



**REPOTENCIACION DE UN GENERADOR LC6 CATERPILLAR G6B17480
AÑO 2010 DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO PERTENECIENTE AL
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO UBICADO EN EL CANTON
RUMIÑAHUI EN EL BATALLON DE INGENIEROS N° 68 COTOPAXI**

Sásig Tipantuña, Luis Germánico.

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en: Electromecánica

Ing. Caicedo Romero, Hugo Marcelo.

14 de agosto del 2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

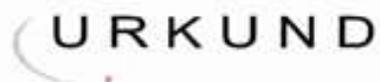
CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“REPOTENCIACION DE UN GENERADOR LC6 CATERPILLAR G6B17480 AÑO 2010 DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO PERTENECIENTE AL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO UBICADO EN EL CANTON RUMIÑAHUI EN EL BATALLON DE INGENIEROS N° 68 “COTOPAXI”** fue realizada por el señor **SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 12 de agosto del 2020


ING. Caicedo Romero, Hugo Marcelo

C.C.: 0503349615

REPORTE DE VERIFICACIÓN**Urkund Analysis Result**

Analysed Document: sasig luis tesis 2020 06 agosto 2020 ii.docx (D77553596)
Submitted: 8/6/2020 10:48:00 PM
Submitted By: hmcaicedo@espe.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

TESIS JACOME-MORENO Coompleta Urkur.docx (D54559474)
TESIS GENERADOR DE 10 KVA CON TABLERO AUTOMATICO DE TRANSFERENCIA2.pdf
(D19528138)
Estudio de viabilidad de una planta de trigeneración y una caldera pirotubular a bi ogás para una industria
cervecera.pdf (D62123181)
salazar.tesisfinal.docx (D12351768)
14065-Guerra Vargas, Hugo.pdf (D56106151)

Instances where selected sources appear: 23


Ing. Caicedo Romero, Hugo Marcelo
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **REPOTENCIACION DE UN GENERADOR LC6 CATERPILLAR G6B17480 AÑO 2010 DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO PERTENECIENTE AL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO UBICADO EN EL CANTON RUMIÑAHUI EN EL BATALLON DE INGENIEROS N° 68 COTOPAXI** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 12 agosto del 2020


SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO

C.C.: 0503359390



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO**, con cedula de identidad N° 0503359390, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de **REPOTENCIACION DE UN GENERADOR LC6 CATERPILLAR G6B17480 AÑO 2010 DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO PERTENECIENTE AL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO UBICADO EN EL CANTON RUMIÑAHUI EN EL BATALLON DE INGENIEROS N° 68 COTOPAXI** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido y criterios son de mi responsabilidad

Latacunga 12 de agosto del 2020

SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO

C.C.: 0503359390

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico en primer lugar a Dios y al Ejército Ecuatoriano por haberme brindado esta magnífica oportunidad de estudiar y superarme intelectualmente y contribuir con el desarrollo de mi Ejército y de mi país.

A mis hijos Sebastián, Lían, Nehemías quienes son mi principal motivación de superación, gracias al amor incondicional que me brindan día a día, dándome la fuerza para seguir adelante y por quienes es todo este esfuerzo.

De igual manera este esfuerzo lo dedico a mis padres quienes se privaron de un plato de comida por darnos nuestros estudios y ser alguien en la vida, y tomar como ejemplo su humildad y respeto ante los demás.

SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios por cuidarme día a día, y permitirme cumplir con mis metas, a mis hijos quienes son mi más grande motivación para superarme y llegar a cumplir con los objetivos propuestos, a mis padres que siempre me han brindado su cariño y apoyo incondicional.

Al Ejército Ecuatoriano por haberme brindado la oportunidad de cursar los estudios universitarios, en la Universidad De las Fuerzas Armadas – ESPE, a todos mis profesores quienes con sus vastos conocimientos nos guiaron para ser unos buenos profesionales.

SASIG TIPANTUÑA LUIS GERMANICO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
REPORTE DE VERIFICACIÓN.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.2 Tema de Investigación.....	17
1.3 Antecedentes.....	17
1.4 Planteamiento del problema	18
1.5 Justificación.....	18
1.6 Objetivos.....	19
1.6.1 Objetivo General.....	19
1.6.2 Objetivos Específicos.....	19
1.7 Alcance.....	20
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1 Introducción.....	21
2.2 Motor síncrono.....	21

2.3	Grupo Electrónico.....	22
2.3.1	Partes del grupo electrónico	22
2.3.2	Clasificación de los grupos electrónicos	24
2.4	Regímenes de operación.....	26
2.4.1	Standby	27
2.4.2	Prime:	27
2.4.3	Operación continua:.....	28
2.5	Componentes principales de los grupos electrónicos.	28
2.5.1	Sistema de refrigeración:	28
2.5.2	Sistema de lubricación	30
2.5.3	Sistema de admisión y escape	32
2.5.4	Sistema de inyección de combustible	33
2.5.5	Depósito de combustible.....	34
2.5.6	Filtro de combustible.....	34
2.5.7	El sistema completo de filtrado se compone de:	35
2.5.8	Sistema eléctrico	36
2.6	Fundamentos de Generación Eléctrica	37
2.6.1	Generación de Energía.....	37
2.6.2	Fundamentos de Generación Eléctrica	37
2.6.3	Componentes Principales del Generador.....	38
2.6.4	Campo.....	39

	10
2.6.5 Frecuencia.....	40
2.6.6 Campo Magnético Giratorio	40
2.6.7 Inducido	41
2.6.8 Fase, Voltaje y Núcleo Del Estator.....	42
2.7 Sistema de Regulación y Control de Grupos Electrógenos.....	44
2.7.1 Sistema de Regulación y Control	44
2.7.2 Características y Rendimiento del Regulador AVR	46
2.7.3 Panel Para Monitoreo de Motor	47
2.8 Mantenimiento de un Grupo Electrónico.....	48
2.8.1 Programa de Mantenimiento.....	49
2.8.2 Mantenimiento Preventivo.....	50
2.8.3 Mantenimiento del Alternador de un Grupo Electrónico.....	50
2.9 Mantenimiento del Tablero de Transferencia Automática	51
2.9.1 Pruebas	52
3. DIAGNOSTICO DEL GRUPO ELETROGENO CATERPILLAR G6B17480	55
3.1 Diagnostico actual del grupo eléctrico G6B17480	55
3.2 Estado del motor a diésel C15.....	56
3.3 Estado del generador	60
3.4 Elementos de control y de potencia	64
3.5 Daños de la estructura metálica del grupo eléctrico.....	66
3.6 Repotenciación del grupo eléctrico Caterpillar G6B17480.....	68
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76

	11
3.7 Conclusiones	76
3.8 Recomendaciones	77
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	78
<i>ANEXOS</i>	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo medio de aceite para distintos motores a distintas potencias	30
Tabla 2. Tabla de operaciones de mantenimiento.....	53
Tabla 3. Características generales del Grupo electrógeno G6B17480	55
Tabla 4. Daños del motor.....	57
Tabla 5. Características del generador.....	61
Tabla 6. Daños del generador.....	62
Tabla 7. Daños en el tablero de control.....	64
Tabla 8. Daños en el sistema de potencia.....	66
Tabla 9. Daños en la estructura	67
Tabla 10. Trabajos realizados en el motor	68
Tabla 11. Trabajos realizados en el grupo electrógeno.	70
Tabla 12. Trabajos realizados en el grupo electrógeno G6B17480	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes constitutivas de grupo electrógeno	23
Figura 2. Motor refrigerado por agua	29
Figura 3. Sistema de Lubricación.....	31
Figura 4. Sistema de Lubricación.....	33
Figura 5. Sistema de inyección de combustible	34
Figura 6. Funcionamiento de motor de arranque	37
Figura 7. Partes de un motor	39
Figura 8. Campo creado dentro del estator.....	40
Figura 9. Campo magnético giratorio.....	41
Figura 10. Inducido de un grupo electrógeno.....	42
Figura 11. Desfase en 120° entre si.....	43
Figura 12. Ley de Lentz	44
Figura 13. Sistema de excitación.....	45
Figura 14. Sensor de voltaje	47
Figura 15. Partes del módulo EMCP.....	48
Figura 16. Generador LC6 G6B17480	56
Figura 17. Partes del motor C15.....	57
Figura 18. Modulo de control	59
Figura 19. Motor de arranque	59
Figura 20. Motor de arranque	60
Figura 21. Parte lateral del generador.....	63
Figura 22. Bornes de salida	63
Figura 23. Vista frontal del tablero de control.....	64
Figura 24. Cemento incrustado en el AVR.....	65

Figura 25. Parte externa del grupo electrógeno	67
Figura 26. Parte interna del grupo electrógeno	68
Figura 27. Módulo de control electrónico	69
Figura 28. Motor C15 del generador G6B17480	70
Figura 29. Motor C15 del grupo electrógeno G6B17480	71
Figura 30. Reposición de botón de paro de emergencia	72
Figura 31. Pintura base en grupo electrógeno	73
Figura 32. Grupo electrógeno terminado	74
Figura 33. Grupo electrógeno G6B17480 repotenciado	75

RESUMEN

La finalidad de este proyecto de titulación consiste en realizar una repotenciación de un generador Caterpillar G6B17480 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE), a través de la utilización de elementos de comprobación electrónicos, eléctricos y mecánicos. el generador G6B17480 era utilizado en una planta de hormigón en un grupo de trabajo "Shirys" del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, y por factores climáticos, ubicación y montaje del equipo, partículas de cemento se fueron adhiriendo al equipo con el pasar del tiempo y todo su sistema comenzó a presentar fallas aun cuando no se cumplía las fechas de mantenimiento, actualmente por falta de recursos y presupuesto el generador quedo en total desuso, demandando de un mantenimiento correctivo para ponerlo nuevamente en funcionamiento. Para la repotenciación y funcionamiento del generador se ejecutará la corrección, reemplazo y reparación de: filtros, lubricantes, anticongelante, relés, fusibles y paro de emergencia Dentro del sistema de control se dará mantenimiento al regulador automático de voltaje (AVR), Módulo de control electrónico (ECM), y panel de control modular (EMCP 3.2), con los que cuenta los generadores Caterpillar. También se realizará la remoción de partículas de hormigón (cemento) del generador y estructura metálica interna y externa que protege al generador G6B17480, con el fin de restaurarlo en su totalidad. Finalmente se realizará un plan de mantenimiento preventivo para el generador detallando revisiones, inspecciones y cambio de fluidos del motor, alternador y baterías, tomando en cuenta las recomendaciones citadas en las tablas de mantenimiento, con el propósito de evitar los daños ocasionados anteriormente prolongando así la vida útil del generador.

PALABRAS CLAVES:

- **GRUPO ELECTROGENO**
- **REPOTENCIACIÓN**
- **MOTOR A DIESEL**

ABSTRACT

The purpose of this titling project is to repower a Caterpillar G6B17480 generator of Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE), through the use of electronic, electrical and mechanical checking elements. The G6B17480 generator was used in a concrete plant in a “Shyris” working group of Cuerpo de Ingenieros del Ejército, and due to climatic factors, location and assembly of the equipment, cement particles adhering to the equipment over time and all its system began to present faults even when the maintenance dates were not met. Currently, due to lack of resources and budget, the generator is in total disuse, demanding corrective maintenance to put it back into operation. For the repowering and operation of the generator, the correction, replacement and repair of: filters, lubricants, antifreeze, relays, fuses and emergency stop will be carried out. Within the control system, maintenance will be provided to the automatic voltage regulator (AVR), Control module electronic (ECM), and modular control panel (EMCP 3.2), which have Caterpillar generators. The removal of concrete particles (cement) from the generator and internal and external metal structure that protects the G6B17480 generator can also be extracted, in order to restore it in its entirety. Finally, a preventive maintenance plan will be carried out for the generator for inspections, inspections and change of engine fluids, alternator and batteries, taking into account the recommendations cited in the maintenance tables, in order to avoid recent damage by prolonging thus the useful life of the generator.

KEY WORDS:

- ELECTROGEN GROUP
- REPOTENTIATION
- DIESEL ENGINE

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2 Tema de Investigación

Repotenciación de un generador LC6 Caterpillar g6b17480 año 2010 del centro de mantenimiento perteneciente al CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO ubicado en el cantón Rumiñahui en el Batallón de Ingenieros N° 68 “COTOPAXI”.

1.3 Antecedentes

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército, (CEE) es una unidad de ingeniería militar cuenta con triple certificación internacional de Calidad, Ambiente y Seguridad y Salud Ocupacional, cuya organización se fundamenta en la disciplina y su vocación de servicio con el firme propósito de apoyar el desarrollo del país.

Con más de un siglo de fructífero trabajo, tiene a su haber importantes logros, como los que hoy testimonia su labor a lo largo y ancho del territorio nacional, se han construido o rehabilitado más de 5.000 kilómetros de carreteras, más de 10.000 edificaciones y un centenar de puentes de hormigón armado, metálicos y circunstanciales, obras que se han constituido en factores clave para la integración nacional impulsando así la productividad y el emprendimiento de sus habitantes.

El conjunto de obras y acciones ejecutadas reivindican al Cuerpo de Ingenieros del Ejército como una unidad militar confiable de las Fuerzas Armadas ecuatorianas, integrada por soldados y profesionales altamente competentes y comprometidos, que, apoyados en la tecnología de reciente generación, han desarrollado obras de calidad, eficientemente ejecutadas retribuyendo de esta manera, la confianza del Estado ecuatoriano. (CEE 2019)

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército cuenta con una unidad de apoyo que es el Centro de Mantenimiento Abastecimiento y Transporte, CEMAT quien es el encargado

de proporcionar mantenimiento y reparación de maquinaria, herramientas y equipos que son utilizados en los diferentes frentes de trabajo del CEE ubicados en diferentes partes del país.

1.4 Planteamiento del problema

El Centro de Mantenimiento (CEMAT) perteneciente al Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE) posee equipos especiales de generación como son los generadores Caterpillar los mismos que son utilizados en los frentes de trabajo de obras civiles.

Este grupo de electrógenos fueron adquiridos en el año 2010 a razón de la fuerte demanda y su empleo inmediato se omitieron procedimientos de mantenimiento preventivo causando inconvenientes a corto y largo plazo de este grupo de electrógenos, provocando una detención total de los mismos y estos a su vez pasan a un plan de mantenimiento correctivo provocando un retraso innecesario en la ejecución de las obras asignadas al CEE.

La falta de mantenimiento de estos generadores y por situaciones adversas como: situación climática, desconocimiento del manual de funcionamiento y la falta de experiencia han provocado que pasen a la sección de equipos deteriorados e incluso a ser material obsoleto.

1.5 Justificación

A través de este proyecto se busca la reactivación del grupo electrógeno perteneciente al Centro de Mantenimiento, Abastecimiento y Transporte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército mediante un análisis y con una evaluación técnica se pretende llegar a la repotenciación de este equipo de generación, el cual será empleado nuevamente en los diferentes frentes de trabajo que continuarán las obras civiles encomendadas.

Al culminar el proyecto de repotenciación del generador Caterpillar modelo G6B17480, se pondrá en marcha, mismo que podrá ser empleado en los diferentes grupos de trabajos, para dotar de energía eléctrica a los distintos equipos especiales con los que se vaya a enlazar, y de esta manera el Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE) puede seguir ejecutando las obras civiles y militares en desarrollo del país.

La importancia de aplicar todos los conocimientos adquiridos durante la carrera ya sea en: el ámbito eléctrico, electrónico y mecánico, ayudan al desarrollo profesional del estudiante con la finalidad de brindar el mejor servicio técnico, práctico al Centro de Mantenimiento, Abastecimiento y Transporte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército CEE.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Repotenciar un generador LC6 Caterpillar G6B17480 año 2010 del centro de mantenimiento perteneciente al Cuerpo de Ingenieros del Ejército ubicado en el cantón Rumiñahui en el Batallón de Ingenieros N° 68 "Cotopaxi", mediante la utilización de elementos y componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos, para la implementación y funcionamiento en un nuevo frente de trabajo.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Analizar el principio de funcionamiento de los componentes del generador Caterpillar G6B17480, a través de la recolección de información de fuentes bibliográficas, para la obtención de un conocimiento de función y sus rangos de operación.
- Implantar una evaluación técnica del estado actual del generador Caterpillar G6B17480, a través de una revisión de los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos, para una verificación de las condiciones se encuentra el generador.
- Poner en funcionamiento el generador Caterpillar G6B17480, mediante la corrección de daños existentes en los sistemas provocados por la falta de

mantenimiento y el mal uso del generador, para su utilización en nuevos proyectos civiles asignados al Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

1.7 Alcance

La finalidad de este proyecto es el análisis de funcionamiento de grupos electrógenos y en particular el generador LC6 Caterpillar G6B17480 perteneciente al Centro de Mantenimiento, Abastecimiento y Transporte del CEE , mediante la utilización de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos, para poner en funcionamiento, mismo que se encuentra con posibles daños en los sistemas que lo componen, como el cableado eléctrico deteriorado, contactores, pulsadores, relés en mal estado, mantenimiento del panel de control modular electrónico (EMCP 3.2), cambios de filtros y fluidos del sistema mecánico.

Durante el desarrollo de este proyecto se realizará una evaluación técnica y correctiva del generador LC6 Caterpillar G6B17480, descartando posibles averías suscitadas por diferentes razones a los que fue sometido este equipo, revisando conexiones del sistema eléctrico, electrónico y mecánico para el correcto funcionamiento de todo el sistema que comprende el generador LC6 Caterpillar G6B17480.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Introducción

En este proyecto de titulación se analizará al grupo electrógeno (generador), el cual se encarga de suministrar energía eléctrica cuando encontramos situaciones de déficit o la energía convencional es limitada, el grupo electrógeno se encuentra conformado por un motor independiente por lo general a diésel, el cual es el encargado de transformar energía mecánica en energía eléctrica.

“Un grupo electrógeno se refiere a un equipo que tiene como función convertir la llamada capacidad calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica. De forma sucinta, consiste en un motor y un alternador que están acoplados e insertan en una base con otros elementos.” (GRUPEL S.A. – energy everywhere, 2020)

Un grupo electrógeno está constituido por un motor primario a diésel, un generador eléctrico que transformará la energía mecánica en energía eléctrica y sus sistemas auxiliares tales como son sistema de refrigeración, sistema de lubricación, panel de control, baterías.

2.2 Motor síncrono

“Inductor de c.c. en el rotor alimentado a través de un colector de dos anillos e inducido de c.a. en el estator. • Debe girar a velocidad constante para que las tensiones que genere sean siempre de la misma frecuencia. Luego debe girar a la velocidad de sincronismo.

$$n = \frac{60 f}{p}$$

La velocidad (n) a la que gira la máquina síncrona determina su número de polos (2p) para conseguir la frecuencia (f) deseada.

Se procura acoplamiento directo entre el motor de accionamiento y el alternador síncrono:

– Hidroalternadores y alternadores Diesel: Lentos y de polos salientes. Movidos por motores Diesel o turbinas hidráulicas.

– Turboalternadores: Rápidos (2 o 4 polos) y de rotor liso. Movidos por turbinas de gas o de vapor” (Pozueta, 2018)

2.3 Grupo Electrónico

Un grupo electrónico es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.

Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

2.3.1 Partes del grupo electrónico

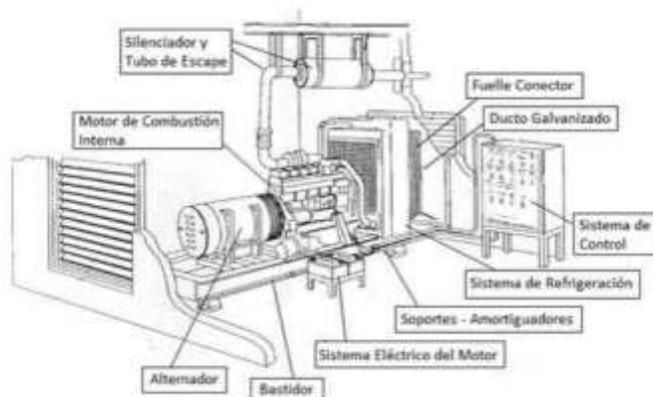
- **MOTOR.** El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: motores de gasolina y de gasoil (diésel).
- **REGULACIÓN DEL MOTOR:** El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga.
- **Sistema Eléctrico del Motor:** El sistema eléctrico del motor es de 12 V o 24 V, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor.
- **Silenciador y Sistema de Escape:** El silenciador va instalado al motor para reducir la emisión de ruido.

- **Sistema de Control:** Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento.
- **Interruptor Automático de Salida:** Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno con control manual.
- **Aislamiento de la Vibración:** El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. (Barrantes, 2015) como podemos apreciar en la Figura 1

De esta manera el motor no sufrirá un sobre calentamiento por el trabajo realizado mientras está encendido el generador y este a plena carga en un día normal de normal de operación.

Figura 1.

Partes constitutivas de grupo electrógeno



Nota. Esta ilustración demuestra todas las partes constitutivas que comprende un grupo electrógeno (Lacoste Juan, 2011)

2.3.2 Clasificación de los grupos electrógenos

2.3.2.1 Según el tipo de combustible

- **Gasoil (equipos Diesel):** Son ideales para requerimientos de potencia de más de 5 kW y para uso intensivo o continuo. Son perfectos para trabajos en talleres y sitios remotos en donde se requiere la energización de distintas máquinas eléctricas, incluso equipos de soldadura MIG y TIG, que requieren tolerancia a grandes corrientes.
- **Nafta:** Son los grupos electrógenos más económicos. Se emplean para potencias menores o iguales a 2 kW si su uso es frecuente y para potencias de hasta 5 kW si se utilizan de manera esporádica. Son perfectos para pequeños comercios en los que sólo es necesario cubrir la energización de hasta dos heladeras, máquinas registradoras y lámparas de bajo consumo durante períodos breves de tiempo. También son apropiados para tener en el garaje, para pequeños talleres y para contratistas de obra que no requieren la energización de muchas máquinas al mismo tiempo (por ejemplo, una mezcladora de pintura, un trompo hormigonero, etc).
- **Gas:** Estos generadores son de pequeña o mediana potencia —hasta 5 kW— e ideales para uso frecuente. Su uso está indicado para pequeños comercios con una heladera o freezer ubicados en regiones en donde son frecuentes los cortes de luz y para contratistas con requerimientos pequeños de energía (tal como vimos en el punto anterior con los generadores a nafta).
(demaquinasyherramientas, 2015)

2.3.2.2 Por su instalación

- **Fijos:**

Estos generadores normalmente funcionan para ofrecer protección contra apagones 24/7. Proporcionan energía automáticamente a tu hogar hasta que la interrupción o el problema termine.

Son generadores de grandes prestaciones, superior a los 10Kva en adelante, y por su tamaño se dificulta la movilidad del mismo, por tal razón se los emplean para el consumo de grandes cargas.

Se utilizan mayormente para lugares donde es obligatorio contar con una fuente de energía propia en caso de emergencias, por ejemplo, hospitales.

- **Móviles:**

Son generadores de menor capacidad inferior a los 10Kva y son fáciles de transportar de un lado a otro, se los emplean para el consumo de cargas pequeñas. Se pueden utilizar para suministrar energías en casos de tormentas, inundaciones, cortes de energía, campamentos, etc.

2.3.2.3 De acuerdo a su operación:

Automática (ATS). - cuentan con Interruptor de transferencia automático, plasmado en un microprocesador, el que proporciona al grupo datos de funciones para la operación, protección y supervisión.

Semiautomática. - cuentan con un control automático que es basado en un microprocesador dándole la ventaja de ser casi idéntico a un grupo electrógeno automático, como los datos de, mediciones, protecciones y operación, pero con la diferencia de no contar con el método de transferencia automático.

Manual. - este tipo de grupos necesitan para su funcionamiento de un operador que realice manualmente la operación del equipo ya que tiene un interruptor de arranque y otro para el paro, es decir no vienen instalados en estos equipos las funciones automáticas y para suplir esta necesidad cuentan con un interruptor manual.

2.3.2.4 Según su aplicación:

Emergencia. - este tipo de generadores se los emplea habitualmente en instalaciones donde requieren que el suministro eléctrico sea continuo, por ejemplo: en hospitales, industrias, bancos, centros informáticos, entre otras dependencias, que optan por el empleo de generadores para garantizar el flujo permanente de energía eléctrica.

Continuo. - estos grupos electrógenos, se los aplican en lugares remotos a donde las empresas eléctricas no llegan con el suministro, o a su vez donde haya cargas que requieran de un servicio ininterrumpido, a fin de no tener problemas en la producción.

2.4 Regímenes de operación.

Los regímenes de potencia de los grupos electrógenos describen las condiciones de carga máximas permisibles de un generador. El generador ofrecerá desempeño y tiempo de vida aceptables cuando se aplican las cargas de acuerdo a los rangos especificados. También es importante operar el generador a una carga no muy baja para lograr temperaturas normales de operación de motor y quemar el combustible apropiadamente. Los rangos y valores de potencia de los grupos electrógenos tienen definiciones según el Estándar ISO 3046 "Reciprocating Combustion Engines - Performance" y los valores exactos de potencia en cada régimen en un grupo

electrógeno son declarados por el fabricante en la placa de características de cada equipo. (AMPUERO, 2010)

2.4.1 Standby

Este rango va dirigido a aplicaciones de emergencia donde se cuenta inicialmente con un suministro de energía confiable de una red comercial. Bajo esta condición el equipo solo trabaja cuando se produce una falla de este suministro de red comercial lo que normalmente implica pocas horas de funcionamiento al año. Este rango es aplicable a cargas variables con un 57 factor de carga promedio de 80% de la potencia nominal en Standby y con un máximo de 200 horas de operación al año. De estas 200 horas, solo son permisibles 25 horas como máximo al 100% de carga. El régimen o potencia Standby solo debe utilizarse en aplicaciones de Emergencia donde el generador sirve como respaldo de una red pública normal. (AMPUERO, 2010)

2.4.2 Prime:

“El régimen de potencia Prime se aplica cuando el generador o generadores son la fuente principal de suministro, en lugar de una red pública normal. El número de horas de operación por año es ilimitado si aplica a cargas variables, pero está limitado para aplicaciones de carga constante como se describe a continuación” (Ampuero, 2010)

2.4.2.1 Potencia Prime con tiempo ilimitado de funcionamiento

La potencia Prime está disponible durante un número ilimitado de horas de operación si tenemos aplicaciones de carga variable con un factor de carga promedio de 70%. Se cuenta con una capacidad de sobrecarga del 10% por una hora cada 12 horas de operación, pero esta sobrecarga no debe excederse de 25 horas al año. El tiempo total de operación a plena carga nominal Prime no debe exceder las 500 horas por año. (Ampuero, 2010)

2.4.2.2 Potencia Prime con tiempo limitado de funcionamiento

La potencia prime está limitada en número de horas cuando se tienen aplicaciones de carga constante que suelen estar relacionadas con equipos en paralelo con una red pública comercial. Los grupos electrógenos podrán trabajar en paralelo con la red comercial hasta 750 horas por año a la potencia nominal Prime y que no exceda este valor. Se debe considerar que la vida útil del motor se reduce drásticamente cuando este trabaja con mucha frecuencia a altas cargas. Cualquier aplicación que requiera más de 750 horas anuales al 100% de potencia Prime, deberá usar el rango de potencia Continua. (Ampuero, 2010)

2.4.3 Operación continúa:

“Es aplicable para suministrar el 100% de esta potencia (Continua) permanentemente, sin límite de horas y no se admite sobrecarga en este régimen. Normalmente estos generadores trabajan en aplicaciones paralelas con una fuente de suministro comercial entregando una carga y factor de potencia fijados en el módulo de control del grupo eléctrico.” (AMPUERO, 2010)

2.5 Componentes principales de los grupos electrógenos.

El grupo eléctrico está compuesto por un sin número de elementos y los mismos pertenecen a varios sistemas y todos estos ponen en marcha al generador, a continuación, detallaremos los sistemas principales:

2.5.1 Sistema de refrigeración:

La electricidad es una forma de energía, producida, en este caso, por el combustible consumido por el motor del grupo eléctrico. Tan solo una parte de la energía que puede obtenerse del combustible produce electricidad, el resto se convierte en calor. En el sistema de refrigeración del motor se disipa una parte de la energía en forma de calor, otro tanto se va con los gases de escape y una fracción menor en

pérdidas propias del motor, por ejemplo, fricción entre componentes mecánicos.

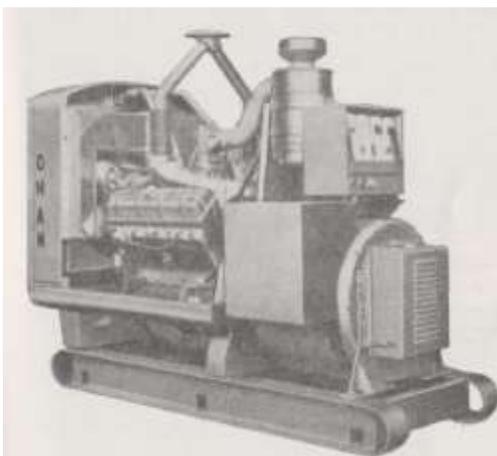
(Lacoste Juan, 2011)

Los llamados motores refrigerados por agua de tipo normal emplean un radiador montado en una misma bancada con el motor y el alternador. Un ventilador sopla a través del radiador desde el lado del motor. El agua de refrigeración del motor es forzada a pasar a través de los tubos del radiador por una bomba de agua. Para facilitar la salida de calor de la habitación en que se ha instalado el equipo, un conducto conecta el radiador con una abertura en la pared por la que se desea que salga el aire o con un lugar abierto como se muestra en el Figura 3. El agua de refrigeración debe llevar anticongelante si se prevé usar el equipo en lugares en que las temperaturas puedan disminuir por debajo de la de congelación del agua. Los sistemas refrigerados por radiador son los llamados sistemas cerrados de refrigeración.

(Lacoste Juan, 2011)

Figura 2.

Motor refrigerado por agua



Nota. Tipo de grupo electrógeno, el cual su motor es enfriado mediante agua. (Cangui Hidalgo & Villacis Ramon, 2013)

2.5.2 Sistema de lubricación

El consumo de aceite de lubricación depende de muchos factores. La tabla que se muestra a continuación nos da unas cifras medias para maquinas normales compiladas a partir de datos obtenidos por ensayos en fabrica y de motores que han estado funcionando. Es importante tener en cuenta que algunos motores consumen más aceite que otros. El consumo total de aceite viene influido por las temperaturas de funcionamiento, estado del motor, características de la carga eléctrica, tipo de combustible consumido, y la viscosidad y el grado del aceite.

Tabla 1.

Consumo medio de aceite para distintos motores a distintas potencias

Potencia	Motor	
	Gasolina	Diesel
30	2.4	4.3
45	3.8	6.2
65	6.7	9.5
85	7.9	18.9
115	18.9	18.9
140	18.9	23.6
170	31.2	23.6
250	31.2	31.2

Nota. Referencia en potencia y diferencia entre gasolina y diésel para el consumo de aceite.

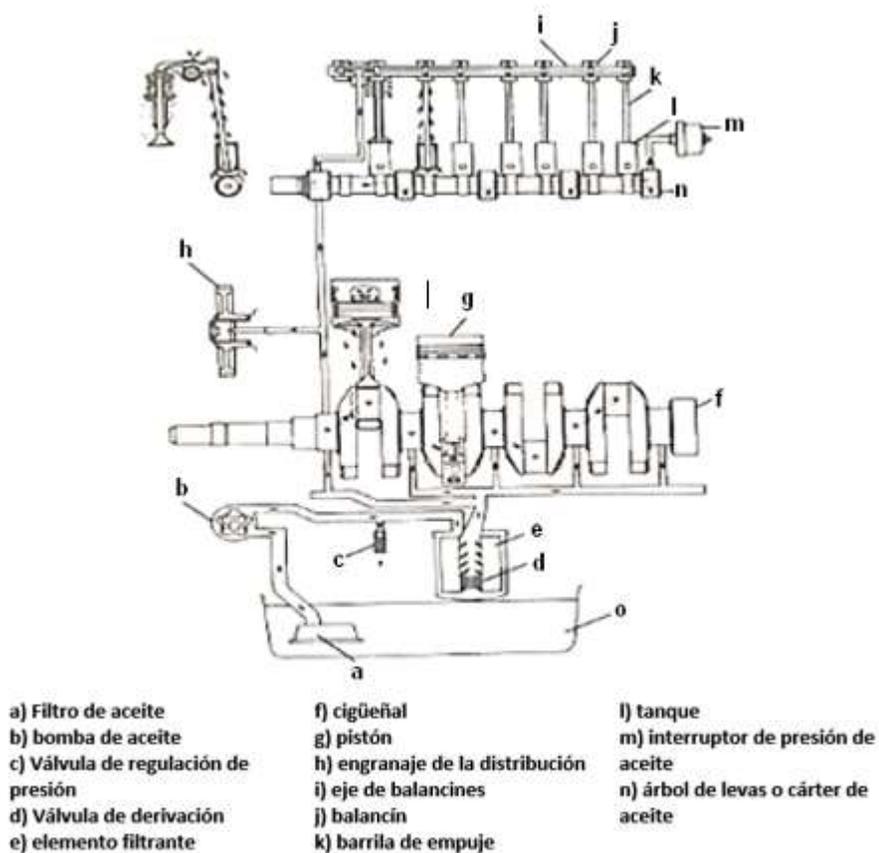
(Lacoste Juan, 2011)

El fabricante del motor indicara la frecuencia con la que debe ser cambiado el aceite. El uso que se da al motor modificara estas recomendaciones. Por ejemplo, un

grupo con motor Diesel suministrando corriente a un molino triturador requerirá cambios de aceite más frecuentes que la misma maquina usada como grupo de emergencia en una biblioteca. Otro ejemplo seria dos máquinas de 30 kW usando el mismo tipo de motor, uno con gasolina y el otro con gas natural como combustible. El motor que se usa con combustible gaseoso requerirá que se le cambie el aceite con menos frecuencia, suponiendo iguales los restantes factores (Lacoste Juan, 2011)

Figura 3.

Sistema de Lubricación



Nota. Descripción del sistema de lubricación de un grupo electrógeno Caterpillar (Ralbovsky, 2000).

2.5.3 Sistema de admisión y escape

La responsabilidad de este sistema es suministrar el aire necesario para la combustión, el ingreso de aire a la cámara se puede dar: directamente (aspiración natural), presurizado (turboalimentado), presurizado y enfriado (post enfriado), de tal manera el sistema de admisión que se incorpore en el motor dependerá de la potencia que requiera el mismo, ya que en cada caso la densidad de aire va a ser mayor y por lo tanto se obtendrá mayor capacidad de trabajo.

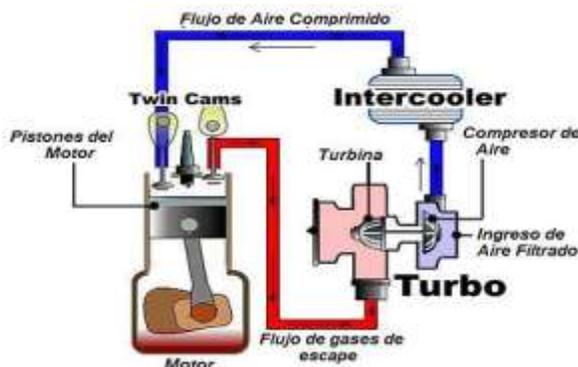
La función del sistema de escape es la de permitir que los gases producto de la explosión interna que se dan en la cámaras gracias a la mezcla aire-combustible puedan salir al medio ambiente, guiados por los conductos del sistema de escape, esto en los sistemas tradicionales, pero en los sistemas presurizados de inducción, la masa de aire producto de la combustión es aprovechado para impulsar un compresor rotativo el cual está montado en el mismo eje de la turbina que admite mayor cantidad de aire, a este conjunto se lo denomina turbo alimentador o turbo.

Para los sistemas con post enfriado el aire pasa por un intercambiador de calor aire-agua (intercooler) o aire-aire (after cooler), una vez culminado todo este proceso mediante una válvula de escape que se abre, se expulsan los gases que ingresaron por el turbo para finalmente desecharlos al medio. (Ampuero, 2010).

Figura 4.

Sistema de

Lubricación

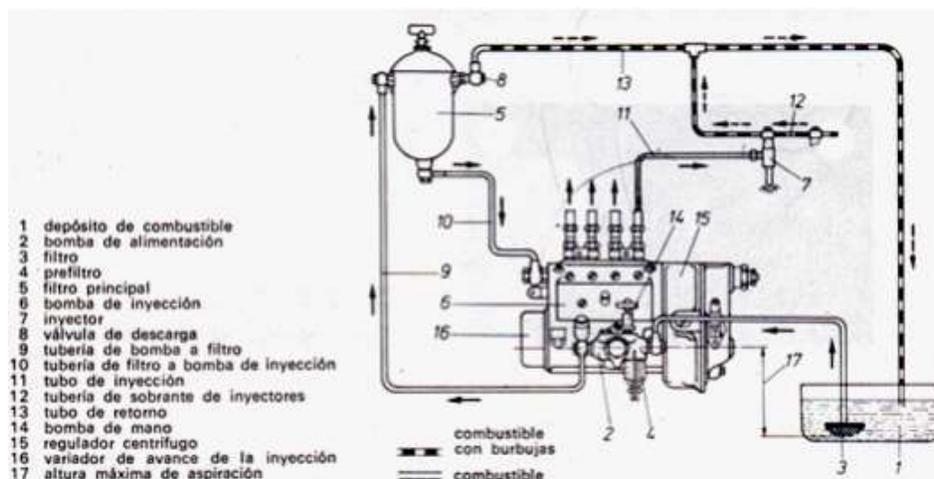


Nota. Interpretación del sistema de admisión y escape de un grupo electrógeno. (Maquinaria, 2017)

2.5.4 Sistema de inyección de combustible

Es el encargado de alimentar de combustible a las cámaras y aprovechar la energía calorífica que se obtiene de la combustión, en energía mecánica, de tal manera que es primordial la función de este sistema, el cual nos alimenta de combustible a las cámaras de combustión del motor, se compone de dos etapas, de alta presión y otra de baja presión, donde la bomba de inyección mantiene la presión de inyección demandada por el motor, a su vez este sistema es controlado por la tarjeta ECM (módulo de control electrónico) que regula el proceso de inyección mediante las señales que proporcionan los sensores. Este sistema puede variar dependiendo del fabricante y de los elementos que requieran la alimentación de combustible. (AMPUERO, 2010)

El grupo electrógeno Caterpillar modelo C15 está constituido de un sistema de inyección que es electrónico-mecánico (MEUI), el cual usa inyectores q están activados mecánicamente a través de balancines y controlados electrónicamente mediante el módulo de control electrónico (ECM), quien abre y cierra las válvulas de los inyectores, que mediante este modo entrega presión de combustible óptimo para la combustión interna del motor.

Figura 5.**Sistema de inyección de combustible**

Nota. El sistema de inyección de combustible se lo realiza en el que se emplea diésel. (Calle, 2014).

2.5.5 Depósito de combustible

El depósito de combustible debe ser resistente a la corrosión, además de a prueba de fugas para presiones superiores al doble de la de operación y de al menos 0.3 bar de sobrepresión y disponer de válvulas de seguridad para el escape de los gases en caso de que haya sobrepresión. El diseño debe tener en cuenta que no se produzcan fugas cuando el vehículo, en su caso, se incline y en caso de sacudidas y de impactos. Por último, debe ir separado del motor, en un lugar en el que se prevenga la ignición del combustible en caso de accidente. (Calle, 2014)

2.5.6 Filtro de combustible

Como explica (Calle, 2014) “Su función es garantizar un nivel pureza del combustible que evite daños en el sistema de inyección. Su diseño depende del tipo de sistema de inyección y de las condiciones de operación, es más exigente para sistemas que trabajen a presiones más elevadas como el common-rail. “

2.5.7 El sistema completo de filtrado se compone de:

- Filtro preliminar:

Situado en el interior del depósito, filtra el combustible antes de su entrada en la bomba de alimentación previa. Está formado por una malla capaz de filtrar partículas de hasta 300 μm .

- Filtro principal:

Las pequeñas partículas sólidas presentes en el combustible quedan atrapadas en el filtro, por eso tiene un elemento fácilmente extraíble que debe ser sustituido periódicamente.

Este elemento está constituido por una espiral en forma de v capaz de filtrar elementos de distintas formas. Es posible montar más de uno, en paralelo (aumenta la capacidad de almacenamiento) o en serie (filtros multietapa para mejorar la eficiencia de filtración).

- Separador de humedad:

Este dispositivo, normalmente integrado en el filtro principal, evita que el agua, libre o emulsionada con el combustible, entre en el equipo de inyección.

El agua es el contaminante más común; entra al sistema de suministro de combustible cuando el aire húmedo y caliente entra al depósito del vehículo o equipo, y después condensa en las paredes frías. El agua reduce la lubricidad del combustible, causando desgaste o atascamiento de piezas con poca tolerancia.

- Precalentador de combustible:

Este componente, integrado en el filtro principal, calienta el combustible eléctricamente, mediante el agua de refrigeración o mediante el combustible de retorno.

En invierno o en climas de bajas temperaturas, las parafinas presentes pueden precipitar formando cristales. Al aumentar la temperatura del combustible antes de su paso por el filtro, se evita la presencia de esos cristales de parafina que obstruirían los poros del filtro.

- Bomba manual:

La bomba manual ayuda a llenar y purgar el aire contenido en el sistema de inyección después de cambiar el filtro o de cualquier otra operación de mantenimiento. Suele ir integrado en la cubierta del filtro. (Calle, 2014) Como se aprecia en la Figura 5.

2.5.8 Sistema eléctrico

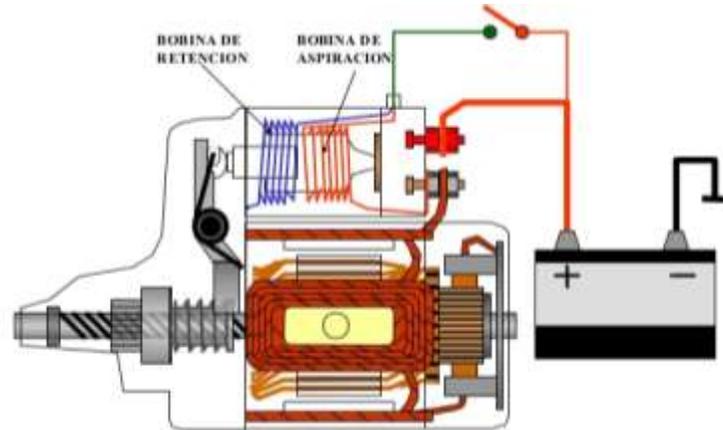
Motor de arranque: Motor de corriente continua alimentado por una batería de 24V. Su función es accionar el volante del motor para dar inicio al arranque del motor

Alternador: Es un generador de corriente alterna trifásica, con rectificadores, y su función es cargar la batería y alimentar el sistema eléctrico cuando el motor está en marcha.

Batería: Es un acumulador y proporciona la energía eléctrica necesaria para que el motor arranque.

Módulo de Control del Motor (ECM): Es el encargado de controlar la ignición, temperatura del motor, el tiempo de apertura/cierre de las válvulas, el nivel de impulso mantenido por el turbocompresor y fallas a través de sus respectivos sensores.

(Churquina, 2016)

Figura 6.*Funcionamiento de motor de arranque*

Nota. Sistema de arranque de un grupo electrógeno desde su conexión de baterías. (Dominguez, 2019)

2.6 Fundamentos de Generación Eléctrica

2.6.1 Generación de Energía

En todos los grupos electrógenos se usan generadores de corriente alterna (CA). Los generadores CA - también llamados alternadores - convierten la energía mecánica del motor en energía eléctrica y actúan como fuente de voltaje de las cargas eléctricas.

Debido a su versatilidad, la electricidad es una fuente útil de energía, (mucho más versátil que la energía mecánica), y puede usarse para iluminación, calentamiento, rotación de maquinaria eléctrica, etc., además de poder distribuirse fácilmente a diferentes sitios. (LLANQUE, 2013)

2.6.2 Fundamentos de Generación Eléctrica

Se requieren tres factores básicos para la generación de voltaje: magnetismo, movimiento y conductores. El sistema del generador se basa en el concepto según

el cual, si un cable se mueve a través de un campo magnético, se produce voltaje. Este es el concepto básico del funcionamiento del generador.

También, tenga en cuenta que no hay diferencia si el campo magnético es fijo y el conductor se mueve o si el conductor es fijo y el que se mueve es el campo magnético. Cualquiera que sea la forma, es necesario que haya movimiento relativo. El generador más simple consta de un bucle de cable que gira entre dos polos de imán fijo. (LLANQUE, 2013)

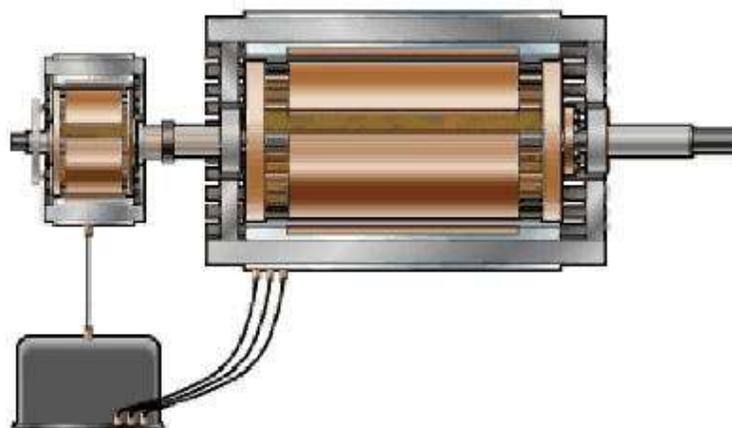
2.6.3 Componentes Principales del Generador

Un generador sincrónico de corriente alterna (CA) es significativamente más complejo que el generador simple de un bucle de cable girando entre dos imanes fijos. Un generador sincrónico CA consta de cuatro componentes y/o sistemas principales:

- Campo (rotor)
- Inducido (estator)
- Excitador
- Regulador de voltaje

Figura 7.

Partes de un motor



Nota. Partes constitutivas de un motor de un grupo electrógeno CATERPILLAR (LLANQUE, 2013)

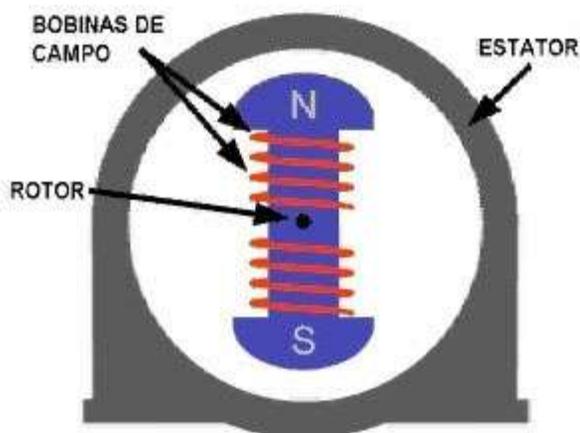
2.6.4 Campo

El campo de un generador se crea cuando un rotor gira dentro del estator. Un motivo para usar un inducido fijo y un campo magnético en rotación es la dificultad de tener una corriente trifásica en un inducido que gira.

Una fuente primaria gira el rotor, en nuestro caso, un motor. El rotor contiene polos con devanados enrollados a su alrededor, para formar bobinas. Estas bobinas se llaman "bobinas de campo" o "devanados de campo", debido a que crean un campo magnético. Para propósitos prácticos, los devanados de campo de la figura tienen sólo cuatro vueltas. Generalmente, los devanados de campo del generador contienen unos cientos de vueltas. (LLANQUE, 2013)

Figura 8.

Campo creado dentro del estator



Nota. Campo generado mediante el rotor dentro del estator (LLANQUE, 2013)

2.6.5 Frecuencia

La frecuencia eléctrica es el número de ciclos eléctricos (rotaciones de 360° por segundo. Para encontrar la frecuencia, se puede usar la ecuación: número de polos (4) dividido por dos y multiplicado por los rpm (1.800) divididas por 60 segundos. Si dividimos el número de polos por dos, nos da el número de pares de polos. Si dividimos los rpm por 60 segundos, nos da el número de revoluciones por segundo del rotor. Así, multiplicando el número de pares de polos por el número de revoluciones por segundo, obtenemos la frecuencia eléctrica del generador.

(LLANQUE, 2013)

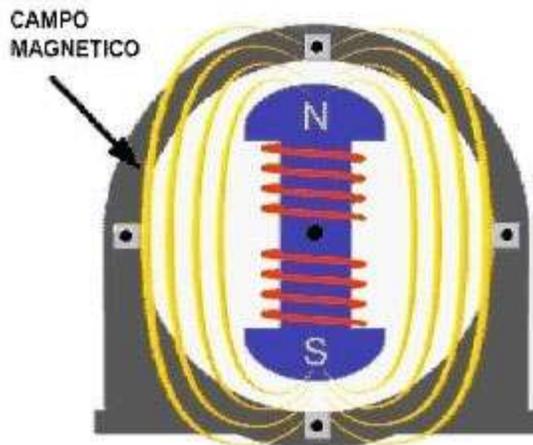
2.6.6 Campo Magnético Giratorio

El campo se irradia hacia afuera del motor en forma de líneas de campo magnético. A medida que el rotor gira, lo hace el campo magnético. Observe que el campo magnético es más fuerte en los polos norte y sur, donde se concentran

las líneas de flujo. Mientras mayor sea la concentración de flujo, mayor será el voltaje producido en los devanados.

Figura 9.

Campo magnético giratorio



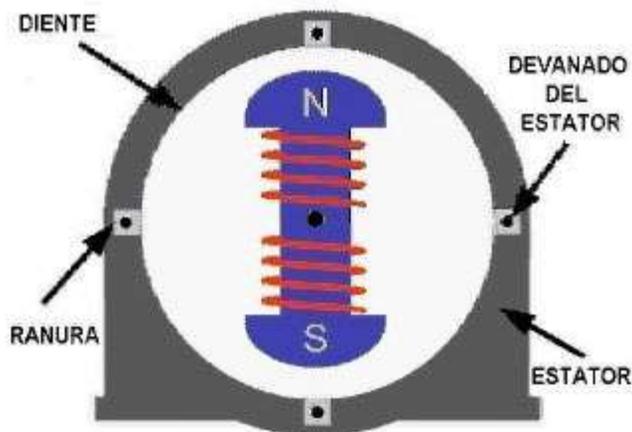
Nota. Ilustración de un campo magnético inducido (LLANQUE, 2013)

2.6.7 Inducido

La segunda pieza principal del generador es el inducido. El inducido permanece fijo en todos los generadores y se llama, por tanto, estator. Este consta de un núcleo de hierro y sus propios devanados, llamados devanados del estator o devanados del inducido. Los devanados del estator se disponen en ranuras a lo largo de la parte interna del estator. Como resultado, el campo produce voltaje en los devanados del inducido (LLANQUE, 2013)

Figura 10.

Inducido de un grupo electrógeno



Nota. Representación gráfica de inducido dentro de un grupo electrógeno.

2.6.8 Fase, Voltaje y Núcleo Del Estator

En esta sección veremos el modo en que se interrelacionan la fase, el voltaje y el núcleo del estator. El diseño del núcleo del estator y la distribución de los devanados permiten al generador proporcionar el voltaje de salida apropiado.

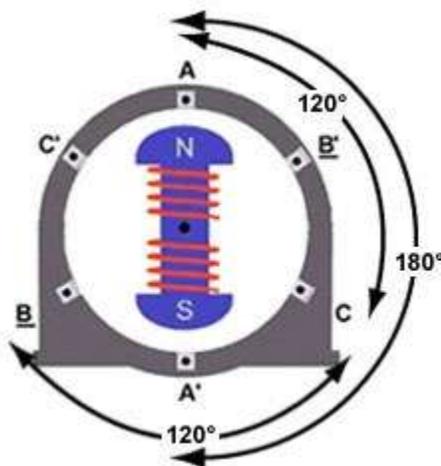
2.6.8.1 Fase y Voltaje

El número de fases y las características del voltaje son dependientes del diseño del generador.

2.6.8.2 Voltaje Trifásico

Un generador trifásico consta de tres bobinas espaciadas 120° alrededor del estator, lo que produce tres voltajes con una diferencia de fase de 120° .

Observe el inverso de las bobinas, con un espaciamiento de 180° , como se indica con las letras A', B' y C. (LLANQUE, 2013)

Figura 11.*Desfase en 120° entre si*

Nota. Ilustración de desfase de 120° en voltaje trifásico.

2.6.8.3 Voltaje de los Devanados del Estator

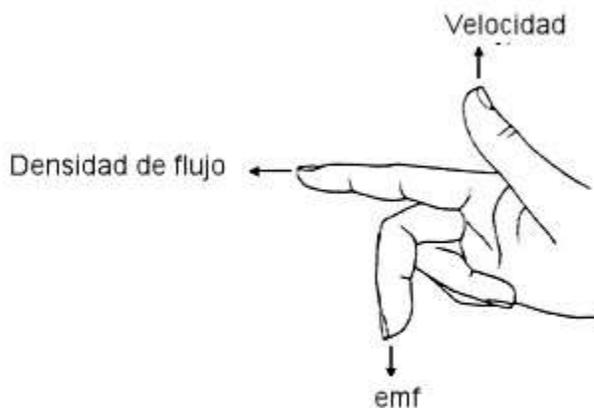
La salida del voltaje del generador/estator depende de:

- La fuerza del campo magnético en el rotor
- La velocidad de movimiento relativo entre el campo magnético y los conductores del estator. La longitud total de cada conductor expuesto al campo magnético. Esto puede incluir el impacto aditivo de múltiples vueltas en serie de los devanados del estator. La orientación relativa unos a otros de estos tres elementos, generalmente se conoce como "regla de la mano derecha".

(LLANQUE, 2013)

Figura 12.

Ley de Lenz



Nota. Regla de la mano derecha (LLANQUE, 2013)

2.7 Sistema de Regulación y Control de Grupos Electr6genos

2.7.1 Sistema de Regulaci3n y Control

2.7.1.1 Sistemas de Excitaci3n

Esta secci3n presenta los diferentes tipos y caracteristicas de los sistemas de excitaci3n usados en los generadores. La funci3n del sistema de excitaci3n (como se muestra en la figura 13) es suministrar corriente continua (CC) a los devanados de campo del generador principal. A la vez, este campo magn3tico hace que los devanados del estator produzcan voltaje de salida. (LLANQUE, 2013)

Figura 13.

Sistema de excitación



Nota. Sistema de excitación donde se encarga de suministrar CC al campo del generador principal.
(LLANQUE, 2013)

2.7.1.2 Autoexcitación

La auto excitación es el proceso por medio del cual el sistema de excitación recibe energía del sistema que está regulando. Un regulador de voltaje vigila el voltaje a través de los devanados. A medida que se aplica la carga al grupo electrógeno y a las caídas de voltaje, el regulador de voltaje aplica más voltaje al sistema para compensarlo. El regulador de voltaje es alimentado por el mismo voltaje. El voltaje se alimenta dentro del estator excitador como corriente continua (CC).

A medida que el rotor excitador toma la corriente, ésta se convierte en corriente alterna. Debido a que el rotor principal debe tener corriente continua (CC) para alimentar el estator principal, la corriente alterna (CA) que sale del rotor excitador pasa a través de un diodo, que la convierte en corriente continua (CC). El rotor principal alimentado por corriente continua (CC) pasa junto con la corriente alterna al estator

principal, el cual entonces alimenta el voltaje a los devanados del generador.

(LLANQUE, 2013)

2.7.1.3 Excitación de Voltaje de Salida

El voltaje de salida del generador principal debe mantenerse en un valor constante, cualesquiera que sean las condiciones de carga. Un regulador de voltaje controla esta función al controlar la salida del excitador.

2.7.2 Características y Rendimiento del Regulador AVR

Ahora vamos a tratar acerca de la regulación de voltaje y su relación con los diferentes sistemas del generador.

2.7.2.1 Regulador Automático de Voltaje

La regulación es un método de mantener el voltaje de salida, al controlar la corriente del excitador suministrada a los devanados del rotor principal. El regulador automático de voltaje (AVR por sus siglas en Inglés o RAV por sus siglas en español) mide el nivel de voltaje de los terminales del generador, al compararlo con un voltaje de referencia.

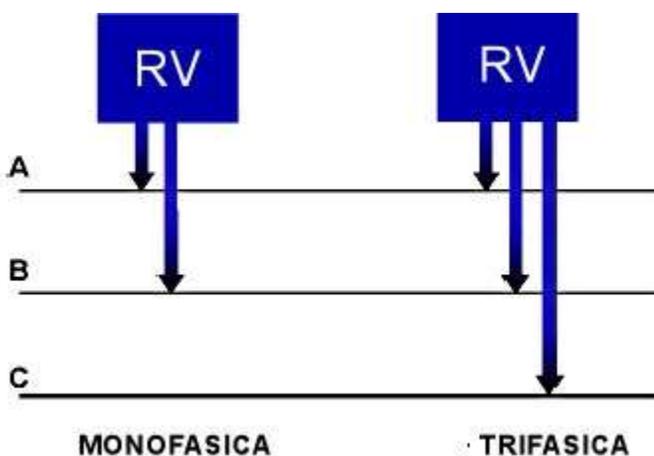
2.7.2.2 Sensor de Voltaje

Hay dos modos mediante los cuales el generador mide la salida del generador: medición monofásica y medición trifásica. En la medición monofásica sólo se usa una fase para ajustar la salida del sistema, independiente de lo que esté ocurriendo en las líneas del sensor. La mayoría de los generadores están equipados para medir el voltaje trifásico. La medición trifásica promedia los tres voltajes de fase, lo que resulta en una mejor regulación especialmente, cuando la carga está desequilibrada. Los beneficios más significativos son la capacidad de manejar los rectificadores trifásicos controlados

por silicio usados en sistemas tales como los de Suministro de Potencia sin Interrupción (UPS). (LLANQUE, 2013)

Figura 14.

Sensor de voltaje



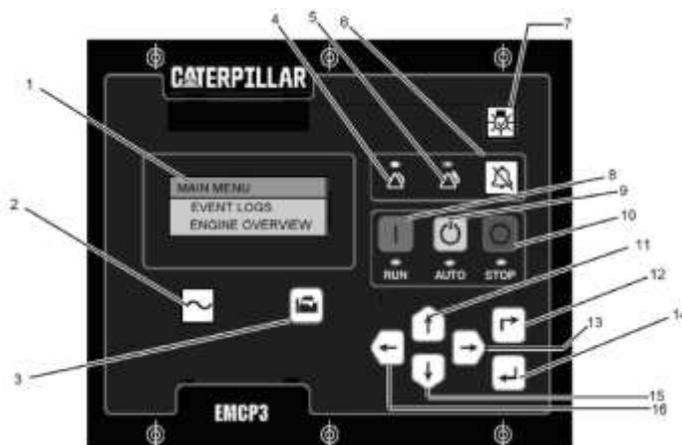
Nota. Ilustración de sensor de voltaje monofásico y trifásico (LLANQUE, 2013)

2.7.3 Panel Para Monitoreo de Motor

“Los grupos electrógenos Caterpillar a ser repotenciados cuentan con el módulo de control modular EMCP 3.2, que tiene una variedad de funciones como: Medición, relés de protección del motor y generador, control, monitoreo y expansión de la medición de CA. Controles de motor y generador, diagnóstico, y la información de funcionamiento son accesible a través de los teclados del panel de control y el diagnóstico desde módulos opcionales. El EMCP 3.2 presenta una pantalla gráfica con una luz de fondo ajustable, así como un avanzado Sistema de control del motor. Estas características se añaden sentido del valor y la fiabilidad que representan estos módulos que integran los grupos electrógenos Caterpillar” (CATERPILLAR, 2015)

Figura 15.

Partes del módulo EMCP



Nota. Descripción

1. Pantalla de visualización.
2. Tecla de descripción general de CA.
3. Tecla de descripción general del motor
4. Lámpara de advertencia amarilla.
5. Luz roja de apagado.
6. Tecla de confirmación / silencio de alarma.
7. Tecla de prueba de lámpara.
8. Tecla Ejecutar.
9. Tecla automática.
10. Tecla de parada.
11. Tecla de desplazamiento hacia arriba.
12. Tecla de escape.
13. Tecla de desplazamiento hacia la derecha.
14. Tecla enter.
15. Tecla de desplazamiento hacia abajo.
16. Tecla de desplazamiento hacia la izquierda. (CATERPILLAR, 2015)

2.8 Mantenimiento de un Grupo Electrónico

La frecuencia y el tipo de mantenimiento necesario en un grupo electrógeno dependerán de una serie de factores, incluidos el uso del grupo electrógeno, el ambiente donde funciona y la carga porcentual que lleva. Normalmente, los fabricantes

de generadores recomiendan, en el caso de uso de Emergencia, realizar inspecciones y mantención preventiva motor-alternador cada tres meses, mientras que, si es de uso Continuo, cada 250 o 500 horas, dependiendo de la marca y las recomendaciones de cada fabricante. (Beltran, 2016)

2.8.1 Programa de Mantenimiento

2.8.1.1 Mensualmente

- Elemento del Filtro de Aire - Revisar
- Mangueras, Tubos y Abrazaderas de Admisión de Aire - Revisar
- Tanques de Aire - Drenar
- Indicadores de Restricción del Aire de Entrada - Mecánico/Vacío

2.8.1.2 Cada 250 Horas o cada 3 Meses

- Elemento del Filtro de Aire del Compresor de Aire – (Reemplazar)
- Tensión entrada de energía - Revisar
- Filtro de Refrigerante - Revisar
- Ventilador de Enfriamiento - Revisar
- Aditivos del Sistema de Enfriamiento - Revisar
- Manguera del Tubo Respirador del Cáster - Revisar/Limpiar
- Cableado del Motor - Inspeccionar
- Brazo Pivote de la Polea Loca del Ventilador - Lubricar
- Filtros de Combustible - Revisar
- Aceite Lubricante y Filtro de Aceite - Revisar

- Baterías - Revisar
- Auxiliares para Arranque en Clima Frío (Estacional) - Revisar
- Elemento del Respirador del Cáster - Limpiar/Reemplazar
- Tolerancia Axial del Cigüeñal - Inspeccionar • Tornillos de Montaje del Motor - Revisar/Apretar
- Cubo de Ventilador Impulsado por Banda - Lubricar
- Mangueras - Revisar/Reemplazar
- Limpieza a Vapor del Motor
- Válvulas e Inyectores - Ajustar/Revisar (Beltran, 2016)

2.8.2 *Mantenimiento Preventivo*

Un mantenimiento preventivo completo incluye para el motor cambio de filtros y de aceite lubricante, revisión de niveles, agua, aceite, combustible y revisión de la carga de la batería, además de limpieza y chequeo del motor en general. Respecto al alternador, se recomienda una limpieza y chequeo de parámetros, los cuales se revisarán al momento de arrancar el generador para realizar pruebas y rangos de carga. Asimismo, se sugiere inspeccionar y arrancar el generador una vez por semana para verificar su buen funcionamiento. (Beltran, 2016)

2.8.3 *Mantenimiento del Alternador de un Grupo Electrónico*

- **Estado de los devanados:** Se puede determinar el estado de los devanados midiendo la resistencia de aislamiento a tierra, es decir, la resistencia óhmica que ofrece la carcasa de la máquina respecto a tierra.

• **Mantenimiento y recambio del rodamiento del alternador:** Todos los rodamientos son de engrase permanente para un funcionamiento libre de mantenimiento. Sin embargo, durante una revisión general se recomienda comprobarlos por desgaste o pérdida de aceite y reemplazarlos si fuese necesario. Los rodamientos deben ser reemplazados después de 25.000 horas en servicio, dependiendo necesariamente de la recomendación que entreguen los fabricantes de los alternadores.

• **Mantenimiento de la batería o Rellenado:** El uso normal y la carga de la batería tendrán como efecto una evaporación del agua. Por lo tanto, tendrá que rellenar la batería de vez en cuando. Primero, hay que limpiar la batería para evitar que entre suciedad y después quitar los tapones. Añadir agua destilada hasta que el nivel esté a 8 mm por encima de los separadores. Volver a colocar los separadores.

• **Comprobación de la carga:** Para comprobar la carga de una batería se emplea un densímetro, el cual comprueba la densidad del electrolito; éste deberá medir de 1,24 a 1,28 cuando está totalmente cargada; de 1,17 a 1,22 cuando está medianamente cargada; y de 1,12 a 1,14 cuando está descargada.

2.9 Mantenimiento del Tablero de Transferencia Automática

- Con una brocha debidamente aislada, se procede a limpiar el polvo de los elementos del tablero, ya que por condiciones ambientales o de trabajo en la sala se acumula el polvo en ese sitio.
- Se procederá al ajuste de pernos y tornillos, ya que por corrientes parásitas o vibraciones estos tienden a aflojarse.
- Se verificará que los elementos de protección, y supervisión eléctrica se encuentren trabajando en forma óptima.

- Se constatará la alimentación al programador y demás elementos que funcionen con energía continua. (Beltran, 2016)

2.9.1 Pruebas

Las pruebas se realizaron en los tres siguientes modos de operación:

- Automático
- Test
- Manual

En **AUTOMÁTICO** se operará el grupo electrógeno o la red comercial dependiendo de las variables registradas.

Para el mando automático el grupo electrógeno se enciende bajo las siguientes condiciones:

- El voltaje de la red comercial ha sobrepasado el límite de tolerancia establecido.
- Pérdida de una o más fases de la red comercial.

Una vez ocurrida la falla debe transcurrir diez segundos antes de arrancar el grupo electrógeno.

Cuando ya ha empezado a operar el grupo de emergencia debe verificarse que el voltaje y frecuencia sean los correctos, para que se pueda efectuar la transferencia sin ningún inconveniente.

Al retornar la energía de la red pública se debe verificar que el voltaje y número de fases sean los adecuados, para después de un tiempo de 20 segundos realizar la transferencia del grupo de emergencia a la red comercial.

Si la transferencia RED-GENERADOR o GENERADOR-RED no se realizan con éxito. El control automático discriminará, esta falla y realizará la transferencia de carga a la fuente de energía existente y disponible, Se encenderá una luz piloto que indique falla de mecanismo, mediante un pulsador reset reiniciará el control cuando se requiera.

En modo automático se debe incluir la opción de arranque semanal (programador semanal) del grupo electrógeno por un tiempo de diez minutos con transferencia. (Beltran, 2016)

Tabla 2.

Tabla de operaciones de mantenimiento

OPERACIONES	50 h	100 h	250 h	500 h	1000 h	1500 h	3000 h	2 años	20 000 h 3 años
Grupo electrógeno									
• Verificar el estado general					•				
• Verificar los pares de apriete					•				
• Verificar la ausencia de fugas				•					
• Verificar el estado de carga de la batería				•					
• Limpiar los bornes de la batería				•					
• Verificar el estado de las conexiones de los equipos eléctricos				•					
• Limpiar con aire comprimido los relés y los contactores				•					
Motor									
• Comprobar el nivel de aceite de motor y de refrigerante	•								
• Depósito de combustible - Descarga del agua	•								
• Filtro de aire - Comprobación	•								
• Aceite de motor y filtro de aceite - Sustitución ^a			•						
• Correa y tensión de la correa - Inspección y ajuste			•						
• Filtro de la bomba de combustible de solenoide - Inspección y limpieza ^a		•							
• Filtro de combustible - Sustitución				•					
• Filtro de la bomba de combustible de solenoide - Sustitución				•					
• Juego de válvulas - Inspección				•					

• Comprobación de la bujía de precalentamiento				•					
• Arrancador - Inspección					•				
• Alternador - Inspección					•				
• Pernos y tuercas del motor - Reapriete ^a					•				
• Tobera de inyección - Limpieza						•			
• Inyector - Comprobación y limpieza							•		
• Turbocompresor - Inspección							•		
• Refrigerante - Sustitución								•	
Alternador									
• Verificar el estado general	Después de las primeras 20 horas								
• Verificar los pares de apriete									
• Verificar las distintas conexiones eléctricas de la instalación									
• Engrasar los rodamientos									

^a Las primeras 50 horas de servicio para un motor nuevo o reparado.

Nota. Tabla guía de horas de trabajo del grupo electrógeno para su respectivo mantenimiento (Leroy Zomer, 2010).

3. DIAGNOSTICO DEL GRUPO ELETROGENO CATERPILLAR G6B17480

3.1 Diagnostico actual del grupo electrógeno G6B17480

A través del diagnóstico inicial del grupo electrógeno podremos detectar las fallas mecánicas, eléctricas, electrónicas, que tiene, de esta manera se logrará verificar las fallas para su posterior reparación o reemplazo de los componentes deteriorados.

Este equipo cuenta con un motor de combustión interna de seis cilindros modelo C15 del año 2010, las características del equipo más sobresalientes se detallan en la tabla 3.

Tabla 3.

Características generales del Grupo electrógeno G6B17480

GRUPO ELECTRÓGENO	
Marca	Caterpillar
Modelo	C15 (año 2010)
Serie	G6B17480
Tensión	220v
Potencia	569Kva - 455Kw
Frecuencia	60 Hz
Combustible	Diésel
Velocidad	1800 rpm
Horas de trabajo	7433Hrs

Figura 16.

Generador LC6 G6B17480



Nota. Estado en que se encontró el generador antes de la repotenciación.

3.2 Estado del motor a diésel C15

A través de una inspección visual del motor del grupo electrógeno C15 se observa la carcasa y el bobinado están cubiertas con capas de partículas de cemento y material de construcción impregnadas, los mismos que se procedieron a limpiar y remover todas las partículas de cemento que afectaban el motor teniendo la precaución de no dañar el bobinado y este a su vez provoque un corto circuito en el motor ocasionando graves daños al motor. A continuación, se detallan los resultados:

Figura 17.*Partes del motor C15*

Nota. Partes del motor deterioradas por el uso y la falta de mantenimiento.

Tabla 4.*Daños del motor*

Componente	Descripción	Estado
Estructura del motor (parte externa)	Motor a diésel C15	El componente se encuentra recubierto con una capa gruesa de cemento.
Switch de baterías	Interruptor para poner en contacto las baterías con el motor y el tablero de control EMCP 3.2	Al ponerlo en contacto no funciona y toca conectar directo.
Mangueras	Manguera de aceite, separadores de diésel y agua.	No presentaban daños o fugas que comprometan el funcionamiento del generador.
ECM (módulo de control electrónico)	Sistema de control del generador	Todo el sistema se encuentra cubierto con

Componente	Descripción	Estado
		capas gruesas de cemento.
Filtros	Filtros de aire	Por el uso del generador y falta de mantenimiento se encuentran llenos de partículas de cemento.
	Filtro de aceite	Por el tiempo que se encuentra detenido el generador se encuentra lleno de agua.
Aceite	Lubricante del motor	Renovación del aceite por falta de viscosidad y tiempo de uso.
Bandas	Accesorios	Se encuentran en buen estado
Arranque	Motor de arranque	Tiene un orificio que no permite su funcionamiento normal.

Figura 18.

Modulo de control



Nota. Recubrimiento de la parte externa del módulo de control con partículas de cemento.

Figura 19.

Motor de arranque



Nota. Motor de arranque deteriorado que no permite el funcionamiento del generador.

Una vez puesto en serie dos baterías de 12 v cada una y un total de 24 v se pone en contacto no arranca el generador y se procede a verificar que el motor de arranque tiene un desperfecto (roto) y es necesario hace un cambio de pieza por un motor de arranque nuevo.

3.3 Estado del generador

El generador por el uso y por la falta de mantenimiento presenta fallas y esto involucra que haya más desgaste de las piezas del motor y todo su sistema empiece a colapsar dando como resultado un sobre esfuerzo del grupo electrógeno y las posteriores reparaciones serán más costosas y será necesario detener el grupo electrógeno provocando inconvenientes y demora en las tareas asignadas diariamente.

Figura 20.

Motor de arranque



Nota. Presencia de óxido en tubería de escape.

El grupo electrógeno cuenta con una tubería de escape en donde hay presencia de óxido por factores climáticos.

Mediante el uso de taladro y grata de hierro se procede a remover el óxido incrustado en la tubería, una vez finalizado este procedimiento se continúa con la mano de pintura y reparación de orificios en la estructura externa del generador.

Tabla 5.

Características del generador

GENERADOR	
Marca	Caterpillar
Modelo	Año 2010
Serie	G6B17480
Fase	Trifásico
Potencia	569Kv-455Kw
Frecuencia	60 Hz
Cos ϕ	0.8
Velocidad	1800 rpm
Tipo de Excitación	Auto excitado

A continuación, en la siguiente tabla tendremos detalles de daños que presentaron en el generador. Caterpillar G6B17480 año 2010.

Tabla 6.*Daños del generador*

Componente	Descripción	Estado
Estructura del generador	Parte Exterior	Se encuentra recubierta por una capa gruesa de cemento.
Terminales	Estator	Se encuentran con presencia de sulfatos y llenos de partículas de cemento.
Devanados	Estator y rotor	No presentan daños en su estructura.
Conductores	Alto voltaje	El aislamiento no presenta daños.
Elementos de protección	Transformadores de corriente	La resistencia de los devanados se encuentra en los parámetros normales
	Fusibles	Están en perfectas condiciones.

Figura 21.

Parte lateral del generador



Nota. Parte externa del motor recubierta de cemento.

Figura 22.

Bornes de salida



Nota. Bornes recubiertos de cemento y polvo

3.4 Elementos de control y de potencia

El sistema de control es el encargado de poner en funcionamiento el generador quien a través de sus sensores muestra en su pantalla alguna falla en el sistema.

Adicional se realiza una inspección visual para determinar posibles fallas en sus sistemas en la tabla 7 se describe los daños encontrados en diferentes elementos.

Figura 23.

Vista frontal del tablero de control



Nota. Tablero de control recubierto de cemento y material de construcción

Tabla 7.

Daños en el tablero de control

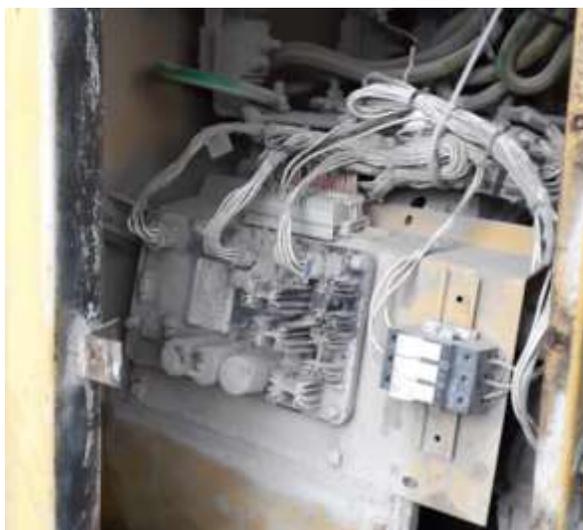
Componente	Descripción	Estado
Estructura del tablero de control	Parte interna y externa	Recubierta con una capa de cemento.
Pulsadores	Paro de emergencia	Ausencia de para de emergencia.

Componente	Descripción	Estado
Panel EMCP3.2	Módulo de control del grupo electrógeno	Se aprecia partículas de cemento.
Regulador automático de voltaje (AVR)	Tiene valores de voltaje nominales para las cargas	Sus elementos estar cubiertos de cemento.
Interruptor magnético	Arranque del motor de combustión interna.	Los bornes se encuentran con sulfato.

En la figura 24 podemos apreciar que el regulador de voltaje automático está cubierto de cemento.

Figura 24.

Cemento incrustado en el AVR



Nota. Regulador de voltaje automático de voltaje cubierto de cemento y material de construcción.

Tabla 8.*Daños en el sistema de potencia*

Componente	Descripción	Estado
Estructura del tablero de potencia	Parte interna y externa	Se encuentra cubierta con cemento
Barras	Tres fases	Presenta capas de cemento y sulfato
	Neutro y tierra: conexión con terminales del generador	No presentan daños
Disyuntor	Abre o cierra el circuito	Partes internas se encuentran cubiertas con cemento y con sulfato

3.5 Daños de la estructura metálica del grupo electrógeno

Se observa que por el uso inadecuado del generador, condiciones climáticas y luego discontinuidad de su uso hay presencia de óxido en la parte externa y capas de partículas de cemento impregnadas de la planta de hormigón, y esto afecta a la protección interna del generador. Para verificar los daños de la parte externa se realizó una inspección visual detallada en la tabla 8.

Figura 25.*Parte externa del grupo electrógeno*

Nota. Parte externa del generador cubierta con cemento y daños por factor climático.

Tabla 9.*Daños en la estructura*

Componente	Descripción	Estado
Estructura	Parte Exterior e interior	Por condiciones meteorológicas, y acumulación de cemento
Puertas y estructura	Cubierta del grupo electrógeno	Presenta capas de cemento en un 75% y el 20 % hay presencia de oxido en la estructura y 5% hay presencia de agujeros que filtran el agua lluvia dentro del generador.

3.6 Repotenciación del grupo electrógeno Caterpillar G6B17480

La repotenciación es la puesta en marcha del generador por lo cual se tuvieron que realizar varios cambios de piezas principales los cuales se detalla a continuación todos los trabajos realizados en el generador G6B17480 una vez enunciados todas las fallas existentes en el grupo electrógeno.

Figura 26.

Parte interna del grupo electrógeno



Nota. Parte interna del grupo electrógeno removido la capa de cemento y realización de limpieza de sus circuitos.

Tabla 10.

Trabajos realizados en el motor

COMPONENTE	TAREA REALIZADA
Estructura del motor	Remoción del cemento adherido a toda la estructura a través de grata de $\frac{1}{4}$ y un taladro.

COMPONENTE	TAREA REALIZADA
Switch de las baterías	Remoción de sulfato, se desmonto el switch para retirar partículas de cemento.
Módulo de control electrónico (ECM)	<p>Limpieza de sus terminales con un compresor de aire para evitar daños en sus componentes más pequeños.</p> <p>Aire: Limpieza mediante aire comprimido para evitar daños de su parte interna.</p>
Filtros	Combustible: Limpieza correspondiente, se retiró agua y agentes extraños depositados en el fondo del mismo.

Limpieza del módulo de control electrónico de partículas de cemento evitando daños colaterales que puedan afectar el normal funcionamiento del mismo.

Figura 27.

Módulo de control electrónico



Nota. Módulo de control electrónico limpio después de remover capas de hormigón.

En la tabla 11 constan los detalles de los trabajos realizados en el grupo electrógeno dejando a este en óptimas condiciones para ponerle nuevamente en funcionamiento.

Tabla 11.

Trabajos realizados en el grupo electrógeno.

COMPONENTE	TAREA REALIZADA
Estructura del generador	Remoción de capas de cemento impregnadas en sus estructura externa
Terminales	Desmontaje de terminares para su respectiva limpieza

En la figura 28 se observa la limpieza del motor C15 el mismo que se encontraba impregnado en todo el motor, el mismo que se utilizó grata de acero para la remoción del cemento cuidando y manipulando con extrema cautela para evitar daños en mangueras de fluidos y des calibración de los sensores.

Figura 28.

Motor C15 del generador G6B17480



Nota. Remoción de cemento del motor y limpieza de sus terminales de entrada y salida de fluidos.

Figura 29.*Motor C15 del grupo electrógeno G6B17480*

Nota. Limpieza en su totalidad del motor C15 del generador G6B17480

En la tabla 12 se indica las actividades realizadas de mantenimiento, limpieza, remoción de cemento que se encontraba impregnado y por falta de cuidado de los operarios responsables del grupo electrógeno y en especial del tablero de control.

Tabla 12.*Trabajos realizados en el grupo electrógeno G6B17480*

COMPONENTE	TAREA REALIZADA
Estructura del tablero de control	Remoción el cemento adherido en la estructura con grata de ¼ y taladro
Conductores de los transformadores de corriente	Los conductores de los transformadores de corriente se encontraban sulfatados y en las mediciones no presentaban continuidad, por lo que se realizó el reemplazo de los mismos.

COMPONENTE	TAREA REALIZADA
Paro de emergencia	Ausencia de paro de emergencia, se coloca uno nuevo por seguridad del equipo.
Panel modular EMCP 3.2	Limpieza con mucho cuidado para precautelar el panel
Regulador automático de voltaje (AVR)	Desmontaje y limpieza de su circuito considerando la importancia de mantener en óptimas condiciones sus capacitores y cambiarlos si fuesen necesarios.

En la figura 30 se observa la reposición con un nuevo paro de emergencia colocado en el tablero de control del grupo electrógeno.

Figura 30.

Reposición de botón de paro de emergencia



Nota. Reposición de nuevo paro de emergencia del grupo electrógeno G6b17480

En la figura 31 se observa que en el grupo electrógeno se procedió a pintar con fondo color plomo para que la siguiente capa de pintura (amarillo Caterpillar) tenga mejor adherencia y se obtenga un mejor acabado en nuestro grupo electrógeno.

Figura 31.

Pintura base en grupo electrógeno



Nota. Pintura base en la parte externa del grupo electrógeno previo a pintar con el color definitivo amarillo Caterpillar.

En la figura 32 tenemos el resultado final con la última capa de pintura en el grupo electrógeno.

Figura 32.

Grupo electrógeno terminado



Nota. Grupo electrógeno terminado una vez pintado con pintura final.

Figura 33 grupo electrógeno G6B17480 terminado en su totalidad, y dado el mantenimiento respectivo para ponerlo en funcionamiento en una nueva obra asignada por parte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

Figura 33.

Grupo electrógeno G6B17480 repotenciado



Nota. Grupo electrógeno finalizado para utilizarlo en un nuevo frente de trabajo asignado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.7 Conclusiones

Mediante distintas fuentes de investigación bibliográficas, el grupo electrógeno G6B17480 Caterpillar año 2010 cumple con el principio de funcionamiento de todos los grupos electrógenos para los cuales fueron creados y utilizarlos donde la energía eléctrica convencional es limitada.

El grupo electrógeno G6B17480 una vez realizado su respetiva repotenciación y su mantenimiento se pone en funcionamiento, el mismo que cumple con sus parámetros normales de funcionamiento y se pueden utilizar en nuevos frentes de trabajo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

El grupo electrógeno G6B17480 una vez realizado la remoción de capas de hormigón que fueron adheridas en su estructura interna y externa, por falta de mantenimiento y las condiciones climáticas se pone nuevamente en funcionamiento cumpliendo el objetivo propuesto en este proyecto de titulación.

3.8 Recomendaciones

Se continúe con la investigación científica de nuevos modelos de grupos electrógenos que se podrán emplear en nuevos frentes de trabajo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

Los grupos electrógenos deben tener un cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a la tabla de operaciones de mantenimiento donde especifica las horas de trabajo que debe cumplir, para evitar daños significativos del grupo electrógeno.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército considere el espacio óptimo para colocar los grupos electrógenos, y evitar daños de su estructura interna y externa, del mismo modo se controle el cambio de filtros de aire, combustible, aceite de acuerdo de las horas de trabajo de esta manera se prolongará la vida útil de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMPUERO, A. L. (2010). *cybertesis*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de ANÁLISIS PARA IMPLEMENTAR UNA CENTRAL TERMICA DE 8MW CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA EN UNA FABRICA DE CEMENTO: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/13676/1/linares_aa.pdf

Ampuero, A. L. (2010). <http://cybertesis.uni.edu.pe>. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de ANÁLISIS PARA IMPLEMENTAR UNA CENTRAL TERMICA DE 8MW CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA EN UNA FABRICA DE CEMENTO: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/13676/1/linares_aa.pdf

Barrantes, C. M. (3 de Septiembre de 2015). <https://es.scribd.com/doc/278036674/Grupo-Electrogeno>. Recuperado el 13 de Junio de 2020

Beltran, P. (29 de Julio de 2016). *ESCRIBD.COM*. Recuperado el 16 de junio de 2020, de <https://es.scribd.com/document/319672687/Manual-de-Mantenimiento-de-Grupo-Electrogeno>

Calle, A. C. (2014). bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG. Recuperado el 16 de junio de 2020, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

Cangui Hidalgo, A. P., & Villacis Ramon, K. R. (Enero de 2013). *BIBDIGITAL EPN*. Recuperado el 16 de junio de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5623/1/CD-4647.pdf>

CATERPILLAR, M. (2015). www.manualsdir.com. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de <https://www.manualsdir.com/manuals/268264/milton-cat-d175-2-175-kw-controller-specifications-g175-lg4-controller-specifications.html?page=4>

- Churquina, J. L. (05 de Abril de 2016). *SCRIBD*. Recuperado el 19 de junio de 2020, de <https://es.scribd.com/document/307106303/Grupos-Electrogenos-2>
demaquinyherramientas. (25 de Diciembre de 2015).
<https://www.demaquinyherramientas.com/maquinas/generadores-o-grupos-electrogenos-tipos>. Recuperado el 15 de Junio de 2020, de <https://www.demaquinyherramientas.com/>
- Dominguez, M. J. (02 de Febrero de 2019). *EL MAQUINANTE*. Recuperado el 20 de junio de 2020, de <https://elmaquinante.blogspot.com/2019/02/prl-unidad-7-sistemas-de-arranque-e.html>
- Lacoste Juan, C. S. (09 de Noviembre de 2011). *Grupos Electrogenos*. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de https://www.ing.unlp.edu.ar:https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M1639/descargar.php?secc=0&id=M0639&id_inc=2915
- Leroy Zomer. (Noviembre de 2010). *sdmo-rentalpower.com*. Recuperado el 11 de Junio de 2020, de http://www.sdmo-rentalpower.com/commonsDocuments/300/33516003901_0_1.pdf
- LLANQUE, A. (28 de Julio de 2013). *SCRIBD*. Recuperado el 3 de Julio de 2020, de <https://es.scribd.com/document/156450861/Material-Del-Estudiante-Grupos-Electrogenos-Generacion-Electrica-CAT-2>
- Maquinaria, P. (2017). *www.maqpe.com*. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://maqpe.com/sistema-admision/sistema-de-admision-y-escape-de-motores-diesel/>
- Pozueta, M. A. (21 de Febrero de 2018). https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/03_Maquinas%20Sincronas.pdf. Recuperado el 15 de julio de 2020

Ralbovsky, E. (2000). *Motores Diesel*. Madrid, España: Paraninfo. Recuperado el 20 de Julio de 2020

ANEXOS