

**OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE DOS EQUIPOS  
GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA  
RCM**

**HEIDI GIOVANNA ALBA MORENO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2017**

**OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE DOS EQUIPOS  
GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA  
RCM**

**HEIDI GIOVANNA ALBA MORENO**

**Monografía de Grado presentado como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director:  
RAFAEL HUMBERTO COCONUBO RIAÑO  
Ingeniero Mecánico, Magister en Diseño y Gestión de Procesos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo se lo agradezco a mi esposo Rafael y a mi hija Daniela, quienes con su paciencia y amor hicieron que fuera más fácil y llevadero el sacrificio del tiempo que deje de compartir con ellos para el cumplimiento de esta meta.

A mi madre quien, con sus buenos deseos y oraciones, hizo que me llenara de motivos para culminar este trabajo.

Y, por último, a mi director de monografía quien, con su sabiduría y competencia, me alimento de conocimientos para desarrollar de manera estructurada esta monografía.

## CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	17
1.1. MARCO CONTEXTUAL.....	17
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.4. OBJETIVOS.....	20
1.4.1 Objetivo General .....	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
2. MARCO TEORICO .....	21
2.1 MANTENIMIENTO.....	21
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	22
2.2.1 Mantenimiento Correctivo .....	22
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	22
2.2.3 Mantenimiento Proactivo .....	22
2.2.4 Mantenimiento Condicional o Predictivo .....	23
2.3 QUÉ ES EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD RCM .	23
2.3.1 Principios más Importantes de la Metodología RCM .....	25
2.3.2 Las Siete Preguntas Básicas del RCM. ....	25
2.4 GENERADORES ELÉCTRICOS.....	27
2.4.1 Motor de Combustión Interna.....	27
2.4.2 Sistema de Válvulas .....	30

2.4.3 Sistema de Combustible .....	31
2.4.4 Sistema de Admisión .....	32
2.4.5 Sistema de Escape .....	32
2.4.6 Sistema de Lubricación.....	33
2.4.7 Sistema de Refrigeración.....	34
2.4.8 Sistema Eléctrico .....	36
3. METODOLOGÍA .....	38
3.1 DEFINICIÓN DE ACTIVOS PARA APLICAR RCM. ....	38
3.2 CONFORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DEL RCM.....	39
3.3 TAXONOMÍA DEL EQUIPO.....	39
3.4 FUNCIONES Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO .....	39
3.4.1 Elemento De Estudio .....	40
3.4.2 Condiciones Operacionales .....	40
3.4.3 Condiciones Ambientales.....	40
3.4.4 Fronteras.....	40
3.4.5 Entradas y Salidas .....	40
3.4.6 Funciones .....	40
3.5 FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLAS.....	41
3.5.1 Modos de Falla .....	41
3.5.2 Efectos de Fallas .....	42
3.5.3 Consecuencias de la Falla .....	42
3.5.4 Descripción de Falla Funcional .....	43
3.5.5 Descripción del Modo de Falla.....	43

3.5.6 Descripción del Efecto de Falla.....	43
3.5.7 Falla Oculta.....	43
3.5.8 Indicador de Gestión.....	44
3.5.9 Indicador de Riesgo.....	44
3.5.10 Indicador de Tiempo Promedio entre falla.....	45
3.6 TIPO DE DECISIÓN.....	45
3.6.1 Proceso de selección de Tareas.....	45
3.6.2 Tipo de Decisión.....	45
3.6.3 Descripción de la Tarea.....	46
3.6.4 Frecuencia.....	46
3.6.5 Recursos.....	46
4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	47
4.1. DEFINICIÓN DE EQUIPOS A LOS QUE SE LE APLICARA LA METODOLOGÍA RCM.....	47
4.1.1 Evaluación De Equivalencia De Equipos.....	47
4.1.2 Conclusión De La Evaluación De Equivalencia De Equipos.....	49
4.2 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO.....	49
4.3 TAXONOMÍA DEL EQUIPO SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE UN GENERADOR ELÉCTRICO.....	51
4.4 ELABORACIÓN DE TABLA DE FUNCIONES.....	52
4.5 ELABORACION DE TABLA DE ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	70
4.6 ELABORACION DE TABLA DE TOMA DE DECISIONES RCM PARA EL MANTENIMIENTO A SEGUIR.....	77
4.7 ANALISIS DE RESULTADOS EN TABLA DE TOMA DE DECISIONES RCM	83

5. CONCLUSIONES .....86  
BIBLIOGRAFIA.....88  
ANEXOS.....89

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Figura 1. Ubicación de Generadores Electricos Zona Franca Bogota .....	17
Figura 2. Taxonomía de Generadores Eléctricos.....	51
Figura 3. Tanque Superior .....	53
Figura 4. Bomba de Refrigeración .....	54
Figura 5. Termo Válvula.....	54
Figura 6. Ventilador Axial .....	55
Figura 7. Intercambiador de Calor .....	55
Figura 8. Inyectores Unitarios Electrónicos.....	57
Figura 9. Bomba Combustible.....	57
Figura 10. Filtros Combustible .....	58
Figura 11. Conductos de Combustible.....	58
Figura 12. Enfriador de Combustible .....	59
Figura 13. Tanque de Combustible.....	59
Figura 14. Válvula de Admisión y Válvula de Escape.....	61
Figura 15. Posenfriador .....	61
Figura 16. Pistón.....	62
Figura 17. Cilindro.....	62
Figura 18. Filtro de Aire .....	63
Figura 19. Múltiple de Admisión.....	63
Figura 20. Múltiple de Escape.....	64
Figura 21. Turbocompresor .....	64
Figura 22. Carter.....	66
Figura 23. Bomba de Aceite .....	66
Figura 24. Filtro de Aceite.....	67
Figura 26. Enfriador de Aceite .....	67

Figura 25. Válvula de alivio .....	67
Figura 28. Baterías .....	69
Figura 27. Alternador .....	69
Figura 29. Módulo ECM .....	70
Figura 30. Motor de Arranque .....	70
Figura 31 Sensores.....	70
Figura 32. Tipo de Decisiones .....	84
Figura 33. Frecuencia de Realización de Tareas.....	85

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Corte de energía en Zona Franca Bogotá.....	19
Tabla 2. Inventario y Especificaciones Técnicas de los Generadores eléctricos. ...	47
Tabla 3. Especificaciones de los motores.....	48
Tabla 4. Funciones Sistema de Refrigeración .....	52
Tabla 5. Funciones Sistema de Combustible.....	56
Tabla 6. Funciones Sistema de Admisión y Escape .....	59
Tabla 7. Funciones Sistema de Lubricación .....	65
Tabla 8. Funciones Sistema Eléctrico.....	68
Tabla 9. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Refrigeración	71
Tabla 10. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Combustible .....	72
Tabla 11. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Admisión y Escape.....	73
Tabla 12. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Lubricación.	75
Tabla 13. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema Eléctrico .....	76
Tabla 14. Toma de decisiones para el mantenimiento RCM .....	77
Tabla 15. Tipo de Decisiones.....	83
Tabla 16. Frecuencia en Realización de Tareas.....	85

## LISTADO DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Matriz de Riesgos.....	89
Anexo B. Tabla de Matriz de Riesgos.....	90
Anexo C. Manual de Operación y Mantenimiento Motor Industrial 2506-15 .....	91
Anexo D. Manual de Localización y Solución de Problemas Motor Industrial 2506-15.....	92
Anexo E. Manual de Operación de Sistemas Pruebas y Ajustes Motor Industrial 2506-15.....	93
Anexo F. Technical Data 2506D-E15TAG2 .....	94
Anexo G. Technical Data 2206A-E13TAGG2 .....	95
Anexo H. Ficha Técnica ASKA Generador Eléctrico.....	96
Anexo I. Ficha Técnica Grupo Electrónico MP-400 MODASA.....	97
Anexo J. Ficha Técnica Módulo de Control DSE7310/20 .....	98

## GLOSARIO

**DZF:** Desarrolladora de Zonas Francas.

**F.E.M.:** Fuerza Electromotriz (F.E.M).

**FMEA:** Análisis de Modos de Falla y Efectos.

**IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), más conocida por sus siglas en inglés: **IEC** (International Electrotechnical Commission).

**PAS 55:** Especificación British Standard, norma usada para la gestión optimizada de activos físicos.

**RCM:** Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una metodología que busca minimizar las averías que se producen en los activos físicos.

## RESUMEN

**TÍTULO:** OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE DOS EQUIPOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA RCM.<sup>1</sup>

**AUTOR:** HEIDI GIOVANNA ALBA MORENO<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** GENERADOR ELÉCTRICO, RCM, MODO DE FALLA, EFECTO DE FALLA.

### **DESCRIPCIÓN:**

Los Generadores Eléctricos, son equipos capaces de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, esto a través de la generación de un campo magnético sobre los conductores eléctricos encontrados en el estator; cuando mecánicamente se produce un movimiento entre el campo magnético y el estator se genera la Fuerza Electromotriz. Existen varias clases de generador, los cuales pueden diferir en cuanto a la cantidad de kilovatios que pueden llegar a generar y en algunos de sus componentes mecánicos.

Este trabajo monográfico, surge de la necesidad que la empresa Desarrolladora de Zonas Francas, tiene de dar a sus clientes el respaldo necesario para el desarrollo de sus operaciones diarias en caso de pérdida de energía eléctrica suministrada por la ciudad, realizando el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en RCM para dos generador eléctricos, que después de haber sido comparada su similitud, se llega a la conclusión que por sus características y componentes físicos se les puede llegar a aplicar la misma metodología RCM para su mantenimiento.

La realización de este plan de mantenimiento está desarrollado con ayuda de la información técnica de los equipos, un plan de mantenimiento preliminar con el que se contaba, algunos técnicos que han operado y han adquirido el conocimiento a través de los años y con el apoyo brindado por parte de los proveedores. Toda esta información se recopiló para hallar las funciones que cada parte realiza y la identificación de sus modos y efectos de fallas para elaborar la tabla de toma de decisiones del mantenimiento a seguir.

---

<sup>1</sup> Monografía.

<sup>2</sup> Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en gerencia de mantenimiento. Director: Rafael Humberto Coconubo, MSc. Ingeniero Mecánico.

## ABSTRACT

**TITLE:** OPTIMIZATION OF MAINTENANCE PLAN OF TWO ELECTRIC POWER GENERATING EQUIPMENT USING RCM METHODOLOGY<sup>3</sup>.

**AUTHOR:** HEIDI GIOVANNA ALBA MORENO<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** ELECTRIC GENERATOR, RCM, FAULT MODE, FAULT EFFECT.

### DESCRIPTION:

Electric generators are machines capable of converting mechanical energy into electrical energy, this through the generation of a magnetic field on the electrical conductors found in the stator, when mechanically a movement occurs between the magnetic field and the stator, the electromotive force. There are several types of generator which may differ in the number of kilowatts they can generate and in some of their mechanical components.

This work of monography arises from the need that the Free Zone Developers company has to give its clients the necessary support for the development of their daily operations in case of loss of electric energy supplied by the city, carrying out the development of a plan of Maintenance based on RCM for two electric generators that after having been compared their similarity comes to the conclusion that by their characteristics and physical components they can be reached to apply the same methodology RCM for its maintenance.

The implementation of this maintenance plan is developed with the help of the technical information of the equipment, a preliminary maintenance plan with which it was counted, with the technicians who have operated and have acquired the knowledge through the years and with the support Provided by suppliers. All this information was collected to find the functions that each part performs and the identification of its modes and effects of failures to elaborate the table of decisions of the maintenance to follow.

---

<sup>3</sup> Monograph.

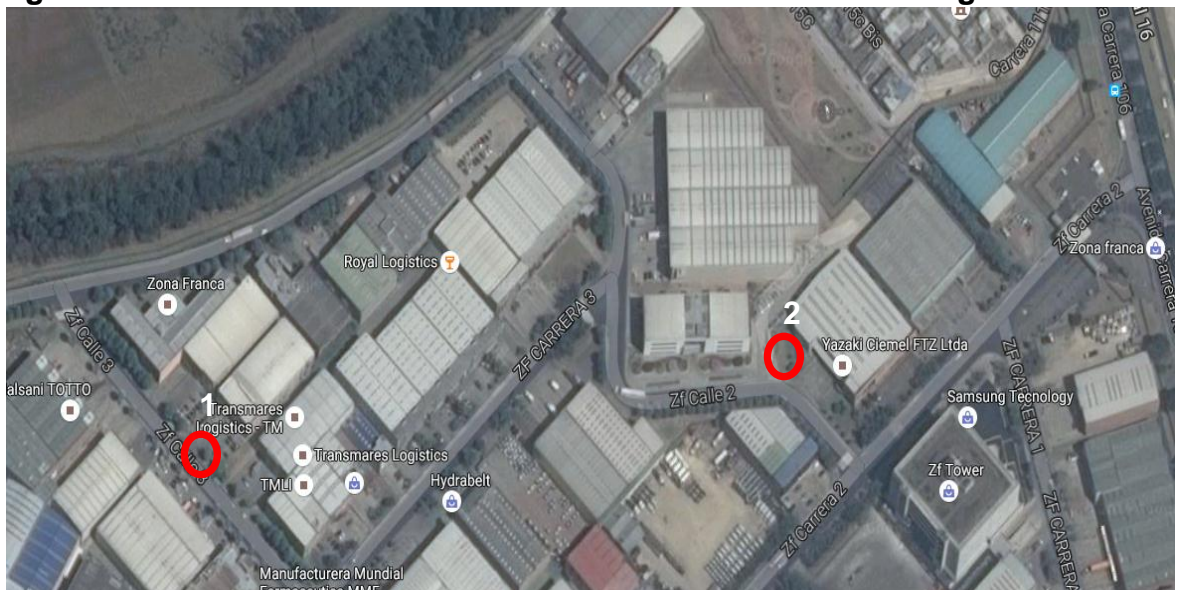
<sup>4</sup> Faculty of Physical – Mechanical Engineering. Mechanical Engineering School. Maintenance Management Specialization. Director: Rafael Humberto Coconubo, MSc. Mechanical Engineer.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. MARCO CONTEXTUAL

**1.1.1. Ubicación del Proyecto.** Ubicación de Generadores Electricos en Zona Franca Bogota ZFB Av Calle 13 # 108 - 85.

**Figura 1. Ubicación de Generadores Electricos Zona Franca Bogota**



Generadores eléctricos ubicados en Zona Franca Bogotá generador N°1 en la manzana 15 lote 101 Call Center y generador N° 2 en la manzana 16 lote 114D Call Center.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Zona Franca Bogotá es un parque industrial en un área delimitada, donde se reúnen aproximadamente 220 empresas de diferentes sectores empresariales como Industrias Manufactureras y de servicio.

Para Zona Franca Bogotá el servicio al cliente es uno de los aspectos en que más se enfatiza, ya que desea mantener una estrecha relación con cada uno de sus clientes.

El servicio al cliente se ha visto afectado desde el área de mantenimiento, debido a que en este momento no se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento para atender y prever los daños a la infraestructura en equipos generadores de energía eléctrica, UPS, aires acondicionados, sistemas contra incendios, Ascensores, etc. Este proyecto estará enfocado en el desarrollo del plan de mantenimiento para los Generadores de Energía Eléctrica, ya que las fallas inesperadas que se puedan presentar en estos sistemas, se traducen en pérdidas económicas e insatisfacción de nuestros clientes, por el cese de actividades debido a la falta de fluido eléctrico. La elaboración de un plan de mantenimiento de equipos que obedezca a rutinas programadas asegurando la disponibilidad en el funcionamiento de los Generadores Eléctricos, creará un impacto positivo en el servicio y fidelización de los clientes.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de este proyecto, busca que los clientes de Zona Franca Bogotá cuenten con un sistema de energía eléctrica ininterrumpido que garantice la continuidad de los procesos y el manejo de información, logrando la fidelización del cliente y una reducción de costos y reclamaciones.

Los Generadores Eléctricos, se encuentran ubicados en la parte exterior de los inmuebles del Call Center, los cuales cuentan con 723 personas que trabajan en un turno de 8 horas aproximadamente atendiendo un promedio de 146 llamadas.

La pérdida de 30 minutos de recepción de llamadas, hace que no se llegue a la meta planteada mensualmente según la campaña realizada, lo cual conlleva a que el contrato no se cumpla.

Estadísticamente en ZFB, el fluido eléctrico se ha visto afectado de la siguiente manera:

**Tabla 1. Corte de energía en Zona Franca Bogotá**

Fuente: Desarrolladora de Zonas Franca Bogotá

FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	DURACIÓN DEL CORTE	NIVEL DE TENSIÓN	AFECTACIÓN	TIPO DE FALLA
14-ene-16	00:54	00:56	0:02:00	34,5 kV	TODA ZFB	FALLAS EN LA SUBESTACIÓN PRINCIPAL DE FONTIBÓN
18-feb-16	14:25	14:29	0:04:00	34,5 kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA QUE FUE DAÑO EN CIURCUITO SUIZO
23-feb-16	15:58	16:07	0:09:00	34,5 kV	TODA ZFB	FALLA TRANSITORIA CIRCUITO DE SUIZO
17-mar-16	01:32	01:35	0:03:00	34,5kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA ACTUACIÓN DE PROTECCIÓN CIRCUITO DE SUIZO
21-may-16	09:37	10:51	1:14:00	34,5kV	TODA ZFB	SOBRECARGA SUBESTACIÓN DE FONTIBÓN
27-may-16	13:33	13:34	0:01:00	34,5kV	TODA ZFB	No hay reporte de CODENSA
15-jun-16	07:56	09:37	1:41:00	34,5kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA FALLA MASIVA EN EL SECTOR
1-sep-16	01:05	01:10	0:05:00	34,5 kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA FALLA SUBESTACIÓN FONTIBÓN
15-oct-16	06:31	06:33	0:02:00	34,5 kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA FALLA MASIVA EN EL SECTOR
17-oct-16	15:48	15:58	0:10:00	34,5 kV	TODA ZFB	CODENSA REPORTA FALLA POR TORMENTA ELÉCTRICA
18-oct-16	22:10	22:11	0:01:00	34,5 kV	TODA ZFB	FALLA EN LA SUBESTACIÓN DE TECHO
25-oct-16	08:45	11:15	2:30:00	34,5 kV	TODA ZFB	SOBRECARGA SUBESTACIÓN DE FONTIBON
25-oct-16	12:54	12:55	0:01:00	34,5 kV	TODA ZFB	INESTABILIDAD DEL SISTEMA AL MOMENTO DE RECONEXIÓN DEL CIRCUITO
28-oct-16	16:33	16:36	0:03:00	34,5 kV	TODA ZFB	TORMENTA ELÉCTRICA
28-oct-16	16:39	16:42	0:03:00	34,5 kV	TODA ZFB	TORMENTA ELÉCTRICA
28-nov-16	12:23	12:29	0:06:00	34,5 kV	TODA ZFB	No hay reporte de CODENSA
28-nov-16	12:36	12:42	0:06:00	34,5 kV	TODA ZFB	No hay reporte de CODENSA
28-nov-16	12:51	12:51	0:00:00	34,5 kV	TODA ZFB	No hay reporte de CODENSA

Esto indica que aproximadamente por Call Center se puede estar incurriendo en tiempos de cero productividad, lo que llevará a que el cliente se queje del servicio y

se esté incurriendo en el incumplimiento del contrato, generando por consiguiente la activación de pólizas y quejas del cliente frente a la prestación del servicio, motivo por el cual se ve la necesidad de optimizar el mantenimiento de estos equipos utilizando la metodología RCM o mantenimiento basado en confiabilidad para minimizar el riesgo de pérdida de la operación y tener la disponibilidad del equipo las 24 horas según la necesidad del cliente.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Optimizar el plan de mantenimiento de dos equipos generadores de energía eléctrica de Desarrolladora de Zonas Francas utilizando la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) por sus siglas en inglés, para dar mayor disponibilidad de los mismos en las diferentes operaciones que desarrollan nuestros clientes.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar el Inventario de equipos generadores de energía eléctrica con los que cuentan los clientes de DZF (Desarrolladora de Zonas Francas) su marca, capacidad recomendaciones dadas por sus fabricantes, fichas técnicas, manuales de operación y manuales de mantenimiento como base para la construcción del plan de mantenimiento en el tiempo.
- Con la información recopilada se deberá identificar y definir si cuentan con sistemas semejantes que permitan aplicar una sola metodología a los dos equipos generadores de energía.
- Elaboración de grupos de tareas de mantenimiento según la metodología RCM para los equipos generadores de energía.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento y la gestión integral de activos, es conservar todos los bienes que componen los eslabones de un sistema de producción o servicios en las mejores condiciones de funcionamiento, aplicando estrategias de confiabilidad y productividad teniendo siempre presente los beneficios reales tras una inversión.<sup>5</sup>

Los objetivos de mantenimiento deben estar alineados con los de la empresa y estar presentes en las acciones y trabajos que realice el área, los cuales pueden ser:

- Máxima Disponibilidad: El área de mantenimiento deberá asegurar la máxima disponibilidad y fiabilidad de los sistemas, instalaciones máquinas y equipos.
- Mínimo Costo: Reducir los mantenimientos correctivos, realizar un buen manejo del stock y mantenerse dentro de los costos promedios anuales.
- Conservación de los Activos Físicos: Realizar el arreglo de máquinas, equipos e infraestructura manteniendo la vida útil de éstos.
- Conservación del Medio Ambiente: Hacer seguimiento y tener protecciones especiales a los equipos que generen emisiones, vertimientos y residuos sólidos contaminantes.
- Higiene y Seguridad: Velar porque cada equipo cuente con las protecciones de seguridad para evitar accidentes a los operadores. Capacitar al personal sobre la normativa y la operación de los equipos.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> TORRES, Leandro. Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Alfaomega, 2015.

<sup>6</sup> TORRES, Leandro. Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Alfaomega, 2015.

## 2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

**2.2.1 Mantenimiento Correctivo.** El concepto que se tiene de este mantenimiento, es ir reparando las averías de las instalaciones, maquinas o equipos a medida que se van presentando deficiencias, las características de esta clase de mantenimientos están basadas en intervenciones después de dado el daño, llevando a la no continuidad de la producción y logística con un bajo nivel de organización.

**2.2.2 Mantenimiento Preventivo.** El mantenimiento preventivo, es la ejecución planificada de un sistema de intervenciones periódicas, cíclicas y programadas de un servicio de mantenimiento previsto como necesario para ser aplicado a todas las instalaciones, máquinas y equipos, esto, con la finalidad de disminuir los casos de emergencias permitiendo mayor tiempo de operación.<sup>7</sup>

**2.2.3 Mantenimiento Proactivo.** Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones a las causas de los problemas y no a los efectos. Sus principales beneficios son:

- Solución a causas de falla recurrentes.
- Incremento del tiempo medio entre fallas.
- Educación de Mantenimiento.

---

<sup>7</sup> TORRES, Leandro. Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Alfaomega, 2015.

Una vez que las causas que generan las fallas han sido localizadas, no se deberá permitir que éstas continúen, ya que de hacerlo, su vida y desempeño se verán reducidos.<sup>8</sup>

**2.2.4 Mantenimiento Condicional o Predictivo.** Este mantenimiento consiste en estudiar el desarrollo y evolución temporal de parámetros relevantes de cada equipo y asociarlos a la evolución de los fallos que se presenten, para así evaluar en qué tiempo el fallo en seguimiento tomará una relevancia, permitiendo planificar las intervenciones con suficiente tiempo.

El RCM o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad será desglosado con mayor detenimiento en el siguiente capítulo dado que esta clase de mantenimiento es objeto del trabajo en desarrollo.

## **2.3 QUÉ ES EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD RCM**

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un método que nace a finales de la década de los 70 donde inicialmente se aplicó a la industria de la aviación y que, con el paso del tiempo, se aplicó en otros sectores industriales con buenos resultados, lo que generó que para su implementación se hayan creado varias guías y estándares como lo son la especificación PAS 55 y la normativa IEC, entre otras. Anterior al RCM, muchas de las prácticas de mantenimiento se basaban en las experiencias acumuladas de las empresas y de sus encargados de mantenimiento. El RCM busca metodizar las decisiones relacionadas al mantenimiento, optimizando

---

<sup>8</sup> STALIN, Ehrlich. Mantenimiento Proactivo. [En línea]. [Consultado: 20 de diciembre de 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/71595878/MANTENIMIENTO-PROACTIVO-corrregido>

las diferentes políticas utilizadas en cada empresa,<sup>9</sup> ayudando a determinar y analizar todas las posibles averías que se pueden dar en un activo, las consecuencias del fallo para determinar lo que se debe hacer y así minimizar la posibilidad que nuevamente se produzca, aumentando la disponibilidad y fiabilidad del activo, disminuyendo los tiempos de parada sin dejar de lado la protección al medio ambiente, la seguridad del personal que opera los activos y la evaluación de costos para las empresas. También, permite que grupos conformados con personal de la empresa y de cualquier grado que hayan tenido que ver con el activo, y que conocen como operan sus equipos, sean capaces de definir las estrategias de mantenimiento para elevar su confiabilidad e inmediatamente aplicarlas, el hecho que participen en el desarrollo del RCM grupos de operadores y mantenedores directos, genera ventajas que residen en aspectos como:

- La riqueza de soluciones que se logra con un grupo que analiza una problemática propia.
- El sentido de propiedad de la idea que se logra y que permite una implementación sin grandes obstáculos: nadie va a buscar el éxito de un programa mejor y con más entusiasmo que quienes han participado activamente en su diseño.<sup>10</sup>

El resultado es un plan de mantenimiento racionalmente definido, con tareas, frecuencias y responsables para la ejecución. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un método utilizado para determinar lo que se debe hacer para asegurar que cualquier activo fijo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en el contexto operacional en el que se esté desarrollando.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> TORRES, Leandro. Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Alfaomega, 2015.

<sup>10</sup> PISTARELLI Alejandro, Manual de Mantenimiento – Ingeniería Gestión y Organización. [ Base de datos en línea] <http://pistarelli.com.ar/>.

<sup>11</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Con el RCM se genera una técnica para la elaboración de un plan de mantenimiento, donde se obtienen procedimientos y se determina la clase de mantenimiento a desarrollar para cada activo.

### **2.3.1 Principios más Importantes de la Metodología RCM**

- Se enfoca en evitar reducir o eliminar las consecuencias de las fallas.
- Buscar la preservación de las funciones.
- Buscar extender la vida útil del equipo.
- Protección del medio ambiente.
- Desarrollo de planes según condiciones ambientales, regulatorias según condiciones del cliente, condiciones operativas y de reservación.
- La obtención de fichas técnicas de los fabricantes de los equipos para la construcción del plan de mantenimiento.

**2.3.2 Las Siete Preguntas Básicas del RCM.** Para el desarrollo del método RCM se deben formular y responder siete preguntas acerca del activo que se desea revisar, teniendo en cuenta que las respuestas a estas preguntas estarán soportadas con el conocimiento del equipo o parte a analizar, las preguntas son:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional? El proceso RCM inicia definiendo los estándares y parámetros del comportamiento funcional, asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional. Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento, siempre que sea posible. Estos

estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.<sup>12</sup>

- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones? Identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones; estos posibles fallos son llamados funcionales que es la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? Cuando se está tratando de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas, pero cada falla debe ser considerada en el nivel más apropiado para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de la falla en sí misma.<sup>13</sup>

- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? Permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto, qué nivel del mantenimiento preventivo sería necesario (si lo hubiera).

- ¿En qué sentido es importante cada falla? La razón de este paso es porque las consecuencias de cada falla indican si se necesita tratar de prevenirlos y si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo se debe tratar de encontrar las fallas.

- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallo? Es el paso siguiente al que se dieron las consecuencias significativas que requieren de un mantenimiento preventivo, pero este proceso de selección de la tarea, no puede ser revisado

---

<sup>12</sup> ACOSTA, Igor; XI Congreso de Confiabilidad [en línea]. 2007, noviembre  
[https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file](https://www.aec.es/c/document_library/get_file).

<sup>13</sup> ACOSTA, Igor; XI Congreso de Confiabilidad [en línea]. 2007, noviembre  
[https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file](https://www.aec.es/c/document_library/get_file).

significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes modos de prevención.

- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? Se deben tomar acciones que serán denominadas acciones “a falta de”. Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión<sup>14</sup>.

## **2.4 GENERADORES ELÉCTRICOS.**

Los Generadores Eléctricos, son máquinas cuyo fin es transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre un estator. Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.).

A continuación, se realizará la descripción de las partes y sistemas de los generadores eléctricos.

**2.4.1 Motor de Combustión Interna.** Es una máquina térmica que tiene combustión interna alternativa que se produce por la auto ignición de un combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior de sus cilindros, la energía producida es convertida en energía mecánica, que es utilizada para impulsar en el contexto de este trabajo un generador eléctrico.

- Bloque de cilindros: Es una pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros de un motor de combustión interna así como los soportes de apoyo del

---

<sup>14</sup> [ Base de datos en línea] [http://docshare.tips/rcm-7-preguntas-sicas\\_5790cfa9b6d87fe9b48b469f.html](http://docshare.tips/rcm-7-preguntas-sicas_5790cfa9b6d87fe9b48b469f.html)

cigüeñal este debe ser rígido para soportar la fuerza originada por la combustión, resistir la corrosión y permitir evacuar por conducción parte del calor.

- Culata: Es la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión, tapa los cilindros y está compuesta por los siguientes elementos:

- La cámara de combustión, que forma con el émbolo y las paredes del cilindro.
- Los conductos de admisión y de escape de las válvulas.
- Las paredes y los agujeros para el fluido de refrigeración o las aletas de disipación de calor<sup>15</sup>.

- Carter: Se encuentra ubicado en la parte inferior del motor aloja los mecanismos como el cigüeñal, eje de levas, bomba de aceite, haciendo hermético al bloque, adicionalmente cumple con la función de almacenar el aceite de lubricación del motor.

- Cilindros: Es el espacio con forma cilíndrica por donde se desplazan los pistones sirviéndoles de guía, forma parte de la cámara de combustión donde se comprime la mezcla de aire para el caso de los motores diésel. La rugosidad interna del cilindro debe ser lo más lisa posible para lograr el mejor desplazamiento.

Los cilindros permiten el movimiento rectilíneo del pistón entre su punto muerto inferior hasta su punto muerto superior; son construidos en materiales muy resistentes ya que deben soportar la fricción, altas temperaturas y la explosión constante de combustible.

---

<sup>15</sup> [https://www.ecured.cu/Culata\\_de\\_los\\_cilindros](https://www.ecured.cu/Culata_de_los_cilindros)

- Camisas: Son piezas que se sustituyen fácilmente cuando su desgaste lo requiere, van acopladas al bloque motor y se fabrican con materiales resistentes y diferentes a los del bloque del motor donde su función es la de mejorar el enfriamiento del motor, las camisas de cilindros deben reunir las condiciones siguientes:

- Suficiente rigidez para aguantar la fuerza de los gases de combustión.
- Buena resistencia mecánica y compatibilidad química durante un largo periodo de desempeño del motor.
- Alta sollicitación contra fricción y ataque químico.

- Pistones: Parte cilíndrica hueca que van dentro de los cilindros, pero no están en contacto con ellos tienen libre movimiento dentro del mismo, su función es la de comprimir y aspirar los gases recibiendo la fuerza expansiva de los gases de la explosión del combustible.

- Anillos: Son aros elásticos metálicos ubicados en unas ranuras del pistón, los cuales actúan para prevenir que los gases de la combustión escapen a través de la holgura entre el pistón y las paredes de las camisas, su diámetro es un poco mayor que los cilindros, con una rendija que les permite contraerse dentro del mismo, generalmente se construyen de acero.

- Bulones: Perno, pasador o eje de acero con el centro hueco que sirve para articular el émbolo a la biela y es el eje con respecto al cual oscila esta última. Esta es la pieza que más esfuerzos concentra dentro del motor de combustión interna.

- Biela: Elemento mecánico sometido a esfuerzos de tracción o compresión conecta los pistones al cigüeñal y convierte el movimiento circular continuo del cigüeñal en movimiento rectilíneo de va y ven.

- **Árbol de Leva:** Es un mecanismo se encuentra ubicado en la culata consta de un eje giratorio con levas, cuya función es operar las válvulas de admisión y descarga acorde a la sincronización del motor, su movimiento es generado mediante engranajes o correas sincrónicas desde el cigüeñal, su fabricación es a través de forja y tiene tratamiento térmico superficial obtenido generalmente a través de cementación.
  
- **Cigüeñal:** Es un eje principal con codos y contrapesos transforma el movimiento rectilíneo de vaivén, en circular continuo, recoge y transmite la potencia desarrollada durante la combustión por cada uno de los cilindros en un motor de combustión interna. En el contexto de este trabajo el cigüeñal transmite la potencia hacia un generador eléctrico.
  
- **Cojinetes o Rodamientos:** elementos mecánicos que se colocan en sitios del motor para dar soporte a cargas axiales y radiales permitiendo un giro libre de los mecanismos con un bajo nivel de fricción.

**2.4.2 Sistema de Válvulas.** Es el mecanismo encargado de permitir el ingreso del aire o de la mezcla combustible y permite salida de los gases producto de la combustión, abriendo y cerrando los orificios que se comunican con los múltiples de admisión y de escape respectivamente, su movimiento es transmitido desde el cigüeñal a través de engranajes o poleas sincrónicas.

- **Válvulas:** Parte encargada de la apertura y cierre de los orificios de admisión y escape del cilindro, fabricadas en aceros endurecidos a través de tratamientos térmicos.

- Resortes y Retenes: Su función es hacer devolver a las válvulas a la posición de cierre una vez se acaba la fuerza de apertura, los retenes permiten fijar los resortes al vástago de las válvulas.
- Balancines y Varillas Impulsoras: Transmiten la fuerza y movimiento de las levas para levantar las válvulas.
- Levanta Válvulas: Recibe la fuerza de las levas y las comunica a las varillas impulsoras

**2.4.3 Sistema de Combustible.** Sistema encargado de alimentar el combustible necesario y a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor para su funcionamiento.

- Tanque o Depósito de Combustible: Es el recipiente donde se almacena el combustible, este tiene una tapa de llenado, un tapón de drenaje, un indicador del nivel y las tuberías de conducción, es fabricado en material resistente a la corrosión.
- Filtro de Combustible: Elemento que se encarga de retener impurezas y agua del combustible, permite decantarlo y evita obstrucciones y fallas en el sistema de inyección de combustible.
- Bomba de Alimentación: Es el elemento encargado de succionar el combustible del tanque para enviarlo al sistema de inyección donde es dosificado a cada cilindro con la presión necesaria para su pulverización.
- Líneas de Combustible: Son conductos metálicos y elastómeros por donde circula el combustible desde el tanque al sistema de inyección.

- Sistema de Inyección: sistema encargado de realizar la mezcla de combustible y aire, dosificando y atomizando la mezcla a cada uno de los cilindros del motor.
- ECM: Modulo de Control Electrónico, es un dispositivo electrónico que procesa señales de entrada y salida electrónicas como presiones, temperaturas, niveles y demás variables que permiten conocer el estado de funcionamiento de la unidad.

**2.4.4 Sistema de Admisión.** Sistema que provee al motor las cantidades necesarias de aire limpio a una temperatura y restricción razonables.

- Pre limpiador de Aire: Se encarga de evitar que lleguen elementos extraños, como insectos, polvo, agua o suciedad al cilindro donde pueden causar daños que afecten el normal funcionamiento de sistema.
- Múltiple de Admisión: Interviene en la distribución de la mezcla a los diferentes cilindros de forma equitativa, cuando las válvulas de admisión se abren.
- Turbo: Sistema de sobre alimentación que usa una turbina centrifuga, después de pasar por el filtro de aire lo comprime para introducirlo en los cilindros a mayor presión.

**2.4.5 Sistema de Escape.** Es el encargado de la evacuación completa de los gases de la combustión para permitir el ingreso del aire fresco a los cilindros; así mismo, es el responsable de disipar el calor, las chispas y el ruido de las explosiones en el cilindro.

- Silenciador: Es un dispositivo usado para reducir el ruido que emite el motor y forma parte del sistema de escape.
- Múltiple de Escape: Parte que se encarga de recolectar los gases de la combustión que salen de los cilindros hacia el silenciador.
- Canales y Conductos de Escape: conexiones que comunican al múltiple de escape con los cilindros por el lugar de las válvulas de escape.
- Tubo de Escape: elemento que transporta los gases resultantes de la combustión desde el silenciador donde la presión y ruido ya han sido atenuados hasta el exterior.

**2.4.6 Sistema de Lubricación.** Este sistema se encarga de suministrar fluido lubricante con especificaciones de viscosidad, presión, caudal, temperatura y libre de impurezas a todas las partes móviles del motor, con el objetivo de reducir la temperatura y fricción de los mecanismos.

- Bomba de Aceite: Es una bomba de desplazamiento positivo de engranajes, su accionamiento mecánico es suministrado por el motor de combustión, succiona el aceite del carter y lo distribuye a todas las piezas móviles del motor a través de conductos.
- Filtro: elemento que permite retener impurezas del aceite y partículas metálicas producto del desgaste de los mecanismos, evitando el taponamiento de las tuberías, esta parte se encuentra instalada entre la descarga de la bomba de aceite y los conductos de distribución.
- Intercambiador de Calor del Aceite Lubricante: Es un elemento encargado de mantener la viscosidad del aceite de lubricación utilizando a través de tubos la

transferencia de calor del aceite lubricante al sistema cerrado de circulación de fluido refrigerante.

- Conductos del Aceite: Se trata de conductos mecanizados en el bloque de cilindros que conducen el aceite a las partes del motor que requieren lubricarse.
- Varilla Indicadora de Nivel: A través de este elemento es posible conocer el nivel de aceite en el carter, esta tiene marcas que permiten evidenciar fácilmente el estado del nivel de lubricante.
- Respiraderos del Cáster: Son orificios en el cárter que permiten la salida de los gases procedentes de los cilindros y de vapor de agua que pueden contaminar el aceite. Otra de sus funciones, es evitar presiones anormales producidas por el descenso de los pistones.

**2.4.7 Sistema de Refrigeración.** Este sistema es el encargado de mantener la temperatura del motor a niveles seguros, evita sobrecalentamientos del motor. Altas y bajas temperaturas pueden ocasionar daños graves al motor, ocasionando dilatación y contracción en las piezas, pérdida de viscosidad del lubricante y deterioro prematuro del motor, ocasionado por desgastes mecánicos.

- Radiador Aire / Líquido: Dispositivo que se encarga de transferir calor entre dos fluidos su objetivo es mantener la temperatura del fluido de refrigeración del motor en un rango establecido. Está compuesto por un serpentín y laminillas de aluminio, acorde a la capacidad de enfriamiento tiene una superficie establecida y una cierta cantidad de laminillas disipadoras, trabaja en conjunto con un ventilador que hace fluir aire fresco a través de las laminillas facilitando así la transferencia de calor del fluido que atraviesa el serpentín.

- Tapón de Presión: Posee una válvula de vacío y otra de descarga que ayuda a controlar la presión dentro del radiador y del sistema; cuando la presión del sistema de refrigeración es superior a la presión nominal de la tapa y cuando el agua alcanza la temperatura de ebullición y comienza a evaporarse, se abre la descarga para permitir la salida del vapor; cuando se enfría y condensa se abre la válvula de vacío para permitir el ingreso de aire, evitando de esta manera problemas con la circulación del agua.
  
- Ventilador: Es el encargado de elevar el flujo de aire que pasa por el radiador esto con el fin de enfriar el agua que pasa por el radiador. Este se encuentra ubicado en la parte posterior al radiador. Este motor es accionado por un motor eléctrico o por la correa que está conectada al cigüeñal.
  
- Bomba de agua: Es la que hace circular el refrigerante por todo el sistema y también debe garantizar el flujo correcto a cada régimen de rotación del motor, siendo una bomba centrífuga esta recibe el giro del motor por una correa de transmisión desde la polea del cigüeñal.
  
- Termostato (Termo Válvula): Este actuador trabaja automáticamente para mantener la temperatura del fluido refrigerante del motor en unos valores establecidos generalmente entre 88°C-98°C, se encuentra instalada entre el radiador y la entrada del agua al motor, su versión más sencilla es un bimetálico que abre o cierra acorde al requerimiento de temperatura del motor.
  
- Conexiones Flexibles Mangueras: Estas conexiones normalmente son construidas en caucho reforzado resistente a la temperatura, su funcionalidad permite tener niveles de vibración sin que estas sean transmitidas a el motor y garantizando hermeticidad en la conexión.

- Conductos Internos de Refrigeración del Bloque del Motor: Los motores refrigerados por líquido, llevan en el interior del bloque conductos o canalizaciones alrededor de los cilindros y de la culata en la cámara de compresión, por donde circula el agua encargada de refrigerar el motor o absorber el exceso de calor a niveles seguros.

- Indicador de Temperatura: Es un sensor de temperatura que continuamente envía una señal eléctrica al módulo de control electrónico ECM donde se monitorea la temperatura del bloque y de ser necesario generara las pre alarmas o alarmas necesarias para mantener la integridad del equipo.

**2.4.8 Sistema Eléctrico.** La función del sistema eléctrico de un motor diésel es arrancar el motor su función secundaria, es suministrar energía eléctrica al tablero de control, medidores y componentes eléctricos auxiliares.

- Cargador de Baterías: Elemento utilizado para suministrar la corriente y tensión eléctrica que almacenara la batería, La tensión que deberá suministrarse para una recarga de la batería en este caso es de 12v.

- Circuito de Arranque: Entrega la energía necesaria para dar inicio al funcionamiento del motor.

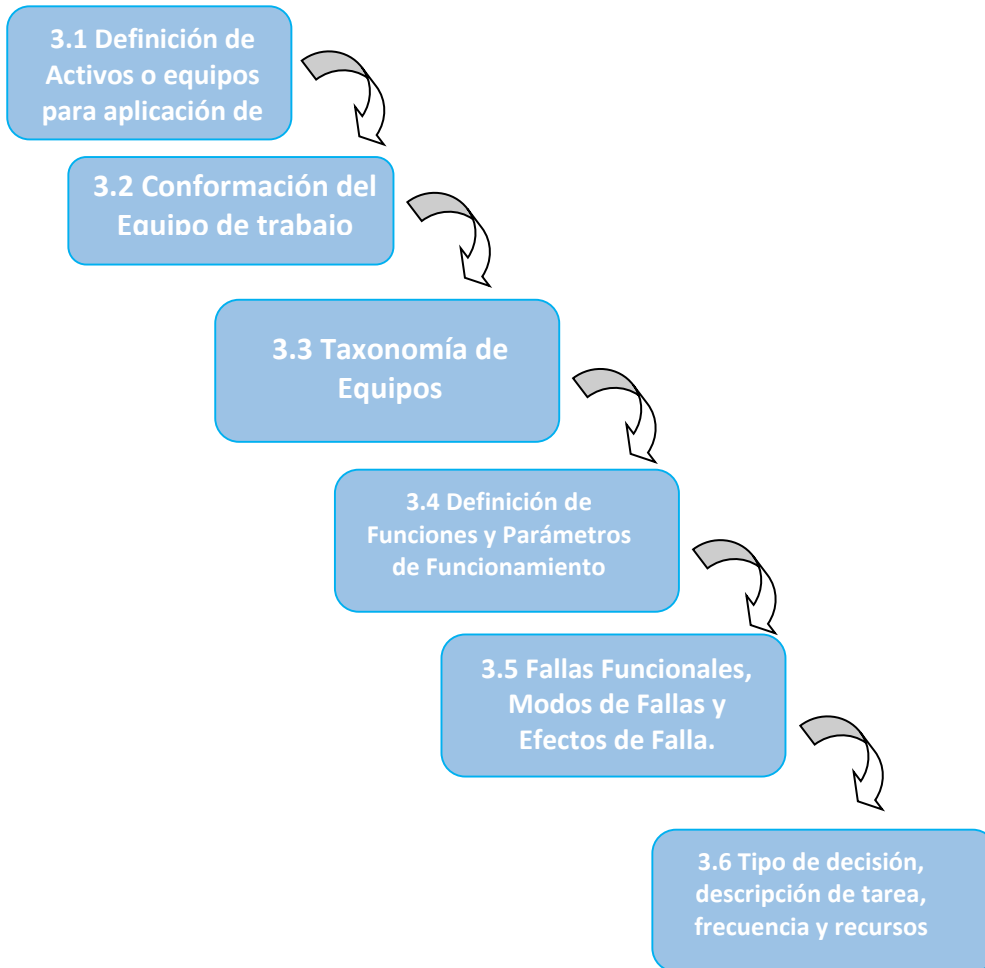
- Batería: Es la fuente inicial de la producción de corriente eléctrica, cuenta con varias celdas conectadas entre sí en serie, las cuales consta de placas positivas de dióxido de plomo, placas negativas de plomo y placas aislantes intercaladas y sumergidas en una solución electrolítica de ácido sulfúrico en agua.

- Motor de Arranque: Pequeño motor eléctrico conectado al volante del motor por medio de un piñón que lo hace girar hasta poner en marcha al MCI (motor de combustión interna) conformado por un inducido y un campo electromagnético.

- Tablero Eléctrico de Control: Esta parte permite realizar el control de equipo donde a través de él podemos poner al Generador eléctrico en marcha, apagarlo, monitorear y controlar los parámetros de funcionamiento, siendo posible a través del operar de forma automática y manual el generador eléctrico.
- Alternador: Es una de las partes más importante del generador eléctrico es el encargado de transformar la energía mecánica del motor en energía eléctrica. Va unido al volante del motor a través de unos discos de fijación o a través de un acople flexible que va transmitiendo el movimiento del volante del motor al rotor del alternador.

### 3. METODOLOGÍA

Se explicará la metodología a desarrollar para la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM.



#### 3.1 DEFINICIÓN DE ACTIVOS PARA APLICAR RCM.

Se deberá definir que equipos u activos físicos serán sometidos al proceso de revisión de RCM, según las prioridades dadas por los procesos que maneja la empresa o industria.

### **3.2 CONFORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DEL RCM**

Determinar la conformación del grupo de personas que desarrollaran la metodología, es importante tener un facilitador quien es la persona que guiara el proceso ya que debe hacer que sea claramente comprendido y aplicado por parte del resto del grupo la metodología RCM, también estará conformado por el técnico de mantenimiento, especialista externo y supervisor de ingeniería<sup>16</sup>.

### **3.3 TAXONOMÍA DEL EQUIPO**

En este paso se realizará un despiece del sistema o parte que se trabajara, en este caso se realizara el despiece de los sistemas que componen los generadores eléctricos para posteriormente definir cuáles son sus fronteras con entradas y salidas.

### **3.4 FUNCIONES Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO**

Después de definido el activo o equipo para la aplicación del RCM, la creación del equipo de trabajo para desarrollar la metodología y realizado el despiece o taxonomía de los sistemas del equipo, el paso del RCM a seguir, es definir las funciones que debe cumplir el activo o lo que espera el usuario que sea capaz de cumplir, por lo que se deben definir las funciones primarias y secundarias, las cuales serán explicadas más adelante.

Para el desarrollo de este punto se diligenciará una Tabla de Funciones por cada sistema del generador eléctrico, las cuales se abordarán de la siguiente forma:

---

<sup>16</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P. 17

**3.4.1 Elemento De Estudio.** En este espacio se define el sistema o elemento al cual se le aplicara la metodología RCM.

**3.4.2 Condiciones Operacionales.** Las condiciones operacionales describen los parámetros o condiciones técnicas en las que debe trabajar o se debe desempeñar el sistema u elemento. En el contexto operacional se debe tener presente que funciones se afectan, la naturaleza de los modos de falla que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias.

**3.4.3 Condiciones Ambientales.** En el contexto operacional las condiciones ambientales se refieren a como el sistema o elemento está diseñado para trabajar bajo unos parámetros ambientales que harán que su desempeño sea el esperado.

**3.4.4 Fronteras.** Es la delimitación del equipo o partes del sistema donde se requiere hablar indicando que compone el elemento, esto puede ser mostrado claramente a través de un plano o foto.

**3.4.5 Entradas y Salidas.** Son las entradas ya sean de señales, materiales o condiciones y las salidas ya sean señales, materiales de cada uno de los elementos y sistemas a desarrollar.

**3.4.6 Funciones.** Estas funciones se dividen en primarias y secundarias donde las funciones primarias son las actividades que cumple el elemento o sistema como por ejemplo velocidad, volumen, capacidad de almacenamiento, etc, y las funciones secundarias, son las que hacen referencia a la seguridad, control, apariencia, protección, eficiencia y funciones superfluas.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P. 40

### **3.5 FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLAS.**

Se tiene que las fallas funcionales ocurren cuando el activo no puede cumplir con las funciones para las cuales el usuario lo requiere, también en esta clase de fallas se contemplan las fallas parciales donde el activo está funcionando, pero no de la manera adecuada y esperada, esto quiere decir la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.<sup>18</sup>

**3.5.1 Modos de Falla.** Son todos los hechos que hicieron que se diera cada estado de falla donde es importante identificar la causa de cada falla con el detalle pertinente para evitar pérdidas de tiempo tratando síntomas en lugares de causas reales. Estos modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.<sup>19</sup>

Los modos de falla deben ser descritos con el suficiente detalle para dar posibilidad de la selección adecuada de un acertado manejo de esta.

Estos Modos de falla son analizados por la metodología FMEA / FMECA (Análisis de Modo de Falla y Efecto), la cual es una metodología de investigación aplicada que permite prevenir las potenciales fallas que se pueden presentar en un proceso, esta metodología puede ser aplicada en distintos niveles desde el diseño del producto hasta el servicio final,

Como anteriormente se aclaraba se encuentran varios tipos de FMEA, como los son:

---

<sup>18</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P. 50

<sup>19</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P. 61

- De Diseño: Un objetivo es la investigación preventiva del diseño de productos o servicios determinados, donde tiene como objetivo garantizar el correcto funcionamiento de todos los elementos, la posibilidad de fabricarlo de acuerdo a las especificaciones.
- De Proceso: Va dirigido al análisis de modos potenciales de fallas y sus efectos y está orientado a prevenir las fallas del proceso.
- De Mantenimiento: Analiza los modos de fallos potenciales del sistema técnico o maquinaria teniendo en cuenta su criticidad así que se busca anticiparse a las fallas aplicando acciones preventivas.<sup>20</sup>

**3.5.2 Efectos de Fallas.** Estos describen lo que ocurre con cada uno de los modos de falla, donde se debe incluir toda la información necesaria para ayudar a la evaluación de las consecuencias de falla.

Los efectos de falla deben concluir lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- De qué forma la falla puede ser una amenaza para el medio ambiente o para la seguridad.
- En qué manera la falla afecta la producción o las operaciones.
- Los daños físicos ocasionados por la falla.
- Que se debe hacer para reparar la falla.<sup>21</sup>

**3.5.3 Consecuencias de la Falla.** En un activo se pueden producir diversos modos de falla, que afectan la operación del activo y generan diferentes efectos sobre la operación que se esté realizando. Se tiene que la evaluación de las consecuencias de falla permite prevenir cada falla.

---

<sup>20</sup> TORRES, Leandro. *Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento* 1ª ed Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Alfaomega2015 pag. 336-347

<sup>21</sup> MOUBRAY, John. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* segunda edición. P. 8-11

Para el desarrollo del Análisis de modos de falla y efectos de falla se diligenciará una Tabla de Análisis de Modos de falla y efectos de falla por cada sistema del generador eléctrico, en el momento de su diligenciamiento se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

**3.5.4 Descripción de Falla Funcional.** Para realiza una descripción de la falla funcional se debe indicar como el equipo está fallando mas no el porqué, describir lo que razonablemente puede ocurrir al no dar mantenimiento al equipo o sistema.

**3.5.5 Descripción del Modo de Falla.** Para esta descripción se debe hacer uso de un sustantivo más un verbo evitando usar los verbos como daño, incluyendo la característica. Su descripción debe ser amplia y detallada para facilitar la selección de tareas acordes.

**3.5.6 Descripción del Efecto de Falla.** En la descripción se puede hablar de lo visto en el modo de falla, y como el modo de falla puede ser una amenaza para la seguridad y el medio ambiente, la forma en que el modo de falla afecta la operación del proceso y que debe hacerse para corregir el fallo.<sup>22</sup>

**3.5.7 Falla Oculta.** Se define con SI o con NO, ya que esta clase de falla oculta no se hará evidente a los operarios del elemento o equipo bajo circunstancias normales si se llegará a producir por si sola<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Extraído de la clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM UIS Ing. PLATA ORTIZ, Daniel

<sup>23</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P.97

**3.5.8 Indicador de Gestión.** El mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM aplicado a los activos influye y controla el desempeño de los mismos y dependiendo del modo de aplicación de este mantenimiento dará uno resultados los cuales deben tener un seguimiento para medir la efectividad de las tareas del RCM este seguimiento se realizará por medio de los siguientes indicadores:

**3.5.9 Indicador de Riesgo.** La cuantificación de la severidad, ocurrencia y detección sirve para definir y establecer un indicador de valor de riesgo el cual ayudara a determinar a medida que se implemente el RCM su efectividad, este indicador se nombra índice de Prioridad, el cual ayuda a establecer una escala de prioridad para la planificación de acciones de mejoramiento, el indicador que se podría utilizar para esta medición es:

$$\text{Indicador de riesgo: NPR} = G \times O \times D$$

Dónde: G es el índice de gravedad, este hace referencia a los efectos de falla, O es el índice de ocurrencia el cual indica la frecuencia de aparición de las causas y D es el índice de detección este hace referencia a los controles.

Se calculará para cada modo de falla, efecto y causa se podrá establecer una escala de prioridades para planificar las mejoras mediante acciones preventivas o según aplique el caso, teniendo en cuenta que las mejoras propuestas se deben reevaluar mediante el NPR para cuantificar el beneficio<sup>24</sup>.

Es importante mantener actualizado su contenido respecto a la realidad de lo que se presente en cuanto fallos y proceso y cuando surjan cambios.

---

<sup>24</sup> TORRES, Leandro. *Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento* 1ª ed Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Alfaomega2015 pag. 343-346

**3.5.10 Indicador de Tiempo Promedio entre falla.** Este indicador es el tiempo promedio de las frecuencias de paradas de los equipos y se expresa en horas se llevará a medida que se implemente el RCM para evaluar la efectividad de las decisiones y frecuencias propuestas.

Tiempo promedio entre falla

$$\text{MTBF: } \frac{\text{N}^\circ \text{ horas de operación}}{\text{N}^\circ \text{ de paradas correctivas}}$$

## 3.6 TIPO DE DECISIÓN

**3.6.1 Proceso de selección de Tareas.** El RCM provee criterios simples precisos y fáciles de entender para decidir cuál de las tareas es técnicamente más factible de realizar, quien la podría ejecutar y sus frecuencias<sup>25</sup>.

Para el desarrollo del tipo de decisión a tomar se diligenciará una Tabla de decisiones para el mantenimiento por cada modo de falla del generador eléctrico, anteriormente desarrollado, en el momento de su diligenciamiento se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

**3.6.2 Tipo de Decisión.** El tipo de decisión es la que acción a realizar teniendo en cuenta el modo de falla, este tipo de decisión puede ser:

- Monitoreo
- Reacondicionamiento
- Cambio

---

<sup>25</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad segunda edición. P. 15-17

- Búsqueda de falla
- Correr a Falla
- Rediseño

**3.6.3 Descripción de la Tarea.** Con ayuda de la experticia de los técnicos y el conocimiento del especialista externo se debe llegar a la descripción de las tareas a realizar para evitar se genere el modo de fallo.

**3.6.4 Frecuencia.** Esta frecuencia está dada en unidades de medida ya sea tiempo, longitud volumen y masa según sea el caso que aplique y al cual se haya llegado de acuerdo con el equipo de trabajo.

**3.6.5 Recursos.** Es lo requerido para la realización de dicha tarea estos recursos pueden ser humanos de personal, herramientas, repuestos etc.

## 4. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

### 4.1. DEFINICIÓN DE EQUIPOS A LOS QUE SE LE APLICARA LA METODOLOGÍA RCM

Para el desarrollo del siguiente trabajo se definió realizar la aplicación de la metodología RCM a dos Generadores eléctricos ubicados en Zona Franca Bogotá generador N°1 en la manzana 15 lote 101 Call Center y generador N° 2 en la manzana 16 lote 114D Call Center.

**4.1.1 Evaluación De Equivalencia De Equipos.** A través de esta evaluación se busca determinar si la metodología RCM puede ser aplicada de forma similar a los generadores eléctricos ubicados en Zona Franca Bogotá generador N°1 en la manzana 15 lote 101 Call Center y generador N° 2 en la manzana 16 lote 114D Call Center.

**Tabla 2. Inventario y Especificaciones Técnicas de los Generadores eléctricos.**

<b>GENERADOR ELECTRICO LOTE 101 MZ 5 N°1</b>	<b>GENERADOR ELECTRICO LOTE 114D MORAVIA N° 2</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
POTENCIA PRIME: 400kVA / 320 kW	POTENCIA PRIME: 356 kW / 445 kVA
POTENCIA STAND: 440kVA / 352kW	POTENCIA STAND:400 kW / 500kVA
VOLTAJE: 208 VAC	VOLTAJE: 208 VAC
FRECUENCIA: 60Hz	FRECUENCIA: 60Hz
FACTOR DE POTENCIA: 0.8	FACTOR DE POTENCIA: 0.8
AMPERAJE: 1222.76	AMPERAJE: 1388

**Tabla 3. Especificaciones de los motores**

<b>GENERADOR ELECTRICO LOTE 101 MZ 5 N°1 ESPECIFICACIONES</b>	<b>GENERADOR ELECTRICO LOTE 114D MORAVIA N° 2 ESPECIFICACIONES</b>
NUMERO DE CILINDROS 6 vertical en-línea	NUMERO DE CILINDROS 6 vertical en-línea
DIAMETRO Y CARRERA 137 x 171 mm / 5.4 x 6.7	DIAMETRO Y CARRERA 130 x 157 mm / 5.1 x 6.1 in
DESPLAZAMIENTO 15.2 Litros / 927 inches <sup>3</sup>	DESPLAZAMIENTO 12.5 Litros / 763 inches <sup>3</sup>
ASPIRACION Carga turboalimentada y carga aire- aire refrigerada	ASPIRACION Carga turboalimentada y carga aire-aire refrigerada
CICLO 4 Tiempos	CICLO 4 Tiempos
SISTEMA DE COMBUSTION Inyección directa	SISTEMA DE COMBUSTION Inyección directa
ÍNDICE DE COMPRESIÓN 16:1	ÍNDICE DE COMPRESIÓN 16,3:1
ROTACIÓN En el sentido contrario a las agujas del reloj, visto en el volante	ROTACIÓN En el sentido contrario a las agujas del reloj, visto en el volante
CAPACIDAD DE LUBRICACION TOTAL 62 Litros / 16,4 US gal	CAPACIDAD DE LUBRICACION TOTAL 40 Litros / 10.5 US gal
SISTEMA DE REFRIGERACION Enfriado hidráulicamente	SISTEMA DE REFRIGERACION Enfriado hidráulicamente
CAPACIDAD TOTAL DEL REFRIGERANTE 58 Litros / 15.3 US gal	CAPACIDAD TOTAL DEL REFRIGERANTE 58 Litros / 15.3 US gal

**4.1.2 Conclusión De La Evaluación De Equivalencia De Equipos.** Acorde a las especificaciones técnicas mostradas en la tabla 3 se observa que los generadores N1 y N2 difieren en cuatro de sus características las cuales son :

- Capacidad de Lubricación total
- Índice de compresión
- Desplazamiento
- Diámetro y Carrera

Estas características no son significativas, ya que los generadores fueron construidos por el mismo fabricante con la misma ingeniería y tecnología, difieren en su tamaño y potencia en Kilovatios. El trabajo solicitado para estas plantas es de respaldo, en caso de pérdida de fluido eléctrico, ninguna de las dos plantas trabaja para generar corriente continuamente. Otra característica que las hace semejante, es que estas plantas trabajan para clientes del mismo sector comercial (Call Center) las 24 horas y con la capacidad de personal aproximadamente de entre 1800 y 2000 personas en tres turnos, las dos empresas toman energía eléctrica de la misma subestación, esto quiere decir que en caso de pérdida de fluido eléctrico las plantas van a funcionar simultáneamente durante el mismo tiempo.

Según este análisis se concluye que estos generadores eléctricos pueden ser considerados similares y por lo tanto se les puede aplicar el mismo mantenimiento basado en la metodología RCM.

## **4.2 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO**

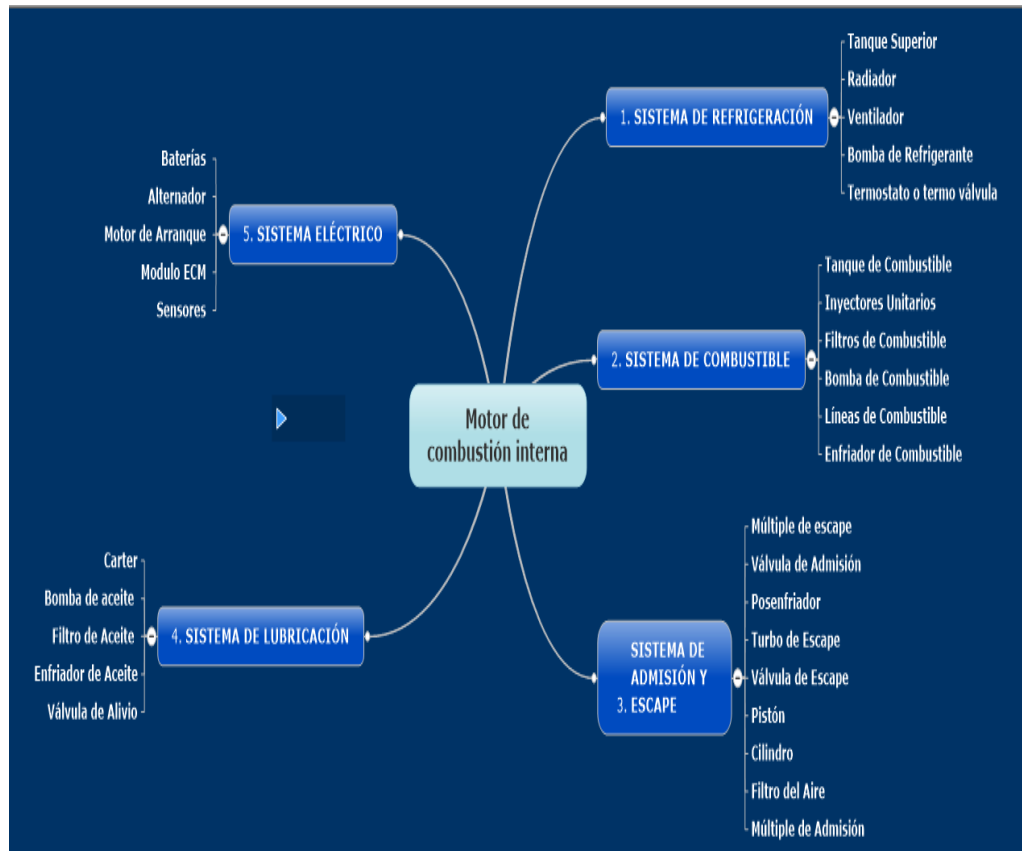
Para el desarrollo e implementación de la metodología RCM y como es aconsejado por el FMEA (Análisis de Modo de Falla y Efecto) donde la confirmación de grupos de trabajo es parte esencial para el desarrollo del RCM, se define que el grupo de trabajo estará conformado por dos técnicos de mantenimiento de Desarrolladora de

Zonas Francas quienes realizan el seguimiento y revisión de los Generadores Eléctricos semanalmente, el proveedor personal técnico y calificado autorizado por el fabricante del generador quien será el especialista externo y por ultimo como facilitador el jefe de Mantenimiento de Desarrolladora de Zonas Francas. Este grupo de trabajo deberá realizar el despiece o taxonomía del generador eléctrico y con ayuda de la hoja de vida y fichas técnicas establecer las funciones de las partes, las fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla para luego describir las tareas a seguir y la frecuencia con la que se desarrollaran.

### 4.3 TAXONOMÍA DEL EQUIPO SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE UN GENERADOR ELÉCTRICO

A continuación, se realiza un despiece de los sistemas con cada una de sus partes.

**Figura 2.** Taxonomía de Generadores Eléctricos



#### 4.4 ELABORACIÓN DE TABLA DE FUNCIONES

Como parte del desarrollo de la metodología RCM se elaboran y diligencian tablas de funciones:

**Tabla 4. Funciones Sistema de Refrigeración**

<b>Empresa:</b>		DESARROLLADORA DE ZONAS FRANCAS				
<b>Ubicación:</b>		LOTE 101 Manzana 15 y Lote 114D Manzana 16				
<b>Nombre del equipo:</b>		Generador Eléctrico				
<b>SISTEMA COD. 01</b>		<p><b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:</b> Su función es disipar el incremento de temperatura producto de la combustión y del rozamiento dado en las partes móviles como pistones, cigüeñal, manteniendo estas partes en una temperatura segura donde las piezas no van a sufrir daños prematuros. Siendo un circuito cerrado tiene como interface de entrada y salida el refrigerante. Condiciones ambientales: El sistema trabaja bajo condiciones ambientales de 5°C a 30°C, debido a que es un sistema cerrado el rango de operación va de temperatura ambiente a máximo 104°C, como interface utiliza un medidor de temperatura que reporta al sistema de control el cual estará verificando el correcto funcionamiento, en caso de fallo enviará una alarma visual al panel de control tomando una acción de control, el refrigerante utilizado es 50% de etilenglicol inhibido o 50% de propilenglicol inhibido y 50% de agua. La cantidad debe ser de 51,4 L con propiedades para disminuir la corrosión, la formación de calcio en las tuberías y formación de burbujas de aire</p>				
ELEMENTOS DE ESTUDIO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS	(Entradas/Salidas)	FUNCIONES
01.1	TANQUE SUPERIOR	Temperatura máxima de refrigeración. < 104°C	Proteger de los rayos solares y humedad excesiva.	Figura 3	Entrada de refrigerante caliente a >= 104°C	Almacenar el refrigerante máximo a 104°C después de atravesar por todos los conductos de refrigeración y haber realizado la transferencia de calor.
01.2	BOMBA	<p>Presión estática máxima en la bomba 170 kPa</p> <p>Velocidad Bomba de refrigerante 2468 rev/min</p> <p>Bombear el refrigerante haciéndolo circular por todos los conductos a 5,3 L/s.</p> <p>El sistema trabaja bajo condiciones de máximo 104°C debido a que es un sistema cerrado internamente</p>	Temperatura ambiente de -10°C en adelante	Figura 4	Entrada de refrigerante radiador y salida de refrigerante a conductos de refrigeración.	Recircular refrigerante dentro de los conductos del motor y radiador

01.3	TERMOSTAT O TERMOVALV ULA	Intervalo de funcionamiento o del termostato 88 a 98°C	Trabaja bajo condiciones de 88°C a 98°C debido a que es un sistema cerrado internamente.	Figura 5	Entrada de refrigerante a Temperatura <=88°C cerrado y >= 98°C abierto	Controlar la temperatura del motor, para hacer circular el refrigerante por el radiador o no, manteniendo la Temperatura correcta del motor.
01.4	RADIADOR Intercambiador de calor	Radiador configuración de la tapa de presión mínima de 70 kPa.	Libre de partículas que obstruyan las aletas.	Figura 6	Entrada de refrigerante a máximo 104°C	Intercambiar el calor entre dos medios por disipación aire-liquido con Temperatura entre 104°C y 98 °C
		Área de la cara 1,238 m <sup>2</sup>				
		Densidad y material de la matriz 12 aletas por pulgada. Desfogue de 6mm diámetro				
01.5	VENTILADOR Axial	9 aspas Diámetro de 927 mm	Sin obstrucciones limpio de partículas	Figura 7	Entrada aire frío y salida de aire caliente.	Generar un flujo de aire de 654 m <sup>3</sup> / min que pasa a través del radiador enfría el refrigerante a una temperatura necesaria

## PARTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

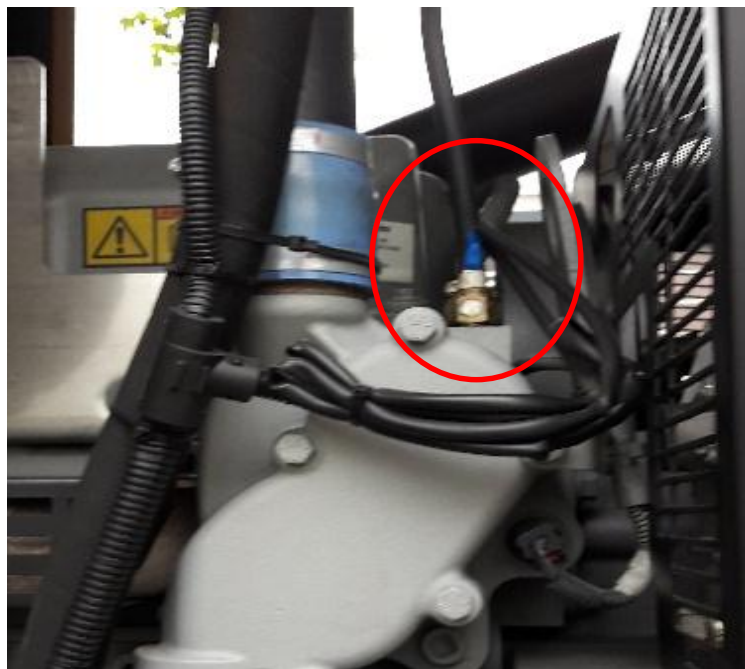
Figura 3. Tanque Superior



**Figura 4.** Bomba de Refrigeración



**Figura 5.** Termo Válvula



**Figura 6.** Ventilador Axial



**Figura 7.** Intercambiador de Calor



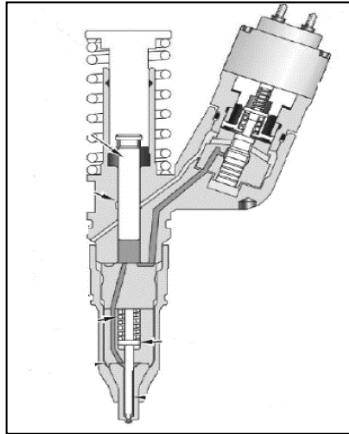
**Tabla 5. Funciones Sistema de Combustible**

SISTEMA COD. 02		SISTEMA DE COMBUSTIBLE: El sistema de combustible alimenta el motor en este caso con diésel, que se requiere para generar energía eléctrica. El sistema trabaja bajo condiciones ambientales de 5°C a 30°C internamente el rango de entrada del combustible es de 55°C máximo. Como interface utiliza un sensor de temperatura del combustible que reporta al sistema de control el cual estará verificando el correcto funcionamiento en caso de fallo se visualizará una alarma en el panel de control.				
ELEMENTOS DE ESTUDIO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFACES (Entradas/Salidas)	FUNCIONES
02.1	INYECTORES UNITARIOS ELECTRONICOS	Presión del Inyector entre 205 a 207 MPa	Condiciones externas no afectan	Figura 8	Señal enviada por el ECM. Aspersión del combustible.	Introduce una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada.
02.2	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Flujo de entrega de 457 litros/hr Presión bomba de combustible 621 kPa Máxima altura de succión en la entrada de la bomba 3 m Máxima presión estática bomba de succión 4 m Temperatura de entrada de combustible no debe ser mayor a 79°C	Trabaja bajo condiciones de temperatura ambiente y máximo a 79°C	Figura 9	Entrada de combustible y Salida de combustible Temperatura entrada de combustible entre 70°C y 79°C	Eleva y mantiene la presión del combustible a 621 kPa Entregar un flujo de 457 L/h
02.3	FILTROS DE COMBUSTIBLE	Filtro Primario para partículas de 10 µm  Filtro Secundario para partículas de 2 µm	Antes de instalar tener en cuenta que no se encuentre con partículas sucio o húmedo.	Figura 10	Entrada de combustible sin filtrar y salida combustible filtrado	Filtrar partículas sólidas con tamaño de 10µm evita que las impurezas del combustible lleguen al motor Filtrar partículas sólidas con tamaño de 2µm separando la humedad del combustible.
02.4	CONDUCTOS DE COMBUSTIBLE	Conducir combustible ACPM	Trabaja con condiciones ambientales y temperaturas de 89°C	Figura 11	Entrada y salida de combustible.	Transportar el fluido combustible a todos los elementos que lo necesiten
02.5	ENFRIADOR DE COMBUSTIBLE	Temperatura de entrada del combustible < a 55°C	Trabaja bajo condiciones de temperatura ambiente y máximo 55°C	Figura 12	Temperatura de entrada y salida de combustible.	Mantener la temperatura del combustible < a 55°C
02.6	TANQUE DE COMBUSTIBLE	Contiene un máximo de 525L de combustible ACPM a presión y Temperatura ambiente	Hermético que no genere corrosión y material particulado	Figura 13	Entrada tapa alimentación de combustible y salida conexión de drenaje de combustible y descarga de	Almacenar el combustible cantidad Max 525 L

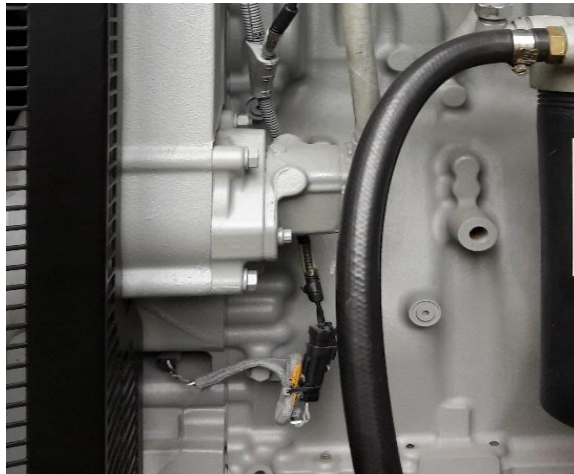
			al combustible.		combustible hacia el motor.	
--	--	--	-----------------	--	-----------------------------	--

## PARTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

**Figura 8.** Inyectores Unitarios Electrónicos



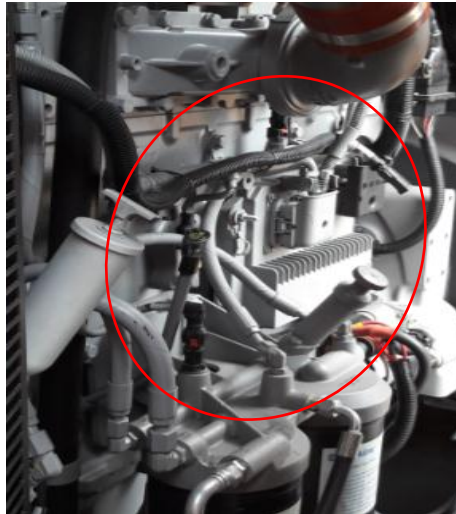
**Figura 9.** Bomba Combustible



**Figura 10. Filtros Combustible**



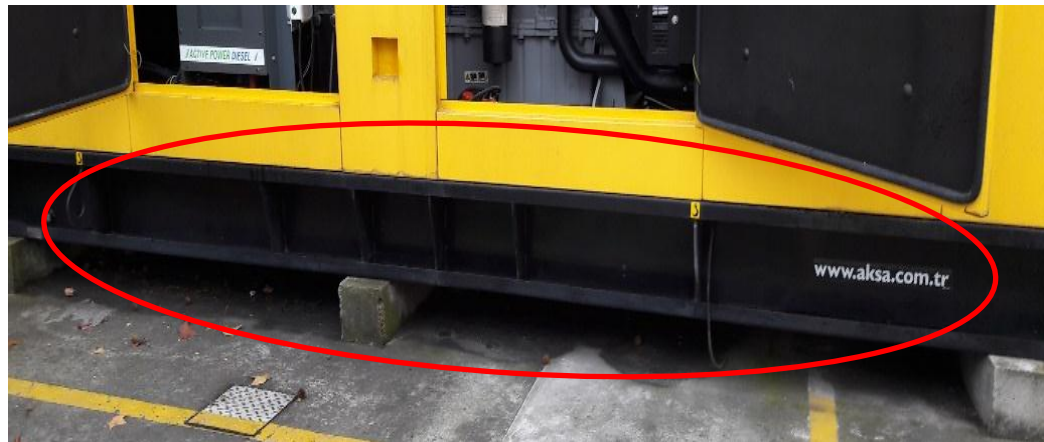
**Figura 11. Conductos de Combustible**



**Figura 12.** Enfriador de Combustible



**Figura 13.** Tanque de Combustible



**Tabla 6. Funciones Sistema de Admisión y Escape**

SISTEMA COD 03		SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE: Escape su función es conducir y evacuar los gases resultantes de la combustión y mantener los niveles de ruido bajo parámetros definidos por el fabricante.				
ELEMENTOS DE ESTUDIO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFACES (Entradas/Salidas)	FUNCIONES	
03.1	VÁLVULA DE ADMISIÓN	Acero especial de alta calidad resistente al calor y corrosión con tolerancia de 0.38 +/- 0.08mm	No está bajo influencias del medio ambiente	Imagen 14	Entrada y salida Movimiento de la leva	Controlar el paso de aire a los cilindros durante la fase de admisión.

03.2	VÁLVULA DE ESCAPE	Aleación de cromo con pequeñas adiciones de níquel, manganeso y nitrógeno con Tolerancias de 0.76 +/- 0.08mm	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 14	Entrada y salida Movimiento de la leva	Permitir el paso de los gases al múltiple de escape durante la fase de descarga.
03.3	POSENFRIADOR	Elemento enfriador aire-aire. Ubicado delante del radiador del motor.	Hermético que no genere corrosión y material particulado al combustible.	Figura 15.	Entrada Aire Caliente 90°C – 120°C Salida Aire a 60°C	Enfriar flujo de aire de salida del motor a menos de 60°C
03.4	PISTON	Aleación de níquel al 36% y hierro fundido al 64% Relación de compresión 16,3:1 Diámetro de 137mm Carrera de 171mm	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 16	Entrada aire combustible Salida gases comprimidos	Succionar y comprimir la mezcla de aire-combustible a 6.8 kPa
03.5	CILINDRO	6 cilindros Verticales en línea Contrapresión máxima 6,8 kPa material metal	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 17	Entrada aire combustible Salida gases comprimidos	Contener la explosión de la mezcla aire combustible durante las fases de admisión, compresión, explosión y descarga a una presión de 6.8 kPa
03.6	FILTRO DE AIRE	Filtro de papel de 18 pulgadas de diámetro Cubierta de plástico Filtración del 99.8% Caída de presión inicial de 3.7 kPa filtro Limpio Caída de presión final de 6.2 KPa.	En el momento de la instalación no debe estar húmedo ni con material particulado	Figura 18	Entra Aire con partículas Salida Aire filtrado al 99.8%	Retener partículas sólidas para evitar que lleguen a las partes internas del motor y produzcan abrasión
03.7	MÚLTIPLE DE ADMISIÓN	Temperatura de aire ingreso de 60°C	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 19	Entrada y salida aire limpio comprimido y enfriado Salida	Distribuye aire limpio comprimido y enfriado a 60°C a las válvulas de admisión.
03.8	MÚLTIPLE DE ESCAPE	Tubo de hierro fundido y tratado con silicación y cromización conduce gases con Temperaturas mayores a 500°C	Alejado de humedad, y de elementos que potencialmente sean inflamables.	Figura 20	Entrada y salida de aire superior a los 500°C	Colectar los gases de escape y conducirlos al turbo.

03.9	TURBOCOMPRESOR	Tamaño de salida del escape (interno) 127 mm de diámetro	Alejado de humedad, y de elementos que potencialmente sean inflamables.	Figura 21	Etapa compresora entrada de aire y salida de aire comprimido. Etapa de gases Entrada y salida de gases.	Comprimir aire y enviarlo a la admisión. Utilizar aire de escape para generar velocidad al compresor de entrada de aire.
------	----------------	--	---	-----------	---	--

## PARTES DEL SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE

**Figura 14.** Válvula de Admisión y Válvula de Escape



**Figura 15.** Posenfriador



**Figura 16. Pistón**



**Figura 17. Cilindro**



Fuente <https://es.wikipedia.org>

**Figura 18.** Filtro de Aire



**Figura 19.** Múltiple de Admisión



**Figura 20.** Múltiple de Escape



**Figura 21.** Turbocompresor



**Tabla 7. Funciones Sistema de Lubricación**

SISTEMA COD. 04		SISTEMA DE LUBRICACIÓN: Su función es evitar el desgaste de las piezas del motor, creando una capa de lubricante entre las piezas, que están siempre rozando. Como interface utiliza un sensor de presión de aceite del motor que reporta al sistema de control el cual estará verificando el correcto funcionamiento en caso de fallo enviará una alarma al panel tomando una acción de control. Deberá trabajar con un aceite multigrado 15W40 con una capacidad de 62L y una T° del aceite de < 114°C				
ELEMENTOS DE ESTUDIO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	(PLANO-DIAGRAMA)	INTERFACES (Entradas/Salidas)	FUNCIONES
04.1	CARTER	Capacidad máxima del tanque 53,0 L	No estar cerca de sitio húmedos y fríos	Figura 22	Entrada y salida de Aceite	Almacenar aceite
		Capacidad mínima del tanque 45,0 L				
		La presión máxima de gases en el cárter es de 276 kPa				
04.2	BOMBA DE ACEITE	Presión de aceite lubricante 420 kPa	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 23	Entrada y salida de aceite. Temperatura máx. 114°C	Suministrar a presión de 61 lb/pulg <sup>2</sup> aceite al sistema de lubricación. Mantener la velocidad de 3,5 L/s en el sistema
		Velocidad de la bomba de aceite y flujo de aceite 3,5 L/s				
04.3	ENFRIADOR DE ACEITE	Temperatura máx. del aceite de 114°C	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 24	Entrada y salida de aceite y refrigerante	Enfriar el aceite lubricante a menos de 114°C
04.4	FILTRO DE ACEITE	Filtro de 30 µm	Antes de ser instalado debe estar libre de partículas y humedad.	Figura 25	Entrada y salida de aceite	Impedir el paso de partículas al sistema de lubricación
04.5	VALVULA DE ALIVIO	Abre a 620 kPa	No está bajo influencias del medio ambiente	Figura 26	Entrada y salida de aceite	Re direccionar el flujo de aceite en caso de una elevada presión en el sistema.

## PARTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION

**Figura 22.** Carter



**Figura 23.** Bomba de Aceite



**Figura 24.** Filtro de Aceite



**Figura 25.** Enfriador de Aceite



**Figura 26.** Válvula de alivio



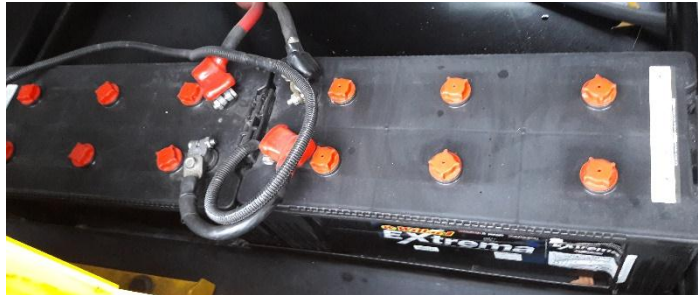
**Tabla 8. Funciones Sistema Eléctrico**

SISTEMA COD. 05		SISTEMA ELECTRICO				
ELEMENTOS DE ESTUDIO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFACES (Entradas/Salidas)	FUNCIONES
05.1	BATERIAS	Tipo de energía 24V tierra negativa.	Humedad controlada	Figura 27	Carga recibida del alternador Salida de alimentación a todo el sistema eléctrico del motor	Acumulador de energía la cual es utilizada para arrancar el motor
		Capacidad de arranque en frio 1250A				
05.2	ALTERNADOR	Alternador Voltaje 24V	Humedad controlada	Figura 28	Movimiento de correa. Carga enviada a las baterías.	Producir suficiente corriente y constante para ser acumuladas por las baterías.
		Salida 70 Amp				
		Tipo 22SI				
05.3	MOTOR DE ARRANQUE	Velocidad mínima 100 rpm	Humedad controlada	Figura 29	Voltaje de entrada 24v Salida movimiento del motor	Generar movimiento suficiente para inicio de marcha del motor.
05.4	CONTROL ECM MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO	Tensión = 24V	Esta pieza está hecha para trabajar sumergida en agua en condiciones extremas.	Figura 30	Entradas Señales de Voltaje, Frecuencia y duración de impulsos provenientes de los sensores Salidas Señales de Voltaje, Frecuencia y duración de impulsos hacia los actuadores.	Controla la sincronización de la inyección. Censa cada una de las condiciones de operación del generador eléctrico. Toma acciones para garantizar la operación del equipo.
05.5	SENSORES	Sensor de Temperatura del refrigerante	Este elemento cuando es un residuo debe ser tratado	Figura 31	Entrada es el contacto con la magnitud a medir. Salidas señales de Voltaje,	Realizar la medición de la magnitud y enviar la información de las
		Sensor de nivel del refrigerante				
		Sensor de posición del árbol de levas				

		Sensor de presión del múltiple de entrada	como REES		Frecuencia y duración de impulsos	condiciones al ECM
		Sensor de Temperatura del combustible				
		Sensor de Temperatura del múltiple de admisión				
		Sensor de presión del aceite del motor				
		Sensor de presión atmosférica				
		Sensor de posición del cigüeñal				

## PARTES DEL SISTEMA DE ELECTRICO

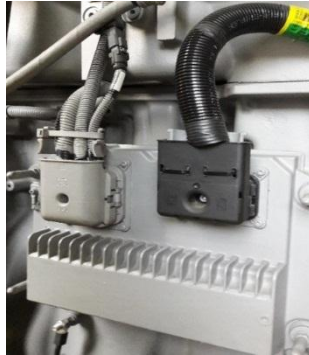
**Figura 27.** Baterías



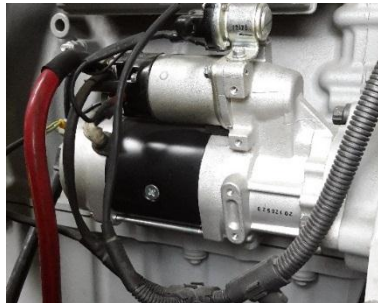
**Figura 28.** Alternador



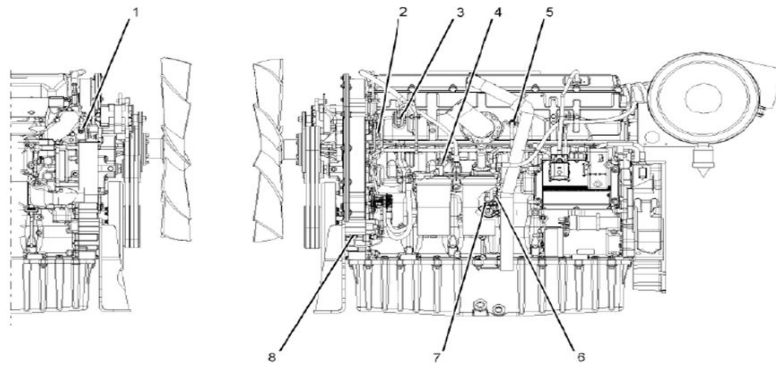
**Figura 29. Módulo ECM**



**Figura 30. Motor de Arranque**



**Figura 31. Sensores**



**Ilustración 5**

Ubicación de los sensores en el Motor 2506-15

- (1) Sensor de temperatura del refrigerante
- (2) Sensor de posición del árbol de levas
- (3) Sensor de presión del múltiple de admisión
- (4) Sensor de temperatura del combustible

- (5) Sensor de temperatura del múltiple de admisión
- (6) Sensor de la presión de aceite del motor
- (7) Sensor de la presión atmosférica
- (8) Sensor de posición del cigüeñal

g01279372

Fuente; Manual Perkins Motor Industrial 2506-15

#### 4.5 ELABORACION DE TABLA DE ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Como parte del desarrollo de la metodología RCM se elaboran y diligencian tablas de Análisis de Modos y Efectos de falla:

**Tabla 9. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Refrigeración**

SISTEMA COD. 01			SISTEMA DE REFRIGERACION		
ITEM FUNCION	DESCRIPCION FALLA FUNCIONAL	Cod. MF	MODO DE FALLA	DESCRIPCION EFECTO DE FALLA	FALLA OCULTA
01.1.1	Incapacidad de almacenar refrigerante	01.1.1A	Tanque fisurado	Falta de refrigerante generando recalentamiento en el motor. Fatiga del material, Se evidencia la falta de refrigerante por el recalentamiento que comienza a sufrir el equipo. Bajo nivel de refrigerante. Por el recalentamiento de partes se pueden llegar a fundir y dañar del todo.	NO
		01.1.1B	Tanque con bajo nivel de refrigerante		
01.1.2	Incapacidad de almacenamiento de refrigerante a Temperatura >104°C	01.1.2A	Tanque con material inapropiado.	Daño de tanque, cuando se evidencia rastro de líquido refrigerante, al quedar el tanque sin refrigerante se elevan las temperaturas causando daño a partes del motor afectando por completo su función.	NO
01.2.1	Bombeo con Presión < 170Kpa	01.2.1A	Sello mecánico desgastado.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO
01.2.2	Bombeo de refrigerante a < 5.3L/s	01.2.2A	Sello mecánico desgastado.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO
		01.2.2B	Carcaza erosionada.		
		01.2.2C	Impeler desgastado o deformado.		
01.3.1	Incapacidad de cerrar a Temperatura < 88°C	01.3.1A	Fuelle con material desgastado.	Trabajo por debajo de la Temperatura de operación. Alto consumo de aceite. Reducción de rendimiento del motor.	SI
		01.3.1B	Válvula obstruida con partículas.		

01.3.2	Incapacidad de abrir a Temperatura > 98°C	01.3.2A	Fuelle con material desgastado.	Trabajo de del motor con Temperatura alta. Alto consumo de aceite. Reducción de rendimiento del motor.	SI
		01.3.2B	Válvula obstruida con partículas		
01.4.1	Incapacidad de Intercambiar Temperatura >=98°C y <=104°C	01.4.1A	Tubería con fuga de refrigerante.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO
		01.4.1B	Laminillas tapadas de polvo.		
		01.4.1C	Ductos con obstrucción interna.		
01.4.2	Área de enfriamiento < 1.238 m2	01.4.2A	Laminillas tapadas.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO
01.4.3	Ø Desfogue < de 6mm Ø	01.4.3A	Desfogue con taponamiento	Presurización en el radiador Ruptura del radiador por alta presión.	NO
		01.4.3B	Manguera con estrangulamiento en su paso.		
01.5.1	Corriente de aire < 654 m3/min	01.5.1A	Correas desgastadas.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO
		01.5.1B	Poleas desgastadas.		
		01.5.1C	Correa distensionada.		
		01.5.1D	Rejillas Ingreso de aire obstruido.		
		01.5.1E	Ventilador con menor número de aspas.		
01.5.2	Número de aspas < 9und	01.5.2A	Aspas dañadas.	Reducción de rendimiento del motor. Alta Temperatura en el motor.	NO

**Tabla 10. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Combustible**

SISTEMA COD 02		SISTEMA DE COMBUSTIBLE:			
ITEM FUNCION N	DESCRIPCIÓN FALLA FUNCIONAL	Cod. MF	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN EFECTO DE FALLA	FALLA OCULTA
02.1.1	Manejo de presión > 207 MPa	02.1.1A	Fuelle de inyector fatigado.	Consumo de combustible se aumenta. Ruptura de pistón.	SI
02.1.2	Manejo de Presión < 205 MPa	02.1.2A	Fuelle de inyector fatigado.	Mala combustión Perdida de eficiencia en motor. Alta Temperatura del motor Presencia de humo negro en los gases de escape.	SI
02.2.1	Presenta Presión < 621 KPa	02.2.1A	Engranajes desgastados	No prende motor.	SI

02.2.2	Altura de succión > 4m	02.2.2A	Instalación deficiente.	Desgaste prematuro en engranaje. Pérdida de eficiencia de la bomba.	SI
02.3.1	Presenta Primera filtración > 10 µm	02.3.1A	Filtro elegido inadecuadamente.	Paso de material particulado > 10 µm generando desgaste en los ductos de conducción.	SI
		02.3.1B	Filtro con fisura.		
02.3.2	Presenta Segunda filtración > 2 µm	02.3.2A	Filtro elegido inadecuadamente.	Paso de material particulado > 2 µm generando desgaste en los ductos de conducción. Posible daño a inyectores.	SI
		02.3.2B	Filtro con fisura.		
02.3.3	Presenta Filtro Secundario < 2 µm	02.3.3A	Filtro elegido inadecuadamente.	Recambio frecuente de filtro Restricción al flujo de combustible. Bajo rendimiento del motor.	SI
		02.3.3B	Filtro con saturación prematura.		
02.4.1	Incapacidad de transportar combustible.	02.4.1A	Ducto obstruido por golpe mecánico.	Restricción al flujo de combustible. Bajo rendimiento del motor. No prende motor.	SI
		02.4.1B	Ducto obstruido por material particulado.		
02.5.1	Presenta Temperatura combustible > a 55°C	02.5.1A	Laminillas tapadas de polvo.	Retorno hacia el tanque combustible caliente.	SI
		02.5.1B	Ducto con obstrucción interna.		
02.6.1	Presenta Almacenamiento < 525L	02.6.1A	Material fisurado.	Pérdida parcial o total del combustible. No prende motor.	NO
		02.6.1B	Tanque con presencia de sedimento		
		02.6.1C	Sensor de nivel dañado.		

**Tabla 11. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Admisión y Escape**

SISTEMA COD 03		SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE			
ITEM FUNCION	DESCRIPCIÓN FALLA FUNCIONAL	Cod. MF	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN EFECTO DE FALLA	FALLA OCULTA
03.1.1	Tolerancia entre válvula > 0.46mm	03.1.1A	Resorte fatigado.	Variación de tiempos del motor Combustión ineficiente. Ruido en el motor. Rendimiento bajo del motor. Se aumenta Consumo de combustible.	SI
		03.1.1B	Asientos de válvula desgastados.		
		03.1.1C	Mala manipulación del técnico.		
03.1.2	Tolerancia entre válvula < 0.3mm	03.1.2A	Mala manipulación del técnico.	Rendimiento bajo del motor. Variación de tiempos del motor Combustión ineficiente. Mezcla aire combustible presente en el sistema de admisión.	SI
		03.1.2B	Recámara de combustión sin hermeticidad.		

03.2.1	Tolerancia entre válvula > 0.84mm	03.2.1A	Resorte Fatigado.	Variación de tiempos del motor Retrasa evacuación de gases de escape. Ruido en el motor. Rendimiento bajo del motor. Se aumenta Consumo de combustible.	SI
		03.2.1B	Asiento desgastado.		
		03.2.1C	Mala manipulación del técnico.		
03.2.2	Tolerancia entre válvula < 0.68mm	03.2.2A	Mala manipulación del técnico.	Variación de tiempos del motor Combustión incompleta. Rendimiento bajo del motor. Se aumenta Consumo de combustible.	SI
		03.2.2B	Recámara de combustión sin hermeticidad.		
03.3.1	Incapacidad de enfriar el aire a <= 60°C	03.3.1A	Laminillas tapadas de polvo.	Ingreso de aire a T° altas. Afectación en la combustión.	SI
		03.3.1B	Ducto con obstrucción por partículas		
03.4.1	Incapacidad de comprimir a 6.8KPa y/o contener la presión	03.4.1A	Cilindro con desgaste.	Menor rendimiento del motor. Combustión ineficiente Aumento de presión en el Carter. Daño a retenedores Aumento de consumo de aceite.	SI
		03.4.1B	Anillos desgastados.		
03.5.1	No contención de la presión a 6.8KPa	03.5.1A	Cilindro con desgaste en sus paredes.	Menor rendimiento del motor. Combustión ineficiente Aumento de presión en el Carter. Daño a retenedores Aumento de consumo de aceite.	SI
03.6.1	Filtro de Ø < 18 pulgadas	03.6.1A	Filtro mal seleccionado.	Saturación prematura. Aumento en la frecuencia de cambio del filtro.	NO
		03.6.1B	Filtro mal instalado.		
03.6.2	Restricción del filtro > 6.2 KPa	03.6.2A	Filtro saturado por partículas.	Disminución de caudal de aire. Combustión incompleta. Alta Temperatura en el motor. Gases de escape se tornan color negro.	NO
03.6.3	Restricción del filtro < 3.7 KPa	03.6.3A	Filtro roto	Ingreso de partículas sólidas al sistema de admisión. Desgaste prematuro de piezas móviles. Menor rendimiento del motor. Combustión ineficiente Aumento de presión en el Carter. Daño a retenedores Aumento de consumo de aceite Gases de escape se tornan color azul.	NO
03.7.1	Suministro de aire > 60°C	03.7.1A	Posenfriador dañado	Afectación a la combustión. Al múltiple de admisión no le pasa nada.	SI

03.8.1	Incapacidad de conducir gases a T° > 500°C	03.8.1A	Empaques del múltiple cristalizados.	Cambio de color No presenta afectación en su funcionamiento.	SI
03.9.1	Incapacidad de comprimir aire y enviarlo a la admisión.	03.9.1A	Alabes frenados mala lubricación.	Mala combustión Alta T° en el motor. Bajo rendimiento del motor.	SI
			Cojinete desgastado		

**Tabla 12. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema de Lubricación**

SISTEMA C0D 04		SISTEMA DE LUBRICACIÓN			
ITEM FUNCION	DESCRIPCION FALLA FUNCIONAL	Cod. MF	MODO DE FALLA	DESCRIPCION EFECTO DE FALLA	FALLA OCULTA
04.1.1	Incapacidad de almacenar aceite	04.1.1A	Material fisurado.	Perdida del nivel de aceite. Mala Lubricación. Desgaste prematuro de piezas móviles. Fundición de piezas.	NO
		04.1.1B	Empaque cristalizado.		
		04.1.1C	Tapón de cárter mala cerrado.		
04.1.2	Almacenamiento < 45 L	04.1.2A	Recipiente con acumulación de partículas.	Mala Lubricación. Desgaste prematuro de piezas móviles. Fundición de piezas.	NO
04.1.3	Presión de gases en el cárter > 276 KPa	04.1.3A	Anillos de cilindros desgastados.	Daño de retenedores. Fugas de aceite por retenedores.	SI
04.2.1	Presión de Aceite lubricante < 420KPa	04.2.1A	Engranajes desgastados.	Desgaste en piezas móviles. Fundición de piezas. Daño en motor.	SI
04.2.2	Trabajo con Velocidad < 3.5 L/s	04.2.2A	Engranajes desgastados.	Desgaste en piezas móviles. Fundición de piezas. Daño en motor.	SI
04.3.1	Incapacidad de enfriar el aceite a < 114°C	04.3.1A	Ductos de refrigerante obstruidos.	Alta Temperatura en aceite. Desgaste en piezas móviles.	SI
04.4.1	Filtración > a 30 µm	04.4.1A	Filtro elegido inadecuadamente.	Desgaste en piezas móviles. Obstrucción de ducteria de lubricación.	NO
04.4.2	Filtración < a 30 µm	04.4.2A	Filtro elegido inadecuadamente.	Restricción al caudal	NO

		04.4.2B	Filtro con saturación prematura.	Aumento de la presión. Daño del filtro.	
04.5.1	Incapacidad de abrir a > 620 Kpa	04.5.1A	Resorte con material fatigado	Sobre presión en el sistema. Daño de filtro. Restricción al movimiento en piezas móviles.	NO
		04.5.1B	Válvula con material desgastado.		

**Tabla 13. Análisis de Modos de Falla y Efectos de Falla Sistema Eléctrico**

Elemento de estudio COD 05		SISTEMA ELECTRICO			
ITEM FUNCION	DESCRIPCION FALLA FUNCIONAL	Cod. MF	MODO DE FALLA	DESCRIPCION EFECTO DE FALLA	FALLA OCULTA
05.1.1	No mantener la energía en 24V DC.	05.1.1A	Celdas de plomo deterioradas.	No prende el motor. Este residuo debe disponerse de acuerdo a la normativa ambiental.	NO
		05.1.1B	Líquido de baterías en bajo nivel.		
05.1.2	No mantener la capacidad de arranque en frio.	05.1.2A	Celdas de plomo deterioradas.	No prende el motor. Este residuo debe disponerse de acuerdo a la normativa ambiental	
		05.1.2B	Líquido de baterías en bajo nivel.		
05.2.1	No producción de carga para las baterías	05.2.1A	Polea con desgaste en sistema de sujeción.	La batería deja de recibir la carga necesaria para dar arranque al motor y alimentar todo el sistema eléctrico.	NO
		05.2.1B	Sistema de regulación de voltaje con desgaste en escobillas.		
		05.2.1C	Estator abierto o en corto circuito.		
		05.2.1D	Rotor abierto o en corto circuito.		
		05.2.1E	Rectificador abierto o en corto circuito.		
05.3.1	No tenga la velocidad min. 100rpm	05.3.1A	Rodamientos frenados.	Imposibilidad de giro libre del motor de arranque, que evita que el motor prenda.	NO
		05.3.1B	Estator abierto o en corto circuito.		
		05.3.1C	Rotor abierto o en corto circuito.		
		05.3.1D	Caja de engranaje con engranajes dañados.		
05.4.1	Tensión menor de 24Vdc	05.4.1A	ECM genera distorsión en entrega de señal a los actuadores.	Inestabilidad en la operación del motor.	NO
05.5.1	Sensado erróneo de la magnitud	05.5.1A	Medición realizada incorrectamente.	Inestabilidad en la operación y funcionamiento de actuadores.	NO

#### 4.6 ELABORACION DE TABLA DE TOMA DE DECISIONES RCM PARA EL MANTENIMIENTO A SEGUIR.

Como parte del desarrollo de la metodología RCM se elaboran y diligencian tablas de Toma de Decisiones para el mantenimiento a seguir:

**Tabla 14.** Toma de decisiones para el mantenimiento RCM

Elemento de estudio COD.01		Toma de Decisiones según sistema analizado		
Cod. MODO FALLA	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA	RECURSOS
01.1.1A	Correr a fallo	Hacer revisión constante del posible cambio de estado del material. Realizar cambio de parte.	A condición	Personal técnico Tanque Herramientas
01.1.1B	Recuperar condiciones	Retirar tapa de radiador y realizar la revisión del nivel para luego su llenado.	Semanalmente	Personal técnico. Refrigerante Herramientas
01.1.2A	A fallo	Realizar cambio de parte.	A condición	Personal técnico. Tanque Herramientas
01.2.1A	Correr a fallo	Desmontar bomba y hacer cambio de parte y comenzar monitoreo para revisión de frecuencia de cambio.	A condición	Personal técnico. Herramientas
01.2.2A	Correr a fallo	Desmontar bomba y hacer cambio de parte y comenzar monitoreo para revisión de frecuencia de cambio.	A condición	Personal técnico. Herramientas
01.2.2B	Correr a fallo	Comprar nueva bomba	A condición	Personal técnico. Bomba Herramientas
01.2.2C	Cambio de parte	Comprar nueva bomba	A condición	Personal técnico. Bomba Herramientas
01.3.1A	Cambio de parte	Reposición de parte	Cada 3000 horas de servicio o cada 2 años	Personal técnico. Termostato Herramientas
01.3.1B	Recuperar condiciones	Poner a recircular el refrigerante por todo lo ductos por un tiempo de 30 min. Para luego ser drenado.	A condición	Personal técnico. Refrigerante Herramientas
01.3.2A	Cambio de parte	Reposición de parte	Cada 3000 horas de servicio o cada 2 años	Personal técnico. Termostato Herramientas

01.3.2B	Recuperar condiciones	Poner a recircular el refrigerante por todo lo ductos por un tiempo de 30 min. Para luego ser drenado.	A condición	Personal técnico. Refrigerante Herramientas
01.4.1A	Cambio de partes	Cambio de manguera, abrazaderas, empaquetaduras en caso de ser necesario.	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Manguera, ductos Herramientas
01.4.1B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Lavado de intercambiador con agua a presión.	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Herramientas
01.4.1C	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Lavado por la tubería para realizar limpieza	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Herramientas
01.4.2A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Agua a presión con desengrasante	500 horas de servicio o cada 6 meses	Personal técnico. Herramientas
01.4.3A	Cambio de pieza	Realizar el cambio de la manguera por una de iguales características resistente a la T°	A condición	Personal técnico. Manguera, ductos Herramientas
01.4.3B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Realizar revisión y ajuste físico para permitir el paso libre del refrigerante.	A condición	Personal técnico. Herramientas
01.5.1A	Cambio de parte	Desmote de ventilador des tensión de poleas y retiro de correas desgastadas e instalación de las nuevas.	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Correa Herramientas
01.5.1B	Cambio de parte	Desmote de ventilador, des tensión de poleas y retiro de poleas desgastadas e instalación de las nuevas.	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Polea Herramientas
01.5.1C	Ajuste	Desajuste de tuerca de seguridad y ajuste por medio de tornillo sinfín a polea móvil dando ajuste a la correa.	Cada 500 horas de servicio, cada 6 meses o por condición	Personal técnico. Herramientas
01.5.1D	Limpieza	Retiro con agua presión de partículas	A condición	Personal técnico. Herramientas
01.5.1E	Cambio de parte	Cambio de ventilador por parte nueva.	A condición	Personal técnico. Ventilador Herramientas
01.5.2A	Cambio de parte	Cambio de ventilador por parte nueva.	A condición	Personal técnico. Ventilador Herramientas
02.1.1A	Cambio de partes	Realizar el cambio de la parte afectada por la misma referencia	A condición	Personal técnico. Inyector

				Herramientas
02.1.2A	Búsqueda de fallas	Conectar accesorios de medición para compararlos con las medidas ideales reemplazo de bomba	A condición	Personal técnico. Herramientas
02.2.1A	Correr a falla o OPERAR hasta que falle	Hacer reemplazo de parte	A condición	Personal técnico. Bomba de combustible Herramientas
02.2.2A	Rediseño	Modificar instalaciones a altura inferior a 3m	A condición	Personal técnico. Materiales para el cambio. Herramientas
02.3,1A	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible 10 $\mu$ m Herramientas
02.3.1B	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible de 10 $\mu$ m Herramientas
02.3.2A	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible de 2 $\mu$ m Herramientas
02.3.2B	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible de 2 $\mu$ m Herramientas
02.3.3A	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible de 2 $\mu$ m Herramientas
02.3.3B	Cambio de parte	Retiro de filtro inadecuado e instalación de filtro correcto.	Cada 12 meses	Personal técnico. Filtro de combustible de 2 $\mu$ m Herramientas
02.4.1A	Cambio de parte	Reemplazo de parte afectada	A condición	Personal técnico. Ducto o manguera dependiendo la parte Herramientas

02.4.1B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Realizar limpieza con equipo de sondeo	Por condición	Personal técnico. Herramientas
02.5.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Lavado con agua a presión y desengrasante.	Cada 500 horas o seis meses.	Personal técnico. Herramientas
02.5.1B	Búsqueda de fallas	Limpieza con equipo de sondeo	Por condición	Personal técnico. Herramientas
02.6.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Desocupar tanque y realizar reparación con soldadura	Por condición	Personal técnico. Herramientas
02.6.1B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Desocupar tanque y realizar filtrado de combustible y limpieza de tanque	Por condición	Personal técnico. Herramientas
03.1.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Ajuste de con galgas holgura de válvulas	Cada 500 horas	Personal técnico. Herramientas
03.1.1B	Cambio, de partes	Retiro de juego de válvulas	20.000 horas o por condición	Personal técnico. Válvula de admisión Herramientas
03.1.1C	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas	Personal técnico. Herramientas
03.1.2A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas	Personal técnico. Herramientas
03.1.2B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas o por condición.	Personal técnico. Herramientas
03.2.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Ajuste de con galgas holgura de válvulas	Cada 500 horas	Personal técnico. Herramientas
03.2.1B	Cambio, de partes	Cambio de válvulas	Cada 20.000 o por condición	Personal técnico. Válvula De escape Herramientas
03.2.1C	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas	Personal técnico. Herramientas
03.2.2A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas o por condición.	Personal técnico. Herramientas
03.2.2B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Nuevo Ajuste de válvulas	500 horas o por condición.	Personal técnico. Herramientas
03.3.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Lavado con agua a presión y desengrasante.	Cada 500 horas o seis meses.	Personal técnico. Herramientas
03.3.1B	Búsqueda de fallas	Limpieza con equipo de sondeo	Por condición	Personal técnico. Herramientas
03.4.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de pistón	Por condición	Personal técnico. Cambio de pistón Herramientas

03.4.1B	Cambio, de partes	Reemplazo de juego de anillos en los 6 pistones	Por condición	Personal técnico. Juego de anillos Herramientas
03.5.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de juego de los 6 cilindros	Por condición	Personal técnico. Juego de anillos Herramientas
03.6.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de filtro por uno adecuado	Por condición	Personal técnico. Filtro Herramientas
03.6.1B	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Instalación adecuada del filtro	Por condición o cada 6 meses.	Personal técnico. Herramientas
03.6.2A	Monitoreo en línea	Reemplazo de filtro por uno nuevo	Por condición o anual	Personal técnico. Filtro necesario Herramientas
03.6.3A	Cambio, de partes	Reemplazo de filtro por uno nuevo	Por condición	Personal técnico. Cambio de Filtro Herramientas
03.7.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de posenfriador Por condición	Por condición	Personal técnico. Cambio posenfriador Herramientas
03.8.1A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Reemplazo de empaques del múltiple	Por condición	Personal técnico. Cambio empaques Herramientas
03.9.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de turbo compresor	Por condición o cada 3000 horas.	Personal técnico. Cambio Turbo compresor Herramientas
04.1.1A	Cambio, de partes	Reemplazo de parte	Por condición.	Personal técnico. Carter Herramientas
04.1.1B	Cambio de partes	Cambio de empaque	Por condición o intervención.	Personal técnico. Empaque Herramientas
04.1.1C	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Retoque del tapón.	Cada 500 horas o anual.	Personal técnico. Herramientas
04.1.2A	Reacondicionamiento, recuperar condiciones	Drenar carter y hacer limpieza de sedimento.	Por condición.	Personal técnico. Herramientas
04.1.3A	Cambio, de partes	Reemplazo de anillos de pistones 6 unidades	Por condición o 2000 horas	Proveedor Herramientas
04.2.1A	Cambio, de partes	Cambio de bomba	Por condición	Personal técnico. Bomba Herramientas
04.2.2A	Cambio, de partes	Cambio de bomba	Por condición	Personal técnico. Bomba Herramientas
04.3.1A	Búsqueda de fallas	Realizar limpieza con equipo de sondeo	Por condición	Personal técnico. Herramientas

04.4.1A	Cambio, de partes	Reemplazar por el filtro adecuado	Por condición	Personal técnico. Filtro Herramientas
04.4.2A	Cambio, de partes	Reemplazar por el filtro adecuado	Por condición	Personal técnico. Filtro Herramientas
04.4.2B	Cambio, de partes	Reemplazar filtro	Cada año o cada 500 horas	Personal técnico. Filtro Herramientas
04.5.1A	Cambio, de partes	Reemplazar sistema de válvula de alivio	Por condición	Personal técnico. Válvula de alivio Herramientas
04.5.1B	Cambio, de partes		Por condición	Personal técnico. Válvula de alivio Herramientas
05.1.1A	Cambio de partes	Cambio de baterías con celdas afectadas.	Por condición	Personal técnico. 2 und. Baterías 12v Herramientas
05.1.1B	Recuperar condiciones y monitoreo en línea	Adición agua destilada hasta completar nivel	Semanalmente	Personal técnico. Agua destilada. Herramientas
05.1.2A	Cambio de partes	Cambio de baterías con celdas afectadas.	Por condición	Personal técnico. 2 und. Baterías 12v Herramientas
05.1.2B	Recuperar condiciones y monitoreo en línea	Adición agua destilada hasta completar nivel	Semanalmente	Personal técnico. Agua destilada. Herramientas
05.2.1A	Cambio de partes	Realizar reemplazo de polea	Por condición	Personal técnico. Polea. Herramientas
05.2.1B	Recuperar condiciones	Desinstalar e instalar regulador de voltaje nuevo	Correr a falla	Personal técnico. Regulador de voltaje. Herramientas
05.2.1C	Cambio de parte	Despiece de alternador y reemplazo del, estator	Por condición	Personal técnico. Estator. Herramientas
05.2.1D	Cambio de parte	Despiece de alternador y reemplazo del, rotor	Por condición	Personal técnico. Rotor Herramientas
05.2.1E	Cambio de parte	Despiece de alternador y reemplazo del, rectificador	Por condición	Personal técnico. Rectificador Herramientas

05.3.1A	Reacondicionamiento	Despiece del motor de arranque y reemplazo de rodamientos por uno de las mismas especificaciones.	A falla	Personal técnico. Rodamiento Herramientas
05.3.1B	Cambio de parte	Despiece del motor de arranque y reemplazo del, estator	Por condición	Personal técnico. Estator. Herramientas
05.3.1C	Cambio de parte	Despiece del motor de arranque y reemplazo del, rotor	Por condición	Personal técnico. Rotor Herramientas
05.3.1D	Cambio de parte	Despiece del motor de arranque y reemplazo de la caja de engranajes.	A falla	Personal técnico. Caja de engranajes. Herramientas
05.4.1A	Recuperación de condiciones	Realizar una inspección total del sistema eléctrico hasta corregir la pérdida de tensión.	A condición	Personal técnico. Herramientas
05.5.1A	Cambio de parte	Identificar sensor con medida errónea y reemplazarlo por uno nuevo.	A falla	Personal técnico. Sensor Herramientas

#### 4.7 ANALISIS DE RESULTADOS EN TABLA DE TOMA DE DECISIONES RCM

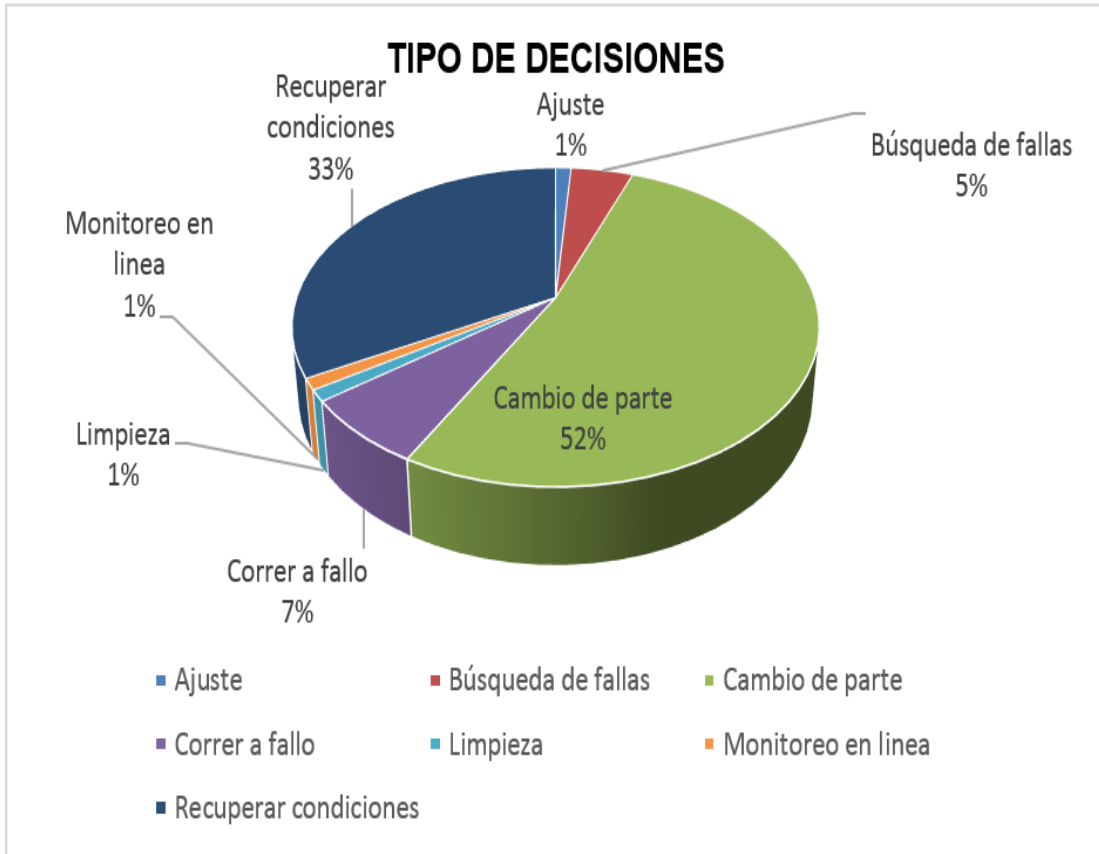
El mantenimiento realizado a los Generadores Eléctricos de Desarrolladora de Zonas Francas se maneja con mantenimientos preventivos y todas sus partes consumibles cada 6 meses son cambiadas.

Analizando la anterior tabla de Toma de Decisiones para el Mantenimiento y para optimizar el Plan de Mantenimiento Actual, las intervenciones que se le debe realizar a los generadores se podrán manejar de la siguiente manera:

**Tabla 15. Tipo de Decisiones**

Ajustes	Limpieza	Monitoreo en línea	Búsqueda de fallas	Correr a fallo	Recuperar condiciones	Cambio de parte
1	1	1	4	6	29	46

**Figura 32. Tipo de Decisiones**

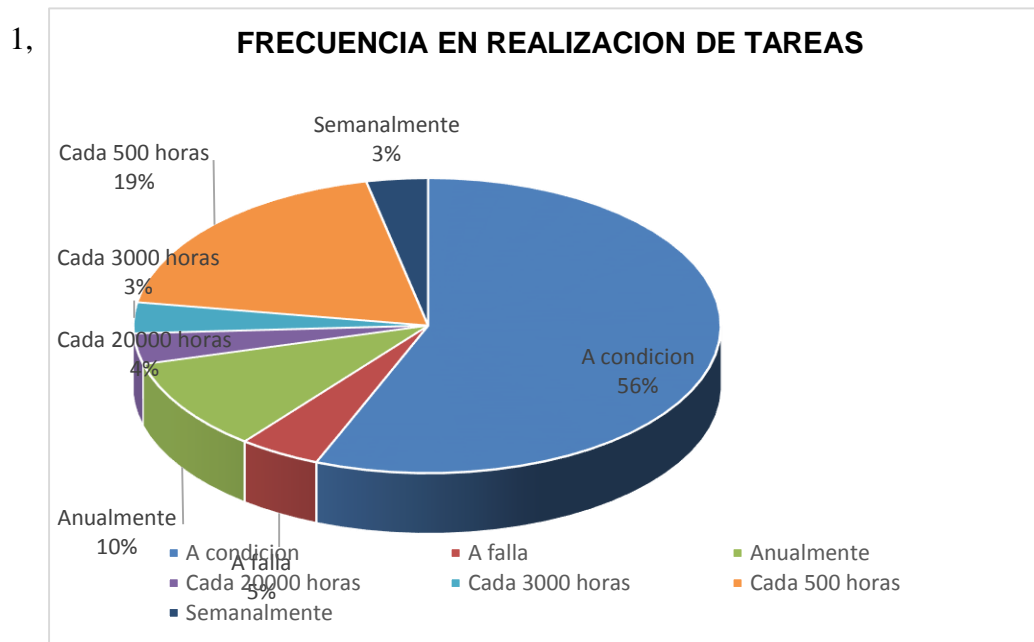


Teniendo en cuenta las frecuencias planteadas en la tabla de Toma de Decisiones para el Mantenimiento RCM, estas frecuencias se podrán estimar según el horómetro que los generadores manejan para cumplir con lo sugerido por la metodología RCM y de esa forma se podrá optimizar el plan de mantenimiento.

**Tabla 16. Frecuencia en Realización de Tareas**

A condición	A falla	Anualmente	Cada 2000 horas	Cada 3000 horas	Cada 500 horas	Semanalmente
50	4	9	3	3	17	3

**Figura 33. Frecuencia de Realización de Tareas**



## 5. CONCLUSIONES

Se realizó el inventario de los equipos generadores de energía de cada cliente recopilando, ficha técnica de los fabricantes, Manual de Operación y Mantenimiento, Manual de operación del Sistema Pruebas y Ajustes, Manual de Datos Técnicos y hojas de vida.

Al elaborar el inventario de cada uno de los generadores eléctricos y con la experiencia de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo, se evidencio que la tecnología al igual que la ingeniería de la estructura y partes no hacen una diferencia marcada, lo que llevó a concluir que se puede aplicar la misma metodología RCM para los dos equipos generadores de energía.

A través del desarrollo de la metodología RCM, con la conformación del grupo de trabajo, se logró establecer:

- Las funciones realizadas por cada uno de los subsistemas del generador.
- Se establecieron los modos de fallo
- Se establecieron las decisiones a tomar para cada evento de fallo.
- Se definieron frecuencias y descripción de tareas.

Los desarrollos de estas actividades dieron como resultado la optimización del plan de mantenimiento.

Haciendo una revisión de la Tabla de Toma de Decisiones para el Mantenimiento y comparando con lo que actualmente se realiza en cada Generador Eléctrico, observamos la optimización de recursos, pues las frecuencias dadas para la realización de las tareas y por los tiempos de uso de los equipos, hará que el costo beneficio se vaya a ver reflejado en el presupuesto, pues el cambio de sus

consumibles es un poco más espaciado, lo que hace que el presupuesto destinado para estos equipos se pueda invertir en las mejoras que se necesiten.

## BIBLIOGRAFIA

BOHORQUEZ Humberto Daniel y GONZALEZ Andrea, Propuesta del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la operación de un taladro de perforación de una empresa del sector minero en Antioquia. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Bucaramanga: 2015, 324 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Medellín: Alfaomega Colombia S.A, 2009. p. 443-451. ISBN 978-958-682-769-0

MOUBRAY, John Mitchell. Reliability- Centered maintenance. Alladon: Industrial Press Inc., 1992. ISBN 0-8311-3078-4

PISTARELLI Alejandro, Manual de Mantenimiento – Ingeniería Gestión y Organización, [ En línea]. Disponible en: <http://www.pistarelli.com.ar/>

TORRES, Leandro. Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Alfaomega, 2015.

## ANEXOS

### Anexo A. Matriz De Riesgos

La matriz de riesgos es una herramienta de gestión que permite identificar peligros y evaluar los riesgos asociados a los procesos de cualquier organización. Entendiéndose por peligro cualquier acto o situación que puede derivar en hechos negativos en el lugar de trabajo. A su vez, el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se materialice un peligro y de las consecuencias que puede implicar<sup>26</sup>. La matriz de riesgos es una herramienta esencial para la empresa, y en este caso para ser aplicado a los posibles peligros derivados del mal funcionamiento de partes o piezas de un equipo, para permitir identificar, evaluar y controlar de un modo permanente los riesgos de accidentes y enfermedades del trabajo que se puedan generar, para tomar decisiones por medio de la priorización de las situaciones más críticas.

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrofico	1	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M-10M	Nacional	Critico	2	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M-1M	Regional	Marginal	3	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M-.05M	Local	Insignificante	4	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ninguno	Ninguno	5	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

Fuente: Tomada del Curso Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM UIS Ing. PLATA ORTIZ, Daniel

<sup>26</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional NTC-OHSAS 18001, 2009 13 p.

## Anexo B. Tabla de matriz de Riesgos

Elemento de estudio		EVALUACIÓN DE RIESGOS SISTEMAS DEL GENERADOR ELÉCTRICO			
ITEM	RIESGO AMBIENTAL	RIESGO HUMANO	RIESGO ECONÓMICO	RIESGO IMAGEN	CONSECUENCIA
01.1	E4	D4	B4	E4	
01.2	E4	D4	D3	D4	
01.3	C5	C4	D4	D2	
01.4	D4	E4	C3	E4	
01.5	E5	C2	A4	D4	
02.1	E4	E4	D2	E4	
02.2	D4	D4	C3	D4	
02.3	D2	F4	E4	D4	
02.4	C4	C5	C4	E5	
02.5	D4	E4	C3	E5	
02.6	E4	E4	A3	E4	
03.1	C4	C5	C3	C5	
03.2	C4	C5	C3	C5	
03.3	C5	E3	C3	E4	
03.4	C4	C5	B2	C5	
03.5	D4	C5	B2	D4	
03.6	E3	E4	E5	E4	
03.7	D5	E5	A3	E4	
03.8	D5	E5	A3	E4	
03.9	E4	E3	C3	E4	
04.1	E3	E4	A4	E4	
04.2	D4	D5	C3	E4	
04.3	E3	D5	C3	D5	
04.4	D4	E4	E5	E4	
04.5	D4	E4	C4	E4	
05.1	D2	C2	D3	E4	
05.2	E5	E5	D4	E5	
05.3	D4	D4	C3	E5	
05.4	C4	C5	A2	D5	
05.5	D4	D5	C4	D5	



SSBU8313  
Julio 2006  
(Traducción: Agosto 2006)

# Manual de Operación y Mantenimiento

---

## **Motor Industrial 2506-15**

---

MGA [Motor]  
MGB [Motor]  
MGD [Motor]

---

This document has been printed from SPI<sup>2</sup>. Not for Resale

**Anexo D. Manual de localización y Solución de problemas motor industrial  
2506-15**



KSNR6224  
Julio 2006  
(Traducción: Agosto 2006)

# Localización y Solución de Problemas

---

## **Motor Industrial 2506-15**

---

MGA (Motor)  
MGB (Motor)  
MGD (Motor)

---

This document has been printed from SPI<sup>2</sup>. Not for Resale

**Anexo E. Manual de operación de Sistemas Pruebas y Ajustes Motor Industrial 2506-15**



KSNR6231  
Julio 2006  
(Traducción: Agosto 2006)

# Operación de Sistemas Pruebas y Ajustes

---

## **Motor Industrial 2506-15**

---

MGA (Motor)  
MGB (Motor)  
MGD (Motor)

---

This document has been printed from SPI<sup>2</sup>. Not for Resale

## Anexo F. Technical Data 2506D-E15TAG2



# Technical Data

## 2500 Series

## 2506D-E15TAG2

Diesel Engine - ElectropaK

### Basic technical data

Number of cylinders .....	6
Cylinder arrangement .....	Vertical, In-line
Cycle .....	4 stroke
Induction system .....	turbocharged, air to air charge cooling
Combustion system .....	direct injection
Compression ratio .....	16:1
Bore .....	137 mm
Stroke .....	171 mm
Cubic capacity .....	15,2 litres
Direction of rotation .....	anti-clockwise viewed on flywheel
Firing order (cylinder 1 furthest from flywheel) .....	1, 5, 3, 6, 2, 4

### Total weight of ElectropaK

-dry (engine only) .....	1799 kg
-wet .....	1880 kg

### Overall dimensions of ElectropaK

-height .....	1718 mm
-length .....	2657 mm
-width .....	1120 mm

### Moments of inertia (mk<sup>2</sup>)

Engine .....	2.3291 kgm <sup>2</sup>
Flywheel .....	1.96355 kgm <sup>2</sup>

### Performance

Note: All data based on operation to ISO 3046/1, BS5514 and DIN 6271 standard reference conditions.

### Cyclic irregularity

Engine / flywheel maximum: .....	1:60
----------------------------------	------

### Ratings

Steady state stability at constant speed. .... ± 0.25%  
Electrical ratings are based on average alternator efficiency and are for guidance only (0.8 power factor being used).

### Operating point

Engine speed .....	1500 rev/min
Cooling water maximum exit temperature .....	< 107°C

### Fuel data

To conform to .....

### Test conditions

-air temperature .....	25°C
-barometric pressure .....	100 kPa
-relative humidity .....	30%
-air inlet restriction at maximum power (nominal) .....	2,5 kPa
-exhaust back pressure at maximum power (nominal) .....	6,0 kPa
-maximum fuel temperature (inlet pump) .....	40°C

Note: If the engine is to operate in ambient conditions other than those of the test conditions, suitable adjustments must be made for these changes. For full details, contact Perkins Technical Service Department.

For test conditions relevant to data on load acceptance, refer to page 13.

### Sound level

Estimated sound pressure at 1 metre .....	107.5 dB(A)
---	-------------

## Anexo G. Technical Data 2206A-E13TAGG2



# Technical Data 2200 Series

# 2206A-E13TAG2 2206A-E13TAG3

## Electropak

### Basic technical data

Number of cylinders	6
Cylinder arrangement	vertical in-line
Cycle	4 stroke
Induction system	turbocharged, air-to-air charge cooling
Combustion system	direct injection diesel
Compression ratio	16,3:1
Bore	130 mm
Stroke	157 mm
Cubic capacity	12,5 litres
Direction of rotation	anticlockwise when viewed from flywheel
Firing order (number 1 cylinder furthest from flywheel)	1-5-3-6-2-4
Estimated total weight of Electropak (dry)	1478 kg
Estimated total weight of Electropak (wet)	1582 kg

### Overall dimensions - Electropak

-height	1725 mm
-length (air cleaner fitted)	2410 mm
-width	1120 mm

### Moments of inertia (mk<sup>2</sup>)

Engine	1,36 kgm <sup>2</sup>
Flywheel	1,41 kgm <sup>2</sup>

### Centre of gravity

Forward of rear face of cylinder block	650 mm
Above crankshaft centre line	250 mm

### Cyclic irregularity

-1500 rev/min	1,54
-1800 rev/min	1,82

### Performance

**Note:** All data based on operation to ISO 3046-1, BS5514 AND DIN 6271 standard reference conditions.

All data based on 42584 MJ/kg calorific value for diesel conforming to specification BS2869 ClassA2  
All ratings certified to within  $\pm 3\%$   
Steady state speed capability at constant load - G2  $\pm 0,25\%$

### Test conditions

-air temperature	25 °C
-barometric pressure	100 kPa
-relative humidity	30 %
-air inlet restriction at maximum power (nominal)	2,5 kPa
-exhaust back pressure at maximum power (nominal)	6,8 kPa
-fuel temperature (inlet pump)	40 °C

### Sound level

Sound pressure level (exhaust piped away, cooling pack and air cleaner fitted)

-1500 rev/min	102 dB(A)
-1800 rev/min	104,6 dB(A)

If the engine is to operate in ambient conditions other than those of the test conditions, suitable adjustments must be made for these changes. For full details, contact Perkins Technical Service Department.

**Emissions capability:** All 2206A ratings are to 'best fuel consumption' and do not comply to Harmonised International regulation Emission Limits.

### General installation - 2206A-E13TAG2

Designation	Units	Prime	Standby	Prime	Standby
		50Hz @ 1500 rev/min		60Hz @ 1800 rev/min	
Gross engine power	kWb	324,2	368,4	373,4	406,5
Brake mean effective pressure	kPa	2061	2355	1984	2171
Combustion air flow (at rated speed)	m <sup>3</sup> /min	21,3	23,6	27,4	29,0
Exhaust gas flow (Max.)	m <sup>3</sup> /min	56,6	64,8	67,5	73,5
Exhaust gas mass flow	kg/min	25,1	27,8	32,6	34,5
Exhaust gas temperature (turbocharger outlet)	°C	630	630	630	660
Boost pressure ratio		2,8	3,2	3,1	3,4
Overall thermal efficiency (nett)	%	41,3	40,8	40,7	40,3
Typical genset electrical output (0.8pf 25 °C)	kWe	280	320	320	350
	kVA	350	400	400	438
Assumed alternator efficiency	%	92		92	
<b>Energy balance</b>					
Energy in fuel	kWt	739,9	854,1	857,0	945,7
Energy in power output (gross)	kWb	324,2	368,4	373,4	406,5
Energy to additional losses	kWb	4,9	5,5	5,6	6,1
Energy to cooling fan	kWm	14		19	
Energy in power output (nett)	kWt	305,3	348,9	348,8	381,4
Energy to exhaust	kWt	213,2	245,3	244,7	273,7
Energy to coolant and lubricating oil	kWt	113,5	128,5	130,2	139,5
Energy to charge cooler	kWt	64,8	79,7	68,4	76,5
Energy to radiation	kWt	24,1	32,2	40,3	49,5

## Anexo H. Ficha técnica ASKA generador eléctrico.



APD440P-6

Perkins



POWER  
YOUR  
FUTURE

440kVA / 352 kW  
POWERED by PERKINS

DIESEL GENERATING SET 480/277V, 440/254V, 380/220V, 220/127V-60 Hz

MODEL			APD440P-6
Power Pf. 0.8	Standby	kVA	440
		kW	352
	Prime	kVA	400
		kW	320

Standby: Continuous running at variable load for duration of an emergency. No overload is permitted on these ratings. In accordance with ISO 3046.

Prime: Continuous running at variable load for unlimited periods with 30% overload available for 1 hour in any 12 hour period. In accordance with ISO 8528/ISO 3046.

- ✓ High quality, reliable and complete power unit
- ✓ Compact design
- ✓ Easy start and maintenance possibility
- ✓ Every generating set is subject to a comprehensive test program which includes full load testing, checking and provision of all control and safety shut down functions testing
- ✓ Fully engineered with a wide range of options and accessories: Canopy, sound proof canopy and on-road trailer



Manufacturer reserves the right to make changes in model, technical specifications, color, equipment and accessories without prior notice.

www.aksapowergen.com

# Anexo I. Ficha técnica grupo electrógeno MP-400 MODASA

## Grupo Electrónico MP-400



MODELO	POTENCIA		VOLTAJE	FRECUENCIA	FACTOR DE POTENCIA	AMPERAJE
	PRIME	STAND BY				
MP-400	356 Kw/445 KVA	400 Kw/500 KVA	208V	60Hz	0.8	1388 A
MP-400	356 Kw/445 KVA	408 Kw/508 KVA	440V	60Hz	0.8	888 A
MP-400	357 Kw/447 KVA	408 Kw/510 KVA	480V	60Hz	0.8	814 A



GRUPO ELECTRÓGENO INSONORO



GRUPO ELECTRÓGENO ABIERTO

\* Nota: Imágenes referenciales, pueden variar dependiendo de los accesorios

### Datos Técnicos

#### Grupo Electrónico

Modelo	MP-400	
Motor	Perkins 2206A-E13TAG6	
Alternador	STAMFORD HCI 434F	
Módulo de control	Electrónico	
Fases	Trifásico	
Tanque combust. abierto/insonoro	213 Galones / 260 Galones	
Sistema Eléctrico	24V	
Frecuencia	50Hz	
Radiador flujo aire	788 m <sup>3</sup> /min	654 m <sup>3</sup> /min
Combustión flujo aire	29.00 m <sup>3</sup> /min	22.00 m <sup>3</sup> /min
Gases de escape flujo	84.30 m <sup>3</sup> /min	66.90 m <sup>3</sup> /min
Temperatura gases escape	680°C	630°C

Nivel de Ruido G.E.	Máximo	Ambiente
Insonoro @ 7m	76 +/- 2 dBA	54 dBA

#### Motor

Número de cilindros	6 En Línea
Sistema de Gobernación	Electrónica
Ciclo	4 Tiempos
Aspiración	Turbocargador post enfr.
Combustible	Diesel
Sist. Combustión	Inyección directa
Sist. Enfriamiento	Agua
Diámetro pistón	130.00 mm
Desplazamiento pistón	157.00 mm
Capacidad	12500cc
Relación compresión	16.3:1
Cap. Sist. Lubricación	40.00 litros
Cap. Sist. Refrigeración	51.40 litros

#### Consumo de Combustible

Velocidad del motor	1800 RPM	1500 RPM
	L/h	L/h
Potencia Stand by (2)	102.00	83.00
Potencia Prime (1)	91.00	75.00
75% Potencia Prime (1)	69.00	57.00
50% Potencia Prime (1)	48.00	40.00

#### Alternador

Aislamiento	Clase "H"
Sistema de excitación	Separada
Tarjeta reguladora voltaje	MX341 +/- 1%
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

(1) Potencia Prime: Potencia disponible con carga variable durante un número limitado de horas al año (ISO8528-1). Acepta sobrecargas de 10% más d e la potencia por una hora cada 12 horas.

(2) Potencia Stand By: Potencia disponible con carga variable para el caso en que la red comercial falle. No acepta sobrecargas (ISO8528-3); tiene un límite de uso de 500 horas anuales o 300 horas continuas.



# Anexo J. Ficha Técnica Modulo de control DSE7310/20



## DSE7310/20 AUTO START & AUTO MAINS FAILURE CONTROL MODULES

### FEATURES



The DSE7310 is an Auto Start Control Module and the DSE7320 is an Auto Mains (Utility) Failure Control Module suitable for a wide variety of single, diesel or gas, gen-set applications.

Monitoring an extensive number of engine parameters, the modules will display warnings, shutdown and engine status information on the back-lit LCD screen, illuminated LEDs, remote PC and via SMS text alerts (with external modem).

The DSE7320 will also monitor the mains (utility) supply. The modules include USB, RS232 and RS485 ports as well as dedicated DSENet® terminals for system expansion.

Both modules are compatible with electronic (CAN) and non-electronic (magnetic pick-up/alternator sensing) engines and offer an extensive number of flexible inputs, outputs and extensive engine protections so the system can be easily adapted to meet the most demanding industry requirements.

The extensive list of features includes enhanced event and performance monitoring, remote communications, PLC functionality and dual mutual standby (DSE7310 only) to reduce engine wear.

The modules can be easily configured using the DSE Configuration Suite PC software. Selected front panel editing is also available.

### ENVIRONMENTAL TESTING STANDARDS

#### ELECTRO-MAGNETIC COMPATIBILITY

BS EN 61000-6-2  
EMC Generic Immunity Standard for the Industrial Environment  
BS EN 61000-6-4  
EMC Generic Emission Standard for the Industrial Environment

#### ELECTRICAL SAFETY

BS EN 60950  
Safety of Information Technology Equipment, including Electrical Business Equipment

#### TEMPERATURE

BS EN 60068-2-1  
Alt/Ae Cold Test -30 °C  
BS EN 60068-2-2  
Bb/Bc Dry Heat +70 °C

#### VIBRATION

BS EN 60068-2-6  
Ten sweeps in each of three major axes  
5 Hz to 8 Hz @ +/-7.5 mm,  
8 Hz to 500 Hz @ 2 gn

#### HUMIDITY

BS EN 60068-2-30  
Dc Damp Heat Cyclic 20/95 °C  
@ 95% RH 48 Hours  
BS EN 60068-2-78  
Cab Damp Heat Static 40 °C  
@ 93% RH 48 Hours

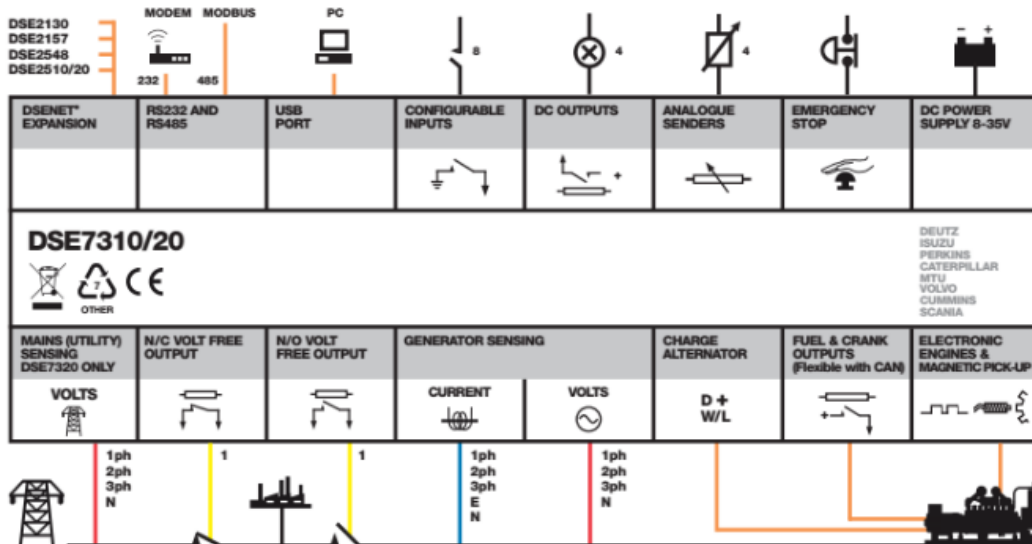
#### SHOCK

BS EN 60068-2-27  
Three shocks in each of three major axes  
15 gn in 11 ms

#### DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES

BS EN 60529  
IP65 - Front of module when installed into the control panel with the supplied sealing gasket.

### COMPREHENSIVE FEATURE LIST TO SUIT A WIDE VARIETY OF GEN-SET APPLICATIONS



ISSUE 6

