

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ÓPTIMO (PMO) PARA GRUPO
ELECTRÓGENO MARCA MODASA DE 104KVA EN OPERACIÓN CONTINUO
DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.

ORLANDO JOSE DIAZ NULE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MDECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ÓPTIMO (PMO) PARA GRUPO
ELECTRÓGENO MARCA MODASA DE 104KVA EN OPERACIÓN CONTINUO
DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.

ORLANDO JOSE DIAZ NULE

Monografía presentada como requisito
Para optar por el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

DIRECTOR
ING. PEDRO JOSE DIAZ GUERRERO
M.Sc Ing. Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A Dios primero por permitir alcanzar un logro más en vida profesional.

A mi esposa Dayana y mi hija Juliana, gracias por su paciencia, amor y su apoyo para lograr este sueño.

A mis padres por el apoyo incondicional y por creer siempre en mí.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4. MARCO TEORICO	22
4.1 CONCEPTO DE GRUPOS ELECTROGENOS	22
4.1.1 Componentes y Características principales de un Grupo Electrónico	23
4.1.2 Normatividad de funcionamiento de los grupos electrónicos.....	24
4.1.2.1 Definición de los tipos de potencia para grupos Electrónicos según la norma iso8528-1.	24
4.2 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO.....	28
4.2.1 Fundamento del Mantenimiento preventivo RCM o PMO	29
4.2.2 Similitudes entre las metodologías RCM y PMO	32
4.2.3 Diferencia entre las metodologías RCM y PMO.....	32
4.2.4 Peligros potenciales de la metodología RCM	33
4.2.5 Peligros potenciales de la metodología PMO	34
5. GENERALIDAD DE LA METODOLOGIA PMO (OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO).....	36
5.1 PILAR FUNDAMENTAL DEL PMO.....	38
5.2 METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO PMO	40

5.3 OBJETIVOS DE LA METODOLOGIA PMO.....	41
5.4 FUNDAMENTOS DEL PMO	41
5.4.1 Equipos críticos.....	41
5.4.2 Pasos a seguir en la Metodología PMO.....	43
5.5 CREAR EQUIPOS MULTIFUNCIONALES DESDE EL TALLER.....	50
5.6 IMPLEMENTAR LOS RESULTADOS LO MÁS PRONTO POSIBLE.....	51
5.7 ESTRUCTURAS DISFUNCIONALES DE LA ORGANIZACIÓN.....	51
 6. MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS A GRUPO ELECTROGENO DE 104KVA DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.....	 54
6.1 CARACTERISTICAS DE POTENCIAS EN LOS GRUPOS ELECTROGENOS	 54
6.2 COSTOS ACTUALES DE MANTENIMEINTO DEL GRUPO ELECTROGENO	 56
6.3 FRECUENCIA DE FALLA Y MODOS DE FALLAS DEL GRUPO ELECTROGENO MARCA MODASA PEPK10434.....	 57
6.4 COSTOS DE LAS FALLAS DE LOS COMPONENTES DEL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434	 61
6.5 FACTIBILIDAD DE IPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA PMO PARA EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.....	 64
6.6 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PMO PARA IMPLEMNETAR EN EL GRUPO ELECTROGENO MARCA MODASA PEPK10434	 66
6.6.1 Recopilación de la información	66
6.6.2 Análisis de modo falla del grupo Electrógeno PEPK10434.....	69
6.6.3 Racionalización y revisión de los modos de falla	71
6.6.4 Análisis funcional del Grupo Electrógeno PEPK10434	74
6.6.5 Evaluación de consecuencias.....	76

6.6.6 Implementación de políticas de mantenimiento	79
6.6.7 Agrupación y revisión.....	82
6.6.8 Aprobación e implementación del plan de mantenimiento optimizado para el grupo electrógeno prpk10434	86
6.6.9 Programa dinámico.....	91
7. CONCLUSIONES	92
8. RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	98

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos muy especiales al Ingeniero Byron Henao por su valiosa contribución a la realización de la especialización

A los Profesores de la Universidad Industrial Santander que contribuyeron en esta formación

A mis compañeros de Especialización por sus aportes y experiencia para la culminación de este proyecto.

A mis compañeros de Trabajo de la empresa Rent Industrial SAS, quienes recibí todo el apoyo cada instante para cumplir este logro.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Falla.....	45
Tabla 2 Racionalización y revisión del FMA	46
Tabla 3 Análisis Funcional	47
Tabla 4 Evaluación de Consecuencias	47
Tabla 5 Definición de Políticas de Mantenimiento	48
Tabla 6 Costos actuales de mantenimientos vs Facturación de renta	56
Tabla 7 Resumen de Costos de operación del generador vs Promedio de Facturación	57
Tabla 8 Pareto de las fallas de los componentes del Grupo Electrónico PEPK10434	58
Tabla 9 Pareto de Costos de los componentes del Grupo Electrónico PEPK10434	62
Tabla 10 Actividades de mantenimiento realizadas en el Grupo Electrónico PEPK10434 en el año 2018.....	66
Tabla 11 Modos de Falla Grupo Electrónico PEPK10434	70
Tabla 12 Resumen de modos de falla del Grupo Electrónico PEPK10434 año 2018	71
Tabla 13 Racionalización y revisión de Modos de falla.....	73
Tabla 14 Análisis funcional del Grupo Electrónico PEPK10434	75

Tabla 15 Resumen de consecuencias de los modos de fallas del Grupo Electrónico PEPK10434	76
Tabla 16 Análisis de Consecuencias de modos de fallas del Grupo Electrónico PEPK10434	78
Tabla 17 Optimización del Plan de mantenimiento del Grupo Electrónico marca Modasa PEPK10434.....	81

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Grupo Electrónico.....	23
Ilustración 2 RCM Vs PMO	33
Ilustración 3 Circulo Vicioso del plan de Mantenimiento	37
Ilustración 4 Fuente de Información de la Metodología PMO	39
Ilustración 5 Diagrama de Flujo de la Metodología PMO	42
Ilustración 6 Pasos de la Metodología PMO	43
Ilustración 7 Fuentes del Plan de Mantenimiento	44
Ilustración 8 Grupo Electrónico Marca Modasa.....	54
Ilustración 9 Datos Técnicos del Grupo Electrónico Marca Modasa PEPK10434	55
Ilustración 10 Plan de Mantenimiento para Grupo Electrónico marca Modasa de 104KVA.....	68
Ilustración 11 Implementación de Check List APP SAMMWEB.....	84
Ilustración 12 Check List Manual de los Grupos Electrónicos de 104KVA	85
Ilustración 13 Instructivo Temparios de Grupos Electrónicos de 300 hr.....	87
Ilustración 14 Instructivo Temparios para Grupos Electrónicos de 1000 hr.....	88
Ilustración 15 Instructivo Temparios de Grupos Electrónico de 3000 hr.....	89
Ilustración 16 Instructivo Temparios de Grupos Electrónicos de 5000 hr.....	90

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 Pareto de Componentes del Grupo Electrónico PEPK10434	59
Gráfico 2 Pareto de costos Por componentes de falla del Grupo electrónico PEPK10434	63

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS 1 Análisis de aceite a Grupo Electrógeno PEPK10434, Prueba # 1	98
ANEXOS 2 Análisis de aceite a Grupo Electrógeno PEPK10434, Prueba # 2	99
ANEXOS 3 Análisis de aceite a Grupo Electrógeno PEPK10434, Prueba # 3	100

RESUMEN

Titulo: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ÓPTIMO (PMO) PARA GRUPO ELECTRÓGENO MARCA MODASA DE 104KVA EN OPERACIÓN CONTINUO DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.*

Autor: Orlando José Díaz Nule**

Palabras claves: Grupos electrógenos, Mantenimiento preventivo, Plan de mantenimiento Optimizado, modos de fallas, generación eléctrica

La presente monografía muestra la implementación de un plan de mantenimiento optimizado PMO a un grupo electrógeno marca Modasa de capacidad de 104 KVA de la empresa Rent Industrial SAS, donde ha enfrentado actividades de mantenimiento a un nivel excesivo de intervenciones reactivas o de avería. Esto es un valor alto en términos de costo de mantenimiento y consecuencias del tiempo de inactividad.

Esto puede explicarse muy simplemente, cuando las averías se producen inesperadamente, cuando los recursos se implementan para el trabajo reactivo a expensas del mantenimiento preventivo. El Mantenimiento preventivo se pierde debido a la escasez de recursos que se consumen por las averías, a medida que se pierde el Mantenimiento Preventivo, se producen más fallas y ahí donde es la importancia de determinar los modos de falla, para realizar un debido análisis y realizar un plan de mantenimiento optimizado para la empresa Rent Industrial SAS.

El documento de esta monografía contiene los objetivos específicos que se definieron, planteamiento del problema con respectivo análisis y una posible solución, en el marco teórico se presenta una breve explicación del concepto de mantenimiento en General, y la diferencias para la aplicación entre la metodología RCM y PMO, conceptos e importancias de la metodología PMO con sus pasos para su aplicación y por último se hace un análisis de modos de fallas y se presenta una propuesta de la metodología de mantenimiento optimizado, donde se realiza un nuevo plan de mantenimiento para su implementación.

* Monografía de Especialización

** Facultad de Ingeniería Físico – Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director Ing. Pedro José Díaz Guerrero M. Sc Ing. Mecánico

ABSTRACT

Title: OPTIMAL PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN (PMO) FOR 104KVA MODEL BRAND ELECTRONIC GROUP IN CONTINUOUS OPERATION OF RENT INDUSTRIAL SAS COMPANY.*

Author: Orlando José Díaz Nule**

Keywords: Generator sets, Preventive maintenance, Optimized maintenance plan, Failure modes, Electric generation.

This monograph shows the implementation of a PMO optimized maintenance plan for a Modasa brand generator with capacity of 104 KVA from the company Rent Industrial SAS, where it has faced maintenance activities at an excessive level of reactive or breakdown interventions. This is a high value in terms of maintenance cost and consequences of downtime.

This can be explained very simply, when failures occur unexpectedly, when resources are implemented for reactive work at the expense of preventive maintenance. Preventive maintenance is lost due to the scarcity of resources consumed by breakdowns, as Preventive Maintenance is lost, more faults occur and where is the importance of determining the failure modes, to perform a proper analysis and make an optimized maintenance plan for the company Rent Industrial SAS.

The document of this monograph contains the specific objectives that were defined, approach of the problem with respective analysis and a possible solution, in the theoretical framework a brief explanation of the concept of maintenance in General, and the differences for the application between the RCM methodology is presented and PMO, concepts and importance of the PMO methodology with its steps for its application and finally an analysis of failure modes and a proposal of the optimized maintenance methodology is presented, where a new maintenance plan is made for its implementation .

* Monograph Specialization

** Faculty of Engineering Physical – Mechanical. Specialization in Maintenance Management, Director Eng. Pedro José Díaz Guerrero M. Sc Eng. Mechanical

INTRODUCCIÓN

Los grupos electrógenos en este momento son fundamentales para procesos o en las obras donde la ausencia de energía eléctrica convencional es totalmente nula o limitada, y es por ello que en muchos lugares o las mismas empresas dueñas de los equipos han visto la necesidad de optimizar los costos de mantenimiento y alargar la vida útil de los generadores para ser cada día más competitivos en el mercado nacional e internacional; aunque los encargados de las actividades de los programas de mantenimiento preventivos cumplen con los cronogramas y sus ejecuciones, la mayoría de veces se presentan inconvenientes.

Hoy en día, muchas empresas luchan por mantenerse a la vanguardia del mantenimiento reactivo y abordar la función principal de un programa de Mantenimiento Preventivo, con el objetivo principal de mantener adecuadamente sus activos y prevenir incidentes no planificados. Desafortunadamente, muchos permanecen atrapados en un "bucle de perdición" de la lucha continua de apagar incendios, que a menudo requieren un exceso de personal para hacer frente a la situación, cuando en su organización no cuentan con una herramienta para corregir y revertir estas tendencias que en el mundo de la ingeniería de mantenimiento está fácilmente disponible y es fácil de aplicar.

La actividad de mantenimiento es visto, en las organizaciones, no sólo como un costo que debe ser evitado, sino en conjunto con la Ingeniería de Confiabilidad, y tienen como objetivo mejorar la fiabilidad global y disponibilidad de un sistema, pero los fabricantes de equipos se basan en criterios muy limitados como son el lugar de origen o ensamble y de características muy generales de funcionamiento de los equipos; que no tienen en cuenta muchos factores como son los tipos de operación, geografía, impactos climáticos, entre otras; por lo que es importante de forma

efectiva aplicar metodologías como la del plan de Mantenimiento Optimizado, con el fin de mantener de manera segura el buen funcionamiento de los equipos, para reducir tiempos de paradas por mantenimientos y como resultado para las empresas, tener mejores rentabilidades en los costos de mantenimiento y operación; sin embargo diseñar tales planes mantenimientos son un reto debido que se deben involucrar todas la partes del proceso para dar el paso tan importante hacia la confiabilidad y disponibilidad.

El área de mantenimiento juega el principal papel en la prestación de servicios dentro de la empresa, es por esta misma razón, el presente trabajo de monografía presenta las pautas necesarias en la implementación de un modelo de plan de mantenimiento utilizando la metodología PMO (Plan de mantenimiento optimizado), para el grupo electrógeno marca Modasa PEPK10434 de la empresa Rent Industrial SAS.

La opción de seleccionar la metodología del PMO como objeto de este estudio y no otro tipo de metodología de mantenimiento se basó principalmente en las características y nivel de desarrollo de la empresa, que hacen de esta metodología ideal por ser una empresa que renta y venta de equipos de generación y que busca la mejor optimización de sus procesos operativos de mantenimiento.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Rent industrial SAS es una empresa de renta, venta de equipos y maquinarias para el sector petrolero y construcción civil, y tiene en su flota 40 grupos electrógenos con capacidades que van desde los 20KW hasta los 400KW y que operan de acuerdo a la norma ISO 8528.

El 30% de los grupos electrógenos de la compañía operan en modo continuo (COP) y de acuerdo a lo estipulado en la norma ISO 8528, establece suministro de energía eléctrica a una carga constante por un número ilimitado de horas al año, de acuerdo con las características establecidas por el fabricante.

Los grupos electrógenos son equipos que suministran energía eléctrica en ausencia de energía eléctrica convencional u otro tipo de energía alternativa, y estos son muy importantes porque su objetivo es suministrar energía eléctrica a procesos que son vitales para una operación específica.

Lo anterior se plantea debido a la necesidad del cliente, los grupos electrógenos no deben presentar interrupciones del servicio de suministro de energía ya que este es vital para el buen funcionamiento de las actividades del cliente, pero para la empresa rentadora del equipo está teniendo inconvenientes por la alta cantidad de mantenimientos e intervenciones a los equipos y sus costos por compra de insumos, desplazamiento del personal técnico, y reducción del canon de renta por las paradas frecuentes para intervenir los equipos.

Los mantenimientos preventivos a los grupos electrógenos en modo continuo se están realizando cada 250 horas de operación, por tal motivo se realiza la programación con el cliente y se procede con el traslado del técnico a las instalaciones donde está el equipo y posteriormente se ejecuta dicho servicio.

El presente proyecto busca una solución técnica y económica para la empresa Rent Industrial SAS, con el fin de reducir los procesos de paradas por equipos, optimizar los mantenimientos preventivos y disminuir costos de operación del mismo, sin afectar vida útil de los equipos y preservando sus componentes.

En el marco se ha seleccionado un generador de capacidad de 104KVA que opera para clientes de la empresa Rent Industrial SAS en la zona de Cundinamarca, se analizarán sus planes de mantenimiento sin que afecte la operación de los equipos y la empresa rentadora pueda tener una rentabilidad en el negocio.

El presente proyecto dirige a una búsqueda de antecedentes e información, para un posterior análisis de los mismos, para ver al final la posibilidad de considerar el PMO (Plan de Mantenimiento Optimizado) como una nueva táctica de mantenimiento.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar los procedimientos de mantenimiento preventivo para grupos electrógenos de 104KVA que operan en modo continuo para la empresa Rent Industrial S.A.S.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular y analizar los costos actuales de los mantenimientos preventivos invertidos en el grupo electrógeno de 104KVA marca Modasa.
- Identificar los modos y frecuencias de fallas que se han presentado en el grupo electrógeno.
- Determinar la factibilidad de implementación de la metodología PMO para los componentes del grupo electrógeno.
- Especificar el proceso de implementación del PMO.

4. MARCO TEORICO

4.1 CONCEPTO DE GRUPOS ELECTROGENOS

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico. Generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. (Wikipedia)

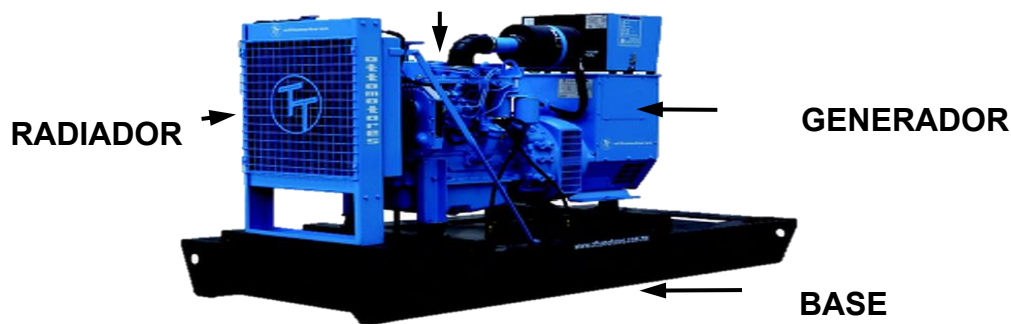
Los grupos electrógenos están destinados a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveedor de energía de reserva, suplementaria o de emergencia, para diversas instalaciones de servicios auxiliares (esenciales y no esenciales), alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de reserva), bancos, estadios deportivos, plantas industriales, hospitales, entre otros, como también en viviendas rurales aisladas de la red pública de suministro eléctrico. Estas instalaciones presentan una diversidad de exigencias en cuanto a la escala de las potencias involucradas, a la curva de carga, al retardo admisible en la incorporación del suministro, a la duración del mismo y a su confiabilidad; dando lugar a una gran cantidad de modelos que combinan múltiples tecnologías. (LACOSTE Juan)

Los grupos electrógenos básicamente están formados por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diesel), un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna), alternador o generador de C.A.¹ que es una máquina eléctrica giratoria diseñada para convertir energía mecánica rotatoria en Corriente Alterna. (TRAINING GENERAC).

¹ C.A Corriente Alterna

El generador está acoplado al eje del mismo y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, circuitos de lubricación, combustible, agua y eventualmente aire comprimido; excitatrices, cargadores de baterías, equipos de control de tensión y frecuencia, automatismos de transferencia, protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, etcétera. (TRAINING GENERAC)

Ilustración 1 Grupo Electrónico



Fuente: (TRAINING GENERAC)

4.1.1 Componentes y Características principales de un Grupo Electrónico.

Los principales componentes de un grupo electrógeno o planta eléctrica son:

- Radiador de aluminio o Radiador de cobre
- Motor a Diesel o motor de combustión interna.
- Motor de arranque a 12 y 24 VCD².
- Velocidad del motor 1800rpm.
- Enfriamiento a base de refrigerante o enfriamiento a base de aire.
- Generador de CA Síncrono con PMG³.

² VCD Voltaje directo

³ El PMG (Permanent Magnet Generator o generadora de imanes permanentes) es un sistema que suministra la intensidad de corto circuito de un alternador

- Conexiones del generador configuradas a 220VCA, 440VCA, 480VCA⁴
- Equipos con base tanque y/o equipo con tanque de día.
- Equipos de Transferencia en transición abierta

4.1.2 Normatividad de funcionamiento de los grupos electrógenos. Los grupos electrógenos necesitan apoyarse en las normas armonizadas, para ser más exactos, las que se encuentran condensadas en la EN ISO 8528, una norma internacional que aplica para todos los equipos que entren en esta categoría. (INTERNATIONAL STANDARD)

4.1.2.1 Definición de los tipos de potencia para grupos Electrógenos según la norma iso8528-1. Los grupos electrógenos operan de acuerdo al tipo de aplicación la cual determina su uso y que depende en forma directa de los siguientes factores:

- Tipo de carga
- Tiempo de utilización

Valoraciones tales como la producción total de kW, tiempo de ejecución o conexión de la carga los factores de carga, la regulación de las emisiones, cumplimiento de las normas de sísmica y otros tienen que ser definidos para cada instalación. La norma que rige estos estándares es la norma ISO 8528 ISO 8528-1, este es un estándar de la industria que define los parámetros de rendimiento requeridos para cada una de las aplicaciones de los sistemas de potencia. (INTERNATIONAL STANDARD)

⁴ VCA Voltaje alterno

Los sistemas de generación de energía in situ, dan su mayor rendimiento y su máxima capacidad solo cuando la aplicación del sistema se ha definido correctamente, y coincide con la demanda de energía solicitada. Además, la especificación exacta de la aplicación, y la elección del correcto grupo electrógeno que coincida, define con exactitud la vida útil del equipo y el rendimiento del sistema.

La norma ISO-8528-1: 2005 define 4 clasificaciones básicas de los grupos electrógenos basado en cuatro operaciones categóricas:

Reserva de emergencia (Stand By), Producción de energía primaria, Producción de energía principal por tiempo limitado y Producción de energía continua.

En cada categoría, la calificación de un grupo electrógeno está determinado por la máxima potencia permitida de salida en relación con el tiempo de funcionamiento y el perfil de carga.

La aplicación incorrecta de las calificaciones puede poner en peligro la vida útil del grupo electrógeno, anular la garantía del fabricante, y poner el conjunto en riesgo de una falla catastrófica.

A continuación, vamos a revisar las principales aplicaciones definidas por ISO 8528.

- **Energía de respaldo de Emergencia. Emergency Standby Power (ESP).** La calificación de reserva de emergencia es una de las aplicaciones más utilizadas, y representa la cantidad máxima de potencia que un generador es capaz de ofrecer. Un grupo electrógeno ESP o Stand By, normalmente se utiliza para suministrar energía de emergencia a una instalación en el caso de un corte de esporádico de la red y por la duración de la interrupción hasta que el suministro eléctrico se restaura. ISO-8528-1 establece que un grupo electrógeno ESP Debe

proporcionar energía durante la duración de la interrupción "y" con la ejecución del mantenimiento en los intervalos y procedimientos prescritos por el fabricante, en un máximo de horas de operación de 200 horas al año. La norma ISO no otorga ningún límite en el tiempo de ejecución en el caso de un corte de suministro eléctrico. No existe capacidad de sobre carga para un grupo electrógeno ESP. ISO-8528-1 limita el factor de carga promedio durante 24 horas al 70% de la capacidad en la placa de identificación del generador. Sin embargo, un fabricante específico puede autorizar a una carga media de 24 horas a un factor superior a su discreción. (INTERNATIONAL STANDARD)

- **Prime Power (PRP)** Los Grupos electrógenos calificados como fuente principal son diseñado para suministrar potencia eléctrica en lugar de comprar de la red comercial. Estas son aplicaciones tales como generador de Alquiler o conjuntos de suministro de potencia para uso temporal, como también las aplicaciones que suelen instalarse en sitios que se encuentran a mucha distancia de una red de servicios públicos, tales campos de minería, canteras o campos de operaciones petrolíferas de exploración y explotación. ISO-8528-1 establece que un Grupo electrógeno de rating PRP Puede proporcionar energía para un número ilimitado de horas al año en el marco de la ejecución del mantenimiento dentro de los intervalos, condiciones de funcionamiento, y procedimientos prescritos por el fabricante.

La capacidad de sobrecarga es típicamente disponible por el fabricante, normalmente el 10% de sobrecarga durante una hora en 12 horas sin exceder 25 horas en el año. Sin embargo, esto no está dictada por la norma ISO.

ISO-8528-1 limita el factor de carga promedio en 24 horas al 70% de la placa de identificación, para la aplicación PRP. Sin embargo, similar a la calificación de ESP, un fabricante de motor específico puede autorizar un factor de carga promedio mayor en 24 horas a su discreción. (INTERNATIONAL STANDARD)

- **Generación de Potencia Continua Por tiempo limitado (LTP)** Grupos electrógenos clasificados para Generar potencia continua por tiempo limitado de funcionamiento están diseñados típicamente para el suministro de energía eléctrica a una carga definida como parte de un arreglo comercial. Las aplicaciones LTP se incluyen para soportar horas pico y cogeneración. ISO-8528-1 establece que un Grupo electrógeno de rating LTP Debe proporcionar energía continua para un máximo de 500 horas al año con los intervalos de mantenimiento y procedimientos que se llevan a cabo según lo prescrito por los fabricantes. La calificación LTP no dicta ningún requisito para capacidad de sobrecarga. ISO-8528-1 permite que el factor de carga promedio en 24 horas puede ser igual a la capacidad nominal total LTP o 100%. (INTERNATIONAL STANDARD)

- **Potencia de operación continua (COP)** La potencia nominal continua se utiliza para aplicaciones en las que se utiliza el grupo electrógeno para suministrar energía a una carga constante por un número ilimitado de horas al año. Estas aplicaciones tales como centrales eléctricas remotas suelen utilizar múltiples grupos electrógenos para impulsar esta constante de carga, que también se conoce en la industria como un "Estación de energía de carga base." La carga base es la cantidad mínima de energía que se necesita poner a disposición a fin de satisfacer las demandas de energía. ISO-8528-1 establece que un Grupo electrógeno COP Debe proporcionar energía para un número ilimitado de horas al año bajo las condiciones de funcionamiento y con los intervalos y procedimientos de mantenimiento prescritos por el fabricante. (INTERNATIONAL STANDARD)

La potencia de operación del grupo electrógeno de la empresa Rent Industrial SAS que será objeto de estudio en esta monografía es tipo Continuo, y su función principal es la renta a sectores de la construcción civil y petrolero.

4.2 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

El concepto de mantenimiento se define como el conjunto de actividades que permiten que la confiabilidad sea incrementada y la disponibilidad sea garantizada, con el objetivo principal de reducir las intervenciones de reparación y problemas crónicos en componentes o equipos; y todo esto será posible cuando el mantenimiento sea basado en el conocimiento y experiencia a través de recomendaciones o información suministrada por el personal operativo y de mantenimiento con base en un trabajo sistemático para eliminar la causa de las fallas y poder alcanzar un nivel de mantenimiento de clase mundial. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

La gestión de mantenimiento debe estar enmarcada en los objetivos de la empresa, lo cual se concreta en un presupuesto según la actividad industrial de la empresa origen.

La función concreta de mantenimiento es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo para que cumpla su función de producir bienes o servicios.

Una vez las empresas alcanzan la madurez para el manejo real y conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, empiezan a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican. Con el fin de gestar y operar el mantenimiento bajo un sistema organizado se destacan:

TPM⁵ especialmente enfocada a mejorar la productividad (Roberts@, 2008 y TPM@, 2008), RCM⁶ (Smith, 1992; Moubray, 2004 y Smith, y otros, 2003). MCC⁷, TPM y MCC combinados⁴ (Moore@, 2001 y Geraghty, 1996), PMO, Proactivo

⁵ TPM: Mantenimiento Productivo Total, (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

⁶ RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

⁷ MCC: Mantenimiento centrado en confiabilidad, (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

(Trujillo, 1999a, 1999b; Oiltech, 1995; Pirret, 1999, 37; 1999), Reactivo (Idhammar, 1997a, 1999b, 1999 y Mora, 1999), *WCM* (Hiatt, 2000), mantenimiento centrado en el riesgo (Tavares y otros, 2005), centrado en objetivos o en resultados (Tavares y otros, 2005 y Williamson, 2008), *RCM ScoreCard*, (*RCM ScoreCard*, 2005 y Mather, 2005), *PMO*⁸ (Turner, 2007), mantenimiento centrado en habilidades y competencias, etc., en orden secuencial e histórico. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

La aparición del TPM, el cual integra el personal de producción hacia la actividad del mantenimiento, para procurar una mejor productividad, marca un hito en la aparición de tácticas, que luego evolucionan hacia el RCM, combinado, proactivo, reactivo, clase mundial, centrado en objetivos, *PMO* y muchas otras que se desarrollan en tiempos recientes hasta las últimas como el *RCM ScoreCard*. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

4.2.1 Fundamento del Mantenimiento preventivo RCM o PMO. El *PMO* y el *RCM* son dos términos con los cuales se da comienzo a esta sección para identificar cuáles de las dos metodologías es la adecuada para resolver el planteamiento del problema y mejor aún mencionar sus diferencias y características más relevantes. El *RCM* según Steve Turner es un proceso que se desarrolla por Nowland and Heap (1978) para aplicar en la fase de diseño de equipos de aviación, mientras tanto *PMO*, se aplica en la fase de funcionamiento. (TURNER Steve)

- **RCM** tiende a ser más apropiado para equipos nuevos, particularmente cuando este equipo está utilizando una nueva tecnología que no existe en otros lugares. En esta situación, es necesario un enfoque de "hoja de papel en blanco" para identificar los posibles modos de falla, aunque podría utilizar el *FMEA* desarrollado durante la fase de diseño del equipo como punto de partida, si existe, y si tiene que acceder a ella. Además, cuando es absolutamente vital que se asegure de identificar todos los

⁸ *PMO*: Plan de Mantenimiento Optimizado, (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

modos de falla críticos asociados con el equipo (por ejemplo, aquellos asociados con fallas con consecuencias potencialmente catastróficas), es probable que el enfoque más riguroso aplicado por RCM en esta área ser apropiado (CHICA MEJIA Gustavo Hernando).

- **La PMO** tiende a ser más apropiada para los equipos existentes, en particular cuando existe un programa de PM⁹ existente y se ha obtenido cierta experiencia en operación y mantenimiento. El uso de los programas de PM existentes y la base de experiencia se presta a la optimización. Esto es particularmente cierto cuando los modos de falla probables asociados con el equipo son bien conocidos. En estas situaciones, PMO proporcionará esencialmente el mismo programa óptimo de Mantenimiento Preventivo que RCM, pero lo hará de una manera más eficiente en tiempo y recursos. (CHICA MEJIA Gustavo Hernando)

A diferencia de la situación que existe con el mantenimiento centrado en la confiabilidad, no existen estándares reconocidos internacionalmente para realizar la optimización del mantenimiento preventivo. Una búsqueda rápida en la literatura con el término Optimización de mantenimiento preventivo revela que hay una serie de artículos académicos sobre el tema y una amplia gama de enfoques adoptados por diferentes proveedores y consultores en el campo (DUNN, Sandy).

Estos enfoques se pueden dividir en dos campos:

- Enfoques cuantitativos o estocásticos: que suelen utilizar estadísticas, funciones de peligro, análisis de Weibull, análisis de Monte Carlo y / o modelos de Markov para simular probabilidades de fallos y consecuencias a lo largo del tiempo, y
- Enfoques cualitativos (o semicuantitativos), que a menudo aplican conceptos y enfoques clave de mantenimiento centrado en la confiabilidad, pero que buscan

⁹ PM: Plan de Mantenimiento

llegar a los resultados más rápidamente de lo que sería el caso si se utiliza un enfoque completo de RCM. (DUNN, Sandy)

En esta monografía se centrará en el segundo de estos dos campos. Nuestros únicos comentarios con respecto a los enfoques cuantitativos son que solo pueden ser efectivos si hay datos razonables y, en particular, datos razonables sobre fallas de equipos o fallas inminentes. Si bien esto puede ser posible cuando grandes flotas de equipos esencialmente idénticos operan en condiciones de funcionamiento esencialmente idénticas, las situaciones en las que esto es cierto son relativamente pocas y distantes entre sí. Las grandes flotas de equipos móviles (como camiones, o material rodante ferroviario) pueden ser candidatas para este tipo de análisis, pero una vez más, dependen en gran medida de la existencia de datos completos y confiables.

Este enfoque consiste en hacer las siguientes siete preguntas con respecto al activo o sistema bajo revisión:

- Tareas de Plan de Mantenimiento actuales: ¿cuáles son las tareas de PM actuales que se están realizando?
- Modos de falla: ¿qué modos de falla están abordando?
- Fallos en servicio: ¿qué fallos en servicio se están experimentando actualmente y cuáles son sus causas?
- Fallos ocultos: ¿qué dispositivos y sistemas de protección existen y cuáles son los modos de fallo potenciales asociados con estos?
- Consecuencias del fracaso: ¿de qué manera importa cada fallo?
- Tareas proactivas: ¿qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?
- Acciones predeterminadas: ¿qué se debe hacer si no se puede encontrar una tarea proactiva adecuada? (DUNN, Sandy)

4.2.2 Similitudes entre las metodologías RCM y PMO. Hay una serie de fuertes similitudes entre RCM y PMO, estos incluyen lo siguiente:

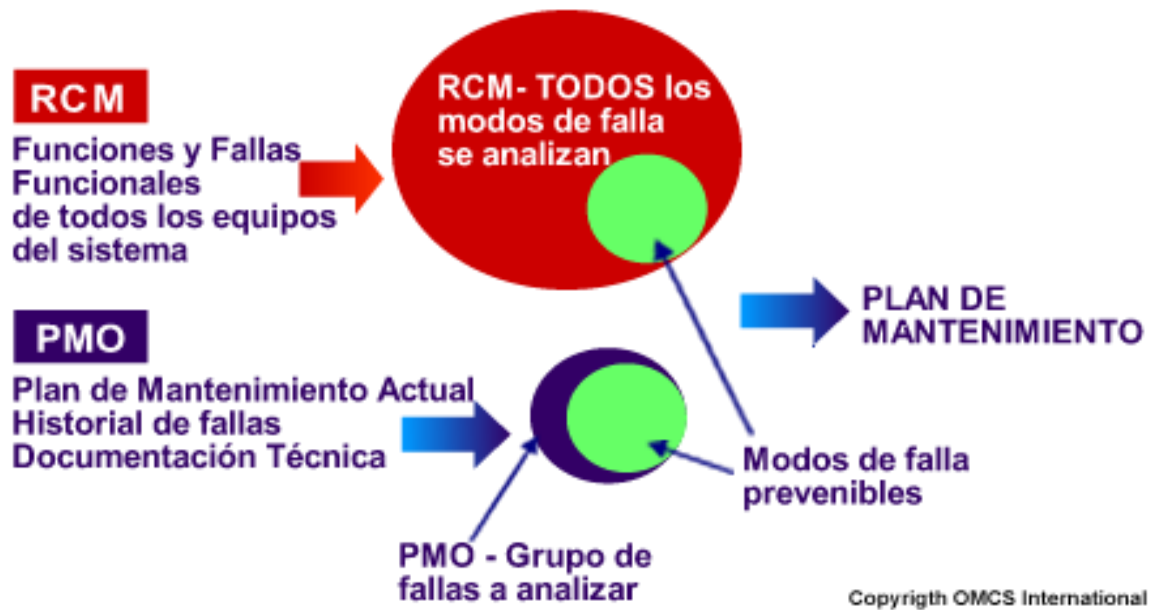
- Ambos procesos tienen como objetivo producir un programa de Plan de Mantenimiento óptimo.
- Ambos utilizan la identificación de los modos de falla subyacentes (causas) como el punto de partida para el proceso de toma de decisiones.
- Ambos procesos utilizan la lógica de decisión RCM tradicional. La segunda mitad de ambos procesos es esencialmente idéntica, utilizando el mismo marco de decisión y los principios de RCM.
- Ambos enfoques se centran en las consecuencias comerciales de la falla del equipo, así como en las características técnicas de esas fallas.

4.2.3 Diferencia entre las metodologías RCM y PMO. La diferencia principal entre RCM y PMO se encuentra en la etapa inicial del análisis y se relaciona con la forma en que se identifican los modos de falla.

- **RCM** comienza con una hoja de papel en blanco e identifica los modos de falla al identificar primero las funciones clave requeridas del equipo (en su contexto operativo actual), y luego las fallas funcionales asociadas y los modos de falla. En este sentido, se inicia desde una base cero (MORA GUTIERREZ Luis Alberto).

- Por otro lado, **PMO** utiliza las tareas de Mantenimiento Preventivo existentes y el historial de fallas para identificar los modos de falla probables. Solo considera explícitamente las funciones al identificar los modos de falla oculta. En este sentido, tiende a utilizar la experiencia y la práctica actuales como punto de partida (VALDERRAMA Maria del Pilar), como se puede ver en la Ilustración No. 2.

Ilustración 2 RCM Vs PMO



Fuente: (TURNER Steve)

4.2.4 Peligros potenciales de la metodología RCM. Hay algunos errores potenciales asociados con RCM estos incluyen lo siguiente:

- Como es un proceso basado en cero, RCM tiende a consumir más tiempo. En particular, puede gastarse hasta un tercio del tiempo de análisis simplemente identificando los modos de falla para el análisis.
- La naturaleza basada en cero de RCM también significa que, cuando los equipos se utilizan para realizar el análisis, el equipo debe participar en todo el proceso.
- Hay pocas oportunidades de hacer un trabajo previo antes de involucrar al equipo, esto hace que el proceso sea más intensivo en mano de obra.
- Al aplicar RCM, puede haber una tendencia, si no se facilita cuidadosamente, a analizar en exceso los equipos y sistemas e identificar muchas funciones y

modos de falla, muchos de los cuales terminan teniendo tareas preventivas que no son técnicamente aplicables o que no vale la pena implementar.

- También puede haber una tentación, cuando se usa RCM, de cortar y pegar inadecuadamente los análisis y los resultados de los análisis de un elemento de equipo a otro. Sin embargo, esto puede ser evitado por facilitadores debidamente capacitados y capacitados.
- Debido a que el análisis de RCM es comparativamente más lento, a menudo el enfoque y la prioridad es completar el análisis, en lugar de implementar los resultados.

(TURNER Steve)

4.2.5 Peligros potenciales de la metodología PMO. Hay algunas fallas potenciales asociadas con la PMO estos incluyen lo siguiente:

- La PMO idealmente requiere un programa de Mantenimiento preventivo PM existente y / o un historial de fallas para el equipo (o de equipo esencialmente idéntico). Si esto no existe, entonces es muy difícil, si no imposible, realizar una PMO.
- El enfoque para identificar los modos de falla tiende a ser menos riguroso. Como resultado, los modos de falla de baja frecuencia (pero potencialmente alta) pueden ser pasados por alto. Este puede ser un factor importante al analizar equipos altamente críticos.
- Además, a veces se pueden pasar por alto los modos de falla de baja frecuencia, incluso cuando la consecuencia es baja, cuando se usa el proceso PMO. El historial de fallas en CMMS de eventos de hace más de 3-5 años generalmente

no existe (ya que estos sistemas a menudo se actualizan con esta frecuencia) y, como resultado, se pueden pasar por alto las fallas con un MTBF de aproximadamente 5 años. Si el programa de Plan de Mantenimiento actual no aborda estos modos de falla menos frecuentes, entonces una revisión de PMO también puede pasar por alto estos. (TURNER Steve)

- Debido a que el punto de partida para la mayoría de los modos de falla es el programa de Mantenimiento Preventivo existente, a veces puede haber un sesgo para mantener el status quo (es decir, retener las rutinas de PM existentes, o, en el mejor de los casos, variarlas ligeramente), incluso cuando existen tareas más efectivas . Esto se puede superar a través de una facilitación efectiva, pero requiere una mayor vigilancia y esfuerzo por parte del facilitador para desafiar este sesgo. (TURNER Steve)

5. GENERALIDAD DE LA METODOLOGIA PMO (OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO)

El PMO emerge como una opción interesante donde, por su complejidad, no se ha logrado implementar muy bien el RCM, el cual es muy recomendado en equipos o maquinas nuevas o que inician en una planta, mientras que el PMO es ideal para equipos en funcionamiento. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

El PMO es una metodología que se ha desarrollado para revisar en detalles los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos fijos en operación.

El problema más común con los programas de mantenimiento de las plantas maduras que no fueron diseñados sólidamente desde un principio, es que entre el 40% y 60% de las tareas de Mantenimiento Preventivo hacen muy poco por el desempeño de la planta (Moubray 1997). Las conclusiones de varios estudios de PMO son: (TURNER Steve)

1. Existen tareas duplicadas.
2. Algunas tareas se hacen muy frecuentemente y otras muy distantes.
3. Algunas tareas no generan beneficios más bien acumulan gastos.
4. Algunas tareas son intrusivas o basadas en overhauls, cuando deberían ser basadas en condición.
5. Se presentan muchas fallas que son costosas y fácilmente han podido ser prevenibles.

Ilustración 3 Circulo Vicioso del plan de Mantenimiento



Fuente: (GARCIA PALENCIA Oiveiro)

Las acciones en que más se apoya el PMO son las planeadas y exige el trabajo multidisciplinario en equipo para alcanzar sus objetivos, los cuales deben tener estricto seguimiento, monitoreo y control, hasta su total culminación e implementación. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

Para salir del círculo vicioso del mantenimiento (Ilustración No. 3) reactivo se ha diseñado la PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado), un revolucionario método para mejorar la eficiencia de los programas y las estrategias de mantenimiento. La PMO comienza analizando el programa existente de mantenimiento en la organización, trabajando con equipos funcionales de toda la planta, identificando aquellos elementos del programa actual que son útiles y los que son inadecuados.

El equipo establece las fallas críticas y sus causas dentro del historial de fallas y determina cuales se pueden prevenir con actividades de Mantenimiento Proactivo. (GARCIA PALENCIA Oiveiro)

Un sistema PMO es la base para una ingeniería de confiabilidad efectiva y para la adecuada eliminación de defectos, teniendo en cuenta que: (TURNER Steve)

Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta.

- El sistema se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente
- Se logra un efectivo uso de los recursos
- Se mejora la productividad de los operarios y personal encargado del mantenimiento
- La optimización del Plan de Mantenimiento motiva al personal Cuando se presenta una falla o un grupo de ellas,
- Se generan un registro estadístico que permite extrapolar las posibilidades de las causas y su origen.
- Con este tipo de control, se pueden identificar las posibles fallas repetitivas que presentan los equipos y al mismo tiempo predecir los cambios en los activos fijos.

Optimización del mantenimiento planificado PMO tiene las características de diseño de la planta que pueden crear un límite de rendimiento para la planta, sin importar qué tan efectivo sea el mantenimiento. Sin embargo, también es cierto que un mantenimiento inadecuado o excesivo puede afectar negativamente al rendimiento.

El mantenimiento excesivo aumenta los costos de mantenimiento directo e indirecto al aumentar las pérdidas voluntarias de producción, lo que acelera el envejecimiento debido al desmontaje y el ensamblaje excesivos, y aumenta los riesgos de daños causados por errores humanos (TURNER Steve)

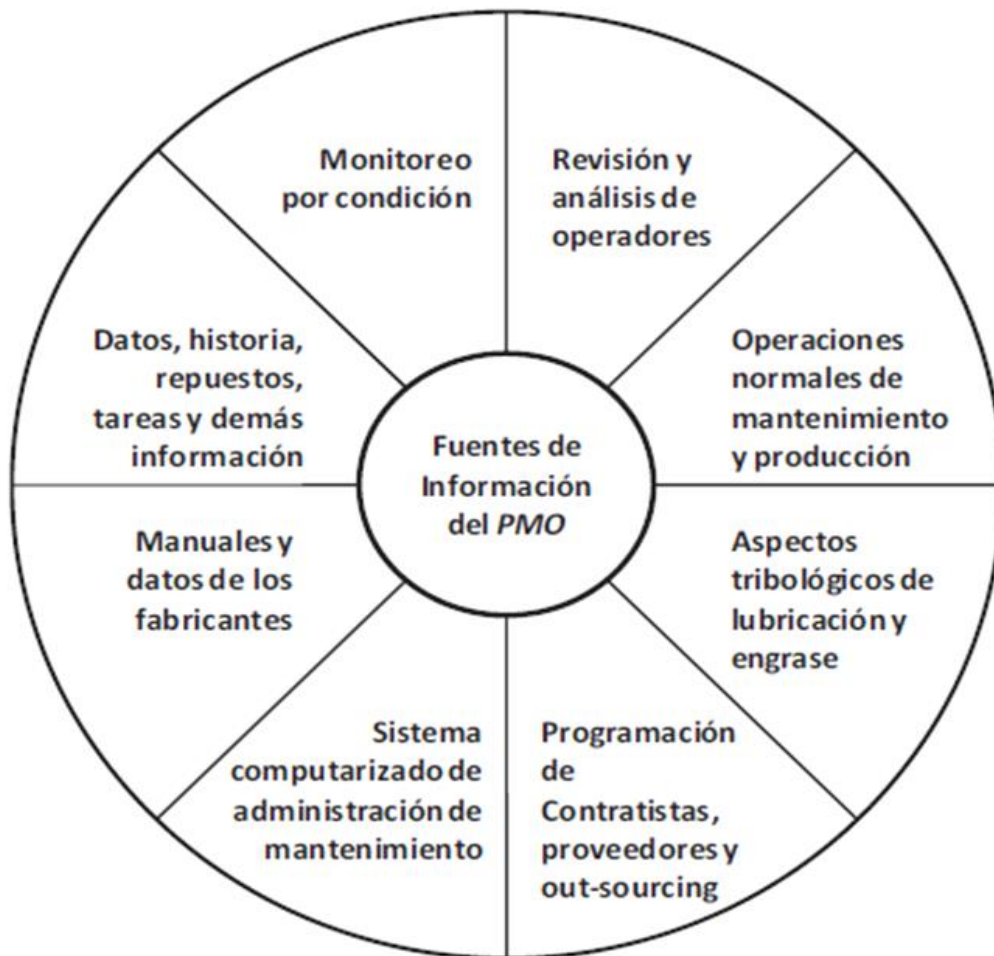
5.1 PILAR FUNDAMENTAL DEL PMO

Un pilar fundamental del *PMO* es el buen manejo de la información en los aspectos de la recolección, el manejo y la obtención en tiempo real. Requiere excelente información para determinar los análisis de fallas en el nivel de función, falla

funcional, modos de fallas, efectos y consecuencias de ellas. Aparte de que trabaja a partir de varios sistemas de planeación y programación de las tareas de mantenimiento, exige que toda la información sea sistematizada y centralizada en una sola plataforma de información. Y que contenga todos los parámetros de personal, administración y demás datos pertinentes sobre el recurso humano y los equipos (TURNER Steve)

Origen de la información del PMO, se puede analizar en la Ilustración No 4

Ilustración 4 Fuente de Información de la Metodología PMO



Fuente: (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

La columna vertebral del *PMO* son el tratamiento y el análisis estadístico de la información histórica y presente, en tiempo real, lo cual exige que la información se maneje de una forma exquisita y eficiente. (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

5.2 METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO PMO

PM Optimization (PMO), Optimización del Plan de Mantenimiento, es un proceso estructurado destinado a preservar y restaurar la condición del equipo. Con PMO, nos centramos en la identificación de las fallas (modos de falla) y desarrollamos tareas del plan de mantenimiento PM para gestionar la falla. La optimización del mantenimiento preventivo ayuda a cumplir la misión de mantenimiento (DUNN, Sandy).

Al utilizar el entorno operativo, los patrones de falla y P a F, podemos responder tres preguntas básicas:

1. ¿El reemplazo de una parte en un intervalo o uso conocido reducirá la probabilidad de falla?
2. ¿Podemos verlo en el proceso de falla con tiempo suficiente para responder?
3. ¿Es el impacto de la falla lo suficientemente alto como para justificar el costo de una estrategia del Plan de Mantenimiento?

Estos tres elementos nos ayudarán a determinar el tipo de estrategia del Plan de Mantenimiento, que tiene valor agregado. Además de desarrollar la estrategia del mayor valor agregado, podemos aumentar la estandarización y la calidad de la ejecución del Plan de Mantenimiento, desarrollando pasos y estándares para las tareas del Plan de Mantenimiento. (DUNN, Sandy)

5.3 OBJETIVOS DE LA METODOLOGIA PMO

La meta por implementar el plan de mantenimiento optimizado a un proceso, con planeación estratégica es diseñado para la prevención de fallas, con el fin de prevenir fallas, generar utilidad en la flota de equipos, y al final ejecutar un buen plan de mantenimiento que evitará fallas imprevistas y proveerá disponibilidad de los equipos, los principales objetivos de la metodología PMO son:

- Determinar el comportamiento de los equipos
- Referenciar los fallos más frecuentes de los equipos
- Prolongar la vida útil de los equipos
- Proveer una mayor disponibilidad de los equipos
- Disminuir los tiempos muertos
- Aumentar la disponibilidad de los equipos
- Eliminar paradas y fallas imprevistas
- Aumentar la confiabilidad de los equipos

5.4 FUNDAMENTOS DEL PMO

La base fundamental de *PMO* se basa en el análisis de los equipos críticos y en una nueve de pasos para su implementación.

5.4.1 Equipos críticos. La optimización de mantenimiento planeado se basa en la criticidad del equipo o ranking, dicho elemento se puede obtener revisando la priorización de los planes de mantenimiento, filtrando o subdividiendo la información por sistemas y/o equipos para su análisis, una vez que se determinan los equipos críticos, se dirige el enfoque hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. (CHICA MEJIA Gustavo Hernando)

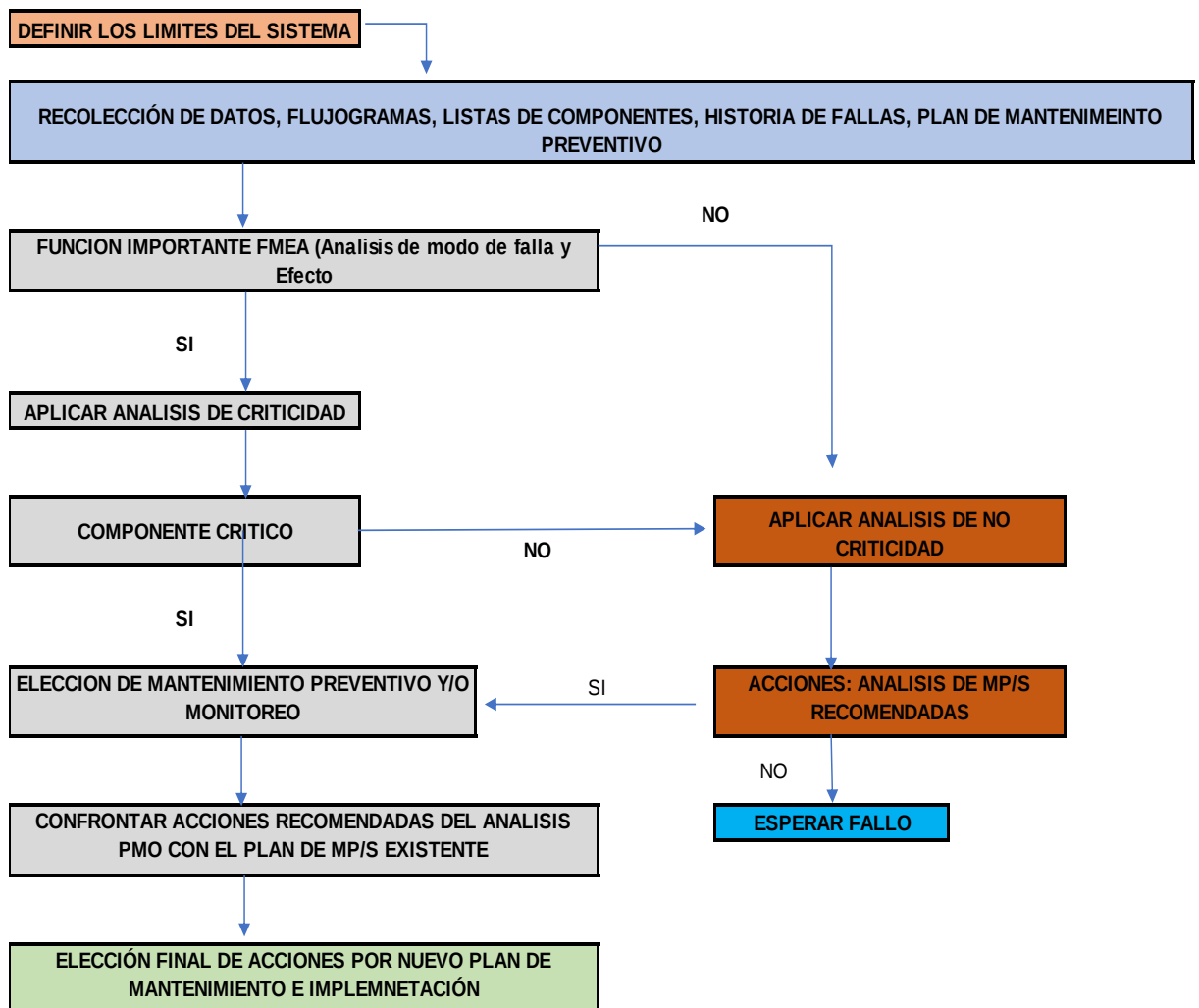
Un equipo crítico es todo aquel equipo que refleje de alguna manera un aspecto

negativo en:

- Seguridad y medio ambiente.
- Costos y producción de planta.
- Mano de obra (exceso para ser operados o mantenidos).

La metodología del PMO se puede seguir con el siguiente diagrama de flujo (Ilustración No 5).

Ilustración 5 Diagrama de Flujo de la Metodología PMO

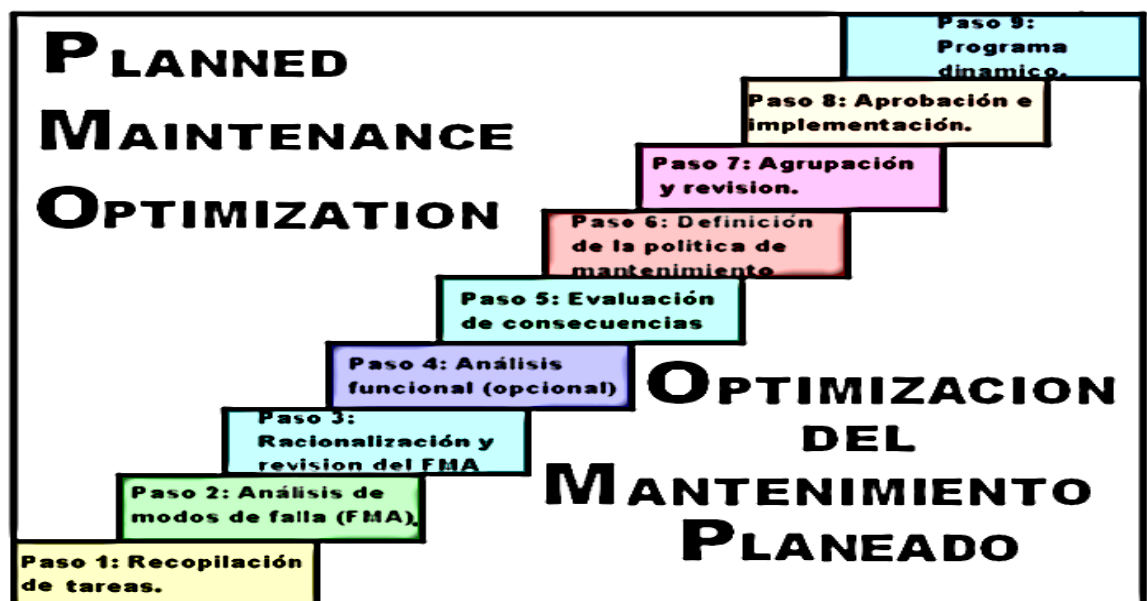


Fuente: (CHICA MEJIA Gustavo Hernando)

5.4.2 Pasos a seguir en la Metodología PMO. Los pasos a seguir para la implementación de la metodología PMO, una vez está definida la criticidad de los equipos o componentes de un equipo son: (Ilustración No. 6)

1. Recolección de la información
2. Análisis modo de falla
3. Racionalización y revisión de los modos de falla
4. Análisis funcional
5. Evaluación de consecuencias
6. Definición de la política de mantenimiento
7. Agrupación y revisión
8. Aprobación e implementación
9. Programa dinámico

Ilustración 6 Pasos de la Metodología PMO



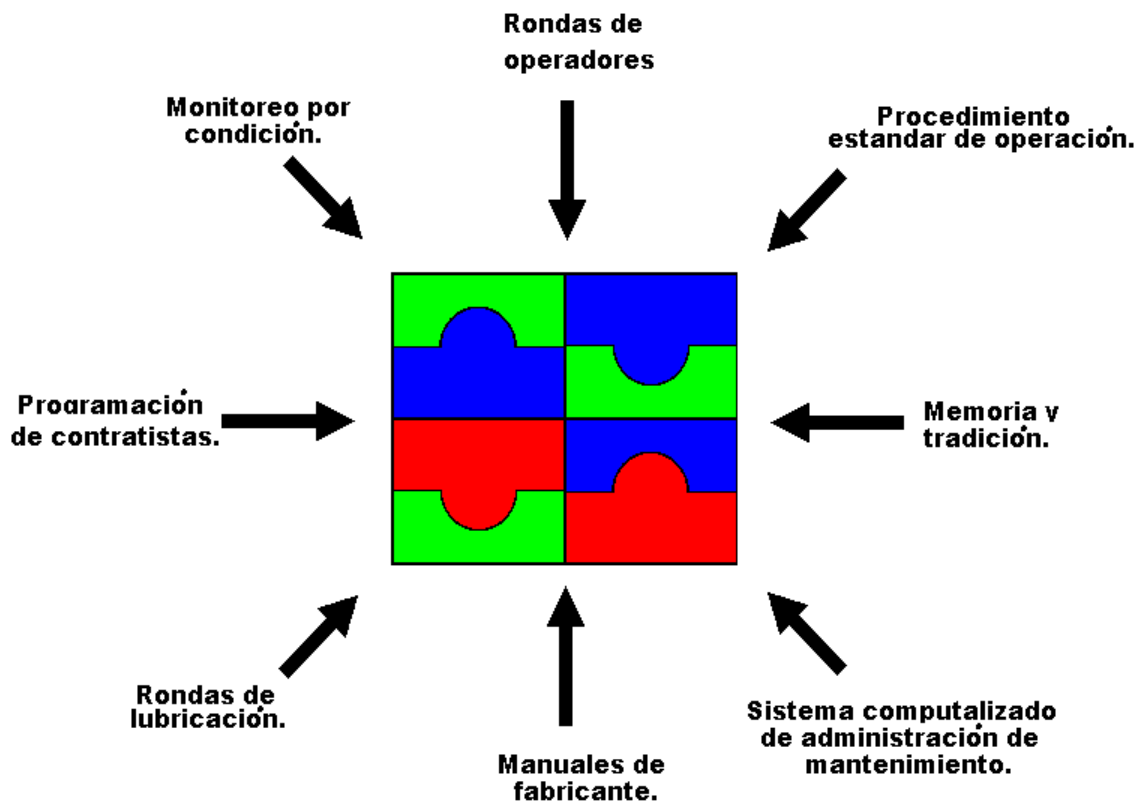
Fuente: (MORA GUTIERREZ Luis Alberto)

PASO 1 – Recopilación de Tareas

PMO inicia recopilando o documentando el programa de mantenimiento existente (formal o informal) y subiéndolo a una base de datos (Ilustración No 7). Es importante entender que el mantenimiento lo realiza un grupo amplio de personas, incluyendo los operadores. También es muy importante entender que en la mayoría de organizaciones el PM se hace por iniciativa propia de los técnicos o de los operadores y no existe documentación formal; cuando esta situación se presenta simplemente se debe documentar lo que el personal ya ha estado haciendo.

Es muy común que las organizaciones de mantenimiento tengan algún tipo de PM, ya sea formal o informal; es raro encontrar organizaciones que no tengan ningún tipo de PM. (TURNER Steve)

Ilustración 7 Fuentes del Plan de Mantenimiento



Fuente: (TURNER Steve)

PASO 2 – Análisis de Modos de Falla (FMA)

En el Paso 2 se debe involucrar a todo el personal de la planta, se trabajará en equipos multidisciplinarios quienes se encargarán de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento. (TURNER Steve)

La Tabla 1 ilustra un ejemplo del resultado del Paso 2.

Tabla 1 Análisis de Falla

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
tarea 1	Diario	Operador	falla A
tarea 2	Diario	Operador	falla B
tarea 3	semestral	Instalador	falla C
tarea 4	semestral	Instalador	falla A
tarea 5	anual	Electricista	falla B
tarea 6	semanal	Operador	falla C

Fuente: (TURNER Steve)

PASO 3 – Racionalización y revisión del FMA

Ordenando la información por Modos de Falla hace más fácil la identificación de duplicación de tareas. La duplicación de tareas se presenta cuando al mismo Modo de Falla se le aplican varias rutinas de PM por parte de las diferentes especialidades, por parte de los operadores y por parte de los especialistas de monitoreo.

En este paso el equipo de trabajo revisa los modos de falla resultado del FMA y agrega aquellos modos de falla faltantes. La lista de los modos se elabora con base en el historial de fallas, documentación técnica o simplemente con la experiencia del equipo de trabajo. (TURNER Steve)

La Tabla No 2 ilustra el resultado del Paso 3. Nótese la adición de la Falla “D”, la cual fue identificada durante el desarrollo de este Paso. La adición de la Falla D puede haber sido resultado de la revisión del historial de fallas y/o de la documentación técnica.

Tabla 2 Racionalización y revisión del FMA

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
tarea 1	Diario	operador	falla A
tarea 4	Semestral	instalador	falla A
tarea 2	Diario	operador	falla B
tarea 5	Anual	electricista	falla B
tarea 3	Semestral	instalador	falla C
tarea 6	Semanal	operador	falla C
	Nótese la detección de una nueva falla en este paso		falla D

Fuente: (TURNER Steve)

PASO 4 – Análisis Funcional

La función que se pierde con cada falla se puede determinar en este Paso. Este Paso es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos bastante críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para el aseguramiento de un programa de mantenimiento sólido. Para aquellos equipos poco críticos o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, más no beneficios tangibles. (TURNER Steve)

La Tabla No. 3 ilustra el Paso 4.

Tabla 3 Análisis Funcional

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función
tarea 1	Diario	operador	falla A	función 1
tarea 4	Semestral	instalador	falla A	
tarea 2	Diario	operador	falla B	función 3
tarea 5	Anual	electricista	falla B	función 2
tarea 3	Semestral	instalador	falla C	función 1
tarea 6	Semanal	operador	falla C	
			falla D	función 1

Fuente: (TURNER Steve)

PASO 5 – Evaluación de Consecuencias

En este Paso cada modo de falla es analizado para determinar si las fallas son ocultas o evidentes. Para aquellas fallas evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales. (TURNER Steve)

La Tabla 4 ilustra el Paso 5.

Tabla 4 Evaluación de Consecuencias

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función	consecuencia
tarea 1	Diario	Operador	falla A	función 1	operacional
tarea 4	semestral	Instalador	falla A		
tarea 2	Diario	Operador	falla B	función 3	operacional
tarea 5	Anual	Electricista	falla B	función 2	oculta
tarea 3	semestral	Instalador	falla C	función 1	oculta
tarea 6	Semanal	Operador	falla C		

Fuente: (TURNER Steve)

PASO 6 – Definición de la Política de Mantenimiento

La filosofía moderna de mantenimiento se basa en la premisa que los programas de mantenimiento exitosos se enfocan más en las consecuencias de las fallas que en los activos en sí.

En este Paso, cada modo de falla es analizado bajo los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento haciendo evidente lo siguiente: (Ver tabla No 5).

- Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costos efectivos y los que no lo son, estos últimos deben eliminarse,
- Que tareas serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa,
- Que tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa,
- Que tareas serían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas,
- Que fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple,
- Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida, y
- Que fallas se deben eliminar con la ayuda de un Análisis de Causa Raíz (RCA) (TURNER Steve)

Tabla 5 Definición de Políticas de Mantenimiento

Falla	Función	Consecuencia	Política	Rutina
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla A				
Falla A				
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Ocultas	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla D	Función 1	Operacional	Inspección	Semanal

Fuente: (TURNER Steve)

PASO 7 – Agrupación y Revisión

Una vez el análisis de las tareas haya finalizado, el equipo de trabajo establece el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos teniendo en cuenta limitantes de producción y otros. En este paso es posible que haya transferencia de responsabilidades en la ejecución de las tareas de PM entre los especialistas de mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancias en producción. (TURNER Steve)

PASO 8 – Aprobación e Implementación

En este Paso, el resultado del análisis se presenta a la alta dirección para su revisión y comentarios. Una vez se ha aprobado el programa, inicia la etapa más importante su implementación. La implementación es la etapa que consume más tiempo y en que se pueden presentar más dificultades. Es importante ejercer liderazgo y estar atento a los detalles para hacer de la implementación un éxito.

Las dificultades en la implementación se incrementan considerablemente en organizaciones que cuentan con muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras. (TURNER Steve)

PASO 9 – Programa Dinámico

EL PLAN DE MANTENIMIENTO, se consolida en este paso y se toma control de la planta, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos que se liberan pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación.

Durante este paso, varios de los procesos vitales de la Gestión de los Activos pueden afinarse mientras la rata de mejoramiento se acelera. Estos procesos son:

- Estrategia de Producción y Mantenimiento
- Medición de Desempeño

- Reportes y Eliminación de Fallas
- Planeación y Programación
- Gestión de Inventarios
- Talleres y Prácticas de Mantenimiento

La intención final de este Paso es la de crear una organización que busca continuamente su mejoramiento, para ello hay que crear conciencia de que es importante evaluar las garantías de todas las tareas y cada falla no planeada que se presente. (TURNER Steve)

Para lograr las metas es importante contar con personal capacitado en técnicas de análisis e igualmente contar con la motivación al personal por parte de la dirección para crear en el trabajador un sentido de pertenecía, de compromiso y de creatividad para mejorar su trabajo y optimizar costos de producción.

La eficacia del *PMO* se fundamenta en los sistemas de gestión y operación del mantenimiento, bajo un enfoque de proceso, lo cual garantiza que no haya dualidad de funciones en los departamentos, metas comunes, grupos poco efectivos de trabajo, muchos roles y funciones en el personal de mantenimiento y producción, mucha especialización en la realización de los análisis, control y eliminación de fallas, bases de datos independientes para cada uno de los departamentos, sino que todo esté en una misma plataforma de información (TURNER Steve)

5.5 CREAR EQUIPOS MULTIFUNCIONALES DESDE EL TALLER

PMOptimisation no es un proceso de perfección estadística, ni de trabajo de oficina, es un proceso empírico que se basa en el mantenimiento preventivo y en análisis racional de las tareas. PMOptimisation considera que el involucramiento del personal es bastante constructivo y crea sentido de pertenencia y compromiso

importante para lograr cambios. No involucrar al personal que ejecutará los cambios creará barreras en la implementación de los mismos.

Integración de los sistemas de administración de información de operaciones y Mantenimiento, para lograr que la redistribución de la carga de trabajo sea efectiva, es importante que sí existen varios sistemas de programación de mantenimiento, la información venga de una sola base de datos o del mismo origen. En la mayoría de organizaciones no se presenta este caso, ya que el departamento de operaciones maneja un sistema separado del sistema que manejan los especialistas de mantenimiento. (TURNER Steve)

5.6 IMPLEMENTAR LOS RESULTADOS LO MÁS PRONTO POSIBLE

Existe una tendencia a celebrar el éxito de un proyecto cuando se ha terminado con el análisis, se inician nuevos proyectos y la implementación de los resultados queda olvidada y se realiza pobremente. Esto es bastante malo, ya que se han usado recursos escasos y se han desperdiciado. Sin una implementación exitosa, el trabajo invertido en el análisis generará costos sin retorno y no cumplirá con las expectativas del personal. El personal culpará a la dirección y será muy difícil obtener la participación de la gente en proyectos futuros. (TURNER Steve)

5.7 ESTRUCTURAS DISFUNCIONALES DE LA ORGANIZACIÓN

La estructura organizacional de las industrias intensivas en capital se puede describir como departamental, es decir, mantenimiento y operaciones cuentan con presupuestos, indicadores de gestión y estructuras administrativas separadas.

Existen ventajas en las estructuras departamentales, sin embargo, dichas estructuras por lo general pierden eficiencia así:

- Conflicto entre las metas y/u objetivos de cada departamento, lo cual lleva a las directivas a tomar decisiones que no son congruentes con las metas globales del negocio. Las más comunes son las metas a corto plazo de producción que por lo general chocan con los objetivos de mantenimiento de reducir sus costos.
- Duplicación de esfuerzos por parte de los departamentos en alcanzar las mismas metas independientemente. La programación de PM de los mecánicos, los electricistas y de los operadores caen en este vicio, ya que cada equipo de trabajo revisa la misma maquina por los mismos modos de falla.
- Excesiva burocracia a todos los niveles en el proceso de toma de decisiones y aprobación. Esto se debe a que los jefes de los diferentes departamentos o áreas tienen diferentes objetivos.
- Demarcación excesiva en la definición de roles y responsabilidades. La facilidad de tomar decisiones se complica debido a las tradiciones de la organización, lo cual previene el uso eficiente de los recursos.
- Proliferación de sistemas de información y bases de datos independientes. En el escenario más común, operaciones y mantenimiento manejan la información sobre sus actividades independientemente del Sistema de Administración de Información de Mantenimiento (CMMS).
- El proceso de eliminación de fallas es visto como una responsabilidad de ingeniería, en donde los problemas son generados por muchos factores y deben ser resueltos por equipos de trabajo multidisciplinarios. Muchos de estos factores son obvios y pueden ser resueltos por parte de los técnicos, quienes gracias a la práctica y la experiencia pueden resolver problemas con consecuencias secundarias. (TURNER Steve)

Una vez que se hayan acordado e implementado los cambios, con la excepción de algunas ganancias rápidas, los resultados extraordinarios no se producirán de la noche a la mañana. Dependiendo del estado del equipo, se requerirá una ejecución vigorosa y un seguimiento de la gestión para mejorar la eficacia del mantenimiento. También se necesita tiempo para que las tareas alteradas se generen a partir de la base de datos de PM. Puede tomar más de un ciclo de PM (mensual, semestral o anual) antes de que se obtengan los resultados (JOHNSTON Mike, CMRP Consultor Senior).

En conclusión, la Metodología del PMO no se puede tratar como una función única. Para la sostenibilidad de la asignación de tareas de PM dinámica y relevante, el proceso de PMO debe verse como un ejercicio continuo requerido para impulsar la mejora continua, reducir el trabajo reactivo y mejorar la confiabilidad. (JOHNSTON Mike, CMRP Consultor Senior)

6. MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS A GRUPO ELECTROGENO DE 104KVA DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.

El grupo electrógeno en estudio en esta monografía es de marca Modasa con las siguientes características técnicas y operativas.

6.1 CARACTERISTICAS DE POTENCIAS EN LOS GRUPOS ELECTROGENOS

El tipo de operación de la mayoría de los grupos electrógenos que son usados en la empresa Rent Industrial SAS, son de modo continuo COP¹⁰, de acuerdo a ello estos equipos están rentados a los clientes de la empresa en mención por un numero de ilimitado de horas sin interrupción, y el foco de estudio de esta monografía es determinar cómo se puede optimizar su plan de mantenimiento, para que esta operación sea lo suficientemente óptima para la empresa Rent Industrial SAS, y evitar paradas no programada de manera continua, en la ilustración No.8 se muestra un Grupo Electrónico 104KVA marca Modasa.

Ilustración 8 Grupo Electrónico Marca Modasa



Fuente: (Modasa)

¹⁰ COP: se utiliza para aplicaciones en las que se utiliza el grupo electrógeno para suministrar energía a una carga constante por un número ilimitado de horas al año (INTERNATIONAL STANDARD)

El grupo electrógeno MP82 de 104KVa tiene las siguientes características. (RENT INDUSTRIAL SAS)

Ilustración 9 Datos Técnicos del Grupo Electrónico Marca Modasa PEPK10434

SERIAL INTERNO EMPRESA	PEPK10434
SERIAL DE FABRICA	U4921267
Datos Técnicos	

Grupo Electrónico

Modelo	MP-82	
Motor	Perkins 1104A-44TG2	
Alternador	STAMFORD UCI 224G	
Módulo de control	Electrónico	
Fases	Trifásico	
Tanque combust. abierto/insonoro	45 Galones / 59 Galones	
Sistema Eléctrico	12V.	
Frecuencia	60Hz	50Hz
Radiador flujo aire	111 m3/min	89 m3/min
Combustión flujo aire	6.50 m3/min	5.14 m3/min
Gases de escape flujo	15.85 m3/min	13.30 m3/min
Temperatura gases escape	560°C	580°C

Nivel de Ruido G.E.	Máximo	Ambiente
Insonoro @ 7m	71 +/- 2 dBA	54 dBA

Motor

Número de cilindros	4 En Línea
Sistema de Gobernación	Mecánica
Ciclo	4 Tiempos
Aspiración	Turbocargador
Combustible	Diesel
Sist. Combustión	Inyección directa
Sist. Enfriamiento	Agua
Diámetro pistón	105.00 mm
Desplazamiento pistón	127.00 mm
Capacidad	4410cc
Relación compresión	17.25:1.
Cap. Sist. Lubricación	8.00 litros
Cap. Sist. Refrigeración	13.00 litros

Consumo de Combustible		
Velocidad del motor	1800 RPM l/h	1500 RPM l/h
Potencia Stand by (2)	24.40	20.50
Potencia Prime (1)	22.30	18.70
75% Potencia Prime (1)	16.90	14.00
50% Potencia Prime (1)	11.90	9.70

Alternador

Aislamiento	Clase "H"
Sistema de excitación	Propia
Tarjeta reguladora voltaje	SX460 ± 1.0%
Grado de Protección	IP 23

Normas Técnicas

Motor :	ISO 3046, BS 5514, DIN 6271
Alternador :	UTF NFC 51-111-105-110 IEC 34-1, BS 5000 4999 NEMA MG 21, VDE 0530
Grupo Electrónico :	ISO 8528

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

La operación del generador es vital para los procesos de sus clientes y es por ello que el equipo se realizan sus mantenimientos preventivos de acuerdo a lo estipulado y recomendado por el cliente.

El grupo electrógeno entró en operación para la empresa Rent Industrial SAS el 10 de abril del año 2010, y desde su momento en puesta en marcha ha operado en

calidad de renta por el territorio nacional, y de acuerdo a ello se han cumplido con el programa de mantenimiento de acuerdo a lo estipulado por el fabricante.

6.2 COSTOS ACTUALES DE MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTROGENO

Los costos de mantenimiento que se identificó en el grupo electrógeno identificado con el serial interno de la empresa Rent Industrial SAS, PEPK10434, desde el momento de su puesta en marcha, el día 10 de abril del 2010 hasta el 31 de diciembre del 2018, fue suministrado por la base de datos de la empresa Rent Industrial SAS de su sistema administrativo SAMMWEB¹¹, son los siguiente:

Tabla 6 Costos actuales de mantenimientos vs Facturación de renta

COSTOS ACTUALES DE MANTENIMIENTOS VS FACTURACION DE RENTA									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
REPUESTOS/IN SUMOS	\$ 7.330.695	\$ 9.373.905	\$ 9.968.799	\$ 8.201.412	\$ 6.194.370	\$ 9.302.104	\$ 9.028.060	\$11.989.824	\$10.951.500
MANO DE OBRA	\$33.300.000	\$39.900.000	\$46.740.000	\$46.500.000	\$45.000.000	\$46.200.000	\$48.000.000	\$49.476.000	\$48.600.000
VIATICOS	\$ 5.800.000	\$ 6.902.000	\$ 8.213.380	\$ 9.445.387	\$10.956.649	\$12.052.314	\$14.221.730	\$15.643.903	\$17.208.294
TOTAL	\$46.430.695	\$56.175.905	\$64.922.179	\$64.146.799	\$62.151.019	\$67.554.418	\$71.249.790	\$77.109.727	\$76.759.794
FACTURACION	\$65.790.730	\$68.532.010	\$71.387.510	\$74.361.990	\$77.460.406	\$80.687.923	\$84.049.920	\$87.552.000	\$91.200.000
PORCENTAJE DE UTILIDAD BRUTA	29%	18%	9%	14%	20%	16%	15%	12%	16%

La operación de mantenimiento del grupo electrógeno PEPK10434 se realiza teniendo en cuenta el plan de mantenimiento estipulado y suministrado por el fabricante, que opera de modo continuo, es por ello que se analizaron los costos que se han generado desde la puesta en marcha del equipo hasta el 31 de diciembre del 2018 (Ver tabla No. 6) donde se determinaron los costos de mantenimiento del generador, que son en promedio el 83,66%, (ver tabla No 7) donde se compara los

¹¹ SAMMWEB: Sistema Administrativo de Mantenimiento moderno, software de sistema administración de la información de mantenimiento.

costos totales de operación del grupo electrógeno con la facturación que se ha generado durante todo este periodo.

Tabla 7 Resumen de Costos de operación del generador vs Promedio de Facturación

RESUMEN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO VS FACTURACIÓN DE RENTA 2010 - 2018	
VARIABLE	CONSOLIDADO
PROMEDIO REPUESTOS/INSUMOS	\$ 82.340.669
PROMEDIO MANO DE OBRA	\$ 403.716.000
PROMEDIO VIATICOS	\$ 100.443.657
TOTAL	\$ 586.500.326
PROMEDIO DE FACTURACION	\$ 701.022.490
PORCENTAJE DE UTILIDAD BRUTA	16%
PORCENTAJE DE COSTOS OPERACIONALES DEL GENERADOR	83,66%

La identificación de los costos de mantenimientos del grupo electrógeno de estudio en esta monografía determinó que es necesario tomar acciones y cuáles son los factores o modos de fallas que están influyendo en la funcionalidad del equipo y debido a esto que está generando elevadas intervenciones para mantener su funcionalidad, y por ende mejorar verificar si es necesario revisar con el cliente final si el valor del canon de arrendamiento del generador es el adecuado para el tipo de operación y si determinar si la facturación para la empresa Rent Industrial SAS, puede mejorar de alguna manera.

6.3 FRECUENCIA DE FALLA Y MODOS DE FALLAS DEL GRUPO ELECTROGENO MARCA MODASA PEPK10434

En desarrollo de esta esta monografía se determinó usar el análisis de la Metodología de Pareto con el objetivo de identificar los modos de falla de los

componentes que más están incidiendo y se han presentado en el grupo electrógeno marca Modasa PEPK10434.

Los datos que a continuación se analizaran en tabla No 8 son obtenidos de la base de datos del sistema administrativo de mantenimiento de la empresa Rent Industrial SAS, que es SAMMWEB, donde se consignan los historiales de mantenimiento y planes de mantenimiento vigentes en la compañía.

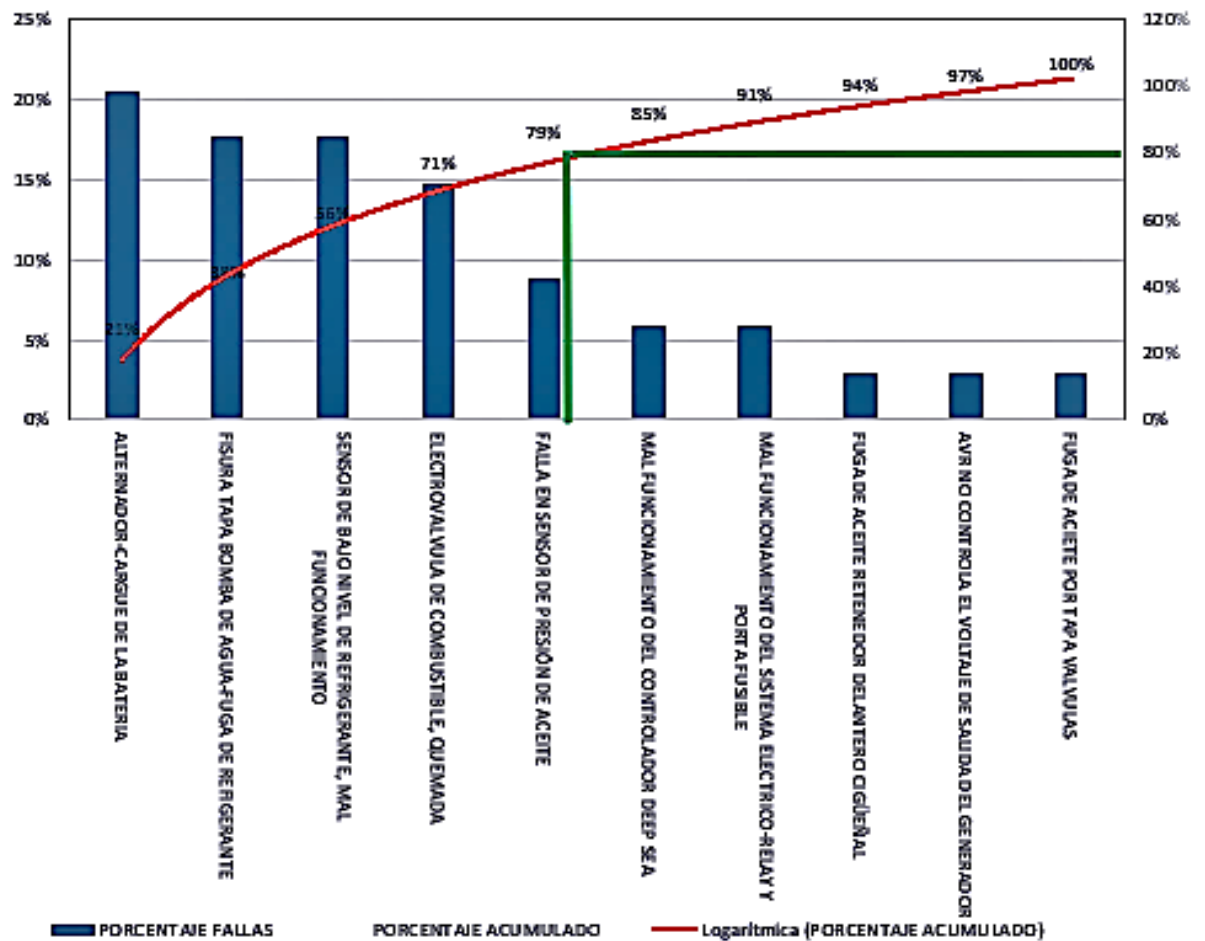
Tabla 8 Pareto de las fallas de los componentes del Grupo Electrógeno PEPK10434

PARETO DE LOS COMPONENTES DEL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434			
MODOS DE FALLAS EN COMPONENTES	FRECUENCIA	PORCENTAJE FALLAS	PORCENTAJE ACUMULADO
ALTERNADOR-CARGUE DE LA BATERIA	7	21%	21%
FISURA TAPA BOMBA DE AGUA-FUGA DE REFRIGERANTE	6	18%	38%
SENSOR DE BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE, MAL FUNCIONAMIENTO	6	18%	56%
ELECTROVALVULA DE COMBUSTIBLE, QUEMADA	5	15%	71%
FALLA EN SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE	3	9%	79%
MAL FUNCIONAMIENTO DEL CONTROLADOR DEEP SEA	2	6%	85%
MAL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO-RELAY Y PORTA FUSIBLE	2	6%	91%
FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜEÑAL	1	3%	94%
AVR NO CONTROLA EL VOLTAJE DE SALIDA DEL GENERADOR	1	3%	97%

FUGA DE ACIETE POR TAPA VALVULAS	1	3%	100%
	34	100%	

Gráfico 1 Pareto de Componentes del Grupo Electrónico PEPK10434

PARETO DE COMPONENTES DE GRUPO ELECTROGENO PEPK10434



La tabla No 8 que representa los componentes que han fallado y se explicarán brevemente los componentes que se han vuelto crítico para el buen funcionamiento del grupo electrógeno, de acuerdo al grafico No 1 donde se aplica Pareto para determinar los componentes más críticos del grupo electrógeno en estudio:

- **El alternador**, ha presentado fallas para mantener la carga de la batería del generador y ha sido el modo de falla que más se ha repetido durante el periodo y ha ocasionado paradas y perdidas en la facturación por no estar el equipo operativo y disponible para la labor de renta.

- **Bomba de agua**, se ha presentado esta anomalía en segundo lugar en este equipo y la falla ha sido fisuras o poros en la tapa de la bomba de agua, lo que ha generado fugas de refrigerante hasta llegar el momento que el equipo se alarme por bajo nivel de refrigerante y posterior perdida de la funcionalidad, al momento se ha asociado a esta falla a la calidad del material de la bomba de agua, debido a que este equipo opera en zona donde la corrosión o el PH del refrigerante adecuado, debido a que el cliente al realizar los preoperacionales aplicaban agua mineral al sistema de refrigeración del motor y esta mezcla de componentes posiblemente ha generado la falla mencionada.

- **Sensor de bajo nivel de refrigerante**, esta falla de componente de este grupo electrógeno está asociado a que este sensor a la calidad del dispositivo, después de analizar las diversas fallas se determinó que tiene una vida útil corta y este debe ser sustituido y no esperar hasta su fallo, debido a que la falencia de este sensor envía una señal al controlador y no permite que el equipo siga operando, aunque este sensor tiene dos funciones muy importante, una indica el nivel de refrigerante que tiene el radiador, y la segunda función determina la calidad del PH del refrigerante y cuando este sale de parámetro envía señal de parada inmediata al grupo electrógeno.

- **Electroválvula de combustible**, este componente es vital en el buen funcionamiento del grupo electrógeno, debido a que es la encargada de elevar el combustible desde el tanque de combustible Diesel hasta la bomba de inyección del motor, la falla ha sido asociada a que el equipo en su operación el operador no está pendiente al nivel de combustible y al quedar seca, este

componente se quema por ser eléctrico, ya que el mismo combustible sirve de refrigerante para que sus componentes internos mantengan la temperatura ideal para su funcionamiento, esta situación se ha conversado mucho con el fabricante del equipo, ya que este equipo no viene con el sistema electrónico de control de nivel de combustible sino que viene en la misma tapa de combustible el nivel de combustible de manera análoga.

- **Falla en sensor de presión de aceite**, este componente ha generado en menos incidencia pero si ha afectado en tres oportunidades fallos en el funcionamiento del generador, ya que este envía la señal de la presión de aceite del motor y la segunda función es dar la orden de apagar el motor en el momento de no tener los parámetros adecuados de funcionamiento adecuados, pero este dispositivo se ha visto afectado de manera repetitiva en el año anterior y se ha asociado a la calidad del componente por parte del proveedor del fabricante, tema que no se tocará por no ser objeto de esta monografía.

Los demás componentes de este grupo electrógeno que han fallado con una frecuencia menor, pero han influido en paradas programadas y no programadas, de menor influencia que son tenidas en cuenta para la estrategia de la mejora del plan de mantenimiento para este grupo electrógeno.

6.4 COSTOS DE LAS FALLAS DE LOS COMPONENTES DEL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434

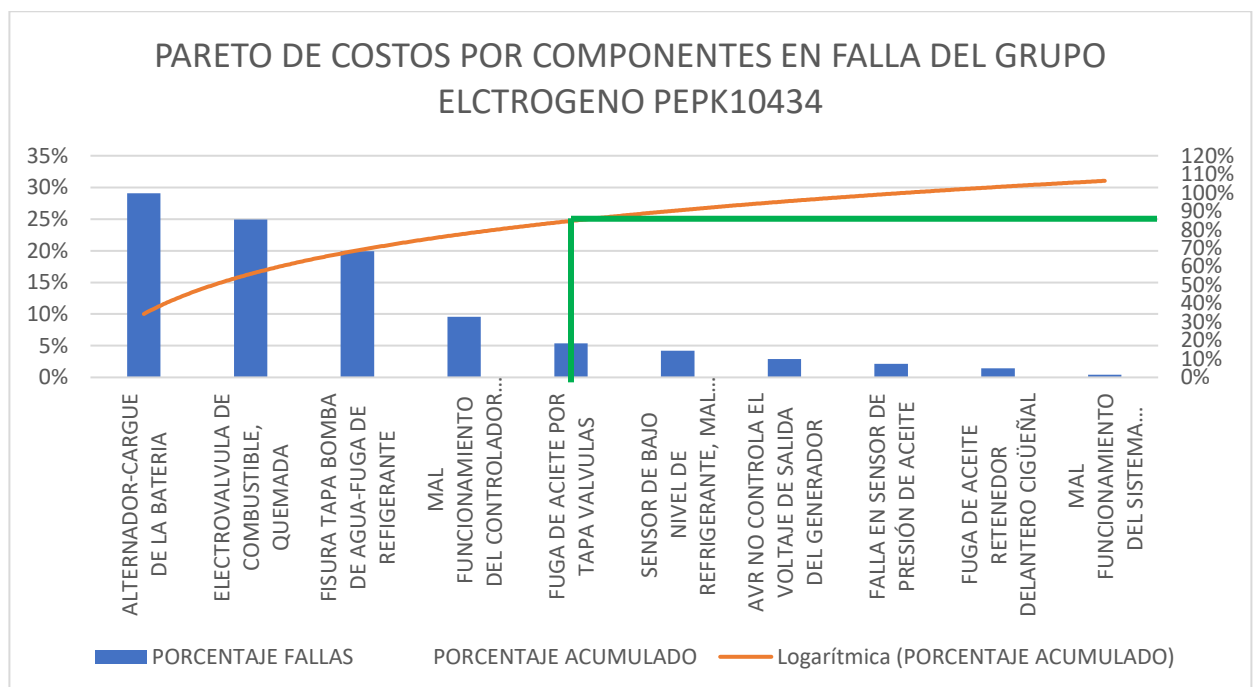
Ahora analizaremos en la tabla No 9, los costos de los componentes que han fallado en el grupo electrógeno durante este último año, obteniendo esta información de la base de datos del sistema administrativo de mantenimiento de la empresa Rent Industrial SAS.

Tabla 9 Pareto de Costos de los componentes del Grupo Electrógeno PEPK10434

PARETO DE COSTOS DE LOS COMPONENTES DEL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434					
MODOS DE FALLAS EN COMPONENTES	FRECUENCIA	COSTO COMPONENTE	COSTO TOTAL COMPONENTE	% FALLAS	% ACUMULADO
ALTERNADOR-CARGUE DE LA BATERIA	7	\$ 1.000.000	\$ 7.000.000	29%	29%
ELECTROVALVULA DE COMBUSTIBLE, QUEMADA	5	\$ 1.200.000	\$ 6.000.000	25%	54%
FISURA O POROS TAPA BOMBA DE AGUA-FUGA DE REFRIGERANTE	6	\$ 800.000	\$ 4.800.000	20%	74%
MAL FUNCIONAMIENTO DEL CONTROLADOR DEEP SEA	2	\$ 1.150.000	\$ 2.300.000	10%	83%
FUGA DE ACEITE POR TAPA VALVULAS	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	5%	89%
SENSOR DE BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE, MAL FUNCIONAMIENTO	6	\$ 170.000	\$ 1.020.000	4%	93%
AVR NO CONTROLA EL VOLTAJE DE SALIDA DEL GENERADOR	1	\$ 700.000	\$ 700.000	3%	96%
FALLA EN SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE	3	\$ 170.000	\$ 510.000	2%	98%

FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜEÑAL	1	\$ 350.000	\$ 350.000	1%	100%
MAL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO-RELAY Y PORTA FUSIBLE	2	\$ 50.000	\$ 100.000	0%	100%
	34	\$ 6.890.000	\$ 24.080.000	100%	

Gráfico 2 Pareto de costos Por componentes de falla del Grupo electrógeno PEPK10434



Al analizar los resultados obtenidos de los costos de los componentes que fallaron con frecuencia, de la Tabla No. 9 se verificaron los datos donde se pudo evidenciar que al igual con la frecuencia los componentes críticos influyen en los costos de mantenimiento del grupo electrógeno y generan un impacto económico por su habilitación, sin tener en cuenta el impacto de facturación e imagen de la compañía.

Por tanto, los componentes críticos en costos son (Grafico No 2):

- Falla en la carga de batería por el alternador
- La electroválvula de combustible
- Fuga de refrigerante por la tapa de la bomba de agua
- El controlador del grupo electrógeno, Deep sea 6110

Por tanto, se puede deducir que los componentes como son el alternador, la electroválvula de combustible, Bomba de Agua, tanto en la falla por componentes y costos coinciden de acuerdo al método de Pareto, y es donde se determina que es necesario aplicar una metodología como la de PMO para estudiar estos modos de fallas al igual los otros modos de falla que tienen menos incidencia y se determinará qué tipo de acción es necesario para su posible solución.

6.5 FACTIBILIDAD DE IPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA PMO PARA EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 DE LA EMPRESA RENT INDUSTRIAL SAS.

Durante el desarrollo de este trabajo se ha logrado identificar la importancia del buen funcionamiento del grupo electrógeno para un proceso donde la ausencia de red eléctrica es limitada o nula y se ha determinado que la metodología que se va utilizar para obtener un plan de mantenimiento adecuado en el grupo electrógeno marca Modasa PEPK10434 es con la metodología en el Plan de Mantenimiento Optimizado PMO, esta determinación se tomó en base a los principios, ventajas respecto a costo, tiempo de desarrollo y la existencia de la información en la base de datos de la empresa Rent Industrial SAS.

Al tomar la decisión del tipo de Metodología entre RCM y PMO, teniendo en cuenta y conociendo cada una de sus ventajas y desventaja en su aplicación y uso, PMO es la metodología que nos aplica para realizar el plan de mantenimiento optimizado e implementarlo, por tanto, además podemos decir las siguientes razones para la

toma de la decisión de la implementación de la metodología PMO en esta monografía.

- El grupo electrógeno de estudio cuenta con un plan de mantenimiento estructurado y emitido por el fabricante del equipo.
- Están definidas las principales fallas funcionales, historias de fallas, conocen o poseen experiencia los operadores y mantenedores sobre el manejo del equipo.
- La implementación del RCM en este caso no aplicaba debido a que no es un diseño o implementación de un equipo nuevo, debido a que RCM implica largos tiempo de ejecución de mantenimiento, y la empresa dueña del grupo electrógeno su razón comercial es rentar y mantener su flota de equipos de la mejor manera posible; y es PMO la metodología que se amolda de manera económica y la implementación en tiempo de esta metodología es mucho más corta, para obtener resultados, que pueden ser satisfactorios o negativos, que solo el tiempo y el desarrollo de la implementación dará los resultados del retorno a esta inversión.

Para el desarrollo de la implementación de la metodología PMO en el grupo electrógeno de la empresa Rent Industrial SAS, fue necesario implementar comités o reuniones, donde el objetivo principal era conocer las experiencias de cada uno de los técnicos, jefe de patio, Coordinadores técnicos, revisar los manuales de operación, hoja de vida o historia de mantenimientos, inspecciones realizados al equipo, toda esta información consignada y organizada en el sistema administrativo de mantenimiento moderno SAMM, a continuación se desarrollará la metodología PMO en sus nueve pasos que la componen, para el grupo electrógeno marca Modasa PEPK10434.

6.6 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PMO PARA IMPLEMNETAR EN EL GRUPO ELECTROGENO MARCA MODASA PEPK10434

La metodología del Plan de Mantenimiento Optimizado PMO, es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación, que consta de 9 pasos que se analizaran de la siguiente manera:

6.6.1 Recopilación de la información. Los grupos electrógenos de estas características tienen el siguiente plan de mantenimiento estipulado por el fabricante y adaptado por la empresa Rent Industrial SAS, como se puede ver en la ilustración No. 10.

En la recopilación de la información como primer paso en la metodología de implementación del plan de mantenimiento optimizado, se tomaron los datos existentes en el historial de operación del grupo electrógeno, experiencias de cada uno de los técnicos, manuales técnicos del equipo, donde se pudo evidenciar los modos de fallas que hicieron de una u otra forma generar paradas programadas y no programadas, al igual se identificaron las cantidades de mantenimientos preventivos realizados en el grupo electrógeno durante el año 2018, como se puede evidenciar en el resumen de la tabla No. 10, donde se registró la información que fue suministrada de la base de datos del Sistema Administrativo de Mantenimiento Moderno SAMMWEB, de la empresa Rent Industrial SAS.

Tabla 10 Actividades de mantenimiento realizadas en el Grupo Electrógeno PEPK10434 en el año 2018

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTOS REALIZADAS EN EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 EN EL AÑO 2018		
MANTENIMIENTOS	INTERVENCIONES	PORCENTAJE
PREVENTIVOS	35	51%
CORRECTIVOS	34	49%
TOTAL INTERVENCIONES	69	

La recopilación de la información se realizó con reuniones o comités con personal interdisciplinario de la empresa Rent Industrial SAS, donde se intercambiaron las experiencias, documentación, hojas de vidas del grupo Electrógeno PEPK10434, reportes de trabajos, plan de mantenimiento existente (Ilustración No 10).

Todo con el fin de conocer cada una de los modos de falla, la forma de operación del equipo, opiniones o concepto del servicio prestado por parte del cliente.

Este es uno de los pasos más importantes porque se involucró a todo el personal interdisciplinario de la empresa Rent Industrial como pilar e inicio para la implementación de la metodología PMO, para determinar los modos de fallas que más incidieron en el año 2018 en el grupo electrógeno PEPK10434, que se determina porque en los años anteriores no se llevaba un control de fallas o de incidencias en el equipo por lo que no era confiable la información, a partir de Enero del 2018, se tiene un control de cada una de las actividades de mantenimiento y sus modos de fallas.

En la recopilación de la tabla No 10 de la información suministrada por la base de datos de la empresa Ren Industrial SAS, se evidenciaron que los modos fallas, que son el 49% de la cantidad total de las intervenciones que se le han realizado al grupo electrógeno durante el año 2018, y no encontró ningún registro en donde le haya realizado una acción correctiva o adecuado para erradicarlos y simplemente se realizan los cambios de los componentes evidenciados en las requisiciones de salidas de repuestos del almacén de la empresa Rent Industrial SAS, sin realizar ningún tipo de acción o análisis para no volver a incurrir en este modo de fallo.

Ilustración 10 Plan de Mantenimiento para Grupo Electrónico marca Modasa de 104KVA

PERKINS 104KVA				
TEMPARIO	REPUESTO	REFERENCIA	CANTIDAD	ACTIVIDAD
MANTENIMIENTO PREVENTIVO 250 HRS	ACEITE	15w40	3	CAMBIO DE ACEITE
	FILTRO ACEITE	B2/MP8A/B7A/LF3313	1	CAMBIO DE FILTROS
	FILTRO AIRE	DA2570	1	
	FILTRO ACPM (1)	HDF296	1	
	FILTRO ACPM (2)	1R1804/26560201	1	
	MANGUERA	MANGUERA TRN	1	CAMBIO DE MANGUERAS
	ABRAZADERA	ABRAZADERA 5/16	4	
	ANTISULFATANTE	ANTISULFATANTE	1	REVISION BATERIA
	AGUA PARA BATERIA	AGUA DESTILADA 500ML	4	
	REFRIGERANTE	REFRIGERANTE	1	REVISION RADIADOR
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION ELECTRICA GENERAL
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION MECANICA GENERAL
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	LAVADO GENERAL
	SERVICIO MANO DE OBRA	SI APLICA	1	LATONERIA Y PINTURA
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION SENSORES
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	LAVADO DE TANQUE
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	LIMPIEZA DEL GENERADOR
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	LIMPIEZA DEL RADIADOR
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION DE PUERTAS Y CHAPAS
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISAR NIVELES
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION CORREAS
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	CONFIGURACION DE VOLTAJE Y PARAMETROS EN DEEP SEA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO 500 HRS	BORNE	BORNE 32	2	REVISION DE BORNES
	COMBUSTIBLE	ACPM	1	LIMPIEZA RACOR 2020
MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1000 HRS	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION CABLEADO CTS
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION INTERCOOLER
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION EXOSTO
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION SOPORTES
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISION BOMBA DE AGUA
MANTENIMIENTO 2000 HRS	TAPA DE RADIADOR		1	MANTENIMIENTO RADIADOR
	REFRIGERANTE	REFRIGERANTE	5	
	CORREA	CORREA AX-50	1	CAMBIO DE CORREA
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO ALTERNADOR
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO ARRANQUE
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISAR EMPAQUETADURA GENERAL
MANTENIMIENTO 8000 HRS	RETENEDOR DELANTERO	2418F437	1	CAMBIO RETENEDORES
	RETENEDOR TRASERO	2418F438	1	
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO GENERADOR
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	REVISAR TERMOSTATOS
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	CALIBRACION DE VALVULAS
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO INYECTORES
	BOMBA DE AGUA	BAG-PER	1	MANTENIMIENTO BOMBA DE AGUA
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO BREAKER
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	CAMBIO FAN DRIVE
	SERVICIO MANO DE OBRA	INSPECCION	1	MANTENIMIENTO TURBO
	RODAMIENTO	6309	1	CAMBIO RODAMIENTO GENERADOR

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

6.6.2 Análisis de modo falla del grupo Electrónico PEPK10434. En el segundo paso en la implementación de la metodología PMO se identificaron los modos de fallas del grupo electrónico PEPK10434, ver tabla No. 11, en donde estos modos de fallas fueron determinadas por un grupo interdisciplinario perteneciente al Gerencia de mantenimiento de la empresa Rent Industrial SAS, que se evidenciaron y que generaron paradas repetitivas en un mismo periodo, en torno ello los modos de fallas permiten definir los temas claves a solucionar en los comite técnicos con el grupo interdisciplinario y así continuar con la optimización del proceso.

La consecuencia de cada una de estas fallas de la tabla No. 11 afectaron el buen desempeño y disponibilidad del grupo electrónico PEPK10434, pero cada falla tiene diferentes efectos, por tanto es necesario evaluar las consecuencias y obtener el mejor criterio para evitarlas o tratar de prevenirlas, debido a que estos modos de fallas, costaron tiempo en paradas que se traducen en dinero e imagen comercial y empresarial para la empresa Rent Industrial SAS, al igual hay que analizar que otro tipos de consecuencias de tipo ambiental, seguridad industrial, de producción del equipo o si algunas de estos modos de fallas no genera ninguna falla.

Tabla 11 Modos de Falla Grupo Electrónico PEPK10434

MODOS DE FALLA IDENTIFICADAS EN EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 AÑO 2018				
TAREA	PERIODO	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FALLA
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	ENERO	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN MECANICA GENERAL	ENERO	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	ENERO	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE BATERIA	FEBRERO	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN MECANICA GENERAL	FEBRERO	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
ELECTROVALVULA	FEBRERO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	FEBRERO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MARZO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MARZO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MARZO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE BATERIA-ALTERNADOR	ABRIL	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
INSPECCIÓN DEEPSEA	ABRIL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	ABRIL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MAYO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MAYO	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MAYO	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	JUNIO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL	JUNIO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	JUNIO	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN MECANICA GENERAL DE RETENEDORES	JULIO	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜENAL
INSPECCIÓN DEEPSEA	JULIO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	JULIO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	JULIO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	AGOSTO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL	AGOSTO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	AGOSTO	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	SEPTIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	SEPTIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN MECANICA GENERAL	SEPTIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
ELECTROVALVULA	SEPTIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	OCTUBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	NOVIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
INSPECCIÓN CONFIGURACIÓN DE VOLTAJE Y AVR	NOVIEMBRE	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY REGULACIÓN DE VOLTAJE DEL GENERADOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL	NOVIEMBRE	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACIETE POR TAPA VALVULAS
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	NOVIEMBRE	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	DICIEMBRE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA

A continuación, se resumen los modos de falla Tabla No.12, que se basó en la información de la tabla No 11 y que generaron paradas en su operación a el grupo Electrónico PEPK10434 durante el año 2018, de 34 paradas no programadas, lo cual generó pérdida de la función operativa del equipo.

Tabla 12 Resumen de modos de falla del Grupo Electrónico PEPK10434 año 2018

RESUMEN DE MODOS DE FALLAS DEL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 AÑO 2018	
FALLAS PRESENTADAS	CANTIDAD DE FALLAS
NO HAY CARGA EN LA BATERIA	7
NO ENCIENDE EL MOTOR	5
FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	6
ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE	6
ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE	3
TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE	2
EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"	2
NO HAY REGULACIÓN DE VOLTAJE DEL GENERADOR	1
FUGA DE ACEITE POR TAPA VALVULAS	1
FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜEÑAL	1
TOTAL DE FALLAS	34

6.6.3 Racionalización y revisión de los modos de falla. En el tercer paso a la implementación de la metodología del Plan de Mantenimiento Optimizado PMO, se organizaron los modos de fallas que se presentaron en el periodo del año 2018, pero en este paso se ingresó una novedad que siempre se ha presentado y que los técnicos evidenciaron en los comités técnicos y no reportaban en ningún

documento, lo cual se refiere a que se evidencia elevación de temperatura al llegar al límite de los 99°C. tabla No 13; esta situación se está presentando y debido al estar operando el grupo electrógeno en un área con polución y de alto impacto ambiental, el radiador se ven obstruidos con polvo o partículas lo cual dificulta su buen funcionamiento.

Esta labor de identificar y analizar este tipo de fallas, es debido a que se realizó reuniones o comités donde los técnicos de campo y personal administrativo e ingenieros de campos, donde manifestaron que en el lugar donde está ubicado el equipo, es muy limitado realizar esta tarea de limpieza en los generadores, por lo que en las obras los clientes con las políticas ambientales y seguridad industrial, no es permitido realizar labores de limpieza de este componente del generador.

Actualmente el grupo interdisciplinario de la empresa Rent Industrial está buscando la manera de cumplir con este procedimiento de mantenimiento y cerrar esta anomalía que no se está realizando y que está afectando el buen funcionamiento del motor del grupo electrógeno.

Es por ello que, al ordenar la información por modos de fallas, se hizo más fácil identificar en las rutinas de mantenimiento preventivo existente, los modos de falla que se estaban presentando y que se estaban resolviendo o corrigiendo los modos de falla en el momento de prestar el servicio, por tanto con el grupo interdisciplinar de la Gerencia de Mantenimiento se reunieron y analizaron que estas tareas que no estaban realizando en la prestación del servicio de mantenimiento y en algunos casos los técnicos estaban omitiendo actividades de vital importancia para la preservación del equipo, y es ahí donde se implementaron e ingresaron actividades y tareas para la mejora continua del proceso de mantenimiento del grupo electrógeno, que se verá reflejado en el plan de mantenimiento optimizado PMO.

Tabla 13 Racionalización y revisión de Modos de falla

MODOS DE FALLA IDENTIFICADAS EN EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 AÑO 2018			
TAREA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FALLA
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"
REVISIÓN MECANICA GENERAL DE RETENEDORES	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜENAL
REVISIÓN MECANICA GENERAL	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACIETE POR TAPA VALVULAS
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA-ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA
INSPECCIÓN CONFIGURACIÓN DE VOLTAJE Y AVR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY REGULACIÓN DE VOLTAJE DEL GENERADOR
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE
REVISIÓN ELECERICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE
REVISIÓN DE RADIADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA A 99°C

6.6.4 Análisis funcional del Grupo Electrónico PEPK10434. En el cuarto paso en la aplicación de la metodología PMO, se verifican y se analizan la pérdida de la función en el grupo Electrónico PEPK10434, basándose en los modos de fallas que ha hecho que se pierda la función operativa en el equipo, por tanto, en la tabla No. 14 se puede verificar que los modos de falla han generado pérdida de la función en el equipo, lo cual ha requerido intervención correctiva o mejorativa para restablecer la función del equipo.

Todas las funciones que se han visto afectadas en el grupo electrónico en estudio han generado de una u otra forma la pérdida de la función operativa, lo cual ha generado paradas en su funcionamiento, de por lo menos 12 a 24 horas, que es el tiempo de reacción del grupo técnico de la empresa Rent Industrial SAS, debido a que estos equipos al poseer el controlador denominado Deep Sea, protege cada una de los parámetros de funcionamiento, y si un parámetro se sale de los estipulados para el buen funcionamiento del generador, la acción es emitir una alerta auditiva y a los 30 segundos de persistir la falla, este envía orden a apagar el motor de combustión interna del grupo electrónico, por tanto al final de todo este proceso afecta de manera directa la operación del cliente, ya que al no estar funcionando el motor Diesel el generador no podrá moverse y este no podrá generar energía eléctrica AC, es por ello que ha sido necesario las intervenciones correctivas o mejorativas en este periodo al grupo electrónico, para restablecer su operación normal, que es la generación eléctricas a los procesos del cliente.

Por tanto, este paso es primordial para conocer y así determinar para el próximo paso que consecuencias nos genera la pérdida de la función en nuestro grupo electrónico de marca Modasa PEPK10434.

Tabla 14 Análisis funcional del Grupo Electrógeno PEPK10434

MODOS DE FALLA IDENTIFICADAS EN EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 AÑO 2018				
TAREA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FALLA	FUNCION
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE	PROTEGER EL MOTOR CON LA PRESION DE ACIETE CORRESPONDIENTE
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE	
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE	
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	PROTEGER AL MOTOR CON EL NIVEL DE REFRIGERANTE CORRESPONDIENTE
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"	MONITOREO DE TODAS LAS FUNCIONES DEL GRUPO
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"	
REVISIÓN MECANICA GENERAL DE RETENEDORES	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜEÑAL	EVITAR FUGA DE ACEITE DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACIETE POR TAPA VALVULAS	EVITAR FUGA DE ACEITE DEL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	CIRCULACIÓN DE RFRIGERANTE POR EL MOTOR
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	ELEVAREL COMBUSTIBLE A LA BOMBA DE INYECCIÓN
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	MANTENER CARGA DC DEL SISTEMA ELECTRICO
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	
REVISIÓN DE BATERIA-ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	
INSPECCIÓN CONFIGURACIÓN DE VOLTAJE Y AVR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY REGULACIÓN DE VOLTAJE DEL GENERADOR	REGULAR VOLTAJE DEL GENERADOR
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE	SUMINISTRAR LA SEÑAL ELECTRICA PARA ENCENDER EL TABLERO
REVISIÓN ELECRICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE	
REVISIÓN DE RADIADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA A 99°C	MANTENER LA TEMEPRATURA ESTABLE EN SISTEMA

6.6.5 Evaluación de consecuencias. En el quinto paso de la aplicación de esta metodología, y una vez determinada la función que se pierde en el grupo electrógeno, el paso siguiente es determinar la consecuencia, y dichas consecuencias pueden ser ocultas o evidentes, y estas cuando son evidentes nos pueden generar un riesgo, una pérdida en la operación o sobrecosto en la operación del grupo electrógeno en estudio, ver tabla No. 15.

En este caso de estudio, la evaluación de consecuencias del total de modos de fallas, se evidenció que solo dos modos de fallas era de forma oculta, y es la fuga de aceite por retenedores y empaque de la tapa válvula, debido que al presentarse esta anomalía, el equipo continuaba en operación, solo un tiempo después en él se perdía el aceite por causa de la fuga de los componentes mencionados, es ahí después de la pérdida del nivel de aceite, cuando se pierde la función el grupo electrógeno esto lo podemos evidenciar en la siguiente tabla No. 16.

Tabla 15 Resumen de consecuencias de los modos de fallas del Grupo Electrónico PEPK10434

RESUMEN DE CONSECUENCIAS DE LOS MODOS DE FALLAS			
CONSECUENCIAS	OPERACIONAL	9	82%
CONSECUENCIAS	OCULTAS	2	18%
	TOTAL	11	

El resumen de la Tabla No. 15 evidencia que el 82% de las consecuencias de las fallas era evidentes, debido a que en el momento de presentarse se perdía la funcionalidad del grupo electrógeno, y un 18% era invisibles por lo que durante la operación no era detectada por el personal técnico, o personal operativo y las causas posibles de esta omisión o no ver estas fallas ocultas, se analizaron y se discutieron, después de realizar reuniones con el grupo interdisciplinar perteneciente a la gerencia de mantenimiento de la empresa Rent Industrial SAS y

encargados del generador, lo que se determinó algunas falencias o circunstancias para no detectar dichos modos de fallo:

- Inspecciones mal realizadas, compromisos por parte del técnico.
- No seguían el check list de verificación de componentes del grupo electrógeno.
- Aseo o limpieza del equipo.
- Realizar los procedimientos de mantenimientos muy limitados a lo que solo realizaban los cambios de aceite y filtración, y no se verificaban parámetros.
- Falta de inspección y seguimiento del coordinador de mantenimiento y logístico.
- Insumos y repuestos en el momento requerido para la operación de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Falta de conocimiento técnico y en algunos operadores el tipo de conocimiento empírico de los equipos que dificultó la identificación de fallas.
- La información de las inspecciones de los técnicos y operadores no se estaba verificando en el momento adecuado, y la reacción era completamente nula.

Tabla 16 Análisis de Consecuencias de modos de fallas del Grupo Electrónico PEPK10434

MODOS DE FALLA IDENTIFICADAS EN EL GRUPO ELECTROGENO PEPK10434 AÑO 2018					
TAREA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FALLA	FUNCION	CONSECUENCIA
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE	PROTEGER EL MOTOR CON LA PRESION DE ACIETE CORESPONDIENTE	OPERACIONAL
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE		
REVISIÓN DE SENSOR PRESION DE ACEITE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL POR PRESION DE ACEITE		
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	PROTEGER AL MOTOR CON EL NIVEL DE REFRIGERANTE CORRESPONDIENTE	OPERACIONAL
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE		
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE		
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE		
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	MP250	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE		
REVISIÓN DE SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	ALARMA EN TABLERO DE CONTROL POR FUGA DE REFRIGERANTE	MONITOREO DE TODAS LAS FUNCIONES DEL GRUPO	OPERACIONAL
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"		
INSPECCIÓN DEEPSEA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	EL CONTROLADOR CON ADVERTENCIA "MEMORY CORRUPT"		
REVISIÓN MECANICA GENERAL DE RETENEDORES	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACEITE RETENEDOR DELANTERO CIGÜEÑAL	EVITAR FUGA DE ACEITE DEL MOTOR	OCULTA
REVISIÓN MECANICA GENERAL	MP250	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE ACEITE POR TAPA VALVULAS	EVITAR FUGA DE ACEITE DEL MOTOR	OCULTA
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR	CIRCULACIÓN DE REFRIGERANTE POR EL MOTOR	OPERACIONAL
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL BOMBA DE AGUA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	FUGA DE REFRIGERANTE Y RECALENTAMIENTO DEL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR	ELEVARE EL COMBUSTIBLE A LA BOMBA DE INYECCIÓN	OPERACIONAL
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR		
REVISIÓN MECANICA GENERAL ELECTROVALVULA	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO ENCIENDE EL MOTOR		
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	MANTENER CARGA DC DEL SISTEMA ELECTRICO	OPERACIONAL
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA		
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA		
REVISIÓN DE BATERIA-ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA		
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA		
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA	REGULAR VOLTAJE DEL GENERADOR	OPERACIONAL
REVISIÓN DE BATERIA Y ALTERNADOR	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	NO HAY CARGA EN LA BATERIA		
INSPECCIÓN CONFIGURACIÓN DE VOLTAJE Y AVR	MP250	TECNICO DE CAMPO	NO HAY REGULACIÓN DE VOLTAJE DEL GENERADOR		
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE	SUMINISTRAR LA SEÑAL ELECTRICA PARA ENCENDER EL TABLERO	OPERACIONAL
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	INSPECCION	TECNICO DE CAMPO	TABLERO DE CONTROL NO ENCIENDE		
REVISIÓN DE RADIADOR	MP250	TECNICO DE CAMPO	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA A 99°C	MANTENER LA TEMPERATURA ESTABLE EN SISTEMA	OPERACIONAL

6.6.6 Implementación de políticas de mantenimiento. La definición del plan de mantenimiento se realizó analizando toda la información obtenida con todo el grupo interdisciplinario perteneciente al grupo de la gerencia de mantenimiento, área de compras, almacén y Gerencia administrativa de la empresa Rent Industrial SAS, con el fin de tomar decisiones e implementar el plan de mantenimiento, estableciendo que todas las partes estén de acuerdo por tanto entre las actividades que quedaron de acuerdo todas las partes fueron las siguientes:

- Para mejorar los tiempos de cambios de aceites y filtración del motor se autorizó realizar análisis de aceite al Motor Diesel Perkins modelo 1104 del grupo electrógeno PEPK10434, para verificar los estados de material del motor y con esto ver la posibilidad de incrementar la frecuencia de cambios e intervenciones de mantenimiento preventivo sin afectar la vida útil y componentes importantes del motor del grupo electrógeno.
- Se realizaron dos pruebas de análisis de aceite donde se determinó de manera conservativa realizar los cambios de aceite y filtración a 300hr, que se podrá ver evidenciado en los Anexos A, Anexo B y Anexo C, donde en la última prueba se determinó un TBN de 8.7, este resultado se tomó de una prueba de aceite después de 250 hr de su cambio que e puede evidenciar en el Anexo C y de acuerdo a los análisis químicos de la prueba, los materiales del motor están aún en estado normal, por tanto se toma la decisión de incrementar 50 horas adicionales al normalmente usado, con la precaución de realizar análisis de aceite periódicos para determinar si se conserva o cambia algún parámetro del estado del aceite de dicho motor.
- En la presente implementación se cubrieron todos los modos de falla y se incluyeron el nuevo plan de mantenimiento, que se puede ver de manera resumida en tabla No. 17.

- En la tabla No. 17 se puede evidenciar una acción o posible solución para cada modo de falla presentado en el grupo electrógeno, donde se consigna la actividad de mantenimiento a realizar, la frecuencia de la intervención, personal idóneo con la herramienta adecuada y por último que condición debe estar el equipo para realizar la intervención; y así evitar de alguna forma tener paradas no programadas en el grupo electrógeno, y estas actividades fueron incluidas en el Plan de Mantenimiento Preventivo para el generador de 104KVA.
- Con esta implementación de las nuevas actividades para el plan de mantenimiento preventivo para el grupo electrógeno en estudio, se espera se tenga una mejora en los procesos internos de mantenimiento por parte de los técnicos de campo, al igual el equipo mantenga su operatividad y disponibilidad para el cliente; aunque con esta nueva implementación no se garantizará de manera inmediata la reducción de costos para el área administrativa, debido a que la implementación se inició a partir del mes de mayo del 2019; esto es un proceso de mucho seguimiento por parte del grupo técnico de campo y de los ingenieros, donde es necesario hacer un acompañamiento del funcionamiento del equipo y de las tareas asignadas para este nuevo plan de mantenimiento, debido a que en este momento no se sabe si son óptimas o si son necesario realizar algún tipo de cambio. Cabe resaltar que las actividades de mantenimiento o intervenciones plasmadas en el nuevo plan de mantenimiento Optimizado para el grupo electrógeno de 104KVA de marca Modasa, no son una camisa de fuerza, y es una alternativa que se debe evaluar cada momento para que estas actividades iniciales sigan optimizándose hasta llegar al punto que los modos de fallas se eliminen por completo.

Tabla 17 Optimización del Plan de mantenimiento del Grupo Electrónico marca Modasa PEPK10434

OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTROGENO MARCA MODASA PEPK10434							
TAREA OPTIMIZADA	FRECUENCIA	DURACIÓN DE LA TAREA	PERSONAL NECESARIO	INSUMO/REPUESTO	CANTIDAD	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CONDICIÓN DEL EQUIPO PARA LA EJECUCIÓN DE LA TAREA
INSPECCIÓN DIARIA EN CHECK LIST, SUSTITUCIÓN DE SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE	1000 HORAS O 6 MESES LO QUE PRIMERO OCURRA	10 MIN	1	SENSOR DE PRESIÓN ACEITE, LOCTITE FUERZA MEDIA, KIT DERRAME DE ACEITE	1	LLAVE BOCA FIJA DE 10mm	FUERA DE SERVICIO
INSPECCIÓN DIARIA EN CHECK LIST, SUSTITUCIÓN DE SENSOR DE BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	1000 HORAS O 6 MESES LO QUE PRIMERO OCURRA	10 MIN	1	SENSOR DE BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE, LOCTITE FUERZA MEDIA, KIT DE DERRAME DE LIQUIDOS	1	LLAVE BOCA FIJA DE 10mm	FUERA DE SERVICIO
IMPERMEABILIZACIÓN DEL TABLERO DONDE ESTA UBICADO EL DEEP SEA, PARA EVITAR CONTACTO AMBIENTAL E INSPECCIÓN DIARIA CHECK LIST	CORRECTIVO	20 MIN	1	MODULO DEEP SEA	1	DESTORNILLADOR ESTRELLA	FUERA DE SERVICIO
SUSTITUCIÓN DE RETENEDOR E INSPECCIÓN DIARIA CHECK LIST	5000 HORAS DE OPERACIÓN	24 HORAS	2	RETENEDORES	2	HERRAMIENTA COMPLETA	FUERA DE SERVICIO
SUSTITUCIÓN DE EMPAQUE VALVULA E INSPECCIÓN CHECK LIST	5000 HORAS DE OPERACIÓN	2 HORAS	1	EMPAQUE TAPA VALVULA	1	JUEGO LLAVE BOCAS FIJA DE 10 mm A 21 mm	FUERA DE SERVICIO
INSPECCIÓN DIARIA CHECK LIST A SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SUSTITUCIÓN CADA 5000 HORAS DE OPERACIÓN	2 HORAS	1	BOMBA DE AGUA	1	JUEGO LLAVE BOCAS FIJA DE 10 mm A 21 mm	FUERA DE SERVICIO
INSTALACIÓN SENSOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE, CHECK LIST DIARIO	CORRECTIVO	45 MIN	1	ELECTROVALVULA DE COMBUSTIBLE	1	DESTORNILLADOR ESTRELLA, RACH COPA 13mm	FUERA DE SERVICIO
INSPECCION ALTERNADOR	1000 HR	2 HORAS	1	LIMPIADOR ELECTRONICO, ANTISULFATANTES PARA BATERIA	1	MULTIMETRO, DESTORNILLADOR ESTRELLA, JUEGO DE LLAVES BOCA FIJA DE 10 MM A 24 MM	FUERA DE SERVICIO
MANTENIMIENTO ALTERNADOR	3000 HR	2 HORAS	1	LIMPIADOR ELECTRONICO, ANTISULFATANTES PARA BATERIA, RODAMIENTO ALTERNADOR, ESCOBILLAS	1	MULTIMETRO, DESTORNILLADOR ESTRELLA, JUEGO DE LLAVES BOCA FIJA DE 10 MM A 24 MM	FUERA DE SERVICIO
LA CAUSA DE SU FALLA ES EXTERNA, DEPENDE DE LA CONEXIÓN DE LAS TRES FASES QUE SALEN DEL BREAKER. SE HACE INSTRUCTIVO CHECK LIST PARA EL OPERADOR PARA VERIFICACIÓN DE ESTA CONDICIÓN	CORRECTIVO	30 MIN	1	AVR SX460, LIMPIADOR ELECTRONICO	1	MULTIMETRO, RACH COPA 10mm	FUERA DE SERVICIO
CAMBIO EN EL PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE CONEXIONES ELECTRICAS	CORRECTIVO	30 MIN	1	PORTAFUSIBLES, FUSIBLES DE 5 AMP, RELAY, ESPRAY LIMPIADOR ELECTRONIC	1	MULTIMETRO, DESTORNILLADOR ESTRELLA	FUERA DE SERVICIO
CAMBIO EN EL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DEL RADIADOR CON AIRE A PRESIÓN	300 HR	20 MIN	1	JUEGO LLAVES BOCA FIJA 10 MM A 22 MM	1	COMPRESOR PORTATIL, MANGUERA DE 2 MTS, PISTOLA	FUERA DE SERVICIO

6.6.7 Agrupación y revisión. Se verificaron las actividades que optimizaron el plan de mantenimiento preventivo usado para el grupo electrógeno PEPK10434 y para las demás equipos de esta misma naturaleza de la empresa Rent Industrial SAS, donde se determinó que el personal técnico actual cuenta con las capacidades técnicas para realización de dichas actividades de mantenimiento, pero se realizaron antes de la implementación una capacitación del uso de Check list o verificación de los parámetros correspondientes a los grupos electrógeno, lo cual se puede ver en el siguiente Ilustraciones No. 11 y No. 12.

El listado de chequeo o check list (Ilustraciones 11 y 12), son usado para verificar cada uno de los componentes que integran el grupo electrógeno; actualmente se está realizando la verificación de manera manual, como se puede ver en la ilustración No 12, donde se está ejecutando, pero esta manera la información es compleja y demorada para procesarla, por lo que para tomar los correctivos generan reacciones tardías y perjuicios en el funcionamiento del grupo electrógeno.

Es por ello se ha realizado acciones de mejoras en los procesos y esta mejora continua de los procedimientos, ha llevado a la implementación de una APP con nuestro proveedor administrativo de mantenimiento del software SAMM web, para reportar las actividades diarias de monitoreos y los servicios de mantenimiento (lustración No 11) y así agilizar los tiempos de ejecución de los servicios de mantenimiento y contribuir con la optimización de recursos del medio ambiente la empresa Rent Industrial SAS.

Por tanto junto con el personal integrante de la gerencia de mantenimiento ha decidido usar la aplicación APP de reporte de nuestro sistema de mantenimiento moderno SAMM; el uso de los check list o lista de chequeo de manera virtual en dispositivos móviles o tables se consignaran los mismos datos que se expusieron en el Ilustración No.12, pero con la ventaja que la información obtenida de la

inspección o actividad de mantenimiento del grupo electrógeno llegará de manera online e inmediata al sistema de control en el Dpto. de Mantenimiento con el fin de tener la información a primera mano, y tener la reacción inmediata al momento de encontrar algún modo de falla, y así con esta se agilizarán los procesos internos de la compañía para la resolución de problemas sin afectar la operatividad y paradas no programadas del grupo electrógeno.

A continuación, en la ilustración No. 11 nos muestra cómo se visualiza el registro de la información de la aplicación check list de nuestro programa de mantenimiento para nuestro grupo electrógeno en estudio, el cual al igual al que se estaba usando la ilustración No. 12, contiene la información necesaria para realizar una buena inspección y un buen seguimiento de las actividades que se deben tener en cuenta para mantener la operatividad del equipo.

La implementación del check list en APP, esta aun en modo prueba, ya que se inició su operación implementación el 20 de mayo del año 2019, y es un reto para la compañía que esta aplicación pueda brindar un apoyo para nuestro plan de mantenimiento optimizado PMO.

Ilustración 11 Implementación de Check List APP SAMMWEB

The image displays four screenshots of the SAMMWEB mobile application interface, illustrating the implementation of a check list for maintenance services.

Screenshot 1 (Top Left): Shows the "Bandeja de Servicios [1]" (Service Tray) screen. It features a calendar view with the date "Lun 03" (Monday, June 3rd) selected. Below the calendar, a service card is displayed for "Correctivo - [PEPK10434] [PLANTA PERKINS][U492426T]" at "RENT INDUSTRIAL SAS". The card includes the location "AUTOPISTA MEDELLIN KM 7 PARQUE INDUSTRIAL CELTA BD 20" and the task "VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO".

Screenshot 2 (Top Right): Shows the "Reportar" (Report) screen. It displays the service details: "OTT-2003 - Correctivo - [PEPK10434] RENT INDUSTRIAL SAS". Below this, a table titled "Información General" (General Information) shows the date "2019-06-03", start time "08:00", and end time "10:59". The screen also includes fields for "Trabajos:" (Works), "Recomendaciones:" (Recommendations), and "Compromisos:" (Commitments).

Screenshot 3 (Bottom Left): Shows the "Reportar" screen with a checklist of maintenance items. The items are: "BASES, ESTRUCTURAS, TRAILERS", "SISTEMA DE LUBRICACION", "SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE", "RADIADOR", "SISTEMA DE COMBUSTIBLE", "variables", "COMPONENTES", "SISTEMA DE EXCITACIÓN", "SISTEMA ELÉCTRICO", "TABLERO DE INSTRUMENTOS", "PRUEBAS EN VACÍO", and "PRUEBAS CON CARGA". Each item has a corresponding checkbox or indicator.

Screenshot 4 (Bottom Right): Shows the "Nivel de Aceite" (Oil Level) screen. It includes a dropdown menu for "Nivel de Aceite:" with options: "Bueno" (Good), "Malo" (Bad), "Regular" (Regular), and "No Aplica" (Does not apply). Below this, there is a large text area for "Comentarios" (Comments) and a "Listo!" (Done!) button with a checkmark.

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

Ilustración 12 Check List Manual de los Grupos Electrónicos de 104KVA

ORDEN TRABAJO/REPORTE RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O DIAGNÓSTICO DE EQUIPO - DIESEL -										RL1.2 V3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
CLIENT RENT INDUSTRIAL SAS		TELEFON 3174282582 - 3152668018		SOLICITAN		OT No:		OTT - 2003																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
OBRA RENT INDUSTRIAL		UBICACIÓN AUTOPISTA MEDELLIN KM 7		CEL 3174282582 - 3152668018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
EQUI PEPK0434		TÉCNICO		FECHA		TIPO SERVICIO: Mantenimiento		HOROMETRO 8834																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
SERIAL U492426T		H.		H. FIN		LECTURA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">REVISIÓN Y ESTADO DE PARTES</th> <th colspan="2">Tiene combustible</th> <th colspan="2">SI</th> <th colspan="2">NO</th> <th colspan="2">Esta Protegido contra interperie</th> <th colspan="2">SI</th> <th colspan="2">NO</th> <th colspan="2">Estado de puesta a tierra y acometida</th> <th colspan="2">B</th> <th colspan="2">M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="12">1. SISTEMA DE LUBRICACIÓN</td> <td colspan="4">11. PRUEBAS DE VALIDACIÓN</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> Nivel de Aceite B M Cambio de Aceite SI NO Cambio Filtro de aceite Primario SI NO Cambio Filtro de aceite Segunda SI NO </td> <td colspan="4"> 6. SISTEMA DE EXCITACIÓN Esoobillas B M Tuerca B M Rodamiento B M Ajuste excitatriz SI NO </td> <td colspan="4"> EN VACIO R.P.M. en 60 Hz Toma 110V Toma 220V Voltaje DCV MIN/MAX AMP. MIN V/A 60/3 1/8" AMP. MIN V/A 70/8 1/8" AMP. MAX V/A 70/8 5/32" Ciolo de Trabajo </td> </tr> <tr> <td colspan="12">2. COMPONENTES</td> <td colspan="4">7. RADIADOR</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> Sensor de Aceite B M Sensor de Temperatura B M Bornes B M </td> <td colspan="4"> Nivel del Agua SI NO Cambio Filtro: SI NO Cambio Refrigerante: SI NO Lavado del Radiador: SI NO Fugas: SI NO Bombas de Agua B M </td> <td colspan="4"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>EQUIPO</th> <th>PATRON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>115</td></tr> <tr><td></td><td>230</td></tr> <tr><td></td><td>80/130</td></tr> <tr><td></td><td>120/175</td></tr> <tr><td></td><td>150/220</td></tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="12">3. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE</td> <td colspan="4">8. TABLERO DE INSTRUMENTOS</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> Cambio de Filtro de aire SI NO Turbo B M Mangueras de Acoplamiento B M Acople Flexible B M Exhosto B M </td> <td colspan="4"> Instrumentos DC Indicadores Temperatura B M Presion de Aceite B M Horometro B M Volt. o Amp Bat B M Instrumentos AC Frecuencimetro B M Amperimetro B M Voltimetro B M Switch de Encendido B M Parada de Emergencia B M Selectores B M </td> <td colspan="4"> PRUEBAS EN VACIO Voltimetro RN SN TN RS Vol. AC TR Vol. AC ST Vol. AC </td> </tr> <tr> <td colspan="12">4. SISTEMA ELECTICO</td> <td colspan="4">9. BATERIAS</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> Solenoides B M Motor de Arranque B M Alternador B M Conexiones Electrica Generador B M Tarjeta AVR B M Transformadores B M Correas B M Tensor de Correas B M Reóstato B M Selectores B M Bobinados B M </td> <td colspan="4"> Revisión del agua SI NO Bornes B M Esta puesta en su lugar SI NO BATERIAS Voltaje: DC Cantidad 24-720 27-900 31H-110 Ref. </td> <td colspan="4"> CON CARGA PRUEBAS CON CARGA Voltimetro RN SN TN Lectura Indicadores Generador Amperimetro R S T Temperatura agua C Presion Aceite PSI Carga Bateria Vol DC Carga Bateria Amp DC Frecuencia </td> </tr> <tr> <td colspan="12">5. SISTEMA DE COMBUSTIBLE</td> <td colspan="4">10. BASES, ESTRUCTURAS, TRAILERS</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> Mangueras y Racores B M Tanque de Combustible B M Bomba de Transferencia B M Prefiltro de Combustible B M Filtro de Combustible B M cambio de Separador Racor SI NO Bomba de Inyección B M Inyectores B M Tuberia B M </td> <td colspan="4"> Base Motor - Generador B M Soportes de Caucho B M Soportes de Apoyo B M Soporte Tablero B M Soporte Baterias B M Patines Antivibratorios B M </td> <td colspan="4"> Horometro Final Hrs </td> </tr> <tr> <td colspan="12">INFORME DE TRABAJO REALIZADO Y/O DIAGNÓSTICO PARA MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS O DE EMERGENCIA</td> <td colspan="4">INFORME DIAGNOSTICO</td> </tr> <tr> <td colspan="12">TRABAJO REALIZADO Y/O Descripción del estado en cual el técnico encuentra el equipo:</td> <td colspan="4">OBRA TALLER</td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">RECOMENDACIONES Y/O Diagnóstico</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Descripción de la (s) Falla (s):</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Causa Probable de la(s) Falla(s):</td> <td colspan="4">Responsabilidad del daño</td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4">N/A</td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4">Cliente</td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4">Rent</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Trabajo Realizado</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Repuestos a utilizar</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">RENT INDUSTRIAL/TECNICO ASIGNADO</td> <td colspan="4">CLIENTE</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Hora de Llegada Fecha</td> <td colspan="4">Nombre de Funcionario del cliente</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Hora de Salida</td> <td colspan="4">Firma del Cliente</td> </tr> <tr> <td colspan="12">RETRABAJO SI NO</td> <td colspan="4">Celular del Cliente</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Paro el Equipo SI NO</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Motivo Horas de Paro</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>												REVISIÓN Y ESTADO DE PARTES		Tiene combustible		SI		NO		Esta Protegido contra interperie		SI		NO		Estado de puesta a tierra y acometida		B		M		1. SISTEMA DE LUBRICACIÓN												11. PRUEBAS DE VALIDACIÓN				Nivel de Aceite B M Cambio de Aceite SI NO Cambio Filtro de aceite Primario SI NO Cambio Filtro de aceite Segunda SI NO												6. SISTEMA DE EXCITACIÓN Esoobillas B M Tuerca B M Rodamiento B M Ajuste excitatriz SI NO				EN VACIO R.P.M. en 60 Hz Toma 110V Toma 220V Voltaje DCV MIN/MAX AMP. MIN V/A 60/3 1/8" AMP. MIN V/A 70/8 1/8" AMP. MAX V/A 70/8 5/32" Ciolo de Trabajo				2. COMPONENTES												7. RADIADOR				Sensor de Aceite B M Sensor de Temperatura B M Bornes B M												Nivel del Agua SI NO Cambio Filtro: SI NO Cambio Refrigerante: SI NO Lavado del Radiador: SI NO Fugas: SI NO Bombas de Agua B M				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>EQUIPO</th> <th>PATRON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>115</td></tr> <tr><td></td><td>230</td></tr> <tr><td></td><td>80/130</td></tr> <tr><td></td><td>120/175</td></tr> <tr><td></td><td>150/220</td></tr> </tbody> </table>				EQUIPO	PATRON		115		230		80/130		120/175		150/220	3. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE												8. TABLERO DE INSTRUMENTOS				Cambio de Filtro de aire SI NO Turbo B M Mangueras de Acoplamiento B M Acople Flexible B M Exhosto B M												Instrumentos DC Indicadores Temperatura B M Presion de Aceite B M Horometro B M Volt. o Amp Bat B M Instrumentos AC Frecuencimetro B M Amperimetro B M Voltimetro B M Switch de Encendido B M Parada de Emergencia B M Selectores B M				PRUEBAS EN VACIO Voltimetro RN SN TN RS Vol. AC TR Vol. AC ST Vol. AC				4. SISTEMA ELECTICO												9. BATERIAS				Solenoides B M Motor de Arranque B M Alternador B M Conexiones Electrica Generador B M Tarjeta AVR B M Transformadores B M Correas B M Tensor de Correas B M Reóstato B M Selectores B M Bobinados B M												Revisión del agua SI NO Bornes B M Esta puesta en su lugar SI NO BATERIAS Voltaje: DC Cantidad 24-720 27-900 31H-110 Ref.				CON CARGA PRUEBAS CON CARGA Voltimetro RN SN TN Lectura Indicadores Generador Amperimetro R S T Temperatura agua C Presion Aceite PSI Carga Bateria Vol DC Carga Bateria Amp DC Frecuencia				5. SISTEMA DE COMBUSTIBLE												10. BASES, ESTRUCTURAS, TRAILERS				Mangueras y Racores B M Tanque de Combustible B M Bomba de Transferencia B M Prefiltro de Combustible B M Filtro de Combustible B M cambio de Separador Racor SI NO Bomba de Inyección B M Inyectores B M Tuberia B M												Base Motor - Generador B M Soportes de Caucho B M Soportes de Apoyo B M Soporte Tablero B M Soporte Baterias B M Patines Antivibratorios B M				Horometro Final Hrs				INFORME DE TRABAJO REALIZADO Y/O DIAGNÓSTICO PARA MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS O DE EMERGENCIA												INFORME DIAGNOSTICO				TRABAJO REALIZADO Y/O Descripción del estado en cual el técnico encuentra el equipo:												OBRA TALLER																																																				RECOMENDACIONES Y/O Diagnóstico																																																Descripción de la (s) Falla (s):																																																Causa Probable de la(s) Falla(s):												Responsabilidad del daño																N/A																Cliente																Rent				Trabajo Realizado																																Repuestos a utilizar																																RENT INDUSTRIAL/TECNICO ASIGNADO												CLIENTE				Hora de Llegada Fecha												Nombre de Funcionario del cliente				Hora de Salida												Firma del Cliente				RETRABAJO SI NO												Celular del Cliente				Paro el Equipo SI NO																Motivo Horas de Paro															
REVISIÓN Y ESTADO DE PARTES		Tiene combustible		SI		NO		Esta Protegido contra interperie		SI		NO		Estado de puesta a tierra y acometida		B		M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1. SISTEMA DE LUBRICACIÓN												11. PRUEBAS DE VALIDACIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Nivel de Aceite B M Cambio de Aceite SI NO Cambio Filtro de aceite Primario SI NO Cambio Filtro de aceite Segunda SI NO												6. SISTEMA DE EXCITACIÓN Esoobillas B M Tuerca B M Rodamiento B M Ajuste excitatriz SI NO				EN VACIO R.P.M. en 60 Hz Toma 110V Toma 220V Voltaje DCV MIN/MAX AMP. MIN V/A 60/3 1/8" AMP. MIN V/A 70/8 1/8" AMP. MAX V/A 70/8 5/32" Ciolo de Trabajo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2. COMPONENTES												7. RADIADOR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Sensor de Aceite B M Sensor de Temperatura B M Bornes B M												Nivel del Agua SI NO Cambio Filtro: SI NO Cambio Refrigerante: SI NO Lavado del Radiador: SI NO Fugas: SI NO Bombas de Agua B M				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>EQUIPO</th> <th>PATRON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>115</td></tr> <tr><td></td><td>230</td></tr> <tr><td></td><td>80/130</td></tr> <tr><td></td><td>120/175</td></tr> <tr><td></td><td>150/220</td></tr> </tbody> </table>				EQUIPO	PATRON		115		230		80/130		120/175		150/220																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
EQUIPO	PATRON																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	230																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	80/130																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	120/175																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	150/220																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE												8. TABLERO DE INSTRUMENTOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Cambio de Filtro de aire SI NO Turbo B M Mangueras de Acoplamiento B M Acople Flexible B M Exhosto B M												Instrumentos DC Indicadores Temperatura B M Presion de Aceite B M Horometro B M Volt. o Amp Bat B M Instrumentos AC Frecuencimetro B M Amperimetro B M Voltimetro B M Switch de Encendido B M Parada de Emergencia B M Selectores B M				PRUEBAS EN VACIO Voltimetro RN SN TN RS Vol. AC TR Vol. AC ST Vol. AC																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4. SISTEMA ELECTICO												9. BATERIAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Solenoides B M Motor de Arranque B M Alternador B M Conexiones Electrica Generador B M Tarjeta AVR B M Transformadores B M Correas B M Tensor de Correas B M Reóstato B M Selectores B M Bobinados B M												Revisión del agua SI NO Bornes B M Esta puesta en su lugar SI NO BATERIAS Voltaje: DC Cantidad 24-720 27-900 31H-110 Ref.				CON CARGA PRUEBAS CON CARGA Voltimetro RN SN TN Lectura Indicadores Generador Amperimetro R S T Temperatura agua C Presion Aceite PSI Carga Bateria Vol DC Carga Bateria Amp DC Frecuencia																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5. SISTEMA DE COMBUSTIBLE												10. BASES, ESTRUCTURAS, TRAILERS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Mangueras y Racores B M Tanque de Combustible B M Bomba de Transferencia B M Prefiltro de Combustible B M Filtro de Combustible B M cambio de Separador Racor SI NO Bomba de Inyección B M Inyectores B M Tuberia B M												Base Motor - Generador B M Soportes de Caucho B M Soportes de Apoyo B M Soporte Tablero B M Soporte Baterias B M Patines Antivibratorios B M				Horometro Final Hrs																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
INFORME DE TRABAJO REALIZADO Y/O DIAGNÓSTICO PARA MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS O DE EMERGENCIA												INFORME DIAGNOSTICO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
TRABAJO REALIZADO Y/O Descripción del estado en cual el técnico encuentra el equipo:												OBRA TALLER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
RECOMENDACIONES Y/O Diagnóstico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Descripción de la (s) Falla (s):																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Causa Probable de la(s) Falla(s):												Responsabilidad del daño																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
												N/A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
												Cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
												Rent																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Trabajo Realizado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Repuestos a utilizar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
RENT INDUSTRIAL/TECNICO ASIGNADO												CLIENTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hora de Llegada Fecha												Nombre de Funcionario del cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Hora de Salida												Firma del Cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
RETRABAJO SI NO												Celular del Cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Paro el Equipo SI NO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Motivo Horas de Paro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

6.6.8 Aprobación e implementación del plan de mantenimiento optimizado para el grupo electrógeno prpk10434. A continuación, se presenta el nuevo plan de mantenimiento preventivo optimizado para el grupo electrógeno de marca Modasa PEPK10434, para la empresa Rent Industrial SAS, donde se inició implementación a partir del 15 de mayo del año 2019 donde se es aprobado por la gerencia general de la compañía, donde para ellos es denominado el plan de mantenimiento con el nombre de temparios, el cual en este momento se implementaron las actividades de mejora de acuerdo a los modos de fallas que se habían obtenido en el análisis de esta metodología.

Por tanto, se dividen en tres tipos de temparios así:

1. Temparios de mantenimiento de 300hr ilustración No.13
2. Temparios de mantenimiento de 1000hr ilustración No.14
3. Temparios de mantenimiento de 3000hr ilustración No.15
4. Temparios de mantenimiento de 5000hr ilustración No.16

Cabe destacar que la implementación o la optimización del plan de mantenimiento de este equipo es un proceso donde el compromiso entre las partes o integrantes de la empresa Rent Industrial SAS juega un papel muy importante, porque es posible que se presente perdidas a corto plazo e inversiones que antes no se tenían presupuestadas, sin embargo estas se verán reflejadas en termino no menor a 6 meses y el retorno de inversión e imagen de la compañía por su destacamento como una empresa confiable en la renta de generadores con la fortaleza de tener un plan de mantenimiento optimizado para atender la demanda.

Los planes de mantenimientos optimizados se ingresaron en la plataforma del Software de mantenimiento SAMMWEB de la empresa Rent Industrial SAS, donde ahí se verá reflejados en la hoja de vida del equipo al momento de usarlo.

Ilustración 13 Instructivo Temparios de Grupos Electr6genos de 300 hr.

		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Version 1 FC-018
Tipo Servicio: Preventivo		Duracion Estimada: 8	Tipo ot:	Servicio de Mantenimeinto
Periodo Horas: 300		Periodo Dias: 0	Detiene equipos:	Si
Codigo MTOPLA300		Descripcion MTO ESPECIFICO PLANTAS 300H		
MODELOS DE EQUIPO				
Referencia	Descripcion		Familia	
83Kw , 104KVA	PLANTA PERKINS		GENERACION	
100 KVA	PLANTA PERKINS		GENERACION	
DETALLE TEMPARIO				
	Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Actividades				
REVISION CABLEADO GENERADOR, CT'S Y CABLEADO GENERAL	PMESP-4	1	0	
REVISION RADIAADOR INTERCOOLER	PMESP-7	1	0	
CAMBIO DE ACEITE	PMMT0B150-01	1	0	
CAMBIO DE FILTROS	PMMT0B150-02	1	0	
CAMBIO DE MANGUERAS	PMMT0B150-03	1	0	
REVISION DE BATERIA	PMM150-09	1	0	
REVISI3N ELECTRICA GENERAL	PMMT0B150-05	1	0	
REVISI3N MECANICA GENERAL	PMMT0B150-06	1	0	
LAVADO GENERAL	PMMT0B150-07	1	0	
REVISI3N DE PARAMETROS DEEPSEA	PMMT0B150-09	1	0	
REVISION SENSORES	PMESP-23	1	0	
LAVADO TANQUE DE COMBUSTIBLE	PMESP-1	1	0	
LIMPEZA DEL RADIAADOR	PMP250-14	1	0	
REVISION PUERTAS Y CHAPAS	PMM150-25	1	0	
REVISAR NIVELES DE REFRIGERANTE	PMTHMANI250-10	1	0	
REVISION DE CORREAS	PMM150-07	1	0	
Repuestos				
ACEITE 15W40 (TAMBOR X 55GL)	15W40	4	0	
FILTRO DE ACEITE SAE-400/PERKINS 53, 100, 104, 175/PLY-60/TJERA DIESEL/TELEHANDLER MANITOU/JLG	B2/MP8A/BT217/BT237/P550008/P550299/A1/P554407	1	0	
FILTRO DE AIRE PECU225, 250, 281	DA2265/P129545/CA1596/BA1596/	1	0	
FILTRO COMBUSTIBLE ELEMENTO PECU/PEPK175, 250, 400	G126A10/PF7890-10/P552020/2020TM	1	0	
MANGUERAS ACOPLADAS DE 1/2" X 70 CENT 200PSI	MANGUERA ACOPLADA 1/2"X70	1	0	
Abrazadera de cremallera galvanizada 08-12mm	Abrazadera de cremallera galvanizada 08-12mm	1	0	
ANTISULFATANTE BATERIA	ANTISULFATANTE 32 PHA DD-66	1	0	
Agua para baterias	AGUA PARA BATERIA	4	0	
REFRIGERANTE CONCENTRADO	REFRIGERANTE	4	0	
FILTRO DE COMBUSTIBLE PERKINS	BF7674-D/BF7906-	1	0	
TRAMPA, ELEMENTO Y BASE METALICA, PARA FILTRO HDF296	TRAMPA LUCAS SMF-0761	1	0	
FILTRO DE COMBUSTIBLE SAE-400/PEPK104, 053/MANITOU/PLY-	1R1804/26560201/1R0794	1	0	
PREFILTRO DE AIRE PLANTA PEPK050-053-075	RS3543/P775300/P829332/26510338	1	0	

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

Ilustración 14 Instructivo Temparios para Grupos Electr6genos de 1000 hr

		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Version 1 FC-018	
Tipo Servicio: Preventivo		Duracion Estimada: 12		Tipo ot: Servicio Mantenimiento	
Periodo Horas: 1000		Periodo Dias: 0		Detiene equipos: Si	
Codigo MTOPLA1000		Descripcion MTO ESPECIFICO PLANTAS 1000H			
MODELOS DE EQUIPO					
Referencia		Descripcion		Familia	
83Kw , 104KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION	
100 KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION	
DETALLE TEMPARIO					
Actividades		Codigo		Cantidad Estandar	
Cantidad Tropicalizada					
REVISION CABLEADO GENERADOR, CT S Y CABLEADO GENERAL		PMESP-4		1 0	
REVIION Y CAMBIO DE SENSOR DE BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE		PMESP-6		1 0	
REVISION RADIA DOR INTERCOOLER		PMESP-7		1 0	
REVISIION Y CAMBIO DE SENSOR DE PRESION DE ACEITE		PMESP-5		1 0	
REVISION DE BORNES		PMM150-22		1 0	
REVISION SOPORTES MOTOR Y		PMM3000-32		1 0	
REVISION BOMBA DE AGUA		PMTHMANI1000-42		1 0	
REVISIION Y MANTENIMIENTO ALTERNADOR		PMP250-08		1 0	
MANTENIMIENTO DE ARRANQUE		PMM2000-28		1 0	
REVISIION DE CONEXIONES ELECTRICAS		PME-04		1 0	
REVISION GENERAL A GENERADOR		PMM3000-33		1 0	
Repuestos					
COMBUSTIBLE ACPM		COMBUSTIBLE ACPM		1 0	
SENSOR BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE		SBNR-PG 12/24V			
SENSOR PRESION DE ACEITE		VDO360025D			
TERMINAL PARA BORNE DE BATERIA		TERMINAL BORNE BATERIA		2 0	

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

Ilustración 15 Instructivo Temparios de Grupos Electrónico de 3000 hr

		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Version 1 FC-018
Tipo Servicio: Preventivo		Duracion Estimada: 12	Tipo ot:	SERVICIO DE MANTENIMIENTO
Periodo Horas: 3000		Periodo Dias: 0	Detiene equipos: Si	
Codigo MTOPLA3000		Descripcion MTO ESPECIFICO PLANTAS 3000H		
MODELOS DE EQUIPO				
Referencia		Descripcion		Familia
83Kw , 104KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION
100 KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION
DETALLE TEMPARIO				
	Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Actividades				
MTTO RADIADOR	PMESP-9	1	0	
MTTO ALTERNADOR Y ARRANQUE	PMESP-13	1	0	
REVISION EMPAQUETADURA GENERAL	PMM5000-40	1	0	
CAMBIO DE CORREA	PMM2000-26	1	0	
REEMPLAZO REFRIGERANTE RADIADOR	PMESP-10	1	0	
REVISIÓN ELECTRICA GENERAL	PMI150-06	1	0	
REVISION MECANICA GENERAL	PMM150-23	1	0	
CALIBRACION DE VALVULAS	PMESP-16	1	0	
Repuestos				
TAPA DE RADIADOR 13 Lbs	TAPA TR-30	1	0	
REFRIGERANTE CONCENTRADO	REFRIGERANTE	5	0	
KIT RODAMIENTO Y ESCOBILLAS ALTERNADOR PERKINS	RODAMIENTO 6201	1	0	
KIT RODAMIENTO Y ESCOBILLAS ALTERNADOR PERKINS	RODAMIENTO 6303	1	0	
ESCOBILLAS ALTERNADOR PERKINS 104KVA	ESARPK002	1	0	
ESCOBILLAS ARRANQUE PERKINS 104KVA	ESALPK005	1	0	
CORREAS 266	C-0806	1	0	
REFRIGERANTE CONCENTRADO	REFRIGERANTE	10	0	

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

Ilustración 16 Instructivo Temparios de Grupos Electr6genos de 5000 hr.

		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Versi6n 1 FC-018	
Tipo Servicio: Preventivo		Duraci6n Estimada: 30		Tipo ot: Servicio de mantenimiento	
Periodo Horas: 5000		Periodo Dias: 0		Detiene equipos: Si	
C6digo MTOPLA5000		Descripci6n MTO ESPECIFICO PLANTAS 5000H			
MODELOS DE EQUIPO					
Referencia		Descripci6n		Familia	
83Kw , 104KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION	
100 KVA		PLANTA PERKINS		GENERACION	
DETALLE TEMPARIO					
		C6digo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Actividades					
REEMPLAZO RODAMIENTO GENERADOR		PMESP-14	1	0	
REEMPLAZO TERMOSTATOS		PMESP-15	1	0	
CALIBRACION DE VALVULAS		PMESP-16	1	0	
MANTENIMIENTO INYECTORES Y TOBERAS(REEMPLAZO)		PMESP-17	1	0	
PINTURA Y MTTO GENERADOR ROTOR		PMESP-18	1	0	
REEMPLAZO / MTTO BOMBA AGUA		PMESP-20	1	0	
REEMPLAZO FAN DRIVE		PMESP-21	1	0	
REEMPLAZO RETENEDOR TRASERO		PMESP-22	1	0	
REVISION SENSORES		PMESP-23	1	0	
MTTO TURBO COMPRESOR		PMESP-24	1	0	
EMPAQUE TAPA VALVULAS		PMESP-25	1	0	
CAMBIO DE RETENEDORES DELANTERO		PMM5000-42	1	0	
Repuestos					
RODAMIENTO GENERADOR PLANTAS PEPK104		RODAMIENTO 6310 ZZ	1	0	
RETENEDOR DELANTERO PARA PEPK104		2418F437	1	0	
EMPAQUE TAPA VALVULA PARA		2317GF2	1	0	
TERMOSTATO		321GH23	1	0	
FAN DRIVE		45F345	1	0	
RETENEDOR TRACERO PARA PEPK104		2418F701	1	0	
REFRIGERANTE CONCENTRADO		REFRIGERANTE	10	0	

Fuente: (RENT INDUSTRIAL SAS)

6.6.9 Programa dinámico. El nuevo plan de mantenimiento preventivo optimizado (PMO) presente, se consolida y se toma el control del grupo electrógeno marca Modasa PEPK10434, cuando se reemplaza el mantenimiento correctivo o reactivo por uno planeado.

Dentro de este paso final, al ajuste de los procesos se dará poco a poco, con prácticas de mantenimiento relevantes que antes no se tenían en cuenta y no se realizaban, pero de manera imprevista era necesario realizar estos correctivos que se presentaban para mantener la funcionalidad del grupo electrógeno, pero esta situación conllevaba a tener paradas no programadas, que el cliente descontaban estas pérdidas de la función con la reducción del valor de la facturación o canon de arriendo del equipo, por tanto este cambio refleja un mejor desempeño debido a que se toma el control de los modos de fallas y genera un desempeño y coordinación en todas las áreas de la empresa, como son la planeación logística o desplazamiento del personal técnico, programación de trabajos de mantenimientos, gestión de compra e inventario, entre otros.

La intención final del plan de mantenimiento optimizado PMO, es crear en la organización una búsqueda continua del mejoramiento de procesos, pero para ello es necesario crear conciencia y evaluar todas las tareas desarrolladas y cada falla no planeada que se pueda presentar, tener la destreza y la capacidad de darle un buen manejo y tomarlo como una oportunidad para seguir optimizado el plan de mantenimiento y los procesos, hasta lograr la meta de contar con un grupo de trabajo entrenado en técnicas de análisis y caza fallas, consecuentemente va estar altamente motivado y posteriormente la gerencia valore todas estas aptitudes para crear y tener sentido de pertenencia, compromiso y creatividad para la mejora continua de los procesos y finalmente tener el indicador que la gerencia general siempre está buscando, que es la reducción de costos operativos.

7. CONCLUSIONES

La empresa Rent Industrial SAS, decidió optimizar su plan de mantenimiento para el grupo electrógeno de marca Modasa PEPK10434 implementando la metodología del Plan de Mantenimiento optimizado PMO, después de ver la problemática generada para la compañía y por el número de modos de falla presentada.

De manera inicial se calcularon y analizaron los costos actuales del grupo electrógeno en estudio desde el inicio de su operación hasta diciembre del 2018, donde se identificó que el 83% del valor promedio de la facturación de este periodo de la renta o canon de arrendamiento se está invirtiendo en los costos de operación o mantenimiento del grupo electrógeno, por tanto se puede determinar que es necesario implementar una metodología de mantenimiento que sea óptimo para evitar o minimizar las paradas operacionales del equipo y que estas pérdidas de la función que se evitarían incrementen la facturación en por lo menos un 40%, para que el negocio de la renta de equipos de generación sea atractiva para la compañía; y como segunda alternativa es necesario replantear con la parte comercial de la compañía si este tipo de operación en modo continuo es favorable para los intereses de la empresa, con lo concerniente al incremento del canon de renta para tener un beneficio mejor, pero esta opción es dependiendo de los resultados de la implementación y ejecución del plan de mantenimiento preventivo optimizado para el grupo electrógeno.

Pareto fue la herramienta usada para la identificación de los modos de fallas del grupo electrógeno PEPK10434, por lo cual fue determinante para identificar cuales estaban afectando las paradas no programadas del equipo, y son los componentes más críticos, que son el alternador, la electroválvula de combustible, la Bomba de Agua; que fueron más frecuentes sus fallas en el año 2018, sin desprestigiar los otros modos de fallas descritas en el análisis de Pareto, y esta identificación fue

importante porque hicieron parte del análisis para la implementación de la metodología PMO para nuestro grupo electrógeno de estudio.

La metodología del PMO es factible de implementar para el grupo electrógeno PEPK10434 porque es económica, rápida, se comienza analizando el programa existente de mantenimiento en la organización, trabajando con equipos funcionales de toda la planta, identificando aquellos elementos del programa actual que son útiles y los que son inadecuados, después se centra en la identificación de las fallas (modos de falla) y desarrollamos posibles soluciones que se deben incluir en el plan de mantenimiento PM para gestionar la falla; por tanto el Plan de Mantenimiento Optimizado, es una metodología viable que se puede aplicar al programa de mantenimiento preventivo a un grupo electrógeno, aunque el fabricante del equipo establece unos tiempos y frecuencias a los componentes del equipo, pero estas frecuencias o tiempos están diseñadas o analizadas bajo unas condiciones atmosféricas, climáticas y operativas muy diferentes a las que se operan en Colombia, principalmente cuando en el país se manejan o se cuentan con muchos pisos térmicos, que no son compatibles con los del fabricante; y es ahí cuando la metodología del PMO, puede ajustar dicha operación y brindarnos un plan de mantenimiento optimizado, personalizado y ajustado para evitar la pérdida operativa del grupo electrógeno.

Por tanto la metodología del PMO, siguiendo los 9 pasos para su implementación a los grupos electrógeno de la empresa Rent Industrial SAS, permite conocer en totalidad los requerimientos, tareas que se deben ejecutar, repuestos e insumos necesarios para poder cumplir con las actividades de mantenimiento, que se traduce básicamente en la implementación de un plan de mantenimiento Optimizado que ayudará a maximizar mantenibilidad del equipo y en un corto o largo plazo contribuirá a minimizar costos por intervenciones no programadas que agregan valor a la organización.

El Plan de mantenimiento Optimizado para el grupo electrógeno PEPK10434 ya se encuentra instalado en el sistema Administrativo de Mantenimiento Moderno SAMM, y se va implementar a todas las unidades del mismo modelo el cual ha sido objeto de estudio de esta monografía de la empresa Rent Industrial SAS, y será a la vez un inicio para replicar este proceso de optimización de planes de mantenimiento a todos los equipos o líneas del negocio de la empresa, para que en su totalidad los activos puedan estar sumergidos en un modelo de confiabilidad que garantice tener equipos con paradas no programadas y al final de todo una rentabilidad en el negocio de la renta de equipos.

8. RECOMENDACIONES

- Revisar los inventarios mínimos y máximos para garantizar que siempre se encuentren con los repuestos e insumos para la ejecución de los mantenimientos preventivos de los grupos electrógenos de la empresa Rent Industrial SAS.
- Seguir con la cultura de implementación de la metodología del Plan de Mantenimiento optimizado PMO, en todas las líneas de equipos y maquinarias de la empresa Rent Industrial SAS.
- Para ejecutar de manera satisfactoria la metodología del Plan de mantenimiento Optimizado PMO, y éste tenga el éxito esperado, es importante y fundamental que exista en la organización, que todas las partes estén involucradas, tengan la disposición, la participación activa de los técnicos de campos, ingenieros y demás personal administrativo; y hagan de esta Metodología PMO parte de una cultura que se verá reflejado en beneficios económicos para la empresa Rent Industrial SAS y este a su vez a sus clientes.

Bibliografía

CHICA MEJIA Gustavo Hernando, HERNANDEZ FLORES Juan Guillermo. *Monografía de implementación PMO (Planned Maintenance Optimization)*. Monografía. Universidad EAFIT, Departamnto de Ingeniería Mecánica. Medellín, 2009.p 21 - 27.

DUNN, Sandy. «Assetivity Asset Management Consultans.» 2016. *Assetivity Asset Management Consultans*. What is Preventive Maintenance Optimisation (PMO)? <<https://www.assetivity.com.au/article/reliability-improvement/what-is-preventive-maintenance-optimisation-pmo.html>>.

GARCIA PALENCIA Oiveiro. «El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado.» julio de 2007. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <<https://www.researchgate.net/publication/320540199>>.

INTERNATIONAL STANDARD. «Reciprocating Internal Combustion Engine Driven Alternating Current Generating Set ISO 8528-1.» USA, 02 de 02 de 2018. ISO/TC 70 - Internal combustion engines.

JOHNSTON Mike, CMRP Consultor Senior. «La importancia de la optimización del mantenimiento planificado.» *EnergyNow Media* (2017). T.A COOK. <<http://us.tacook.com>>.

LACOSTE juan, COLICIGNO Santiago, CORTI Ezequiel, YABLONSKI Maximiliano. «Grupos Electrogenos.» Buenos aires, 2011. p 3 - 4. <[https://www.ing.unlp.edu.ar](https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras) > catedras > descargar>.

Modasa. *Modasa Motores Andinos*. 2015. Grupos Electrogenos. <<http://modasa.com.pe/grupo-electrogeno/perkins/>>.

MORA GUTIERREZ Luis Alberto. «Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control.» Ciudad de Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009. p 456 - 458. ISBN: 978-958-682-769-0.

RENT INDUSTRIAL SAS. SAMM WEB. 2019. Web.
<http://181.48.86.226/sammweb/forms/equ/equ_equipo.aspx>.

TRAINING GENERAC. «CURSO DE OPERACION BASICA DE GRUPOS ELECTROGENOS.» CIUDAD DE MEXICO: Ing. Héctor R. González, Junio de 2016.

TURNER Steve. «Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).» *El Analisis del mantenimiento Futuro*. Australia, 2002. www.pmoptimisation.com.
<www.omcsinternational.com>.

VALDERRAMA Maria del Pilar. «Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).» 29 de julio de 2010. <https://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/pmo.pdf>.

Wikipedia. *Definición de Grupos electrogenos*. 16 de febrero de 2019.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno>.

ANEXOS

Anexo A, Análisis de aceite a grupo electrógeno PEPK10434, Prueba # 1



Cliente: COEXITO SAS

No. Reporte: RP3579

Fecha: 18/10/2018

	UNIDADES	METODO	
No. LABORATORIO			87586
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			700005
CODIGO DEL EQUIPO			PEPK10434
SERIE			1104
MARCA			PERKINS
MODELO			2010
PRODUCTO			SAE 15W-40 API CI-4/SJ
CLIENTE			COEXITO SAS/RENT INDUSTRIAL SAS
USO DE ACEITE			42 HORAS
USO DE LA MAQUINA			8372 HORAS
APARENCIA	N.A	MI-001	OSCURA
Olor	N.A	MI-001	CARACTERISTICOS
Setaflash	N.A	MI-002	>200
AGUA POR CREPITACION	N.A	MI-003	NEGATIVA
Dilución por Combustible	%	MI-012	NO DETECTADO
VISCOSIDAD a 100°C	cSt	ASTM D-445	15.09
TBN	mg KOH/g	ASTM D-2896	10.0
COBRE	ppm	ASTM- D6595	< 1
HIERRO	ppm	ASTM- D6595	10
PLOMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
CROMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
ALUMINIO	ppm	ASTM- D6595	1.6
ESTAÑO	ppm	ASTM- D6595	< 1
SILICIO	ppm	ASTM- D6595	2.4
CONTENIDO DE AGUA	%	ASTM D-95	NO DETECTADA

COMENTARIOS

1. La apariencia y el olor de la muestra analizada son típicos para esta clase de muestra usada.
2. La viscosidad cinemática a 100°C se encuentra dentro del SAE 40 correspondiente.
3. No se detectó contaminación con agua, ni combustible.
4. El valor de TBN, indica que la reserva alcalina existente en la muestra, aún permite neutralizar los compuestos ácidos que se forma durante el uso del lubricante.
5. La concentración de metales de desgaste y el contenido de silicio se encuentran en valores normales.
6. La muestra se encuentra en estado NORMAL.
7. Los resultados obtenidos corresponden a la muestra analizada y no a otra de similar procedencia.



RESPONSABLE: DARIO BASTIDAS

Químico

PQ: 2809

Consejo Profesional de Química de Colombia

Anexo B, Análisis de aceite a grupo Electrónico PEPK10434, Prueba # 2



Cliente: COEXITO SAS

No. Reporte: RP3379

Fecha: 1/11/2018

	UNIDADES	METODO	
No. LABORATORIO			87586
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			700005
CODIGO DEL EQUIPO			PEPK10434
SERIE			1104
MARCA			PERKINS
MODELO			2010
PRODUCTO			SAE 15W-40 API CI-4/SI
CLIENTE			COEXITO SAS/RENT INDUSTRIAL SAS
USO DE ACEITE			221 HORAS
USO DE LA MAQUINA			8551 HORAS
APARIENCIA	N.A	MI-001	OSCURA
Olor	N.A	MI-001	CARACTERISTICOS
Setaflash	N.A	MI-002	>200
AGUA POR CREPTACION	N.A	MI-003	NEGATIVA
Dilución por Combustible	%	MI-012	NO DETECTADO
VISCOSIDAD a 100°C	cSt	ASTM D-445	15.09
TBN	mg KOH/g	ASTM D-2896	10.0
COBRE	ppm	ASTM- D6595	< 1
HIERRO	ppm	ASTM- D6595	10
PLOMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
CROMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
ALUMINIO	ppm	ASTM- D6595	1.6
ESTAÑO	ppm	ASTM- D6595	< 1
SILICIO	ppm	ASTM- D6595	2.7
CONTENIDO DE AGUA	%	ASTM D-95	NO DETECTADA

COMENTARIOS

1. La apariencia y el olor de la muestra analizada son típicos para esta clase de muestra usada.
2. La viscosidad cinemática a 100°C se encuentra dentro del SAE 40 correspondiente.
3. No se detectó contaminación con agua, ni combustible.
4. El valor de TBN, indica que la reserva alcalina existente en la muestra, aún permite neutralizar los compuestos ácidos que se forma durante el uso del lubricante.
5. La concentración de metales de desgaste y el contenido de silicio se encuentran en valores normales.
6. La muestra se encuentra en estado NORMAL.
7. Los resultados obtenidos corresponden a la muestra analizada y no a otra de similar procedencia.



RESPONSABLE: DARIO BASTIDAS

Químico

PQ: 2809

Consejo Profesional de Química de Colombia

Anexo C, Análisis de aceite a grupo Electrónico PEPK10434, Prueba # 3



Cliente: COEXITO SAS

No. Reporte: RP3579

Fecha: 16/11/2018

	UNIDADES	METODO	
No. LABORATORIO			87586
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			700005
CODIGO DEL EQUIPO			PEPK10434
SERIE			1104
MAQUINA			PERKINS
MODELO			2010
PRODUCTO			SAE 15W-40 API CI-4/SJ
CLIENTE			COEXITO SAS/RENT INDUSTRIAL SAS
USO DE ACEITE			331 HORAS
USO DE LA MAQUINA			8660 HORAS
APARIENCIA	N.A	MI-001	OSCURA
Olor	N.A	MI-001	CARACTERISTICOS
Sedimentación	N.A	MI-002	<200
AGUA POR CREPITACION	N.A	MI-003	NEGATIVA
Dilución por Combustible	%	MI-012	NO DETECTADO
VISCOSIDAD a 100°C	cSt	ASTM D-445	14.38
TBN	mg KOH/g	ASTM D-2896	8.7
COBRE	ppm	ASTM- D6595	< 1
HIERRO	ppm	ASTM- D6595	10
PLOMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
CROMO	ppm	ASTM- D6595	< 1
ALUMINIO	ppm	ASTM- D6595	1.6
ESTAÑO	ppm	ASTM- D6595	< 1
SILICIO	ppm	ASTM- D6595	2.2
CONTENIDO DE AGUA	%	ASTM D-95	NO DETECTADA

COMENTARIOS

1. La apariencia y el olor de la muestra analizada son típicos para esta clase de muestra usada.
2. La viscosidad cinemática a 100°C se encuentra dentro del SAE 40 correspondiente.
3. No se detectó contaminación con agua, ni combustible.
4. El valor de TBN, indica que la reserva alcalina existente en la muestra, aún permite neutralizar los compuestos ácidos que se forma durante el uso del lubricante.
5. La concentración de metales de desgaste y el contenido de silicio se encuentran en valores normales.
6. La muestra se encuentra en estado NORMAL.
7. Los resultados obtenidos corresponden a la muestra analizada y no a otra de similar procedencia.



RESPONSABLE: DARIO BASTIDAS

Químico

PQ: 2809

Consejo Profesional de Química de Colombia