



**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL
SISTEMA DE PLANTAS ELÉCTRICAS EN EL TERMINAL DE TRANSPORTE DE
NEIVA S.A.**

LUIS EDUARDO BARÓN VALENCIA

20451923983

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y

Biomédica Neiva, Colombia

2022

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL
SISTEMA DE PLANTAS ELÉCTRICAS EN EL TERMINAL DE TRANSPORTE DE NEIVA
S.A.

LUIS EDUARDO BARÓN VALENCIA

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al
título de

Ingeniero Mecánico

Director

Yeison Norberto Montealegre Ramírez

Ingeniero Mecánico

Línea de investigación:
Mantenimiento industrial

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y

Biomédica Neiva, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Diseño y ejecución de
plan de mantenimiento preventivo para el
sistema de plantas eléctricas en el Terminal
de Transporte de Neiva S.A, Cumple con los
requisitos para optar
Al título de ingeniero mecánico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

(Dedicatoria)

*Dedico este trabajo de grado a mis padres
y hermanos los cuales fueron de gran
apoyo durante mi carrera universitaria.*

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi madre Martha Cecilia Valencia y a mi padre Henry Barón por ser la base en mi vida, por ser el apoyo en mis estudios y por brindarme todo lo necesario para la realización de este proyecto.

Resumen

Hoy en día, el Terminal de Transporte de Neiva S.A se encuentra en constante crecimiento, es por esto que su conjunto de plantas eléctricas es de crítica importancia, por lo cual, la empresa requiere de un plan de mantenimiento preventivo que garanticen el suministro de energía eléctrica ante cortes que se puedan presentar por la Empresa Distribuidora de energía. Actualmente, el Terminal de Transporte de Neiva S.A cuenta con un plan de mantenimiento correctivo (cuando ya se presenta la falla) el cual ocasiona que se presente indisponibilidad en casos de emergencia, generando altos costos de mantenimiento, pérdidas económicas por no poder realizar sus actividades con normalidad, por no contar con los repuestos necesarios, dado que su enfoque se centra en solucionar únicamente, las fallas que se encuentren en ese momento, ocasionando bajos índices de disponibilidad y confiabilidad en el conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A.

Esta situación ha llevado a la empresa a plantearse una solución efectiva e inmediata, por la cual, se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad (RBM), una vez realizado este plan de mantenimiento preventivo, se ejecutará en el conjunto de plantas eléctricas instaladas en el Terminal de Transporte de Neiva S.A. Con esta implementación se espera aumentar los índices de disponibilidad y confiabilidad a un 90%, también se espera que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos durante su formación como Ingeniero Mecánico.

En el presente trabajo de grado se realizó como primer objetivo el diagnóstico de las plantas eléctricas, donde se observó la situación actual y se analizó los índices de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad) de cada planta eléctrica, las cuales presentan una baja disponibilidad siendo de, planta eléctrica modulo Regional con 0,85, planta eléctrica modulo Copropiedad con 0,83 y planta eléctrica modulo Centenario con 0,82, también un bajo índice de confiabilidad siendo de, planta eléctrica modulo Regional con 85%, planta eléctrica modulo Copropiedad con 83% y planta eléctrica modulo Centenario con 82%.

Luego como segundo objetivo se realizó el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, donde se utilizaron la matriz de criticidad, análisis de modos de falla y el diagrama de causa – efecto y los principios del RBM, para la realización de este plan de mantenimiento preventivo se tomó periodos de seguimiento mensuales.

Como último objetivo se ejecutó el plan de mantenimiento preventivo realizado según el método RBM en cada una de las plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A. y se analizaron los índices de mantenimiento.

Palabras claves: Plantas eléctricas, mantenimiento preventivo, plan de mantenimiento, Mantención basada en la confiabilidad (RBM), herramientas.

Abstract

Nowadays, the Terminal de Transporte de Neiva S.A. is in constant growth, which is why its set of electrical plants is of critical importance, therefore, the company requires a preventive maintenance plan to ensure the supply of electricity in the event of outages that may occur by the energy distribution company. Currently, the Terminal de Transporte de Neiva S.A. has a corrective maintenance plan (when the failure is already present) which causes unavailability in emergency cases, generating high maintenance costs, economic losses for not being able to perform its activities normally, for not having the necessary spare parts, since its focus is focused on solving only the failures that are found at that time, causing low rates of availability and reliability in the set of power plants of the Terminal de Transporte de Neiva S.A.

This situation has led the company to consider an effective and immediate solution, for which it is proposed to implement a preventive maintenance plan based on reliability (RBM), once this preventive maintenance plan is implemented, it will be executed in the set of power plants installed in the Terminal de Transporte de Neiva S.A. With this implementation it is expected to increase the availability and reliability rates to 90%, it is also expected that the student will apply the knowledge acquired during his training as a Mechanical Engineer.

The first objective of this degree work was the diagnosis of the electric plants, where the current situation was observed and the maintenance indexes (availability, reliability and maintainability) of each electric plant were analyzed, which show a low availability, being the Regional module electric plant with 0.85, the Copopiedad module electric plant with 0.83 and the Centenario module electric plant with 0.82, and also a low reliability

index, being the Regional module electric plant with 85%, the Copropiedad module electric plant with 83% and the Centenario module electric plant with 82%.

Then, as a second objective, a preventive maintenance plan based on reliability was developed, where the criticality matrix, failure mode analysis and the cause-effect diagram and the RBM principles; monthly follow-up periods were taken for the development of this preventive maintenance plan.

As a last objective, the preventive maintenance plan was executed according to the RBM model in each of the electrical plants of the Terminal de Transporte de Neiva S.A. and the maintenance indexes were analyzed.

Keywords: Power plants, preventive maintenance, maintenance plan, Reliability-based maintenance (RBM), tools.

Contenido

Resumen	6
Abstract.....	8
Lista de figuras	12
Lista de tablas.....	13
Lista de ecuaciones.....	14
Nomenclatura	15
Introducción	16
Capítulo 1. Problema de investigación	18
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo General.....	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Justificación.....	21
Capítulo 2. Marco referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Descripción de las plantas eléctricas	24
2.2.2 Partes de las plantas eléctricas.....	25
2.2.3 Especificaciones técnicas de las plantas eléctricas.....	26
2.2.4 Mantenimiento.....	29
2.2.5 Tipos de mantenimiento	30
Mantenimiento preventivo	30
Mantenimiento correctivo	30
Mantenimiento predictivo	30
2.2.6 Objetivos del mantenimiento.....	31
2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento	32
2.3.1 Disponibilidad.....	32
2.3.2 Confiabilidad.....	33
2.3.3 Mantenibilidad	33
2.4 Modos de falla	34
2.5 Mantención basada en la confiabilidad	34
2.5.1 Objetivos del mantenimiento RBM.....	35
2.5.2 Resultados del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM	35
2.5.3 Beneficios del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM	35
2.6 Costos de mantenimiento	36

2.6.1 Costos directos	36
2.6.2 Costos indirectos	36
2.7 Normas de seguridad	37
2.8 Codificación de los equipos	38
2.9 Caracterización de los formatos de mantenimiento preventivo.....	39
2.9.1 Repuestos y stock.....	39
2.9.2 Inspecciones diarias.....	40
2.9.3 Inspección mensual	42
2.9.4 inspección semestral.....	45
2.9.5 Inspección anual	48
Capítulo 3. Metodología.....	52
3.1 Fase 1. Análisis situacional de las plantas eléctricas.....	52
3.2 Fase 2. Diseño y elaboración del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM	61
3.2.1 Diagrama general del proceso	62
3.2.2 Organigrama del área de mantenimiento.....	62
3.3 Fase 3. Intervención de las plantas eléctricas a partir del plan de mantenimiento preventivo propuesto	63
Capítulo 4. Análisis y presentación de resultados	65
4.1 Fase 4. Análisis de resultados con las variables de estudio.....	65
4.1.1 Resultado general de indicadores de mantenimiento	65
4.1.2 Disponibilidad	67
4.1.3 Confiabilidad.....	69
4.1.4 Mantenibilidad.....	70
4.1.5 Costos directos	73
4.1.6 Costos indirectos	73
Conclusiones	74
Recomendaciones	76
Anexos.....	77
Anexo 1: Inspección diaria del plan de mantenimiento preventivo	77
Anexo 2: Inspección mensual del plan de mantenimiento preventivo	78
Anexo 3: Inspección semestral del plan de mantenimiento preventivo	79
Anexo 4: Inspección anual del plan de mantenimiento preventivo.....	80
Anexo 5: Repuestos y stock para el conjunto de plantas eléctricas.....	81
Referencias Bibliográficas	82

Lista de figuras

Ilustración 1 Distribución de la empresa Terminal de Transporte de Neiva S.A.....	18
Ilustración 2 Plano Terminal de Transporte de Neiva S.A. Fuente empresa.	19
Ilustración 3 Instalación convencional de una planta eléctrica. Fuente Manual instalación plantas eléctricas de emergencia.....	25
Ilustración 4 Planta eléctrica modulo Regional.....	54
Ilustración 5 Motor planta eléctrica modulo Regional.....	54
Ilustración 6 Planta eléctrica modulo Copropiedad	56
Ilustración 7 Motor planta eléctrica modulo Copropiedad.....	56
Ilustración 8 Planta eléctrica modulo Centenario	58
Ilustración 9 Motor Planta eléctrica modulo Centenario	58
Ilustración 10 Motor planta eléctrica modulo Centenario.....	59
Ilustración 11 Diagrama Causa - Efecto parada de la planta eléctrica.....	60
Ilustración 12 Disponibilidad de las plantas eléctricas	68
Ilustración 13 Confiabilidad de las plantas eléctricas	70
Ilustración 14 Mantenibilidad de las plantas eléctricas.....	71

Lista de tablas

Tabla 1 Especificaciones técnicas planta módulo Regional.....	26
Tabla 2 Especificaciones técnicas planta módulo Copropiedad	27
Tabla 3 Especificaciones técnicas planta módulo Centenario	28
Tabla 4 Codificación de los equipos	38
Tabla 5 Repuestos para el conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A	39
Tabla 6 Stock para el conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A...	40
Tabla 7 Inspección diaria. Fuente autor	41
Tabla 8 Inspección Mensual. Fuente autor.....	42
Tabla 9 Inspección Semestral. Fuente autor.....	45
Tabla 10 Inspección Anual. Fuente autor.....	49
Tabla 11 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Regional	65
Tabla 12 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Copropiedad.....	66
Tabla 13 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Centenario	66
Tabla 14 Análisis índices de mantenimiento.....	72
Tabla 15 Costos directos de mantenimiento	73
Tabla 16 Costos indirectos de mantenimiento	73

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Disponibilidad	32
Ecuación 2 Confiabilidad	33
Ecuación 3 Mantenibilidad.....	33
Ecuación 4 Disponibilidad planta eléctrica modulo Regional después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.....	67
Ecuación 5 Disponibilidad planta eléctrica modulo Copropiedad después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo	67
Ecuación 6 Disponibilidad planta eléctrica modulo Centenario después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo	68
Ecuación 7 Disponibilidad total del conjunto de plantas eléctricas	68
Ecuación 8 Disponibilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A	68
Ecuación 9 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Regional	69
Ecuación 10 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Copropiedad	69
Ecuación 11 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Centenario	69
Ecuación 12 Confiabilidad total del conjunto de plantas eléctricas.....	69
Ecuación 13 Confiabilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A	70
Ecuación 14 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Regional	70
Ecuación 15 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Copropiedad.....	71
Ecuación 16 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Centenario.....	71

Nomenclatura

Símbolo	Término
<i>HD</i>	Horas disponible
<i>HIF</i>	Horas de indisponibilidad
<i>HED</i>	Horas por degradación cuando una unidad está disponible (si no se cuenta con el historial de este periodo será igual a 0)
<i>HMP</i>	Horas de mantenimiento programadas
<i>MTTR</i>	Mantenibilidad
<i>RBM</i>	Mantenimiento basada en la confiabilidad

Introducción

Los planes de mantenimiento son un conjunto de intervenciones que se realizan a diferentes equipos e instalaciones de una empresa, estas intervenciones se llevan a cabo según lo indicado por el fabricante de los diferentes equipos, estos son dirigidos a mejorar la eficiencia, rendimiento y para extender su vida útil. El plan de mantenimiento preventivo se encarga de definir las actividades a realizar periódicamente (diaria, mensual, semestral, anual) con el fin de lograr su mejora continua.

El Terminal de Transporte de Neiva S.A es una empresa de jornada continua, por lo cual, si se detienen sus actividades por motivos de contingencia (falla de fluido eléctrico de la red pública) generaría indisponibilidad de las taquillas, restaurantes, baterías sanitarias, sistemas de seguridad de video vigilancia, lo cual no permitiría el ingreso y salida de los usuarios a las salas de espera y áreas comunes y esto ocasiona elevadas pérdidas económicas a la empresa, es por esto que el Terminal de Transporte de Neiva S.A cuenta con 3 plantas eléctricas, las cuales abastecen de energía eléctrica en caso de emergencia.

Actualmente estas 3 plantas eléctricas cuentan con un plan de mantenimiento correctivo, es por esto que se encuentran en mala condición de operación, presentando fugas de líquidos (aceite, combustible, refrigerante), correas agrietadas, tornillería desajustada, problemas de sobre calentamiento y suciedad excesiva, debido a esto los índices de mantenimiento son bajos, costándole a la empresa alrededor de 15 millones de pesos al año en costos de mantenimiento.

Por estos motivos se optó por el diseño y la ejecución de un plan de mantenimiento

preventivo por el método RBM, con el cual, se espera mejorar los índices de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, esto ayudará a garantizar la continuidad en el funcionamiento y disponibilidad de las plantas eléctricas y se podrá alargar la vida útil de cada una de ellas.

Capítulo 1. Problema de investigación

1.1 Planteamiento del problema

El Terminal de Transporte de Neiva S.A. tiene como propósito facilitar la administración y operación del servicio público de transporte terrestre de pasajeros y demás servicios complementarios, la empresa se encuentra distribuida por cinco módulos que en total conforman tres zonas.

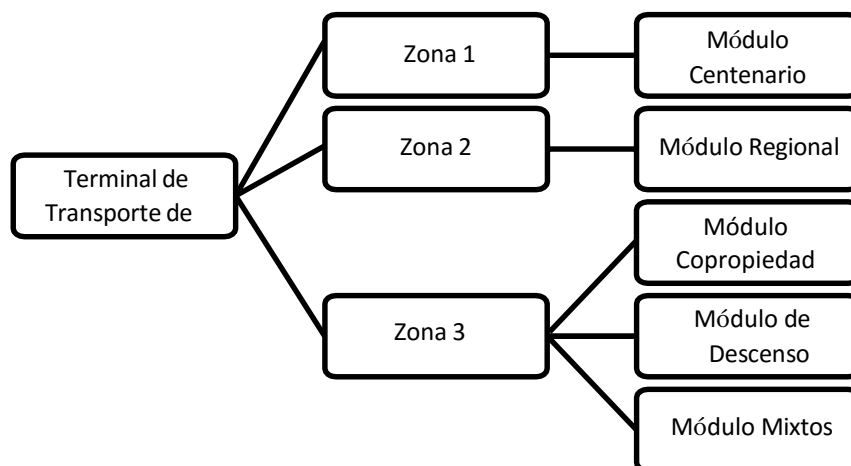


Ilustración 1 Distribución de la empresa Terminal de Transporte de Neiva S.A

Debido a esto la empresa cuenta con una planta eléctrica en cada zona, las cuales son estacionarias Diésel de tres fases (trifásica) de tipo industrial que abastecen de energía eléctrica en caso de contingencia (falla de fluido eléctrico de la red pública), cada una de ellas está diseñada para la capacidad requerida por cada zona, estas se asignaron de la siguiente manera.

- Planta eléctrica modulo Centenario (Zona 1)
- Planta eléctrica modulo Copropiedad (Zona 3)
- Planta eléctrica modulo Regional (Zona 2)

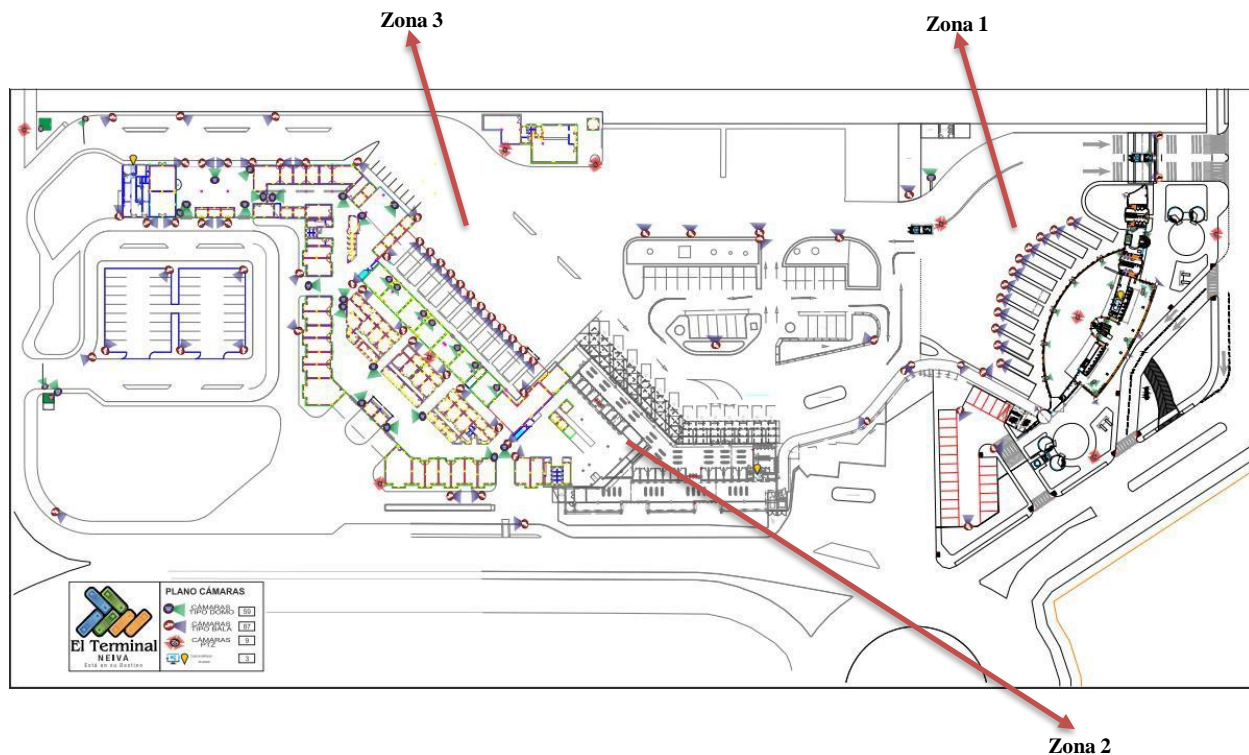


Ilustración 2 Plano Terminal de Transporte de Neiva S.A. Fuente empresa.

Actualmente estas plantas eléctricas se encuentran en mal estado, presentando fugas de líquidos (Refrigerante y aceite), correas agrietadas, tornillería desajustada, problemas de sobre calentamiento y suciedad excesiva, entre otros problemas, esto es debido a que la empresa no cuenta con ningún tipo de plan de mantenimiento, lo cual generó, altos costos durante el último año, según cifras de la empresa se generaron gastos alrededor de 15 millones de pesos por año, razón por la cual, la empresa requiere del diseño y ejecución de un plan de mantenimiento preventivo el cual mejore y aumente la disponibilidad y confiabilidad de todas las plantas eléctricas, ya que estas han llegado momentos de indisponibilidad lo cual género grandes pérdidas económicas en las áreas de servicios en taquillas, restaurantes, baterías sanitarias, sistemas de seguridad de video vigilancia, lo cual no permitiría el ingreso y salida de los usuarios a las salas de espera y áreas comunes, por esta razón se optó para la realización de este plan de mantenimiento preventivo por el método Mantención basada en la confiabilidad (RBM).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y ejecutar el plan de mantenimiento preventivo según el método RBM en las plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar a través de las herramientas usadas por el método RBM el sistema de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A.
- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo según el método RBM.
- Intervenir las plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A según el plan de mantenimiento preventivo.
- Analizar los resultados según los índices de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

1.3 Justificación

En las edificaciones como lo son aeropuertos, hospitales, terminales de transporte terrestre, etc. es de gran importancia contar con un sistema de plantas eléctricas listas para funcionar en caso de fallas con la red pública, debido a esto es de gran importancia que el estado de estas plantas sea óptimo en cada momento. Al contar con un plan de mantenimiento preventivo para cada planta eléctrica, se podrá mejorar los índices de mantenimiento tales como confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, así como también su buen funcionamiento en caso de contingencia por corte de fluido eléctrico de la red pública.

Es por esto que en el Terminal de Transporte de Neiva S.A se implementara un plan de mantenimiento preventivo según el método RBM, con el cual, se podrá garantizar la disponibilidad de su conjunto de plantas eléctricas en caso de emergencia, también al contar con este plan de mantenimiento se mejoraran los índices de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad), lo cual ayudará a tener un control del estado de las plantas y así poder alargar su vida útil.

Gracias a la implementación de este plan de mantenimiento preventivo se espera lograr reducir los costos de mantenimiento que actualmente le generan a la empresa un gasto de 15 millones de pesos anuales.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

En la tesis, “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C Santa Anita, 2017.” Alberto Martín Vega Acuña, Lima-Perú 2017. Tiene como objetivo general determinar como la implementación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C Santa Anita, 2017. Para poder desarrollar este plan tuvieron una serie de pasos, los cuales son: realizaron el diagnóstico de cada elemento de las grúas, detallaron cada elemento y su periodo de mantenimiento (fichas técnicas), crearon cartillas donde plasmar lo realizado en el mantenimiento preventivo. Con el trabajo realizado concluyeron que con la implementación del mantenimiento preventivo mejoraba la disponibilidad de la maquinaria de la empresa Grúas América S.A.C Santa Anita, 2017.y este incremento de 0.893 a 0.961 lo que equivale a un aumento de 7.6%, también se concluyó que la implementación de este plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de la maquinaria.

En el trabajo de grado “Revisión Del Plan De Mantenimiento De Las Plantas Eléctricas Del Edificio Mario Laserna De La Universidad De Los Andes” Camilo Andrés Malaver Leal, Bogotá, Colombia 2022. En dicho trabajo de grado no da especificaciones y generalidades propias de las plantas eléctricas como también del mantenimiento de estas, la problemática expuesta en este trabajo de grado “Revisión Del Plan De Mantenimiento De Las Plantas Eléctricas Del Edificio Mario Laserna De La Universidad De Los Andes” Camilo Andrés Malaver Leal, Bogotá-Colombia 2022. Se tomará como referencia para poder planificar de manera eficiente el mantenimiento preventivo y en la realización de las cartillas o formatos de inspección en nuestro trabajo de grado. Nos da una visión amplia para realizar un mantenimiento más completo y eficaz.

En la tesis “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A” Juan Camilo Valdiviano, Cuenca 2010. Se realizó un diagnóstico de la empresa y de su situación actual en su totalidad, así como también se realizó un análisis de los modelos de mantenimiento y de los diferentes tipos de mantenimientos. En esta tesis “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A” Juan Camilo Valdiviano, Cuenca 2010. Se realiza un cronograma de mantenimiento en el cual se elaboran tablas que comprenden a cada una de las máquinas y una lista de sus actividades, también nos da los tipos de fallas posibles que pueden afectar a la máquina y por ultimo las fichas técnicas y la gestión de repuestos. Esta tesis sirvió como referencia para poder realizar y complementar las fichas técnicas, la gestión de repuestos y el cronograma de mantenimiento de nuestro trabajo de grado.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Descripción de las plantas eléctricas

Una planta eléctrica es una máquina que mueve un generador de electricidad mediante un motor de combustión interna, estas son usadas principalmente como respaldo ante una falla o para proporcionar energía confiable por tiempos ilimitados, donde el motor utiliza la energía de un combustible para transformarla en movimiento, por lo tanto, es el encargado de proveer el movimiento relativo necesario para la generación de electricidad. Luego el alternador eléctrico toma la energía mecánica generada por el motor de combustión y la convierte en energía eléctrica basándose en la ley de Faraday, la cual dice básicamente que si un conductor pasa a través de un campo magnético un voltaje será inducido en el conductor (Generaclatam, 2021).

Las plantas eléctricas se han convertido en una solución directa ante la crisis energética en todo el mundo. Además, aportan un sistema más interconectado, robusto y estable, reduciendo la contaminación ambiental. Invertir en una planta eléctrica se convierte en un plan de mucho provecho a largo plazo. (Cummins, Dieselval).

Las plantas eléctricas se pueden clasificar por sus diferentes características, las cuales son:

- Su instalación: Móviles o Estacionarias.
- Su operación: Manuales o Automáticas.
- Su aplicación: Continua o Emergencia.
- Su combustible: Diésel, Gas, Gasolina, Solar o Bifuel (Diésel y gas)

2.2.2 Partes de las plantas eléctricas

Estas son las partes generales de una instalación de plantas eléctricas

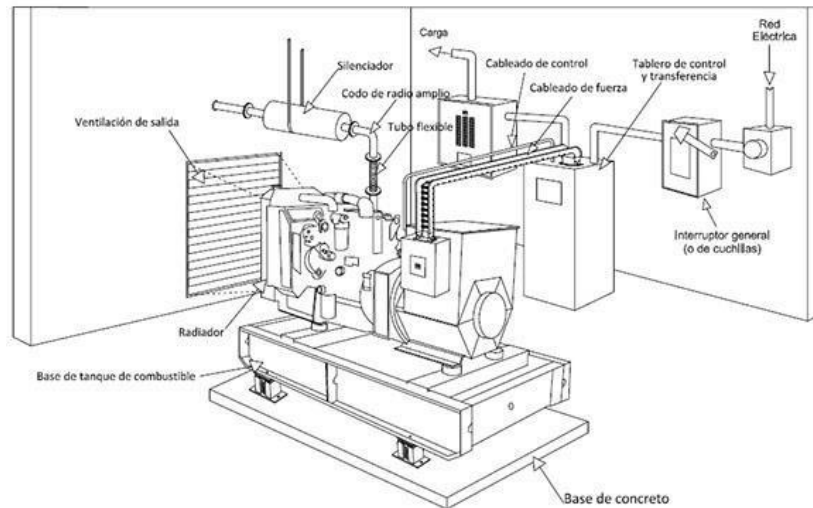


Ilustración 3 Instalación convencional de una planta eléctrica. Fuente *Manual instalación plantas eléctricas de emergencia*.

- Base de concreto
- Base tanque de combustible
- Motor
- Alternador
- Radiador
- Sistema de escape
- Tablero de control
- Transferencia

2.2.3 Especificaciones técnicas de las plantas eléctricas

El Terminal de Transporte de Neiva S.A cuenta en sus instalaciones con tres plantas eléctricas, las cuales son tipo industrial, estacionarias, automáticas y utilizan combustible Diésel, estas plantas eléctricas están ubicadas de tal manera que suministran de energía eléctrica a las tres zonas que conforman en su totalidad al Terminal de Transporte de Neiva S.A.

Tabla 1 Especificaciones técnicas planta módulo Regional

Motor		Generador	
Marca	Cummins	Marca	JANAN
Modelo	6BT5.9-G2	Modelo	1809001522
Alternador	12 VDC	Frecuencia	60 HZ
S. Combustible	Bomba de combustible	Factor de potencia	0.8
Aceite	15W-40	Aislamiento	Clase- H
Combustible	Diesel (A.C.P.M)	Protección	IP23
Capacidad cárter de aceite	18 litros	Voltaje	220 / 127 VCA 440 / 254 VCA
Capacidad tanque de refrigerante	19.5 litros	Filtros	Referencias
Sistema de entrada de aire	Turbocompresor	Aceite	LF 3349
Voltaje	220 / 127 V	Combustible	FF 42000
Potencia	118 KVA	Separador de agua / combustible	FS 1280
Cilindros	6 en línea	Aire	SFA – 70469N
Voltaje de baterías	24 VDC	Correa de distribución	DCEC32887908PK1 444
Fases	3	Tablero	
Velocidad (RPM)	1800	Modelo	DSE

Tabla 2 Especificaciones técnicas planta módulo Copropiedad

Motor		Generador	
Marca	Cummins	Marca	STAMFORD
Modelo	C250-D5	Modelo	UCD1274K
Alternador	24 VDC	Frecuencia	60 HZ
S. Combustible	Bomba de combustible	Factor de potencia	0.8
Aceite	15W-40	Aislamiento	Clase- H
Combustible	Diesel (A.C.P.M)	Protección	IP23
Capacidad cárter de aceite	26.5 litros	Voltaje	220 / 127 VCA 440 / 254 VCA
Capacidad tanque de refrigerante	23.5 litros	Filtros	Referencias
Sistema de entrada de aire	Turbocompresor	Aceite	LF 9009
Voltaje	220 / 127 V	Combustible	FF 5580
Potencia	313 KVA	Separador de agua / combustible	FS 19732
Cilindros	6 en línea	Aire	TFPL-26173
Voltaje de baterías	24 VDC	Correa de distribución	CUMMINS3288497
Fases	3	Tablero	
Velocidad (RPM)	1800	Modelo	PowerCommand

Tabla 3 Especificaciones técnicas planta módulo Centenario

Motor		Generador	
Marca	Hyundai	Marca	STAMFORD
Modelo	D4DA-G	Modelo	UCI224F1L
Alternador	24 VDC	Frecuencia	60 HZ
S. Combustible	Bomba de combustible	Factor de potencia	0.8
Aceite	15W-40	Aislamiento	Clase- H
Combustible	Diesel (A.C.P.M)	Protección	IP23
Capacidad cárter de aceite	22 litros	Voltaje	220 / 127 VCA 440 / 254 VCA
Capacidad tanque de refrigerante	19 litros	Filtros	Referencias
Sistema de entrada de aire	Turbocompresor	Aceite	LF 3564
Voltaje	220 / 240 V	Combustible	BF 720
Potencia	87.5 KVA	Separador de agua / combustible	Bombín YYH-F-145
Cilindros	6 en línea	Aire	HCA253K
Voltaje de baterías	24 VDC	Correa de distribución	25231-45002HMC
Fases	3	Tablero	
Velocidad (RPM)	1800	Modelo	DSE

2.2.4 Mantenimiento

El mantenimiento es una serie de actividades la cual su ejecución permite elevar el grado de confiabilidad en las maquinas, equipos o instalaciones. Este permite disminuir o eliminar las condiciones inseguras que afectarían a las personas.

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral".

El mantenimiento son acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas, según Moubay (1997).

Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas".

2.2.5 Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo

Según Escobar Torrelles, Miguel (2016). Este mantenimiento está destinado a la conservación de equipos mediante la realización de revisiones y limpieza que garantice su buen funcionamiento y fiabilidad. Su principal objetivo es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, para poder lograr prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Mantenimiento correctivo

Según Sols Alberto (2000). Este mantenimiento corrige los defectos observados en los equipos, este consiste en localizar las averías para así corregirlas y/o repararlas. Este mantenimiento solo se realiza luego de que ocurre el fallo en el equipo que por su naturaleza no se puede planificar con tiempo, por lo cual puede implicar elevados costos de reparación y de repuestos.

Mantenimiento predictivo

Según Cuatrecasas (2000). Define al mantenimiento predictivo como un mantenimiento basado en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan; por eso se puede decir que es el mantenimiento del presente y, sobre todo, del futuro. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que condiciones normales las averías no aparecen de repente, sino que mantienen una evolución.

2.2.6 Objetivos del mantenimiento

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes
- Evitar, reducir, reparar las fallas de los equipos de la empresa
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar la parada de máquinas
- Evitar accidentes
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación
- Disminuir los costos de mantenimiento

2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son aquellos que nos permiten medir la calidad de las operaciones para poder lograr o cumplir los objetivos de mantenimiento establecidos. Estos indicadores son la referencia que nos permitirán evaluar el progreso del equipo a lo largo del tiempo. Para este proyecto se analizaron tres indicadores, los cuales son disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

2.3.1 Disponibilidad

La disponibilidad es un índice de mantenimiento el cual nos permite estimar de manera global el tiempo total en que se puede esperar que el equipo esté disponible para cumplir la función que tenga asignada.

Para poder calcular la disponibilidad tenemos que tener los siguientes datos.

HD: Horas disponibles

HMP: Horas de mantenimiento programadas

HED: Horas por degradación cuando una unidad está disponible (si no se cuenta con el historial de este periodo será igual a 0)

HIF: Horas de indisponibilidad forzada

NOTA: Este factor varía entre 0 y 1, por lo cual mientras más cerca se encuentre este factor a 1 mayor es la disponibilidad. El resultado de la disponibilidad nos da en unidades de tiempo (horas).

Ecuación 1 Disponibilidad

$$DISPONIBILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP}$$

2.3.2 Confiabilidad

La confiabilidad es un índice de mantenimiento el cual nos permite definir el porcentaje de tiempo que un equipo está disponible, es decir, entre mayor tiempo está disponible un equipo se dice que el equipo es confiable para la operación.

Ecuación 2 Confiabilidad

$$CONFIABILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \times 100\%$$

2.3.3 Mantenibilidad

La mantenibilidad es un índice de mantenimiento en el cual se toman medidas durante el desarrollo, diseño e instalación de una máquina que reduce el mantenimiento requerido, las horas de trabajo, los costos y herramientas, es decir, asegura que la maquina cumpla con los requisitos para su uso.

NOTA: El resultado de la mantenibilidad nos da en unidades de tiempo (horas).

Ecuación 3 Mantenibilidad

$$MANTENIBILIDAD = \frac{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}{NUMERO DE REPARACIONES}$$

2.4 Modos de falla

Es una metodología que permite identificar y analizar modos de falla que han surgido o que pueden llegar a aparecer en los sistemas o equipos a investigar, para el análisis de sus efectos, es un método que permite establecer acciones para mitigar el riesgo.

El diagrama de Efecto – Causa se utiliza como herramienta para ubicar y esquematizar todas las causas potenciales que puedan generar la falla, la utilización del diagrama Efecto – Causa es muy práctica, sencilla y muy usada en todo el mundo. Según Gutiérrez (2011)

2.5 Mantenimiento basada en la confiabilidad

Se originó en las industrias aeronáuticas y nucleares a fines de los años 60. Es una estrategia de mantenimiento global de un sistema usando métodos de análisis estructurados que permiten asegurar la fiabilidad inherente a tal sistema. *Pratique de la maintenance industrielle*. Dunod, 1998.

El método RBM busca la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo optimizado (PMO) que garantice la seguridad del funcionamiento teniendo en cuenta las restricciones económicas, por lo cual, se tendrá mejor determinación de equipos críticos, especificaciones de tareas de mantenimiento preventivo, asegurar y aumentar la eficiencia del equipo en materia de seguridad de funcionamiento, planeación de acciones preventivas, aumento de la vida útil de los equipos, convirtiéndose en una de las razones por las cuales, a nivel mundial, este método es muy utilizado y requerido por empresas, la industria aeronáutica y nuclear a nivel mundial. (“Manual del ingeniero de mantenimiento”. Rafael José López Escalona)

2.5.1 Objetivos del mantenimiento RBM

La implementación del RBM busca:

- Poder elaborar un programa de mantenimiento preventivo optimizado que garantice la seguridad de funcionamiento.
- Mejoramiento de la organización y conservación de datos históricos de mantenimiento y producción.

2.5.2 Resultados del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM

- Conocer las fallas y causas de las fallas
- Conocer las funciones utilizadas
- Definir el plan de mantenimiento preventivo para cada equipo

2.5.3 Beneficios del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM

- Mejor estimación de costos de mantención
- Extensión de la vida de los equipos
- Mejoramiento del funcionamiento de los equipos
- Mejorar los índices de mantenimiento

2.6 Costos de mantenimiento

Según Gabriel Mancuzo (2022) los costos de mantenimiento son el total de dinero que se destina para procurar que un activo siga funcionando y mantener la capacidad productiva.

2.6.1 Costos directos

Según Gabriel Mancuzo (2022) los costos directos de mantenimiento se refieren a los gastos en los que se van a incurrir eventualmente para realizar las tareas del mantenimiento preventivo, como:

- Costos de mantenimiento preventivo planificado
- Reparar una falla mecánica
- Repuestos y herramientas

2.6.2 Costos indirectos

Según Gabriel Mancuzo (2022) los costos indirectos de mantenimiento incluyen los gastos que no están directamente relacionados con la realización de las tareas de mantenimiento, pero aun así son necesarios para que el mantenimiento se lleve a cabo de manera efectiva.

Algunos ejemplos del costo indirecto, pueden ser:

- Gastos en horas extras del personal para cumplir con el mantenimiento
- Costos de capacitación del personal de mantenimiento
- Costos de planificación y programación del mantenimiento
- Costos de inspección del mantenimiento
- Costos de herramientas y software de gestión de mantenimiento

2.7 Normas de seguridad

Al realizar cualquier tipo de mantenimiento se debe seguir unas normas de seguridad. La ley de prevención de riesgos laborales (ley 31/1995, del 8 de noviembre) define como herramienta básica y fundamental la evaluación de riesgos, esta ley se complementa con el (Real decreto 1215, del 18 julio de 1997) en el que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por parte de los trabajadores.

Según el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. "El empresario adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización. Dicho mantenimiento se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características de estos equipos, sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pueda influir en su deterioro o desajuste.

Según la ley de prevención de riesgos laborales "Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación. Cuando la parada o desconexión no sea posible, se adoptarán las medidas necesarias para que estas operaciones se realicen de forma segura o fuera de las zonas peligrosas".

2.8 Codificación de los equipos

Tabla 4 Codificación de los equipos

# Parte	Nombre	Descripción	Unidad	Horas de cambio	Periodicidad
A202201	Radiador	Elemento que permite intercambiar calor entres dos medios	1	87600	10 años
A20222	Motor	Elemento que transforma la energía química en energía mecánica	1		
A20223	Ventilador	Elemento que ayuda a regular la temperatura del motor enviando aire a través del radiador	1	17520	2 años
A20224	Mangueras de refrigerante	Elementos que conducen líquido refrigerante del radiador hacia el motor	4	250	6 meses
AB20221	Correa de distribución	Elemento que trasmite el movimiento desde cigüeñal hacia el árbol de levas	1	8760	1 año
AB20222	Turbocompresor	Elemento de sobrealimentación que ayuda a alcanzar las rpm de manera más rápida	1	87600	10 años
C20231	Filtro de aire	Elemento diseñado para retener partículas invasivas provenientes del aire	1	250	6 meses
C20232	Filtro de aceite	Elemento diseñado para retener y limpiar el aceite que va a ser circulado por todo el sistema	1	250	6 meses
C20233	Filtro de combustible	Elemento diseñado para retener partículas del combustible	1	250	6 meses
C20234	Filtro de separador combustible/agua	Elemento diseñado para filtrar el agua que se encuentra en el combustible	1	250	6 meses
C20235	Filtro de refrigerante	Elemento diseñado para retener partículas que se encuentren en el radiador y se filtren en el refrigerante	1	250	6 meses
H20223	Pre calentador	Elemento el cual ayuda a precalentar el	1	26280	3 años

Tabla 6 Stock para el conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A

Repuesto	Referencia	Unidad

2.9.2 Inspecciones diarias

Las inspecciones diarias son visitas cortas pero precisas a las plantas eléctricas para verificar el estado en el que se encuentran y asegurarse de que no se haya presentado alguna eventualidad.

Tabla 7 Inspección diaria. Fuente autor

Marca		Capacidad (KVA)			C	Nc
Inspección Diaria						
			Ubicación:		conforme	No conforme
Ítems		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	Registro de horas					
Inspeccionar nivel de aceite						
Inspeccionar nivel de combustible						
Inspeccionar nivel de agua del radiador						
Inspeccionar y verificar voltaje de baterías						
Inspeccionar estado de correas						
Inspeccionar posibles fugas por aceite, combustible, refrigerante						
Verificar que el cargador de baterías esté funcionando						
Inspeccionar las rejillas de toma de aire						
Inspeccionar sistema de escape que no se encuentre obstruido						
Inspeccionar los cables de la marcha del motor y conectores						

Inspeccionar y verificar que los controles eléctricos funcionen adecuadamente						
Observaciones						
Mtto. Realizado por						

2.9.3 Inspección mensual

Las inspecciones mensuales son visitas un poco más completas y detalladas, en las cuales se obtienen los datos para poder realizar los cálculos de los índices de mantenimiento y en donde se reporta cualquier eventualidad que pueda surgir o que haya surgido.

Tabla 8 Inspección Mensual. Fuente autor

Marca		Capacidad (KVA)		C	Nc	
Inspección Mensual						
			Ubicación:		conforme	No conforme
Ítems	Fecha					
	Registro de horas					
Inspeccionar nivel de aceite y agregar cuanto sea requerido						
Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter						
Inspeccionar presión de aceite						
Inspeccionar nivel de combustible						

Inspeccionar zona de llenado						
Inspeccionar bomba de inyección, mangueras y filtros por posibles fugas						
Inspeccionar presión de combustible						
Inspeccionar las condiciones de las tomas de aire, ductos y su correcta operación						
Inspeccionar filtro de aire, ajustar las abrazaderas y los soportes como lo requieran						
Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones que no se encuentren obstruidas						
Realizar limpieza a las rejillas de aspiración y de escape						
Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera						
Inspeccionar mangueras por posibles fugas						
Inspeccionar las aspas del ventilador que no se encuentren obstruidas						
Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren agrietadas y que se encuentren con la						

tensión adecuada						
Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación						
Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque						
Verificar que el cargador de las baterías se encuentre operando adecuadamente						
Inspeccionar la corriente de funcionamiento de la marcha						
Inspeccionar los pernos de anclaje						
Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible						
Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida						
Inspeccionar el ensamble de estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física						
Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador y el motor						
Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto						

Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor						
Verificar la operación del equipo de generación, indicadores asociados, luces y alarmas						
Realizar aseo general al área de trabajo y a la planta eléctrica						
Observaciones						
Mtto. Realizado por						

2.9.4 inspección semestral

Las inspecciones semestrales son visita completamente detalladas, en las cuales se intervienen de manera precisa y concreta a las plantas eléctricas, en esta inspección ya se requiere de repuestos.

Tabla 9 Inspección Semestral. Fuente autor

Marca		Capacidad (KVA)		C	Nc	
Inspección Semestral						
			Ubicación:		conforme	No conforme
Ítems	Fecha					
	Registro de horas					
Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter						
Realizar cambio de aceite						

Realizar cambio de filtro aceite						
Verificar presión de aceite						
Inspeccionar nivel de combustible						
Inspeccionar zona de llenado						
Inspeccionar bomba de inyección, mangueras y filtros por posibles fugas						
Realizar cambio de filtro de combustible						
Inspeccionar presión de combustible						
Inspeccionar las condiciones de las tomas de aire, ductos y su correcta operación						
Realizar cambio de filtro de aire						
Inspeccionar la salida del turbocargador (de existir), apretar abrazaderas y soportes como lo requieran						
Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones que no se encuentren obstruidas						
Realizar limpieza a las rejillas de aspiración y de escape						
Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera						

Inspeccionar mangueras por posibles fugas						
Inspeccionar el panel del radiador y realizar limpieza						
Inspeccionar las aspas del ventilador que no se encuentren obstruidas						
Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren agrietadas y que se encuentren con la tensión adecuada						
Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación						
Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque						
Verificar que el cargador de las baterías se encuentre operando adecuadamente						
Inspeccionar la corriente de funcionamiento de la marcha						
Inspeccionar los pernos de anclaje						
Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible						
Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida						

Inspeccionar el ensamble de estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física						
Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador y el motor						
Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto						
Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor						
Verificar la operación del equipo de generación, indicadores asociados, luces y alarmas						
Realizar aseo total y profundo al área de trabajo y a la planta eléctrica						
Observaciones						
Mtto. Realizado por						

2.9.5 Inspección anual

Las inspecciones anuales son visita completamente detalladas, similar a la realizada semestralmente en las cuales se intervienen de manera precisa y concreta a las plantas eléctricas, en esta inspección ya se requiere de repuestos.

Tabla 10 Inspección Anual. Fuente autor

Marca		Capacidad (KVA)		C	Nc	
Inspección Anual						
			Ubicación:		conforme	No conforme
Ítems	Fecha					
	Registro de horas					
Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter						
Realizar cambio de aceite						
Realizar cambio de filtro aceite						
Verificar presión de aceite						
Inspeccionar nivel de combustible						
Inspeccionar zona de llenado						
Inspeccionar bomba de inyección, mangueras y filtros por posibles fugas						
Realizar cambio de filtro de combustible						
Inspeccionar presión de combustible						
Inspeccionar las condiciones de						
Las tomas de aire, ductos y su correcta operación						
Realizar cambio de filtro de aire						
Inspeccionar la salida del turbocargador (de existir), apretar abrazaderas y soportes como lo requieran						

Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones que no se encuentren obstruidas						
Realizar limpieza a las rejillas de aspiración y de escape						
Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera						
Inspeccionar mangueras por posibles fugas						
Inspeccionar el panel del radiador y realizar limpieza						
Inspeccionar las aspas del ventilador que no se encuentren obstruidas						
Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren agrietadas y que se encuentren con la tensión adecuada						
Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación						
Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque						
Verificar que el cargador de las baterías se encuentre operando adecuadamente						
Inspeccionar la corriente de funcionamiento de						

la marcha						
Inspeccionar los pernos de anclaje						
Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible						
Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida						
Inspeccionar el ensamble de estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física						
Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador y el motor						
Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto						
Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor						
Verificar la operación del equipo de generación, indicadores asociados, luces y alarmas						
Observaciones						
Mtto. Realizado por						

Capítulo 3. Metodología

Para la realización de este trabajo de grado se escogió la modalidad de prácticas empresariales, por lo cual, durante todo el periodo académico se tuvo acceso a las instalaciones de la empresa, a las plantas eléctricas y por lo tanto se contó con la ayuda económica por parte de la misma.

El desarrollo de este trabajo de grado se dividió en cuatro fases, cada una corresponde a un objetivo específico.

Antes de iniciar con la primera fase de este proyecto, se realizó una investigación con el fin de tener un entendimiento teórico de las plantas eléctricas y de los diferentes tipos de mantenimiento para estos equipos, por ello se investigó sobre las generalidades de las plantas eléctricas como su funcionamiento, la relevancia que tienen hoy por hoy, sus elementos y sus diferentes clasificaciones.

3.1 Fase 1. Análisis situacional de las plantas eléctricas

La fase 1 del proyecto se basó principalmente en visitar y diagnosticar el estado en el que se encontraban estas plantas eléctricas, para ello, se realizaron visitas periódicas a cada una de las plantas eléctricas de la empresa, en las cuales se documentaron las fallas que se presentaban, el tiempo de mantenimiento, las horas disponibles de cada una de estas, las horas de indisponibilidad que presentan, se verifico los índices de transferencia, valores de presión, temperatura y horas de trabajo, así como también se crearon las especificaciones técnicas de cada planta eléctrica las cuales se anexan al plan de mantenimiento preventivo.

Al realizar estas inspecciones se notó gran deterioro en las plantas eléctricas, donde se encontraron diferentes fallas, como, fugas de aceite y de refrigerante, poco voltaje en baterías, suciedad excesiva, recalentamiento, aceite quemado y filtros en mal estado.

Se realizaron pruebas para tomar las lecturas y recolectar los datos necesarios para calcular los índices de mantenimiento, por lo cual, se tomó registro de temperatura, presión de aceite y transferencia con la planta eléctrica apagada y nuevamente se tomaron estas lecturas después de treinta minutos encendida; además se analizó y revisó físicamente para verificar fugas y/o diferentes fallas que se pudieran presentar. Los resultados fueron los siguientes.

Planta eléctrica modulo Regional:

- $Temperatura_1 = 28^{\circ}\text{C}$
- $Presión\ de\ aceite_1 = 0\ \text{Psi}$
- $Transferencia: L_1 = 0, L_2 = 0, L_3 = 0$

Después de encendida durante treinta minutos

- $Temperatura_2 = 115^{\circ}\text{C}$
- $Presión\ de\ aceite_2 = 40\ \text{Psi}$
- $Transferencia: L_1 = 250\ \text{V}, L_2 = 247\ \text{V}, L_3 = 249\ \text{V}$

Se observó un sobrecalentamiento en el motor debido a tres fallas importantes que estaban sucediendo, la primera falla es que contaba con un nivel bajo de aceite debido a una fuga en la tapa culata. La segunda falla son dos mangueras que conectan el radiador con el motor por las cuales circula el refrigerante, estas se encuentran agrietadas por lo cual presenta fuga y esto a su

vez baja el nivel de refrigerante y aíra el sistema. La tercera falla se debe a que las baterías ya habían realizado su vida útil por lo cual el voltaje que entregaban era bajo, esto ocasiona que le cueste trabajo a la planta realizar el arranque del motor.



Ilustración 4 Planta eléctrica modulo Regional

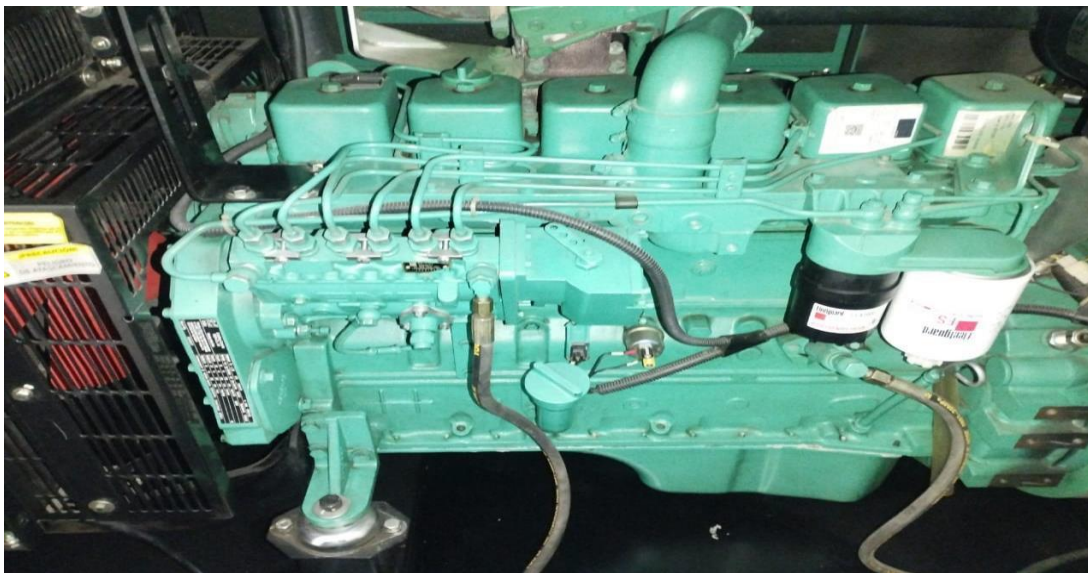


Ilustración 5 Motor planta eléctrica modulo Regional

Planta eléctrica modulo Copropiedad:

- *Temperatura*₁ = 26°C
- *Presión de aceite*₁ = 0 Psi
- *Transferencia: L*₁ = 0 , *L*₂ = 0 , *L*₃ = 0

Después de encendida durante treinta minutos

- *Temperatura*₂ = 108°C
- *Presión de aceite*₂ = 10 Psi
- *Transferencia: L*₁ = 320 V , *L*₂ = 318 V , *L*₃ = 317 V

Se observó un sobrecalentamiento en el motor debido a que la tornillería del cárter estaba desajustada, lo cual, generaba fuga de aceite y además se perdía presión por esta fuga, es por eso que la lectura nos arroja una presión baja. El aceite ya no contaba con sus propiedades, se encontró bastante quemado. Se encontró con que las baterías ya habían realizado su vida útil por lo cual el voltaje que entregaban era bajo, esto ocasiona que le cueste trabajo a la planta realizar el arranque del motor.



Ilustración 6 Planta eléctrica modulo Copropiedad



Ilustración 7 Motor planta eléctrica modulo Copropiedad

Planta eléctrica modulo Centenario:

- *Temperatura*₁ = 26°C
- *Presión de aceite*₁ = 0 Psi
- *Transferencia: L*₁ = 0 , *L*₂ = 0 , *L*₃ = 0

Después de encendida durante treinta minutos

- *Temperatura*₂ = 120°C
- *Presión de aceite*₂ = 0 Psi
- *Transferencia: L*₁ = 220 V , *L*₂ = 215 V , *L*₃ = 217 V

En esta planta eléctrica es donde más fallas se encontraron, cabe recalcar que esta es la más antigua.

Costó bastante encenderla debido a diferentes fallas, las cuales fueron:

- Se encontró que el filtro de aire se encontraba obstruido por espuma aislante, lo cual no permitía el flujo adecuado de aire.
- Se presentaban fugas en los filtros debido a que ya habían realizado su vida útil.
- Se presentaban fugas de aceite en los empaques de culata y cárter.
- El aceite se encontraba quemado totalmente sin sus propiedades.
- El sensor de presión de aceite se encontraba dañado.
- El voltaje de las baterías era de 0V, por lo cual, para dar arranque al motor se utilizó unas baterías externas.

Al culminar estas inspecciones se documentaron las fallas que se presentaban, el tiempo de mantenimiento, las horas disponibles de cada una, las horas de indisponibilidad y se verifico

los índices de transferencia. Se crearon las especificaciones técnicas de cada planta eléctrica las cuales se anexan al plan de mantenimiento preventivo.

Ilustración 8 Planta eléctrica modulo Centenario



Ilustración 9 Motor Planta eléctrica modulo Centenario



Ilustración 10 Motor planta eléctrica modulo Centenario



En esta primera fase se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de los índices de mantenimiento y el análisis de fallas.

Diagrama causa – efecto parada de la planta eléctrica

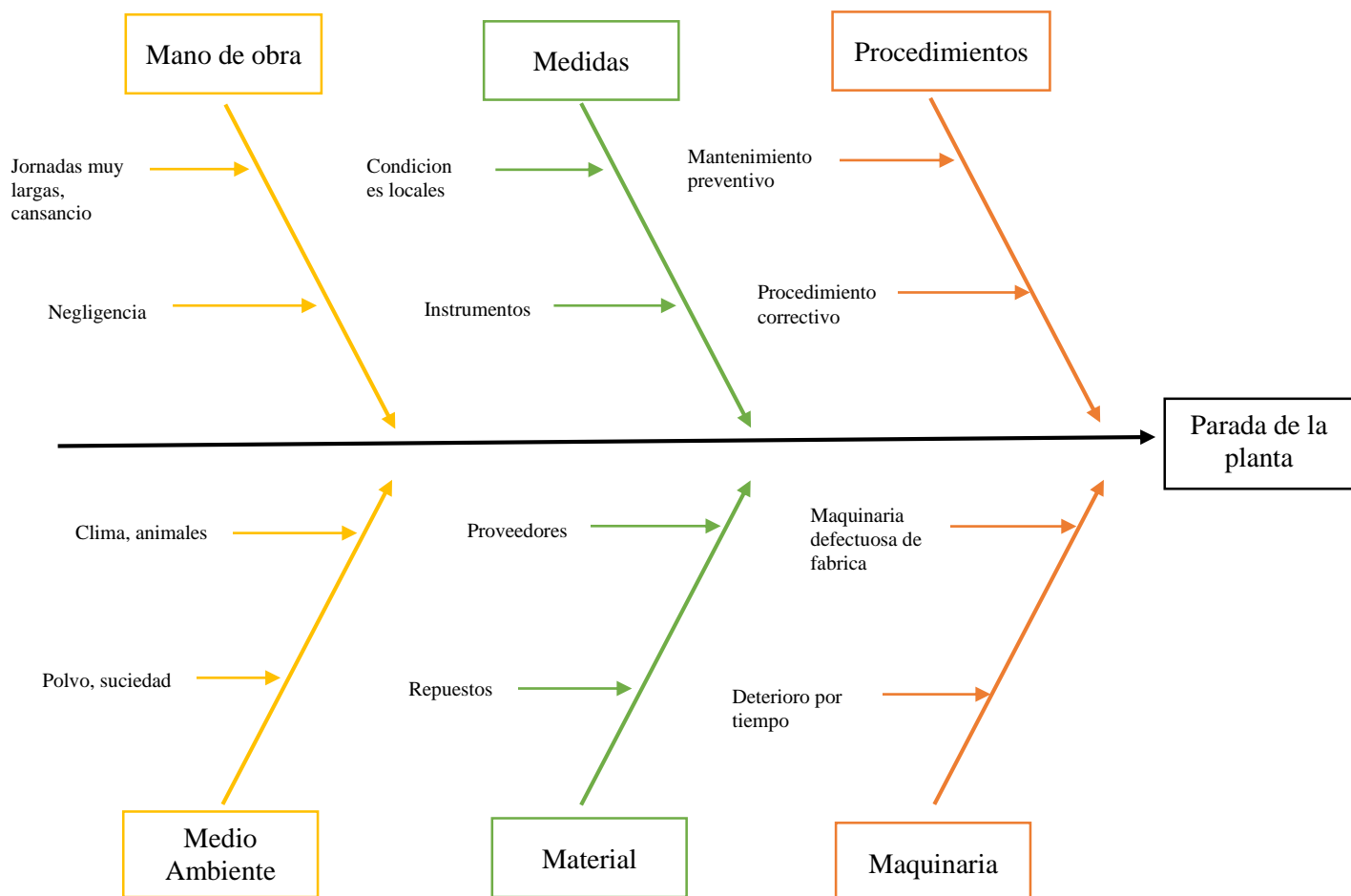


Ilustración 11 Diagrama Causa - Efecto parada de la planta eléctrica

3.2 Fase 2. Diseño y elaboración del plan de mantenimiento preventivo según el método RBM

Una vez con los datos que se obtuvieron del diagnóstico en la primera fase se inicia la fase 2 del proyecto, la cual se basó en el diseño del plan de mantenimiento preventivo siguiendo las indicaciones e instrucciones del método RBM, para ello, se realizó una investigación y se analizó las recomendaciones expuestas por parte de CUMMINS COLOMBIA, el cual es el proveedor de estas plantas eléctricas, se analizaron los datos recolectados de las fallas en cada una de las plantas eléctricas de la tabla 4, así como también, se tomó como base los índices recolectados en la fase 1 del proyecto. Con base a esto se determinó un cierto número de tareas y/o actividades detalladas a seguir, las cuales conforman el plan de mantenimiento preventivo.

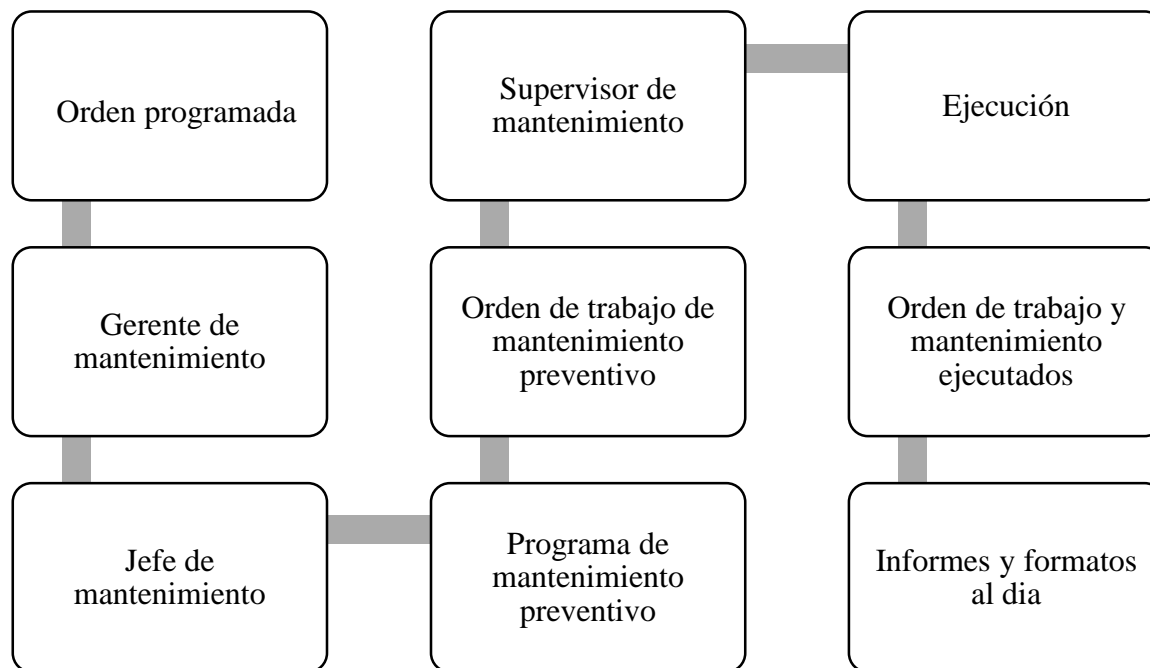
El método RBM nos indica que hay cuatro etapas a seguir para la realización del plan de mantenimiento preventivo, las cuales son:

1. Estudio del conjunto de equipos a trabajar
2. Analizar y priorizar la gravedad de las fallas
3. Definir las acciones a ejecutar (plan de mtto. preventivo)
4. Afinar detalles

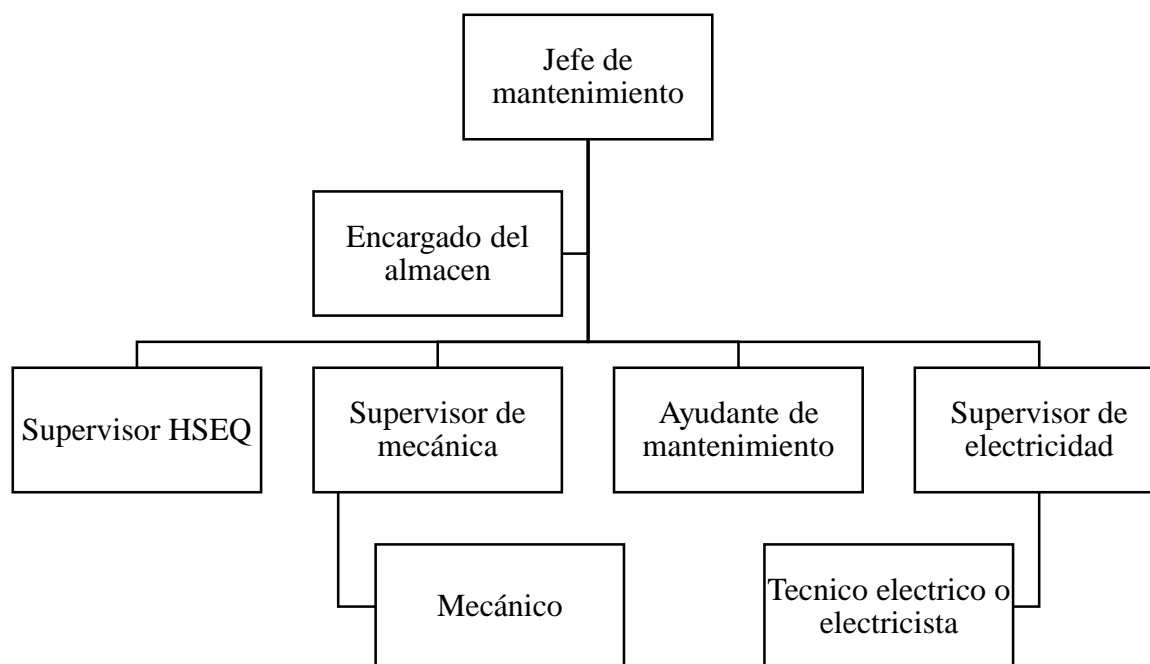
Una vez realizado el paso 1 y 2 se prosigue a definir las acciones que se ejecutaran en el plan de mantenimiento, se determinó que las actividades tendrán una periodicidad asignada para mantener las plantas eléctricas en perfectas condiciones, las cuales fueron, inspecciones diarias, inspecciones mensuales, inspecciones semestrales e

inspecciones anuales.

3.2.1 Diagrama general del proceso



3.2.2 Organigrama del área de mantenimiento



3.3 Fase 3. Intervención de las plantas eléctricas a partir del plan de mantenimiento preventivo propuesto

La fase 3 del proyecto, se realizó la intervención planteada en el plan de mantenimiento preventivo que se diseñó para cada una de estas plantas eléctricas según el método RBM, esto se llevó a cabo junto con el jefe de mantenimiento de la empresa con el fin de aplicar los conocimientos aplicados durante la carrera universitaria, mejorar los índices de mantenimiento, el estado de las plantas eléctricas y poner en práctica el plan de mantenimiento preventivo diseñado.

Esta fase también tuvo como objetivo analizar los resultados obtenidos después de haber implementado el plan de mantenimiento preventivo según el método RBM, para ello, se realizaron nuevamente visitas periódicas a cada una de las plantas eléctricas después de realizado el mantenimiento preventivo para inspeccionar el estado de estas y para recolectar los datos necesarios como el tiempo de mantenimiento, las horas disponibles de cada una de estas, las horas de indisponibilidad que presentan, valores de presión, temperatura y horas de trabajo y se verifico nuevamente los índices de transferencia.

Planta eléctrica módulo Regional

En la planta eléctrica módulo Regional se realizó el desmonte de la culata, la cual se revisó y se limpió, se realizó el cambio de empaque y se volvió a ajustar con el respectivo torque. Se realizó una limpieza de radiador tanto interna como externa, se realizó el cambio de mangueras rotas (radiador-motor) y se purgo el sistema. Se realizó cambio de filtro de aire, filtro de aceite, filtro de combustible y filtro separador de agua/combustible, se realizó cambio de aceite (Shell Rimulla 15W - 40). Por último, se realizó el cambio de baterías (MAC 1400 estacionarias), se dejó tanto la planta eléctrica como la transferencia en modo automático.

Planta eléctrica módulo Copropiedad

En la planta eléctrica módulo Copropiedad se realizó el desmonte del cárter ya que este presentaba fallas en la tornillería de ajuste, por lo cual, se cambió toda la tornillería, cambio de empaque y se le dio su respectivo torque. Se realizó una limpieza de radiador tanto interna como externa, Se realizó cambio de filtro de aire, filtro de aceite, filtro de combustible, filtro de refrigerante y filtro separador de agua/combustible, se realizó cambio de aceite (Shell Rimulla 15W - 40). Se realizó cambio de correa de distribución debido a que estaba agrietada. Por último, se realizó el cambio de baterías (MAC 1400 estacionarias), se dejó tanto la planta eléctrica como la transferencia en modo automático.

Planta eléctrica módulo Centenario

En la planta eléctrica módulo Centenario se realizó el desmonte de la culata, la cual se revisó y se rectificó, se realizó el desmonte de los inyectores ya que por el sobrecalentamiento los empaques se dañaron, por lo cual, se retiraron y se instalaron nuevos. Se realizó cambio del sensor de presión de aceite el cual se encontraba en mal estado (presentaba malas lecturas), Se realizó cambio de filtro de aire, filtro de aceite, filtro de combustible y filtro separador de agua/combustible, se realizó cambio de aceite (Shell Rimulla 15W - 40). Se realizó una limpieza de radiador tanto interna como externa, Por último, se realizó el cambio de baterías (MAC 1400 estacionarias), se dejó tanto la planta eléctrica como la transferencia en modo automático.

Capítulo 4. Análisis y presentación de resultados

4.1 Fase 4. Análisis de resultados con las variables de estudio

Esta fase tuvo como objetivo analizar los resultados obtenidos después de haber implementado el plan de mantenimiento preventivo según el método RBM, para ello, se realizaron nuevamente visitas periódicas a cada una de las plantas eléctricas para inspeccionar el estado de estas y para recolectar los datos necesarios como horas de mantenimiento programadas (HMP), horas disponibles (HD) y horas de indisponibilidad (HIF). Se verifico los índices de transferencia y se encuentran en parámetros.

4.1.1 Resultado general de indicadores de mantenimiento

Tabla 11 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Regional

Horas perdidas en atender falla mecánica	
Actividad	Tiempo (Horas)
Cambio de aceite	3 Horas
Cambio de mangueras de refrigerante	2 Horas
Cambio de baterías	6 Horas
Cambio de cables de energía	2 Horas
Cambio de empaque de Carter	2 Horas
Cambio de filtro de aire	30 minutos
Cambio filtro de aceite	30 minutos
Cambio filtro de combustible	30 minutos
Cambio filtro separador de combustible/agua	30 minutos
Cambio sensor de presión de aceite	1 Hora
Cambio de empaque bomba de inyección	6 Horas
Torque a la tornillería del motor	1 Hora
Cambio de correa de distribución	2 Horas
Limpieza generador	4 Horas
Limpieza general	30 Horas
Inspección diaria	10 Horas
Purgar el sistema	1 Hora
Total horas de indisponibilidad (HIF)	72 Horas

Tabla 12 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Copropiedad

Horas perdidas en atender falla mecánica	
Actividad	Tiempo (Horas)
Cambio de aceite	4 Horas
Cambio de mangueras de refrigerante	4 Horas
Cambio de baterías	6 Horas
Cambio de empaque de Carter	2 Horas
Cambio de filtro de aire	30 minutos
Cambio filtro de aceite	30 minutos
Cambio filtro de combustible	30 minutos
Cambio filtro de refrigerante	30 minutos
Cambio filtro separador de combustible/agua	30 minutos
Torque a la tornillería del motor	2 Horas
Cambio de correa de distribución	3 Horas
Limpieza generador	5 Horas
Limpieza general	30 Horas
Inspección diaria	10 Horas
Purgar el sistema	1 Hora
Total horas de indisponibilidad (HIF)	70 Horas

Tabla 13 Horas perdidas en atender falla mecánica planta eléctrica modulo Centenario

Horas perdidas en atender falla mecánica	
Actividad	Tiempo (Horas)
Cambio de aceite	3 Horas
Cambio de mangueras de refrigerante	2 Horas
Cambio de baterías	6 Horas
Cambio de cables de energía	2 Horas
Cambio de empaque de Carter	2 Horas
Cambio de filtro de aire	30 minutos
Cambio filtro de aceite	30 minutos
Cambio filtro de combustible	30 minutos
Cambio filtro separador de combustible/agua	30 minutos
Cambio sensor de presión de aceite	1 Hora
Cambio de combustible	2 horas
Cambio de empaque culata	4 Horas
Cambio de empaque bomba de inyección	5 Horas
Torque a la tornillería del motor	1 Hora
Limpieza de radiador	3 Horas
Cambio de correa de distribución	3 Horas
Limpieza generador	4 Horas
Limpieza general	30 Horas
Inspección diaria	10 Horas
Purgar el sistema	1 Hora
Total horas de indisponibilidad (HIF)	81 Horas

4.1.2 Disponibilidad

Datos	Planta eléctrica modulo Regional	Planta eléctrica modulo Copropiedad	Planta eléctrica modulo Centenario
HD	625 h	630 h	604 h
HMP	23 h	20 h	35 h
HIF	72 h	70 h	81 h
HED	0	0	0

Disponibilidad planta eléctrica modulo Regional

$$DISPONIBILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP}$$

Ecuación 4 Disponibilidad planta eléctrica modulo Regional después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo

$$DISPONIBILIDAD = \frac{625 h + 23 h - 0}{625 h + 72 h + 23 h} = 0,90$$

Disponibilidad planta eléctrica modulo Copropiedad

$$DISPONIBILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP}$$

Ecuación 5 Disponibilidad planta eléctrica modulo Copropiedad después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo

$$DISPONIBILIDAD = \frac{630 h + 20 h - 0}{630 h + 70 h + 20 h} = 0,90 h$$

Disponibilidad planta eléctrica modulo Centenario

$$DISPONIBILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP}$$

Ecuación 6 Disponibilidad planta eléctrica modulo Centenario después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo

$$DISPONIBILIDAD = \frac{604 h + 35 h - 0}{604 h + 81 h + 35 h} = 0,88 h$$

Disponibilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A.

Ecuación 7 Disponibilidad total del conjunto de plantas eléctricas

$$DISPTOTAL = \frac{DISP_1 + DISP_2 + DISP_3}{NUMERO\ TOTAL\ DE\ PLANTAS\ ELÉCTRICAS}$$

Ecuación 8 Disponibilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A

$$DISPTOTAL = \frac{0,90 h + 0,90 h + 0,88 h}{3} = 0,89 h$$

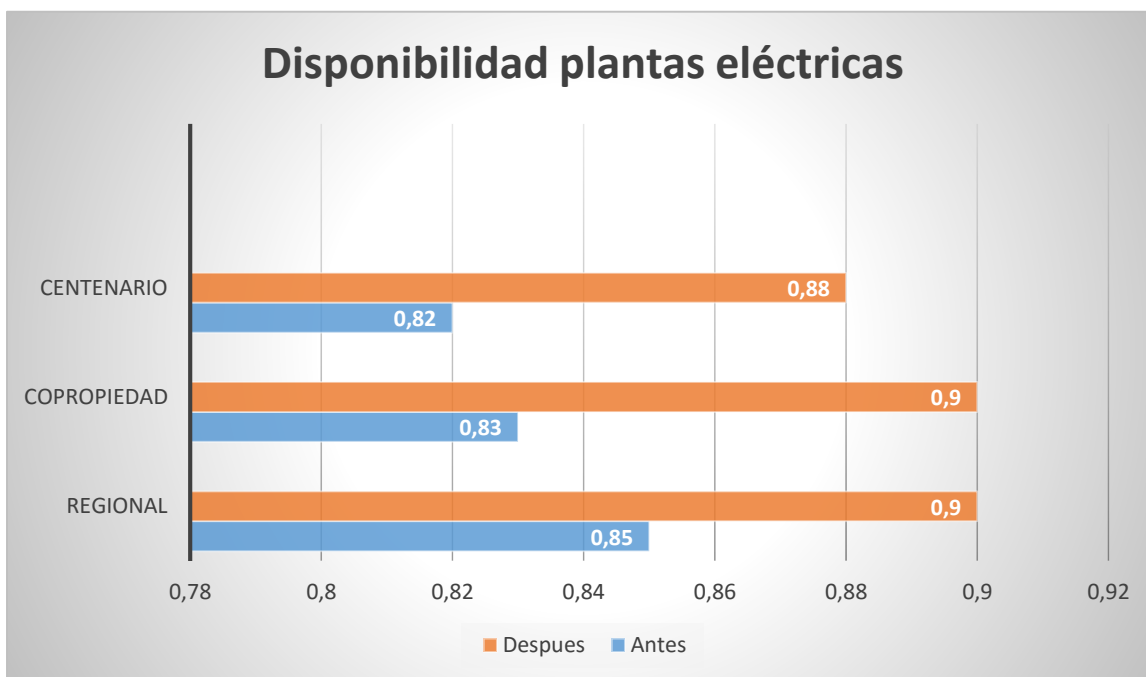


Ilustración 12 Disponibilidad de las plantas eléctricas

4.1.3 Confiabilidad

Confiabilidad planta eléctrica modulo Regional

$$CONFIABILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \times 100\%$$

Ecuación 9 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Regional

$$CONFIABILIDAD = \frac{625 h + 23 h - 0}{625 h + 72 h + 23 h} \times 100\% = 90\%$$

Confiabilidad planta eléctrica modulo Copropiedad

$$CONFIABILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \times 100\%$$

Ecuación 10 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Copropiedad

$$CONFIABILIDAD = \frac{630 h + 20 h - 0}{630 h + 70 h + 20 h} \times 100\% = 90\%$$

Confiabilidad planta eléctrica modulo Centenario

$$CONFIABILIDAD = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \times 100\%$$

Ecuación 11 Confiabilidad de la planta eléctrica modulo Centenario

$$CONFIABILIDAD = \frac{604 h + 35 h - 0}{604 h + 81 h + 35 h} \times 100\% = 88\%$$

Confiabilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva

S.A.

Ecuación 12 Confiabilidad total del conjunto de plantas eléctricas

$$CONF_{TOTAL} = \frac{CONF_1 + CONF_2 + CONF_3}{NUMERO\ TOTAL\ DE\ PLANTAS\ ELÉCTRICAS}$$

Ecuación 13 Confiabilidad total del conjunto de plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A

$$CONFTOTAL = \frac{90\% + 90\% + 88\%}{3} = 89,3\%$$

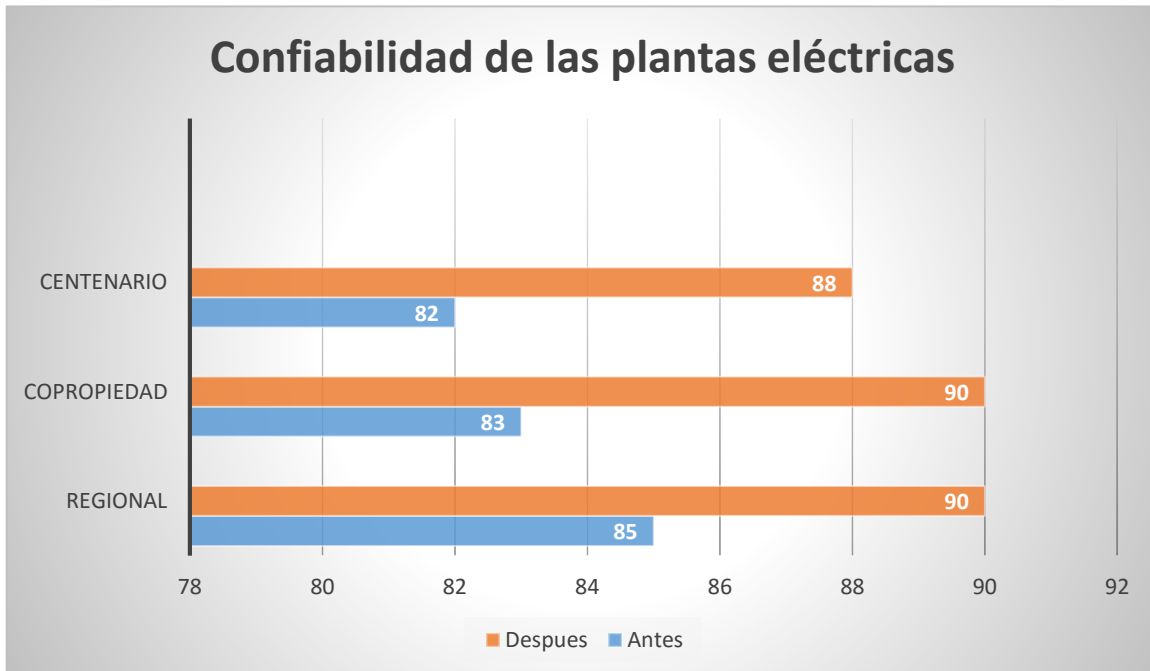


Ilustración 13 Confiabilidad de las plantas eléctricas

4.1.4 Mantenibilidad

Mantenibilidad planta eléctrica modulo Regional

$$MANTENIBILIDAD = \frac{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}{NUMERO DE REPARACIONES}$$

Ecuación 14 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Regional

$$MANTENIBILIDAD = \frac{23 h}{4} = 5,7 h$$

Mantenibilidad planta eléctrica modulo Copropiedad

$$MANTENIBILIDAD = \frac{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}{NUMERO DE REPARACIONES}$$

Ecuación 15 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Copropiedad

$$MANTENIBILIDAD = \frac{20 h}{2} = 10 h$$

Mantenibilidad planta eléctrica modulo Centenario

$$MANTENIBILIDAD = \frac{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}{NUMERO DE REPARACIONES}$$

Ecuación 16 Mantenibilidad de la planta eléctrica modulo Centenario

$$MANTENIBILIDAD = \frac{35 h}{7} = 5 h$$

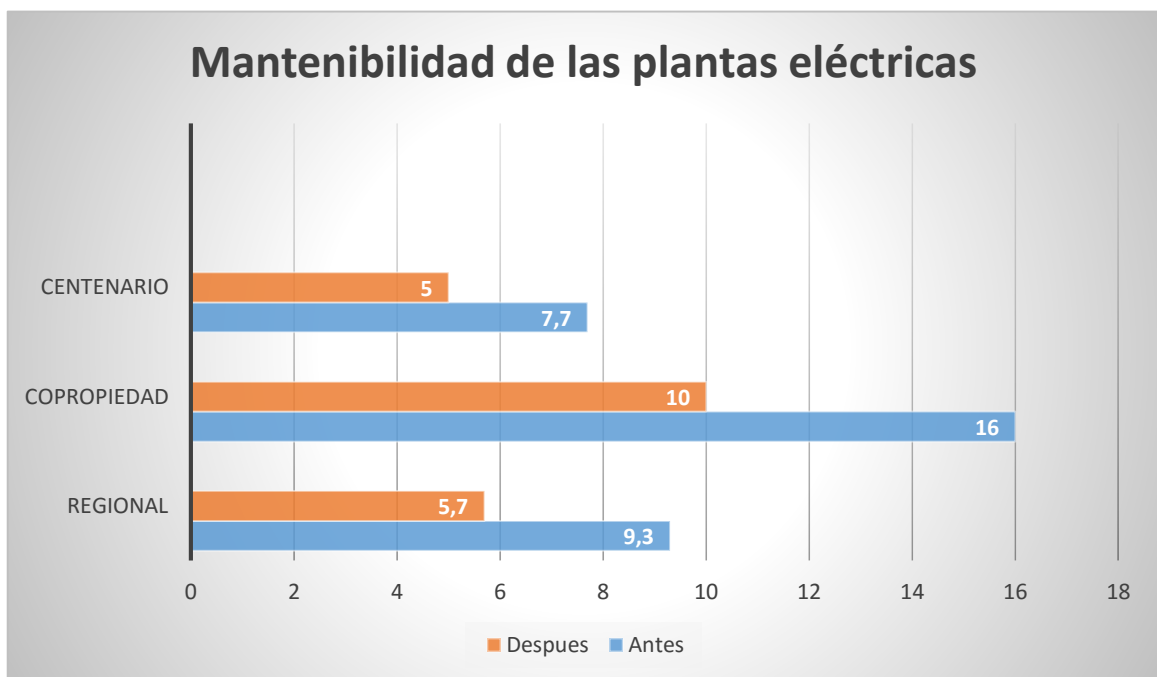


Ilustración 14 Mantenibilidad de las plantas eléctricas

Se analizaron los datos recolectados, los cuales demostraron un aumento en los índices de mantenimiento y una disminución en las horas de mantenibilidad, esto demostró que el plan de mantenimiento preventivo diseñado y ejecutado en las plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A logró satisfactoriamente los objetivos propuestos aumentando la disponibilidad y confiabilidad de las plantas eléctricas.

Tabla 14 Análisis índices de mantenimiento

Índices	Planta eléctrica modulo Regional	Planta eléctrica modulo Copropiedad	Planta eléctrica modulo Centenario
Antes			
DISPONIBILIDAD	0,85 h	0,83 h	0,82 h
CONFIABILIDAD	85 %	83 %	82 %
MANTENIBILIDAD	9,3 h	16 h	7,7 h
Después			
DISPONIBILIDAD	0,90 h	0,90 h	0,88 h
CONFIABILIDAD	90 %	90 %	88 %
MANTENIBILIDAD	5,7 h	10 h	5 h

4.1.5 Costos directos

Tabla 15 Costos directos de mantenimiento

Costo	Valor
Mano de obra	\$1.300.000
Llave dinamométrica	\$200.000
Filtro de aceite	\$97.666
Filtro de aceite	\$97.666
Filtro de aceite	\$97.666
Filtro de combustible	\$97.666
Filtro de combustible	\$97.666
Filtro de combustible	\$97.666
Filtro separador de agua/combustible	\$97.666
Filtro separador de agua/combustible	\$97.666
Filtro separador de agua/combustible	\$97.666
Filtro de aire	\$91.500
Filtro de aire	\$91.500
Filtro de aire	\$91.500
Filtro de refrigerante	\$245.000
Correa de distribución	\$60.000
Correa de distribución	\$45.800
Correa de distribución	\$45.800
Baterías	\$975.300
Aceite	\$75.000
Valor Total	\$ 5.600.700

4.1.6 Costos indirectos

Costos	Valor
Gerente de mantenimiento	\$1,300,000
Jefe de mantenimiento	\$1,300,000
Supervisor	\$1,000,000
Capacitación del personal	\$200,000
Valor Total	\$ 3,800,000

Tabla 16 Costos indirectos de mantenimiento

Conclusiones

- Se logró realizar el diagnóstico a cada una de las plantas eléctricas con base a las herramientas usadas por el método RBM, la cual, nos permitió documentar y analizar el estado actual en el que se encontraban, sus fallas y que las causaban. Gracias a la realización de este diagnóstico se hallaron las horas de disponibilidad, horas de indisponibilidad, tiempo de mantenimiento y fallas, cuyos valores son fundamentales para obtener los índices de mantenimiento de cada una de las plantas eléctricas. Como resultado del diagnóstico se obtuvo el índice de disponibilidad promedio de las plantas eléctricas, el cual fue de 0,83 h mensualmente en el año 2021.
- Una vez se alcanzó el diagnóstico del conjunto de plantas eléctricas y de analizar la gravedad de las fallas según el diagrama causa-efecto, se procedió a diseñar una serie de tareas y/o actividades, las cuales, se dividieron según la periodicidad del mantenimiento (inspección diaria, mensual, semestral y anual). Este protocolo de actividades se deberá seguir por el personal técnico una a una para así llevar a cabo adecuadamente el mantenimiento preventivo, además se crearon sus respectivas especificaciones técnicas (fichas técnicas) en las cuales se especifica la información más relevante del motor como del generador, estas quedan anexadas en una carpeta junto con el protocolo de mantenimiento preventivo para el fácil acceso de esta información al personal técnico en caso de presentarse alguna eventualidad o emergencia.
- Se alcanzó la intervención al conjunto de plantas eléctricas según el mantenimiento preventivo planteado, la cual, se llevó a cabo con el jefe de mantenimiento y el supervisor. Debido al estado en el que se encontraban las plantas eléctricas se requirió de diferentes tipos de repuestos y herramientas. Al intervenir la planta eléctrica Centenario (zona 1) que de las tres era la que en peor estado se encontraba, se logró realizar cambio de filtros en su

totalidad (aceite, combustible, aire, separador agua/combustible), se hizo cambio y actualización de los cables de potencia que van conectados a la batería como al motor, se realizó cambio de líquidos (aceite, refrigerante) y de baterías, se hizo una limpieza interna al generador y externa a todo el conjunto motor-generador. Al intervenir la planta eléctrica Regional (zona 2) se logró realizar cambio de filtros en su totalidad (aceite, combustible, aire, separador agua/combustible), se realizó cambio de manguera de radiador a motor, se realizó cambio de líquidos (aceite, refrigerante) y de baterías, se realizó una limpieza externa a todo el conjunto motor-generador. Al intervenir la planta eléctrica Copropiedad (zona 3) se logró realizar cambio de líquidos (aceite, refrigerante) y de baterías, así como también se realizó una actualización en los cables de potencia, se logró realizar cambio de filtros (refrigerante, aceite, combustible, aire, separador agua/combustible), se realizó limpieza al radiador (panel) ya que se encontraba obstruido. Una vez realizadas cada una de estas intervenciones a las plantas eléctricas del Terminal de Transporte de Neiva S.A nos permitió lograr un incremento en los índices de mantenimiento y disminuir las horas de mantenibilidad.


- Una vez se realizó las intervenciones se tomó registro de los factores como horas disponibles, horas de indisponibilidad, horas de mantenimiento programadas y fallas durante seis meses, con los cuales, se calcularon los índices de mantenimiento nuevos y se analizaron los resultados. Se concluyó que la implementación del mantenimiento preventivo según el método RBM logró un aumento en los índices de disponibilidad, confiabilidad y disminuyó el índice de mantenibilidad, gracias a esto el Terminal de Transporte de Neiva S.A cuentan con una disponibilidad en promedio de sus plantas eléctricas en un 89%, el índice de confiabilidad incremento a un 89,3% y la mantenibilidad disminuyó en 5.7 h (zona 2), 10 h (zona 3), 5 h (zona 1) respectivamente en cada planta eléctrica.

Recomendaciones


- Se recomienda realizar una capacitación sobre la implementación de el plan de mantenimiento preventivo anualmente.
- Se recomienda revisar y realizar a detalle el protocolo de mantenimiento preventivo propuesto.
- Se recomienda que las intervenciones y los registros sean realizados por dos personas, esto evitará malentendidos y que la información no sea precisa.
- Se recomienda que en todo momento haya uno o más repuestos en el stock para alguna eventualidad.
- Se recomienda capacitar al personal de mantenimiento para que al presentarse cualquier eventualidad o daño estos se puedan reparar de manera rápida.
- Se recomienda la implementación de un software de mantenimiento en un futuro para mejorar el manejo de las ordenes y de las intervenciones.

Anexos


Anexo 1: Inspección diaria del plan de mantenimiento preventivo

		GESTION DE BIENES Y SERVICIOS				CODIGO	
						FO-GBS-27	
		PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA				VIGENCIA	
						SEPTIEMBRE 13 DE 2022	
MARCA		CAPACIDAD (KVA)	313		C	NC	
		UBICACIÓN			Conforme	No conforme	
DIARIO							
REGISTRO DE HORAS:		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
		ACTUAL:	ACTUAL:	ACTUAL:	ACTUAL:	ACTUAL:	ACTUAL:
No	Ítem	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
		C NC	C NC	C NC	C NC	C NC	C NC
1	NIVELES						
1.1	Inspeccionar nivel de aceite						
1.2	Inspeccionar nivel de combustible						
1.3	Inspeccionar nivel de agua de radiador						
1.4	Inspeccionar y verificar nivel de voltaje de baterias						
2	GENERAL						
2.1	Inspeccionar estado de correas						
2.2	Inspeccionar posibles fugas por: aceite, combustible, refrigerante.						
2.3	Verificar que el cargador de baterias este funcionando correctamente						
2.4	Inspeccionar las rejillas de toma de aire						
2.5	Inspeccionar sistema de escape que no se encuentre obstruido						
2.6	Inspeccionar los cables de la marcha del motor y conectores						
2.7	Inspeccionar las aspas del ventilador no encuentren obstruidas						
2.8	Inspeccionar y comprobar que los controles eléctricos funcionen adecuadamente						
OBSERVACIONES							
REALIZADO POR:							
		Nombre					
		Cargo					


Anexo 2: Inspección mensual del plan de mantenimiento preventivo

		GESTOR DE BIENES Y SERVICIOS				CODIGO
		PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA				VIGENCIA
MARCA		CAPACIDAD (KVA)		C		HC
REGISTRO DE HORAS:		UBICACIÓN		C		HC
		ANTERIOR		ACTUAL		No Conforme
No	Item	Fecha		MENSUAL		
		C	HC	EVIDENCIA FOTOGRAFICA		
1	SISTEMA DE LUBRIFICACIÓN					
1.1	Inspeccionar nivel de aceite y agregar cuanto sea requerido					
1.2	Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter					
1.3	Inspeccionar presión de aceite					
2	SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
2.1	Inspeccionar nivel de combustible					
2.2	Inspeccionar zona de llenado					
2.3	Inspeccionar la bomba de inyección, mangueras y filtros por fugas					
2.4	Inspeccionar presión de combustible					
3	SISTEMA DE ASPIRACIÓN Y DE ESCAPE					
3.1	Inspeccionar las condiciones de las tomas de aire, los ductos y su correcta operación					
3.2	Inspeccionar los filtros de aire, apretar las abrazadoras y los soportes como lo requieran					
3.3	Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones para que no se encuentren obstruidas					
3.4	Realizar limpieza de las rejillas de aspiración y de escape					
4	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO					
4.1	Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera					
4.2	Inspeccionar mangueras por posibles fugas					
4.3	Inspeccionar las aspas del ventilador que no se encuentren obstruidas					
4.4	Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren agrietadas y que se encuentren con la tensión adecuada					
4.5	Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación					
5	SISTEMA ELECTRICO DEL MOTOR					
5.1	Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque					
5.2	Verificar que el cargador de baterías que se encuentre operando adecuadamente					
5.3	Inspeccionar corriente de funcionamiento de la marcha					
6	GENERADOR - MECANICA					
6.1	Inspeccionar los pernos de anclaje					
6.2	Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible					
6.3	Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida					
7	GENERADOR - ELECTRICO					
7.1	Inspeccionar el ensamble del estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física					
7.2	Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador por condición y seguridad					
8	CONTROLES					
8.1	Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto					
8.2	Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor					
8.3	Verificar la operación del equipo de generación indicadores asociados, luces y alarmas					
9	GENERAL					
9.1	Realizar aseo general al área de trabajo y a la planta eléctrica					
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR:		Nombre		Carga		Firma

Anexo 3: Inspección semestral del plan de mantenimiento preventivo

		GESTION DE BIENES Y SERVICIOS				CODIGO
		PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA ELECTRICA				VIGENCIA
MARCA	REGISTRO DE HORAS:	CAPACIDAD (KVA)		C		NC
		UBICACIÓN		Conforme		No Conforme
		ANTERIOR		ACTUAL		START(S)
No	Item	Fecha		SEMESTRAL		
		C	NC	EVIDENCIA FOTOGRAFICA		
1	SISTEMA DE LUBRICACIÓN					
1.1	Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter					
1.2	Verificar presión de aceite					
1.3	Realizar cambio de aceite					
1.4	Realizar cambio de filtro aceite					
2	SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
2.1	Inspeccionar la bomba de inyección, mangueras y filtros por fugas					
2.2	Inspeccionar nivel de combustible					
2.3	Inspeccionar presión de combustible					
2.4	Inspeccionar zona de llenado					
2.5	Realizar cambio de filtros de combustible					
3	SISTEMA DE ASPIRACIÓN Y DE ESCAPE					
3.1	Inspeccionar las condiciones de las tomas de aire y los ductos y su correcta operación					
3.2	Realizar cambio de filtro de aire					
3.3	Inspección de salida de turbocargador (de existir) apretar las abrazaderas y soportes como la requieran					
3.4	Inspeccionar los filtros de aire, apretar las abrazaderas y los soportes como lo requieran					
3.5	Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones para que no se encuentren obstruidas					
3.6	Realizar limpieza de las rejillas de aspiración y de escape					
4	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO					
4.1	Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera					
4.2	Inspeccionar mangueras por posibles fugas					
4.3	Inspeccionar el panel del radiador y realizar limpieza					
4.4	Inspeccionar las aspas del ventilador que no se encuentren obstruidas					
4.5	Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren agrietadas y que se encuentren con la tensión adecuada					
4.6	Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación					
5	SISTEMA ELECTRICO DEL MOTOR					
5.1	Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque					
5.2	Verificar que el cargador de baterías se encuentre operando adecuadamente					
5.3	Inspeccionar corriente de funcionamiento de la marcha					
6	GENERADOR - MECANICA					
6.1	Inspeccionar los pernos de anclaje					
6.2	Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible					
6.3	Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida					
7	GENERADOR - ELECTRICO					
7.1	Inspeccionar el ensamble del estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física					
7.2	Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador por condición y seguridad					
8	CONTROLES					
8.1	Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto					
8.2	Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor					
8.3	Verificar la operación del equipo de generación indicadores asociados, luces y alarmas					
9	GENERAL					
9.1	Realizar aseo total y profundo al área de trabajo y a la planta eléctrica					
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR:		Nombre			Firma	
		Cargo				

Anexo 4: Inspección anual del plan de mantenimiento preventivo

		GESTIÓN DE BIENES Y SERVICIOS				CODIGO
		INSPECCIÓN ANUAL A PLANTA ELÉCTRICA				VIGENCIA
MARCA		CAPACIDAD (KVA)	UBICACIÓN		C	RE
REGISTRO DE HORAS:		ANTERIOR	ACTUAL		Conforme	No Conforme
No	Item	ANUAL O CADA 500 HORAS				
		Fecha		EVIDENCIA FOTOGRAFICA		
		C	NC			
1	SISTEMA DE LUBRICACIÓN					
1.1	Inspeccionar existencia de fugas en mangueras y cárter					
1.2	Verificar presión de aceite					
1.3	Realizar cambio de aceite					
1.4	Realizar cambio de filtro aceite					
2	SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
2.1	Inspeccionar la bomba de inyección, mangueras y filtros por posibles fugas					
2.2	Inspeccionar nivel de combustible					
2.3	Inspeccionar presión de combustible					
2.4	Inspeccionar zona de llenado					
2.5	Realizar cambio de filtros de combustible					
3	SISTEMA DE ASPIRACIÓN Y DE ESCAPE					
3.1	Inspeccionar las condiciones de las tomas de aire y los ductos y su correcta operación					
3.2	Realizar cambio de filtro de aire					
3.3	Inspección de salida de turbocargador (de existir) apretar las abrazaderas y soportes como la requieran					
3.4	Inspeccionar los filtros de aire, apretar las abrazaderas y los soportes como lo requieran					
3.5	Inspeccionar los tubos de escape y sus conexiones para que no se encuentren obstruidas					
3.6	Realizar limpieza de las rejillas de aspiración y de escape					
4	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO					
4.1	Inspeccionar nivel de refrigerante y rellenar como se requiera					
4.2	Inspeccionar mangueras por posibles fugas					
4.3	Inspeccionar el panel del radiador y realizar limpieza					
4.4	Inspeccionar las aapas del ventilador que no se encuentren obstruidas					
4.5	Inspeccionar las correas de la polea del ventilador que no se encuentren aprietadas y que se encuentren con la tensión adecuada					
4.6	Inspeccionar la temperatura del refrigerante bajo condiciones de operación					
5	SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR					
5.1	Inspeccionar y registrar el voltaje de las baterías de arranque					
5.2	Verificar que el cargador de baterías se encuentre operando adecuadamente					
5.3	Inspeccionar corriente de funcionamiento de la marcha					
6	GENERADOR - MECANICA					
6.1	Inspeccionar los pernos de anclaje					
6.2	Inspeccionar los tornillos del acoplamiento flexible					
6.3	Inspeccionar la toma de aire que no se encuentre obstruida					
7	GENERADOR - ELÉCTRICO					
7.1	Inspeccionar el ensamble del estator y campos por limpieza de las líneas e integridad física					
7.2	Inspeccionar las terminales de cables y alambres en el generador por condición y seguridad					
8	CONTROLES					
8.1	Verificar la operación de los controles de encendido automático y control remoto					
8.2	Verificar la operación y calibración de los instrumentos del generador y el motor					
8.3	Verificar la operación del equipo de generación indicadores asociados, luces y alarmas					
9	GENERAL					
9.1	Realizar aseo total y profundo al Área de trabajo y a la planta eléctrica					
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR:		Nombre	Firma			
		Cargo				

Anexo 5: Repuestos y stock para el conjunto de plantas eléctricas

Repuesto	Referencia	Unidad
Filtro de aceite	LF 9009	1
Filtro de aceite	LF 3349	1
Filtro de aceite	LF 3564	1
Filtro de combustible	FF 5580	1
Filtro de combustible	FF 42000	1
Filtro de combustible	BF 720	1
Filtro separador de agua/combustible	FS 19732	1
Filtro separador de agua/combustible	FS 1280	1
Filtro separador de agua/combustible	Bombín YYH-F- 145	1
Filtro de aire	TFPL-26173	1
Filtro de aire	SFA-70469N	1
Filtro de aire	HCA 253K	1
Filtro de refrigerante	WF 2076	1
Correa de distribución	CUMMINS 32288497	1
Correa de distribución	25231-45002 HMC	1
Correa de distribución	DCEC 32887908PK1444	1
Baterías	MAC 4D 1500	2
Aceite	Remulla 15W40	8 gal.

Referencias Bibliográficas

- Richard (Doc.) D. Palmer “Manual de planificación y programación de mantenimiento (Maintenance Planning and Scheduling Handbook)” Publicado por la editorial McGraw-Hill Education.
- “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C Santa Anita, 2017.” Alberto Martin Vega Acuña, Lima-Perú 2017.
- “Revisión Del Plan De Mantenimiento De Las Plantas Eléctricas Del Edificio Mario Laserna De La Universidad De Los Andes” Camilo Andrés Malaver Leal, Bogotá-Colombia 2022.
- “Manual de operación para plantas de emergencia” San Salvador, diciembre 1998.
- “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A” Juan Camilo Valdiviano, Cuenca 2010.
- “Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta” del autor Dr. Roberto Hernández Sampieri.
- Revisión Del Plan De Mantenimiento De Las Plantas Eléctricas Del Edificio MarioLaserna De La Universidad De Los Andes, trabajo de grado Camilo Andrés Malaver Leal de la facultad de ingeniería mecánica en la universidad de los Andes.
- Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de rociadores contra incendio, en una edificación hospitalaria (eccu.edu.co).
- Qué es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) (cursosaula21.com). CUMMINS Diesel Engines Operation Maintenance Manual 1980: Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive.
- EYCD120-Español.pdf (energy360.com.co).

Manual de mantenimiento, 6irq9ae.pdf, CUMMINS Engines Service Manuals
trucksfreemanuals.

Libro Manual de Planificación y Programación de Mantenimiento (predictiva21.com).

“DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE UNIDADES
GENERADORAS”. Rubén Alfredo Cerón Suchini, Guatemala, octubre de 2005.

“Manual del ingeniero de mantenimiento”. Rafael José López Escalona.

Escobar Torrelles, Miguel (2016). Mantenimiento preventivo en electrodomésticos de gama
industrial (5 edición). Editorial Eleaming, S.L.

Sols, Alberto (2000). Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad. Univ. Pontifica comillas. Manual
instalación plantas eléctricas de emergencia. Kosov.