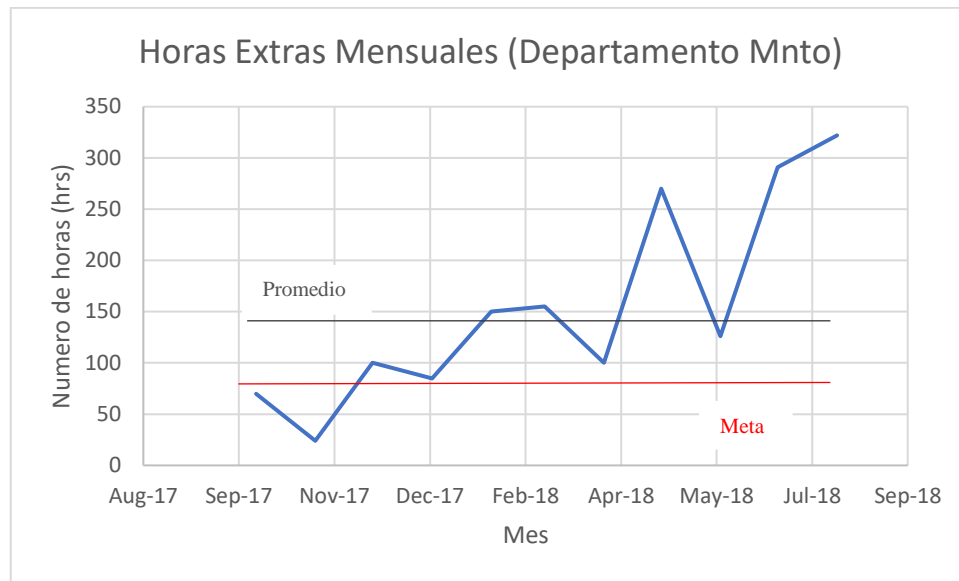


FIGURA 20. Tendencia de horas extras laboradas en Oct17-Ago18. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word),

En la FIGURA 20 se muestra como se ha disparado el pago por horas extras al personal de mantenimiento, de acuerdo con la gerencia, esto se traduce en un 12% sobre el promedio del total tiempo laborado mensual por el personal técnico de mantenimiento, sin embargo, actualmente la gerencia está exigiendo llegar a la meta de reducción del 5%, por lo que es necesario una reducción significativa de este índice para mantener control del presupuesto destinado a ingeniería.

El presupuesto destinado a mantenimiento no está formalmente estructurado, es decir, el Departamento de Mantenimiento se financia a partir del presupuesto dedicado al área de Ingeniería, de acuerdo con lo mencionado por la supervisión del Departamento de Mantenimiento, este como tal no posee un presupuesto con un monto definido, ello significa que el supervisor de mantenimiento solicita la herramienta, repuestos y servicios necesarios como le sea posible con el fin de tener los equipos en el mejor estado posible sin una noción de la gestión necesaria durante el transcurso del año.

En cuanto al gasto de presupuesto a causa de repuestos es irregular y no tiene una estructura de gasto como tal, aunque existe un “Stock” controlado y codificado de repuestos; el Departamento de Mantenimiento no posee el indicador de disponibilidad de repuestos como tal, de acuerdo con el personal técnico de mantenimiento la disponibilidad es regular, por lo cual se puede deducir que estos no siempre puedan estar disponibles en el momento de fallo de los equipos, causando un mayor tiempo de reparación de los equipos.



FIGURA 21. Gasto monetario en repuesto para equipos de producción. Fuente MOOG MDG.

4.2 Auditoría MES

Ahora que se tiene una noción del problema principal que este proyecto como a modo de propuesta viene a solventar y se conoce los problemas que enfrenta propiamente el Departamento de Mantenimiento, se procede a realizar un análisis estructurado que permite conocer las cuáles áreas el Departamento posee más deficiencias, por lo que es a partir de la norma MES (Maintenance Effectiveness Survey) que se procede a realizar este diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de MOOG MDG.

Para efectos del proyecto se elige la auditoría MES debido a que es un procedimiento de evaluación reciente, el cual es formulado por el Marshall Institute, por lo que, a partir de esa primicia, se cuenta con el respaldo de un instituto líder mundial en temas de Mantenimiento y Confiabilidad. Además de esto lo plantea los Carlos Parra y Adolfo Crespo: “la efectividad de la gestión del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento al sistema de producción” (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

La auditoría está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en cinco áreas del Mantenimiento, las respuestas a cada pregunta poseen cinco posibles opciones. Las áreas de mantenimiento evaluadas son:

1. Recursos Gerenciales
2. Gerencia de la Información (Software de gestión del mantenimiento)
3. Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
4. Planificación y ejecución
5. Soporte, Calidad y Motivación

El sistema de puntuación de las áreas de mantenimiento por diagnosticar se realiza de la siguiente manera: Las personas seleccionadas para realizar la evaluación deben calificar 12 preguntas para cada una de las cinco áreas antes mencionadas, donde cada pregunta se califica en función de una escala de 1 a 5.

PUNTUACIÓN	CATEGORÍA
1	Muy deficiente
2	Deficiente
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

TABLA 4. Puntuación y Categorías de calificación norma MES. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft World)

- Puntuación máxima por área: 60 unidades, por las 5 áreas, 300 unidades
- Puntuación mínima por área: 12 unidades, por las 5 áreas, 12 unidades

La muestra recomendada para realizar la auditoría de acuerdo con Parra y Crespo debe ser mínimo de ocho personas, esta aplicación de la auditoría es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento, las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas, finalmente, se estima la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos.

RANGO DE CALIFICACIÓN	CATEGORÍA: DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO
300-261	“Clase Mundial” / Nivel de excelencia de mantenimiento
201-260	“Muy buena” / Nivel de buenas prácticas de mantenimiento
141-200	“Por arriba del nivel promedio” / Nivel aceptable de mantenimiento
81-140	“Por debajo del promedio” / Nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar
MENOS DE 80	“Muy por debajo del promedio” / Nivel muy malo de mantenimiento, con muchas oportunidades para mejorar

TABLA 5. Categorías de calificación norma MES. Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Word).

Esta auditoría fue aplicada a los miembros del Departamento de Mantenimiento, esto incluye técnicos, así como el supervisor de mantenimiento y como lo recomiendan Parra y Crespo, se aplica a nivel de Gerencia de Ingeniería, para un total de siete personas. A partir del personal descrito anteriormente, se obtienen los siguientes resultados.

RECURSOS GERENCIALES

PREGUNTAS POR EVALUAR	A	B	C	D	E	F	G	Promedio por Pregunta
1. USTED SIENTE QUE MNTO ESTÁ DOTADO PARA REALIZAR SU TRABAJO?	3	3	3	2	3	4	3	3.0
2. LA ESTRUCTURA COMPLETA DEL MANTENIMIENTO PARECE SER LÓGICA FAVORECE EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE MNTO?	1	2	2	2	4	2	3	2.3
3. ¿LA ORGANIZACIÓN AYUDA A ELIMINAR LAS BARRERAS MANTENEDOR ENCUENTRA EN SU TRABAJO, DE LAS CUALES NO TIENE CONTROL?	3	3	2	1	3	2	4	2.6
4. LA GERENCIA ESTIMULA A MANTENIMIENTO A ALCANZAR LAS METAS DE PRODUCCIÓN?	2	4	2	2	3	2	4	2.7
5. LA GERENCIA ESTIMULA A PRODUCCIÓN A QUE AYUDE A MANTENIMIENTO EN LA REALIZACIÓN DE SUS ACTIVIDADES?	3	3	2	2	3	3	4	2.9
6. ¿SE DESARROLLAN EQUIPOS DE TRABAJO (MNTO Y PRODUCCIÓN), PARA RESOLVER TÓPICOS QUE AFECTAN A AMBOS DEPARTAMENTOS?	4	3	3	1	3	3	5	3.1
7. LA GERENCIA ESTIMULA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO (MECÁNICOS, ELÉCTRICOS...) ¿Y A LOS OPERADORES QUE TRABAJEN JUNTOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE SUS PROCESOS?	3	2	2	2	3	3	3	2.6
8. EL PERSONAL DE MNTO POSEE LAS HABILIDADES NECESARIAS PARA REALIZAR SUS TRABAJOS?	3	3	2	3	4	4	4	3.3
9. LOS TRABAJADORES EN GENERAL HAN RECIBIDO EL ADIESTRAMIENTO EN SUS ÁREAS DE TRABAJO?	2	2	2	2	3	2	3	2.3
10. LA GERENCIA INVOLUCRA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO EN LA DEFINICIÓN SUS OBJETIVOS Y METAS POR CUMPLIR?	2	3	3	2	3	1	2	2.3
11. LA GERENCIA REvisa Y LES HACE SEGUIMIENTO A LOS OBJETIVOS DE LA PLANTA EN REUNIONES DE TRABAJO CON EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES?	2	3	3	2	2	1	4	2.4
12. LOS OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO ESTÁN ALINEADOS CON LA VISIÓN Y MISIÓN DEL NEGOCIO?	2	2	3	2	5	3	4	3.0
CALIFICACIÓN TOTAL DE CATEGORÍA								32.4

TABLA 6. Evaluación norma MES de Recursos Gerenciales en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MNTO)

PREGUNTAS POR EVALUAR	A	B	C	D	E	F	G	Promedio por Pregunta
13. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA DE FORMA EFICIENTE EL SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MÁXIMO/SAP PM/...)?	1	1	2	1	1	2	1	1.3
14. ¿ESTÁ CADA COMPONENTE IDENTIFICADO, CODIFICADO Y ASOCIADO A UN SISTEMA DENTRO DE TODA LA PLANTA?	1	2	3	1	4	4	4	2.7
15. LA ORGANIZACIÓN MANTIENE ACTUALIZADO EL MÁXIMO/SAP PM/...?	1	1	3	1	1	2	2	1.6
16. HA SIDO EL PERSONAL DEBIDAMENTE ENTRENADO PARA SU USO?	1	2	3	1	1	3	2	1.9
17. LA ORGANIZACIÓN MANTIENE REGISTROS PRECISOS DE FALLAS DE SUS SISTEMAS?	1	2	4	1	2	2	2	2.0
18. ESTÁN LOS INVENTARIOS DE REPUESTOS DENTRO DEL MÁXIMO/SAP PM/...?	1	2	2	1	1	2	2	1.6
19. SE TOMAN DECISIONES A PARTIR DE LOS REPORTE GENERADOS POR ÉL?	1	2	4	1	1	2	2	1.9
20. LA ORGANIZACIÓN ESTIMA Y LES HACE SEGUIMIENTO A LOS COSTES DE MNTO?	1	1	3	1	3	3	2	2.0
21. LA ORGANIZACIÓN EVALÚA LOS TIEMPOS OPERATIVOS Y FUERA DE SERVICIO?	1	1	4	1	4	3	3	2.4
22. LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO SE COMPARA CONTRA OTRAS ORGANIZACIONES PARA MEDIR SU DESEMPEÑO ("BENCHMARKING")?	1	1	4	3	3	1	1	2.0
23. EL TIEMPO DE REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO ES REGISTRADO Y EVALUADO?	1	2	3	1	2	2	3	2.0
24. LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO UTILIZA ALGÚN TIPO DE MEDIDA DE COMPARACIÓN (COSTOS DE MNTO/COSTES DE PRODUCCIÓN)?	1	1	4	1	1	2	2	1.7
CALIFICACIÓN TOTAL DE CATEGORÍA								23

TABLA 7. Evaluación norma MES de Gerencia de la información en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PREGUNTAS POR EVALUAR	A	B	C	D	E	F	G	Promedio por Pregunta
25. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA ÓRDENES DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES DE MP?	1	3	5	1	4	2	2	2.6
26. SE REVISAN PERIÓDICAMENTE LOS PLANES DE MP, AUMENTO/DESCENSO, NECESIDADES DE ADIESTRAMIENTO, ¿ETC?	1	2	3	2	2	1	2	1.9
27. LA ORGANIZACIÓN TIENE PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEDICADO EXCLUSIVAMENTE A REALIZAR ACTIVIDADES DE MP?	1	1	1	1	2	1	4	1.6
28. LOS OPERADORES AYUDAN EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO MENOR (LIMPIEZA, LUBRICACIÓN, AJUSTES E INSPECCIÓN VISUAL)?	1	1	1	1	3	1	2	1.4
29. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA TÉCNICAS DE MNTO PREDICTIVO (¿VIBRACIÓN, ANÁLISIS DE ACEITE, ULTRASONIDO, ¿ETC.?)	1	4	5	2	5	3	2	3.1
30. LA ORGANIZACIÓN LE HACE SEGUIMIENTO A LOS COSTOS DE MNTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO?	1	3	4	2	3	3	2	2.6
31. LOS GRUPOS DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES PERMITEN QUE EL PERSONAL DE MNTO TENGA ACCESO A LOS EQUIPOS EN LAS FECHAS ESTIMADAS DE MP?	1	2	1	1	2	2	4	1.9
32. LA ORGANIZACIÓN TIENE LA CULTURA DE ANALIZAR Y EVITAR FALLAS REPETITIVAS?	1	2	3	1	2	2	3	2.0
33. SE INCLUYE EL PERSONAL DE MNTO Y PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS NUEVOS?	1	1	2	1	2	1	3	1.6
34. SE ADIESTRA DE FORMA ADECUADA A LAS PERSONAS QUE VAN A OPERAR LOS EQUIPOS NUEVOS?	2	1	2	2	2	2	3	2.0
35. SE ADIESTRA DE FORMA ADECUADA A LAS PERSONAS QUE VAN A MANTENER LOS EQUIPOS NUEVOS?	2	2	3	2	2	3	3	2.4
36. ¿LA ORGANIZACIÓN HACE SEGUIMIENTO Y EVALÚA LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DE SUS ACTIVOS?	1	1	3	2	2	3	3	2.1
CALIFICACIÓN TOTAL DE CATEGORÍA								25.1

TABLA 8. Evaluación de norma MES de Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

PREGUNTAS POR EVALUAR	A	B	C	D	E	F	G	Promedio por Pregunta
37. SON PRIORIZADAS LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO/PREVENTIVO?	2	2	2	1	2	4	4	2.4
38. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA ÓRDENES DE TRABAJO PARA LAS ACT. CORRECTIVAS?	1	2	5	1	4	1	3	2.4
39. SE LE HACE SEGUIMIENTO A LA EJECUCIÓN A LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO/PREVENTIVO?	1	2	3	1	3	2	3	2.1
40. LA ORGANIZACIÓN CONTROLA EL SOBRETIEPO (ADICIONAL AL PLANIFICADO)?	1	2	5	1	1	1	3	2.0
41. LA ORGANIZACIÓN REGISTRA LA INFORMACIÓN OBTENIDA POR LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (CORRECTIVA/PREVENTIVA)?	1	3	4	1	2	3	4	2.6
42. SON LOS TRABAJADORES DE MANTENIMIENTO ASIGNADOS A LAS DISTINTAS LABORES EN FUNCIÓN DE SUS CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES?	1	2	4	3	2	1	4	2.4
43. SON LAS ACTIVIDADES CORRECTIVAS BIEN PLANIFICADAS ANTES DE EJECUTARSE?	2	2	3	1	2	2	3	2.1
44. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA PLANIFICADORES DE MANTENIMIENTO PARA PREPARAR EL ALCANCE DE MANTENIMIENTOS MAYORES (SHUTDOWNS/OVERHAULS)?	1	3	3	1	3	2	4	2.4
45. LA ORGANIZACIÓN UTILIZA CONTRATISTAS CALIFICADOS PARA REALIZAR LABORES DE MANTENIMIENTO (OUTSOURCING)?	3	4	4	1	5	3	4	3.4
46. LA ORGANIZACIÓN PARTICIPA EN LA DEFINICIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRABAJO Y EN LA ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE LOS CONTRATISTAS?	1	3	4	1	3	3	3	2.6
47. SE TIENE EN CUENTA EL IMPACTO (SEGURIDAD, AMBIENTE Y PRODUCCIÓN) QUE TIENE EL SISTEMA EN EL CUAL SE VA A EJECUTAR EL MANTENIMIENTO?	1	4	4	2	4	4	4	3.3
48. SE DEFINE EL CAMINO CRÍTICO DE LOS MANTENIMIENTOS MAYORES Y SE IDENTIFICAN LOS REPUESTOS CRÍTICOS?	1	3	2	2	2	3	4	2.4
CALIFICACIÓN TOTAL DE CATEGORÍA								30.3

TABLA 9. Evaluación de norma MES de Planificación y Ejecución en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN

PREGUNTAS POR EVALUAR	A	B	C	D	E	F	G	Promedio por Pregunta
49. ESTÁN DISPONIBLES LOS REPUESTOS Y MATERIALES A LA HORA DE EJECUTAR ACTIVIDADES DE MNTO?	2	2	3	1	2	2	4	2.3
50. ESTÁ EL ALMACÉN DE REPUESTOS BIEN ORGANIZADO Y SUS TIEMPOS DE RESPUESTA SON EFICIENTES?	2	2	2	1	2	3	4	2.3
51. SE CONTROLA BIEN LA SALIDA Y ENTRADA DE REPUESTOS AL ALMACÉN?	3	2	3	1	2	4	4	2.7
52. SE TIENE UN PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DE STOCK DE REPUESTOS QUE INCLUYA EL CRITERIO DEL IMPACTO AL NO TENER EL REPUESTO EN EL ALMACÉN?	2	2	4	1	1	4	4	2.6
53. SE TIENE IDENTIFICADOS LOS TIEMPOS DE REPOSICIÓN Y LOS COSTOS DE LOS REPUESTOS?	2	2	2	1	1	3	3	2.0
54. EL CRITERIO DE CALIDAD EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO ESTÁ POR ENCIMA DEL CRITERIO DE RAPIDEZ?	3	2	4	1	3	3	4	2.9
55. SE TIENE UN PROCESO QUE PERMITA VERIFICAR LA CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EJECUTADAS?	1	1	3	3	1	2	4	2.1
56. ES LA CALIDAD EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO UN OBJETIVO IMPORTANTE?	1	1	4	5	5	4	4	3.4
57. TIENE LA ORGANIZACIÓN UN INTERÉS REAL EN SATISFACER LAS DIFERENTES NECESIDADES DE SUS TRABAJADORES?	2	2	3	3	3	2	4	2.7
58. EL BUEN DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES ES BIEN RECOMPENSADO DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN (ECONÓMICO-MOTIVACIONAL)?	3	3	3	4	3	1	3	2.9
59. EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO ESTÁ MOTIVADO PARA REALIZAR SU TRABAJO LO MEJOR POSIBLE?	3	3	3	4	3	2	4	3.1
60. EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO SIGUE LAS POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD?	3	3	4	4	4	4	4	3.7
CALIFICACIÓN TOTAL DE CATEGORÍA								32.7

TABLA 10. Evaluación de norma MES de Soporte, Calidad y Motivación en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

RESULTADOS POR ÁREAS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
RECURSOS GERENCIALES	32.6	6.6
GERENCIA DE LA INFORMACIÓN	23.3	9.5
EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MNTO. PREVENTIVO	25.1	7.5
PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	30.3	11.2
SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	32.7	7.3
TOTAL	144.0	

TABLA 11. Resultados auditoría MES en el departamento de Mantenimiento de MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

La puntuación final promediada de todos los participantes suma una puntuación de 144 puntos como se puede observar en la tabla anterior, esto posiciona la gestión actual del Departamento de Mantenimiento en “Por encima del promedio” / Nivel aceptable del mantenimiento, sin embargo, se debe analizar dos aspectos muy importantes de la tabla anterior, el primero corresponde a la desviación estándar mostrada por categoría, se puede observar que es elevada en los cinco puntos, a partir de esto se puede ver que existe un desalineamiento entre los criterios de los participantes de la auditoría, esto representa un problema, debido que no hay claridad sobre cuáles son las debilidades que representa el Departamento de Mantenimiento como equipo.

El otro punto que se debe analizar es que, debido a la desviación estándar ya mencionada, la puntuación puede representar una posible condición del Departamento de Mantenimiento de “Por debajo del nivel promedio” / nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades de mejora, lo cual aplica de modo parcial a la condición del Departamento debido a la consideración que existen oportunidades de mejora en las cinco áreas evaluadas. A continuación, se muestran los resultados de la auditoría de manera gráfico radar para su análisis.

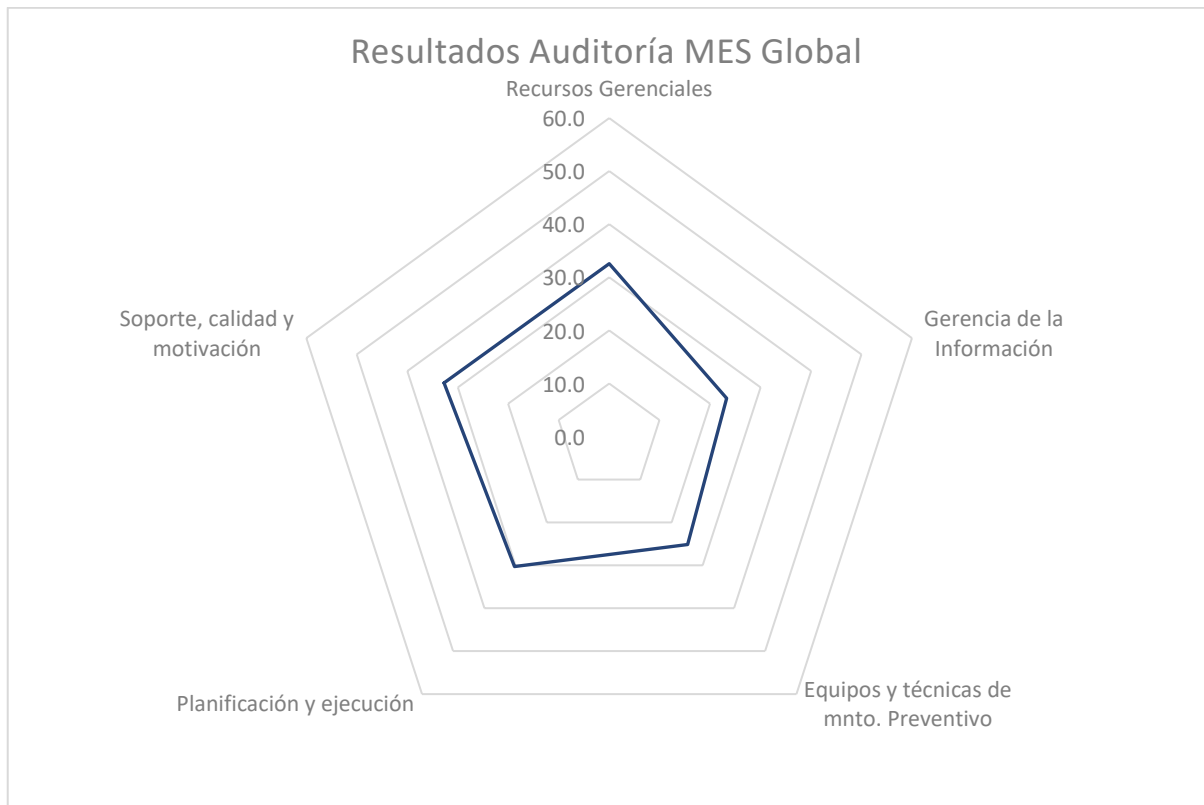


FIGURA 22. Gráfico Radar de los resultados de auditoría MES en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Continuando con el análisis de los resultados de la auditoría MES, en la FIGURA 22 anteriormente mostrada, puede observarse que, a nivel general, las cinco áreas presentan deficiencias, sin embargo, las áreas de Equipos y Técnicas de Mantenimiento preventivo y en Gerencia de la información donde se encuentra los puntos débiles.

En cuanto al área de Equipos y Técnicas de Mantenimiento como se menciona en el capítulo 2 sobre la definición del problema, el número de acciones correctivas para el subensamble ACLAS supera las 1200, y para el subensamble RF Welder Machine ronda las 260, también a manera general el porcentaje de acciones correctivas representa el 62% del total de intervenciones a los diferentes equipos, esto deja un excedente del 32% basándose en la proporción recomendada de 70% acciones preventivas y 30% acciones correctivas (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000). Este porcentaje de acciones correctivas da una noción de la efectividad de pueda tener los planes de mantenimiento preventivo sobre lo equipos, además, no se conoce en sí, el impacto que pueda tener el actual procedimiento de acciones predictivas sobre la condición de operación de los equipos.

Comentando un poco el área de Gerencia de la Información, tal vez el punto más importante por mencionar es la estimación errada sobre los tiempos operativos y fuera de servicio, a la hora de realizar una actividad preventiva o correctiva no se lleva un conteo exacto del tiempo que el equipo se encuentra fuera de servicio. Esto crea deficiencias de información relacionadas con costos operativos. Otro aspecto importante es la falta de implementación de un software de gestión en mantenimiento que permita manejar de manera integral las intervenciones de los equipos con su respectiva relación en solicitudes y órdenes de compra. además de manejar herramientas estadísticas para cálculo de confiabilidad a partir de los tiempos fuera de operación que se puedan utilizar para el análisis de costo/beneficio de los equipos.

Capítulo 5. Modelo de Gestión en Mantenimiento

5.1 Modelo de Gestión en Mantenimiento Propuesto

A partir de la auditoría realizada y la problemática descrita anteriormente, en el presente documento se propone el siguiente modelo de gestión en mantenimiento, el cual consiste en una serie de etapas que integran los procesos asociados al planeamiento, ejecución, control y mejora del mantenimiento de MOOG MDG.

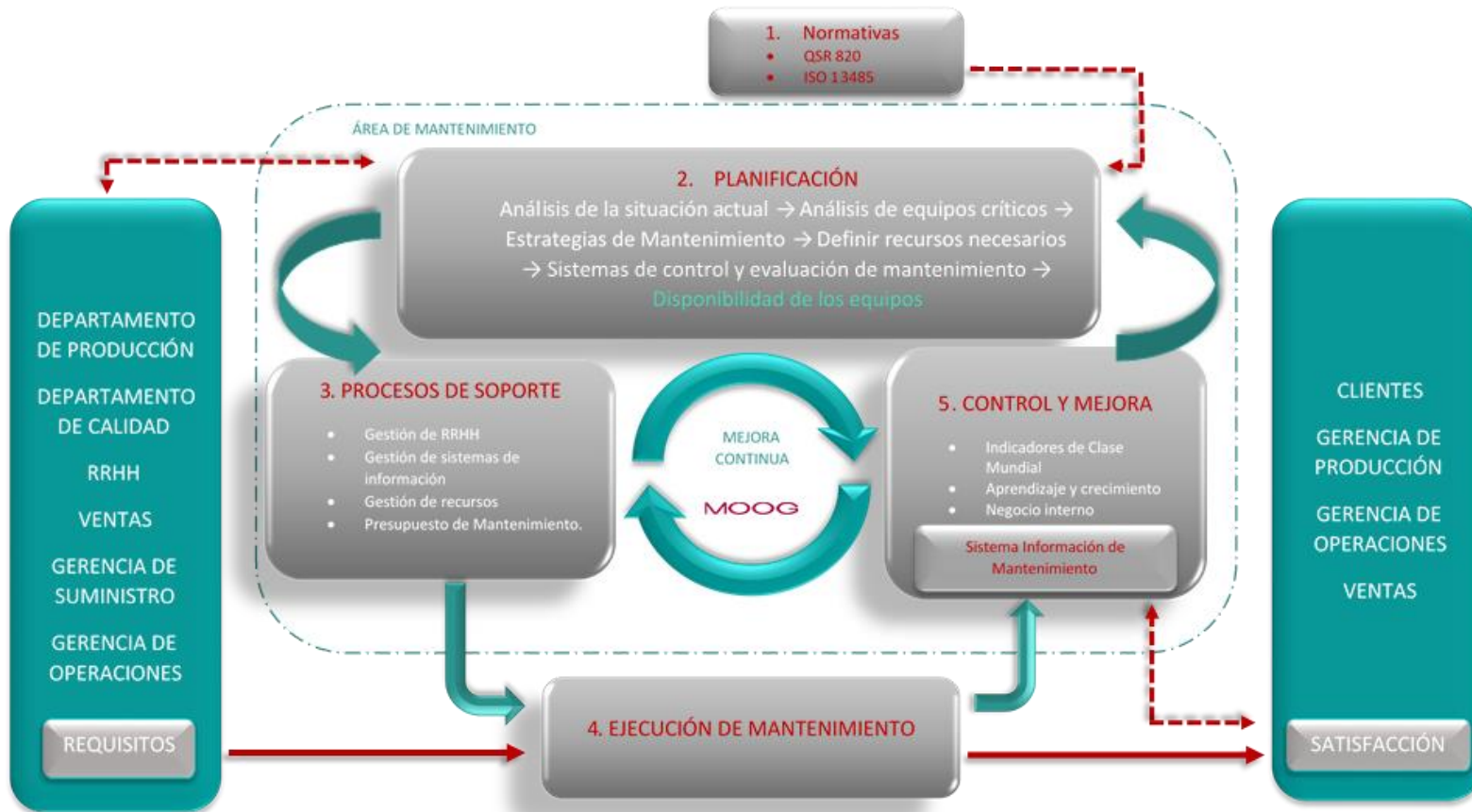


FIGURA 23. Modelo de Gestión en Mantenimiento propuesto en MOOG MDG. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

5.1.1 Normativas

En la primera etapa del modelo de Gestión en Mantenimiento se plantea como base antes realizar tanto el planeamiento y ejecución, como el control y mejora del mantenimiento, las normativas asociadas al proceso productivo. MOOG MDG al ser una corporación de capital estadounidense es regulado por la FDA (Food and Drug Administration), puntualmente por la norma QSR 820, esta involucra todos los aspectos asociados a la calidad del proceso producto, uno de ellos, es el mantenimiento y calibración de los equipos que atiende el Departamento de Mantenimiento, por ello es de suma importancia tomar en cuenta las especificaciones técnicas que menciona la norma en cuanto a asignación de tareas y documentación de intervenciones a los equipos de producción. Por otra parte, existe la normativa ISO 13485, esta norma involucra la gestión en calidad aplicable a los dispositivos médicos, por lo que de igual manera se debe tomar en cuenta los requerimientos necesarios en el área de mantenimiento que garanticen el cumplimiento de la norma.

5.1.2 Planificación

La etapa de planificación consiste en las tareas a corto, mediano y largo plazo que buscan el objetivo principal o final: la disponibilidad de los equipos de producción, para esto se define a corto plazo el análisis de la situación actual en la que se encuentra el Departamento de Mantenimiento, esto mediante la aplicación de la norma propuesta por el Instituto Marshall acerca de la Gestión en Mantenimiento, la cual muestra los resultados en el capítulo anterior. Además de esto parte de las tareas a corto plazo por realizar es la jerarquización de equipos, esto mediante técnicas de cálculo de criticidad de equipos que involucren el riesgo asociado al fallo de cada equipo, de manera que como se menciona en el Capítulo 3, se pueda conocer en cuáles equipos el Departamento debe invertir mayor esfuerzo.

En las tareas a mediano plazo, involucran todas aquellas estrategias de mantenimiento que impactan la condición de operación de los equipos, esto tomando en cuenta el comportamiento de las intervenciones correctivas y preventivas, además de considerar estrategias predictivas aplicables en los planes de mantenimiento. Aparte, a mediano plazo, se deben definir cuáles son los recursos que se deben establecer para la implementación de las estrategias, de modo que se gestione tanto el personal, como repuestos y tiempo dedicado a Mantenimiento.

Por último, la meta a largo plazo consiste en lograr la disponibilidad de los equipos que permita disminuir los tiempos muertos de producción y con esto mejorar la competitividad del negocio, al mismo tiempo, como lo indica el modelo de Gestión en Mantenimiento, se busca un sistema integral que permita controlar y evaluar el impacto del mantenimiento.

5.1.3 Procesos de soporte

Esta etapa consiste en los aspectos de soporte como el manejo de recurso humano y cómo se va a gestionar este para la intervención de los equipos, de manera que se logre cumplir con los mantenimientos planeados sin afectar el tiempo de respuesta y ejecución de los mantenimientos correctivos o viceversa. Además, se contemplan otros procesos de soporte como lo son el manejo de los recursos definidos en la etapa de planificación, el manejo de la documentación que respalde y evidencie las intervenciones realizadas en los equipos, que permita recopilar datos con el fin de manejar herramientas estadísticas que contribuyan en la toma de decisiones, por último, el proceso de soporte más importante la revisión del presupuesto de mantenimiento, pues este dicta si existe el capital o los recursos económicos para realizar cualquier intervención en los equipos de producción.

5.1.3 Ejecución del mantenimiento

Esta etapa consiste en la ejecución de las intervenciones planeadas y correctivas de los equipos de producción, en esta etapa ya se ha utilizado los procesos de soporte.

5.1.4 Control y mejora

La etapa de Control y mejora consiste en el chequeo de los indicadores de rendimiento mediante la metodología del Cuadro de Mando Integral, que permiten al Departamento cuantificar el cumplimiento de los objetivos, además del aprendizaje y crecimiento que conlleva, todo esto mediante un sistema de información de Mantenimiento.

5.1.5 Requisitos y satisfacción

El modelo de gestión en Mantenimiento contempla los requerimientos de los clientes del Departamento, es decir, los clientes a nivel interno de la Organización, de modo que con estos clientes se establezca un canal de comunicación que permita la coordinación durante la etapa de planificación, y los aspectos relacionados con el mantenimiento como nuevos procesos, especificaciones de calidad, manejo de horas hombre laboradas correctamente, volumen de producción, logística de órdenes de compra para cadena de suministro. Con esto se busca la satisfacción en los clientes tanto internos como lo son el Departamento de Producción, la Gerencia de Operaciones y los clientes finales de MOOG MDG, es decir, el consumidor.

5.2 Jerarquización de Equipos y Análisis de Criticidad por metodología CTR (Criticidad Total por Riesgo)

Para realizar una jerarquización de equipos y determinar la criticidad en la línea de producción Enteral se utiliza el método CTR (Criticidad Total por Riesgo), el cual como se menciona en el capítulo 3, consiste en un sistema de puntuación que considera aspectos como Frecuencia de fallos (FF), impacto en la producción (IO), flexibilidad operacional (FO), costos de mantenimiento (CM) e impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA). A partir de estos criterios se hacen las respectivas consultas al supervisor de Mantenimiento, al Departamento de Producción y se consulta también al Departamento Ambiente, Salud y Seguridad con el fin de obtener una puntuación con criterio ingenieril para los factores anteriormente mencionados.

Como se menciona en el párrafo anterior, al ser el enfoque del proyecto dirigido hacia línea de producción Enteral, se realiza la jerarquización de equipos y análisis de criticidad a los siguientes equipos:

Equipos de Línea Enteral
Pad Printer
Traveling Head Press
RF Welder Machine
ACLAS
Doboy

TABLA 12. Equipos de Línea Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

EQUIPOS	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR
DOBOY	4	5	2	1	1	12	48
PAD PRINTER	4	7	2	2	1	17	68
ACLAS	4	3	1	1	3	7	28
TRAVELING HEAD PRESS	4	7	2	1	1	16	64
RF WELDER MACHINE	4	7	2	2	8	24	96

TABLA 13. Puntuación para cálculo de método CTR. Fuente: Elaboración propia. (Microsoft Excel).

Con las puntuaciones anteriormente tabuladas se posiciona cada una de las puntuaciones de Frecuencias de Fallos (FF) versus Consecuencias (C) en la matriz de criticidad descrita en el Capítulo 3.

5.2.1 Análisis CTR en equipo Traveling Head Press

Para el análisis CTR se obtiene que el equipo Traveling Head Press una puntuación de 64, esto debido a que, al existir dos unidades, la producción se afecta en un 50% en el momento de fallo de la máquina, sin embargo, la otra unidad cubre de forma parcial a la producción, por lo tanto, este equipo mantiene Media Criticidad, pues no presenta un riesgo de afección a la salud y su costo de reparación anual no representa un gasto mayor de \$ 20000.

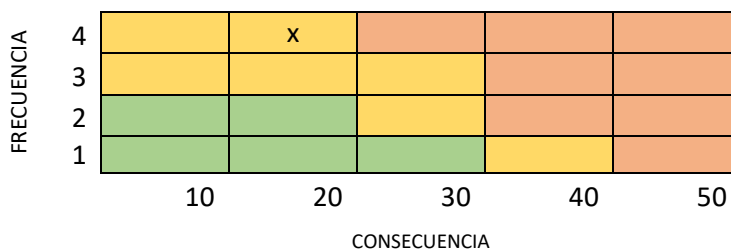


TABLA 14. Matriz CTR de equipo Traveling Head Press. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

5.2.2 Análisis CTR en equipo DOBOY

En el análisis CTR se obtiene para el equipo DOBOY una puntuación de 48, pues existen cuatro unidades en el proceso, por lo que una falla del equipo permite producir o cubrir de forma parcial un 75% de la capacidad, en frecuencia de fallos presentan más de dos eventos por año, por otra parte, el equipo representa \$ 15700 anuales y no existe ningún riesgo de pérdida de vida o afección a la salud, por lo que presenta Media Criticidad.

FRECUENCIA	4		x			
	3					
	2					
	1					
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

TABLA 15. Matriz CTR de equipo DOBOY. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

5.2.3 Análisis CTR en equipo ACLAS

Para el equipo de ACLAS curiosamente se obtiene Media Criticidad, pero esto es debido a que existen ocho unidades, ya que la frecuencia de fallos es sumamente alta en este equipo, por otra parte, el costo de reparación por máquina no representa \$20000 anuales y el riesgo de afección a la salud es mínimo.

FRECUENCIA	4	x				
	3					
	2					
	1					
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

TABLA 16. Matriz CTR de equipo ACLAS. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

5.2.4 Análisis CTR en equipo Pad Printer

En el equipo Pad Printer el análisis de CTR es muy similar al del equipo Traveling Head Press, debido a que existen dos unidades, la producción se afecta en 50% en el momento de fallar un equipo, presenta más de dos eventos de fallo anuales, sin embargo, a diferencia del equipo Traveling Head Press, los gastos de reparación por repuestos superan los \$20000 y no existe riesgo de afección a la salud, por lo que el equipo es de Media Criticidad.

FRECUENCIA	4		X			
	3					
	2					
	1					
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

TABLA 17. Matriz CTR de equipo Pad Printer. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

5.2.5 Análisis CTR en equipo RF Welder Machine

El análisis CTR para el equipo RF Welder Machine muestra que presenta Alta Criticidad, ya que después de ACLAS, este es el equipo con mayor índice de fallo, además en el momento de fallo de una unidad, se pierde el 50% de producción ya sea de set de Alimentación Enteral de 1200 ml o de 500 ml, además de esto, su costo de reparación supera los \$20000 y, por último, el riesgo de pérdida de vida y afección a la salud es muy alto debido al alto voltaje que este equipo genera para lograr arcos de Radio Frecuencia.

FRECUENCIA	4			X		
	3					
	2					
	1					
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

TABLA 18. Matriz CTR de equipo RF Welder Machine. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

5.2.6 Jerarquía de equipos

Para finalizar el análisis se considera la puntuación obtenida a partir del método CTR y las matrices mostradas anteriormente para realizar una jerarquía de equipos, de manera que el Departamento de Mantenimiento tenga una visión clara de cuál debe ser la prioridad y dónde se deben invertir mayores esfuerzos con el fin de contribuir al aumento de disponibilidad de los equipos, como así lo indica el objetivo a largo plazo en la etapa de planificación del Modelo de Gestión en Mantenimiento propuesto para MOOG MDG, a continuación, se muestra la jerarquía de equipos basados en la puntuación por el método CTR:

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SET DE ALIMENTACIÓN ENTERAL

EQUIPO	CTR
RF WELDER MACHINE	96
PAD PRINTER	68
TRAVELING HEAD PRESS	64
DOBOY	48
ACLAS	28

TABLA 19. Jerarquización de equipos en Línea de producción Enteral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

5.3 Cuadro de Mando Integral (CMI)

Como se menciona anteriormente en el Capítulo 3, el verdadero poder de los sistemas de indicadores y cuadros de mando aparece cuando se convierten en una herramienta clave para la mejora de la Gestión en Mantenimiento (Parra & Crespo, 2015). Por ello a medida que más y más corporaciones aplican en las organizaciones de mantenimiento los cuadros de mando integral se dan cuenta que sirven para:

- Clarificar la estrategia y conseguir el consenso sobre ella.
- Comunicar la estrategia a toda la organización.
- Alinear los objetivos personales y de los Departamentos con la estrategia.
- Vincular los objetivos a largo plazo y los presupuestos anuales de mantenimiento.
- Identificar y alinear las iniciativas estratégicas.
- Realizar revisiones periódicas y sistemáticas, y obtener la retroalimentación correspondiente para mejorar las estrategias del negocio.

5.3.1 Metodología de desarrollo del CMI

Para el desarrollo del Cuadro de Mando Integral se planteó la siguiente metodología:

- Se analiza la estrategia del negocio con el fin de establecer los objetivos estratégicos con los que se va a trabajar.
- Se realiza un análisis FODA con el cual se definan las debilidades y fortalezas entre los otros Departamentos.
- Se elaboran los objetivos estratégicos, basándose en las necesidades planteadas por la gerencia y el Departamento de Mantenimiento.
- Se identifican los indicadores que puedan servir como medio para el logro de objetivos.
- Se definen las metas de los indicadores propuestos.
- Por último, se realiza la propuesta del Cuadro de Mando Integral.

5.3.2 Análisis FODA

A partir del análisis de situaciones conversadas con la supervisión del Departamento de Mantenimiento, se realiza una matriz para el análisis FODA, con esta matriz se pretende que las fortalezas enfrenten las debilidades con el propósito de eliminarlas, y en caso de las oportunidades, que estas puedan ser aprovechadas para eliminar las amenazas.



TABLA 20. Análisis FODA del Departamento de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word)

5.3.3 Definición de objetivos

Los objetivos definidos para el Departamento a partir de las necesidades de la Gerencia y el propósito del modelo de Gestión en Mantenimiento propuesto se muestran a continuación:

Perspectiva financiera

PERSPECTIVA FINANCIERA

OBJETIVO 1

Optimizar el gasto de repuestos para los equipos de producción, contribuyendo al manejo de presupuesto del Departamento y reduciendo el desecho mecánico.

OBJETIVO 2

Mantener el porcentaje de horas extra en un 9%, mejorando el control de presupuesto del Departamento de Mantenimiento.

TABLA 21. *Objetivos Financieros del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).*

OBJETIVO 1: Se propone mantener el gasto de consumo por compra de repuestos por debajo de los \$25000 mensuales, optimizando el consumo de repuestos, esto permite un mayor control del presupuesto del Departamento, además que marca el compromiso de la Organización por reducir la huella ambiental, esto se logra mediante la estructuración de planes de mantenimiento efectivos.

OBJETIVO 2: Se propone mantener el porcentaje de horas extras por debajo del 9% del total de horas hombre laboradas, ya que este representa un gasto significativo para el Departamento. La reducción de este porcentaje permite al Departamento de Mantenimiento controlar mejor el presupuesto, este se logra mediante la contratación de personal técnico faltante en el Departamento, ya que actualmente, este no cuenta con el personal mínimo para solventar la problemática reactiva que predomina en los equipos.

Perspectiva Clientes

	OBJETIVO
PERSPECTIVA CLIENTES	Mantener la disponibilidad de los equipos de producción con una disponibilidad no menor al 87,5%

TABLA 22. *Objetivos para Clientes del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).*

OBJETIVO: Este objetivo es el más importante para el Departamento de Mantenimiento y para el modelo de Gestión en Mantenimiento propuesto, pues se busca aumentar la disponibilidad de los equipos reduciendo la pérdida por concepto de no producción, esto se logra mediante la estructuración de estrategias de mantenimiento como el Mantenimiento Preventivo, Basado en Confiabilidad y Mantenimiento Predictivo que disminuya los tiempos muertos de producción. Además, se debe estar capacitando al personal de manera constante para que el equipo de trabajo tenga la experiencia técnica de solventar los problemas asociados a las fallas en los equipos.

Perspectiva Procesos Internos

PERSPECTIVA PROCESOS INTERNOS	OBJETIVO 1
	Mantener el porcentaje de acciones correctivas debajo del 30%.
	OBJETIVO 2
	Asegurar el cumplimiento de las labores de mantenimiento preventivo en un 100%.

TABLA 23. *Objetivos de Procesos Internos del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).*

OBJETIVO 1: Se propone disminuir el porcentaje de acciones correctivas por debajo del 30%, esto comparado contra el total de intervenciones en la máquina, de modo que contribuya a eliminar los tiempos muertos de no producción, además controla el gasto de mantenimiento por reparaciones optimizando la gestión de recursos del Departamento de Mantenimiento y permite cumplir con la proporción de 30% Mantenimiento Correctivo y 70% Mantenimiento Preventivo (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000). Para el logro de este objetivo se debe invertir recursos en los equipos de ACLAS primordialmente y en el equipo de RF Welder Machine.

OBJETIVO 2: Se propone un cumplimiento del 100% de las labores de Mantenimiento planificadas debido a requerimientos del ente regulador FDA (Food and Drug Administration), el no cumplimiento de estos mantenimientos planificados involucra un estudio de riesgo por cada intervención no realizada, esto complica los procesos internos del Departamento y aumenta el total neto de la acción respectiva.

Perspectiva de Aprendizaje, Crecimiento y Personal de Mantenimiento

PERSPECTIVA DE APRENDIZAJE, CRECIMIENTO Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO

OBJETIVO

Asegurar el cumplimiento de los entrenamientos del personal técnico en un 100%

TABLA 24. Objetivo de Crecimiento y Personal de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

OBJETIVO: Se propone el cumplimiento de todos los entrenamientos planificados debido a dos motivos, el primero se basa por requerimientos de personal técnico capacitado y entrenado en procedimientos de Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo, además de entrenamientos en documentación característica de la industria médica, todo esto para efectos de ente regulador FDA. Además, se propone el cumplimiento de capacitación técnica en equipos para que el equipo de trabajo técnico tenga la base y principio de funcionamiento de los equipos especializados asociados con el proceso productivo, de manera que puedan atacar los modos de fallo de manera directa, esto reduce costos de mantenimiento, gestiona el recurso técnico del Departamento, además que contribuye al sentimiento de pertenencia del personal técnico hacia el Departamento de Mantenimiento.

5.3.4 Selección de indicadores del CMI

A partir de cuáles son los objetivos requeridos por la gerencia y el Departamento de Mantenimiento, se propone los indicadores necesarios para monitorear, controlar y solventar la problemática asociada a los objetivos definidos anteriormente.

Perspectiva financiera

OBJETIVO	INDICADOR
1	Gasto de compra de repuestos
2	% de horas extras del personal técnico

TABLA 25. Indicadores de la perspectiva Financiera del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Gasto de compra de repuestos: Este indicador consiste en el gasto de repuestos mensual por compra de repuestos orientados al mantenimiento planificado y correctivo de los equipos destinados a producción y este es calculado a partir de una simple sumatoria de las diferentes órdenes de compra.

$$Gasto\ Repuestos = \sum Costo\ de\ repuestos$$

Porcentaje de horas extras del personal técnico: Este indicador consiste en la proporción de horas extras respecto del total de horas laboradas por el personal técnico, su cálculo se da a partir del cociente de la sumatoria de horas extras y el total de horas laboradas por el personal técnico.

$$\% \text{ Horas Extra} = \frac{\sum \text{Horas Extra}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$$

Perspectiva Clientes

OBJETIVO	INDICADOR
1	Disponibilidad MTBF MTTR

TABLA 26. Indicadores de la perspectiva de Clientes del CMI, Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Disponibilidad: Este indicador es el cociente entre el tiempo medio entre fallas y la suma de este con el tiempo promedio de reparación, se expresa de manera porcentual y busca contabilizar la disponibilidad de los equipos a los que ve el Departamento y proporciona los insumos básicos a la planta.

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

Tiempo Medio Entre Fallos (MTFB): Este indicador cuantifica el tiempo promedio de funcionamiento entre fallos, es la suma de los tiempos reales de operación de los equipos de producción, dividido entre el número de fallos que ocurrieron durante en el lapso medido.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$$

Tiempo Medio de Reparación (MTTR): Esta variable mide el tiempo medio requerido por el personal técnico para realizar una reparación en los equipos utilizados en producción, el tiempo se contabiliza desde el momento que sucede el fallo, hasta la entrega al personal de producción una vez reparada la falla y, como se menciona, su cálculo es el cociente de la suma de tiempos de reparación del equipo y la cantidad de fallos ocurridos en el lapso medido.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

Perspectiva Procesos Internos

OBJETIVO	INDICADOR
1	% de Mantenimiento Correctivo
2	% de Cumplimiento del Mantenimiento Planificado

TABLA 27. Indicadores de la perspectiva de Procesos Internos del CMI. Fuente: Elaboración propia (Elaboración propia).

Porcentaje de mantenimiento correctivo: Este indicador corresponde a la relación de mantenimientos correctivos realizados en el equipo, respecto al total de mantenimientos (planificados y correctivos) realizados en el en el mismo intervalo.

$$\% MC = \frac{\text{Total de acciones correctivas}}{\text{Total de intervenciones en el equipo}} \times 100$$

Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento planificado: Esta variable permite contabilizar de manera porcentual de los mantenimientos ejecutados, respecto de los planificados, y su cálculo se da a partir del cociente de los mantenimientos ejecutados y los planificados.

$$\% MP = \frac{\text{Total de mantenimientos realizados}}{\text{Total de mantenimientos planificados}} \times 100$$

Perspectiva de Aprendizaje, Crecimiento y Personal de Mantenimiento

OBJETIVO	INDICADOR
1	% de entrenamientos realizados

TABLA 28. Indicador de perspectiva de Crecimiento y Personal de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Porcentaje de entrenamientos realizados: Este indicador mide la cantidad de entrenamientos realizados tanto a nivel interno de la Empresa, como externo respecto de los planeados en el periodo laboral equivalente a un año.

$$\% \textit{Capacitación} = \frac{\textit{Total de capacitaciones realizados}}{\textit{Total de capacitaciones planificados}} \times 100$$

5.3.5 Codificación y rangos de indicadores del CMI

La codificación de los indicadores propuestos es la siguiente:

CÓDIGO DE INDICADOR	SIGNIFICADO
IR	Indicador de Rendimiento
CÓDIGO DE PERSPECTIVA	
F	Financiera
C	Clientes
P	Procesos Internos
A	Aprendizaje, Crecimiento y Personal de Mantenimiento
CÓDIGO DE RANGOS	
	Bueno
	Medio
	Malo

TABLA 29. Codificación y Rangos de Indicadores del CMI. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word).

Para finalizar los valores asociados a los rangos se obtienen a partir de las necesidades del Departamento y requerimientos de la Gerencia, de modo en el Cuadro de Mando Integral permita una cambio cultural en el control de mantenimiento y la recolección de información de medición que permita implantar herramientas estadísticas como confiabilidad para la toma de decisiones relacionadas con los equipos, permita gestionar el recurso humano y aumentar el sentimiento de pertenencia hacia el Departamento de Mantenimiento, por último a partir del Cuadro de Mando Integral se permite controlar el gasto de mantenimiento, mejorando la distribución del recurso con el que cuenta el Departamento.

5.3.6 Cuadro de Mando Integral propuesto para MOOG MDG

Departamento de Mantenimiento									MOOG			
Cuadro de Mando Integral												
Perspectiva	Objetivos	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta		
										Bueno	Medio	Malo
Financiera	Optimizar el gasto de repuestos para los equipos de producción, contribuyendo al manejo de presupuesto del Departamento y reduciendo el desecho mecánico.	Gasto de compra de repuestos	Refierase al monto total de repuestos	Solicita información al departamento de Cadena de Suministro	IRF01	$Gasto\ Repuestos = \sum Costo\ de\ repuestos$	\$	Mensual	Supervisor Mantenimiento	≤25k\$	25k\$<GR≤30k\$	>30k\$
	Mantener el porcentaje de horas extra en un 9%, mejorando el control de presupuesto del departamento de Mantenimiento.	% de horas extras del personal técnico	Es la proporción de horas extras respecto al total de horas laboradas por el personal técnico	Cálculo Planilla Laboral	IRF02	$\% \text{ Horas Extra} = \frac{\sum \text{Horas Extra}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$	%	Mensual	Supervisor Mantenimiento	≤10%	10%<HE≤15%	>15%
Clientes	Mantener los equipos de producción con una disponibilidad del 87,5 %	Disponibilidad	Busca contabilizar la disponibilidad de los equipos a los que ve el departamento y proporcionana los insumos básicos a la planta MOOG MDG	Cálculo de disponibilidad	IRC05	$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100$	%	Semanal	Técnico en Documentación	≥87,5%	70%<D≤80%	<70%
		MTBF	Busca contabilizar el tiempo promedio de funcionamientos entre fallos para los equipos de producción	Cálculo de MTBF	IRC06	$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$	h	Semanal				
		MTTR	Busca contabilizar el tiempo promedio de reparación de los equipos de producción	Cálculo MTTR	IRC07	$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$	h	Semanal				
Procesos Internos	Mantener el porcentaje de acciones correctivas debajo del 30%	% de Mantenimiento Correctivo	Es la proporción de mantenimientos correctivos respecto al total de mantenimientos realizados en el equipo	Estadísticas Mantenimiento	IRP08	$\% MC = \frac{\text{Total de acciones correctivas}}{\text{Total de intervenciones en el equipo}} \times 100$	%	Mensual	Técnico en Documentación	30%≥	30%<MC≤50%	>50%
	Asegurar el cumplimiento de las labores de mantenimiento preventivo en un 100%	% de Cumplimiento Mantenimiento Planificado	Busca contabilizar la cantidad porcentual de los mantenimientos ejecutados respecto a los planificados	Estadísticas Mantenimiento	IRP09	$\% MP = \frac{\text{Total de mantenimientos realizados}}{\text{Total de mantenimientos planificados}} \times 100$	%	Mensual	Técnico en Documentación	90%≤	70%≤Cap<90%	70%>
Aprendizaje, Crecimiento y Personal del Departamento	Asegurar el cumplimiento de los entrenamientos del personal técnico en un 100%	% de entrenamientos realizados	Busca contabilizar la cantidad porcentual de los entrenamientos cursados respecto a los planeados	Registros del Supervisor y solicitando información del departamento de Calidad	IRA10	$\% Capacitación = \frac{\text{Total de capacitaciones realizadas}}{\text{Total de capacitaciones planificadas}} \times 100$	%	Anual	Supervisor Mantenimiento	90%≤	70%≤Cap<90%	70%>

TABLA 30. Cuadro de Mando Integral. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

5.4 RCM

A partir del análisis de la jerarquización de equipos y el análisis de criticidad CTR, se dispone a crear un plan de mantenimiento a partir de la metodología RCM, como se menciona en el Capítulo 3, esta metodología contempla el análisis de modo de fallos del equipo en una hoja, la cual contempla los efectos asociados a estos fallos, así como las posibles acciones proactivas.

Seguidamente se procede a crear el plan de mantenimiento preventivo a partir de análisis de modos de fallos realizados en la hoja de RCM, que contempla las acciones proactivas, medidas de seguridad y frecuencias correspondientes a las tareas.

En el apéndice C, se encuentra el análisis de modos de fallo mediante la metodología RCM, así como el plan de mantenimiento preventivo en el apéndice D.

5.4.1 Costo de mantenimiento preventivo

A partir del plan de mantenimiento realizado, se calculan los costos básicos de desarrollo del plan de mantenimiento, contando los suministros básicos necesarios para realizar las actividades descritas en el plan, así como la cantidad de horas hombre necesarias para el cumplimiento de las actividades. A continuación, se muestran los suministros básicos necesarios descritos en el plan de mantenimiento preventivo:

INSUMOS REQUERIDOS EN EL MANTENIMIENTO	PRECIO (\$)
TUBE POWER TRIODE	4400
FINGERS (\$/PIE)	24
FILTROS DE AIRE	10
GRASA TIPO MÉDICA PARA ALTA VELOCIDAD	35
CILINDRO NEUMÁTICO (2 UNIDADES)	902
MYLAR	12
ZAPATO DE SEGURIDAD	100
LENTES	10
SERVILLETAS PARA CUARTO LIMPIO	112
ALCOHOL ISOPROPÍLICO PROPORCIÓN 70/30 (GALÓN)	15
TOTAL	\$ 5620

TABLA 31. Costo de Suministros necesarios para programa PMP. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

Una vez calculado el costo de suministros básicos requeridos para la realización de las actividades de mantenimiento preventivo, se debe contabilizar el total de horas hombre necesarios para hacer las respectivas tareas descritas en el plan. A continuación, se muestran el total de horas necesarias, así como el tiempo requerido por actividad. El costo de las actividades es calculado a partir del costo promedio de una hora de trabajo de un técnico del Departamento de Mantenimiento, el cual es de \$ 6, 7.

ACTIVIDAD	DURACIÓN POR ACTIVIDAD (HRS)	TIEMPO DE EJECUCIÓN TOTAL ANUAL (HRS)	COSTO POR ACTIVIDAD ANUAL (\$)
S01	1/3	18	120,6
S02	0.5	27	180,9
S03	1	54	356,4
S04	1/6	9	60,3
S05	1	54	356,4
S06	1	54	356,4
S07	1/6	9	60,3
M08	1,5	18	120,6
M09	1/3	4	26,8
M10	1/3	4	26,8
3M12	1	4	26,8
3M13	0,5	2	13,4
3M14	0,5	2	13,4
6M15	2	4	26,8
6M16	1/6	1/3	2,24
6M17	3	6	40,2
6M18	0	0	400
6M19	0	0	500
6M20	0	0	100
6M21	0	0	500
6M22	0	0	400
A23	1	1	6,7
A24	3	3	20,1
A25	1	1	6,7
2A26	2	1	6,7
2A27	4	2	13,4
TOTAL			\$ 3621,24

TABLA ,6. Costo de mano de obra de las actividades de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

Tomando en cuenta tanto el costo de suministros, como el total de horas requeridas por el personal técnico para realizar las labores de mantenimiento, el costo total de desarrollo del plan de mantenimiento preventivo es de \$ 9242 anuales. Ahora, considerando el costo del equipo RF Welder Machine el cual es de \$ 250 000, el plan de mantenimiento preventivo representa el 3,7 % del valor activo, esto indica que es conveniente aplicar el plan de mantenimiento preventivo en el equipo.

5.5 Sistema de información de mantenimiento

Para el sistema de Información de Mantenimiento MOOG MDG actualmente no cuenta con un software de mantenimiento el cual se encuentre operativo, sin embargo, la organización cuenta con un sistema ERP (Enterprise Resource Planning) llamado QAD, el cual incluye el Módulo de Gestión en Mantenimiento y representa una oportunidad de mejora en el sistema de información del Departamento de Mantenimiento.



FIGURA 24. QAD. Fuente: QAD Inc.

A partir de este Módulo de Gestión en Mantenimiento se propone en colaboración con el Departamento de Tecnologías de Información un proyecto el cual permita la implementación del software en el Departamento de Mantenimiento considerando las necesidades que se indiquen oportunas como lo son:

- Generación y control de costos de operación del departamento.
- Macheo de las solicitudes y órdenes de compra con su respectiva Orden de Trabajo.
- Generación y registro de Órdenes de Trabajo asociadas a los activos.
- Planeación y calendarización de las tareas de mantenimiento preventivo.
- Control del equipo técnico o personal de mantenimiento
- Registro y control del herramientas, activos y consumibles del Taller de Mantenimiento.
- Registro y control de los repuestos disponibles en la bodega.
- Macheo de las Órdenes de Trabajo con el personal responsable de cada intervención a un equipo.
- Generación del Cálculo de Índices de Mantenimiento.

Conclusiones

- Un Departamento de Mantenimiento requiere el uso de indicadores de Clase Mundial, debido al aporte de información valiosa que brindan en la aplicación de métodos relacionados en la Gestión en Mantenimiento e involucran la toma de decisiones.
- El análisis de criticidad por el método de Criticidad Total por Riesgo (CTR) fue clave para determinar que el equipo RF Welder Machine es el equipo correcto al cual se le debe aplicar un análisis de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM).
- A partir de la aplicación de la norma MES, se identificó con base en un sistema de puntuación existente grandes oportunidades de mejora en las cinco áreas de Mantenimiento descritas en la auditoría, de manera que, con apoyo de la gerencia, se pueda construir mediante aportes progresivos un Departamento de Mantenimiento que genere valor significativo a la organización.
- La construcción de Planes de Mantenimiento a partir del análisis de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) es necesaria para evitar los modos de fallo que se presentan a través de los sistemas que conforman un equipo.

Recomendaciones

- Implantar el software o módulo en Gestión del Mantenimiento QAD para mejorar la gestión de la información recopilada.
- Ampliar el alcance del plan de mantenimiento formulado en modelo propuesto para el resto de los equipos de la línea de producción de Set Enteral.
- Realizar una recopilación de información durante un año fiscal completo de los indicadores propuestos en el CMI, esto para la revisión de objetivos anuales y metas del Departamento de Mantenimiento.
- Iniciar la documentación y toma de tiempos muertos de producción y la cantidad de fallos asociados de la misma medición.
- Llevar un estricto control del tiempo medio de reparación (MTTR) y tiempo medio entre fallo (MTBF) de modo que el Departamento de Mantenimiento tenga el cálculo exacto de la Disponibilidad de los equipos.
- Incentivar a todos los miembros del personal técnico de Mantenimiento al crecimiento personal, como equipo técnico y profesional con el fin de señalar de manera frecuente la importancia individual y colectiva de los integrantes del Departamento de Mantenimiento.
- Crear un registro de costos dentro del Departamento de Mantenimiento, con el propósito de cuantificar costos y permita formular un presupuesto y que pueda ser utilizado como una valiosa herramienta en la viabilidad de los proyectos de mantenimiento y el ver de manera tangible el ahorro que estos puedan generar.
- Capacitar al personal de mantenimiento mediante capacitaciones especializadas con los proveedores principales de los equipos de asociados a la línea de producción Enteral, los cuales el Departamento de Mantenimiento considere oportuno, así como el entrenamiento en otra área que considere pertinente.

Bibliografía

Parra, C & Cresp, A. (2015). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Sevilla, España: grupo INGEMAN.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Creso, A. (2014). Propuesta de un modelo de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Revista Chilena de ingeniería, 125-138

Crespo Márquez A, 2007. The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance. London: Springer Verlag.

Palmer RD, 1999. Maintenance Planning and Scheduling. New York: McGraw-Hill.

Wireman T, 1998. Developing performance indicators for managing maintenance. New York: Industrial Press.

Pistarelli, A. (2010). Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización. Buenos Aires, Argentina: Talleres Gráficos RyC.

Gómez Gutiérrez, L. (2016). Presentación de clase "Índices de Mantenimiento". Cartago.

Gómez Gutiérrez, L. (2017). Presentación de clase "Metodología para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento V1.0". Cartago.

Amendola L. (2015). "Balanced Score Card en la gestión de mantenimiento". Valencia

Duffuaa, S. Raouf, A. & Dixon Campbell, J. (2000). *Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control*. Mexico: Limusa, S. A de C. V grupo noriega Editores.

Santos J, Gutierrez E, Strefezza M, & Miguel Agüero. (2013). *Análisis de criticidad integral de activos físicos*. Venezuela: UNERMB. Revista Investigaciones Científicas.

Norma QSR 820. Código de las Regulaciones Federales de EE. UU., 1 de abril de 2017.

Kaplan RS, Norton DP, 1992. The Balanced Scorecard-measures that drive performance. Harvard Business Review, 70(1): 71-9.

Woodhouse J. 1996. Managing Industrial Risk. Chapman Hill Inc, London

Jones Richard, 1995. Risk- Based Management: A Reliability- Centered Approach, Gulf Publishing Company, First Edition, Houston, Texas.

Moubray Jhon, 1991. RCM II: Reliability Centered Maintnance, Industrial Press Inc., New York, USA.

López, M & Crespo, A (2008). Un Modelo de Referencia para la Gestión del Mantenimiento. España: Universidad de Sevilla.

Anexos

RF Welder Machine



Apéndice

A. Cuestionario Norma MES

Recursos Gerenciales					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
1. Usted siente que mnto está dotado para realizar su trabajo?					
2. La estructura completa del mantenimiento parece ser logica favorece el cumplimiento de las actividades de mnto?					
3. La Organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?					
4. La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?					
5. La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?					
6. ¿Se desarrollan equipos de trabajo (mnto y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?					
7. ¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?					
8. El personal de mnto posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					
9. Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento en sus áreas de trabajo?					
10. La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición sus objetivos y metas a cumplir?					
11. La gerencia revisa y le hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?					
12. Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?					
Subtotal					
Puntuación Total por criterio					

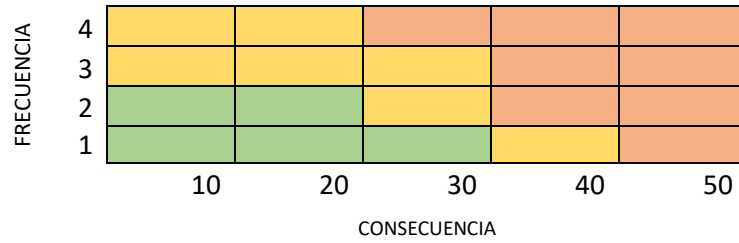
Gerencia de la información (Software de Gestión del Mnto)					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
13. La Organización utiliza de forma eficiente el sistema computarizado de gestión del mantenimiento (Máximo/SAP PM/...)?					
14. ¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?					
15. La Organización mantiene actualizado el Máximo/SAP PM/...?					
16. Ha sido el personal debidamente entrenado para su uso?					
17. La Organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?					
18. Están los inventarios de repuestos dentro del Máximo/SAP PM/...?					
19. Se toman decisiones a partir de los reportes generados por él?					
20. La Organización estima y les hace seguimiento a los costes de mnto?					
21. La Organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio?					
22. La Organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño ("benchmarking")?					
23. El tiempo de realización del mantenimiento es registrado y evaluado?					
24. La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (costos de mnto/costes de producción)?					
Subtotal					
Puntuación Total por criterio					

Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
25. La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?					
26. Se revisan periódicamente los planes de MP, aumento/descenso, necesidades de adiestramiento, etc?					
27. La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de MP?					
28. Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?					
29. La organización utiliza técnicas de mnto predictivo (¿vibración, análisis de aceite, ultrasonido, etc.?)					
30. La organización les hace seguimiento a los costos de mnto preventivo y predictivo?					
31. Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mnto tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas de MP?					
32. La organización tiene la cultura de analizar y evitar fallas repetitivas?					
33. Se incluye el personal de mnto y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?					
34. Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?					
35. Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?					
36. ¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?					
Subtotal					
Puntuación Total por criterio					

Planificación y ejecución					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
37. Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
38. La organización utiliza órdenes de trabajo para las act. ¿Correctivas?					
39. Se le hace seguimiento a la ejecución a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
40. La organización controla el sobre tiempo (adicional al planificado)?					
41. La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?					
42. Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?					
43. Son las actividades correctivas bien planificadas antes de ejecutarse?					
44. La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores (shutdowns/overhauls)?					
45. La organización utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento (outsourcing)?					
46. La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?					
47. Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?					
48. Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?					
Subtotal					
Puntuación Total por criterio					

Soporte, Calidad y Motivación					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
49. Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mnto?					
50. Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?					
51. Se controla bien la salida y entrada de repuestos al almacén?					
52. Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto al no tener el repuesto en el almacen?					
53. Se tiene identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?					
54. El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima del criterio de rapidez?					
55. Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?					
56. Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?					
57. Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?					
58. El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico-motivacional)?					
59. El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?					
60. El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?					
Subtotal					
Puntuación Total por criterio					

B. Matriz de criticidad por el método CTR



Área de sistemas No Críticos
Área de sistemas de Media Criticidad
Área de sistemas Críticos

C. Hoja de RCM del equipo RF Welder Machine


Empresa		MOOG MDG		Hoja de Trabajo RCM								MOOG® Enhancing Healthcare. Enriching Lives.	
Equipo		ACLAS											
Parte		Plato giratorio		Código	P-ACLAS-XXX								
	Función	Falla Funcional		Subparte	Modo de Fallo	Causa			Efecto	Acción Proactiva			
1	Girar las estaciones en las 6 posiciones diferentes requeridas por el mecanismo	A	Incapacidad de girar en las 6 posiciones	Motor eléctrico	1	Fallo eléctrico	Disparo de protección	Sobrecarga	Arco generado en puntos de conexión	Altas corrientes nominales de funcionamiento, y alta temperatura en el motor, además puede presentar cables con estrés térmico en las conexiones.	1	Revisar puntos de conexión del motor, retorquear conexiones en caso de ser necesario, chequear el estado de la protección	
						Fusible quemado	Sobrecarga		2		Medir continuidad con el mutímetro en los fusibles de protección y reemplazar el que se encuentre quemado		
						Sobrecarga	Fallo ventilación	Abanico invertido	3		Revisar la orientación del abanico que proporciona ventilación del motor, invertir en caso de ser necesario		
					2	Fallo Rodamientos	Fallo de lubricación	falta de lubricación		Sonidos ajenos a la condición nominal de la máquina, pequeñas vibraciones, puede provocar desbalance el eje del motor desgastando el aislante de los debanados provocando un cortocircuito	4	Sustituir el rodamiento lubricado correctamente	
							Desgaste por funcionamiento				5	Sustituir el rodamiento	
					Embrague Neumático	3	Fallo en el acoplamiento o desacoplamiento	Falta de lubricación en la ranura perimetral	Fuga en sello	Salto dañado	Evidencias de lubricación en el embrague, aumento de temperatura a causa de las fricción	6	Realizar lubricación en ranura perimetral y realizar el cambio de sello
				Fallo en el rodamiento				Desgaste por funcionamiento	Falta de Lubricante	Vibraciones y sonidos con la rotación del plato		7	Sustituir rodamiento
				Falta de presión de aire				desajuste en válvula reguladora de presión	Fallo en válvula solenoide de alimentación	Movimiento lento del plato giratorio, desgaste de platos de acople		8	Chequear la presión de alimentación del Embrague, revisar estado de válvula solenoide y reemplazar en caso de ser necesario
				Soporte Ajustable de la base del plato	4	Contacto entre mesa y la base de la prensa	Desbalance en la base del plato	Instalación Incorrecta		Sonidos anormales en el momento que la prensa desciende a realizar la soldadura, afectando la soldadura por radiofrecuencia	9	Revisar el alineamiento de la base del plato, intervenir la máquina y balancear la base	
				Freno Neumático	5	Fallo en el acoplamiento o desacoplamiento	Falta de lubricación en la ranura perimetral	Fuga en sello	Salto dañado	Evidencias de lubricación en el embrague, aumento de temperatura a causa de las fricción	10	Realizar lubricación en ranura perimetral y realizar el cambio de sello	
							Fallo en el rodamiento	Desgaste por funcionamiento	Falta de Lubricante		Vibraciones y sonidos con la rotación del plato	11	Sustituir rodamiento
							Falta de presión de aire	desajuste en válvula reguladora de presión	Fallo en válvula solenoide de alimentación		Movimiento lento del plato giratorio, desgaste de platos de acople	12	Chequear la presión de alimentación del Embrague, revisar estado de válvula solenoide y reemplazar en caso de ser necesario
							6	Fallo de Ejes	Desgaste de engranes		Fallo de lubricación		Vibraciones anormales y sonidos con la rotación del eje
				Fallo de rodamientos	Desgaste por vida útil				Vibraciones anormales y sonidos con la rotación del eje	14	Realizar análisis de vibraciones en el rodamiento		
				Indexador CAMCO	7	Soltura en las posiciones de rotación del plato	Desgaste en leva	Fallo del lubricante	Vida útil	No mantiene una posición de parada exacta, por lo que afecta la soldadura por radiofrecuencia	15	Realizar análisis de aceite periodicos	
							Fallo de leva	Fallo del lubricante	Vida útil	No mantiene una posición de parada exacta, por lo que afecta la soldadura por radiofrecuencia	16	Realizar análisis de aceite periodicos	
							8	Movimiento desfasado en la rotación del plato	Conexiones de salida flojas			Movimiento con desfase del plato giratoria, puede afectar la soldadura por radiofrecuencia	17
				Fricción en la base	Unidad con sobrecarga				Movimiento con desfase del plato giratoria, puede afectar la soldadura por radiofrecuencia	18	Revisar la conexión de la base		
2	Fijar los nidos a su posición en el plato	A	Capacidad total o parcial de sujeción de contenedores y nidos	Nidos	9	Fallo de Sujeción de los nidos	Desajuste de tornillos		Genera producto defectuoso	19	Realizar inspecciones y ajustes periodicos		


Empresa		MOOG MDG		Hoja de Trabajo RCM						MOOG® Enhancing Healthcare. Enriching Lives.			
Equipo		ACLAS		Código		P-ACLAS-XXX							
Parte		Sistema de Potencia											
Función		Falla Funcional		Subparte		Modo de Fallo		Causa		Efecto		Acción Proactiva	
1	Generar Radio Frecuencia de 27 MHz	A	No se genera Radio Frecuencia	Transformador de placas Elevador	1	No se genera 7500 Volts en el devanado secundario del transformador	Devanado primario no energizado	Fusible de protección quemado	Equipo en sobrecarga	El sistema de control dispara una alerta en el fallo de generación de radio frecuencia, deteniendo el equipo	1	Desenergizar el equipo, medir continuidad de fusibles en alimentación 3Ph, revisar estado de terminales de conexión en el devanado primario y secundario del	
					2	Voltage generado en el devanado secundario por debajo de 7500 Volts	Corriente de magnetización insuficiente	Falla a tierra		Altas corrientes en alimentación del devanado primario, aumento de temperatura en conexiones del transformador, el equipo genera una alarma de disparo y detiene el proceso	2	Realizar un escaneo térmico por medio de termografía con el fin de encontrar una falla a tierra	
				Rectificador 3Ph AC a 1Ph DC	3	No genera corriente DC a 7500 Volts	Placas de diodos en mal estado	Generación de arcos	Sobrecarga	La falla de las placas de diodos dispara una alerta en el equipo y lo detiene	3	Revisar los puntos de conexión de las placas de diodos que no exista evidencia de arcos o quemaduras por	
				Tubo Oscilador	4	Tubo Oscilador no genera señal de Radio Frecuencia	Deterioro por uso	Picadura por arco eléctrico		El fallo del tubo oscilador dispara una alarma de funcionamiento y detiene el equipo	4	Reemplazar el componente	
				Ventilador	5	Ventilador del tubo oscilador dañado	Motor quemado	Vida útil		Calentamiento excesivo en el tubo oscilador, lo cual puede quemar el filamento que realiza la descarga de radio frecuencia	5	Realizar el remplazo de la unidad	
							Rotor trabajo	Fallo de rodamiento		Calentamiento excesivo en el tubo oscilador, lo cual puede quemar el filamento que realiza la descarga de radio frecuencia	6	Realizar el remplazo del rodamiento del ventilador	
				Unidad supresora de arcos	6		Placa de diodos quemada	Generación de arcos	Sobrecarga	La falla de las placas de diodos dispara una alerta en el equipo y lo detiene	7	Revisar los puntos de conexión de las placas de diodos que no exista evidencia de arcos o quemaduras por sobretensión <u>remplazar si la placa de</u>	
							Thyratron Tube dañado	Deterioro por uso	Sobrecarga		El fallo del tubo thyratron dispara una alarma de funcionamiento y detiene el equipo	8	Remplazo del componente, mediante el análisis termigráfico buscar puntos de calor periodicamente
							Elementos resistivos, capacitivos o inductivos dañados	Sobrecarga		Al fallo de algun elemento, la parte de la máquina que pierda su función dispara una alarma y el equipo se detiene	9	Realizar el remplazo del componente	
				Potenciómetro	7	Baja sensibilidad de la estación de arco	Descalibración	Tiempo de uso		El equipo no opera en su condición nominal, lo cual afecta la soldadura por radio frecuencia	10	Realizar la calibración del componente	
							Deterioro del componente	Vida útil		Al fallo del elemento, la parte de la máquina que pierda su función dispara una alarma y el equipo se detiene	11	Realizar el remplazo del componente	


Empresa		MOOG MDG		Hoja de Trabajo RCM					MOOG [®] Enhancing Healthcare. Enriching Lives.		
Equipo		ACLAS									
Parte		Prensa Neumática		Código	P-ACLAS-XXX	Causa			Efecto	Acción Proactiva	
Función	Falla Funcional	Subparte	Modo de Fallo								
1	A	Incapacidad total de realizar la soldadura en el vinil	Lainas	1	Fallo de Lainas	Laina dañada o desconectada	Mala instalación		Pérdidas energéticas en Laina, esto provoca soldadura irregular en el vinil	1	Realice una inspección de la Laina, revise que tenga una buena conexión y no tenga fractura en algún punto, en caso de estar dañada, reemplazar
			Cilindro Neumático	2	Pistón con movimiento limitado	Presión Neumática incorrecta	Fugas o mangueras neumaticas obstruidas		La disminución en la presión nominal de trabajo activa una alarma deteniendo , la fuga puede presentar un sonido de escape de aire	2	Realiza una inspección del sistema nuemático corroborando que ningun ducto esté fracturado, en caso de existir ruptura o fractura, reemplazar el ducto
						Presión Neumática limitada por debajo de condición nominal	Configuración incorrecta en el set de presión		Esto provoca efectos en la soldadura por radiofrecuencia, al existir un gap entre la prensa y el plato puede generar	3	Revisar la presión de aire en la configuración de la máquina, realizar el seteo adecuado
						Falta de lubricación en los actuadores	Unidad de Mantenimiento neumatica sin lubricante		Movimiento restringido al bajar la prensa, puede provocar sonido de fricción y provocar daño al vinil al realizar la soldadura	4	Revise la unidad de mantenimiento, el nivel de aceite, en caso de estar por denajo del nivel requerido, agregue lubricante
			Fingers	3	Fingers quemados	Estrés térmico			Presencia de arcos eléctricos en la plancha durante la soldadura por radiofrecuencia, esto daña el vinil	5	Realizar inspección mensual corroborando el estado de los fingers, en caso de estar quemados, reemplazarlos
	B	Capacidad parcial de realizar la soldadura en el vinil	Plancha	4	Temperatura por debajo del rango requerido	Agua de calentamiento por debajo de la temperatura requerida	Setting incorrecto en el TCU		Soldadura del vinil defectuosa	6	Revisar la inspección en el tcu para revisar que la tempertura sea la correcta
						Canales conductores de la plancha con obstrucciones por partículas o oxido			La obstrucción de los canales dificulta la transferencia de calor entre la placa y el coolant que circula dentro de ella, por lo que la temperatura de la plancha crea defectos sobre la soldadura del vinil	7	Retirar el coolant usado, despues se debe someter los canales con presión de aire comprimido antes de realizar el remplazo de coolant
			Muelas	5	No transmite Radiofrecuencia	Fallo en capacitores	Vida útil		Soldadura del vinil defectuosa	8	Realiza una inspección termigráfica con el fin de analizar el comportamiento de los condensadores
						Placa de Bronce quemadas	Fatiga térmica		Soldadura del vinil defectuosa	9	Realiza una inspección termigráfica con el fin de analizar el comportamiento térmico de las placas
			Covertor lateral de la prensa	9	Estrés térmico en el sistema eléctrico	Filtros obstruidos			El estrés térmico puede convertirse en corta circuito debido al fallo del aislante en los conductores	10	Realice una inspección de los filtros, haga el cambio correspondiente a los que se encuentren con exceso de contaminación
			Base de la prensa	10	Desalineamiento	Montaje incorrecto			El desalineamiento de la base de la prensa, crea un mal acople de las muelas entre las muelas de las planchas, por lo que la creación de arcos estaría presente, esto afecta la soldadura al vinil dañando el producto	11	Realizar el alineamiento de la base de modo que el acople sea regular cuando baja la prensa
			Cilindro Neumático	11	Pistón con movimiento limitado	Presión Neumática limitada por debajo de condición nominal	Configuración incorrecta en el set de presión		Esto provoca efectos en la soldadura por radiofrecuencia, al existir un gap entre la prensa y el plato puede generar	12	Revisar la presión de aire en la configuración de la máquina, realizar el seteo adecuado


Empresa	MOOG MDG		Hoja de Trabajo RCM							MOOG® Enhancing Healthcare. Enriching Lives.		
Equipo	ACLAS		Código	P-ACLAS-XXX								
Parte	Sistema de Control Eléctrico		Función	Falla Funcional	Subparte	Modo de Fallo	Causa		Efecto	Acción Proactiva		
1	Datener el equipo en caso de emergencia en el instante deseado	A	El equipo no se detiene en el instante deseado	Boton de paro de emergencia	1	Fallo de paro de emergencia	Fallo de la botonera			Riesgo de afección a la salud hacia el colaborador de producción	1	Realizar paros de emergencia durante las labores de mantenimiento preventivo para corroborar el estado de este
		B	No detección del operario cuando se instala el vinil	Sensor de presencia	2	Plato gira aún el operario interrumpiend o la señal del sensor	Cable de sensor desconectado			Riesgo de afección a la salud hacia el colaborador de producción	2	Realizar a las conexiones del cable en búsqueda de posibles falso contacto
							Cable de sensor dañado	Posible fractura			3	Realizar inspección visual del estado del cable, en caso de estar fracturado, sustituir
				Alarma	3	Fallo en sonido de prevención en paro subito	Cable de conexión			El equipo no alerta de manera sonora que existió un fallo en el proceso de ensamble	4	Realizar inspección del calbe de conexión, así como los puntos de
							Sirena quemada				5	Revisar el funcionamiento de esta, sustituir si está quemada
2	Procesar las señales de entrada de sensores, así como la salida de señales de actuadores para el normal funcionamiento del equipo	A	Capacidad parcial de procesamiento de señales de entrada y salida	PLC	4	Alarma de fallo activa	Modulo de procesamiento dañado	Sobretensión		La maquina se detiene completamente, debido a que el equipo dispara una alarma con un codigo asociado característico de la naturaleza del fallo	6	Realizar una inspección visual de las luces de funcionamiento en el PLC, con el fin de detectar luces de alarma
							Fallo en la carga de la programación				7	Realizar una inspección del programa mediante la contratación de un técnico especializado
							Vida útil				8	Inspeccione en relé en el que se
							Sobrecarga				9	Inspeccione en relé en el que se
							Sobrecarga				10	Realizar el cambio de la fuente de poder
							Vida útil				11	realizar el cambio del
							Fuera de posición				12	realice una inspección del funcionamiento, posicione el
							sensor dañado				13	Reemplazar sensor
							Fuera de posición				14	realice una inspección del funcionamiento, posicione el
							UPS	9	Fallo UPS		Sobrecarga	
Fusibles	10	Alarma de portafusible encendida	Fusible quemado	Sobrecarga	El equipo emite una alarma y detiene el equipo	16	Reemplazo de componente					


D. Plan de Mantenimiento Preventivo para el equipo RF Welder Machine


TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		 Enhancing Healthcare. Enriching Lives.
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press		
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento		
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada	
Guantes aislantes	Alcohol Isopropílico	
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliester para área controlada	
Grasa para lubricar	Mylar	
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido		
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo		
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.		
IMPORTANTE: Antes de inicar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe		
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora		
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid		
3. Realiza la descarga del B+ del Coil		
Instrucción Semanal para el Mantenimiento Preventivo		
Instrucción	Descripción	
W01	Realice un simulacro del control eléctrico del equipo. Compruebe que la botonera "stop" apague el equipo completamente. Ponga a operar el equipo y compuebe que la cortina de seguridad opere de forma adecuada.	
W02	Desenergice el equipo. Compruebe que las prensas no presenten puntos de quemadura en las zonas de bronce en las muelas de sellado . Limpie las prensas con alcohol isopropílico.	
W03	Con el equipo desenergizado. Compruebe de forma visual que los contactos de bronce estén en buen estado y completos, si no realice el remplazo de los fingers.	
W04	Compruebe los límites de presión en las prensas. El cilindro neumático debe se setearse entre 90 psi y 100 psi. El rango aceptable es entre 92 psi y 98 psi. Confirme el límite de la alarma superior corresponda a 98 psi.	
W05	Inspeccione el estado de las guías metálicas de cada presa, y lubrique, cada una con una delgada capa de lubricante	
W06	Con el equipo desenergizado, inspeccione el estado de los nidos del plato giratorio. Realice una limpieza de las superficies del nido con alcohol isopropílico y el paño de poliester. Compruebe que no exista quemaduras o marcas en el plástico, si no haga el remplazo necesario.	
W07	Al finalizar las labores anteriormente descritas, realice el remplazo del Mylar en las estaciones.	
Observaciones		
Cambios realizados al equipo		


TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
 Enhancing Healthcare. Enriching Lives.	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropílico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliéster para área controlada
Grasa para lubricar para alta velocidad	Relays
Tornillos de acero Inoxidable	Coolant
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción mensuales para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
M08	Desenergice el equipo. Inspeccione el estado de los Relay de los arcos supresores del generador , si presentan daño por picadura, realice el respectivo cambio.
M09	Inspecciones el estado de los tornillos de acero inoxidable de los nidos de aluminio del plato giratorio, de ser necesario realice el cambio de los mismos.
M10	Verifique nivel de coolant del tanque de agua del TCU'S. De ser necesario realice el relleno necesario.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	


TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Grasa para lubricar para alta velocidad
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliéster para área controlada
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción Bimensual para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
2M11	Desenergice el equipo. Inspeccione el estado del tornillo sin fin que se encuentra en el arco supresor del generador. Con el paño de poliéster limpie el tornillo sin fin, eliminando por completo la grasa en el mismo. Verifique que no existan desgastes en la superficie del tornillo, realice el engrasado con el lubricante para alta velocidad.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropílico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliéster para área controlada
Multímetro	Contactores
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción Trimestrales para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
3M12	Desenergice el equipo. Desmonte el filtro de agua de la salida de TCU'S, límpielo con agua y vuelva a montar el filtro. Si el filtro se encuentra en mal estado, realice el cambio correspondiente.
3M13	Apague el equipo eléctricamente. Compruebe que las terminales del tablero de las prensas se encuentren en su posición, en buen estado, sin presentar algún daño por quemadura. Realice la medición de continuidad de los contactores. Si se presenta algún signo de quemadura, oxidación o mal funcionamiento, realice el remplazo de la terminal y del cable.
3M14	Desenergice el equipo. Compruebe que los cables de alimentación se encuentren en buenas condiciones, mida la continuidad. Si se presenta algún daño en los mismos, por quemadura, y oxidación, realice el cambio respectivo.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropílico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliéster para área controlada
Grasa para lubricar	Coolant
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción semestrales para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
6M15	Elimine el coolant de las unidades del TCU's . Con aire comprimido verifique eliminar residuos de líquido que puedan quedar en las tuberías del equipo. Llene con coolant hasta el límite señalado. Ponga en operación el equipo, y verifique visulamente que no existan fugas del líquido refrigerante de las uniones, sellos o mangueras.
6M16	Desenergize el equipo. Compruebe de forma visual el estado de las aspas de los ventiladores de las prensas del generador. Verifique que giren de manera adecuada y que no exista golpes en las aspas o se encuentren dañadas.
6M17	Apague eléctricamente el equipo. Realice la limpieza del tubo oscilador, aspire pastículas y limpie las superficies con el paño de poliéster y alcohol isopropílico.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropilico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliester para área controlada
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad retificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción semestrales para el Mantenimiento Predictivo	
Instrucción	Descripción
6M18	Realizar análisis de termografía en cada una de las conexión de los tableros de las prensas.
6M19	Realizar análisis de termografía y de vibraciones del indexador CAMCO.
6M20	Tomar muestra de aceites, para realizar el respectivo análisis de aceites.
6M21	Realizar análisis de termografía y vibraciones en el motor eléctrico del plato giratorio.
6M22	Realizar análisis de termografía de transformadores, tubo oscilador, capacitores de vacío y del servomotor de las prensas, en el generador.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropilico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliéster para área controlada
Grasa para lubricar	Coolant
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad retificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción anual para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
A23	Reemplazar el filtro de las tapas laterales de las prensas.
A24	Deesmonte el tubo oscilante, externo al cuarto limpio, con aire comprimido limpielo, además con el paño de poliéster y alcohol isopropílico limpielo. Monte de nuevo
A25	Despues de realizar la limpieza del tubo oscilante, permitir que caliente por media hora y con el multimetro, mida la tensión, esta debe de corresponde , para la maquina de 10 kW, encontrarse entre 6,7 y 7,0 Vac y en la de 20kW de 6,3 Vac. Verifique que la corriente de la grilla para la prensa de 10 kW sea de aproximadamente de 0,5 A y en la prensa de 20kW de 0,9A.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
EQUIPO: RF Welder Machine Doble Press	
	
Instrumentos requeridos para realizar el mantenimiento	
Zapatos de seguridad con aislación eléctrica	Herramienta ubicada en área controlada
Guantes aislantes	Alcohol Isopropilico
Lentes requeridos en área controlada	Paños de Poliester para área controlada
Grasa para lubricar	Coolant
Medidas de Seguridad y Entrenamiento Requerido	
Refierase al Manual básico de operación y de mantenimiento del equipo	
Baje los breakers principales de la máquina para desenergizarla y coloque el candado de bloqueo con su respectiva etiqueta.	
IMPORTANTE: Antes de iniciar cualquier intervención de carácter eléctrico en el equipo debe	
1. Realizar la descarga de la terminal B+ en la salida de la unidad rectificadora	
2. Descargue la corriente remanente el rejilla o grid	
3. Realiza la descarga del B+ del Coil	
Instrucción bianual para el Mantenimiento Preventivo	
Instrucción	Descripción
2A26	Descargue el aceite del indexador CAMCO, rellenelo con aceite nuevo. (Mobil Gear 630, Mobil SHC 634, OMALA 220.
2A27	Desenergice el equipo. Cierre las válvulas de aire comprimido, separe el pistón principal y cambielo por uno nuevo.
Observaciones	
Cambios realizados al equipo	