



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de
operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de
combustión diésel**

AUTOR:

Medina Gutiérrez, Christian Rubén

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

TUTOR:

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael

Guayaquil, Ecuador

9 de marzo de 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Medina Gutiérrez, Christian Rubén**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**.

TUTOR

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M.Sc.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Medina Gutiérrez, Christian Rubén**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de combustión diésel**, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Eléctrico Mecánica, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Medina Gutiérrez, Christian Rubén



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Medina Gutiérrez, Christian Rubén**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de combustión diésel**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

f. _____

Medina Gutiérrez, Christian Rubén

REPORTE URKUND

← → ↻ secure.orkund.com/old/view/122098389-150199-644606#q1bKLvYio7VUSrOTM/LTMtMTsxLTIWy... 🔍 📄 ⚙️ 🗄️ En pausa ⋮

📁 Aplicaciones ★ Bookmarks 📄 EURESCOM P615: E... 📄 Novel Enabling Tec... 📄 S. Optical add / drop... 📄 Sistemas de Transm... » 📁 Otros favoritos

URKUND Orlando Philco Asqui (orlando.philco) 👤

Documento [TESIS CHRISTIAN MEDINA - CORREGIDA.docx](#) (D127982302)

Presentado 2022-02-15 19:22 (-05:00)

Presentado por orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje Tesis Christian Medina [Mostrar el mensaje completo](#)

0% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

- <https://scholar.google.com/citations?user=FDNVRuUAAAAJ&hl=ar>
- <https://scholar.google.ca/citations?user=FDNVRuUAAAAJ&hl=fr>
- Tesis_Garcia_Piero_Generacion.1 Cap_2_Avc3.docx
- [TESIS GARAY.docx](#)

Fuentes no usadas

📄 🗄️ 🗑️ ⬆️ ⬅️ ➡️ ⬆️ 0 Advertencias. 🔄 Reiniciar 📄 Compartir ⓘ

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRICO MECÁNICA

TEMA: ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO, MANTENIMIENTO Y ESTUDIO DE LAS
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO
IMPULSADO POR UN MOTOR DE COMBUSTIÓN DIESEL. AUTOR: Medina Gutiérrez, Christian
Rubén Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO -
MECÁNICA

TUTOR: Ing. Hidalgo Aguilar Jaime Rafael

Guayaquil, Ecuador 2022

INCLUDEPICTURE "about:blank" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "about:blank" *
MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "about:blank" * MERGEFORMATINET
INCLUDEPICTURE "about:blank" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "about:blank" *

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser el guía de mi vida, por brindarme salud, por otorgarme voluntad para seguir adelante y no flaquear en los momentos difíciles, sino más bien aprender a ser mejor persona.

A mis padres Santos Medina y Vicenta Gutiérrez por acompañarme a lo largo de toda mi etapa de estudios, por siempre darme un abrazo para continuar y así culminar la universidad.

A mi tutor de tesis Ing. Rafael Hidalgo por estar en todo el proceso y elaboración del proyecto de titulación.

A los docentes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por formar profesionales.

DEDICATORIA

En primera instancia dedico este proyecto a Dios quien me da fuerzas a diario para no rendirme, conocimiento y sabiduría que me llevaron a salir adelante tomando las mejores decisiones en los momentos más difíciles, a pesar de querer abandonar todo, Dios me permitió no hacerlo y lograr mis metas.

A mis padres que son las personas que siempre me dieron su apoyo incondicional, me aconsejaron y guiaron para lograr cada objetivo de mi vida. Son ellos los que inculcaron valores, actitudes para ser cada día un mejor ser humano.

A mis dos hijos por ser los pilares que me sostienen, es por ellos que doy ejemplo porque seguirán mis pasos.

A mis amistades y familia que con cada palabra de aliento te impulsan a continuar y no abandonar el objetivo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M. Sc. Romero Paz, Manuel De Jesús

DECANO

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Bohórquez Escobar, Bayardo Celso

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO 1: Generalidades de la Investigación.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos	4
1.6. Metodología de la Investigación	4
CAPÍTULO 2: Marco Teórico	5
2.1. Grupo Electrónico de Corriente Alterna.....	5
2.1.1. Placa de un Grupo Electrónico.....	6
2.2. Motor de Combustión Interna	6
2.2.1. Motor de Combustión Interna de Combustible Diésel.....	7
2.3. Componentes y Funcionamiento de un Motor de Combustión Diésel.....	8
2.3.1. Bloque	8
2.3.2. Culata	9
2.3.3. Cigüeñal	9
2.3.4. Pistones.....	9
2.3.5. Árbol de Levas	9
2.3.6. Volante	9
2.3.7. Cáster	9
2.3.8. Turbocargador	10
2.3.9. Bomba de inyección e inyectores	10

2.4.	Principales Sistemas de un Motor a Diésel	10
2.4.1.	Sistema de Lubricación	10
2.4.2.	Sistema de Inyección de Combustible	12
2.4.3.	Sistema de Admisión de Aire y Salida de Gases de Escape	13
2.5.	Componentes de un Generador	14
2.6.	Descripción del Funcionamiento de un Generador	17
2.7.	Operación de un Generador	18
2.8.	Pruebas que se Realizan a los Componentes de un Generador	19
2.8.1.	Prueba de Resistencia a las Bobinas	20
2.8.2.	Prueba de Aislamiento de las Bobinas	21
	CAPÍTULO 3: Mantenimiento y Contribuciones	23
3.1.	Mantenimiento de Generadores.....	23
3.1.1.	Mantenimiento Preventivo	24
3.1.2.	Mantenimiento Correctivo	26
3.1.3.	Mantenimiento Predictivo	27
3.2.	Contribuciones.....	30
3.2.1.	Aplicación Continua.....	32
3.2.2.	Aplicación Stand By.....	32
3.3.	Trabajo Experimental de la Prueba de Resistencia de Bobinas	33
3.4.	Trabajo Experimental de la Prueba de Aislamiento de las Bobinas.....	34
3.5.	Pautas para el Mantenimiento de un Generador	35
3.6.	Plan de Mantenimiento	38
	Conclusiones	41
	Recomendaciones	42
	BIBLIOGRAFIA.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1: Ejemplo de placa de identificación de un grupo electrógeno.	6
Figura 2.2: Motor diésel con generador	7
Figura 2.3: Componentes de un motor diésel de aspiración natural	8
Figura 2. 4: Sistema de lubricación de un motor diésel modelo C18 Caterpillar.	11
Figura 2.5: Bobina de un generador	16
Figura 2. 6: Generador de 600 kW de imán permanente	16
Figura 2. 7: Principio de funcionamiento del generador eléctrico	17
Figura 2.8: Ejemplo de conexión de generador en estrella	18
Figura 2.9: Conexión en delta del generador	18
Figura 2.10: Operación en paralelo de generadores	19
Figura 2. 11: Diagrama de un generador de imán permanente	20
Figura 2.12: Causas más comunes de las fallas de generadores	22

Capítulo 3

Figura 3.1: Tipos de mantenimiento	24
Figura 3.2: Ejemplo de resultados de una muestra de aceite.	29
Figura 3.3: Grupo electrógeno de 600 kW marca Caterpillar	30
Figura 3.4: Grupo generador de 600 kW instalado en bases de metal.	31
Figura 3.5: Desmontaje de guardas para acceder a las bobinas del generador	33
Figura 3.6: Medida de la resistencia de la bobina de la excitatriz	33
Figura 3.7: Calentador de espacio de un generador	34

Figura 3.8: Medición de la temperatura del bobinado del estator principal.....	35
Figura 3.9: Registro del nivel de aislamiento en las bobinas del estator principal ...	35
Figura 3.10: Desacoplamiento del generador.....	36
Figura 3.11: Extracción del rodamiento del eje	36
Figura 3. 12: Registro del diámetro del alojamiento del rodamiento	37
Figura 3. 13: Acondicionamiento del estator del generador	37
Figura 3. 14: Registro del juego axial del grupo electrógeno	38

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1: Especificación de resistencia de las bobinas de un generador	21
---	----

Capítulo 3

Tabla 3.1: Cronograma de actividades de un mantenimiento preventivo para generadores de tipo continuo.....	25
Tabla 3.2: Cronograma de actividades de mantenimiento un preventivo para generadores de tipo stand by o emergencia.....	26
Tabla 3.3: Ejemplo de actividades en un mantenimiento correctivo	27
Tabla 3.4: Ejemplo de actividades de mantenimiento predictivo	27
Tabla 3.5: Hoja de ruta de mantenimiento para generador de 600 kW	38
Tabla 3.6: Hoja de inspección diaria de grupo electrógeno	40

RESUMEN

El presente proyecto de titulación proporciona la implementación de un plan de mantenimiento para grupos electrógenos trifásicos de 600 kW con una salida de voltaje de 220 Vac, a partir del estudio del funcionamiento de los sistemas que componen un motor diésel como elemento impulsor y a los principios de operación de los componentes de un generador como equipo impulsado. Se detalla los tipos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo utilizados en los equipos de generación, así como también las pruebas realizadas que proporcionan la información necesaria para sostener la correcta operación de los generadores y poder reducir la presencia de fallas, anomalías y pérdidas por gastos de mantenimiento no contemplados en el funcionamiento del equipo. Finalmente se presenta un plan de mantenimiento basado en las horas de operación del grupo electrógeno con las actividades, pruebas a realizarse al cumplir las horas de servicio que darán paso a predecir, mantener, mejorar y estimar el tiempo de parada para cumplir con el plan de mantenimiento actual.

PALABRAS CLAVES: Implementación, funcionamiento, horas de operación, plan de mantenimiento, grupo electrógeno.

ABSTRACT

The present project provides the implementation of a maintenance plan for 600 kW three-phase generator sets with a voltage output of 220 Vac, based on the study of the operation of the systems that make up a diesel engine as a driving element and the principles of operation of the components of a generator as driven equipment. The types of preventives, corrective and predictive maintenance used in the generation equipment are detailed, as well as the tests carried out that provide the necessary information to sustain the correct operation of the generators and to be able to reduce the presence of failures, anomalies and losses due to expenses. maintenance not contemplated in the operation of the equipment. Finally, a maintenance plan is presented based on the hours of operation of the generator set with the activities, tests to be carried out when fulfilling the hours of service that will give way to predict, maintain, improve, and estimate the downtime to comply with the maintenance plan. current maintenance.

KEYWORDS: Implementation, operation, hours of operation, maintenance plan, generator set.

CAPÍTULO 1: Generalidades de la Investigación

1.1. Introducción

En la actualidad la generación de energía eléctrica es fundamental para la operación de maquinarias utilizadas en diferentes procesos industriales, en zonas comerciales, residenciales y lugares en donde la red pública no está definida, la electricidad es parte de nuestra vida cotidiana.

Un sistema de generación de potencia eléctrica está diseñado para operar en proyectos de campo como: minerías y equipos de exploración, además de proporcionar electricidad en centros comerciales y zonas residenciales donde por momentos falle el suministro de la red pública. Son muy utilizados en las embarcaciones como, por ejemplo: un barco pesquero necesita mantener los congeladores al 100 % de su capacidad, para conseguir aquello los motores eléctricos que impulsan los compresores del sistema de refrigeración deben tener el suministro de electricidad correcto.

La capacidad del sistema de generación dependerá del estudio de carga realizado previo a la instalación del grupo electrógeno, es decir que no podrá exceder su valor nominal especificado en la placa. Es importante conocer el voltaje con el que funcionan los equipo a instalar en la red de aquello dependerá la selección del voltaje del grupo generatriz que podrían ser de 220 VAC, 380 VAC o 440VAC y su frecuencia 50 Hz o 60 Hz. En este trabajo nos referiremos a un equipo de potencia 600 kW de 220 VAC de 60 Hz.

Un grupo generatriz es impulsado por varios métodos de giro, mediante la caída de agua como es el caso de las hidroeléctricas, otros tipos son accionados por motores de combustión interna. En este proyecto se hará referencia a un grupo generatriz impulsado por un motor de combustión interna de combustible diésel. Los motores de combustible diésel proporcionan una mayor cantidad de torque y potencia por ende al acoplarlo a un generador aumenta el rendimiento del equipo generatriz y proporciona mayor capacidad de instalar cargas eléctricas.

Los motores diésel están configurados para distintas capacidades de potencia por esta razón los encontramos instalados en diferentes áreas de operación, no solo

impulsan el rotor de un generador sino también los ejes de las hélices de embarcaciones, transmisiones de vehículos de transporte de carga, transmisiones de vehículos livianos, bombas de sistemas hidráulicos, bombas de sistemas neumáticos, equipos de minería, etc. La potencia de aquellos motores está relacionada con su tamaño sin embargo hoy en día se presentan motores diésel con sistemas de combustible y turbocargadores de alto rendimiento que minimizan el tamaño del motor ofreciendo la misma o mayor potencia.

1.2. Planteamiento del Problema

La falta de conocimiento técnico sobre el funcionamiento, operación y las partes que constituyen un grupo electrógeno obliga a cometer errores durante los procedimientos de mantenimiento, a extender inapropiadamente los intervalos para la conservación óptima de los equipos. Ambos casos conllevan al fracaso de los componentes internos o en la totalidad del producto, paradas de operación no programadas en la línea de trabajo, reparaciones emergentes, costos elevados por realizar mantenimientos correctivos, es decir después de producirse una avería. Se plantea una pregunta de investigación:

¿Cuál es la mejor ruta para conservar la vida útil de un grupo electrógeno?

1.3. Justificación

El análisis del funcionamiento y estudio de las características de operación de los componentes que constituyen un sistema de generación de potencia eléctrica proporcionará mejorar las bases conceptuales con la finalidad de brindar el mejor plan de mantenimiento a un grupo electrógeno de 600 kW de 220 VAC de una frecuencia de 60 Hz, con el que se evitará paradas no programadas y costos adicionales por mantenimientos correctivos en los equipos.

1.4. Objetivo General

Analizar el funcionamiento, mantenimiento y características de un sistema de generación eléctrico trifásico de 600 kW de voltaje nominal 220 VAC impulsado por un motor de combustión diésel.

1.5. Objetivos Específicos

2. Estudiar el funcionamiento de los sistemas de lubricación, de inyección de combustible, de admisión de aire y salida de gases de un motor diésel.
3. Conocer las partes, características, operación y pruebas de un sistema de generación eléctrico.
4. Diseñar la hoja de ruta para el proceso de mantenimiento de un sistema de generación eléctrico.

1.6. Metodología de la Investigación

La metodología aplicada para el actual proyecto de titulación inicia con el método investigativo que permite obtener los conocimientos para la elaboración y cumplimiento de los objetivos descritos en los literales anteriores. Para compilación de información técnica se empleó la metodología cuantitativa donde se realiza la búsqueda de conceptos, funcionamiento, operación, mantenimiento, pruebas de un grupo electrógeno. Los datos fueron obtenidos de revistas, catálogos, manuales, artículos y libros de fuentes confiables con autores recientes.

Se emplea la metodología experimental que involucra la experiencia del personal técnico que realiza trabajos de operación, mantenimiento de generadores y motores de combustión interna. La compilación de todos los datos en base de la experiencia proporciona la información necesaria para definir un plan de mantenimiento óptimo de un grupo electrógeno.

CAPÍTULO 2: Marco Teórico

2.1. Grupo Electrónico de Corriente Alterna

Lacoste et al. (2011) hace referencia a un grupo electrónico como el conjunto integrado de dos partes principales: el motor de combustión interna y el generador o alternador de corriente alterna. Adicional, se incluyen accesorios que proveen información del equipo durante su estado de operación. Los accesorios básicos instalados en los equipos de generación eléctrica son indicadores de presión, temperatura y nivel de fluidos, medidores de voltaje, corriente y frecuencia. También debe contar con dispositivos de seguridad que se encargan de la protección del personal de operación y protección como tal del equipo.

Los equipos de generación son utilizados como unidad, así como también existen equipos diseñados para operar en conjunto denominado operación en paralelo, donde 2 o más grupos electrónicos se conectan a una misma carga con la finalidad de proveer la suficiente energía eléctrica para su correcto funcionamiento. La operación en conjunto se logra con la ayuda de tableros de sincronización y paralelismo.

Durante la selección de un grupo electrónico se debe tomar en cuenta los siguientes datos técnicos:

- Potencia nominal del equipo basado en el estudio de cargas a instalar.
- Voltaje nominal de operación.
- Frecuencia nominal de operación.
- Amperaje nominal de operación.
- Factor de potencia.
- Velocidad de rotación.

Otros criterios a tener en cuenta para la selección del grupo electrónico son los siguientes:

- Altitud donde será instalado.
- Temperatura ambiente.
- El equipo operará a la intemperie.
- Tipo de combustible.

- Tipo de lubricantes.
- Precio.
- Costos de mantenimientos.

2.1.1. Placa de un Grupo Electrónico.

Los datos técnicos se encuentran estampados en la placa de identificación del grupo electrónico como se observa en la figura 2.1.

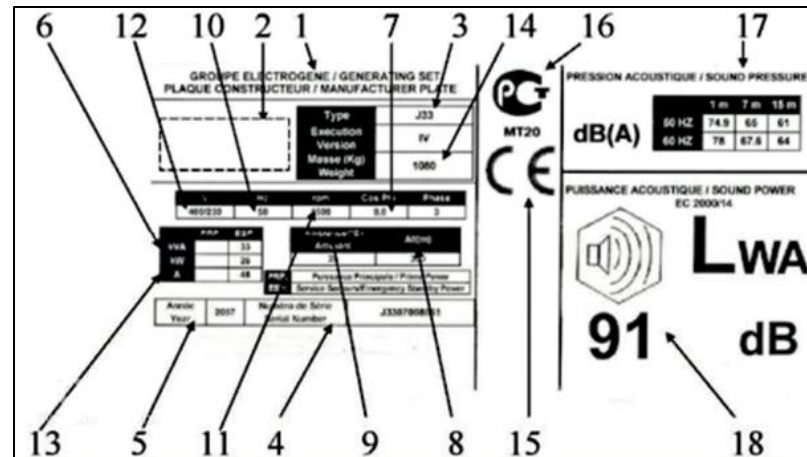


Figura 2.1: Ejemplo de placa de identificación de un grupo electrónico.

Fuente: Adaptado de Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrónicos, de SDMO (2004)

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Grupo Electrónico | 10. Frecuencia |
| 2. Marca del fabricante | 11. Velocidad de rotación |
| 3. Modelo | 12. Voltaje |
| 4. Número de serie | 13. Amperaje |
| 5. Año de fabricación | 14. Masa |
| 6. Potencia nominal | 15. Marcado CE |
| 7. Factor de potencia | 16. Marcado norma no CE |
| 8. Altitud máxima | 17. Presión acústica |
| 9. Temperatura de ambiente máxima | 18. Potencia Acústica |

2.2. Motor de Combustión Interna

El concepto de “Un Motor de Combustión Interna es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica a partir del estado térmico de un fluido de trabajo que se ha generado en su propio seno mediante un proceso de combustión” (De Antonio y Domínguez, 2015, p. 11).

En la actualidad los motores de combustión interna son importantes para proporcionar energía mecánica de rotación utilizada para impulsar ejes de transmisión en aplicaciones terrestres, marinas y aéreas. En el caso de un grupo electrógeno el movimiento rotacional es aprovechado para girar el eje del rotor del alternador a la velocidad especificada para obtener la frecuencia de 60 Hz o 50 Hz dependiendo de los requerimientos del país o carga. Por ejemplo: en Ecuador se utilizan dispositivos que funcionan u operan a una frecuencia de 60 Hz.

La función principal del motor de combustión interna es proporcionar el giro y ajustar la velocidad del generador para obtener los datos de placa durante el funcionamiento en velocidades en vacío y con carga.

2.2.1. Motor de Combustión Interna de Combustible Diésel

Se tiene como concepto que “un motor diésel es un motor de combustión interna que, desde que se crearon, se han empleado principalmente en el ámbito industrial y en los vehículos pesados; esto es debido a sus características destacadas de dureza, bajo consumo, potencia y simpleza” (Menna, 2018, párr. 1).

Los motores de combustible diésel como se muestra en la figura 2.2 son elegidos por los usuarios por su alta eficiencia en el consumo de combustible, alto rendimiento y mayor potencia para movilizar generadores utilizados en las áreas de construcción, industrial, hospitalaria disponibles a operar las 24 horas o en situaciones de emergencia donde el suministro de red pública no esté disponible.



Figura 2.2: Motor diésel con generador

Fuente: Adaptado de Grupos electrógenos para producción terrestre, Caterpillar (2022)

El motor de combustión interna de combustible diésel es de cuatro tiempos, es decir que de acuerdo con el movimiento rotatorio del cigüeñal se presentan 4 carreras del pistón que son:

1. Admisión
2. Compresión
3. Explosión
4. Escape

2.3. Componentes y Funcionamiento de un Motor de Combustión Diésel

Como se observa en la figura 2.3, Menna (2018) hace referencia a las siguientes partes principales de un motor diésel:

- Bloque
- Culata
- Cigüeñal
- Pistones
- Árbol de levas
- Volante
- Cáster
- Turbocargador
- Bomba de inyección
- Inyectores

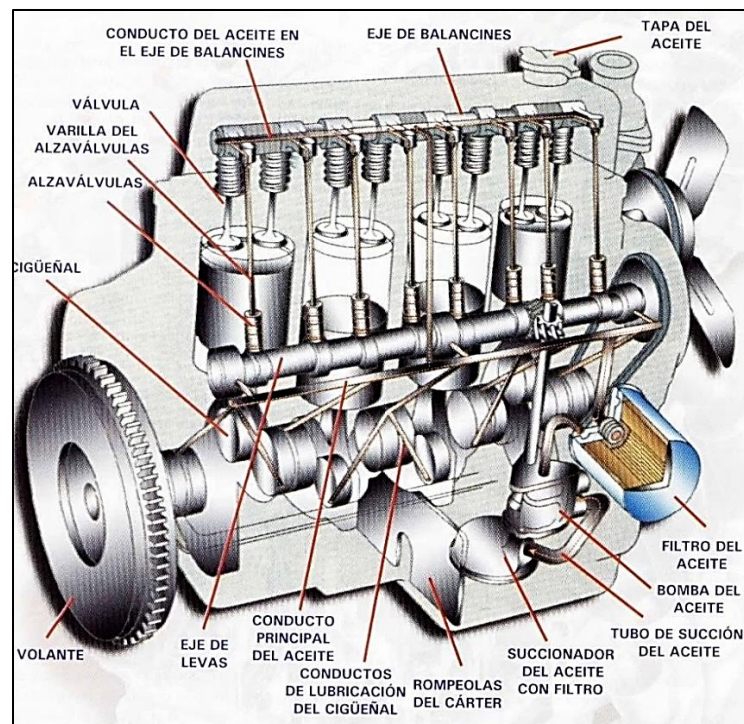


Figura 2.3: Componentes de un motor diésel de aspiración natural

Fuente: Adaptado de MOTOR DIESEL | Características, partes y funcionamiento, Menna (2018)

2.3.1. Bloque

Menna (2018) describe que el bloque es el componente principal porque es el encargado de sujetar las partes móviles del motor como son el cigüeñal, conjunto de

pistones, árbol de levas. El bloque cuenta con agujeros roscados para sostener la culata, caja posterior y anterior del motor.

2.3.2. Culata

Menna (2018) explica que la culata es la parte del motor que cierra la cámara de combustión, la misma aloja a las válvulas que permiten el ingreso de aire y salida de gases de escape hacia el exterior o a su vez al turbocargador. En la culata están instalados los inyectores, el conjunto de eje y balancines que cumplen la función de mover los vástagos de las válvulas.

2.3.3. Cigüeñal

Menna (2018) menciona que el cigüeñal es un eje con manivelas donde van instalados los brazos de biela. Además, convierte el movimiento lineal en movimiento de giro.

2.3.4. Pistones

Menna (2018) define a los pistones como los componentes encargados de producir la combustión a medida que se desplaza de arriba hacia abajo en el cilindro para producir los 4 tiempos que son admisión, compresión, explosión y escape.

2.3.5. Árbol de Levas

Menna (2018) explica que el árbol de levas es el componente encargado de realizar la sincronización del motor para cumplir con el encendido e inyección de diésel apropiado.

2.3.6. Volante

El volante es el encargado de acoplar el eje cigüeñal del motor con el eje de entrada del accesorio a entregar movimiento giratorio, por ejemplo: una transmisión, un generador o alternador.

2.3.7. Cáster

Menna (2018) hace referencia al cáster como el componente que cierra el motor en la parte inferior y aloja el aceite para el sistema de lubricación.

2.3.8. Turbocargador

El turbocargador aprovecha los gases generados en el proceso de la combustión para ingresar volumen de aire desde el ambiente hacia los cilindros del motor con el fin de mejorar el rendimiento y aumentar la potencia del motor.

2.3.9. Bomba de inyección e inyectores

Menna (2018) explica que la bomba de inyección aumenta la presión del combustible diésel con la finalidad de que los inyectores atomicen a la presión adecuada dependiendo de la operación del motor.

2.4. Principales Sistemas de un Motor a Diésel

Los principales sistemas de un motor diésel son los siguientes:

- Sistema de lubricación
- Sistema de inyección de combustible
- Sistema de admisión de aire y salida de gases de escape
- Sistema de enfriamiento

2.4.1. Sistema de Lubricación

En el sistema de lubricación, el aceite es el encargado de: lubricar, enfriar, limpiar y sellar las partes en movimiento de los componentes internos del motor, por tal razón la elección del aceite debe cumplir con los requerimientos específicos recomendados por el fabricante de nuestro motor diésel. Conocer cómo funciona el sistema de lubricación ayuda a reconocer las partes con mayor tendencia al desgaste durante la operación normal del motor.

Maldonado (2010) explica que el aceite tiene su principal clasificación de acuerdo con el tipo de combustible, es decir que sus características son específicas para el combustible diésel por ser motores que exigen mayor potencia y mayor rendimiento en sus operaciones de trabajo.

A continuación, en la figura 2.4, se explica el flujo del aceite en un motor diésel marca Caterpillar modelo C18. Cuando el motor entra en funcionamiento la bomba de aceite No. 12 succiona el fluido desde el colector o cárter lugar donde inicia el sistema

de lubricación, lo dirige a través de la válvula de alivio principal No. 9 encargada de mantener la presión principal adecuada del sistema. El aceite recorre el interior del enfriador y filtro de aceite No. 10 y No. 7 respectivamente, el enfriador de aceite está diseñado para mantener la temperatura en rangos donde el aceite no pierda sus propiedades y el filtro de aceite es el encargado de alojar partículas contaminantes que podrían ser o no metálicas, en ambos componentes están instalados válvulas de derivación No. 8 y No. 6 que tienen la finalidad de que el sistema de lubricación esté operativo a pesar de que ambos componentes se obstruyan, también funcionan durante el primer arranque del motor cuando el aceite está completamente frío. El aceite filtrado es enviado a la galería de aceite principal del bloque No. 3 donde se distribuye por medio de conductos internos en el bloque No. 2 a los cojinetes del cigüeñal No. 4, a la parte superior de la culata No. 1 y a los piñones de la distribución y ejes de balancines. Para los componentes como el turbocargador y accesorios, el aceite fluye por tuberías externas para su respectiva lubricación y enfriamiento. El sistema de lubricación es un bucle de circuito abierto, el aceite después de realizar su recorrido por todas las partes internas y componentes externos del motor diésel regresa al colector o cárter.

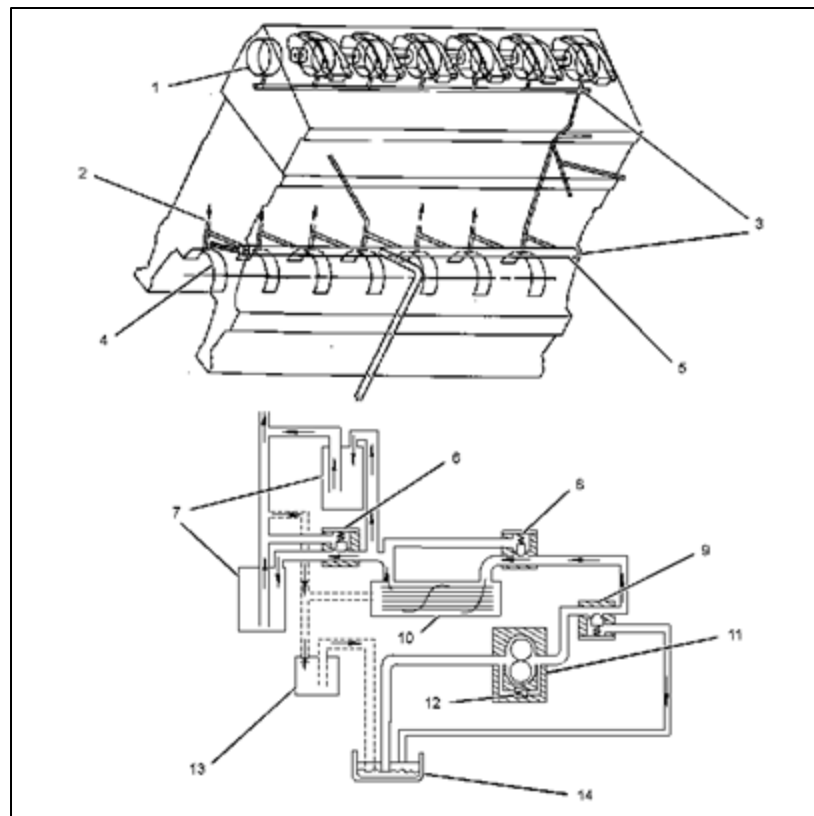


Figura 2. 4: Sistema de lubricación de un motor diésel modelo C18 Caterpillar.

Fuente: Adaptado de System Lubrication, Caterpillar (2008)

2.4.2. Sistema de Inyección de Combustible

Castillo (2013) explica que la potencia de un motor diésel depende de la cantidad de inyección de combustible suministrada a los cilindros del motor, ofreciendo mayor velocidad y capacidad de torque en el volante. Existen dos tipos de sistemas de combustible:

1. Sistema de inyección con bomba dosificadora de combustible.
2. Sistema de inyección de combustible unitaria.

En el sistema de inyección de combustible No. 1 es la encargada de suministrar el combustible a cada cilindro del motor. En el sistema No. 2 la bomba de inyección de combustible está instalada por cada cilindro del motor y puede ser accionada de forma mecánica, hidráulica o electrónica. Ambos sistemas de inyección de combustible tienen componentes similares en su diseño:

- Tanque de combustible.
- Filtros de combustible.
- Bomba de transferencia de combustible.
- Bomba de cebado de combustible.
- Líneas o cañerías de combustible.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Válvulas de retención de combustible.
- Bomba de inyección de combustible.
- Inyectores.
- Bomba de inyección unitaria

El tanque de combustible es el reservorio y está diseñado para contener la cantidad de combustible necesario para 1 día de operación a su máxima potencia. Los filtros de combustible retienen partículas contaminantes que provocan desgaste abrasivo a los componentes del sistema de inyección diésel. Se instalan filtros primarios o separadores de agua en la salida del tanque para evitar que el agua provoque desgaste prematuro en los componentes del sistema.

La bomba de transferencia tiene la función de suministrar el combustible a todos los componentes del sistema sea de inyección unitaria o bomba de inyección. Existe

una bomba de cebado de combustible que tiene la finalidad de remover el aire en el sistema previo al arranque inicial después de la instalación o del reemplazo de los filtros. La válvula reguladora ajusta la presión del sistema de combustible. La válvula de retención evita que el sistema se quede sin combustible cuando el motor no está en funcionamiento. La bomba de inyección de combustible está acoplada y sincronizada con los piñones de distribución del motor para cumplir con el orden de encendido. Los inyectores atomizan el combustible que reciben de la bomba de inyección dentro del cilindro. La bomba de inyección unitaria atomiza el combustible dentro del cilindro.

El diésel debe suministrarse limpio, libre de impurezas y de agua, de esto dependerá la vida útil de sus componentes puesto que muchos de ellos como la bomba de inyección, inyectores y bomba de inyección unitaria se lubrican con el mismo combustible. Un combustible limpio evitará desgaste abrasivo y fallas prematuras en los componentes del sistema.

2.4.3. Sistema de Admisión de Aire y Salida de Gases de Escape

Describiendo “el sistema de admisión de aire suministra aire limpio para la combustión del motor. El sistema de escape hace salir los gases y el calor e impulsa el turbocargador” (Consuegra, 2007, p. 95). Las partes del sistema de admisión de aire y salida de gases de escape comprenden los siguientes ítems:

- Ante filtro de aire (si aplica): es el encargado de recolectar las partículas de gran tamaño que ese encuentran en el ambiente previo al ingreso de aire al motor, es el primer filtro del sistema de admisión.
- Filtros de aire: lo constituyen dos partes: el filtro primario y el filtro secundario. Aquí reposan las partículas más finas del medio ambiente, evitando que ingresen a la cámara de combustión.
- Indicador de estado del filtro de aire: durante la operación del motor los filtros pueden saturarse por lo que el indicador es utilizado para saber si los filtros están obstruidos por contaminantes y así dar mantenimiento preventivo o reemplazarlos.
- Turbocargador (si aplica): están instalados en motores de mayor potencia donde se aprovechan los gases de combustión para impulsar mayor cantidad de aire a los cilindros.

- Enfriador de aire (si aplica): va instalado después del turbocargador y es el encargado de reducir las altas temperaturas de la compresión de aire y suministrarlo a una temperatura estable al cilindro.
- Múltiple de admisión de aire: son los conductos internos de la culata y ductos externos por donde circula el aire en el motor.
- Múltiple de salida de gases de escape: aquí se reúnen los gases de combustión de cada cilindro para salir a la atmósfera.
- Válvulas de admisión y escape: están instaladas en la culata, son las encargadas de permitir o cerrar el paso de aire al cilindro y de abrir el paso de los gases de combustión a la atmósfera.
- Silenciador: está instalado al final del sistema de salida de gases de escape, tiene la finalidad de amortiguar el ruido provocado por la combustión del motor.

2.5. Componentes de un Generador

Espinoza y López (2019) mencionan que un generador de corriente alterna es de tipo síncrono al estar su bobinado de campo en el rotor principal y no existe desfase angular con respecto al eje, por ende, la velocidad de rotación es la misma. Un generador aprovecha la energía mecánica de rotación y la convierte en energía eléctrica utilizando un campo magnético rotatorio creando el movimiento de electrones en las bobinas del estator. Un generador de corriente alterna lo componen las siguientes partes:

- Bobinado del estator: es la parte principal por ser quien sostiene todas las partes del generador, cabe mencionar que el estator es la parte fija y contiene las bobinas y cables de salida de energía eléctrica donde van acopladas las cargas.
- Bobinado del rotor: es la parte móvil giratoria por estar acoplado directamente con el volante del motor. El rotor contiene los imanes y bobinas que giran creando el campo magnético para producir voltaje alterno en las bobinas del estator.
- Regulador de voltaje: es el dispositivo encargado de mantener estable el voltaje de salida del generador dependiendo de su estado de operación de trabajo en vacío u operación con carga, realiza el control censando el voltaje para disminuir o aumentar la corriente de campo.

- Cables de salida: son los cables donde se realizan las diferentes conexiones de placa dependiendo del requerimiento y sitio donde operará el generador.
- Escobillas (Si aplica): se veían en generadores antiguos donde estaban instalados sobre el colector del rotor principal para controlar el voltaje de salida del generador. Este sistema fue reemplazado por el conjunto del estator y rotor de la excitatriz.
- Estator y rotor de la excitatriz: es el conjunto encargado de aumentar o disminuir el campo magnético en el rotor principal. En este caso el estator recibe las señales del regulador de voltaje para transmitirlo al rotor de la excitatriz, reemplazando el sistema de las escobillas.
- Estator e imán permanente: el regulador de voltaje debe recibir señal de alimentación eléctrica para su funcionamiento, en muchos generadores esta señal la recibe desde los cables de salida del generador dependiendo del regulador su alimentación varía entre 110 y 380 VAC. El inconveniente de aquello es que, si el voltaje varía en la salida del generador, también varía el voltaje de alimentación del regulador provocando mal funcionamiento del mismo. En diseños modernos de generadores se cuenta con una bobina adicional llamada estator y un imán permanente acoplado al rotor principal que sería la fuente de alimentación directa al regulador de voltaje. Al tener un imán permanente no varía el voltaje es decir que no hay un campo magnético variable.
- Cableado del generador: es el encargado de transmitir las señales y voltajes de alimentación a los diferentes dispositivos del generador.
- Sistema monitor y panel de control: el sistema monitor del generador da a conocer los parámetros actuales de funcionamiento del equipo, por ejemplo: voltaje, frecuencia, corriente, potencia, factor de potencia, etc. El sistema monitor puede ser de tipo análogo con indicadores de perilla o ser de tipo digital. El panel de control es el conjunto de dispositivos que realizan las operaciones de arranque, parada y operación del generador. En la actualidad el panel de control y el sistema monitor está en un mismo panel mediante tecnología digital que ordena las operaciones del motor y visualización de los parámetros en un mismo dispositivo.

- Rodamientos: son los encargados de que el eje del rotor principal gire libremente sin obstáculos ni restricción al giro. A continuación, en la figura 2.6 se detallan las partes de un generador de 600 kW marca Caterpillar tipo imán permanente.

Mondragón et al. (2015) menciona que la bobina de un generador eléctrico está constituida por dos lados en los que se instalan uno o más conductores apretados formando el bobinado, en la figura 2.5 se observa la bobina de un generador.

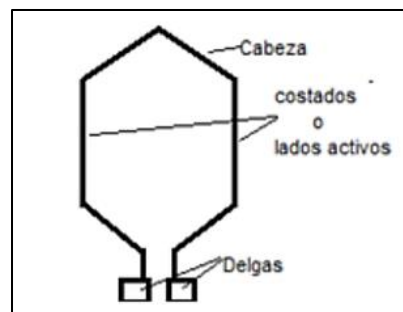


Figura 2.5: Bobina de un generador

Fuente: Adaptado de Generación de energía eléctrica por imanes de neodimio, Mondragón et al. (2015)

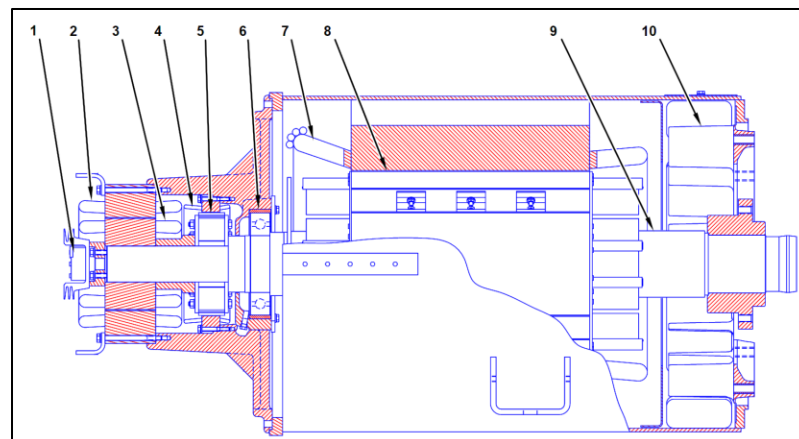


Figura 2. 6: Generador de 600 kW de imán permanente

Fuente: Adaptado de Component description, Caterpillar (1999a)

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Rectificador | 6. Rodamientos |
| 2. Bobina de la excitatriz del imán permanente | 7. Estator principal |
| 3. Imán permanente | 8. Rotor principal |
| 4. Rotor de la excitatriz | 9. Eje del rotor |
| 5. Estator de la excitatriz | 10. Ventilador |

2.6. Descripción del Funcionamiento de un Generador

El funcionamiento de un generador se basa en “el principio de funcionamiento de los generadores se basa en el fenómeno de inducción electromagnética” (Pahuanquiza, 2015, p. 29).

La figura 2.7 describe el principio de funcionamiento del generador eléctrico basado en la ley de Faraday donde un conductor al girar dentro un electroimán que proporciona un gran campo magnético genera un flujo de electrones, es decir una corriente eléctrica a través del conductor, como el electroimán posee polos positivos y negativos, al girar 180 grados los electrones cambian el sentido de la corriente obteniendo una corriente alterna durante un giro completo de 360 grados de la bobina.

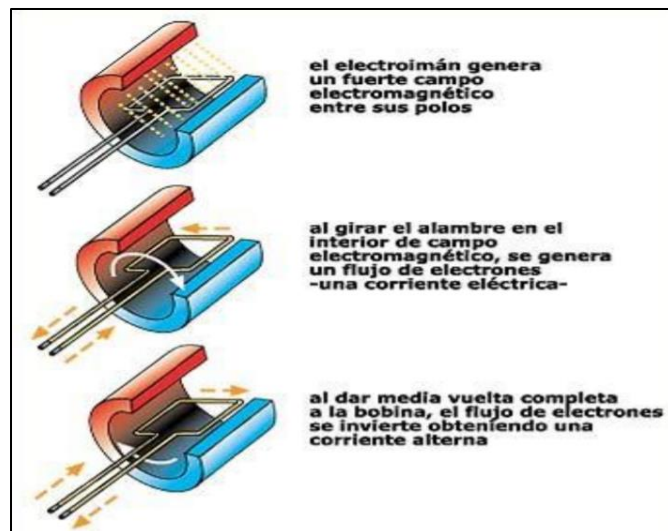


Figura 2. 7: Principio de funcionamiento del generador eléctrico

Fuente: Adaptado de Fundamentos Generadores Trifásicos fuente, Tulmo (1996)

El funcionamiento de un generador eléctrico tiene el mismo principio, pero a una velocidad controlada por el equipo impulsor que en este caso es el motor diésel, el rotor principal es el inductor del campo magnético y las bobinas del estator son el inducido provocando la fuerza electromotriz cuya unidad de medida es el Voltio. Las 3 bobinas del estator están dispuestas a 120 grados obteniendo un generador trifásico y sus cables de salida se realizan las respectivas conexiones en estrella o delta dependiendo del voltaje a generar especificado en la placa de identificación.

En la figura 2.8 se observa un generador con sus tres bobinas del estator conectadas en estrella donde los terminales 4, 5 y 6 forman el neutro, es decir que las tres bobinas tienen un punto en común y los terminales 1, 2 y 3 son los conductores de

línea descritas por L1, L2 y L3. Es te tipo de generador cuenta con el conjunto de la excitatriz que es el encargado de aumentar o disminuir el campo magnético en el rotor principal a través de una corriente continua circulante por las bobinas del rotor en motores antiguos se encontraban el conjunto de escobillas que hacían la misma función aumentar o disminuir el campo magnético en el rotor.

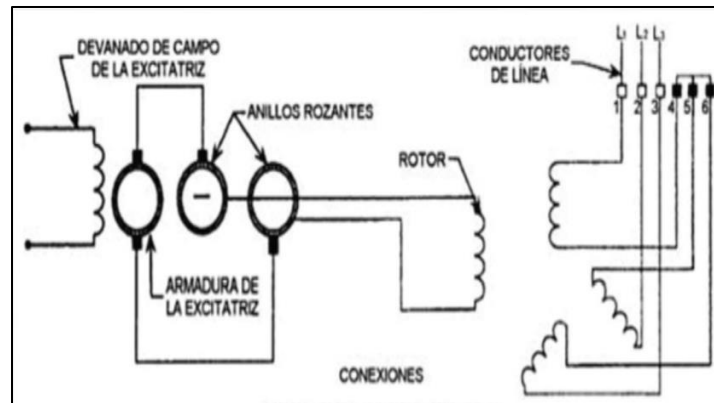


Figura 2.8: Ejemplo de conexión de generador en estrella

Fuente: Adaptado de Dispositivos electrónicos utilizados en generadores eléctricos, Pahuanquiza (2015)

En la figura 2.9, la conexión en delta las bobinas no se encuentran en un punto común de conexión o neutro, las bobinas están dispuestas para formar las terminales de línea de salida del generador L1, L2 y L3 formando una conexión en triángulo.

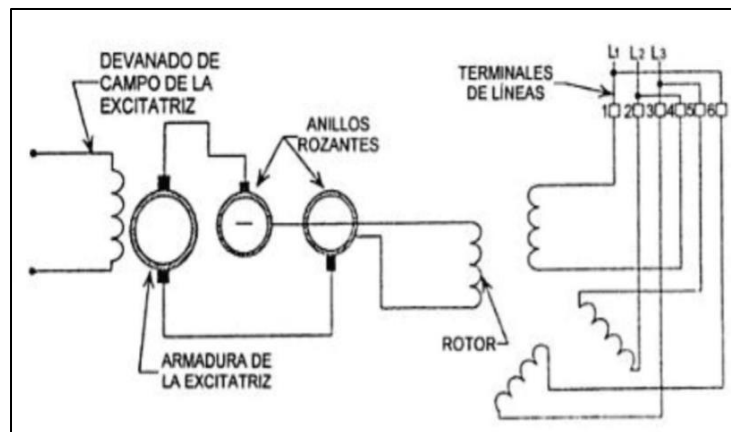


Figura 2.9: Conexión en delta del generador

Fuente: Adaptado de Dispositivos electrónicos utilizados en generadores eléctricos, Pahuanquiza (2015)

2.7. Operación de un Generador

Los tipos de operaciones de un generador se pueden clasificar en:

- Operación en vacío: la operación en vacío del generador se da cuando no tiene carga, es decir la corriente es igual a cero y la velocidad de giro especificada

es 1800 rpm para una frecuencia de 60 Hz. Y 1500 rpm para una frecuencia de 50 Hz. Sin embargo, los generadores tienen una velocidad de arranque y parada denominada baja en vacío que por lo general es de 1200 rpm.

- Operación con carga: durante la operación con carga el generador desempeña una caída de voltaje al producir consumo de corriente, el generador podría llegar a su máximo consumo de potencia especificado por el fabricante en la placa de identificación sin variar sus parámetros de frecuencia y voltaje. El motor diésel está diseñado para ofrecer todo el par necesario en el volante para que el rotor del generador no varíe su velocidad a medida que se aplica carga hasta el 100 %.
- Operación en paralelo: los generadores pueden conectarse en paralelo para brindar energía y potencia a industrias que manejan cargas muy altas como, por ejemplo: compresores de refrigeración, motores eléctricos acoplados a bombas de combustible.

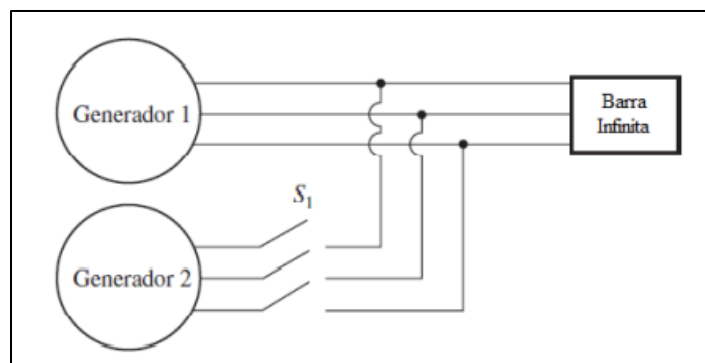


Figura 2.10: Operación en paralelo de generadores

Fuente: Adaptado de Manual de operación y mantenimiento eléctrico del generador síncrono de una unidad de generación de la Central Hidroeléctrica Paute Sopladora, Tonato (2020)

En la figura 2.10 se muestra como el generador No. 2 por medio de un interruptor se conecta con el generador No. 1 para brindar energía eléctrica y potencia a una misma carga. El interruptor S₁ conecta al generador No. 2 de forma sincronizada para evitar un choque eléctrico se utiliza un tablero de sincronismo donde se vigilan que las fases estén dispuestas y alineadas para entrar en paralelo. Dos o más generadores pueden alimentar una misma carga.

2.8. Pruebas que se Realizan a los Componentes de un Generador

Caterpillar Inc. (1999b) menciona que las pruebas más comunes que se realizan a los generadores de corriente alterna de hasta 600 kW son las siguientes:

- Prueba de resistencia de las bobinas
- Prueba de aislamiento de las bobinas

2.8.1. Prueba de Resistencia a las Bobinas

En la figura 2.11 se observa el diagrama eléctrico de un generador tipo imán permanente de 6 cables. Para realizar esta prueba utilizamos el diagrama de la figura 11 y un multímetro digital.

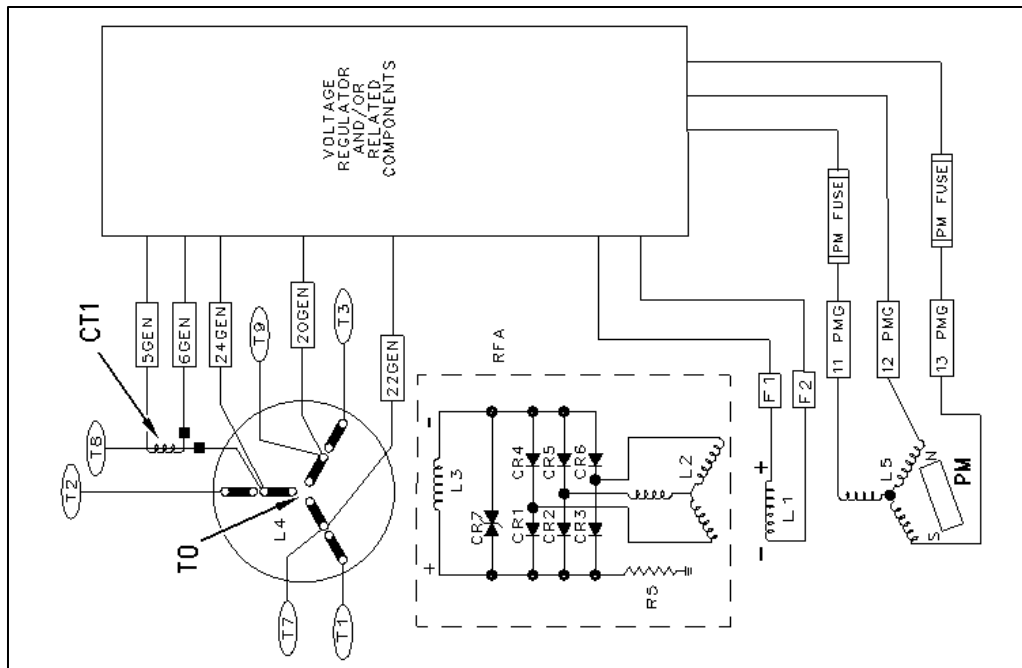


Figura 2. 11: Diagrama de un generador de imán permanente
Fuente: Adaptado de Generator General Information, Caterpillar (1999b)

L1: Estator de la excitatriz

L2: Rotor de la excitatriz

L3: Rotor principal

L4: Bobina del Estator principal

L5 Estator del imán permanente

T1, T2, T3: Cables de salida de voltaje

CT1: Transformador de corriente

Z0, Z2, Z4 GEN (T7, T8, T9): Cables de sensado de voltaje

RFA: Conjunto de eje giratorio

CR7: Varistor

CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6: Diodos o puente rectificador

PM: Imán permanente

Previo al inicio de la prueba se debe desconectar todo cable o componentes que esté asociado con la bobina a ser medida, se utiliza un multímetro como herramienta principal para registrar la medida de resistencia en los terminales L1, L2, L3, L4 y L5. La temperatura de las bobinas directamente proporcional a la resistencia es decir que si la temperatura aumenta también aumentará el valor de la resistencia, por el contrario, si la temperatura disminuye el valor de la resistencia también disminuye. Entonces se debe tener presente que las bobinas deben estar a la temperatura ambiente o temperatura de la habitación donde se encuentre instalado el generador.

Como regla general el valor de la resistencia debe acercarse a 0, se adjunta en tabla 2.1 las especificaciones comunes para generadores de 600 kW.

Tabla 2.1: Especificación de resistencia de las bobinas de un generador

Componente	Especificación
Estator de la excitatriz L1	Entre 3 y 6 ohm
Rotor de la excitatriz L2	Menos que 0.1 ohm
Rotor Principal L3	Entre 0.75 y 2 ohm
Estator Principal L4	Menos que 0.1 ohm
Estator del imán permanente L5	Menos que 0.1 ohm

Elaborado por: Autor

2.8.2. Prueba de Aislamiento de las Bobinas

Esta prueba es de suma importancia porque los componentes eléctricos deben respetar sus características de aislamiento con la finalidad de brindar una operación segura del equipo, el aislamiento es dirigido desde los cables que se conectan a la carga hasta los conjuntos de la bobina internas del estator principal, rotor principal, estator de la excitatriz, rotor de la excitatriz. El aislamiento siempre se verá afectado por el pasar del tiempo, horas de operación, clima, temperatura y humedad que provocan una disminución de la resistividad del aislamiento originando cargas parásitas por corrientes de fuga, se utiliza la herramienta Megger para medir el nivel de aislamiento.

A continuación, en la figura 2.12 se presenta un diagrama tipo pastel con las causas más comunes de fallo de generadores donde se puede observar que las anomalías por falta de aislamiento son del 25 %.

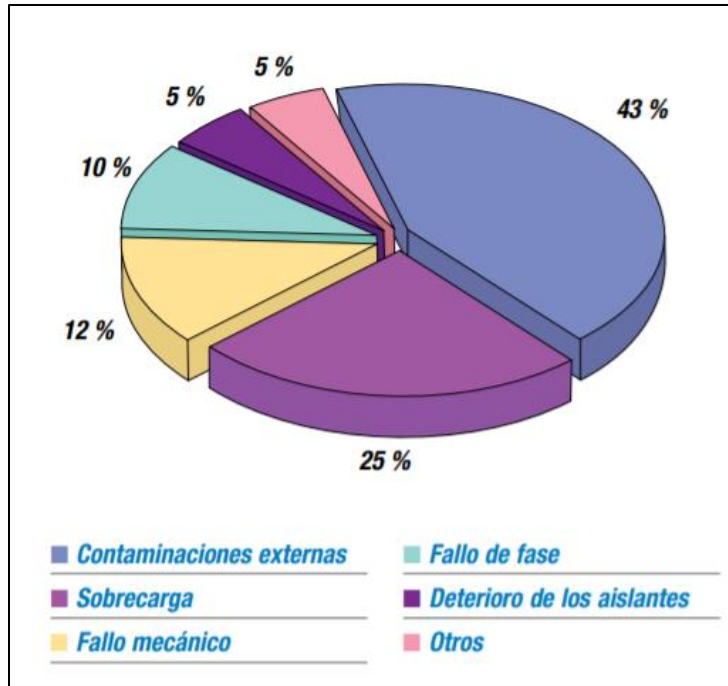


Figura 2.12: Causas más comunes de las fallas de generadores

Fuente: Adaptado de Guía de la medición de aislamiento, Chauvin Arnoux Ibérica S.A. (2010)

CAPÍTULO 3: Mantenimiento y Contribuciones

3.1. Mantenimiento de Generadores.

Para definir un concepto de “el mantenimiento de las maquinarias es prioritario para la vida útil de estas, de no hacerlo o hacerlo en forma deficiente, se pueden originar fallas que pueden costar la maquinaria en sí” (Gonzales, 2009, p. 14).

El mantenimiento de los equipos tiene su origen en las fallas producidas durante la operación de los equipos y también va de la mano con la experiencia de los operarios de las distintas maquinarias que trabajan en las diferentes empresas del sector industrial. Esta experiencia de anomalías por más pequeña que sea da las directrices para la elaboración de manuales tanto de operación como manuales de mantenimiento.

Las actividades que se realizan durante los mantenimientos de equipos varían dependiendo del tamaño, frecuencia de trabajo, operación, tareas que realizan, tipo de ambiente en el que se desempeñan, lugar donde funcionan. Las principales actividades que se ejecutan en un plan de mantenimiento se pueden detallar en la siguiente lista:

- Inspección diaria
- Ajuste de accesorios
- Cambios de fluidos lubricantes
- Mejoras en el sistema
- Reemplazo de componentes

De acuerdo con lo planteado anteriormente se expone en la figura 3.1, los diferentes tipos de mantenimiento clasificándolos principalmente en dos grandes grupos los que se realizan antes de una falla y los que se realizan después de una falla de los componentes o del equipo en general. Aquellos que se realizan previo a una falla son llamados mantenimiento preventivo y los que se realizan después de producido una falla son llamados mantenimiento correctivo. Se debe tomar en consideración que un mantenimiento no es una reparación sino más bien una parte de la ingeniería que se dedica a la conservación de los equipos para asegurar su funcionamiento en óptimas condiciones.

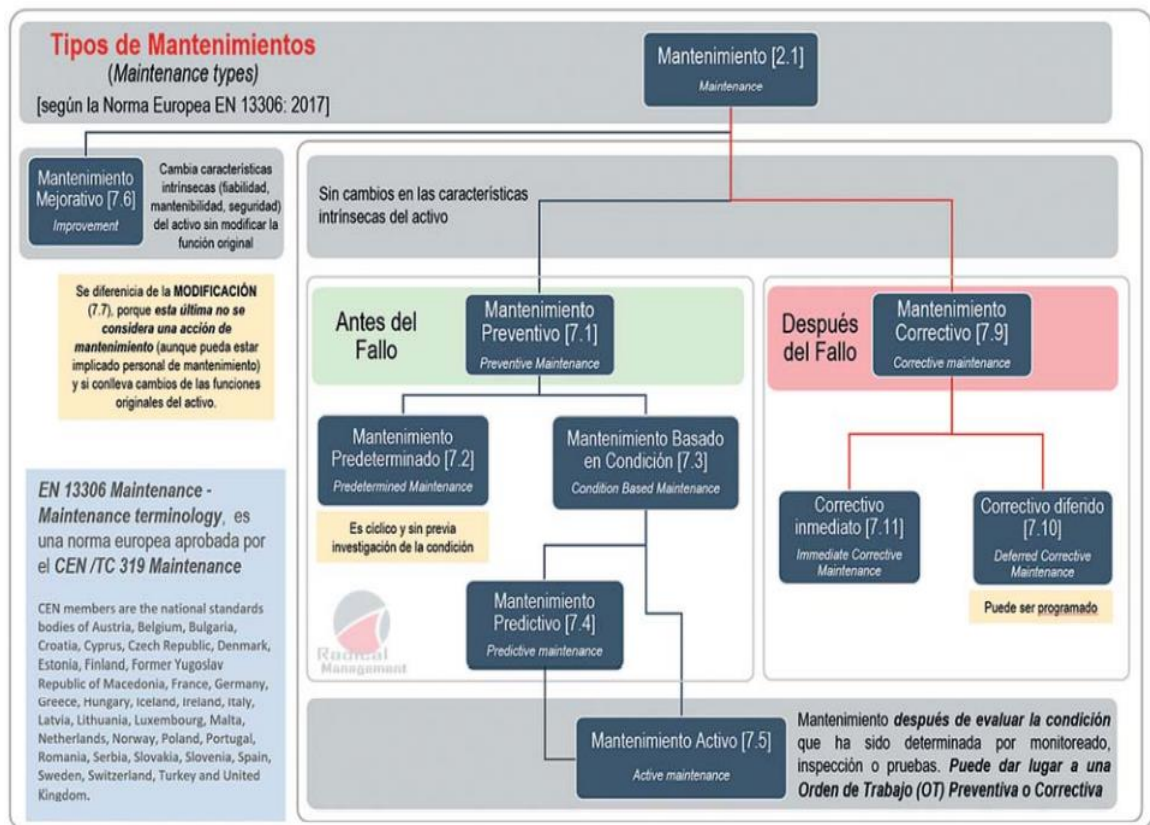


Figura 3.1: Tipos de mantenimiento
Fuente: Adaptado de Tipos Mantenimiento, Sexto (2018)

3.1.1. Mantenimiento Preventivo

Alegría y Villatoro (2009) menciona que el mantenimiento preventivo es conocido también como mantenimiento planificado donde intervienen actividades de limpieza, ajustes de holguras, cambios de partes, reparaciones programadas, análisis de fluidos lubricantes y de enfriamiento, análisis de vibración de las partes móviles que forman parte del plan general de mantenimiento. Este tipo de actividades se ejecuta en un tiempo controlado, sin tener pérdidas en la producción, por lo general la máquina debe estar fuera de servicio es decir sin estar en operación y tener los repuestos, suministros en el sitio donde se va a realizar el mantenimiento, ambas condiciones deben estar disponibles durante la ejecución del trabajo para el cumplimiento sea satisfactorio.

Los mantenimientos preventivos por lo general los especifica el fabricante en su manual de servicio y cada actividad pueden darse en horas de operación, tiempos de servicio o lo que ocurra primero. A continuación, en la tabla 3.1 se presenta un ejemplo de actividades por horas de servicio para un grupo electrógeno de 600 kW.

Tabla 3.1: Cronograma de actividades de un mantenimiento preventivo para generadores de tipo continuo

Actividades	Horas de servicio				
	250	500	1000	3000	6000
Limpieza de equipo	X				
Cambio de aceite y filtros	X				
Toma de muestras de fluidos	X				
Inspeccionar rectificador		X			
Prueba de dispositivos eléctricos		X			
Calibración de válvulas		X			
Lubricar rodamiento de generador			X		
Prueba de aislamiento de bobinas			X		
Prueba de resistencia de bobinas			X		
Prueba de sensores del equipo				X	
Inspección de bases del generador				X	
Limpieza de las bobinas del generador					X
Reemplazo de componentes del motor					X

Elaborado por: Autor

El mantenimiento preventivo reduce los costos en reparaciones sin embargo se debe elaborar un plan de mantenimiento que especificará las actividades a realizar dependiendo de la operación del generador, si es continua, stand by o de emergencia. Por lo general en equipos de generación continua la vida útil está dada en horas de servicio como se describe en la tabla 2, es decir que cada que cumpla las horas de servicio especificadas hay que realizar las actividades correspondientes.

En grupos de stand by y de emergencia las actividades están especificadas en periodos de tiempo es decir que los mantenimientos serán menores comparados con

un equipo de operación continua en un lapso de 1 año. En la tabla 3.2 se detalla un ejemplo de mantenimiento para equipos de stand by y de emergencia.

Tabla 3.2: Cronograma de actividades de mantenimiento un preventivo para generadores de tipo stand by o emergencia

Actividades	Horas de servicio				
	Semanal	Mensual	Trimestral	semestral	Anual
Limpieza de equipo	X				
Cambio de aceite y filtros				X	
Toma de muestras de fluidos			X		
Inspeccionar rectificador			X		
Prueba de dispositivos eléctricos		X			
Calibración de válvulas					X
Lubricar rodamiento de generador					X
Prueba de aislamiento de bobinas			X		
Prueba de resistencia de bobinas			X		
Prueba de sensores del equipo				X	
Inspección de bases del generador					X
Inspección general del generador					X
Inspección general del motor					X

Elaborado por: Autor

3.1.2. Mantenimiento Correctivo

Alegría y Villatoro (2009) hace referencia al mantenimiento correctivo como las actividades que se realizan después de que una falla ocurre en una maquinaria, entonces en este mantenimiento no hay planificación para los trabajos, no existe una planificación del tiempo o paradas del generador. Las averías pueden ser pequeñas o grandes pero que afectan con la producción de la planta entonces no se puede definir el tiempo que se tomará realizar la puesta en marcha después de realizar el mantenimiento.

La tabla 3.3 describe las actividades que se realizan en un mantenimiento correctivo, después que suceden las averías en un grupo electrógeno, aquí no se define el tiempo que toma realizar las respectivas reparaciones en el equipo.

Tabla 3.3: Ejemplo de actividades en un mantenimiento correctivo

Avería	Actividades
Calentamiento del motor	Reemplazo de termostatos
Sonido anormal del motor	Diagnóstico de reparación de la falla
Exceso de humo en el motor	Análisis del sistema de inyección de combustible
Mal funcionamiento del generador	Reemplazo de regulador de voltaje
Falla de los rodamientos del generador	Reemplazo de los rodamientos
No hay generación de voltaje	Reemplazo de rectificador

Elaborado por: Autor

Las reparaciones que se realizan en los grupos electrógenos sin planificación previa son el tipo de mantenimiento correctivo, estas averías pueden ocasionar daños catastróficos o incluso la pérdida de los equipos por tal razón siempre se recomienda contar con un buen plan de mantenimiento que evite la paralización del grupo electrógeno, por ende, la línea de producción no será afectada.

3.1.3. Mantenimiento Predictivo

Alegría y Villatoro (2009) explica que el mantenimiento predictivo está basado en las pruebas realizadas a los equipos cuando están en funcionamiento u operando en condiciones normales, los resultados de las pruebas realizadas reflejan la condición de la máquina por ende se realizan reparaciones previas a ocurrir un error en los equipos. Dentro de estas pruebas se pueden mencionar: análisis de vibraciones, análisis de los fluidos lubricantes y refrigerantes de un grupo electrógeno. En la tabla 3.4 se detalla un ejemplo de mantenimiento predictivo.

Tabla 3.4: Ejemplo de actividades de mantenimiento predictivo

Actividades

	Diario	Mensual	Trimestral	semestral	Anual
Registrar presión de aceite	X				
Registrar presión de combustible	X				
Registrar temperatura de agua	X				
Registrar temperatura de aceite	X				
Registrar temperatura de escape del motor	X				
Registrar temperatura del rodamiento del generador	X				
Tomar muestra de aceite del motor		X			
Cortar filtro de aceite			X		
Tomar muestra de refrigerante del motor					X
Realizar prueba de vibración				X	

Elaborado por: Autor

Realizar prueba de análisis a los fluidos lubricantes proyecta el desgaste de la vida útil del grupo electrógeno, en este tipo de prueba no sólo se examina la condición del aceite si perdió sus propiedades, también se observan los parámetros de desgaste interno del motor diésel al encontrar en la muestra de aceite silicio alto es un indicativo del posible ingreso de tierra al motor. Una cantidad alta de hierro en un equipo con pocas horas de operación muestra un desgaste prematuro en las camisas del cilindro. El resultado de la muestra de aceite tiene la finalidad de conocer el estado actual del equipo para programar las respectivas reparaciones.

En la figura 3.2 se observa el resultado de una muestra de aceite realizada a un motor con 12210 horas de servicio y el aceite tiene 208 horas de operación, en la parte inferior está la abreviatura de cada partícula de los elementos de desgaste, así mismo se representa en partes por millón (ppm) la cantidad de las partículas de desgaste. Las

alertas de alto desgaste se obtienen cuando la ppm de cierto elemento excede los valores especificados en los resultados. Para el caso actual se observan los valores del silicio (Si) alto con 16 ppm, el silicio está asociado con la tierra por tal motivo se emite la recomendación de revisar el sistema de admisión de aire, filtros de aire, tuberías rotas, abrazaderas flojas. Por tal motivo el equipo se encuentra en estado de monitoreo y se debe organizar la inspección y reparaciones pertinentes para el equipo analizado evitando paralizaciones no programadas del grupo electrógeno. Por ejemplo: Si el hierro (Fe) estuviese fuera de rango se podría predecir un desgaste acelerado de las camisas del cilindro donde las medidas para realizar el mantenimiento son realizar otra toma de muestra de aceite, corte del filtro de aceite previo a una parada programada para inspeccionar el motor internamente.

Número de Control del Laboratorio	Fecha de Muestra	Fecha de Procesamiento del Equipo	Medidor	Medidor en Fluido	Fluido ha cambiado	Fluido Make Up	Unidades de Fluido Make Up	Filtro Cambiado																																		
R440-47328-0065	nov 15, 2017	nov 24, 2017	12210 H	208 H	U	4	GAL	Y																																		
<p>Monitor Compartment</p> <p>EL ACEITE AGREGADO DISMINUYE LA CONCENTRACIÓN DE LOS VALORES DE DESGASTE, LO QUE INFLUYE DIRECTAMENTE EN LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS. EL SILICIO ESTA FUERA DE PARÁMETROS NORMALES, LO QUE NOS INDICA UNA POSIBLE ENTRADA DE TIERRA AL MOTOR. REVISE EL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE (ABRAZADERAS FLOJAS, DUCTOS DEL SISTEMA O FILTRO DE AIRE EN MAL ESTADO) Y POR FUGAS DE ACEITE PRINCIPAL FUENTE DE CONTAMINACIÓN. TOMA OTRA MUESTRA ANTES DE AGREGAR ACEITE PARA VERIFICACIÓN.</p>																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elementos de desgaste (ppm)</th> <th>Cu</th> <th>Fe</th> <th>Cr</th> <th>Al</th> <th>Pb</th> <th>Sn</th> <th>Si</th> <th>Na</th> <th>K</th> <th>Mo</th> <th>Ni</th> <th>V</th> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Zn</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R440-47328-0065</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>16</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>51</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1576</td> <td>1183</td> <td>1315</td> <td>1078</td> </tr> </tbody> </table>									Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	R440-47328-0065	3	8	1	1	3	0	16	2	0	51	0	0	1576	1183	1315	1078
Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P																										
R440-47328-0065	3	8	1	1	3	0	16	2	0	51	0	0	1576	1183	1315	1078																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Otros</th> <th>ST</th> <th>OXI</th> <th>NIT</th> <th>SUL</th> <th>W</th> <th>A</th> <th>F</th> <th>V100</th> <th>TBN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R440-47328-0065</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>12.8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Otros	ST	OXI	NIT	SUL	W	A	F	V100	TBN	R440-47328-0065	6	8	5	20	N	N	N	12.8															
Otros	ST	OXI	NIT	SUL	W	A	F	V100	TBN																																	
R440-47328-0065	6	8	5	20	N	N	N	12.8																																		

Figura 3.2: Ejemplo de resultados de una muestra de aceite.

La prueba de análisis de vibraciones tiene la finalidad de detectar anomalías de los componentes que están en constante movimiento y los que son el soporte de las partes en el equipo como por ejemplo los rodamientos del rotor principal están alojados en los orificios de la caja posterior y caja anterior del generador según corresponda, la alta vibración en este sector podría dar paso a la visualización del desgaste prematuro en el rodamiento y cajas del generador. Con estos resultados se pueden realizar las reparaciones pertinentes antes de que ocurran grandes daños en el equipo.

La finalidad del mantenimiento predictivo es reducir los gastos en reparaciones de equipos, asegurar la vida útil de operación de las maquinarias, mejorar los tiempos de producción, optimizar el tiempo de mantenimiento.

3.2. Contribuciones

Un grupo electrógeno está dividido en dos partes esenciales, el equipo impulsor correspondiente al motor diésel y el equipo impulsado correspondiente al generador, ambos son los encargados de producir energía eléctrica de forma independiente y hacen posible su fácil instalación en el campo de trabajo y proyectos donde se requiere electricidad, pero es difícil obtenerla de los distribuidores principales.

Durante la elección de un grupo electrógeno se debe tomar en cuenta las especificaciones de las cargas a la que estará sometido, por lo tanto, se requiere realizar el estudio técnico del consumo de corriente, voltaje de alimentación, frecuencia y cantidad de equipos que serán instalados en un proyecto. Los datos antes mencionados están especificados por el fabricante de cada dispositivo.

En la actualidad, los grupos electrógenos están dispuestos en cabinas como se observa en la figura 3.3, los protegen del medio ambiente y generan poco ruido, son generadores de fácil instalación y traslado, debido a que cuentan con su propio tanque de combustible, breaker de paso de electricidad, dispositivos de control y medición. Por lo tanto, son óptimos para proyectos que no son permanentes o que su periodo de tiempo no es extenso.



Figura 3.3: Grupo electrógeno de 600 kW marca Caterpillar

Fuente: Adaptado de grupo electrógeno Caterpillar c18 PGCT con cabina insonorizada, Caterpillar (2017)

Los grupos electrógenos que no están en cabina requieren ser instalados en bases de hormigón o metal, con tanques de combustibles que proveen el suficiente diésel para su operación diaria, debe contar con techo que los protegerá de la intemperie, un cerramiento y delimitaciones si se encuentran ubicados más de dos generadores en el mismo lugar. Cada generador deberá contar con una celda que contendrá un breaker, dispositivos de medición y control de mando, tal como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4: Grupo generador de 600 kW instalado en bases de metal.

Elaborado por: Autor

Nota. La figura muestra un generador instalado y acoplado en un sitio de trabajo permanente con sus dispositivos de control y mando.

En ambos casos de instalación de generadores la seguridad es importante puesto que el lugar debe contar con anuncios de advertencia y peligro que los operarios puedan observar e identificar donde existen más riesgos de choques eléctricos, superficies calientes y partes en movimiento.

En cada instalación de grupos electrógenos nuevos se requiere una inspección inicial y entrega técnica que finaliza con el arranque y prueba del equipo. Esto garantiza que el funcionamiento del generador sea correcto, luego de la ejecución de entrega del equipo se realiza el plan de mantenimiento acorde a las horas de operación, seguido se realiza la elaboración de la hoja de ruta que contendrá las horas de servicio y fechas con las paradas programadas donde se realizaran las actividades y pruebas.

Para definir el tipo de mantenimiento que debe ejecutarse en un grupo electrógeno primero se definirá el rango de tiempo que operará y el rango de tiempo que está especificado por el fabricante, las horas de trabajo están definidas por la

calidad de los componentes internos del motor que corresponden a los sistemas de lubricación, inyección diésel, admisión de aire, salida de escape y la calidad de los componentes internos del generador principalmente al rotor y estator principal.

La aplicación de los grupos electrógenos está basada en las horas de trabajo diarias por lo tanto se clasifican en:

- ✓ Aplicación continua
- ✓ Aplicación stand by

3.2.1. Aplicación Continua

Los generadores de operación continua están dispuestos a operar hasta las 24 horas del día o según la necesidad del solicitante, los mantenimientos para el tipo de aplicación continua son de periodos de tiempo cortos puesto que cumplirán con las horas de servicio especificadas en menor tiempo. Por lo general las horas de trabajo corresponden a 1 jornada laboral, sin embargo, pueden extenderse. Por ejemplo: en un proyecto donde no hay suministro de red pública que consta de un campamento con trabajadores que laboran y requieren energía eléctrica por 12 horas diarias, las 12 horas son las que el generador estará en funcionamiento. Si por el contrario la planta requiere las 24 horas diarias de operación, el generador trabajará 24 horas diarias. De allí que los mantenimientos se realizarán al cumplir con las horas de servicio en menor tiempo, para este tipo de aplicación se recomienda utilizar no menos de 2 generadores.

3.2.2. Aplicación Stand By

En este tipo de aplicación el grupo electrógeno está dispuesto a operar cuando falte o se produzca una falla en la red de energía eléctrica pública, son equipos de apoyo para que la planta siga operativa. Sus horas de trabajo son cortas durante el día y podrían llegar a cumplir hasta 20 horas semanales. Para este tipo de aplicación en el plan de mantenimiento se debe agregar un ítem de pruebas de funcionamiento semanales. Las pruebas de funcionamiento semanales corresponden a prácticas de arranque y parada en conjunto con simulaciones donde se aplica carga al equipo y tienen la finalidad de mantener al generador operativo y evitar que falle durante su puesta en marcha cuando sea requerido.

3.3. Trabajo Experimental de la Prueba de Resistencia de Bobinas

Esta prueba es de suma importancia puesto que se verifica la resistencia de cada bobinado del grupo electrógeno. Previo a realizar el registro de medidas se debe remover las guardas de acceso a los componentes internos del generador que se encuentran sujetas con tornillos. En la figura 3.5 se muestra el desmontaje de las guardas y los cables de salida del generador



Figura 3.5: Desmontaje de guardas para acceder a las bobinas del generador
Elaborado por: Autor

Los cables de fuerza deben ser desconectados para realizar la prueba de resistencia de las bobinas. La finalidad es tener el cable de cada extremo de la bobina libre, evitando que toque a la carcasa o que tengan contacto entre sí. Esto podría ofrecer lecturas erróneas de medida. En la figura 3.6 se detalla el registro de la medida de resistencia de la bobina de la excitatriz de un generador.

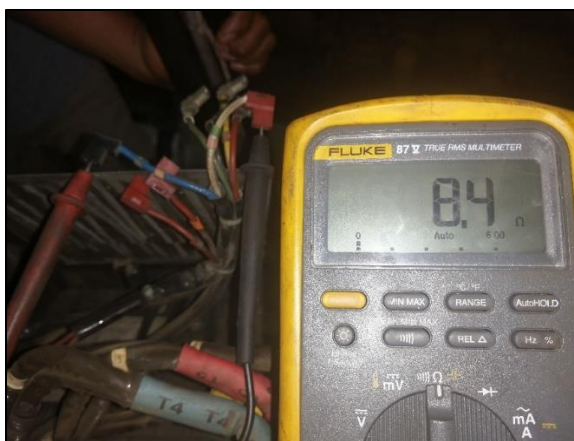


Figura 3.6: Medida de la resistencia de la bobina de la excitatriz
Elaborado por: Autor

Todos los valores obtenidos deben ser registrados en una tabla para poder verificar si están o no dentro de las especificaciones del fabricante.

3.4. Trabajo Experimental de la Prueba de Aislamiento de las Bobinas

La prueba de aislamiento se realiza a las bobinas de los generadores con la finalidad de conocer su estado interno, si está libre de contaminación o si es necesario realizar reparaciones, mantenimiento de limpieza y secado del generador. Para realizar este tipo de prueba el equipo debe estar fuera de servicio es decir completamente aislado del posible funcionamiento, arranque u operación. Los resultados de la prueba se analizan de la siguiente manera si el aislamiento está por debajo de los 10 mega Ohms el generador requiere recuperación del aislamiento por tratamiento térmico, por el contrario, si el generador está por encima de los 10 mega Ohms no es necesario realizar mantenimiento, siempre y cuando el calentador de espacio o resistencias estén funcionando correctamente y la condición de limpieza del bobinado sea correcto. En la figura 3.7 se observa la instalación del calentador de espacio con sus respectivos cables de alimentación conectados a la fuente de poder, este componente sólo está en funcionamiento cuando el generador se encuentra inoperativo, al arrancar el motor-generador su alimentación se desconecta. El voltaje de alimentación puede ser de 110 y 220 VAC según la conexión que corresponda.



Figura 3.7: Calentador de espacio de un generador
Elaborado por: Autor

La temperatura a la que deben estar las bobinas durante su periodo de reposo es de 40°C, a esta temperatura se evita que los bobinados contengan humedad en su interior y se conserve el nivel de aislamiento. Otro factor importante es la limpieza de las bobinas, se debe realizar inspección visual diaria para comprobar que no exista

presencia de fluidos, contaminación de polvo, ni sulfataciones en los terminales y cables. La figura 3.8 muestra la temperatura a la que se encuentra el bobinado del estator principal medido con termómetro digital.



Figura 3.8: Medición de la temperatura del bobinado del estator principal
Elaborado por: Autor

La figura 3.9 detalla el registro de la medida del aislamiento para el estator principal de un generador, se utiliza el mismo método para el resto de las bobinas del generador.



Figura 3.9: Registro del nivel de aislamiento en las bobinas del estator principal
Elaborado por: Autor

3.5. Pautas para el Mantenimiento de un Generador

El mantenimiento general del generador está constituido por su proceso de desarmado, limpieza, recuperación del aislamiento, armado y prueba de funcionamiento. El proceso que se describe a continuación es realizado en campo, es

decir en sitio de trabajo del generador, este tipo de mantenimiento se lo realiza cuando el nivel de aislamiento está por encima de 10 mega Ohms pero se evidencia mucha contaminación de polvo, aceites y grasas. En la figura 3.10 se observa que el grupo electrógeno es dividido en sus dos partes fundamentales motor y generador.

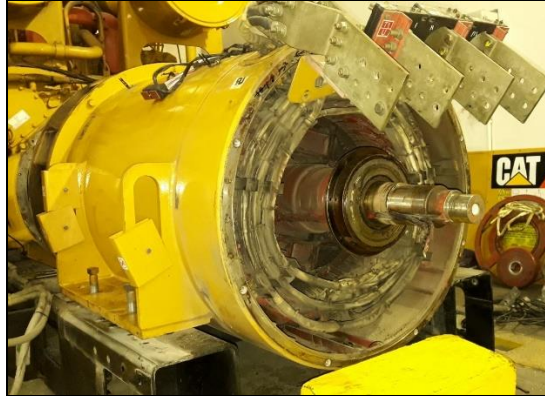


Figura 3.10: Desacoplamiento del generador
Elaborado por: Autor

Es importante que durante el desarmado de los componentes del generador el rodamiento del sea removido de forma correcta y con las herramientas adecuadas. No es recomendable emplear manipulaciones con golpes utilizando martillos, se debe utilizar herramientas de extracción de tipo mecánico o hidráulico según el tipo de generador. En la figura 3.11 se utiliza herramienta de tipo hidráulico para la remover el rodamiento del eje.



Figura 3.11: Extracción del rodamiento del eje
Elaborado por: Autor

Para garantizar el correcto funcionamiento del generador y evitar que se produzca vibración se recomienda medir con micrómetro de interiores el diámetro del alojamiento del rodamiento en la caja del generador, sin embargo, la rotación del eje sobre el rodamiento podría ocasionar desgaste en la caja. Si fuera el caso de existir desgaste se debe corregir y dejar en la medida especificada por el fabricante. En la

figura 3.12 se muestra el método a emplear para registrar el diámetro del alojamiento en la caja.



Figura 3. 12: Registro del diámetro del alojamiento del rodamiento
Elaborado por: Autor

Para que el generador sea armado, todos los componentes deben tener el nivel de aislamiento por sobre lo especificado por el fabricante. En la figura 3.13 se observa el estator con el aislamiento y aplicación de barniz en las óptimas condiciones listo para realizar el armado del generador.

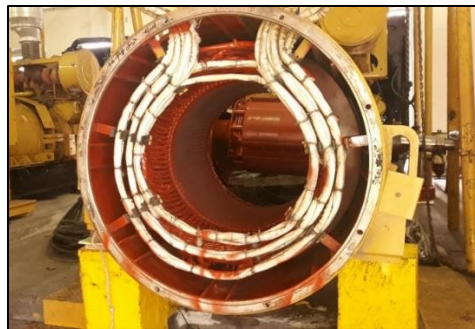


Figura 3. 13: Acondicionamiento del estator del generador
Elaborado por: Autor

Como parte final tenemos el acoplamiento del generador con el motor donde se comprueba que ambas secciones tengan juego axial al formar un solo eje por medio del acoplamiento. En la figura 3.14 se observa la medida del juego axial del cigüeñal del motor acoplado al eje del roto del generador utilizando un reloj comparador.



Figura 3. 14: Registro del juego axial del grupo electrógeno
Elaborado por: Autor

3.6. Plan de Mantenimiento

De acuerdo con el estudio realizado se presenta en la tabla 3.5 se presenta la hoja de ruta con las directrices y actividades para realizar el mantenimiento de un grupo electrógeno con las siguientes características: 660 kW, 220 Vac, 60 Hz con un funcionamiento de hasta 2000 horas anuales.

Tabla 3.5: Hoja de ruta de mantenimiento para generador de 600 kW

HOJA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE 600 kW		
Actividades con 250 Horas	OK	NO OK
Revisar el nivel de carga de las baterías		
Revisar si existen terminales flojos		
Revisar por fugas de fluidos		
Realizar cambio de aceite y filtros		
Drenar agua y sedimentos de filtro de combustible		
Inspeccionar filtros de combustible primarios		
Reemplazar filtros de combustible secundarios		
Tomar muestra del aceite previo al cambio		
Tomar muestra del refrigerante		
Actividades con 500 Horas	OK	NO OK
Realizar las actividades anteriores		
Reemplazar los filtros primarios de combustible		
Inspeccionar / ajustar el temple de la banda del alternador		
Realizar pruebas a las protecciones del motor		
Realizar limpieza externa del generador		
Realiza limpieza externa del radiador		
Actividades con 1000 Horas	OK	NO OK

Inspeccionar los rodamientos del generador		
Revisar funcionamiento de calentador de espacio del generador		
Revisar por conexiones flojas en los cables de poder del generador		
Inspeccionar el regulador de voltaje		
Revisar funcionamiento de motor de arranque		
Revisar el funcionamiento del alternador		
Realizar análisis de vibración del grupo electrógeno		
Actividades con 2000 horas	OK	NO OK
Realizar las actividades anteriores		
Realizar prueba de aislamiento de las bobinas del generador		
Realizar prueba de resistencia de las bobinas del generador		
Realizar pruebas de funcionamiento del grupo electrógeno		
Actividades con 3000 Horas	OK	NO OK
Realizar las actividades anteriores		
Reemplazar termostatos del motor		
Realizar calibración de válvulas del motor		
Realizar prueba al rectificador		
Realizar prueba al varistor		
Realizar lubricación del rodamiento del generador		
Actividades con 6000 Horas	OK	NO OK
Realizar las actividades anteriores		
Cambio de refrigerante del motor		
Actividades con 12000 Horas	OK	NO OK
Considerar un reacondicionamiento total del motor		
Considerar una limpieza interna de las bobinas del generador		
Cambiar las bases del grupo electrógeno		

Elaborado por: Autor

Las actividades del plan de mantenimiento deben tener referencias actuales del estado del grupo electrógeno por tal motivo se adjunta al plan de mantenimiento el listado de actividades diarias que en conjunto tiene el objetivo de asegurar la vida útil del equipo. La finalidad es marcar el estado de la actividad y proporcionar los pasos en orden cronológico para la puesta en marcha del motor-generador.

En la tabla 3.6 se detalla el listado de actividades diarias propuestas para el complemento del plan de mantenimiento.

Tabla 3.6: Hoja de inspección diaria de grupo electrógeno

Hoja de inspección diaria para motores de 600 kW		
Actividades	O K	NO OK
Revisar nivel de aceite del motor		
Revisar nivel de refrigerante del motor		
Revisar el nivel de combustible		
Revisar por fugas de fluidos lubricantes		
Revisar por abrazaderas flojas		
Revisar por conexiones eléctricas flojas		
Revisar breaker del generador		
Revisar el interruptor de la batería		
Revisar el indicador de filtro de aire		
Drenar agua y sedimentos de los filtros primarios de combustible		
Revisar las guardas del grupo electrógeno		
Revisar el funcionamiento del calentador de espacio del generador		
Revisar interruptores del panel de control arranque/parada		
Revisar el funcionamiento de la parada de emergencia		
Arranque de motor		
Escuchar por sonidos inusuales		
Revisar el voltaje de salida del generador		
Revisar la frecuencia del generador		
Revisar la temperatura del motor		
Revisar la presión de aceite del motor		

Elaborado por: Autor

Conclusiones

- El estudio realizado refleja que para un grupo electrógeno trifásico de 600 kW con generación de voltaje de 220 VAC impulsado por un motor de combustión interna de dosificación diésel se debe aplicar el mantenimiento preventivo y predictivo que garantizan su óptimo funcionamiento.
- La investigación de datos técnicos de funcionamiento de los diferentes sistemas de un motor de combustión interna de dosificación diésel definen las actividades para crear el plan de mantenimiento preventivo para el equipo.
- El análisis de los principios de generación de potencia proporcionó la información para definir las pruebas que se realizan en los equipos de generación de potencia durante los mantenimientos predictivos.
- El estudio de los mantenimientos ayudó a establecer las actividades descritas en la hoja de inspección diaria que son fundamentales para garantizar el desempeño del equipo durante su operación.

Recomendaciones

- Se recomienda a las empresas que utilicen grupos generadores de hasta 600 kW la utilización de mantenimiento de tipo preventivo en conjunto con el mantenimiento predictivo, debido a que optimizan y evitan paradas inesperadas en los equipos.
- Se recomienda capacitar al personal sobre las pruebas de análisis de aceite y análisis de vibración en los grupos electrógenos con el fin de evitar errores durante la toma de muestra de datos y en las observaciones finales de los equipos.
- Es de suma importancia que se realicen proyectos para la investigación de pruebas y mantenimientos de grupos electrógenos sobre los 600 kW con el fin de proporcionar un plan de mantenimiento que garantice la vida útil de los componentes y el equipo.

BIBLIOGRAFIA

- Alegría, A., y Villatoro, I. (2009). *Procedimiento para el mantenimiento de los generadores y auxiliares de la C. H. BOMBANÁ*. 53.
- Castillo, A. F. V. (2013). *Sistemas de inyección diesel electrónico*. 278.
- Caterpillar Inc. (1999a). *Component description*. [https://sis2.cat.com/#/print-preview/service/%257B%2522title%2522%253A%2522Component%2520Descriptions%2520\(SENR5359-14\)%2522%252C%2522formattedPublicationDate%2522%253A%25221999%252F09%252F27%2522%252C%2522htmlContentKey%2522%253A%252223322a7dc-7c63-4c88-b0f2-78ee321523f8%2522%252C%2522mediaNumber%2522%253A%2522SEN R5359%2522%252C%2522infoType%2522%253A6%2527D](https://sis2.cat.com/#/print-preview/service/%257B%2522title%2522%253A%2522Component%2520Descriptions%2520(SENR5359-14)%2522%252C%2522formattedPublicationDate%2522%253A%25221999%252F09%252F27%2522%252C%2522htmlContentKey%2522%253A%252223322a7dc-7c63-4c88-b0f2-78ee321523f8%2522%252C%2522mediaNumber%2522%253A%2522SEN R5359%2522%252C%2522infoType%2522%253A6%2527D)
- Caterpillar Inc. (1999b). *Generator General Information*. <https://sis2.cat.com/#/detail?tab=service&serialNumber=PEE&infoType=6&serviceMediaNumber=SEN R5359&serviceIeSystemControlNumber=i01154940>
- Caterpillar Inc. (2008). *System Lubrication*. <https://sis2.cat.com/#/service-detail?serialNumber=NR7&ieSystemControlNumber=i02051663&mediaNumber=SEN R9708>
- Caterpillar Inc. (2017). *Grupo electrógeno caterpillar c18 pgct con cabina insonorizada*. http://www.finanzauto.es/images/documentos/productos/soluciones_energetic as_propulsion/diesel/PRI_600_V01-17_-_C18C_GSW__60050P15.pdf
- Caterpillar Inc. (2022). *C18 ACERT Tier 2 | Cat | Caterpillar*. https://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/oil-and-gas/land-production-generator-sets/18551396.html
https://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/oil-and-gas/land-production-generator-sets/18551396.html
- Chauvin Arnoux Ibérica, S.A. (2010). *Guía de la medición de aislamiento*. https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_aislamie nto.pdf

- Consuegra, S. (2007). *Modulo Motores Diesel*.
- De Antonio, A. R., y Domínguez, M. M. (2015). *Motores de combustion interna*. 511.
- Espinoza, J., y López, C. (2019). *Regulación automática de voltaje terminal de un generador trifásico de corriente alterna*. 155.
- Gonzales, G. (2009). *Recorrida del motor diesel que acciona un generador o alternador*.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcig6432r/doc/bmfcig6432r.pdf>
- Lacoste, J., Colisigno, S., Corti, E., y Yablonski, M. (2011). *Grupos electrogenos*. 27.
- Maldonado, C. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diesel basado en análisis de aceite*. 282.
- Menna. (2018, octubre 18). *MOTOR DIESEL | Características, partes y funcionamiento*. <https://como-funciona.co/los-motores-diesel/>
- Mondragón, V., Pineda, W., y Trejo, C. (2015). *Generación de energía eléctrica por imanes de neodimio*. 90.
- Pahuanquiza, J. (2015). *Dispositivos electrónicos utilizados en generadores eléctricos*. Tesis de Grado. Ingeniero Eléctrico. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7995/6/UPS%20-%20KT00978.pdf>
- SDMO. (2004). *Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos*.
http://www.sdmo-rentalpower.com/commonsDocuments/300/33516003901_0_1.pdf
- Sexto, L. (2018). *Tipos Mantenimiento*.
http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO_Tipos-Mantenimiento.pdf
- Tonato, J. (2020). *Manual de operación y mantenimiento eléctrico del generador síncrono de una unidad de generación de la Central Hidroeléctrica Paute Sopladora*. Tesis de Grado. Ingeniero eléctrico. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18457/1/UPS-CT008706.pdf>
- Tulmo, E. (1996). *Fundamentos generadores trifásicos*. Tesis de Grado. Ingeniero Electrónico. Escuela Politécnica del Ejército ESPE-Latacunga.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4017/1/T-ESPEL-0096.pdf>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Medina Gutiérrez, Christian Rubén**, con C.C: **0923812630** autor del trabajo de titulación: **Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de combustión diésel** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de marzo del 2022

f. _____

Medina Gutiérrez, Christian Rubén

C.C: 0923812630



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TEMA Y SUBTEMA:	Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de combustión diésel	
AUTOR(ES)	Medina Gutiérrez Christian Rubén	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Hidalgo Aguilar Jaime Rafael	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo	
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica	
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico Mecánica	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS: 44
ÁREAS TEMÁTICAS:	Mantenimiento de grupos electrógenos	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Implementación, funcionamiento, horas de operación, plan de mantenimiento, grupo electrógeno.	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):		
<p>El presente proyecto de titulación proporciona la implementación de un plan de mantenimiento para grupos electrógenos trifásicos de 600 kW con una salida de voltaje de 220 Vac, a partir del estudio del funcionamiento de los sistemas que componen un motor diésel como elemento impulsor y a los principios de operación de los componentes de un generador como equipo impulsado. Se detalla los tipos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo utilizados en los equipos de generación, así como también las pruebas realizadas que proporcionan la información necesaria para sostener la correcta operación de los generadores y poder reducir la presencia de fallas, anomalías y pérdidas por gastos de mantenimiento no contemplados en el funcionamiento del equipo. Finalmente se presenta un plan de mantenimiento basado en las horas de operación del grupo electrógeno con las actividades, pruebas a realizarse al cumplir las horas de servicio que darán paso a predecir, mantener, mejorar y estimar el tiempo de parada para cumplir con el plan de mantenimiento actual.</p>		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-981879010	E-mail: christian_medinarg@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando	
	Teléfono: +593-967608298	
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		