



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TEMA:

**Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos
impulsados por motores diésel**

AUTOR:

Pinza Noriega, George Anthony

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar

Guayaquil, Ecuador

9 de marzo del 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 **Pinza Noriega, George Anthony** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

TUTOR

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar

DIRECTOR DE LA CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

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, **Pinza Noriega, George Anthony**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores diésel**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando los 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

Pinza Noriega, George Anthony



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pinza Noriega, George Anthony**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores 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:

Pinza Noriega, George Anthony

REPORTE URKUND

Documento: [George Pinza_Tesis.docx](#) (D120021901)
Presentado: 2022-02-16 07:58 (-05:00)
Presentado por: nancy.barberan@ucu.ucsg.edu.ec
Recibido: nancy.barberan.ucg@analysis.urkund.com
0% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	comPageMontafooinca1412020.pdf
	comPageMontafooinca1802021.pdf
	comPageMontafooinca0712020.pdf
	TESIS CHRISTIAN MEDINA - CORRREGIDA.docx
>	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8094/1/1T-UCSG-PRG-TEC-EM-123.pdf
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1622/1/1T-UCSG-PRG-TEC-EM-265.pdf
	https://opace.ucu.edu.ec/bitstream/handle/113456789/10863/Tesis%20de%20Manuel%20Acevedo%20Darias%2010%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
	https://doi.org/10.18156/rev.25111

Documento: [George Pinza_Tesis.docx](#) (D120021901)
Presentado: 2022-02-16 07:58 (-05:00)
Presentado por: nancy.barberan@ucu.ucsg.edu.ec
Recibido: nancy.barberan.ucg@analysis.urkund.com
0% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	comPageMontafooinca1412020.pdf
	comPageMontafooinca1802021.pdf
	comPageMontafooinca0712020.pdf
	TESIS CHRISTIAN MEDINA - CORRREGIDA.docx
>	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8094/1/1T-UCSG-PRG-TEC-EM-123.pdf
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1622/1/1T-UCSG-PRG-TEC-EM-265.pdf
	https://opace.ucu.edu.ec/bitstream/handle/113456789/10863/Tesis%20de%20Manuel%20Acevedo%20Darias%2010%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
	https://doi.org/10.18156/rev.25111

Reporte Urkund del trabajo de titulación de Carrera de Ingeniería en **Eléctrico – Mecánica denominado: Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores diésel**, del estudiante **Pinza Noriega, George Anthony** se encuentra al 0% de coincidencias.

Atentamente.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento es a Dios, aquel ser supremo que me lo ha otorgado todo en esta vida y ha llenado los vacíos de mi corazón con su amor y bendiciones, quien me demostró que nada es posible a nuestras fuerzas y que para alcanzar nuestros objetivos es necesario pedir dirección, quien ha estado presente en cada momento, manifestándose por medio de personas de mi entorno y las circunstancias que sin lugar a duda ocurrieron por su gracia.

Mi admiración y gratitud infinita a mi madre, Magaly Noriega Noboa, quien con amor sustituyó las labores de un padre ausente y supo guiarme por la senda de la rectitud, permitiendo que crezca en cada etapa que he tenido, soltándome poco a poco, enseñándome a escalar la montaña de mi vida y así estar preparado para emprender vuelo ascendente, tal cual las águilas reales que empujan a los aguiluchos por los acantilados una y otra vez, atrapándolos y regresándolos al nido, de manera que aprendan que fueron diseñados para volar.

A cada una de las personas que han formado parte de este proceso, brindándome sus consejos y palabras de aliento para no mirar atrás, quienes han dado su tiempo sin condiciones y han sido parte y testigo de mis traspasadas. A Julissa Jaramillo, Christian Medina, Miriam Lucero, Dayana Manzano, José Riera, Noemí García, Barbara Peters. A mis compañeros de estudio y de trabajo que han sabido comprender lo importante que ha sido todo este proceso para mí. A mis docentes que con dedicación y entusiasmo me brindaron sus conocimientos y experiencia y a todos los que con su buena vibra me han deseado lo mejor. A todos ustedes les extiendo mi gratitud infinita y siempre los recordaré como personas inigualables y dignas de admirar.

Pinza Noriega, George Anthony

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mi hijo Anthony Pinza Jaramillo quien ha sido un detonante para alcanzar el éxito y la bendición más grande que Dios me ha otorgado, quien sabe cuanto hemos sacrificado por hacer posible este sueño y parte de esos sacrificios ha sido el tiempo que compartimos como familia. Nada en este mundo me habría podido generar la motivación, la pasión y la energía necesaria para alcanzar esta meta.

A los padres jóvenes, aquellos que con valentía y fervor dan todo de sí mismos para ser ejemplo a seguir para sus hijos, quienes sacrifican sus horas de descanso y hacen innumerables actividades en el transcurso del día, quienes con amor demuestran que el hecho de ser padres no es un causal para detenerse y ponerle un fin a sus proyectos de vida, sino al contrario, siguen creciendo y motivan a los suyos a esculpir su mejor versión en el día a día.

A todos los que estudian y trabajan paralelamente, ustedes saben perfectamente lo que significa establecer prioridades. Luchen por alcanzar sus sueños y que nada los detenga. Encomienden su vida a Dios y el pondrá las situaciones, el tiempo, el clima y el mundo a su favor. Ustedes son el vivo ejemplo de que el éxito no depende de nuestras posibilidades, sino del esfuerzo y enfoque que tengamos.

Pinza Noriega, George Anthony



**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. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
Capítulo 1	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1. Justificación y alcance	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Hipótesis de investigación.....	5
1.6. Metodología	6
Capítulo 2	7
GENERALIDADES DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS	7
2.1. Introducción	7
2.2. Antecedentes	7
2.3. Motores de combustión interna	7
2.3.1. Motor de combustión a diésel	8
2.3.2. Motores marinos.....	9
2.4. Generadores de energía	9
2.4.1. Principios de la generación de energía	9
2.4.2. Componentes principales de un generador.....	10
2.4.3. Aislamiento en generadores	11
2.5. Grupos electrógenos	12
2.5.1. Organizaciones de normatividad de los grupos electrógenos	12
2.6. Clasificación de grupos electrógenos según la norma ISO 8528	13
2.7. Norma ISO 8528-1	13
2.7.1. Potencia auxiliar de emergencia.....	14
2.7.2. Potencia principal por tiempo limitado	14

2.7.3. Potencia principal por tiempo ilimitado	15
2.7.4. Potencia operativa continua	15
2.8. Riesgos al trabajar con grupos electrógenos	15
2.9. Etiquetas de advertencia	17
2.10. Mantenimiento	18
2.11. Tipos de mantenimiento	19
2.11.1. Mantenimiento correctivo	19
2.11.2. Mantenimiento preventivo	20
2.11.3. Mantenimiento predictivo	20
2.11.4. Mantenimiento periódico	21
2.12. Instrumentos de medición	21
2.12.1. Multímetro digital	22
2.12.2. Pinza amperimétrica	22
2.12.3. Megóhmetro	24
2.12.4. Pistola de temperatura infrarroja	25
2.12.5. Tacómetro digital	25
2.12.6. Grupo de manómetros para evaluación de motor	26
2.12.7. Micrómetros	27
Capítulo 3	29
INTERPRETACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DE 157 HP DE APLICACIÓN MARINA	29
3.1. Introducción del capítulo 3	29
3.2. Consideraciones de mantenimiento	29
3.3. Mantenimiento requerido cuando sea necesario	29
3.4. Mantenimiento diario	35
3.5. Mantenimiento semanal	39
3.6. Mantenimiento por horas de trabajo	41
3.6.1. Cada 250 horas de servicio	42
3.6.2. A las 500 horas iniciales	42
3.6.3. Cada 500 horas o anualmente	42
3.6.4. Cada 2000 horas o semestralmente	43
3.7. Mantenimiento anual	43

3.8. Mantenimiento cada 1820 galones de combustible consumidos, cada 500 horas de servicio o anualmente (lo que ocurra primero).....	45
3.9. Mantenimiento cada 3650 galones de combustible consumidos, cada 1000 horas de servicio o anualmente (lo que ocurra primero).....	50
3.10. Mantenimiento cada 3750 galones de combustible consumidos o cada 500 horas de servicio (lo que ocurra primero)	51
3.11. Mantenimiento cada 7290 galones de combustible consumidos, cada 2000 horas de servicio o cada 2 años (lo que ocurra primero).....	51
3.12. Mantenimiento cada 43750 galones de combustible consumidos o cada 12000 horas de servicio (lo que ocurra primero)	55
3.13. Caso de estudio por realizar un mantenimiento incorrecto.	55
Capítulo 4	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
4.1. Conclusiones	60
4.2. Recomendaciones	61
Bibliografía.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etiquetas de seguridad en grupos electrógenos.....	18
Tabla 2 Actividades de mantenimiento cuando sea requerido	30
Tabla 3 Actividades de mantenimiento diario.....	35
Tabla 4 Mantenimiento semanal	39
Tabla 5 Actividades de mantenimiento anual	44
Tabla 6 Mantenimiento cada 1820 gal de combustible consumidos.....	46
Tabla 7 Mantenimiento cada 7290 gal de combustible consumidos.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Motor de combustión interna	8
Figura 2 Generador de energía	10
Figura 3 Acceso a un espacio confinado	16
Figura 4 Disposición de etiquetas de advertencia en un grupo eléctrico	17
Figura 5 Uso de multímetro digital Fluke 87	22
Figura 6 Medición de amperaje con pinza amperimétrica	23
Figura 7 Uso del medidor de resistencia de aislamiento	24
Figura 8 Medición de temperatura con termómetro infrarrojo digital	25
Figura 9 Uso de tacómetro digital Monarch.....	26
Figura 10 Grupo de manómetros para evaluación de motores de combustión	27
Figura 11 Analizador de carga de baterías	31
Figura 12 Grupo eléctrico encabinado de aplicación marina	33
Figura 13 Componentes eléctricos y electrónicos del generador	34
Figura 14 Banda del alternador de un motor de combustión a diésel	36
Figura 15 Ubicación del indicador de restricción de filtro de aire	37
Figura 16 Ubicación de la faja térmica de un grupo eléctrico C4.4.	40
Figura 17 Panel de control de grupo eléctrico C4.4	41
Figura 18 Inspección del filtro de aire del motor	43
Figura 19 Chequeo del varistor de un grupo eléctrico	45
Figura 20 Ubicación de la bomba de agua de mar	47
Figura 21 Inspección de las bases del grupo eléctrico	47
Figura 22 Reemplazo de filtros de combustible.....	48
Figura 23 Ubicación del intercambiador de calor	49
Figura 24 Mecanismo de válvulas de un motor C4.4 Caterpillar.....	51
Figura 25 Bomba de refrigerante del motor	54
Figura 26 Grupo eléctrico C9 Caterpillar	56
Figura 27 Falla en varillas de empuje debido a una calibración incorrecta	57

Figura 28 Señales de corrosión en camisas del motor 58

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone el diseño de una guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos de 157 Hp instalados en un barco de expedición de 43 metros de eslora total, la embarcación es de construcción artesanal, utilizada para viajes de recreo y expedición. Este proyecto está enfocado en dar a conocer la correcta interpretación de la hoja de datos de mantenimiento que proporciona el fabricante, así como el alcance por parte del operador con respecto a las actividades que se deben realizar para la ejecución del mantenimiento preventivo. La finalidad de esta guía es proveer al operador del equipo conocimientos técnicos básicos acerca de motores de combustión a diésel y generadores de energía, así como la importancia del mantenimiento preventivo para tener los equipos operativos y de esta forma prolongar su vida útil, dentro del tiempo recomendado por el fabricante, y así suministrar energía eléctrica estable que promueva el confort en la embarcación y de los huéspedes a bordo.

Palabras claves: Mantenimiento Preventivo, Barco de Expedición, Energía Eléctrica, Confort, Huéspedes a Bordo.

ABSTRACT

The present titling work proposes the design of a guide for the preventive maintenance of 157 Hp generator sets installed in an expedition ship of 43 meters in total length, the ship is of artisanal construction, used for pleasure trips and expeditions. This project is focused on publicizing the correct interpretation of the maintenance data sheet provided by the manufacturer, as well as the scope by the operator regarding the activities that must be carried out for the execution of preventive maintenance. The purpose of this guide is to provide the equipment operator with basic technical knowledge about diesel combustion engines and power generators, as well as the importance of preventive maintenance to have the equipment operational and thus prolong its useful life within the time recommended by the manufacturer, and thus supply stable electrical energy that promotes comfort in the boat and for the guests on board.

Keywords: Preventive Maintenance, Expedition Ships, Electrical Energy, Comfort, Guests on Board.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El trabajo descrito en este documento consiste básicamente en una guía para el mantenimiento preventivo de dos grupos electrógenos utilizados en un barco de expedición, de 43 metros de eslora total. La embarcación es un yate de lujo de construcción artesanal, de bandera ecuatoriana, ofrece un crucero que brinda servicios de alimentos, alojamiento, transporte y excursión. Esta embarcación tiene una capacidad de 20 pasajeros y 14 tripulantes incluyendo el capitán. Se ha diseñado para ser lo más consciente posible con el medio ambiente y su construcción radica en la utilización de materiales ecológicos. El barco recibe semanalmente turistas nacionales y extranjeros para disfrutar de una travesía inolvidable por las Islas Galápagos. (Surtrek, 2021, párr. 1)

La energía eléctrica que necesita la embarcación es producida por dos generadores de energía, modelo C4.4, de marca Caterpillar, por eso es importante tener la certeza de que estos equipos estén siempre en óptimas condiciones de funcionamiento. Si bien es cierto, por lo general se dispone de una bitácora en la que se detallan las horas de los equipos, consumo de combustible y sus parámetros críticos, es imperativo disponer de un plan de mantenimiento para no solo extender la vida útil del grupo electrógeno, sino que además conlleve a planificar con tiempo la ejecución de cada uno de los trabajos comprendidos en el mismo. Se da a conocer, por medio de una guía, la correcta interpretación del manual de mantenimiento del fabricante, así como conceptos técnicos relevantes, ya que de esta manera es más sencillo comprender las actividades que se realizan al ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos de 157 Hp, de 1800 RPM, 230VAC, trifásico, con una frecuencia de 60 Hz; instalados en un barco de expedición de 43 metros de eslora total.

1.1. Justificación y alcance

Los barcos de expedición ofrecen diferentes actividades para los turistas nacionales y extranjeros, ofreciendo un alto nivel de confort a sus pasajeros. Un barco de expedición, de acuerdo con su tamaño entra en dos categorías de embarcaciones.

Estos son los barcos íntimos y los extrapequeños. Sin embargo, pese a no ser denominados como cruceros, este tipo de embarcaciones cuentan con una alta demanda de energía y para lo cual es indispensable tener los generadores de energía en perfecto estado. El operador es responsable de realizar inspecciones diarias al equipo, ejecutar las actividades de mantenimiento que estén a su alcance y pedir servicio técnico especializado para el resto de tareas. Un grupo electrógeno de aplicación marina está conformado por componentes especiales, diseñados para resistir las condiciones medioambientales y por lo general emplea un sistema de enfriamiento mediante el intercambio de calor del refrigerante con el agua salada. La falta de conocimiento por parte del operador da lugar a la extensión de los intervalos de mantenimiento, provocando fallas estructurales en los componentes más críticos y daños permanentes en el motor de combustión.

Este trabajo tiene la finalidad de estipular una guía de mantenimiento preventivo para los grupos electrógenos de la embarcación, mediante el uso de conceptos técnicos, basados en los lineamientos que dicta el fabricante de estos equipos, pero que por lo general no son comprendidos en su totalidad por los usuarios o maquinistas a bordo. El conocimiento básico del equipo, de sus componentes principales, herramientas necesarias y de la gestión del mantenimiento preventivo, es muy importante para reducir el número de accidentes laborales que pueden ocurrir durante la ejecución de las actividades de mantenimiento, al no tomar las debidas precauciones.

1.2. Antecedentes

Es importante que el suministro de energía eléctrica de un barco de expedición sea continuo y estable, ya que de ello dependen el buen estado de artefactos domésticos, víveres, equipos tecnológicos, bombas, extractores, aires acondicionados, alumbrado, radares, radios y navegadores, entre otros, donde se busca el confort de cada uno de los huéspedes de la embarcación. Para ello, es imperativo el buen estado de funcionamiento de los grupos electrógenos y una apropiada conservación de las partes y los sistemas que los conforman, dependiendo de las condiciones medioambientales y siguiendo las recomendaciones técnicas dadas por el fabricante en el datasheet de mantenimiento del equipo. (Bocanegra & Zubiato, 2018, p. 10)

1.3. Planteamiento del problema

Los grupos electrógenos de aplicación marina difieren de otras aplicaciones en que principalmente sus componentes del sistema de enfriamiento son de un material resistente a la corrosión. Sin embargo, como las condiciones son extremas, estos equipos pueden tener un método de aterrizaje o ánodos de zinc ubicados estratégicamente para atenuar los daños por corrosión galvánica. Por este motivo, el operador del equipo debe estar en la capacidad de realizar todas las inspecciones y mantenimientos que le corresponde en el equipo, ya que la falta de ello podría ocasionar daños internos en dichos componentes; debido a que el agua salada podría ingresar a los cilindros del motor y causar una falla prematura en el mismo.

Usualmente, el operador reporta anomalías para su pronta corrección, pero lo ideal es seguir un plan de mantenimiento preventivo que cumpla los lineamientos de la marca. El fabricante, por lo general señala una clasificación para los equipos, de acuerdo a las horas de funcionamiento, tiempo calendario o en base al consumo de combustible para posteriormente, estipular el mantenimiento de manera que asegure un buen estado del grupo electrógeno durante su tiempo de vida útil. Para ello, es necesario que el operador cuente con la información técnica básica, necesaria para poder interpretar adecuadamente el manual de operación y mantenimiento del equipo y entender la importancia de la ejecución de cada una de las actividades que forman parte del mantenimiento preventivo. Esta guía provee indicativos para ciertos procesos que puede realizar el usuario como parte de la inspección de rutina, así como conceptos técnicos para una mejor comprensión de las diferentes hojas de datos de mantenimiento del grupo electrógeno.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar una guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos de 157 Hp instalados en un barco de expedición de 43 metros de eslora total, mediante la utilización del datasheet de mantenimiento del equipo y el criterio técnico de personas calificadas en el área de estudio, brindando al operador información técnica de fácil

comprensión para el entendimiento y la importancia de realizar todas las actividades de mantenimiento preventivo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Explicar la importancia de realizar las actividades de mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos a diésel de aplicación marina.
- Especificar los instrumentos de medición y componentes que conforman los grupos electrógenos a diésel de 157 Hp.
- Describir el procedimiento para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo aplicado en grupos electrógenos de 157 Hp a diésel, de aplicación marina.

1.5. Hipótesis de investigación

Mediante el diseño de una guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos de 157 Hp, el usuario podrá comprender la importancia de ejecutar todas las actividades de mantenimiento preventivo que están descritas en el datasheet del equipo, ya que un buen plan de mantenimiento no consiste únicamente en tener un registro de las horas del equipo y realizar el cambio de fluidos y elementos filtrantes en el momento adecuado, sino en comprender las necesidades del grupo electrógeno de acuerdo a la aplicación y el medio ambiente al que está expuesto.

Al disponer de una guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos de 157 Hp de aplicación marina, el usuario podrá conocer las partes principales que conforman los grupos electrógenos e interpretar correctamente las especificaciones del datasheet del fabricante del equipo y el alcance que le corresponde durante el proceso de mantenimiento. Según esto, al contar con el conocimiento apropiado se evitará tener fallas prematuras como son las paradas inesperadas, daños de los equipos, pérdidas económicas y accidentes.

1.6. Metodología

La metodología aplicada en esta investigación es de tipo documental, ya que se basa en la recopilación de información, como: Publicaciones técnicas, manuales de mantenimiento e informes de servicio; con el fin de proveer al usuario una secuencia ordenada de las actividades que corresponden en el proceso de mantenimiento preventivo. Además, es una presentación explícita basada en la teoría y en la experiencia técnica, donde se interpreta el datasheet que detalla las actividades de mantenimiento e indican las causas comunes de las fallas por falta del mismo.

La investigación documental es una estrategia de comprensión, que permite estudiar conocimiento acumulado ya escrito dentro de un área específica con la finalidad de poder revisar a detalle la literatura y documentos que tratan sobre un tema en particular, mientras que la investigación explicativa propone las causas de los hechos que se estudian. Básicamente, justifica el porqué de las ocurrencias de los hechos y las condiciones en las que se presentan, así como las posibles relaciones existentes entre las diferentes variables, implicando la asociación, exploración y la descripción de las mismas. (Pereyra, 2020, p. 23)

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

2.1. Introducción

El presente capítulo presenta el marco teórico del trabajo de investigación, donde indica el principio de funcionamiento de los grupos electrógenos, así como los estándares de normalización a los que están sometidos para las pruebas de funcionamiento. Adicionalmente se describe los tipos de mantenimiento y los instrumentos de medición necesarios durante la ejecución de las actividades del mismo.

2.2. Antecedentes

El uso de motores de combustión interna a diésel en grupos electrógenos se ha venido expandiendo a lo largo de los años. Actualmente, existe una amplia gama de grupos electrógenos en el mundo, incluyendo grupos electrógenos desde 6 ekW hasta 14.040 ekW. La generación de electricidad es un factor importante para una embarcación, debido a que el sistema de iluminación y el funcionamiento de diferentes equipos dependen directamente de ello. La falta de mantenimiento preventivo en los grupos electrógenos puede ocasionar cortes de energía, daños eléctricos e incluso el colapso de los equipos de generación. (Caterpillar Inc., 2021, párr. 1)

2.3. Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna es una máquina que utiliza el poder calorífico del combustible para transformarlo en energía mecánica, la cual es aprovechada como medio impulsor para el funcionamiento de maquinarias de movimiento de tierras, sistemas de propulsión marina, vehículos, grupos electrógenos, grupos de bombeo, etc. Desde la construcción del primer motor de combustión interna por el francés Etienne Lenoir, este tipo de motores han experimentado modificaciones en cuanto a la ingeniería. La participación del alemán Nikolaus Otto mejoró notablemente el diseño

de este motor mediante la implementación del ciclo de cuatro tiempos, denominado ciclo Otto. Hasta la década de los noventa, los motores que estaban diseñados con el ciclo Otto usaban combustibles livianos y un sistema de encendido por chispa. Sin embargo, el alemán Rudolf Diesel inventó un motor que no necesitaba la presencia de chispa para el encendido y empleaba combustibles pesados, con alto poder calorífico. (Acebes, 2017, p. 9)

Como podemos ver en la Figura 1, los motores de combustión interna que emplean combustibles pesados como el diésel, han ido evolucionando a lo largo de los años, con la finalidad de cumplir con las regulaciones medioambientales. Por eso, los fabricantes de motores emplean materiales de mejor calidad para su construcción y las tolerancias entre sus componentes internos son cada vez más pequeñas, de manera que se incremente su eficiencia.

Figura 1
Motor de combustión interna



Nota: La ilustración muestra un motor de combustión de marca Caterpillar, modelo C4.4. Se visualiza la vista frontal derecha del motor. *Tomado de: C4.4 (electronic) Marine Auxiliary Engine*, por Caterpillar Inc., 2021.

2.3.1. Motor de combustión a diésel

El motor de combustión a diésel se aprovecha de la energía térmica de la batería para luego ser utilizada como energía eléctrica y accionar un motor de arranque que impulse mecánicamente el cigüeñal del motor de combustión por medio de engranajes. Una vez que el motor de combustión gira, a su vez ingresa aire y combustible atomizado a altas presiones para una completa combustión. De esta manera se obtiene la potencia requerida en el motor de combustión. Esta potencia mecánica por lo general

es aprovechada por: tomafuerzas, embragues, transmisiones y diferentes equipos que necesiten energía rotacional para su funcionamiento. Los motores marinos pueden usarse para embarcaciones de propulsión como generadores o motores auxiliares.

2.3.2. Motores marinos

Los motores de combustión de aplicación marina difieren de otras aplicaciones en que los materiales usados para su construcción son más resistentes a la corrosión producida por el ambiente salino en el que se encuentra. Adicionalmente, el sistema de enfriamiento varía dependiendo de su ubicación dentro de la embarcación; sea esta sobre cubierta o bajo cubierta. Los motores ubicados sobre cubierta pueden tener un radiador, sin embargo, los motores ubicados bajo cubierta suelen tener un sistema de enfriamiento auxiliar en el cual intercambia el calor con el agua de mar o también pueden contar con un sistema de enfriamiento por quilla.

2.4. Generadores de energía

Un generador es una máquina que se aprovecha de la energía mecánica, recibida por el motor de combustión (grupos electrógenos) y la transforma en energía eléctrica. Básicamente, se logra mediante la interacción de dos componentes: Rotor y estator principal. Los generadores trabajan bajo condiciones específicas. Entre estas se destaca el tipo de carga a la cual está sometido el generador. El tamaño del motor de combustión va a determinar la potencia en kW, mientras que el tamaño del generador por lo general determina la potencia en KVA. (Fredy López, 2018, p. 7)

2.4.1. Principios de la generación de energía

Para generar energía eléctrica se necesitan de tres factores: un conductor, campo magnético y movimiento relativo. En un generador de energía eléctrica, existe la interacción de dos componentes principales como el rotor y estator. El rotor del generador está conformado por polos norte y sur; proporcionando el campo magnético. Adicionalmente, el rotor está acoplado mediante tornillería al volante del motor de combustión; recibiendo directamente el movimiento rotacional. Al obtener movimiento relativo en el campo magnético del rotor, se produce líneas de flujo que

pasan por medio de las bobinas del estator e inducen voltaje a través de ellas. (Duffy et al., 2017, p. 372)

Figura 2
Generador de energía



Nota: La ilustración muestra un generador de energía eléctrica de marca Leroy-Somer, modelo LSA 46.3. Se visualiza el disco de acoplamiento con el motor de combustión. *Tomado de: Leroy-Somer Electric Power Generation*, por Induportals Media Publishing, 2015, revista Fabricación.

En un sistema trifásico, los bobinados del estator están separados por 120° eléctricos, de manera que al comparar las formas de onda se obtiene la misma separación entre las tres salidas. Los sistemas trifásicos tienen algunas ventajas, como son: La electricidad que se transmite tiene una eficiencia adicional del 15%, se produce un torque eléctrico positivo para los motores de arranque, las instalaciones eléctricas son menos costosas, entre otras. (Santonocito, 2019, p. 47)

2.4.2. Componentes principales de un generador

Un generador sincrónico de corriente alterna está conformado por cuatro componentes principales: Rotor, estator, excitador y un regulador de voltaje. El rotor contiene polos magnéticos con bobinas alrededor de ellos. Las bobinas intensifican el campo magnético cuando reciben energía de corriente directa, proveniente del excitador. El campo magnético gira en conjunto con el rotor y se cruza con los devanados del estator, produciendo voltaje de corriente alterna. (Christopher, 2017, p. 12)

El estator es el elemento dentro del cual se genera la energía utilizable por las cargas. Su núcleo está conformado por ranuras, dentro de las cuales se colocan los

devanados que transmiten la electricidad. El tamaño físico del núcleo del estator, ya sea el diámetro o la longitud, son parámetros que definen directamente la capacidad de salida del generador de energía eléctrica. (Amadi, 2018, p. 3)

El elemento excitador es básicamente un pequeño generador conectado directamente al rotor principal. Este componente suministra energía eléctrica de corriente continua, lo que le permite producir un campo magnético. Este campo magnético rotativo, produce un voltaje de salida en los bobinados del estator. Los sistemas de excitación se clasifican generalmente en dos tipos: Sistemas de excitación directa e indirecta. En los sistemas de excitación directa se emplean escobillas para transmitir la energía y pese a su excelente rendimiento, requiere de mantenimiento constante. Por eso, en la actualidad se utiliza sistemas de excitación indirecta, este tipo de sistemas no usa escobillas y se subdividen en: Autoexcitado, de imán permanente y de excitación interna. (Snyder, 2020, párr. 4)

El regulador de voltaje es el componente que controla la salida del generador con la finalidad de mantener el nivel de voltaje dentro de los límites prescritos, sin importar las variaciones de carga a las que esté sometido el equipo. Esto ocurre cuando varía la cantidad de corriente que recibe el excitador. La función del regulador es proporcionar un medio para la modulación de la fuerza del campo magnético del rotor principal para producir el voltaje de salida deseado. Al controlar la fuerza de este campo magnético, el nivel de voltaje que se induce en el estator principal se puede subir y bajar. (Apriani et al., 2021, p. 429)

2.4.3. Aislamiento en generadores

El sistema de aislamiento está diseñado para prevenir un flujo no deseado de energía eléctrica. Los generadores están compuestos normalmente por tres tipos de materiales: Alambre de cobre, hierro y el aislamiento. Los alambres de cobre que conforman los devanados deben estar perfectamente aislados entre sí. El aislamiento debe tener el mejor material dieléctrico posible para soportar los diferentes esfuerzos mecánicos y eléctricos al que están sometidas las máquinas de alto voltaje. Su aplicación debe ser cuidadosa debido a que, si se utiliza mucho material aislante,

disminuye el espacio para los conductores, donde dificulta la disipación de calor e impide alcanzar el máximo rendimiento del generador. (Windings, 2019, párr. 20)

2.5. Grupos electrógenos

Un grupo electrógeno es básicamente un generador de energía acoplado a un motor de combustión interna a diésel, gas natural o gas propano. Los grupos electrógenos se usan en diferentes campos de aplicación como: Hospitales, industrias, embarcaciones marítimas, etc. Normalmente, se emplean como única fuente de energía; como en el caso de zonas rurales y en las embarcaciones, o también como una fuente de energía auxiliar, en el caso de industrias y campamentos militares.

2.5.1. Organizaciones de normatividad de los grupos electrógenos

Los grupos electrógenos se clasifican en conformidad con diferentes organizaciones de normalización como la Organización de Normas Internacionales (ISO) y el Instituto de Estándares Nacionales Americanos (ANSI). La ISO es una organización fundada en el año 1947 con la finalidad de unificar internacionalmente los estándares industriales, tiene su sede en Ginebra, pero su labor se extiende a 193 países. La ISO dispone actualmente de más de 22.000 normas de estandarización para diferentes tipos de procesos o servicios. (S. López, 2018, párr. 2)

ANSI es una organización regional, es el equivalente de la ISO en los Estados Unidos y hace referencia a las mismas normas, pero con su propia codificación. ANSI promueve los estándares de los Estados Unidos a nivel internacional y es considerado como el único representante americano ante la ISO. (ANSI, 2021, párr. 1)

Desde el año 1970, bajo decreto supremo, se fundó el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). El INEN es un organismo ecuatoriano que controla, evalúa y valida productos y procesos para confirmar que cumplan con la norma o reglamentos técnicos. En el año 2017, mediante un trámite en el Servicio Nacional de Derechos Intelectuales, la Organización de Estándares Internacionales le otorgó a INEN la facultad de registrar, renovar o ejecutar cualquier trámite que se requiera para proteger e implementar la marca ISO en el Ecuador. Este acuerdo tiene una vigencia de 10 años,

después de este periodo se puede aplicar la renovación por el mismo tiempo.(INEN, 2020, párr. 1)

La labor de los organismos de normalización da lugar a que el desarrollo económico de los países crezca de manera sostenible y contribuye a la competitividad y productividad de las industrias de productos y servicios. Además, permite que la ejecución de procesos de servicio y la fabricación de productos tengan una mejora constante, ya que promueve a la solución efectiva de los diferentes problemas que se puedan presentar. (Severino, 2018, párr. 2)

2.6. Clasificación de grupos electrógenos según la norma ISO 8528

La ISO o la Organización Internacional de Normalización por sus siglas en inglés, es una organización no gubernamental que reúne a personas expertas para dar soluciones a problemáticas globales. La disposición de las normas aplicadas a nivel internacional se realiza mediante comités técnicos de la entidad. La palabra ISO viene de una palabra griega “ISOS” que significa igualdad, independientemente del país la estandarización de normas es la misma de manera que se apliquen los mismos procesos.(ISO, 2022, párr. 1)

La norma ISO 8528 es una norma que se aplica a los grupos electrógenos, es decir a los generadores de corriente alterna que son impulsados por motores de combustión interna, ya sea de encendido por compresión o por chispa. En cuanto a esta normalización se busca definir diferentes aspectos como lo son la aplicación, el funcionamiento de los equipos y las clasificaciones, así como el sistema empleado para el control. Adicionalmente esta norma es la encargada de definir los criterios para el funcionamiento de los grupos electrógenos que trabajan de manera transitoria o estable. (Amper, s. f., párr. 7)

2.7. Norma ISO 8528-1

La norma ISO 8528-1:2018 se aplica a los grupos electrógenos de CA accionados por motores alternativos de combustión interna para uso terrestre y marino. En esta sección se establecen las clasificaciones de potencia que tienen los grupos

electrógenos de acuerdo al tiempo en el cual va a operar durante una jornada, esto radica desde grupos electrógenos que funcionan solamente en condiciones de emergencia hasta grupos electrógenos de operación continua. (Welland, 2021, párr. 2)

Sin embargo, en la actualidad existen muchos fabricantes que van más allá de lo estipulado por ISO y tienen clasificaciones más completas en toda su gama de productos. La selección de estos equipos debe de ser cuidadosa y es necesario hacer un estudio previo de la demanda requerida para conocer la carga a la cual van a estar sometidos y así, no alterar su funcionamiento normal. De acuerdo a la potencia y a la carga aplicada, ISO ha definido esta clasificación como: Potencia auxiliar de emergencia, potencia principal de tiempo limitado, potencia principal de tiempo ilimitado y potencia operativa continua. Es importante entender las diferencias entre cada una de estas categorías de clasificación con el fin de proporcionar el grupo electrógeno apropiado para la aplicación específica del cliente, de acuerdo a las cargas existentes en las instalaciones. (Rojas, 2019, p. 1)

2.7.1. Potencia auxiliar de emergencia

La clasificación de potencia auxiliar es aplicable para reemplazos temporales de la fuente de energía central. En otras palabras, la potencia auxiliar se proporciona para operaciones y uso eléctrico normales en caso de que falle la corriente eléctrica normal proporcionada por la central de energía eléctrica. Se esperan horas por año limitadas de operación. La salida de potencia promedio en un grupo electrógeno no debe exceder el 70% de clasificación de potencia auxiliar, la carga es variable y en condiciones normales el equipo alcanza un tiempo de operación de 200 horas anuales; con un tiempo límite máximo de 500 horas. (Marfell, 2017, párr. 27)

2.7.2. Potencia principal por tiempo limitado

El generador de potencia nominal de tiempo limitado (LTP) aplicado según las pautas de potencia de tiempo limitado permite que un grupo electrógeno de potencia nominal se utilice en paralelo con la empresa pública encargada del servicio eléctrico. Los grupos electrógenos con clasificación Prime según las pautas de energía de tiempo limitado pueden funcionar durante un máximo de 500 horas por año. Este grupo

electrógeno tiene la misma clasificación nominal que una unidad con clasificación Prime, pero permite un factor de carga promedio de hasta el 100 por ciento. Los grupos electrógenos de potencia principal por tiempo limitado no permiten una capacidad de sobrecarga del 10 por ciento, con respecto a los datos indicados por el fabricante en la placa del equipo. (Marfell, 2017, párr. 23)

2.7.3. Potencia principal por tiempo ilimitado

Los equipos clasificados como potencia principal de tiempo ilimitado, son capaces de proporcionar energía eléctrica a una carga variable durante un número ilimitado de horas al año. Un grupo electrógeno con clasificación PRP, puede suministrar energía durante un período de tiempo, pero debe tener un factor de carga promedio no debe exceder el 70% de la clasificación Prime. Se permite una sobrecarga máxima del 10% para emergencias a una en 12 horas y que no excedan las 25 horas anuales. (Marfell, 2017, párr. 20)

2.7.4. Potencia operativa continua

La clasificación de potencia continua es aplicable para el suministro continuo de potencia sin reducción de carga. Una instalación de potencia continua se apaga sólo durante el mantenimiento y reacondicionamientos generales programados. La salida promedio de potencia radica entre el 70 al 100% de clasificación de potencia continua, sin variaciones de carga, por tiempo ilimitado. Las aplicaciones típicas de potencia continua incluyen: Carga base en una planta de energía central, estación de bombeo de aguas lluvias y carga simple impulsada por un grupo electrógeno. (Marfell, 2017, párr. 17)

2.8. Riesgos al trabajar con grupos electrógenos

Al trabajar con grupos electrógenos hay que tener en cuenta los riesgos a los cuales nos enfrentamos; dependiendo de la aplicación del equipo y de la operación. Un grupo electrógeno es básicamente un motor de combustión que impulsa el rotor principal de un generador para así producir electricidad. Estos equipos no deben trabajar en condiciones de baja carga, ya que el nivel de hollín emitido será mayor y

además se producirán fugas de aceite y combustible en el sistema de escape; conocido también como babeo. Estas anomalías podrían provocar incendios que darían como resultado en daños materiales y afectarían la integridad de los trabajadores. El cuarto de máquinas de un barco, es por lo general, un espacio confinado. Es decir, que tiene un acceso restringido, sin ventilación y la atmósfera puede llegar a ser perjudicial debido a la presencia de gases tóxicos para la salud. (Ontaneda, 2020, p. 50)

Figura 3

Acceso a un espacio confinado



Nota: La ilustración muestra el acceso a un espacio confinado de una embarcación. Se visualiza en el overol del colaborador un analizador de nivel de oxígeno. *Tomado de: Espacios cerrados o confinados*, por Ingeniero Marino, 2019.

Es vital realizar inspecciones diarias a los grupos electrógenos, ya que hay muchas energías peligrosas como lo son: Energía química, energía mecánica, energía eléctrica, etc. Para ello es importante reconocer sus fuentes y así poder aislar dichas energías al momento de realizar un mantenimiento. Además, existen herramientas que nos permiten analizar la cantidad de oxígeno en el cuarto de máquinas y así tomar las debidas precauciones. Cabe recalcar que un espacio confinado es aquel que tiene un nivel de oxígeno inferior al 19.5% de la atmósfera total y de acuerdo a este parámetro se deben adoptar procedimientos adecuados para ejercer las actividades correspondientes de forma segura.

Por lo tanto, es necesario conocer las compuertas de acceso y disponer de un equipo de seguridad idóneo que nos permita estar exentos de peligro. (Resolución 0491 de 2020 - Espacios confinados, 2020, sec. 20)

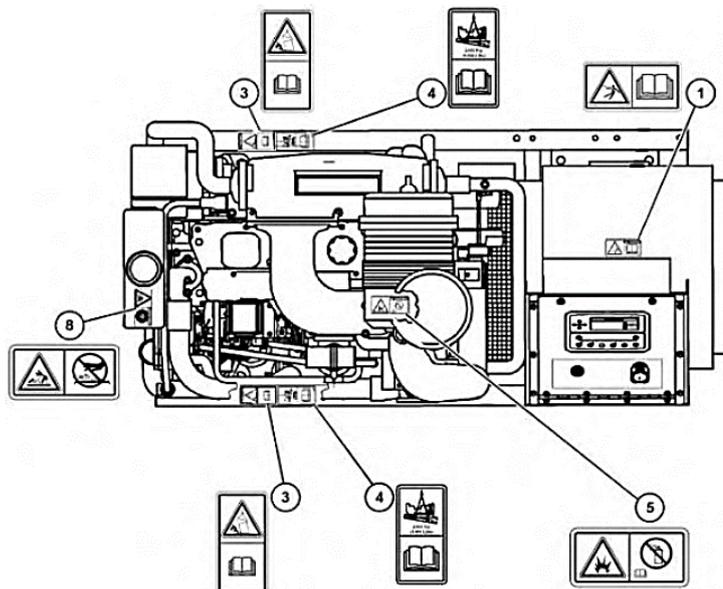
2.9. Etiquetas de advertencia

Un factor clave para poder ejecutar un trabajo en cualquier equipo es aplicar los protocolos adecuados de seguridad. Por lo general, los grupos electrógenos cuentan con calcomanías o etiquetas ubicadas estratégicamente para que la persona que da el servicio o incluso el operador esté atento y sean conscientes de los peligros a los que se exponen al acercarse a ciertas partes del equipo.

Durante las inspecciones se debe verificar que las etiquetas de advertencia estén en buen estado y reemplazarlas en caso de que sea necesario. Es importante comprender el significado de cada una de estas etiquetas para así tomar las debidas precauciones en el campo de trabajo. Como podemos ver en la Figura 4, se muestra la ubicación de las calcomanías en diferentes puntos del grupo electrógeno. (Caterpillar Inc., 2016, párr. 2)

Figura 4

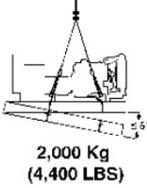
Disposición de etiquetas de advertencia en un grupo electrógeno



Nota: La figura muestra la ubicación de las calcomanías de advertencia en un grupo electrógeno. Se visualiza la vista superior del equipo. Tomado de: *Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Safety messages.

La Tabla 1 muestra los diferentes tipos de etiquetas de seguridad que poseen todos los grupos electrógenos.

Tabla 1
Etiquetas de seguridad en grupos electrógenos.

Nomenclatura	Etiqueta	Descripción
Fuego		En caso de fuego no abrir las puertas de servicio del grupo electrógeno.
Fluido bajo presión		Ubicado cerca de la tapa de presurización del sistema de enfriamiento. Riesgo de quemaduras.
Choque eléctrico		Leer cuidadosamente el manual de servicio antes de realizar trabajos en las líneas eléctricas.
Arranque automático		Si en el panel de control está activo el modo automático, el motor puede arrancar en cualquier momento.
Izaje		No usar el dispositivo adecuado para el izaje podría resultar en daños materiales e incluso la muerte.
Electrocución		No ejecutar trabajos en el equipo sin tomar las medidas necesarias.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las calcomanías de advertencia ubicadas en los grupos electrógenos. *Tomado de:* *Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Safety messages.

2.10. Mantenimiento

Los grupos electrógenos son los encargados de suministrar energía eléctrica automáticamente en caso de una interrupción de energía eléctrica inesperada. También son adecuados para aplicaciones en áreas que no están alimentadas por la red. Se debe realizar un buen mantenimiento para tener un óptimo funcionamiento de los grupos electrógenos, pero se determinan dependiendo de su uso o las recomendaciones del

fabricante. Para un mantenimiento completo es necesario proceder con los cambios de aceite y filtro; mantenimiento al motor, generador, además de realizar una limpieza periódica a las superficies externas del equipo. (Envered, 2019, párr. 3)

El mantenimiento pretende prevenir los fallos de las máquinas, además de evaluar los estados de los componentes. En caso de que haya deterioro en ellos se procede a reemplazarlos, haciendo que su eficiencia de productividad no disminuya, también permite reconocer y corregir cualquier problema que se presente. Es por ello que el mantenimiento cuenta con varios beneficios, tales como: Aumentar la fiabilidad de los equipos, extender la vida útil y disponer de instalaciones más seguras y confortables. (Martínez, 2020, p. 2)

2.11. Tipos de mantenimiento

Al mantenimiento se lo conoce como el conjunto de diversas técnicas que se han diseñado para prever cualquier tipo de falla, averías, entre otros problemas. Cada equipo tiene distintas necesidades, es por ello que existen varios tipos de mantenimientos. Entre los tipos de mantenimiento se tienen los siguientes: Mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y periódico. A continuación, se enunciarán cada uno de ellos y sus características principales, con la finalidad de diferenciarlos y conocer sus características. (Acevedo, 2018, p. 5)

2.11.1. Mantenimiento correctivo

Pertenece a la primera generación de mantenimiento, ya que su actividad principal era la reparación de averías o mal funcionamiento, es decir las fallas que presentaban los equipos. En esa época, la detención de las máquinas no tenía mucha importancia, esto se debía porque las industrias no se encontraban del todo mecanizadas. Al ejecutar este tipo de mantenimiento se planifican las paradas para realizar acciones correctivas a las máquinas o equipos para que funcionen en reducidos periodos de tiempo. Cuando hay presencia de averías las operaciones realizadas se denominan reactivas, en cambio, al tener amenazas de fallas se toman medidas más drásticas las cuales son las acciones correctivas. (Acevedo, 2018, p. 7)

2.11.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es parte de la segunda generación, la cual pretendía disminuir considerablemente los mantenimientos correctivos mediante planificaciones de rutinas para la inspección de los elementos y evaluación de su estado. De esta manera se conseguía evitar la disminución de la productividad y calidad de los servicios o productos. El mantenimiento preventivo produce una serie de planes los cuales deben ser ejecutados en fechas previamente planificadas, sus diseños son muy completos de manera que, se deben especificar todas las herramientas y materiales que son necesarios para realizar todas las actividades y tener un óptimo mantenimiento, así como también, el personal encargado para la ejecución de los procedimientos requeridos. (Acevedo, 2018, p. 8)

Al llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo se pueden evitar tiempos de inactividad inesperados, esto se da debido a que hay ciertos componentes que requieren servicio técnico cada cierta hora de operación en específico. Por eso, es importante llevar un registro adecuado de las horas de funcionamiento en la bitácora y así obtener información relevante para la planificación del mantenimiento preventivo y así efectuar las correcciones necesarias antes de que ocurra una falla, de manera que el equipo esté trabajando a su potencia nominal y sin detenciones.

El mantenimiento preventivo brinda una serie de ventajas, entre ellas está el aumento de la vida útil de los equipos y maquinarias, se obtiene ahorro energético y mejora en la eficiencia de los equipos. Adicionalmente, se disminuyen considerablemente las pérdidas económicas y de tiempo por paradas de la producción o inoperancia de equipos necesarios para la conservación de otros materiales. Cabe recalcar que el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo evita la ocurrencia de daños irreparables que podrían resultar en fallas catastróficas que pongan en peligro la vida del operador o personal a cargo del equipo. (Seguí, 2022, sec. 4)

2.11.3. Mantenimiento predictivo

Es parte de la tercera generación del mantenimiento, este tipo de mantenimiento se encarga de monitorear los parámetros operativos de los equipos o instalaciones de

ser el caso, con el fin de prevenir el margen de error al instante que falle un equipo. Este mantenimiento es beneficioso porque en la mayoría de los casos evita la paralización de las máquinas industriales. El mantenimiento predictivo pretende disminuir significativamente los costos de operación y lograr un incremento en la viabilidad de los equipos y máquinas. Es por ello, que se encarga básicamente de monitorear y evaluar los parámetros de los equipos, de forma periódica, para llevar un control sobre el funcionamiento de ellos. Por esta razón, los equipos no son detenidos, el monitoreo se encarga de evaluar las condiciones que posee cada uno de ellos al momento que se encuentran en operación. (Escaño et al., 2019, p. 172)

2.11.4. Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico es un tipo de mantenimiento preventivo y se refiere a un compendio de funciones que se desarrollan habitualmente en un periodo superior a un año, teniendo como finalidad evadir la aparición de fallos y mantener la totalidad estructural, realizando la corrección de varios problemas que se presenten. Este tipo de mantenimiento garantiza que los equipos tengan un buen funcionamiento sin la necesidad de suspender las actividades de las máquinas. Algunos ejemplos de mantenimiento periódico son el reemplazo de: Filtros del motor, bandas, fluido del sistema de lubricación. Básicamente el mantenimiento periódico se enfoca en realizar tareas específicas dentro de un cronograma y de acuerdo a los lineamientos que dicta el fabricante. (Davis, 2022, párr. 6)

2.12. Instrumentos de medición

Durante la ejecución de las actividades de mantenimiento en los grupos electrógenos, se utilizan diferentes instrumentos para comparar el valor de un parámetro medido con los valores dados por el fabricante en el manual de servicio del equipo. Estos instrumentos son necesarios durante las inspecciones diarias y los procesos de mantenimiento. Es importante que una embarcación disponga de instrumentos de medición y que el personal a cargo de las máquinas cuente con el conocimiento necesario para interpretar los resultados de los mismos. Entre los instrumentos más utilizados durante las labores de servicio en los grupos electrógenos

destacan los empleados para medir diferentes parámetros como presiones, temperaturas, niveles de voltaje, corriente y resistencia.

2.12.1. Multímetro digital

El multímetro es un instrumento que se utiliza para medir valores eléctricos como voltaje, corriente y resistencia. Su uso radica principalmente en las tareas de diagnóstico de problemas o cuando se sospecha de un mal funcionamiento de algún componente eléctrico. Es recomendable usar un multímetro digital debido a que brindan mayor confiabilidad y precisión en los datos obtenidos. La mayoría de los multímetros digitales, a diferencia de los analógicos, incluyen otras funciones que permiten diagnosticar componentes de estado sólido como diodos rectificadores, condensadores, transistores y otros componentes. En la Figura 5 podemos observar un multímetro digital en la función de medición de voltaje. (Fluke, 2020, párr. 3)

Figura 5

Uso de multímetro digital Fluke 87



Nota: La ilustración muestra el uso de un multímetro digital marca Fluke, modelo 87V. Se mide el nivel de voltaje de una batería de un grupo electrógeno; conectada a un mantenedor de carga. Es importante revisar el nivel de electrolito y la concentración de la solución con un refractómetro.

2.12.2. Pinza amperimétrica

Como se mencionó anteriormente, un multímetro digital permite medir valores de corriente. Sin embargo, para medir la corriente es necesario que se abra el circuito para que los cables del instrumento se puedan insertar en el circuito en serie. Por lo

general, no es práctico cortar el circuito porque representa un posible riesgo de electrocución, por ello, la pinza amperimétrica ofrece una solución ante esta problemática debido a que puede medir la corriente sin necesidad de cortar el circuito que se está midiendo. Este instrumento detecta el campo magnético que emite la corriente que circula por un cable para realizar la medición de la corriente.(Hioki, 2021, párr. 3)

Se deben tener ciertas precauciones al utilizar este instrumento, por ejemplo: No se lo debe dejar conectado después de usarlo porque en caso de existir un pico de corriente podría dañar el sensor, se debe evitar sujetar este instrumento a un conductor desnudo ya que por lo general están fabricados para usarse con conductores aislados y se debe verificar la aplicación de la pinza amperimétrica de acuerdo al tipo de corriente que pueden medir, sea esta CC o CA. (Hioki, 2021, párr. 13). Como podemos ver en la Figura 6, la pinza amperimétrica es muy útil al momento de la medición de amperaje en un cable energizado, ya que no es necesario desconectar nada para ubicar el instrumento de medición en serie con el circuito. Por el contrario, basta con abrir las pinzas manualmente y ubicarlas en el cable a medir.

Figura 6
Medición de amperaje con pinza amperimétrica



Nota: La ilustración muestra el uso de una pinza amperimétrica marca Fluke, modelo 376FC. Se mide la intensidad de corriente eléctrica en los cables de salida o poder de un generador correspondiente a un grupo electrógeno Caterpillar.

Estos instrumentos pueden contar con otras funciones alternativas, como por ejemplo la conexión a un teléfono móvil mediante una interfaz de bluetooth o internet,

de manera que simplemente se coloque el instrumento en posición y la medición se realice desde una distancia segura y desde el celular, permitiendo almacenar los datos obtenidos de manera digital y de forma segura.(Fluke, 2028, párr. 1)

2.12.3. Megóhmetro

Los devanados de la parte generatriz del grupo electrógeno están cubiertos por un material aislante. Es necesario evaluar la integridad dieléctrica del aislamiento para determinar cuando se necesite realizar un proceso de limpieza, secado o reparación. Por lo tanto, se recomienda disponer de un registro de las mediciones de resistencia de aislamiento para prevenir alguna anomalía o fallo que podría presentarse en el equipo.

Esta medida generalmente es realizada entre los conductores o entre un conductor y la masa del generador. Este instrumento de medida es comúnmente conocido como Megger, debido a que la lectura se expresa en megaohmios y sirve para medir la resistencia del aislamiento de cables, motores, generadores de energía eléctrica, transformadores, etc. El megóhmetro es básicamente un tipo de Óhmetro, con la diferencia de que el megóhmetro emplea voltajes más elevados para la medición de la resistencia del aislamiento. (Escaño & Nuevo, 2021, p. 155)

Figura 7

Uso del medidor de resistencia de aislamiento



Nota: La ilustración muestra el uso de un megóhmetro marca Fluke. Se mide la resistencia del aislamiento con respecto a tierra del rotor principal, registrando $0.02M\Omega$. Adicionalmente, se observa expansión y desprendimiento del barniz en las esquinas de los polos del rotor principal.

2.12.4. Pistola de temperatura infrarroja

Durante las inspecciones diarias y la ejecución de las actividades de mantenimiento es importante contar con los parámetros del equipo y registrarlos en la bitácora, entre ellos la temperatura de diferentes componentes. Los valores de temperatura durante el funcionamiento del equipo indican si algún componente está experimentando alguna anomalía que podría resultar en un fallo. Es importante monitorear los valores de temperaturas mostrados en el panel de control del grupo electrógeno. Sin embargo, el uso de los termómetros infrarrojos digitales nos ayuda a verificar que los valores mostrados por el panel sean correctos. Por ello, es necesario disponer de un equipo que cuente con una interfaz sencilla y que se adapte a las condiciones de iluminación. Como podemos ver en la Figura 7, el termómetro infrarrojo digital es útil en las tareas de registro y análisis de los parámetros del equipo. (Fluke, 2018, párr. 3)

Figura 8

Medición de temperatura con termómetro infrarrojo digital



Nota: La ilustración muestra el uso de un termómetro infrarrojo marca Fluke, modelo 568. Se mide la temperatura del conducto de aire reforzado por el turbocargador en un motor de combustión a diésel de marca Caterpillar. Se utiliza una cinta negra en el área a medir para mejorar la precisión de la lectura por motivos de la emisividad de la superficie del material. (UNI - T, 2022, sec. 8)

2.12.5. Tacómetro digital

Durante el funcionamiento de un grupo electrógeno es importante monitorear algunos parámetros como la frecuencia, amperaje y el voltaje de salida. La frecuencia

es un parámetro que depende directamente de las revoluciones del rotor principal. Por ello, como el rotor principal recibe el movimiento del motor de combustión, es necesario verificar la velocidad del motor cuando se presente una alteración de la frecuencia en el panel de control.

Por lo general, los tacómetros digitales funcionan con una batería de 9V CC. Su principio de funcionamiento radica en la emisión de una luz infrarroja que le permite detectar un cuerpo reflectante. Por ello, es necesario utilizar una cinta reflectiva en el objetivo a medir, con la finalidad de que el instrumento mida las veces que la luz se refleja en el tacómetro, por ejemplo: 1800 revoluciones por minuto. Los tacómetros digitales se fabrican de un diseño ergonómico, de manera que pueda ser utilizado con una sola mano.

Figura 9

Uso de tacómetro digital Monarch PLT200



Nota: La ilustración muestra el uso de un tacómetro digital marca Monarch, modelo PLT200. Se registra un valor de 1815 rpm, medido en el amortiguador de vibraciones del motor de combustión interna. El amortiguador de vibraciones está acoplado directamente al cigüeñal del motor.

2.12.6. Grupo de manómetros para evaluación de motor

Los motores de combustión interna están conformados por algunos sistemas, entre ellos, por ejemplo: Sistema de lubricación, de enfriamiento, de entrada, de aire y escape, de combustible y sistema eléctrico. Los sistemas que contienen fluidos, trabajan bajo ciertos parámetros ya establecidos por el fabricante y por ello es necesario corroborar que los valores de presiones de cada uno de los sistemas estén dentro de los rangos de especificación para así constatar el buen funcionamiento del

motor o recomendar la ejecución de trabajos específicos para mantener el equipo operativo. Caterpillar dispone de un grupo de manómetros para poder realizar mediciones en diferentes unidades, dependiendo del sistema que se requiera medir. Como podemos ver en la Figura 10, en el grupo de manómetros se encuentran conectadas unas mangueras plásticas que permiten la medición de las presiones de los diferentes fluidos del motor.

Figura 10

Grupo de manómetros para evaluación de motores de combustión



Nota: La ilustración muestra el uso del grupo de manómetros para evaluación de motores de combustión. Este grupo es de marca Caterpillar y permite medir diferentes parámetros como: Presión de aceite, presión del sistema de enfriamiento, presión de combustible, presión del aire reforzado, etc.

2.12.7. Micrómetros

Un micrómetro es un instrumento de medida diseñado para tomar lecturas muy precisas de diversos elementos y espacios pequeños, como tornillos, tuberías, válvulas y herramientas. Por lo general, los micrómetros son utilizados por personas que necesitan obtener mediciones extremadamente precisas y que son muy relevantes para el buen funcionamiento de componentes mecánicos. En estos casos, las mediciones que están ligeramente desviadas podrían causar problemas menores o graves. (Wiseman, 2020, párr. 2)

En el mercado existen diferentes tipos de micrómetros, ya sea por su tamaño, tipos de piezas que puedan medir, unidades de medida empleadas, etc. Sin embargo, es importante seleccionar el instrumento más adecuado para la aplicación específica.

Por ejemplo: Si el fabricante del equipo provee los valores de especificación de un componente en específico y esos datos están en unidades de medida inglesa; no sería conveniente utilizar un instrumento con resolución milimétrica, puesto que se tendría que realizar la conversión de unidad de medida.(Micrómetro online, 2020, sec. 2)

Si desea medir el grosor o el diámetro de una pieza, se necesitará un micrómetro de exteriores. Los micrómetros de exteriores ofrecen una mejor precisión para este tipo de mediciones. Su confiabilidad y duración los han convertido en una herramienta de medición estándar de la industria. Sin embargo, si se desea medir un diámetro interno o alguna superficie cuya ubicación sea de difícil acceso se puede utilizar un micrómetro de interiores.(Wiseman, 2020, sec. 2-3)

CAPÍTULO 3

INTERPRETACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DE 157 HP DE APLICACIÓN MARINA

3.1. Introducción del capítulo 3

En el presente capítulo se describe las diferentes actividades de inspección y mantenimiento que se realizan a los grupos electrógenos de aplicación marina de 157 Hp. Se da a conocer los intervalos de mantenimiento indicado en el datasheet del fabricante y se narra diferentes casos reales de fallas prematuras, presentadas al no cumplir con la ejecución de las actividades en el tiempo que indica el fabricante del equipo.

3.2. Consideraciones de mantenimiento

Para determinar los intervalos para la ejecución de las diferentes actividades indicadas en el datasheet de mantenimiento se deben tomar en cuenta las horas de funcionamiento del equipo, el consumo de combustible o el tiempo calendario. Debido a que la aplicación o uso del equipo puede ser diferente, se debe considerar lo que ocurra primero. Sin embargo, es una buena práctica acortar los intervalos de mantenimiento si las condiciones medioambientales o de operación son severas, ya que estos ambientes pueden ocasionar desgaste acelerado de los componentes y una disminución del rendimiento del equipo. (Caterpillar Inc., 2021)

3.3. Mantenimiento requerido cuando sea necesario

Dentro de un plan de mantenimiento hay ciertas actividades que se realizan sin necesidad de un indicador relevante como los que se mencionaron anteriormente. Por ejemplo, durante un procedimiento de limpieza de los tanques de combustible de una embarcación, el operador debe verificar el estado de los filtros primarios o separadores de agua y combustible, ya que si hay presencia de contaminación se deben reemplazar todos los filtros de combustible del motor. En el datasheet de mantenimiento, el

fabricante indica el tiempo de vida útil de un filtro de combustible, sin embargo, es un repuesto que se lo puede reemplazar cuando sea necesario. La Tabla 2 muestra las actividades de mantenimiento que se realizan cada vez que sea necesario, en un grupo electrógeno C4.4 de 157 Hp, de aplicación marina, marca Caterpillar. (Caterpillar Inc., 2021)

Tabla 2
Actividades de mantenimiento cuando sea requerido

EQUIPO/COMPONENTE	SERVICIO
Batería	Se recicla o reemplaza dependiendo de su estado de carga o tiempo de vida útil.
Disyuntores	Restablecer en caso de alguna falla eléctrica.
Refrigerante	Reemplazar cuando el análisis de laboratorio indique que ya ha perdido sus propiedades.
Prolongador de refrigerante	El refrigerante CAT ELC puede recuperar sus propiedades añadiéndole prolongador a la mitad de su vida útil de acuerdo a la capacidad del sistema de enfriamiento.
Habitáculo	Verificar los protectores de calor en la parte interna.
Motor	Limpiar habitualmente la superficie externa.
Filtro de aire primario	Se inspecciona, limpia o de ser el caso se reemplaza.
Filtro de aire secundario	Se reemplaza cada 3 limpiezas del filtro primario.
Sistema de combustible	Purgar el aire del sistema de combustible.
Secado del Generador	Ejecutar procedimientos de secado si se sospecha de humedad en los devanados del generador.
Grupo electrógeno	Se realizan registros de los parámetros.
Aislamiento del devanado del generador	Pruebas de megado para verificar la resistencia del aislamiento de los devanados.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que debe realizar el operador cada vez que sea necesario. *Tomado de:* Operation and Maintenance, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 2, el operador puede realizar diferentes trabajos que son parte del mantenimiento. Sin embargo, es necesario solicitar asistencia para los procedimientos que involucren diagnóstico y análisis del estado de funcionamiento del equipo, como es el caso de las pruebas funcionales y procedimientos de limpieza y secado de los devanados del generador. A continuación, se indican pautas para la ejecución de las actividades descritas anteriormente:

- La batería: Se pueden realizar inspecciones programadas para detectar la falta de electrolito alrededor de las placas de la batería, sin embargo, no es suficiente para detectar problemas en su funcionamiento integral. Existen analizadores de carga para baterías que dan una mejor percepción de los resultados para así determinar cuándo reemplazarla. En la Figura 11 se muestra la condición de una batería con un analizador de carga, marca Caterpillar.

Figura 11
Analizador de carga de baterías



Nota: La ilustración muestra el uso del analizador de carga de baterías. Esta herramienta indica “Good battery” cuando una batería está en buen estado o “Bad battery” cuando se necesita reemplazo. Para ejecutar el análisis, es necesario disponer de la capacidad de la batería en CA o CCA.

- Disyuntores: El equipo cuenta con disyuntores ubicados en las guardas del generador los cuales abren sus contactos al momento que aumenta la temperatura en el conductor a causa de un exceso de corriente y así poder brindar protección al equipo. El operador debe revisar el estado de los disyuntores en caso de existir un fallo relacionado al generador.

- Refrigerante: El líquido refrigerante del sistema de enfriamiento del motor de combustión tiene aditivos y propiedades para evitar que entre en ebullición durante la operación del motor y así proporcionar innumerables beneficios como lo son la protección contra la corrosión y la erosión por cavitación que es causante de fallos catastróficos en los motores. Es recomendable verificar que el refrigerante no haya perdido sus propiedades mediante un análisis de laboratorio, ya que así se puede determinar el estado de todo el sistema de enfriamiento.
- Prolongador de refrigerante: El refrigerante recomendado para el motor C4.4 CAT es conocido como ELC que significa Extended Life Coolant. Este refrigerante en operación conserva sus propiedades por un tiempo de 6000 horas, posteriormente se le añade un prolongador que permite que el refrigerante recupere sus propiedades por un lapso de 6000 horas más antes de su reemplazo. Es importante revisar las especificaciones del fabricante antes de añadir el prolongador, ya que la cantidad vertida al sistema de enfriamiento depende de la capacidad del sistema.
- Habitáculo: El habitáculo es la zona que ocupa el grupo electrógeno, debe inspeccionarse en busca de guardas flojas en el generador o fugas de gases y/o aceite en el motor de combustión. En el caso de los grupos electrógenos encabinados, las guardas están compuestas internamente por un material aislante que impide que el calor generado por el equipo. En la Figura 12 se observa un grupo electrógeno de aplicación marina encabinado.
- Motor: La limpieza del motor es fundamental, se puede usar un solvente con propiedades desengrasantes que inhiba la corrosión y que no sea dañino para el cableado eléctrico. No es recomendable usar fluidos a presión para la limpieza del equipo ya que podría alojarse en zonas de difícil acceso o en conectores eléctricos, causando fallas de lectura en los diferentes componentes electrónicos.

- Elemento primario de filtro de aire: El filtro de aire impide el ingreso de contaminantes y partículas abrasivas al motor. El motor de combustión tiene un indicador de restricción de filtro de aire ubicado en la caja de filtro de aire. Este indicador nos muestra cuando el filtro está restringido y se necesita una limpieza. El filtro de aire primario se puede limpiar hasta 6 veces con presión de aire de máximo 20 psi, debido a que presiones mayores, podrían ocasionar daños al papel filtrante y dar como resultado en desgaste prematuro del motor.

Figura 12

Grupo electrógeno encabinado de aplicación marina



Nota: La ilustración muestra un grupo electrógeno C4.4 de marca Caterpillar. Se hace la apertura de una guarda del encabinado con el propósito de visualizar el equipo. El encabinado es desmontable, de manera que se puedan realizar trabajos de mantenimiento o reparación.

- Elemento secundario de filtro de aire del motor: El filtro secundario sólo se desmonta al momento de ejecutar su reemplazo, ya que al manipularlo se puede atrofiar el elemento filtrante, permitiendo el ingreso de partículas al sistema de admisión del motor de combustión.
- Sistema de combustible: El sistema de combustible debe inspeccionarse cada vez que se ejecuten trabajos en el sistema, se debe verificar la limpieza de las mangueras y tuberías, así como el estado de los filtros separadores de agua para asegurarse de que el combustible que ingrese al motor esté libre de impurezas y de humedad que pueden ocasionar problemas en la combustión y otros daños en los componentes del sistema de combustible, como por ejemplo los inyectores.

- **Generador:** Es importante verificar que los devanados del generador estén secos en cada momento. Por lo general cuando ocurre un fallo en el retenedor posterior del cigüeñal del motor de combustión se presentan fugas de aceite que en caso de no corregirse a tiempo terminan deteriorando el nivel de aislamiento de los devanados al punto que puedan existir fallas catastróficas en el equipo. Adicionalmente, el operador debe monitorear la temperatura del grupo electrógeno mientras esté fuera de servicio. Los grupos electrógenos tienen instalada una faja térmica para mantener el generador a una temperatura adecuada para evitar la humedad en los devanados.
- **Grupo electrógeno:** Se deben hacer pruebas a los componentes del generador como: Regulador de voltaje, transformadores de corriente y potencial, rotor y estator, panel del equipo, etc. Se recomienda tener un histograma de la resistencia del aislamiento de los devanados del generador durante el tiempo de vida útil del equipo, ya que con un procedimiento de limpieza y secado se puede recuperar el nivel de aislamiento.

Figura 13

Componentes eléctricos y electrónicos del generador



Nota: La ilustración muestra los componentes eléctricos y electrónicos del generador. Se puede visualizar el regulador de voltaje, los cables de salida para cada una de las fases, transformadores de corriente, etc.

Durante las actividades de mantenimiento a los generadores de energía, se recomienda verificar las conexiones de cada una de las fases y etiquetarlas en caso de que se necesite desmontar. Una instalación incorrecta del conexionado del generador

puede dar como resultado en lecturas erróneas en el panel e incluso causar el colapso del regulador de voltaje, dejando el equipo inoperativo.

3.4. Mantenimiento diario

Como parte del mantenimiento diario, los operadores se encargan de inspecciones y registros de datos de las máquinas, es una actividad rápida pero crucial, ya que permite asegurar el buen funcionamiento del equipo. Las inspecciones diarias son aquellas que se realizan, por lo general, antes de poner en marcha el grupo electrógeno y se debe notificar inmediatamente en caso de encontrar alguna anomalía durante las inspecciones de rutina. La Tabla 3 muestra las diversas actividades que el operador debe ejecutar diariamente en el grupo electrógeno.

Tabla 3

Actividades de mantenimiento diario

EQUIPOS/ELEMENTOS	SERVICIO
Correas / Bandas	Inspección o ajuste y reemplazar si es necesario.
Nivel de refrigerante	El nivel de refrigerante debe estar entre las marcas “full” y “add”.
Conexiones eléctricas	Se comprueban si las conexiones se encuentran en buen estado.
Indicador de servicio del filtro de aire	Visualizar el diafragma del indicador.
Nivel de aceite del motor	El nivel de aceite debe estar en la marca “full” con el motor apagado.
Carga del generador	Se verifica que las cargas del generador estén balanceadas
Inspección general del equipo	Inspección de motor por fugas de aceite o refrigerante y tornillería floja.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que el operador debe realizar diariamente. *Tomado de: Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 3, el operador debe realizar diariamente ciertas actividades, antes de poner en marcha el grupo electrógeno. Las inspecciones diarias y direccionadas ayudan a preservar el buen funcionamiento del grupo electrógeno y a evidenciar anomalías desde sus primeros indicios. Por ejemplo: La

bomba de refrigerante del motor tiene un orificio de inspección. Este orificio debe estar permanecer seco, ya que si llega a observarse humedecimiento es debido a que se ha perdido el sellado interno de la bomba de refrigerante del motor. Si no se observa este problema con anticipación se puede obtener como resultado recalentamiento del motor, fugas de refrigerante y otros daños relacionados con el sistema de enfriamiento del motor (Caterpillar Inc., 2021). A continuación, se indican pautas para la ejecución de las actividades descritas anteriormente:

- **Correas o bandas:** En los grupos electrógenos C4.4 las correas o bandas cumplen la función de transmitir movimiento rotacional al alternador para que genere la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema eléctrico del motor y accesorios. El operador debe verificar la tensión de la banda del alternador e inspeccionar visualmente en busca de desgaste anormal. En el mercado hay herramientas para verificar la tensión de las bandas usadas en los motores de combustión. Sin embargo, por medio de la inspección visual se puede evidenciar si una banda está muy suelta o si tiene tensión excesiva.

Figura 14

Banda del alternador de un motor de combustión a diésel



Nota: La ilustración muestra la parte delantera de un motor C4.4. Se puede observar la banda del alternador instalada en el motor.

- **Nivel de refrigerante:** se revisa cada vez que el motor está apagado o frío para evitar quemaduras. La mayoría de motores de aplicación marina tienen un tanque de recuperación de refrigerante debido a que cuando el motor está en funcionamiento y a temperatura de operación, el refrigerante se expande y sale

por la válvula de alivio de la tapa del tanque de expansión del sistema de enfriamiento. El refrigerante se dirige al tanque de recuperación y cuando el motor se enfría se forma un leve vacío en el sistema de enfriamiento que succiona el refrigerante del tanque de recuperación y lo retorna al sistema.

- Conexiones eléctricas: Es una buena práctica que el operador verifique la sujeción de cada uno de los conectores que conforman el conexionado eléctrico. Adicionalmente, debido a las vibraciones causadas por la operación normal se puede presentar pérdidas en la conexión de ciertos componentes como es el caso de transformadores, fusibles, condensadores, etc.
- Indicador de servicio del filtro de aire: está instalado después del filtro de aire del motor. Un filtro de aire nuevo ofrece una restricción de máximo 15 InH₂O en la admisión de aire del motor. Sin embargo, el indicador de restricción empieza a mostrar un indicativo de filtro saturado desde que percibe una restricción de 15 InH₂O hasta 30 InH₂O. El operador debe chequear diariamente el indicador de restricción de filtro de aire y si observa que el filtro está restringido debe limpiarlo inmediatamente de acuerdo a las consideraciones que se hicieron previamente en la sección de mantenimiento cuando sea requerido. En la Figura 15 se puede observar la ubicación del indicador de filtro de aire

Figura 15

Ubicación del indicador de restricción de filtro de aire



Nota: La ilustración muestra la ubicación del indicador de restricción del filtro de aire. La base del indicador es parte de la caja de filtro de aire y está ubicado después del filtro, a la entrada del turbocompresor.

- Nivel de aceite del motor: El motor de combustión dispone de una bayoneta para verificar el nivel de aceite del motor. La bayoneta está ubicada a un lado del motor y por lo general tiene dos marcas, “full” y “add”. El operador debe verificar que el nivel de aceite del motor se mantenga en la marca full. Si el nivel de aceite es bajo daría como resultado en una disminución de la presión de aceite del motor, ocasionando desgaste prematuro del motor. Sin embargo, si el nivel de aceite está por encima de la marca full se presentarían fugas por las juntas del motor y por los retenedores del cigüeñal.
- Carga del generador: El operador debe verificar en el panel de control que la carga en cada una de las fases del generador sea equitativa para que el equipo funcione a su capacidad nominal. Los valores de corriente de las fases deben estar de acuerdo a los datos de placa del grupo electrógeno, ya que un desequilibrio eléctrico puede provocar el sobrecalentamiento del generador de energía.
- Inspección general del equipo: Las inspecciones generales son necesarias para familiarizarse con el equipo y determinar con anticipación una posible falla. Antes de poner en marcha el equipo, el operador debe verificar que no exista ninguna fuga, ya sea de refrigerante o de aceite del motor. Adicionalmente, debe comprobar el par de apriete de las abrazaderas de sistema de enfriamiento y que las líneas de combustible no presenten humedecimiento, ya sea en el cuerpo o en las juntas. El combustible puede estar ligeramente contaminado con partículas de agua y sedimentos que se asientan en el fondo del tanque durante la parada del equipo. Por ello, es indispensable que diariamente se drene el tanque de combustible hasta que se observe que el fluido esté limpio. Esta práctica asegura que el combustible que ingresa al motor sea limpio y libre de humedad. Este aspecto es muy importante debido a que el combustible tiene algunas propiedades, entre ellas está la de proporcionar lubricación a los componentes del sistema de combustible, sin embargo, el agua no es un lubricante y puede ocasionar desgaste anormal en diferentes componentes como: Bomba de levantamiento, bomba de inyección de combustible e inyectores.

3.5. Mantenimiento semanal

Como parte del mantenimiento semanal, el operador debe verificar que el grupo electrógeno esté listo para funcionar en cualquier momento a la carga nominal. Los grupos electrógenos tienen que estar a cierta temperatura para facilitar la operación. Por ejemplo: En el motor se dispone de un calentador de agua de las camisas para mantener el refrigerante a cierta temperatura, de manera que facilite la expansión térmica de los cilindros. Adicionalmente, en el generador se cuenta con un calentador o faja térmica. Las fajas térmicas mantienen los devanados libres de humedad, prolongando la vida útil del generador. La Tabla 4 muestra las diversas actividades que el operador debe ejecutar semanalmente en el grupo electrógeno. (Caterpillar Inc., 2021)

Tabla 4
Mantenimiento semanal

EQUIPOS/ELEMENTOS	SERVICIO
Arranque / Parada automática	Verificar los interruptores de control y sistemas para arranque automático.
Fajas térmicas	Verificar el funcionamiento mediante el uso de instrumentos de medición.
Temperatura del devanado del estator	Registrar la temperatura con el grupo electrógeno fuera de servicio.
Voltaje y frecuencia	Verificar los parámetros de acuerdo a los datos de placa del equipo.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que el operador debe realizar semanalmente. *Tomado de: Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 4, el operador debe realizar semanalmente ciertas actividades para preservar el buen funcionamiento del grupo electrógeno. El propósito de estas actividades es tener el grupo electrógeno listo para entrar en funcionamiento y suministrar la energía necesaria a cada una de las cargas de la embarcación. Por ello, los parámetros eléctricos y de temperaturas deben estar acorde con las especificaciones dadas por el fabricante en el datasheet del equipo. A

continuación, se indican pautas para la ejecución de las actividades descritas anteriormente.(Caterpillar Inc., 2021)

- Arranque y parada automática: Es recomendable asegurarse de que el grupo electrógeno esté listo para funcionar en caso de emergencia o cuando sea requerido. Por ello, se deben verificar que ciertos sistemas estén habilitados como es el caso del sistema de arranque, los interruptores de control y los de transferencia automática, relacionados con el grupo electrógeno.
- Fajas térmicas: Las fajas térmicas o calentadores de espacio mantienen los devanados del generador a una temperatura adecuada para evitar la concentración de humedad en el estator. La presencia de humedad en los devanados disminuye el rendimiento del generador y ocasiona daños prematuros. Por consiguiente, se debe verificar que las fajas térmicas estén operativas mientras el grupo electrógeno esté fuera de servicio, para ello es necesario contar con un instrumento para medición de la temperatura como el termómetro infrarrojo. La Figura 16 muestra la ubicación del calentador de espacio en un grupo electrógeno C4.4, marca Caterpillar.

Figura 16

Ubicación de la faja térmica de un grupo electrógeno C4.4.



Nota: La ilustración muestra la ubicación de la faja térmica en un grupo electrógeno C4.4. La faja térmica está situada en la caja de alojamiento del cojinete y para su acceso se ha realizado el desmontaje de la tapa posterior.

En caso de no detectar temperatura en las fajas térmicas se debe solicitar asistencia técnica para la evaluación correspondiente, ya que esta actividad requiere el desmontaje de cubiertas y paneles para permitir el acceso a los

terminales y cableado eléctrico. Los calentadores de espacio no tienen reparación, por lo que se recomienda reemplazarlos al detectar un problema de funcionamiento.

- Temperatura de los devanados del estator: La temperatura de operación de los devanados del estator va a depender de la clasificación del generador y de la clase de aislamiento de los devanados. El operador debe familiarizarse con los datos de placa del grupo electrógeno y verificar que los valores de temperatura estén de acuerdo a las especificaciones del grupo electrógeno.
- Voltaje y frecuencia: El operador debe verificar que los parámetros mostrados en el panel de control estén de acuerdo a los datos de placa e informar inmediatamente en caso de que se evidencie alguna anomalía con el grupo electrógeno. En la Figura 17, se observa en el panel de control los parámetros del grupo electrógeno.

Figura 17

Panel de control de grupo electrógeno C4.4



Nota: La ilustración muestra el panel de control de un grupo electrógeno C4.4. Se pueden observar los parámetros del generador como: Potencia, voltaje, amperaje, frecuencia y factor de potencia.

3.6. Mantenimiento por horas de trabajo

En el datasheet del fabricante se estipula ciertas actividades que se deben realizar de acuerdo a las horas de funcionamiento del equipo, tiempo en meses o años. Se debe realizar lo que ocurra primero, por ejemplo: Si en el datasheet de mantenimiento indica

que el nivel de electrolito de la batería se debe verificar cada 500 horas o anualmente, el mantenimiento se realizará según lo que ocurra primero ya que dependiendo de la aplicación puede darse el caso de que 500 horas se cumplan en un mes de trabajo continuo. Por lo tanto, si se mantiene esa frecuencia de operación el nivel de electrolito de la batería tendría que inspeccionarse 12 veces al año y no una vez. A continuación, se detallan las actividades de mantenimiento de acuerdo a las horas de funcionamiento del equipo.(Caterpillar Inc., 2021)

3.6.1. Cada 250 horas de servicio

En el datasheet de mantenimiento del equipo se indica que se debe realizar un análisis del refrigerante del motor cada 250 horas. Es importante consultar con el fabricante del equipo las condiciones o requerimientos que se deben considerar al momento de tomar la muestra. Adicionalmente, se debe tener un registro del tipo de refrigerante usado, debido a que ciertos refrigerantes no requieren de un análisis periódico como es el caso de los refrigerantes ELC y ELI, ambos fabricados por Caterpillar. Estos refrigerantes sólo deben ser analizados anualmente y un muestreo periódico es opcional.

3.6.2. A las 500 horas iniciales

En el datasheet de mantenimiento del equipo se indica que se debe realizar un análisis químico completo del refrigerante del motor, de manera que se verifique el estado general del sistema de enfriamiento. Los análisis del refrigerante son importantes porque se puede evidenciar anomalías en el sistema de enfriamiento como sedimentación, corrosión o acumulación de impurezas, que al no ser detectadas a tiempo podrían causar problemas en el motor, al punto de ser necesaria la reparación completa del mismo.

3.6.3. Cada 500 horas o anualmente

En este mantenimiento se debe realizar una inspección a los filtros de aire del motor y si se encuentra alguna avería en el papel filtrante se procede a reemplazarlos para evitar que ingrese contaminación al motor a través del sistema de admisión de

aire. Es importante determinar las condiciones del sitio, debido a que los intervalos se pueden acortar en caso de ser necesario, para preservar la vida útil del equipo. Si el motor está equipado con filtros de aire primario y secundario se debe limpiar solamente el filtro primario con una presión máxima de 20 psi, desde adentro hacia afuera del papel filtrante. El filtro primario sólo se puede limpiar hasta 6 veces y el filtro secundario se debe reemplazar cada 3 limpiezas del filtro primario. En la Figura 18 se observa el filtro de aire primario de un motor C4.4 Caterpillar.

Figura 18

Inspección del filtro de aire del motor



Nota: La ilustración muestra la ubicación del filtro de aire en un grupo electrógeno C4.4 Caterpillar. Se ha desmontado la tapa de la caja de filtro de aire para visualizar el filtro de aire primario. La caja de filtro de aire está ubicada detrás del motor de combustión interna, en la parte superior de la rejilla del ventilador del generador de energía.

3.6.4. Cada 2000 horas o semestralmente

El operador debe verificar que los cables de salida del estator no presenten rozamientos o daños en el material aislante. Por lo general los cables de salida tienen una funda protectora. Se debe verificar la condición del protector y del aislamiento para evitar daños en los cables de salida del generador. Inspeccionar el cableado por señales de recalentamiento y reemplazar en caso de ser necesario.

3.7. Mantenimiento anual

Como se mencionó anteriormente, a las 500 horas iniciales se realiza un análisis químico completo del refrigerante del motor. Sin embargo, es una actividad que se

debe hacer anualmente durante la vida útil del equipo. Para este mantenimiento es recomendable solicitar asistencia de personal técnico calificado, ya que se realizan pruebas eléctricas para asegurarse de que el generador esté protegido contra picos de voltaje. En la Tabla 5 se detallan las actividades que se deben realizar anualmente en el equipo. (Caterpillar Inc., 2021)

Tabla 5
Actividades de mantenimiento anual

EQUIPOS/ELEMENTOS	SERVICIO
Análisis químico del refrigerante	Análisis de refrigerante de nivel 2.
Prueba de varistor	Verificar el funcionamiento mediante el uso de instrumentos de medición.
Inspección de varistor	Registrar la temperatura con el grupo electrógeno fuera de servicio.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que se deben ejecutar en el grupo electrógeno anualmente. *Tomado de: Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

El varistor es un componente semiconductor utilizado para suprimir las sobretensiones que se pueden producir en el grupo electrógeno. Tiene una resistencia muy alta cuando está sometido a baja tensiones y su resistencia disminuye considerablemente cuando la tensión se incrementa. El varistor se emplea en los generadores de energía para proteger a los diodos rectificadores y, por lo tanto, debe ser inspeccionado por personal técnico calificado. (AEP Components, 2019, párr. 1-2)

Como parte de la inspección, el datasheet del fabricante indica que si se observa una coloración anormal o señales de temperatura se debe reemplazar el componente. Al verificar la resistencia a través del varistor con un multímetro digital, se espera medir un valor de aproximadamente 15000 ohmios cuando el componente está en buenas condiciones. Adicionalmente, en el datasheet de mantenimiento se indican

procedimientos de prueba de los varistores mediante el uso del megóhmetro. (Wong, 2021)

Figura 19

Chequeo del varistor de un grupo electrógeno



Nota: La ilustración muestra la medición de resistencia del varistor de un grupo electrógeno C4.4 Caterpillar. Esta es una de las pruebas que se le realiza a este componente semiconductor.

3.8. Mantenimiento cada 1820 galones de combustible consumidos, cada 500 horas de servicio o anualmente (lo que ocurra primero)

El operador monitorea y registra en la bitácora los parámetros principales del equipo, entre ellos, el consumo de combustible y realiza actividades que corresponden a la información dada por el fabricante en el datasheet de mantenimiento. En la Tabla 6 se describen las actividades correspondientes de acuerdo a las horas de servicio, galones de combustible consumidos o tiempo calendario.(Caterpillar Inc., 2021)

De acuerdo con lo indicado en la Tabla 6, el operador debe realizar ciertas actividades de mantenimiento para preservar el buen funcionamiento del grupo electrógeno. Para la ejecución de estas actividades se debe considerar lo que ocurra primero; dependiendo de la aplicación del grupo electrógeno. El operador debe monitorear el combustible consumido en galones, el horómetro del equipo y el tiempo calendario. Si alguno de estos parámetros cumple con el límite estipulado en el datasheet de mantenimiento se debe ejecutar las actividades correspondientes.

Tabla 6*Mantenimiento cada 1820 gal de combustible consumidos/500 horas/anualmente*

EQUIPOS/ELEMENTOS	SERVICIO
Bomba de agua auxiliar	Inspeccionar el impeller de la bomba.
Nivel de electrolito de la batería	Verificar el nivel.
Filtro de aire	Inspección, limpieza o reemplazo.
Bases del equipo	Inspección estructural.
Muestra de aceite del motor	Análisis de laboratorio.
Aceite de motor y filtro	Cambiar aceite y reemplazar filtros.
Filtros primarios de combustible	Reemplazar.
Sedimentos del tanque de combustible	Drenar.
Intercambiador de calor	Inspección visual.
Mangueras y abrazaderas	Inspección y reemplazo.
Rejilla del circuito de agua salada	Inspección y limpieza.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que se deben ejecutar en el grupo electrógeno cada 1820 gal de combustible consumidos/500 horas/anualmente. *Tomado de:* *Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

A continuación, se describe las pautas para el desarrollo de las actividades en mención. (Caterpillar Inc., 2021)

- Bomba de agua auxiliar: Los motores de combustión a diésel de aplicación marina no disponen de un radiador para disipar el calor del motor, a menos que el motor de combustión esté instalado sobre cubierta. Sin embargo, cuentan con otros sistemas para el enfriamiento como lo son: Sistemas de enfriamiento por quilla o con intercambiadores de calor, donde el refrigerante transfiere calor al agua de mar. Como parte del mantenimiento se debe desmontar la tapa de la bomba de agua de mar, ubicada en la parte posterior de la bomba. Este procedimiento permite visualizar la condición física del impeller, de manera que se puedan realizar las correcciones pertinentes o el reemplazo del componente.

Figura 20

Ubicación de la bomba de agua de mar

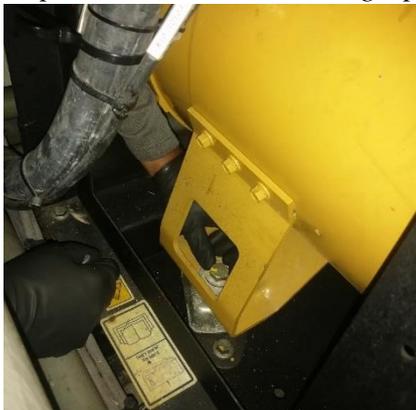


Nota: La ilustración muestra la bomba de agua de mar instalada en el motor. Se puede observar la tapa de la bomba, sujeta con 4 pernos. La bomba está construida de un material resistente a la corrosión.

- Nivel de electrolito de la batería: Este procedimiento se omite en el caso de disponer baterías de libre mantenimiento, ya que no requieren llenar las celdas con electrolito.
- Filtro de aire del motor: En las secciones anteriores se dieron las pautas para la inspección del filtro de aire del motor.
- Bases del equipo: El operador tiene que verificar el estado de las bases del equipo, ya que, si se observa alguna anomalía estructural en alguna de ellas, se deben reemplazar. Es una buena práctica comprobar el par de apriete de los pernos de sujeción de las mismas. En la figura 21 se observa una de las bases del generador durante un proceso de inspección de un grupo electrógeno.

Figura 21

Inspección de las bases del grupo electrógeno



Nota: La ilustración muestra una de las bases del grupo electrógeno. Las bases tienen pernos de sujeción que la aseguran con la estructura y un perno que se ajusta con el grupo electrógeno.

- Muestra de aceite del motor: Los análisis de laboratorio del aceite son importantes para determinar el estado interno del motor de combustión interna, ya que por medio del análisis no solo se identifican anomalías en las propiedades del aceite sino también materiales de desgaste como hierro, aluminio, etc. La proporción de estos materiales da un indicativo de desgaste normal o anormal.
- Cambio de aceite y filtro: Como parte del mantenimiento se debe reemplazar el filtro de aceite del motor y cortarlo para inspeccionar el papel filtrante por presencia de contaminación. Es recomendable que el aceite del motor esté caliente antes de drenarlo, de manera que permita salir los contaminantes que se alojan en el colector de aceite.
- Reemplazo de filtros de combustible primarios y secundarios: La entrada de contaminantes al sistema de combustible del motor puede provocar el daño de componentes críticos como la bomba de inyección y los inyectores de combustible. El reemplazo de los filtros es una actividad crítica para la prolongación de la vida útil de estos componentes. No se recomienda llenar los filtros de combustible antes de la instalación, debido a que ingresaría combustible sin filtrar al sistema.

Figura 22

Reemplazo de filtros de combustible



Nota: La ilustración muestra el reemplazo de los filtros de combustible del motor de combustión.

- **Tanque de combustible:** La calidad del combustible es vital para el buen funcionamiento del equipo y prolongar la vida útil del mismo. Durante la operación del motor, el combustible se calienta y se expande. Sin embargo, cuando este se enfría se forma agua dentro del tanque de combustible, debido a la condensación y se asienta en el fondo del mismo. Por ello, es importante drenar el tanque de combustible antes de poner en funcionamiento el motor de combustión, de manera que elimine la sedimentación y el agua.
- **Intercambiador de calor:** El operador debe estar familiarizado con los parámetros normales de equipo, entre ellos la temperatura. Si se observa un aumento en la temperatura normal del motor es un indicativo de que existe deficiencia en el sistema de enfriamiento. El intercambiador de calor es el componente encargado de permitir la transferencia de calor del refrigerante con el agua de mar y se lo debe inspeccionar, limpiar y hacerle las pruebas necesarias para evitar que colapse, lo que provocaría el paso de fluido de un sistema a otro. Se debe solicitar asistencia para ejecutar el mantenimiento a los componentes del sistema de enfriamiento. En la Figura 23 se observa el intercambiador de calor de un grupo electrógeno C4.4 Caterpillar.

Figura 23

Ubicación del intercambiador de calor



Nota: La ilustración muestra la ubicación del intercambiador de calor de tipo tubular. Las tuberías conectadas en la parte superior son del circuito de refrigerante del motor y las que están ubicadas a un costado, corresponden al sistema de agua de mar.

- **Mangueras y abrazaderas:** Verificar la condición de mangueras y abrazaderas del sistema de enfriamiento y reemplazar en caso de observar alguna anomalía. El ambiente salino corroe las abrazaderas, lo que provoca la pérdida de ajuste

de las mismas. Adicionalmente, se debe revisar si las mangueras han perdido su flexibilidad. Si se observa señales de recalentamiento se debe ejecutar su reemplazo.

- Filtro de agua de mar: Los motores turboalimentados tienen un filtro de agua de mar para proteger el posenfriador, ya que es el primer componente por el cual fluye agua salada. Cuando la embarcación está anclada en aguas poco profundas, el sistema de agua de mar se contamina con restos de algas y partículas que si no se eliminan podrían causar el colapso del posenfriador del aire de admisión lo que permitiría el ingreso de agua salada a los cilindros. El ingreso de agua salada a los cilindros puede causar el deterioro prematuro del motor e incluso una falla catastrófica en el mismo, ya que al no ser compresible ocasionaría una traba hidráulica, dejando el equipo inoperativo. Es recomendable que el operador limpie constantemente el filtro de agua de mar para prolongar la vida útil del motor. Adicionalmente, el sistema de agua de mar debe purgarse correctamente antes de poner en marcha el equipo.

3.9. Mantenimiento cada 3650 galones de combustible consumidos, cada 1000 horas de servicio o anualmente (lo que ocurra primero)

- Calibración de válvulas: Se debe solicitar asistencia por personal técnico calificado para ejecutar la comprobación o ajuste de la holgura de las válvulas de admisión y escape del motor. La calibración de válvulas permite el buen sellado de los cilindros y compensa el desgaste normal, manteniendo las tolerancias dentro de lo recomendado por el fabricante. Cuando el motor está nuevo o recién reparado, entra a un periodo de asentamiento del mecanismo de válvulas y los componentes internos. Por lo tanto, se debe hacer una calibración en conjunto con el primer cambio de aceite del motor, de acuerdo al datasheet de mantenimiento del fabricante. En la Figura 24 se puede observar el mecanismo de válvulas de un motor C4.4 de aplicación marina, marca Caterpillar.

Figura 24

Mecanismo de válvulas de un motor C4.4 Caterpillar



Nota: La ilustración muestra la vista superior de un motor C4.4. Se ha desmontado la tapa del mecanismo de válvulas para verificar las holguras de las válvulas de admisión y escape del motor. Se debe reemplazar el empaque de la tapa cada vez que se desmonte para evitar fugas de aceite en el motor.

3.10. Mantenimiento cada 3750 galones de combustible consumidos o cada 500 horas de servicio (lo que ocurra primero)

Como parte de este mantenimiento se debe verificar el estado funcional del cargador de baterías, monitoreando los valores de voltaje y amperaje que muestra el cargador. Si el equipo cuenta con un alternador, el operador debe verificar que una vez que arranque el motor se deje de suministrar energía desde el cargador a las baterías, caso contrario, se recomienda solicitar asistencia técnica de manera inmediata.

3.11. Mantenimiento cada 7290 galones de combustible consumidos, cada 2000 horas de servicio o cada 2 años (lo que ocurra primero)

En este mantenimiento se verifica el estado de funcionamiento de los componentes críticos del motor y del generador de energía. En la Tabla 7 se describen cada una de las actividades correspondientes al mantenimiento en mención.

Tabla 7*Mantenimiento cada 7290 gal de combustible / 2000 horas de servicio / 2 años*

EQUIPOS/ELEMENTOS	SERVICIO
Núcleo del posenfriador de aire	Inspección, limpieza y prueba.
Alternador	Inspección.
Termostato	Reemplazo.
Generador	Inspección.
Vibraciones en el Grupo electrógeno	Pruebas y registro de data.
Diodos rectificadores	Inspección y prueba.
Motor de arranque	Inspección.
Turbocompresor	Inspección.
Bomba de refrigerante del motor	Inspección.

Nota: Esta tabla muestra la descripción de las actividades de mantenimiento que se deben ejecutar en el grupo electrógeno cada 7290 gal de combustible consumidos/2000 horas/cada 2 años. *Tomado de: Operation and Maintenance*, por Caterpillar Inc., 2022, Maintenance Interval Schedule.

Se recomienda que estas actividades sean ejecutadas por personal técnico calificado, ya que se requieren herramientas especiales de diagnóstico y criterios técnicos para la reusabilidad de componentes, de acuerdo a los lineamientos del fabricante. A continuación, se explican las actividades mencionadas en la Tabla 7.

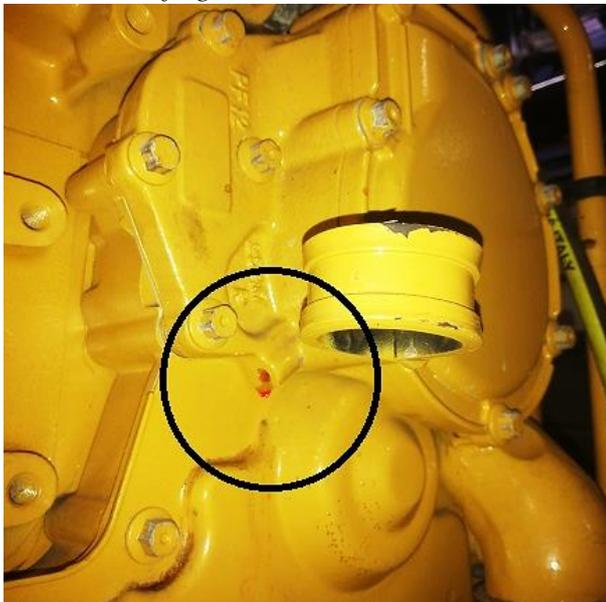
- Núcleo del posenfriador de aire: El núcleo del posenfriador de aire debe estar completamente limpio y libre de obstrucciones para enfriar correctamente el aire de admisión del motor, al disminuir la temperatura del aire, aumenta su densidad, permitiendo el ingreso de mayor cantidad de aire para una mejor combustión.
- Alternador: El operador debe verificar si hay conexiones flojas en el alternador. Además, se recomienda registrar los parámetros eléctricos durante el funcionamiento como voltaje y amperaje.

- **Termostato:** El termostato es el componente encargado de controlar la temperatura mínima del motor de combustión interna durante su funcionamiento. El termostato permite que el motor alcance la temperatura de operación, recirculando el refrigerante dentro del sistema y una vez que alcanza su especificación de apertura, abre paso hacia el medio de transferencia de calor, ya sea por quilla, intercambiador de calor, etc.
- **Generador:** Se recomienda solicitar asistencia por parte de personal técnico calificado, ya que durante este mantenimiento se debe desmontar la parte eléctrica y medir el nivel de aislamiento de los devanados del generador, de manera que se disponga de un histograma de la condición de los devanados durante el tiempo de vida útil del grupo electrógeno. Dependiendo de la aplicación, los generadores se pueden contaminar de suciedad, polvo, sal, aceite u hollín. La humedad también es un factor perjudicial para el buen funcionamiento del generador. La persona encargada de ejecutar este mantenimiento debe verificar estas condiciones para elegir un solvente apropiado para la limpieza del generador. Estos procedimientos deben estar de acuerdo a las recomendaciones dadas por el fabricante del equipo.
- **Pruebas de vibración:** Las vibraciones excesivas pueden causar serios problemas con el grupo electrógeno. Cuando se sospeche de vibraciones se debe solicitar un análisis de vibraciones para determinar la posible causa raíz que esté provocando el problema. Las vibraciones pueden ser causadas por problemas mecánicos, eléctricos, de montaje o de alineación. Por ello, es importante reportar estas anomalías lo antes posible para ejecutar las correcciones pertinentes.
- **Diodos rectificadores:** En el datasheet de pruebas y ajustes del fabricante se disponen de los procedimientos requeridos para verificar el buen funcionamiento del componente.
- **Motor de arranque:** El operador debe inspeccionar el motor de arranque. Los terminales eléctricos deben estar libres de corrosión. Si se encuentra alguna anomalía, se recomienda lijar los terminales y aplicar grasa dieléctrica para prevenir la corrosión.
- **Turbocargador:** El turbocargador es el componente encargado de producir el aire reforzado para la combustión completa del motor. El operador debe

verificar si las aspas se encuentran sin golpes, rayaduras o cortes. Sin embargo, como parte del mantenimiento, se necesitan instrumentos de medición para comprobar el eje del turbocompresor.

- Bomba de refrigerante del motor: La bomba de refrigerante tiene un orificio de inspección que permite determinar cuando se requiera el reemplazo del componente. La bomba de refrigerante está instalada en la parte delantera izquierda del motor de combustión. Si se observa fuga de refrigerante por el orificio de inspección se debe realizar las correcciones pertinentes. Para el reemplazo de la bomba de refrigerante del motor se recomienda tener el motor a temperatura ambiente y drenar el refrigerante en un reservorio limpio, de manera que se pueda recuperar. Posteriormente, se procede a desmontar los pernos de sujeción para el reemplazo del componente. No se recomienda reutilizar sellos ni empaquetaduras al dar servicio a los componentes del motor, ya que se pierde la estanqueidad de los mismos, lo que ocasionaría fugas de aceite o de refrigerante. En la Figura 25 se observa la bomba de refrigerante de un motor de combustión a diésel, modelo C4.4 de marca Caterpillar.

Figura 25
Bomba de refrigerante del motor



Nota: La ilustración muestra la ubicación de la bomba de refrigerante del motor de combustión. Se puede observar que hay fuga de refrigerante por el orificio de inspección. Esto es un indicativo de que se ha perdido el sellado interno, por lo que se debe reemplazar el componente.

3.12. Mantenimiento cada 43750 galones de combustible consumidos o cada 12000 horas de servicio (lo que ocurra primero)

Para preservar la vida útil del grupo electrógeno se recomienda hacer un análisis completo de los parámetros del equipo, por parte de personal técnico calificado, ya que con estos resultados se podrán emitir las recomendaciones pertinentes para mantener el equipo operativo. Sin embargo, en el datasheet de mantenimiento, el fabricante recomienda considerar el overhaul del motor. Durante un overhaul, se desarma el motor completamente y se hace una inspección de los componentes del mismo. Estos componentes se someten a un proceso de medición y análisis de los patrones de desgaste. El fabricante recomienda el reemplazo de algunos componentes, mientras que otros se pueden reutilizar después de un proceso de limpieza y reacondicionamiento; siempre y cuando cumplan con los lineamientos de reusabilidad de partes. (Caterpillar Inc., 2021)

3.13. Caso de estudio por realizar un mantenimiento incorrecto.

El presente caso de estudio corresponde a un problema que se presentó en un generador de energía instalado en un barco de expedición en las Islas Galápagos. El equipo en mención tiene un motor de combustión a diésel de 6 cilindros en línea, modelo C9 de marca Caterpillar. El operador solicitó asistencia técnica y reportó que había escuchado un sonido mecánico proveniente del motor de combustión interna y que el equipo se había apagado de manera inesperada. En la figura 26 se muestra la vista lateral derecha del grupo electrógeno.

Durante la visita técnica se revisaron los niveles de los fluidos del motor y se realizó una inspección visual a nivel externo. Adicionalmente, se desmontó la tapa del mecanismo de válvulas para verificar el estado de los componentes que conforman el tren de válvulas. Entre estos componentes tenemos: Grupos de balancines, puentes de válvulas, varillas de empuje, resortes, rotadores de válvulas, etc. Al visualizar estos componentes se evidencia que las varillas de empuje del cilindro #4 presentan daños estructurales. La varilla de empuje correspondiente a las válvulas de admisión se

encontró doblada, mientras que la varilla de empuje correspondiente a las válvulas de escape presentaba una fractura cerca de la zona central.

Figura 26
Grupo electrógeno C9 Caterpillar



Nota: La ilustración muestra el grupo electrógeno cubierto en el presente caso de estudio. El equipo está instalado en un barco de expedición.

Como parte de la inspección se puso en tiempo el motor de combustión para revisar la holgura de válvulas de admisión y escape, correspondientes a los cilindros restantes y se evidenció que en 3 cilindros las holguras de válvulas estaban fuera de los rangos permitidos para el motor en mención. Posteriormente, el operador indicó que 8 horas antes de la falla se había ajustado la holgura de las válvulas de admisión y escape del motor, como parte del mantenimiento, de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante en el datasheet. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos durante el chequeo de válvulas, se determinó que se había realizado un procedimiento incorrecto. Un daño de esta magnitud requiere una serie de verificaciones para poder habilitar el equipo. Entre ellas, la condición del aceite, ya que la fractura del componente pudo haber generado partículas abrasivas que causarían rayaduras y desgaste prematuro en el motor. Por ello, se realizó el desmontaje del colector de aceite del motor con el propósito de limpieza e inspección. En la Figura 27 se muestran las varillas de empuje del motor en mención.

Falla en varillas de empuje debido a una calibración incorrecta

Nota: La ilustración muestra 12 válvulas de empuje de un motor C9 de aplicación marina. Las varillas correspondientes al cilindro 4 presentan daño estructural como resultado de una calibración de válvulas incorrecta.

Adicionalmente, se tomó una muestra de aceite para ser sometida a análisis de laboratorio, se reemplazaron los filtros de aceite y se verificó el estado de las válvulas de alivio del sistema de lubricación, sin encontrar novedades. Siguiendo el flujo de potencia, el cigüeñal del motor transmite el movimiento a la barra de levas por medio de engranajes. La barra, a su vez, impulsa a las varillas de empuje por medio de los elevadores de varillas. Las varillas de empuje accionan mecánicamente los balancines, los cuales transmiten el movimiento para la apertura de las válvulas de admisión y escape.

Se realizó la inspección de las partes periféricas del motor y se procedió al desmontaje de algunos componentes para inspección técnica, entre estos componentes está el cabezote y la barra de levas. Al desmontar el cabezote se evidenció otro problema, la superficie interior de las camisas de los cilindros tenían manchas de agua e indicios de corrosión. Este motor tiene un sistema de enfriamiento por agua de mar, el agua salada fluye a través del posenfriador del aire de admisión para enfriarlo, si no se realiza el mantenimiento adecuado se puede producir el colapso del posenfriador lo que provoca el paso de agua salada a los cilindros. En la Figura 28 se evidencia el daño en la camisa del cilindro #2.

Figura 28

Señales de corrosión en camisas del motor



Nota: La ilustración muestra manchas de agua y señales de corrosión en la camisa del cilindro #2. Este daño se debe al ingreso de agua de mar proveniente del posenfriador del aire de admisión.

De acuerdo a las guías de reusabilidad de componentes que dispone el fabricante del equipo, si se presentan señales de corrosión o manchas de agua en la superficie interna de las camisas, estas se deben reemplazar y para lo cual se necesita realizar el desarmado del motor. Durante la inspección técnica se evidenció que no se le había dado el debido mantenimiento al posenfriador de aire de admisión y que los ajustes de holguras de válvulas del motor no se habían realizado por un técnico calificado, provocando el fallo en el motor y dejando el grupo electrógeno fuera de servicio.

Los grupos electrógenos de aplicación marina, al emplear sistemas en los que hay la intervención de agua de mar como medio de enfriamiento, son más propensos a sufrir un fallo o desgaste prematuro si no se realizan las actividades que indica el fabricante en el datasheet de mantenimiento. Los motores marinos tienen medios de protección para evitar que el agua salada deteriore los componentes. Entre estos medios de protección destacan los ánodos de zinc y los cables de aterrizaje. Los ánodos de zinc están diseñados para deteriorarse, de manera que el agua de mar no cause daños en los componentes del motor.

Los ánodos deben inspeccionarse cada 50 horas y reemplazarlos en caso de encontrarse con poco material de desgaste. Los cables de aterrizaje protegen el sistema

de enfriamiento por agua de mar de la corrosión galvánica existente a causa de la sal y derivan cualquier energía a tierra. Por lo tanto, se debe verificar que no presenten sulfato ni corrosión y reemplazar en caso de encontrar un desperfecto.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El presente trabajo se enfocó en explicar la importancia de realizar todas las actividades de mantenimiento preventivo que corresponden a los grupos electrógenos de aplicación marina, interpretando el datasheet de mantenimiento de un grupo electrógeno C4.4 Caterpillar de 157 Hp, instalado en un barco de expedición. Se describen los componentes principales que conforman los grupos electrógenos y se detallan los instrumentos de medición necesarios para el registro de parámetros mecánicos y eléctricos del equipo como: Temperatura, presiones de fluidos, restricciones en el sistema, revoluciones, voltaje, amperaje, frecuencia, etc.

Se emplearon los recursos que proporciona el fabricante para proporcionar una guía que indique las acciones que se deben considerar durante el mantenimiento de cada uno de los componentes del equipo, de manera que se asegure su buen funcionamiento durante el tiempo de vida útil. Los grupos electrógenos de aplicación marina poseen componentes por los que fluye el agua salada para propósitos de enfriamiento; estos componentes están protegidos por ánodos de zinc que evitan la corrosión galvánica.

Los grupos electrógenos de aplicación marina, instalados barcos de expedición suelen cumplir con los requerimientos de la clasificación de potencia continua, lo que indica que están trabajando de manera constante a más del 70% de carga y por lo cual es imperativo llevar a cabalidad el plan de mantenimiento preventivo. Por ello, se han descrito los procedimientos para la ejecución de las actividades que corresponden al mantenimiento, de manera que el operador esté en la capacidad de realizarlas de una manera eficaz y con criterio técnico. Adicionalmente, se indican las actividades que involucran procedimientos de desarmado complejos y procesos de diagnóstico, que se deben ejecutar por parte de personal técnico calificado.

4.2. Recomendaciones

En el caso de requerir un grupo electrógeno se debe considerar los cálculos de la demanda requerida de la embarcación para asegurarse de que el equipo instalado cumpla con los requerimientos de potencia eléctrica durante cualquier condición que se pueda presentar en la embarcación. Si un grupo electrógeno trabaja por debajo de la clasificación de potencia para la que está diseñado se produce desgaste prematuro, debido a que los motores diésel están diseñados para trabajar por encima del 70% de la carga nominal. Esto permite alcanzar una temperatura óptima que promueva la expansión térmica de sus componentes internos, mejorando el sellado de la cámara de combustión

Es recomendable que el maquinista encargado tenga conocimientos básicos de mecánica y electricidad para que esté familiarizado con el funcionamiento del equipo y pueda realizar las actividades que le corresponden de acuerdo al datasheet de mantenimiento, siguiendo un proceso lógico, de manera que pueda evidenciar anomalías con anticipación e informar a las partes correspondientes para tomar acciones y evitar las paradas del equipo.

Se sugiere que la persona encargada del equipo ejecute diariamente las inspecciones generales de acuerdo al datasheet de mantenimiento que dispone el fabricante del equipo. Adicionalmente, es indispensable revisar mínimo cada 50 horas de operación todos los ánodos de zinc que posea el sistema de enfriamiento por agua salada ya que así se evitarían daños internos en los componentes que interactúan con este sistema y se prolongaría la vida útil del motor.

Bibliografía

- Acebes, S. S. (2017). El motor de combustión interna. (Javier Ablanque). Editex.
https://books.google.com.ec/books?id=XVwpDwAAQBAJ&dq=motor+de+combusti%C3%B3n+interna&source=gb_s_navlinks_s
- Acevedo, M. (2018). Fundamentación y propuesta de cambios a la gestión del mantenimiento a la maquinaria agrícola en Cuba.
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10863/Tesis%20MsC%20ManuelAcevedoDarias2018%2C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AEP Components. (2019). Varistors [Informative]. AEP.
<https://www.aepint.nl/components/products/varistors/>
- Amadi, H. N. (2018). Humidity effects and mitigation on generators in the coastal areas of Nigeria. 7, 13.
- Amper. (s. f.). Soluciones y Aplicaciones para Grupos Electrónicos. [Informativa]. Amper Ecuador. Recuperado 8 de enero de 2022, de <https://amper-ecuador.com/soluciones/soluciones-y-aplicaciones-para-grupos-electronicos/>
- ANSI. (2021). ANSI's Roles. [Informativa]. American National Standards Institute - ANSI. <https://ansi.org/about/roles>
- Apriani, Y., Saleh, Z., Suppermen, S., & Sofian, I. M. (2021). Automatic Voltage Regulator as a Voltage Control in 1 Phase Axial Generator System. Journal of Robotics and Control (JRC), 2(5), 434. <https://doi.org/10.18196/jrc.25118>
- Bocanegra, C., & Zubiate, C. (2018). Rango De Potencia Y Tipos De Fallas En Grupos Electrónicos Instalados En Operaciones Industriales. [Universidad Privada del Norte].
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14671/Tesis%20Bocanegra_%20Zubiate%20_Ing_in.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Caterpillar Inc. (2016). *Operation and Maintenance Manual*. (i06787419). Caterpillar Confidential Green; (SEBU7919-12). <https://sis2.cat.com/#/service-detail?serialNumber=s1m&ieSystemControlNumber=i06787419&mediaNumber=SEBU7919>

Caterpillar Inc. (2021). *Grupos electrógenos diésel Caterpillar*. [Generación de potencia eléctrica]. https://www.cat.com/es_US/products/new/power-systems/electric-power/diesel-generator-sets.html.
https://www.cat.com/es_US/products/new/power-systems/electric-power/diesel-generator-sets.html

Caterpillar Inc. (2021). *Maintenance Interval Schedule* (SEBU7919). SEBU7919.

Davis, J. (2022, enero). *What is Periodic Maintenance?* [Informative]. HippoCMMS. <https://hippocmms.io/officecorp.com/blog/periodic-maintenance>

Duffy, O. C., Wright, G., & Heard, S. A. (2017). *Fundamentals of Mobile Heavy Equipment*. (illustrated ed., Vol. 1). Jones & Bartlett Learning. https://books.google.com.ec/books?id=ILs4DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Enverd. (2019, mayo 9). ¿Qué es necesario para el mantenimiento de los grupos electrógenos? *Blog de Generadores Eléctricos*. <https://generadoreselectricos.org/blog/mantenimiento-grupos-electrogenos/>

Escaño, J., & Nuevo, A. (2021). *Sistemas eléctricos y electrónicos*. (Paraninfo, Vol. 1). Editorial Paraninfo. https://books.google.com.ec/books?id=DnE-EAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Sistemas+el%C3%A9ctricos+y+electr%C3%B3nicos+Por+ESCA%20GONZ%20LEZ,+JUAN+MANUEL,&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Sistemas%20el%C3%A9ctricos%20y%20electr%C3%B3nicos%20Por%20ESCA%20GONZ%20LEZ%20JUAN%20MANUEL%2C&f=false

- Escaño, J., Nuevo, A., & García, J. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Fluke. (2018). *IR Temp Gun Fluke 568 Non-Contact & Contact Thermometer*. [Ventas]. <https://www.fluke.com/en-us/product/temperature-measurement/ir-thermometers/fluke-568>
- Fluke. (2020). *What is a Digital Multimeter?* [Informative]. Fluke. <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/electrical/what-is-a-digital-multimeter>
- Fluke. (2028). *Pinza amperimétrica Fluke 376 FC CA/CC con iFlex*. [Comercial]. Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz. <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-376-fc>
- Garay Ramírez, C. (2017). *Diagnóstico y mantenimiento integral del generador eléctrico magnaplus de 30kva ubicado en facultad técnica para el desarrollo*. [Técnico, Universidad Católica De Santiago De Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9092/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-123.pdf>
- Hioki. (2021). *How to Use Clamp Meters*. [Informative]. How to Use Test Tools. <https://www.hioki.com/global/learning/how-to/u-clamp-meters.html>
- INEN. (2020). 50 años promoviendo la calidad en el país. [Informativa]. *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-50-anos-promoviendo-la-calidad-en-el-pais/>
- ISO. (2022). *ISO - About us*. [Informativa]. ISO. <https://www.iso.org/about-us.html>
- López, Fredy. (2018). *Análisis de vibraciones para la detección y diagnóstico de fallas en el generador de inducción doblemente alimentado (GIDA) para el diseño de aerogeneradores de velocidad variable*. [Investigativo].

http://www.unistmo.edu.mx/bibliotecas/tesis_posgrado/2016-2018/Tesis_MCEE_Fredy_L%C3%B3pez.pdf

López, S. (2018, abril 9). Normas ISO: Beneficios para tu empresa. [Informativa]. *SPG CERTIFICACIÓN / Certificado ISO 9001*.
<https://www.certificadoiso9001.com/que-es-iso/>

Marfell, R. (2017). *Demystifying Generator Set Ratings*. [Informativa].
https://www.cat.com/en_US/by-Industry/Electric-Power/Articles/White-Papers/Demystifying-Generator-Set-Ratings.Html
https://www.cat.com/en_US/by-industry/electric-power/Articles/White-papers/demystifying-generator-set-ratings.html

Martínez, B. T. (2020). *Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado*. Reverte.
https://books.google.com.ec/books?id=jpUJEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Micrómetro online. (2020). *Guía fácil 2022: Los tipos de micrómetros*. [Informativa].
MICROMETRO.ONLINE. <https://micrometro.online/tipos-de-micrometro/>

Resolución 0491 de 2020—Espacios confinados., 0491-2020 0491 48 (2020).
<https://safetya.co/normatividad/resolucion-0491-de-2020/>

Ontaneda, M. (2020). *Desarrollo de un manual de procedimientos para prácticas de trabajos en espacios confinados*. [Investigativo, SEK].
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3680/1/TESIS%20MEL%20Espacios%20Confinados%20final%201.pdf>

Pereyra, L. E. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
https://books.google.com.ec/books?id=x9s6EAAAQBAJ&p=PA7&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

- Rojas, G. (2019). Guía para la comprensión de las clasificaciones de los grupos electrógenos. 29, 7. <https://es.scribd.com/document/511664985/Boletin-Tecnico-29-Guia-Para-Comprension-de-Clasificaciones-de-Grupos-Electrogenos>
- Santonocito, F. (2019). *Model-Based Design of a Control Algorithm for a Powertrain*. [Final Project Work, POLITECNICO DI TORINO]. <https://webthesis.biblio.polito.it/13158/1/tesi.pdf>
- Seguí, P. (2022, enero 17). *Mantenimiento de instalaciones: Gestión preventiva y seguridad*. [Informativa]. OVACEN. <https://ovacen.com/seguridad-mantenimiento-instalaciones-industriales/>
- Severino, J. (2018, julio 6). Certificaciones abren las puertas a los mercados más exigentes. *Periódico elDinero*. <https://eldinero.com.do/62917/certificaciones-abren-las-puertas-a-los-mercados-mas-exigentes/>
- Snyder, B. (2020, abril 4). *Excitation Selections*. [Comercial]. Electric Power. https://www.cat.com/en_US/by-industry/electric-power/Articles/White-papers/excitation-selections.html
- Surtrek. (2021). *Yate Origin Vessel, Crucero de Lujo en Galápagos & Tours por las Islas Galápagos*. [Comercial]. Origin Vessel. <https://www.surtrek.com/es/galapagos-tours/barcos-lujo/origin-motor-vesse/>
- UNI - T. (2022). *Manual de usuario del termómetro infrarrojo UNI-T UT301A*. Manuals+. <https://manuals.plus/es/unidad/ut301a-term%C3%B3metro-infrarrojo-manual>
- Vásquez, W. (2020). *Metodología de la Investigación*. Universidad de San Martín de Porres. <https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2020-I/MANUALES/II%20CICLO/METODOLOGIA%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

Welland. (2021). *What is ISO 8528-1? How does it apply to generating sets?* [Informative]. Welland Power. <https://support.wellandpower.net/hc/en-us/articles/360017166938-What-is-ISO-8528-1-How-does-it-apply-to-generating-sets->

Windings. (2019). *Slot Fill and Design for Manufacturability*. [Educativa]. Engineered Electromagnetic Solutions for Critical Applications. <https://www.windings.com/technical-reference/slot-fill-and-design-for-manufacturability/>

Wiseman, P. (2020). *What Is A Micrometer?* [Informative]. Alliance Calibration. <https://www.alliancecalibration.com/blog/what-is-a-micrometer>

Wong, H. (2021, mayo 9). *How to test varistor*. https://www.youtube.com/watch?v=geacKO_DArU



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Pinza Noriega, George Anthony con C.C: # 0924391568 autor del trabajo de titulación: Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores diésel, previo a la obtención del título de Ingeniería 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

Nombre: Pinza Noriega, George Anthony

C.C: 0924391568

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores diésel		
AUTOR(ES)	Tnlgo. Pinza Noriega, George Anthony		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar, Mgs.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	67
ÁREAS TEMÁTICAS:	Generación de Energía, Normatividad, Mantenimiento		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Mantenimiento Preventivo, Barco de Expedición, Energía Eléctrica, Confort, Huéspedes a Bordo		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El presente trabajo de titulación propone el diseño de una guía para el mantenimiento preventivo de grupos electrógenos impulsados por motores diésel, la embarcación es de construcción artesanal, utilizada para viajes de recreo y expedición. Este proyecto está enfocado en dar a conocer la correcta interpretación de la hoja de datos de mantenimiento que proporciona el fabricante, así como el alcance por parte del operador con respecto a las actividades que se deben realizar para la ejecución del mantenimiento preventivo. La finalidad de esta guía es proveer al operador del equipo conocimientos técnicos básicos acerca de motores de combustión a diésel y generadores de energía, así como la importancia del mantenimiento preventivo para tener los equipos operativos y de esta forma prolongar su vida útil, dentro del tiempo recomendado por el fabricante, y así suministrar energía eléctrica estable que promueva el confort en la embarcación y de los huéspedes a bordo.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/RES:	Teléfono: +593-967062901	Email: tonypinza@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Palacios Melendez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593 96 274 5157		
	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):			