

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A GAS DE LA EMPRESA
SOENERGY INTERNATIONAL COLOMBIA S.A.S

JAVIER EDUARDO FERNÁNDEZ LAGUNA

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

2020

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A GAS DE LA EMPRESA
SOENERGY INTERNATIONAL COLOMBIA S.A.S

JAVIER EDUARDO FERNÁNDEZ LAGUNA

Monografía de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento

Director. Arquímedes Barrios Novoa
Magister en Ingeniería

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

2020

DEDICATORIA

*A mi esposa y señora madre;
quienes estuvieron siempre a mí lado
apoyándome en los momentos difíciles.*

Javier Fernández

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto con total satisfacción.

Al ingeniero Arquímedes Barrios director del proyecto por su acompañamiento en el desarrollo de este proyecto.

A la empresa SoEnergy International Colombia S.A.S por brindarme los espacios y recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

A todos los profesores y personal administrativo de la Universidad Industrial de Santander por su acompañamiento y apoyo durante mi proceso de formación.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. CONTEXTUALIZACIÓN	14
1.1 SOENERGY INTERNATIONAL COLOMBIA S.A.S	14
1.2 INFORMACIÓN DEL PROYECTO	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 JUSTIFICACIÓN	18
2. MARCO CONCEPTUAL.....	20
2.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	20
2.1.1 Primera generación.....	20
2.1.2 Segunda generación.....	21
2.1.3 Tercera generación.....	21
2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM	22
2.2.1 Antecedentes del RCM	22
2.2.2 Las siete preguntas básicas.....	23
2.2.3 Funciones y parámetros de funcionamiento	23
2.2.4 Falla funcional.....	24
2.2.5 Modo de falla	24
2.2.6 Efectos de falla	24
2.2.7 Consecuencias de falla	24

2.2.8 Tareas de mantenimiento	26
2.3 PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	26
2.3.1 Plantas de generación de energía convencional	26
2.3.2 Plantas de generación de energía no convencional	26
2.4 PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	27
2.4.1 Motores de cuatro tiempos de ignición por chispa	27
2.4.2 Motores de cuatro tiempos de ignición por compresión	28
2.5 MÓDULOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA	28
2.5.1 Motor.....	29
2.5.2 Generador.....	30
2.5.3 Sistema de enfriamiento	30
2.5.4 Sistema de lubricación	31
2.5.5 Sistema de control	33
2.6 MÓDULO DE TRANSFORMACIÓN	34
2.6.1 Transformadores.....	35
2.6.2 Sistema de ventilación	35
2.6.3 Protecciones	35
2.6.4 Medidor de energía.....	36
3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	37
3.1 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	37
3.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO	38
3.3 HISTORIAL DE FALLAS.....	38
3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	38
4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA EL MODELO RCM.....	42
4.1 CONTEXTO OPERACIONAL.....	42

4.2	DEFINICIÓN DE FRONTERAS	42
4.3	DEFINICIÓN DE FUNCIONES	42
4.3.1	Función principal del módulo de generación.....	43
4.3.2	Función principal del módulo de transformación.....	43
4.3.3	Funciones secundarias de los módulos de generación	43
4.3.4	Funciones secundarias del módulo de transformación	43
4.3.5	Análisis de modos y efectos de falla de los módulos de generación	47
4.3.6	Análisis de modos y efectos de falla del módulo de transformación	47
4.3.7	Proceso de decisión del rcm	48
4.3.8	Plan de mantenimiento propuesto para los módulos de generación.....	50
4.3.9	Plan de mantenimiento propuesto para el módulo de transformación	52
5.	PERSPECTIVAS DE IMPLEMENTACIÓN	56
5.1	INDICADORES DE MANTENIMIENTO	56
5.1.1	Disponibilidad.....	56
5.1.2	Confiabilidad	58
5.1.3	Mantenibilidad.....	59
6.	CONCLUSIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA.....	61
	ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de equipos.....	16
Tabla 2. Características técnicas del motor.....	29
Tabla 3. Criterios de evaluación de criticidad.	39
Tabla 4. Valores de criticidad de los equipos.....	41
Tabla 5. Funciones secundarias por sistemas de los módulos de generación.	45
Tabla 6. Funciones secundarias por sistemas del módulo de transformación.....	46
Tabla 7. Plan de mantenimiento para los módulos de generación.....	55
Tabla 8. Plan de mantenimiento para el módulo de transformación	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de generación	15
Figura 2. Ubicación del proyecto de generación	16
Figura 3. Expectativas de mantenimiento	21
Figura 4. Motor de cuatro tiempos	27
Figura 5. Paquetizado XQ1475.....	28
Figura 6. Partes del generador	30
Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de enfriamiento	31
Figura 8. Sistema de lubricación.....	32
Figura 9. Sistema de control	33
Figura 10. Módulo de transformación	34
Figura 11. Organigrama de operación y mantenimiento.....	37
Figura 12. Matriz de Criticidad.	41
Figura 13. Unifilar del sistema de generación.....	44
Figura 14. Diagrama de decisión del RCM	49
Figura 15. Tiempos importantes y siglas para la medición de disponibilidad y confiabilidad.....	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ficha técnica módulo XQ1475.....	64
Anexo B. Ficha técnica módulo de transformación.....	74
Anexo C. Características técnicas de los transformadores.....	76
Anexo D. Características del medidor de energía.....	77
Anexo E. Rutinas de mantenimiento módulo de generación.....	83
Anexo F. Rutinas de mantenimiento módulo de transformación.....	87
Anexo G. Historial de fallas 2019.....	90
Anexo H. Análisis de modos y efectos de falla de los módulos de generación.....	95
Anexo I. Análisis de modos y efectos de fallas del módulo de transformación.....	125
Anexo J. Proceso de decisión del RCM módulos de generación.....	152
Anexo K. Proceso de decisión del RCM módulo de transformación.....	162

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A GAS DE LA EMPRESA SOENERGY INTERNATIONAL COLOMBIA S.A.S.¹

AUTOR: JAVIER EDUARDO FERNÁNDEZ LAGUNA.²

PALABRAS CLAVE: GENERACIÓN DE ENERGÍA, MANTENIMIENTO, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, RCM, CRITICIDAD.

DESCRIPCIÓN:

En esta monografía se lleva a cabo la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance), para diseñar un plan de mantenimiento al sistema de generación a gas de la empresa SoEnergy International Colombia S.A.S.

Inicialmente se realiza la contextualización con una breve descripción de SoEnergy International Colombia S.A.S y su historia, también se describe el proyecto de generación objeto de estudio dando a conocer su ubicación geográfica, su contexto operacional y su estado actual de mantenimiento.

Posteriormente se desarrolla el maraco teórico donde se genera una breve explicación de la historia del mantenimiento, el desarrollo conceptual del RCM, los tipos de proyectos de generación con motores de combustión interna con la descripción del funcionamiento de los sistemas y componentes que los complementan, como motor, generador, sistema de enfriamiento, lubricación y control entre otro, al igual que en el módulo de transformación.

Por último, se establecen los equipos que componen el sistema de generación y se realiza un análisis de criticidad para determinar cuales deberán ser objeto del análisis RCM. Posteriormente se definen las funciones primarias y secundarias para luego realizar el análisis de modos y efectos de falla o AMEF, que permitirá realizar el proceso de decisión que dará como resultado las tareas de mantenimiento.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Arquímedes Barrios Novoa, Magister en Ingeniería.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PLAN FOR A GAS POWER GENERATION SYSTEM OF THE COMPANY SOENERGY INTERNATIONAL S.A.S.³

AUTHOR: JAVIER EDUARDO FERNÁNDEZ LAGUNA.⁴

KEY WORDS: POWER GENERATION, MAINTENANCE, RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE, RCM, CRITICALITY.

DESCRIPTION:

In this monograph the methodology of reliability centered maintenance or RCM is carried out, to design a maintenance plan for the gas generation system of the company SoEnergy International Colombia S.A.S.

Initially, the contextualization is carried out with a brief description of SoEnergy International Colombia S.A.S and its history, the generation project under study is also described, revealing its geographical location, its operational context and its current state of maintenance.

Subsequently, the theoretical framework is developed where a brief explanation of the history of maintenance is generated, the conceptual development of the RCM, the types of generation projects with internal combustion engines with the description of the operation of the systems and components that complement them, such as motor, generator, cooling system, lubrication and control among others, as in the transformation module.

Ultimately, the equipments that are part of the generation system are established, and a criticality analysis is carried out to determine which should be the subject of the RCM analysis. Subsequently, the primary and secondary functions are defined to, carry out the analysis of failure modes and effects or FMEA, which will allow the decision process to be carried out, which will result in the maintenance tasks.

³ Monography.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Arquímedes Barrios Novoa, master's degree in engineering.

INTRODUCCIÓN

Esta monografía se realiza como proyecto de grado de la especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander, sede Bogotá. En esta se plantea diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema de generación de la empresa SoEnergy International, el cual se encuentra ubicado en el municipio de El Copey en el departamento del Cesar.

Este sistema de generación está compuesto por diferentes equipos, como generadores de combustible diésel y gas, transformadores y tablero eléctrico, a los cuales se les realiza un análisis de criticidad para determinar en cuales se debe focalizar el análisis RCM.

El plan de mantenimiento centrado en confiabilidad plasmado en este documento pretende mejorar la disponibilidad y la confiabilidad del sistema de generación, logrando que cumpla su función dentro del contexto operacional actual, proponiendo tareas de mantenimiento específicas para los modos de falla actuales.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 SOENERGY INTERNATIONAL COLOMBIA S.A.S

SoEnergy International es un proveedor global de servicios energéticos, que incluye la venta de energía, soluciones de energía temporal y de largo plazo para un amplio rango de organizaciones e industrias en todo el mundo, en conjunto con su filial de Ingeniería, HVM Ingenieros y su alianza estratégica con Caterpillar para instalaciones de energía temporal.⁵

Su historia comenzó en el año 1,998 cuando es creada como un complemento de la División de Energía de Gecolsa (distribuidor autorizado Caterpillar para Colombia), en 1,999 SoEnergy compra dos empresas de ingeniería, Hidroestudios y Mejía Villegas, para formar HVM Ingenieros, iniciando así proyectos de generación de energía en Brasil, Argentina, Ecuador, Colombia, Bahamas, Perú, Panamá, Gibraltar y Filipinas entre otros países.⁶

Dentro de su portafolio de servicios SoEnergy cuenta con la unidad de negocios denominada Global Power Solutions (GPS), la cual se encarga de desarrollar proyectos y soluciones de generación de energía a corto plazo (menores a 5 años), es esta unidad de negocios la encargada de llevar a cabo el desarrollo del proyecto de generación objeto de análisis en esta monografía.

⁵ SOENERGY INTERNATIOANAL. Panorama general. [En línea]. Miami: 2020. Disponible en: <https://es.soenergy.com/at-a-glance/>.

⁶ SOENERGY INTERNATIONAL. History. [En línea]. Puerto Madero: 2020. Disponible en: <http://soenergy.com.ar/company/history/>.

1.2 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

En el año 2,018 SoEnergy International firma un contrato con Ecopetrol S.A. para el suministro de disponibilidad de un sistema de generación de hasta 5.6 MW a 6.3 kV y 60 Hz usando como combustible gas natural, en la estación de Bombeo El Copey del poliducto Pozos Colorados – Ayacucho. Para este sistema de generación se utilizan cuatro módulos Caterpillar XQ1475, cuya ficha técnica se encuentra en el anexo A, los cuales están paquetizados en contenedores de 40 pies, en los cuales se encuentra el conjunto motor-generator y sistemas auxiliares.

Los módulos de generación entregan la energía a 480 V y 60 Hz, por lo cual se cuenta con una unidad transformadora paquetizada en un contenedor de 20 pies, en el cual se encuentran dos transformadores de 4 MVA y el medidor de energía (su ficha técnica se encuentra en el anexo B), a través de este módulo de transformación se entrega la energía al cliente a 6.3 kV y 60 Hz para el accionamiento de las unidades de bombeo. En la figura 1 se puede apreciar el sistema de generación.

Figura 1. Sistema de generación



Adicional a estos activos, se cuenta con una unidad de respaldo diésel Caterpillar PM1360, una unidad diésel para arranque de sistema auxiliares Caterpillar XQ230

y un tablero de servicios auxiliares, el listado de equipos y sus principales características se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de equipos

Ítem	Descripción	Capacidad	Cantidad
1	Módulo de generación Caterpillar gas XQ1475, motor 3516C	1,475 kW	4
2	Módulo de generación Caterpillar diésel PM1360, motor 3516C	1,360 kW	1
3	Módulo de generación Caterpillar diésel XQ230, motor C9, para servicios auxiliares	230 kW	1
4	Tablero de servicios auxiliares	1,200 A	1

Geográficamente, el proyecto de generación se encuentra ubicado en el municipio de El Copey, departamento del Cesar, a 1 km del casco urbano por la vía que de El Copey conduce hacia la vereda Palmeras, junto a la estación de Bombeo de Ecopetrol. En la figura 2 se encuentra la ubicación del proyecto.

Figura 2. Ubicación del proyecto de generación



Fuente. GOOGLE. Google Maps. [En línea]. Mountain View: 2020. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@10.1375359,-73.97496,733m/data=!3m1!1e3?hl>

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

SoEnergy International Colombia cuenta con una gerencia de operaciones y mantenimiento y una coordinación de operaciones al cual reporta el ingeniero de proyectos encargado de la operación y mantenimiento, quien a su vez cuenta con dos técnicos mecánicos, dos técnicos electricistas y dos operadores para la operación y mantenimiento del sistema de generación. Actualmente el sistema de generación puede presentar en un mes hasta 14 salidas de línea, asociadas a fallas en los módulos de generación, que conllevan a una baja confiabilidad del sistema y penalizaciones por indisponibilidad.

Por la razón anteriormente descrita nace la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento que permita mejorar la confiabilidad de los equipos y reducir a cero las penalizaciones.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general. Diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema de generación de energía a gas de la empresa SoEnergy International Colombia S.A.S.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los activos principales que componen el sistema de generación de energía, a través de la definición de su contexto operacional para realizar el análisis de criticidad y priorización de la estrategia de RCM
- Definir las funciones, modos y efectos de falla de los activos con mayor criticidad del sistema de generación de acuerdo con lo que sus usuarios esperan que

haga en su contexto operacional, para alimentar el proceso de decisión del RCM.

- Identificar las actividades de mantenimiento basado en el proceso de decisión del RCM para los activos con mayor criticidad, para generar el plan de mantenimiento.
- Definir los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad del sistema de generación, teniendo en cuenta el estado actual de la estrategia de mantenimiento de la empresa para medir y evaluar posteriormente el desempeño del plan de mantenimiento propuesto.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Al diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad se espera obtener una mejora significativa en los siguientes aspectos, estrechamente relacionados con las necesidades actuales:

- Mejorar la seguridad e integridad ambiental: El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene en cuenta la seguridad y el medio ambiente de cada uno de los modos de falla previo a considerar los efectos sobre la operación, lo que conlleva a que se tomen medidas que minimicen o eliminen todos los riesgos ambientales y de seguridad.
- Mejorar el rendimiento operativo: El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM (por sus siglas en inglés), reconoce que todas las actividades de mantenimiento tienen un valor, lo cual conlleva decidir cuál es la más apropiada para cada situación, asegurando que solo las actividades de mantenimiento más efectivas sean escogidas para cada equipo.

- Incremento de la relación costo beneficio de mantenimiento: Esta metodología focaliza su atención en aquellas actividades de mantenimiento que suponen un mayor efecto para la operación del equipo, ayudando a asegurar que todo lo que realice el personal de mantenimiento proporcione el mayor beneficio.
- Aumento en la confiabilidad del sistema: la metodología de RCM establece lo que es necesario hacer para que un activo o equipo continúe haciendo aquello que sus usuarios esperan que haga en su contexto operativo actual.⁷

⁷ SIGÜENZA, Guillermo. Porque implementar el RCM. [En línea]. Tijuana: Industrial Tijuana, 2008. p. 18. Disponible en https://www.academia.edu/33766921/Justificacion_RCM.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Con la aparición de las máquinas dentro del entorno empresarial comienza la historia del mantenimiento, los departamentos y equipos de mantenimiento para soportar los sistemas de producción se encuentran registrados desde principios del siglo XX, principalmente en Estados Unidos, donde las fallas y paradas se manejaban como mantenimiento correctivo.⁸

La función del mantenimiento dentro de un entorno empresarial es la de sostener la funcionalidad de un equipo o sistema productivo, para que logre cumplir la función de producir bienes y/o servicios. Dicha función ha venido evolucionando en el tiempo para adaptarse a un entorno más exigente.

De esta forma y de acuerdo con Moubrey⁹, se pueden encontrar diferentes generaciones evolutivas relacionadas con los objetivos de las áreas de producción y manufactura a través de los años.

2.1.1 Primera generación. Esta se conoce como aquella que tuvo lugar hasta la segunda guerra mundial, en la cual la prevención de fallas no era una prioridad, ya que en su mayoría los equipos eran de construcción simple y sobredimensionada, lo que los hacía sumamente fiables y fáciles de reparar, por lo cual la prevención de fallas no era una prioridad.

⁸ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. p. 3.

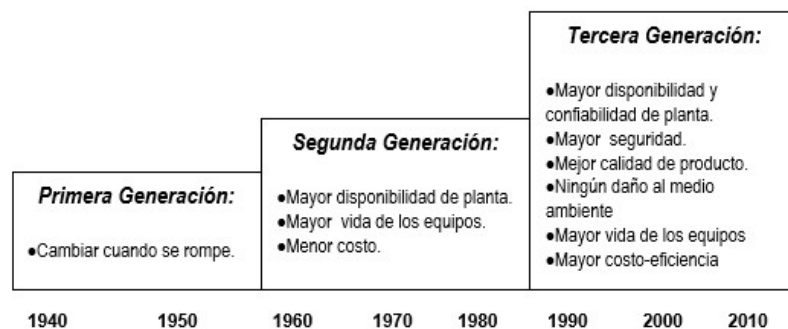
⁹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 2-3.

2.1.2 Segunda generación. Esta se da durante la segunda guerra mundial y genera grandes cambios debido a los rigores de la guerra, aumentando la demanda de todo tipo de bienes y la dependencia de las maquinas, esto llevó a la concepción de que las paradas en los equipos se podían prevenir, trayendo consigo el mantenimiento preventivo. Luego en los años 60's se establecieron los mantenimientos mayores en intervalos definidos, creando de esta forma los sistemas de planeación y control del mantenimiento.¹⁰

2.1.3 Tercera generación. En la mitad de los años 70's se generan nuevas expectativas de lo que se espera del mantenimiento, influenciado principalmente por el tiempo de parda, que afecta la capacidad de producción aumentando los costos operacionales, por lo que la confiabilidad y disponibilidad toman un rol importante en ésta generación.¹¹

En la figura 3 se pueden apreciar las expectativas del mantenimiento durante cada una éstas generaciones.

Figura 3. Expectativas de mantenimiento



Fuente. MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 3.

¹⁰ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 2-3

¹¹ *Ibíd.*, p. 2-3

2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM

El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance), se puede definir como una guía que permite identificar las actividades de mantenimiento necesarias para que un activo o sistema productivo pueda realizar lo que los usuarios esperan de él dentro de su contexto operacional actual.

2.2.1 Antecedentes del RCM. Parra¹² define que este se originó a finales de la década de los 60's como un esfuerzo entre el gobierno norteamericano y la industria aeronáutica, en la búsqueda de un proceso que permitiera crear las actividades de mantenimiento para asistir el desarrollo de las nuevas tecnologías que vendrían con las aeronaves de gran tamaño y complejidad.

Durante esta búsqueda se generó el documento "MSG-1: llamado Maintenance Evaluation and Program Development", con el cual se establecieron los criterios necesarios para el desarrollo de programas de mantenimiento.¹³

Seguido de esto, fue redactado el documento MSG-2, con el cual se buscaba generalizar los procedimientos desarrollados en el documento MSG-1, en este documento fue incluida la herramienta denominada árbol de decisión lógico, el cual posteriormente se convirtió en el estándar a la hora de crear y ejecutar políticas y planes de mantenimiento en la industria aeronáutica, siendo este el pilar fundamental del RCM.¹⁴

¹² PARRA, Carlos. Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Venezuela: Ingecon, 2013. p. 6.

¹³ *Ibíd.*, p. 6.

¹⁴ *Ibíd.*, p. 7.

2.2.2 Las siete preguntas básicas. El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM basa su metodología en la resolución de las siguientes 7 preguntas acerca del activo o sistema:¹⁵

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre una falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.2.3 Funciones y parámetros de funcionamiento. La función de un activo se puede definir como aquella misión o propósito que este cumple dentro de su contexto operacional actual y que a su vez puede contener funciones primarias y secundarias. Las primarias son aquellas que fundamentan la razón de ser de dicho activo y que generalmente están definidas por el nombre de este. Las secundarias son aquellas relacionadas con la seguridad, el control, la contención, el confort, la apariencia, etc.¹⁶

Los parámetros de funcionamiento son los que permiten describir de una manera específica la función que el activo debe desempeñar, de acuerdo con su capacidad de diseño.

¹⁵ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 7

¹⁶ *Ibíd.*, p. 8.

2.2.4 Falla funcional. Esta se define como una ocurrencia, la cual no es posible prever y que no permite que el activo alcance su estándar de ejecución en el contexto operacional actual, lo cual genera que este no pueda cumplir su función o lo haga de forma deficiente.¹⁷

2.2.5 Modo de falla. Este consiste en identificar aquellos hechos que pueden causar las fallas de una forma razonablemente posible, teniendo en cuenta aquellas que han ocurrido en equipos similares, fallas que actualmente están prevenidas y fallas que aún no hayan ocurrido pero que sean altamente probables de ocurrir.¹⁸

2.2.6 Efectos de falla. En este punto se debe identificar todo aquello que sucederá en el contexto operacional actual, en el caso de que ocurra cada uno de los modos de falla que fueron identificados previamente. La identificación de estos efectos de falla debe contener toda la información que sea necesaria para realizar la evaluación de consecuencias posteriormente.¹⁹

2.2.7 Consecuencias de falla. Cada falla afectará a la organización de alguna manera, ya sea en su operación, la calidad de sus productos, el medio ambiente o la seguridad, lo que a su vez se traduce en tiempo y dinero, debido a estas consecuencias se vuelve imperativo intentar prevenir que cada una de ellas ocurra.²⁰

Es aquí donde la metodología del RCM dará una mayor importancia a las fallas con altas consecuencias, mientras que aquellas fallas con consecuencias leves o nulas

¹⁷ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 8-9.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 9.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 10.

²⁰ *Ibíd.*, p. 10.

tal vez no ameriten ninguna rutina de mantenimiento. El RCM clasifica la consecuencia de las fallas en 4 categorías:

- Consecuencia de fallas ocultas: Las consecuencias de las fallas ocultas están asociadas a funciones que no logran ser evidentes, en general estas suelen ocurrir en equipos de protección y respaldo.²¹
- Consecuencias ambientales y de seguridad: Estas consecuencias suelen surgir de las funciones evidentes, las cuales afectarán principalmente la seguridad humana pudiendo causar muertes, heridas o generando condiciones inseguras. Posteriormente se encuentran las que afectarán el medio ambiente y el cumplimiento de estándares nacionales o internacionales.²²
- Consecuencias operacionales: Son aquellas que afectan de manera importante y directa la producción, tanto en su calidad, como en su cantidad, calidad del servicio prestado, costos de operación y costos directos de reparación.²³
- Consecuencias no operacionales: Este tipo de fallas no afectarán la producción ni la seguridad y solo contemplan el costo directo de reparación.²⁴

²¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 10.

²² *Ibíd.*, p. 11.

²³ *Ibíd.*, p. 11.

²⁴ *Ibíd.*, p. 11.

2.2.8 Tareas de mantenimiento. Existen las tareas proactivas que van encaminadas a prevenir que ocurra la falla, comúnmente conocidas en el mantenimiento como predictivas o preventivas. También están las “tareas o acciones a falta de” que tienen que ver con aquellas fallas a las que no es posible encontrar una tarea proactiva, en este caso se plantearán acciones como búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.²⁵

2.3 PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

Una planta de generación de energía es un conjunto de sistemas y subsistemas asociados para generar o entregar energía eléctrica. Los equipos principales para una planta de generación de energía son la fuerza motriz y el generador, la fuerza motriz mueve el generador y se produce la energía. El tipo de fuerza motriz determina el tipo de planta de generación, las cuales se pueden clasificar en:

2.3.1 Plantas de generación de energía convencional. Entre estas se encuentran las plantas térmicas basadas en turbinas de vapor o de gas, motores de combustión interna, plantas hidroeléctricas y plantas nucleares.

2.3.2 Plantas de generación de energía no convencional. En esta clasificación se encuentran plantas de energía solar, celdas fotovoltaicas, conversión de energía térmica oceánica, energía eólica, energía geotérmica, celdas de combustible, biomasa, entre otras.

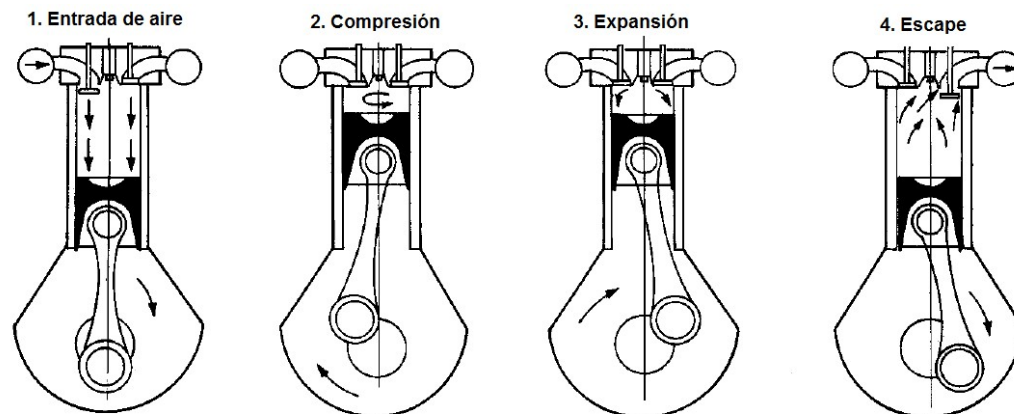
²⁵ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 11.

2.4 PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna para sistemas de generación de energía son construidos para operar en uno o dos principios básicos, llamados de ignición por chispa o ignición por compresión, normalmente turbo cargados para obtener su máxima eficiencia. Actualmente estos motores pueden operar con combustible crudo, diésel y gas, o una mezcla de ellos.

2.4.1 Motores de cuatro tiempos de ignición por chispa. Estos se basan en una bujía de ignición para encender una mezcla de aire y combustible cuando el pistón se acerca al punto muerto superior de la carrera de compresión. Un ciclo de combustión requiere de dos revoluciones del cigüeñal y a su vez cuatro carreras del pistón que se conocen como admisión, compresión, expansión y escape y se pueden apreciar en la figura 4.

Figura 4. Motor de cuatro tiempos



Fuente. THOMAS C. ELLIOT. Standard handbook of powerplant engineering. New York: McGraw-Hill, 1998. p 2.64

Las válvulas de admisión y de escape controlan el flujo de mezcla de aire y combustible y gases de escape dentro y fuera del cilindro, y un sistema de

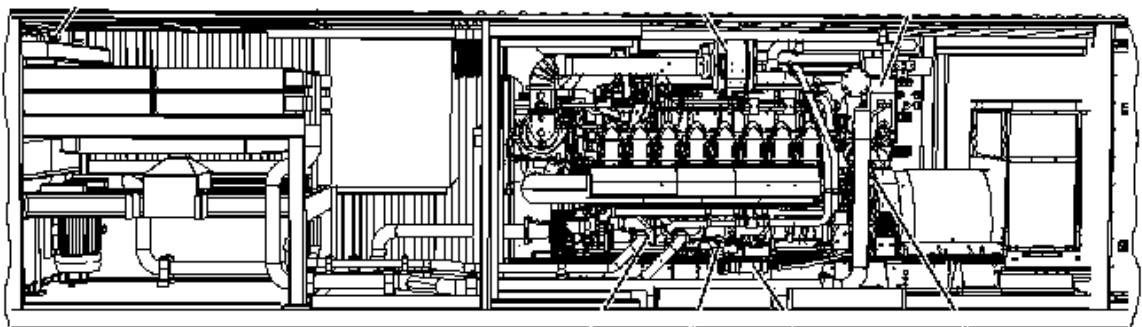
encendido suministra una alta tensión que se induce a la bujía en el momento apropiado del ciclo para iniciar la combustión.

2.4.2 Motores de cuatro tiempos de ignición por compresión. Estos motores se basan en la alta temperatura y la presión del aire que resulta del proceso de compresión para provocar la auto ignición del combustible, que se inyecta en la cámara de combustión. La relación de compresión por lo general es mucho más alta para estos motores que para los de ignición por chispa para así alcanzar las altas temperaturas de aire necesario para la auto ignición.

2.5 MÓDULOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

Los módulos de generación de energía objetos de estudio en esta monografía son fabricados por Caterpillar bajo la denominación de XQ1475, paquetizados dentro de un contenedor de 40 pies con cuatro persianas de entrada de aire, paredes interiores y techos aislados con paneles acústicos de 100 mm, conexión de combustible con brida ANSI de 3" y atenuación de sonido de 72 dB @ 15 m, como se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5. Paquetizado XQ1475



Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p.16.

Este módulo cuenta con un motor a gas Cat G3516C de 16 cilindros en V y 2,175 HP @ 1,800 rpm turbo aspirado. El generador trifásico Cat SR-4B autoexcitado, esta soportado sobre dos rodamientos, cuenta con regulador de voltaje digital, calentador de espacio para repeler la humedad y entrega la energía a 480V.

A continuación, se describen los sistemas que hacen parte del módulo de generación Caterpillar XQ1475.

2.5.1 Motor. El módulo de generación XQ1475 se encuentra provisto de un motor de 16 cilindros en configuración V. A continuación, se muestra su ficha técnica en la tabla 2.

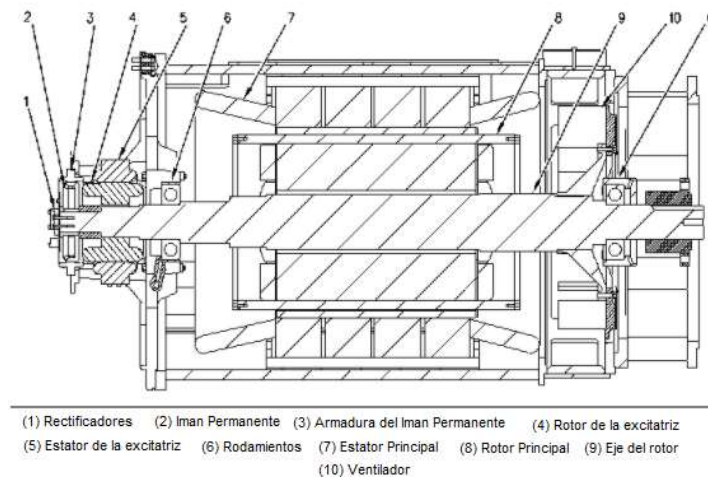
Tabla 2. Características técnicas del motor

	UM	Carga		
		100%	75%	50%
Potencia del motor (sin el ventilador)	bhp	2,175	1,660	1,150
Eficiencia del grupo electrógeno (@ 1.0 factor de potencia)	%	38	36.6	33.7
Eficiencia térmica	%	46.1	46.7	48.1
Eficiencia total (@ 1.0 factor de potencia)	%	84.1	83.3	81.8
Consumo de combustible del motor	Btu/bhp-hr	6,293	6,414	6,691
Flujo de aire (77°F, 14.7 psia)	ft3/min	4,297	3,330	2,375
Flujo de aire	lb/hr	19,051	14,767	10,532
Flujo de combustible (60°F, 14.7 psia)	scfm	252	196	142
Presión a la salida del compresor	in Hg(abs)	103.7	82.4	61.2
Temperatura a la salida del compresor	°F	380	312	234
Temperatura a la salida del Posenfriador de aire	°F	133	132	133
Presión del colector de entrada	in Hg(abs)	89.1	69	49.6
Temperatura del colector de entrada (medida en pleno)	°F	135	135	137
Tiempo de encendido	°BTDC	28	28	28
Temperatura de escape - salida del motor	°F	865	899	931
Flujo de gases de escape (@temperatura de salida del motor, 14.5 psia)	ft3/min	11,419	90,83	6,635
Flujo másico de gases de escape	lb/hr	19,741	15,304	10,919

Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p.18.

2.5.2 Generador. Los generadores funcionan básicamente en el siguiente orden. Primero la excitatriz se encarga de proporcionar corriente alterna a los diodos, luego esta corriente es rectificada en corriente continua y pasa a través de los devanados del rotor. Esta corriente continua crea las líneas magnéticas de flujo que a su vez generan el voltaje en los devanados del estator cuando existe un movimiento relativo entre ambos. Posteriormente el regulador detecta esta salida de voltaje y controla la corriente del excitador para mantenerlo constante. A continuación, se muestran las principales partes que componen el generador en la figura 6.²⁶

Figura 6. Partes del generador

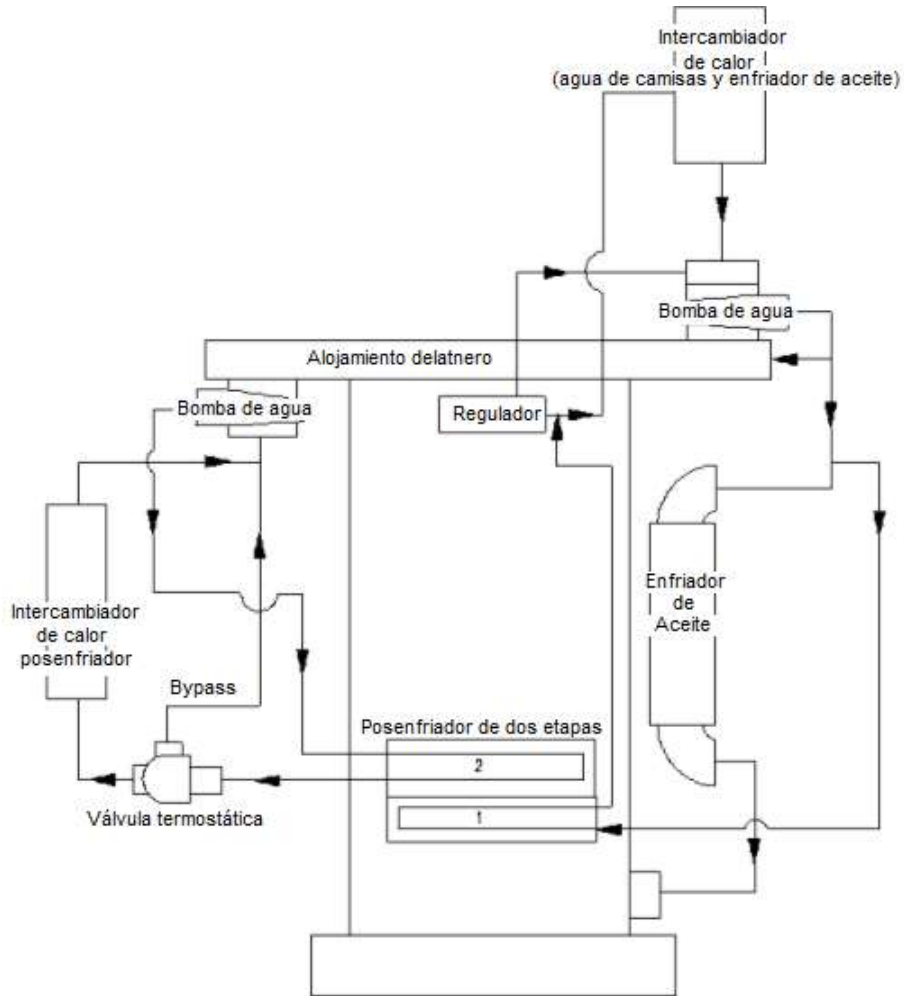


Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p. 24.

2.5.3 Sistema de enfriamiento. El motor cuenta con dos sistemas de enfriamiento. El sistema de agua de camisas que enfría los siguientes componentes: enfriador de aceite del motor, bloque de cilindros, culatas, turbocargadores y la primera etapa del posenfriador. Un sistema separado enfría la segunda etapa del posenfriador. La figura 7 muestra un diagrama del sistema de enfriamiento.

²⁶ CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 5 ed. México: McGraw-Hill, 2012. p. 147.

Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de enfriamiento



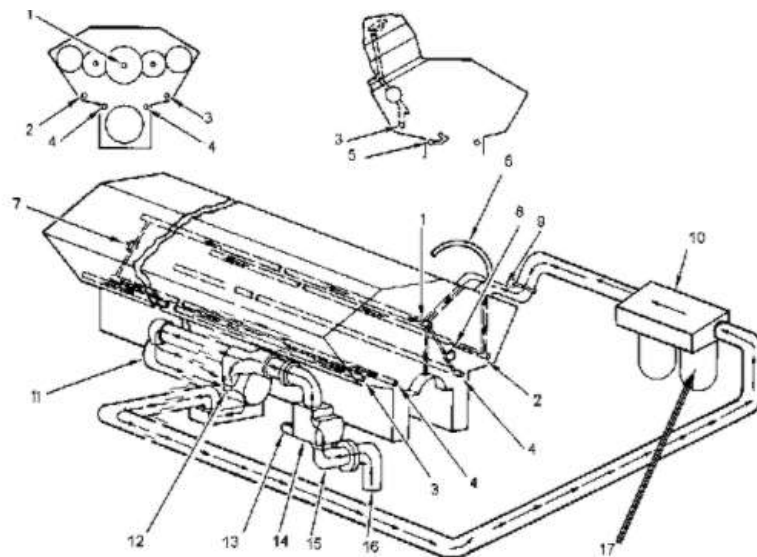
Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p.27.

2.5.4 Sistema de lubricación. La bomba de aceite extrae el aceite del cárter y lo envía hacia el motor. Una válvula de alivio controla la presión máxima, si la presión de la bomba se vuelve excesiva, la válvula se abre y parte del aceite vuelve al cárter. El enfriador de aceite reduce la temperatura de éste, el cual tiene una válvula de baipás en caso de que el enfriador esté restringido.

La base de los filtros de aceite tiene una válvula de derivación interna, la cual se abrirá si hay una restricción en el enfriador de aceite o en los filtros y permite que el motor se lubrique aun en estas situaciones. El aceite limpio pasa a través del adaptador del bloque y parte del aceite va hacia la galería del árbol de levas izquierdo, el resto del aceite va a la galería del motor.

Las galerías de aceite del motor suministran aceite a través de pasajes perforados a los cojinetes del árbol de levas y éste fluye a través de las culatas, después suministra aceite a los cojinetes del cigüeñal a través agujeros perforados en el mismo. De la parte posterior de la galería del motor va el aceite a la parte posterior de la galería del árbol de levas derecho. En la siguiente figura se aprecian las partes que componen el sistema de lubricación.

Figura 8. Sistema de lubricación

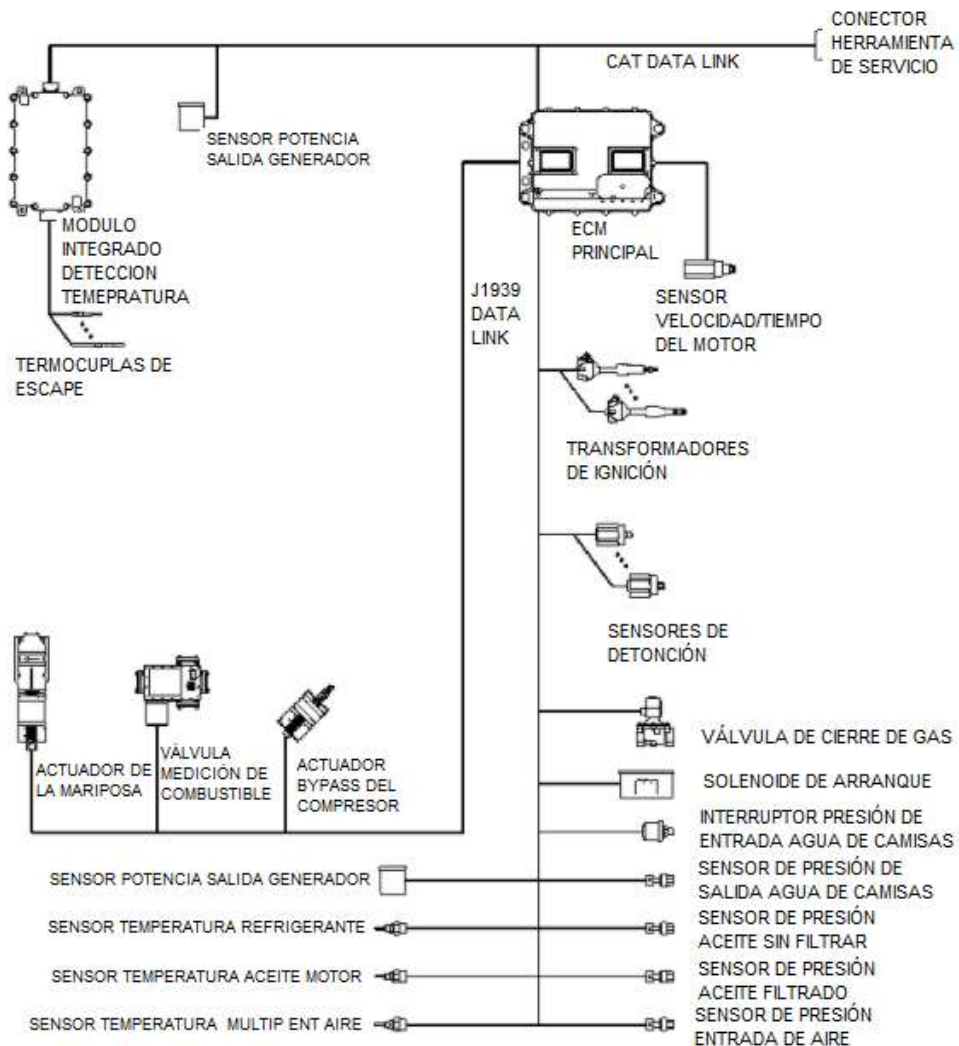


- (1) Galería principal de aceite (2)Galería de aceite árbol de levas izquierdo (3) Galería de aceite árbol de levas
(4) Galería de aceite para los cooling jet de pistón (5) Cooling jet de pistón derecho
(6) Aceite para los turbocargadores (7) Válvula de Secuencia (8) Válvula de Secuencia (9) Adaptador
(10) base del filtros (11) enfriador de aceite (12) Válvula de bypass (13) válvula de alivio (14) bomba de aceite
(15) Codo (16) campana de succión (17) filtro de aceite del motor

Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p.30.

2.5.5 Sistema de control. Este sistema es comandado por un panel de control EMCP 4.2 conectado al ECM del motor, el cual permite mostrar información del motor relacionada con velocidad, horas de operación, temperaturas, voltaje de baterías, presión de aceite, consumo de combustible entre otras. A su vez este se encuentra conectado a un Módulo DEIF AGC-4, el cual permite que las unidades trabajen en modo isla o sincronizadas en paralelo con una red. A continuación, se muestra el esquema del sistema de control.

Figura 9. Sistema de control

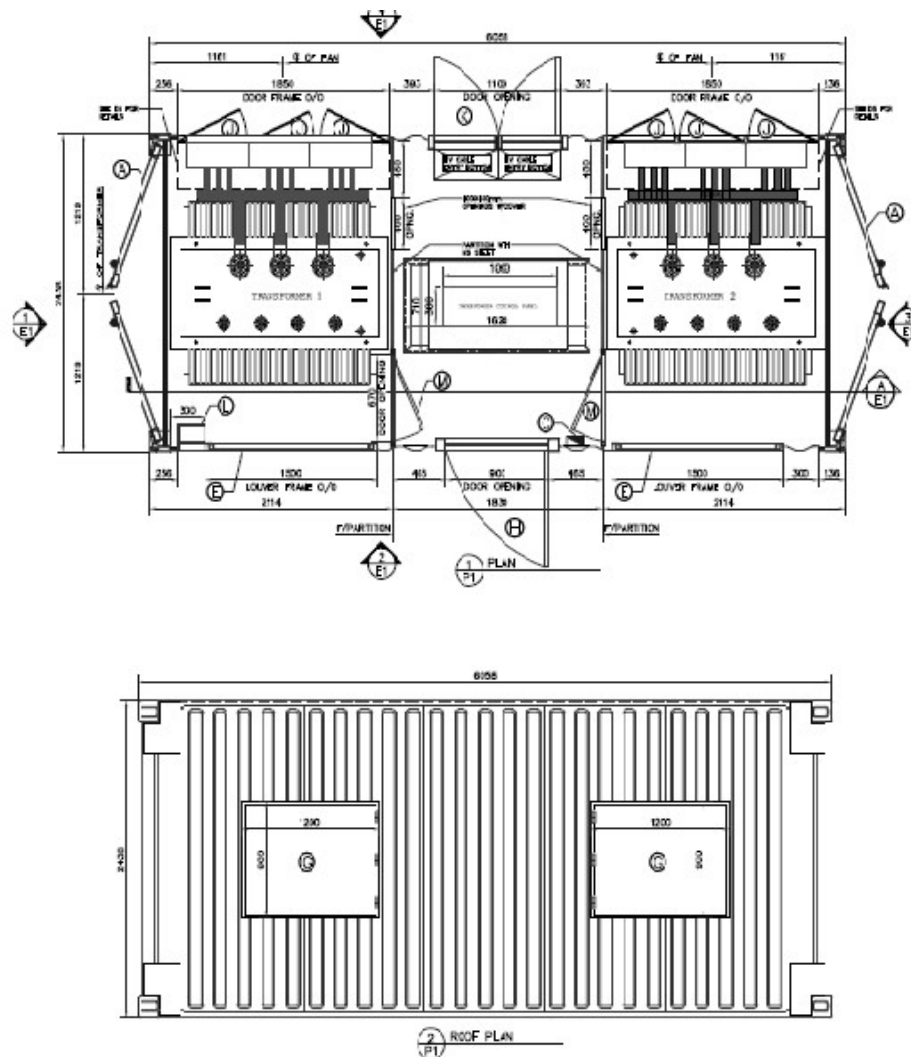


Fuente. CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020. p.38.

2.6 MÓDULO DE TRANSFORMACIÓN

El módulo transformador usado en este sistema de generación consta de dos transformadores de 4 MVA cada uno, paquetizados en un contenedor de 20 pies por la empresa Haris Al Afaq, con cuatro ventiladores, seis seccionadores de entrada en baja tensión a 480 Vac, dos seccionadores de salida en media tensión a 6.3 kV.

Figura 10. Módulo de transformación



Fuente. HARIS AL AFAQ. Transformers package plans. Dubai: Haris Al Afaq, 2011. p. HAA-EI-04-2011-P1

2.6.1 Transformadores. Los transformadores son los encargados de cambiar la potencia eléctrica alterna mediante la acción de campos magnéticos, en este caso uno de los devanados está conectado a la fuente de energía (devanado primario), que son los módulos de generación y el segundo está conectado a las cargas (devanado secundario o de salida) y entrega la energía al cliente.²⁷

Los transformadores ubicados dentro del contenedor de 20 pies en su devanado primario reciben la energía eléctrica de los generadores en 480 V y entregan la energía al cliente en su devanado secundario a 6.3 kV. En el anexo C se encuentran las características técnicas de los transformadores.

2.6.2 Sistema de ventilación. Este es requerido para disipar el calor durante la operación en los compartimientos de los transformadores. Se debe garantizar un flujo de aire en diagonal y evitar el estancamiento de aire caliente. Para esto cuenta con un panel de control que permite seleccionar entre un modo de trabajo manual o automático, monitorear el voltaje, corriente, potencia y factor de potencia del sistema y monitorear alarmas.

2.6.3 Protecciones. Cada uno de los transformadores en su lado de 6.3 kV cuenta con una celda para su protección equipada con los siguientes elementos:

- Interruptor de potencia de 630 A, 25 kA
- Seccionador
- Transformador de corriente 600/1 A, 5P10

²⁷ CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 5 ed. México: McGraw-Hill, 2012. p. 49.

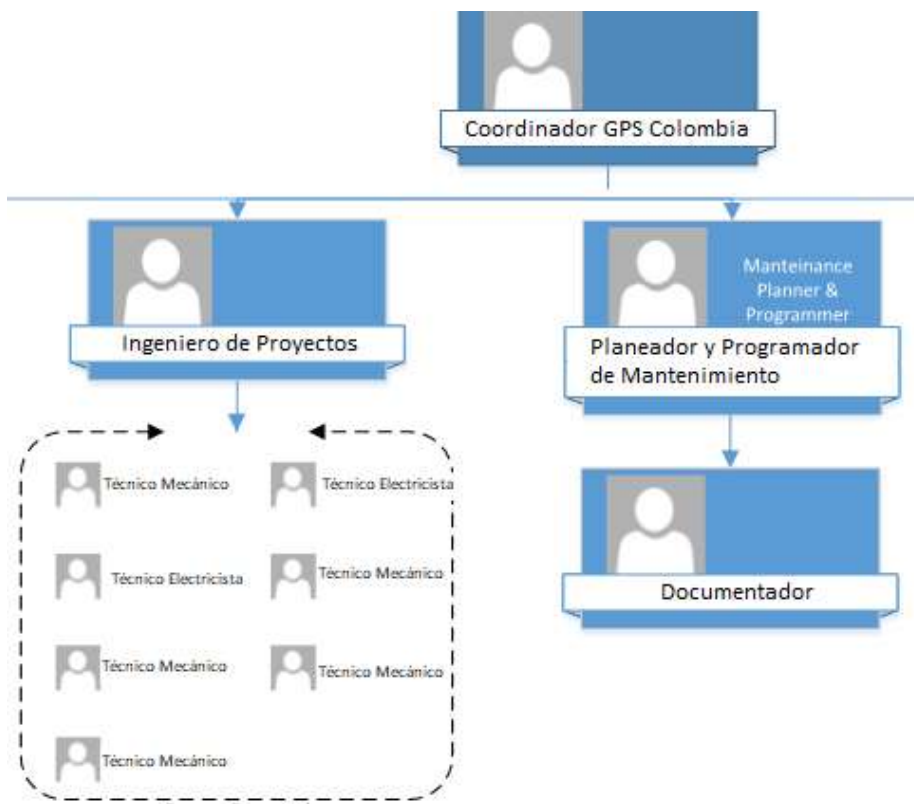
2.6.4 Medidor de energía. El módulo de transformación cuenta con un medidor de energía Schneider Electric Power Logic ION 8600, el cual permite medir la cantidad de energía entregada al cliente y el cual es el soporte principal para la facturación. Sus características se pueden encontrar en el Anexo D.

3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

SoEnergy International cuenta con una estructura de operación y mantenimiento la cual se puede apreciar en la figura 11, en la que se cuenta con un coordinador de operación y mantenimiento, un ingeniero de proyectos, un planeador y programador, un documentador y los técnicos eléctricos y mecánicos con el rol de operador y mantenedor.

Figura 11. Organigrama de operación y mantenimiento.



Actualmente se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo basado en el tiempo de operación de los equipos dictado por el fabricante.

3.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Las rutinas de mantenimiento están basadas en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y la experiencia adquirida por el personal en la operación con este tipo de equipos y se dividen en rutinas de 250, 1000, 2000, 3000, 4000 8000 horas y actividades de mantenimiento mayor para los equipos de generación que se encuentran en el anexo E. En el caso de los equipos eléctricos de transformación las rutinas están dictadas en días de operación y se pueden observar en el anexo F.

3.3 HISTORIAL DE FALLAS

En el anexo G se encuentra el historial de fallas del sistema de generación durante el año 2019, de este reporte se pueden determinar lo siguiente:

- En total ocurrieron 164 fallas al sistema de generación.
- El equipo que mayor número de fallas presentó es el módulo de generación 2 con 46 fallas.
- Las fallas más recurrentes en el sistema de generación están relacionadas con la detonación de cilindros (72), seguidas por fallas en sensores (12).
- En promedio ocurren 14 fallas al mes en el sistema de generación.

3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realiza un análisis de criticidad de los activos que componen el sistema de generación de acuerdo con la matriz de valoración de riesgo elaborada por SoEnergy International y que establece los siguientes criterios:

- Frecuencia de Fallas: corresponde el número de fallas registradas por el activo en su último año de operación en su contexto operacional.

- Impacto operacional: este indica el impacto que una falla puede ocasionar en la operación del sistema de generación, el impacto en los demás activos o la calidad de la energía entregada.
- Flexibilidad operacional: hace referencia a la disponibilidad de equipos de respaldo que puedan sustituir la función del activo en falla.
- Costo de reparación: corresponde el costo promedio de reparación del activo.
- Impacto en la seguridad y medio ambiente: tiene en cuenta el impacto en la seguridad de las personas, los demás activos y el medio ambiente por fallas generadas en este equipo.

Tabla 3. Criterios de evaluación de criticidad.

Criterio	Valor
Frecuencia de fallas	
Mayor a 2 fallas por año	4
1-2 fallas por año	3
0.5-1 falla por año	2
Menos de 0.5 fallas por año	1
Impacto Operacional	
Pérdida total de la generación y despacho de energía	10
Parada del sistema o subsistemas y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta la cantidad y calidad de la energía entregada	4
No genera ningún efecto significativo sobre la operación y la generación	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de generación y no hay función de respaldo	4
Hay opción de generación con equipo de respaldo	2
Respaldo disponible	1
Costo de reparación	
Mayor o igual a USD 15.000	2
Menor a USD 15.000	1
Impacto en la seguridad y el medio ambiente	
Afecta la seguridad humana y requiere la notificación a entidades externos a la organización	8

Afecta el medio ambiente	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores al medio ambiente y las instalaciones	3
No provoca ningún tipo de daños a las personas, medio ambiente o a las instalaciones	1

Los criterios anteriormente mencionados se evalúan dentro de la siguiente ecuación dando como resultado la criticidad total de cada uno de los activos que componen el sistema de generación:

$$\textit{Criticidad Total} = \textit{Frecuencia de fallas} \times \textit{Consecuencia}^{28}$$

Donde

Consecuencia

$$= (\textit{Impacto Operacional} \times \textit{Flexibilidad}) + \textit{Costo de mantenimiento} \\ + \textit{impacto en la seguridad y el medio ambiente}^{29}$$

De acuerdo con estos valores se podrán catalogar los activos como no críticos, medianamente críticos o críticos de acuerdo con la siguiente matriz

²⁸ PARRA, Carlos. Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Venezuela: Ingecon, 2013. p. 13.

²⁹ *Ibíd.*, p. 13.

Figura 12. Matriz de Criticidad.



Los valores de criticidad total de los equipos que componen el sistema de generación se listan la tabla 4.

Tabla 4. Valores de criticidad de los equipos.

Equipo	Cantidad	Frecuencia de falla	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Consecuencia	Criticidad	
Generador XQ1475	4	4	7	2	1	3	18	72	MC
Generador PM1360	1	2	1	1	1	3	5	10	NC
Generador XQ230	1	2	1	1	1	3	5	10	NC
Módulo de transformación	1	2	10	4	1	1	42	84	C
Tableros de servicios auxiliares	1	1	4	2	1	1	10	10	NC

De acuerdo con la valoración anterior los equipos medianamente críticos y críticos son los que requieren de un análisis mediante la metodología RCM, ya que estos cumplen funciones de difícil remplazo y/o respaldo y afectan directamente la generación de energía. Por tal motivo los equipos que serán objeto de análisis RCM son los módulos de generación XQ1475 y el módulo de transformación.

4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA EL MODELO RCM

4.1 CONTEXTO OPERACIONAL

El sistema de generación de SoEnergy International que suministra energía para la estación de bombeo de El Copey en el poliducto Pozos Colorados – Ayacucho, es un sistema de generación por demanda y no es de uso continuo, esto quiere decir que el cliente solicitará el suministro de energía cada vez que lo requiera y dependerá del despacho de fluidos desde la estación Pozos Colorados.

Debido a la situación anteriormente mencionada, el sistema de generación iniciará siempre operación con un solo módulo de generación (1,400 kW de carga) y los demás módulos entrarán en línea en la medida que la carga aumente hasta tener en línea 3 módulo de generación (4,200 kW) o 4 módulos (5,600 kW), dependiendo del tipo de fluido que estén transportando por la línea. El tiempo de operación bajo este contexto puede ir desde un par de horas hasta 7 días seguidos.

4.2 DEFINICIÓN DE FRONTERAS

De acuerdo con el análisis de criticidad realizado anteriormente serán objeto de análisis los módulos de generación y el módulo de transformación cuyas fronteras se podrán apreciar en el diagrama unifilar de la figura 13, las cuales serán desde la entrada de combustible de los módulos de generación hasta los bornes de conexión de los cables de salida del módulo de transformación.

4.3 DEFINICIÓN DE FUNCIONES

Después de definir el contexto operacional y las fronteras, se deben establecer las funciones primarias y secundarias de los activos del sistema de generación así:

4.3.1 Función principal del módulo de generación. Suministrar energía eléctrica cuando el cliente lo requiera con una potencia máxima de 1,400 kW, estable a 480 V +/- 10% y 60 HZ +/- 4%.

4.3.2 Función principal del módulo de transformación. Elevar el nivel de tensión entregado por los módulos de generación a 480 V +/- 10% y 60 HZ +/- 4% y entregarlo al cliente a 6.3 kV y 60 HZ +/- 4%.

4.3.3 Funciones secundarias de los módulos de generación. Las funciones secundarias de los módulos de generación se pueden encontrar en la tabla 5.

4.3.4 Funciones secundarias del módulo de transformación. Las funciones secundarias de módulos de generación se pueden encontrar en la tabla 6.

Figura 13. Unifilar del sistema de generación

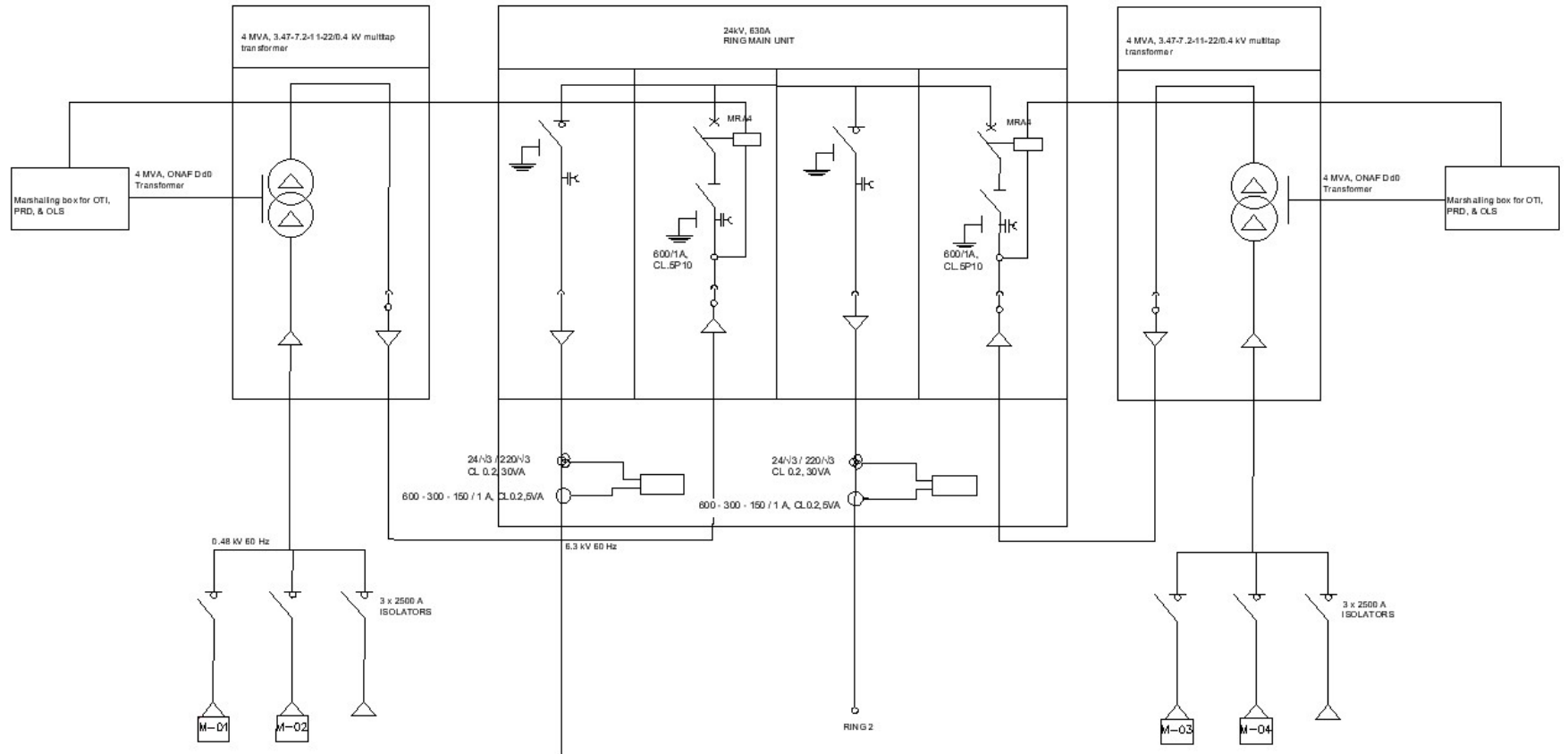


Tabla 5. Funciones secundarias por sistemas de los módulos de generación.

Sistema	Función Secundaria	Cod. F
Sist. Refrigeración Agua de Camisas y Aceite Motor	Retirar el calor del motor y de la primera etapa del intercooler para mantener la temperatura de refrigerante entre 87°C max (entrada al radiador) y min de 82°C (succión de la bomba)	1
	Permitir el relleno del nivel de refrigerante y retiro de muestras del refrigerante	2
	Mantener herméticamente el sistema	3
	Evacuar refrigerante de forma controlada ante operaciones por encima de 3 bar	4
	Generar señales análogas de temperatura, presión y nivel de refrigerante	5
	Generar señales digitales de temperatura, presión y nivel de refrigerante	6
	Generar señal visual de presión en succión, descarga de la bomba y en radiador	7
Sist. Refrigeración Mezcla	Retirar el calor de la segunda etapa del intercooler para mantener la temperatura de refrigerante entre 44,7°C máx. (entrada al radiador) y min de 40°C (succión de la bomba)	8
	Permitir el relleno del nivel de refrigerante y retiro de muestras del refrigerante	9
	Mantener herméticamente el sistema	10
	Evacuar refrigerante de forma controlada ante operaciones por encima de 3 bar	11
	Generar señales análogas de temperatura, presión y nivel de refrigerante	12
Sistema Lubricación	Suministrar aceite lubricante al momento del arranque y retirar el aceite usado durante el mantenimiento	13
	Suministrar aceite de reposición al cárter ante señal de bajo nivel	14
	Filtrar el aceite manteniendo partículas menores a 21 micras	15
Regulador de presión Gas combustible	Regular la presión de entrada del gas al mezclador a 125 mBar +/- 10 mBar	16
	Generar señal de caída de presión hacia el controlador (tramos de gas)	17
	Cerrar el suministro de gas ante señal del controlador	18
Sistemas de admisión y escape (turbo)	Mezclar y regular la mezcla aire-combustible de acuerdo con las condiciones operacionales	29
	Permitir la recuperación de los gases del cárter y la mezcla no consumida en el motor sin afectar la operación normal del motor	20
	Elevar la presión de la mezcla a la presión de entrada al motor (3 Bar)	21
Sistema aire de refrigeración	Retirar el calor de los circuitos de refrigeración para entregar el refrigerante a temperatura de 80°C (agua y aceite motor) y 40°C (circuito mezcla)	22
EMCP	Enviar señales de accionamiento a sistemas periféricos tales como arranque, refrigeración, entrada de gas, regulación de tensión y lubricación, según la condición operativa	23
	Indicar localmente estados de módulo de parada de emergencia	24
Generador	Generar potencia eléctrica hasta 1400 kW, estable a 480 V +/- 10%	25
	Indicar localmente eventos y alarmas del generador.	26

	Controlar la carga del generador.	27
--	-----------------------------------	----

Tabla 6. Funciones secundarias por sistemas del módulo de transformación.

Sistema	Función Secundaria	Cod. F
Seccionadores de baja tensión	Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	1
	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	2
	Permitir cerrar el circuito eléctrico para condición de operación normal	3
Transformador 1 y Transformador 2	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	4
	Elevar nivel de tensión de 480 V a 6.3 kV	5
	Mantener refrigerados los devanados a una temperatura de operación requerida	6
	Cambiar la relación de transformación según las necesidades de operación	7
	Enviar señales de estado temperatura, presión y nivel de aceite del Transformador hacia el control	8
Control y protección para transformador 1 y para transformador 2	Enviar señales de apertura a los interruptores en caso de falla	9
	Generar señales lumínicas y sonoras en caso de fallas	10
	Visualizar las variables eléctricas en el sistema	11
	Permitir la selección de las variables a visualizar	12
	Permitir la operación de la unidad de visualización de fallas eléctricas y mecánicas (RTK625)	13
	Enviar señal para apertura y cierre de contactores para la operación de los ventiladores	14
Seccionador con cuchilla puesta a tierra Celda de maniobra de Trafo 1 y de Trafo 2	Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	15
	Descargar las corrientes de falla al sistema de puesta a tierra, a través del conductor de puesta a tierra del equipo para contribuir al cumplimiento de las tensiones de paso y contacto de la instalación.	16
	Generar señales de estado operacional del seccionador	17
	Generar y recibir enclavamientos eléctricos y/o mecánicos hacia otros equipos asociados.	18
	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	19
	Permitir cerrar el circuito eléctrico para condición de operación normal	20
Interruptor Celda de maniobra de Trafo 1 y de Trafo 2	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	21
	Mantener la estanqueidad de gas SF6 según condición particular del equipo	22
	Generar señales de estado operacional del interruptor	23

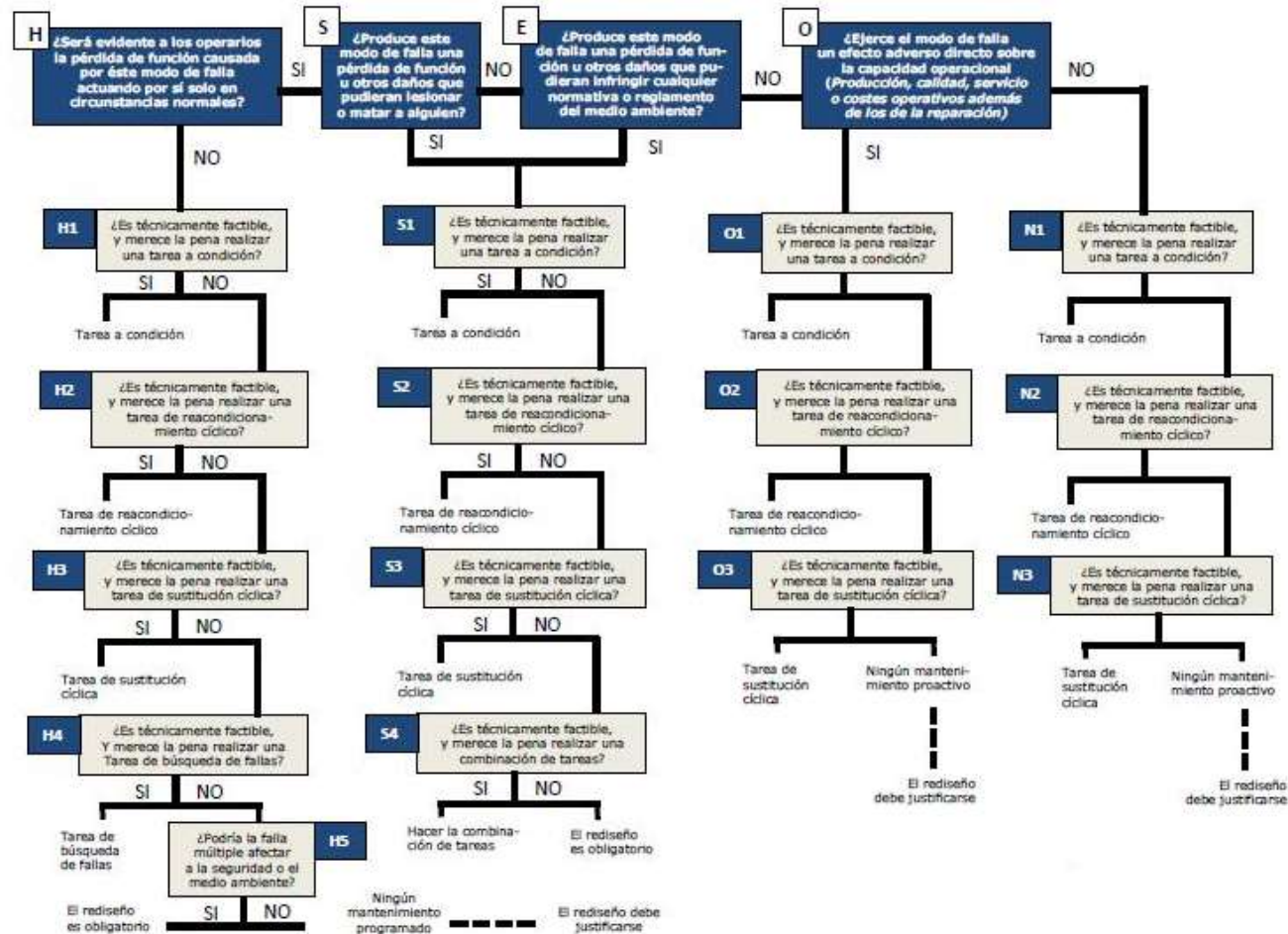
	Interrumpir y restablecer el paso de corriente ante comando por una falla o interrumpir y/o restablecer el paso de corriente ante comandos por operación.	24
	Mantener tensionado el resorte del mecanismo de operación que garantice el ciclo de operación de interruptor	25
Seccionador de feeder 1 y de feeder 2	Descargar las corrientes de falla al sistema de puesta a tierra, a través del conductor de puesta a tierra del equipo para contribuir al cumplimiento de las tensiones de paso y contacto de la instalación.	26
	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	27
	Generar señales de estado operacional del seccionador	28
	Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	29
	Conducir la energía eléctrica hasta el borne de salida	30
PT de feeder 1 y de feeder 2	Generar las señales de tensión en el secundario que reflejen las tensiones primarias del sistema acorde con la relación de transformación especificada	31
	Visualizar la medición de tensiones en el feeder en tiempo real	32
CT de feeder 1 y de feeder 2	Generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	33
	Visualizar la medición de corriente en el feeder en tiempo real	34
Sistema de ventilación	Mantener la temperatura del Transformer Module menor a 40°C	35
Cargador de baterías	Cargar las baterías que alimentan el circuito de 24V DC del control	36
	Estar disponible para alertar sonora y lumínicamente por la pérdida de tensión en la entrada	37
CT de protección en la celda de maniobra para Trafo 1 y Trafo 2	Generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	38

4.3.5 Análisis de modos y efectos de falla de los módulos de generación. En el anexo H se encuentra análisis de modos y efectos de falla realizado a los módulos de generación.

4.3.6 Análisis de modos y efectos de falla del módulo de transformación. En el anexo I se encuentra el análisis de modos y efectos de falla realizado al módulo de transformación.

4.3.7 Proceso de decisión del RCM. Luego de haber realizado el análisis de modos y efectos de falla para los sistemas de los módulos de generación y transformación se continua con el proceso de decisión que se encuentra en los anexos J y K respectivamente. Para ello haremos uso del diagrama de decisión del RCM que se encuentra en la figura 14.

Figura 14. Diagrama de decisión del RCM



Fuente. MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004. p. 204-205.

4.3.8 Plan de mantenimiento propuesto para los módulos de generación. una vez finalizado el análisis RCM para los módulos de generación, se procede a presentar las tareas de mantenimiento propuestas, las cuales se encuentran en la tabla 7.

Tabla 7. Plan de mantenimiento para los módulos de generación.

Tarea	Descripción	Recursos	Frecuencia
MG-01	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Operador	Previo al arranque
MG-02	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Operador	Previo al arranque
MG-03	Inspeccionar estado del radiador	Operador	Previo al arranque
MG-04	Realizar prueba de pasos del mixer	Operador	Previo al arranque
MG-05	Inspeccionar internamente con baroscopio estado del impeler	Técnico Líder, Baroscopio	Oportunidad
MG-06	Monitorear presión del sistema en el EMCP y manómetro	Operador	12 horas
MG-07	Medir diferencial de presión lado aceite	Operador	12 horas
MG-08	Medir porcentaje de apertura de la válvula mariposa y diferencial de presión lado gas-mezcla	Operador	12 horas
MG-09	Medir diferencial de presión en el radiador	Operador	12 horas
MG-10	Medir presión de entrada del filtro (EMCP)	Operador	12 horas
MG-11	Verificar condensado en la línea en línea de drenaje	Operador	12 horas
MG-12	Medir restricción de aire de entrada (vacuómetro)	Operador	12 horas
MG-13	Visualizar los pasos del mixer	Operador	12 horas
MG-14	Medir presión del cárter	Operador	12 horas
MG-15	Inspeccionar condición del sello de la bomba	Operador	12 horas
MG-16	Inspección visual del estado del panel del radiador	Operador, Herramienta de mano	12 horas
MG-17	Inspeccionar superficie compensador y manguera, previo a apagada para cambio de aceite	Técnico Líder, Linterna	1000 horas
MG-18	Inspeccionar visualmente el estado del regulador de tensión (tensión de salida de BUS Y LED testigo)	Técnico Líder, Herramienta de mano	1000 horas
MG-19	Inspección visual del estado de cables y borneras	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-20	Inspección visual del estado del Control EMCP	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-21	Inspección visual del estado del motor de extracción de calor del EMCP	Técnico Líder, Herramienta de mano	2000 horas
MG-22	Inspección visual del estado de contactor de arranque	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-23	Inspección visual del estado de relé de sistema de arranque	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas

MG-24	Inspección visual del estado de contactor de refrigeración	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-25	Inspección visual del estado de relé de retardo para puenteo de presostato diferencial	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-26	Inspección visual del estado de relés de accionamiento de la válvula de gas	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-27	Inspección visual del estado de relé de arrancador suave	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-28	Inspección visual del estado de contactor de regulación de tensión	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	2000 horas
MG-29	Inspección visual del estado de contactor de lubricación	Técnico Líder, Herramienta de mano	2000 horas
MG-30	Inspección visual del estado de módulo de parada de emergencia	Técnico Líder, Herramienta de mano	2000 horas
MG-31	Medir continuidad en plato rectificador, verificar estado de Varistor (medir resistencia)	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano	2000 horas
MG-32	Inspeccionar cables de sensores de temperatura de los devanados del generador	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano	2000 horas
MG-33	Inspeccionar visualmente extractores de calor y filtros de rejillas ventilación del tablero del EMCP	Técnico Líder, Herramienta de mano	2000 horas
MG-34	Inspección visual del estado de los elementos de los motores de ventiladores y fijación del ventilador	Técnico Líder, Herramienta de mano	3000 horas
MG-35	Inspección visual del estado del variador de velocidad	Técnico Líder, Herramienta de mano	3000 horas
MG-36	Engrasar rodamientos del generador	Ing. CBM, Grasa para rodamientos, Graseira manual	4000 horas
MG-37	Inspeccionar visualmente el estado del regulador de tensión	Técnico Líder, Herramienta de mano, dongle	4000 horas
MG-38	Inspeccionar visualmente el estado del acople Generador	Técnico Líder, Herramienta de mano	4000 horas
MG-39	Inspeccionar visualmente transformador de censado de corriente	Técnico Líder, Herramienta de mano	4000 horas
MG-40	Inspeccionar visualmente cable de censado de tensión	Técnico Líder, Herramienta de mano	4000 horas

MG-41	Medir aislamiento en cables de potencia	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano	4000 horas
MG-42	Inspeccionar visualmente bornes de potencia	Técnico Líder	4000 horas
MG-43	Medir aislamiento de estatores	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano	4000 horas
MG-44	Medir aislamiento en devanado	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano	4000 horas
MG-45	Inspeccionar estado de conexión ethernet de la pantalla del control DEIF	Técnico Líder, Herramienta de mano	4000 horas
MG-46	Realizar termografía al motor	Ing. CBM, Cámara termográfica	90 días
MG-47	Medir vibraciones del motor	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF	90 días
MG-48	Medir vibraciones de la bomba	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF	90 días
MG-49	Medir vibraciones en el turbo	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF	90 días
MG-50	Medir vibraciones en generador	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF	90 días
MG-51	Calibrar válvula de alivio	Técnico Líder, Linterna	720 días

4.3.9 Plan de mantenimiento propuesto para el módulo de transformación. Al igual que con los módulos de generación, en la tabla 8 se encuentran las tareas de mantenimiento propuestas para el módulo de transformación.

Tabla 8. Plan de mantenimiento para el módulo de transformación.

Tarea	Descripción	Recursos	Frecuencia
MT-01	Medir presión de gas en las botellas	Operador	12 horas
MT-02	Inspeccionar nivel de aceite de los transformadores y derrames	Operador	7 días
MT-03	Inspeccionar visualmente estado de bornes de transformador	Operador, Manuales y planos	90 días
MT-04	Inspeccionar visualmente contenedor de aceite de transformador	Operador, Manuales y planos	90 días
MT-05	Inspeccionar visualmente estado de bornes de transformador	Operador, Manuales y planos	90 días
MT-06	Inspeccionar visualmente estado de aletas de radiador de transformador	Operador, Manuales y planos	90 días
MT-07	Inspeccionar estado de cuba de aceite de transformador	Operador, Manuales y planos	90 días
MT-08	Inspeccionar visualmente de bornes de sistema de ventilación de transformadores	Técnico Líder, Manuales y planos	90 días
MT-09	Probar funcionamiento del cargador de baterías y cableado	Técnico Líder, Manuales y planos	90 días

MT-10	Retorquear bornes de cargador de baterías	Técnico Líder, Torquímetro, manuales y planos, herramienta de mano	90 días
MT-11	Probar funcionamiento del seccionador de baja	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-12	Realizar limpieza y retorqueo de conexiones de seccionadores de baja	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	180 días
MT-13	Medir continuidad del cable de media del transformador	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano	180 días
MT-14	Medir continuidad del cable de baja del transformador	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano	180 días
MT-15	Medir continuidad del cableado de señales de temperatura, presión y nivel de aceite del transformador.	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano	180 días
MT-16	Verificar señales de estado en el anunciador	Técnico Líder	180 días
MT-17	Verificar estado de borneras de transformador hacia el control	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-18	Retorquear bornes de transformador hacia el control	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	180 días
MT-19	Inspeccionar funcionamiento del relé DEIF	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-20	Inspeccionar funcionamiento de pulsadores del relé DEIF	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-21	Probar funcionamiento de relés de protecciones mecánicas del transformador	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-22	Inspeccionar estado y funcionamiento de pushbuttons de los PowerLogics.	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-23	Inspeccionar estado y funcionamiento de pushbuttons de los RTK.	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-24	Inspección visual del estado de cables y borneras de operación de ventiladores	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-25	Inspección visual del estado de guardamotor de ventiladores	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-26	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-27	Probar funcionamiento del seccionadores feeder	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-28	Inspección visual de cable de hacia malla de puesta a tierra de seccionadores de celda de maniobra	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	180 días
MT-29	Realizar mediciones de aislamiento y continuidad del cable de potencia hacia el borne de salida	Técnico Líder, Multímetro	180 días
MT-30	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-31	Inspeccionar y limpiar bornes	Técnico Líder, Manuales y planos,	180 días

		herramienta de mano	
MT-32	Retorquear bornes de sistema de ventilación de transformadores	Técnico Líder, Torquímetro, manuales y planos, herramienta de mano	180 días
MT-33	Inspeccionar estado de bornes de cargador de baterías	Técnico Líder, Manuales y planos	180 días
MT-34	Medir aislamiento de transformadores	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano	360 días
MT-35	Medir resistencia de devanados del transformador	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano	360 días
MT-36	Retorquear bornes de transformador	Técnico Líder, Torquímetro, manuales y planos, herramienta de mano	360 días
MT-37	Verificar relación de transformación para los ajustes del TAP	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano	360 días
MT-38	Inspeccionar visualmente estado del sensor de temperatura del transformador	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-39	Inspeccionar visualmente estado del sensor de presión del transformador	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	360 días
MT-40	Inspeccionar visualmente estado del sensor de nivel de aceite del transformador	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-41	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	360 días
MT-42	Inspección visual de perillas de Relé VIP 300	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-43	Probar protecciones del Relé VIP 300	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-44	Probar protecciones del Relé DEIF	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-45	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-46	Inspeccionar funcionamiento de los PowerLogics	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-47	Recalibrar PowerLogic ION	Contratista	360 días
MT-48	Probar funcionamiento de termóstato y relé.	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-49	Inspeccionar visualmente estado de contactos de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-50	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	360 días

MT-51	Medir aislamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra y de cables	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano	360 días
MT-52	Inspección visual de la carcasa del interruptor	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-53	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-54	Probar funcionamiento de interruptores	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-55	Inspección visual del estado de cables y borneras de interruptores	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-56	Inspección visual del estado de contactos de interruptores	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-57	Ajustar contactos de interruptores	Técnico Líder, Manuales y planos,	360 días
MT-58	Inspeccionar visualmente estado de contactos de seccionadores de feeder	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-59	Probar funcionamiento de seccionadores de feeder	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-60	Medir aislamiento de seccionadores de feeder y cables	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano	360 días
MT-61	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano	360 días
MT-62	Probar funcionamiento del seccionador de feeder para que funcione en posición cerrada	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-63	Inspeccionar estado de bornes de feeder	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano	360 días
MT-64	Retorquear bornes de feeder	Técnico Líder, Manuales y planos	360 días
MT-65	Medir resistencia de los fusibles de los PTs	Técnico Líder, Multímetro, Manuales y planos, herramienta de mano	360 días

5. PERSPECTIVAS DE IMPLEMENTACIÓN

El plan de mantenimiento propuesto en esta monografía fue aceptado y visto de forma positiva por la gerencia de operación y mantenimiento de la empresa y se realizará de manera inmediata la implantación de las nuevas rutinas de mantenimiento y la evaluación de los resultados que estas puedan generar en la operación y mantenimiento del sistema de generación.

A su vez el personal involucrado en el desarrollo de la metodología RCM en el sistema de generación de El Copey, ha adquirido las bases de formación necesarias para que estos planes de mantenimiento se puedan desarrollar e implementar en proyectos actuales y futuros.

5.1 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Como base fundamental para medir y evaluar a futuro el desempeño del plan de mantenimiento propuesto se planteará el cálculo de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

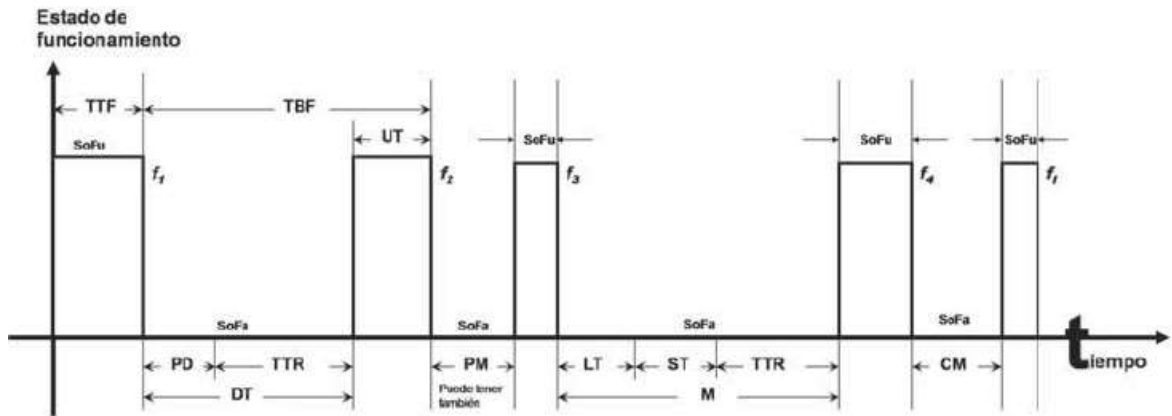
5.1.1 Disponibilidad. De acuerdo con la definición de Mora³⁰, la disponibilidad es aquella probabilidad de que un equipo funcione a satisfacción en el momento que se requiera después del inicio de su operación, cuando este es usado en bajo condiciones estables.

Para el cálculo de disponibilidad se propone el indicador de disponibilidad inherente, el cual es muy útil cuando se trata de controlar las actividades de mantenimiento no

³⁰ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. P. 67

planeadas. En la figura 15 se puede apreciar los tiempos importantes y siglas que se usan en la medición de la disponibilidad y la confiabilidad.

Figura 15. Tiempos importantes y siglas para la medición de disponibilidad y confiabilidad.



Donde:

TTF = Time To Failure = Tiempo hasta Fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables).

TBF = Time Between Failures = Tiempo entre Fallas.

UT = Up Time = Tiempo Útil en el que equipo funciona correctamente.

DT = Down Time = Tiempo no operativo.

f_i = Falla i-ésima

TTR = Time To Repair = Tiempo que demora la reparación.

CM = Corrective Maintenance = Tiempo que demora la reparación correctiva o modificativa.

PM = Planned Maintenance = Mantenimientos Planeados (preventivo y/o predictivo), Moubray los denomina Tareas Proactivas.

LT = Logistical Times = Tiempos logísticos o administrativos (incluye MD (Maintenance Delays) demoras y retrasos de mantenimiento).

ST = Supplies Times = Tiempos de suministros de repuestos, insumos o de recursos humanos.

NTTR = Net Time To Repair = Tiempo Neto para la reparación, no incluye ni demoras, ni tiempos logísticos, ni tiempos de suministros, ni otros tiempos exógenos que impiden la reparación.

PD = Production Delays = Retrasos en producción para informar y notificar a mantenimiento de la no funcionalidad del equipo o sistema, o demoras en la producción por causas imputables a ella (falta de materias primas, falta de personal, etc.).

Fuente. MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. p. 70.

De esta manera tenemos que la disponibilidad se puede calcular así³¹:

³¹ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. p. 70.

$$Dsiponibilidad\ inherent e = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde,

MTBF: es el promedio de los TBF (tiempos entre fallas).³²

MTTR: es el promedio de los TTR (tiempo que demora la reparación).³³

5.1.2 Confiabilidad. La confiabilidad de un equipo se define como la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo, por lo tanto, si no hay fallas el equipo se considera 100% confiable.³⁴

Por lo tanto, la formulación matemática de la función de confiabilidad es la siguiente³⁵:

$$R(t) = P[t < T]$$

Donde,

R(t): es la función de confiabilidad, que decrece en cuando se incrementa el tiempo

t: es el periodo de tiempo en el cual se evalúa el funcionamiento del equipo.

T: es el periodo de tiempo total.

5.1.3 Mantenibilidad. Se denomina así a la probabilidad de que un equipo pueda regresar a su estado de funcionamiento normal después de una falla aplicando una reparación. Esta también se asocia a la facilidad con que un equipo puede ser reparado.³⁶

³² MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. p. 70

³³ *Ibíd.*, p. 70.

³⁴ *Ibíd.*, p. 95.

³⁵ *Ibíd.*, p. 98.

³⁶ *Ibíd.*, p. 104.

Al igual que en la confiabilidad su función de probabilidad se expresa a través del tiempo de la siguiente forma³⁷:

$$M(t) = P(T \leq t)$$

Donde,

$M(t)$: es la función de mantenibilidad, que aumenta cuando se incrementa el tiempo.³⁸

t : es el periodo de tiempo en el cual se evalúa el funcionamiento del equipo.³⁹

T : es el periodo de tiempo total.⁴⁰

³⁷ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009. p. 109.

³⁸ *Ibíd.*, p. 109.

³⁹ *Ibíd.*, p. 109.

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 109.

6. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de criticidad de los equipos que componen el sistema de generación, dando prioridad en el análisis RCM a los módulos de generación y el módulo de transformación.
- Se generó un plan de mantenimiento acorde al contexto operacional actual y los modos de fallas recurrentes en busca de aumentar la disponibilidad y confiabilidad del sistema de generación.
- El análisis RCM realizado al sistema de generación de El Copey permite generar las bases de metodología y conocimiento para que pueda ser replicado en los demás proyectos de la empresa.
- Se establecieron los indicadores de mantenimiento necesarios para pueda ser medida la efectividad del plan de mantenimiento propuesto.
- Con el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto se demuestra que el RCM es una estrategia óptima para sistemas de generación, en la cual las tareas de mantenimiento propuestas por el fabricante de los equipos no son suficientes para mantener la confiabilidad del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

AMÉZQUITA BRICEÑO, Nathaly y ORTIZ, Oscar Leandro. Aplicación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) al grupo electrógeno Caterpillar 3412C utilizado en talados de perforación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. 2017.

CATERPILLAR. Cat XQ1475 Rental Generator Set. United States: Caterpillar, 2020.

CATERPILLAR. Operation and Maintenance Manual. G3500 Engines. United States: Caterpillar, 2020.

CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 5 ed. México: McGraw-Hill, 2012.

FEDERAL TRANSFORMERS. Operations and maintenance manual for ONAN transformer. Abu Dhabi: Federal Transformers, 2008.

GOOGLE. Google Maps. [En línea]. Mountain View: 2020. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@10.1375359,-73.97496,733m/data=!3m1!1e3?hl>

GÓMEZ LUBO, Néstor Rafael. Modelo de mantenimiento basado en RCM para las subestaciones portátiles 69 kv / 7,2 kv de la empresa carbones del cerrejón LTD. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. 2012.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, Miguel Abdel y HERRERA ANDRADES, Oscar Iván. Diseño de un plan de mantenimiento piloto basado en la filosofía de RCM para los equipos críticos de la estación Corocora del Oleoducto de los Llanos Orientales ODL S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. 2014.

HARIS AL AFAQ. Transformers package plans. Dubai: Haris Al Afaq, 2011.

LÓPEZ MARÍN, Andrés. Modelo de plan de mantenimiento basado en RCM para la planta eléctrica del servicio de urgencias en la unidad de salud de Ibagué ESE (USI). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. 2019.

MÁRQUEZ ZARATE, Silvia Patricia y MEZA MARTÍNEZ, Jairo Andrés. Diseño de plan de mantenimiento aplicando metodología RCM para la flota de tractores de llanta marca Caterpillar modelo 854G de Carbones del Cerrejón. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. 2019.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., 2009.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance). Edición en español. North Carolina: Aladon, 2004.

PARRA, Carlos. Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Venezuela: Ingecon, 2013.

SAE NORMA JA1011. Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad. United States: SAE International, 1999.

SAE NORMA JA1012. Una Guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). United States: SAE International, 2002.

SIGÜENZA, Guillermo. Porque implementar el RCM. [En línea]. Tijuana: Industrial Tijuana, 2008. Disponible en https://www.academia.edu/33766921/Justificacion_RCM.

SOENERGY INTERNATIONAL. Panorama general. [En línea]. Miami: 2020. Disponible en: <https://es.soenergy.com/at-a-glance/>.

SOENERGY INTERNATIONAL. History. [En línea]. Puerto Madero: 2020.
Disponible en: <http://soenergy.com.ar/company/history/>.

THOMAS C. Elliot. Standard handbook of powerplant engineering. New York:
McGraw-Hill, 1998.

Anexo A. Ficha técnica módulo XQ1475

Cat®XQ1475G Rental Generator Set



Continuous 1475 kW
50/60 Hz Switchable

Image shown may not reflect actual configuration

Specifications

Frequency	Voltage	Continuous kW (kVA)	Speed rpm
50 Hz	400/230V	1475 (1844)	1800
60 Hz	480/240V	1475 (1844)	1800

Cat® G3516C Gas Engine	Metric	Imperial (English)
Number of Cylinders	V16	
Bore	170 mm	6.7 in
Stroke	190 mm	7.5 in
Displacement	69 L	4,210 in ³
Aspiration	Turbocharged Separate Circuit Aftercooled	
Compression Ratio	11.3:1	
Aftercooler Inlet	54°C	129°F
Jacket Water Outlet	98°C	208.4°F
Exhaust Manifold	Dry	
Engine rpm	1500/1800	
Fuel system	Cat Low Pressure with Air Fuel Ratio Control	
Fuel Pressure Range	0.206 - 0.483 Bar	3-7 PSI
Methane Number	55-100	
Governor Type	ADEM™ A3 Control System	



Features & Benefits

Fuel/Emissions Strategy

- Meets most worldwide emissions requirements down to 500 mg/Nm³ NO_x level without after treatment (contact factory for applications requiring 0.5g/hp-hr performance)

Single Source Supplier

- Generator set manufactured in ISO 9001:2000 compliant facility
- Package factory designed and production tested

Worldwide Product Support

- Cat® dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Supported 100% by the Cat dealer with warranty on parts and labor

Cat G3516C Island Mode Gas Engine

- Compact, four-stroke-cycle gas engine provides exceptional dependability, fuel economy and power density
- Robust kilowatt-based air to fuel ratio control system yields enhanced system performance
- Designed for maximum performance on low pressure pipeline natural gas of 3-7 psi (0.21 kg/cm² - 0.49 kg/cm²) to the container with a methane number range of 55-100 (contact factory for methane numbers <55)
- Island mode feature improves engine's capability to handle electrical loading and unloading

Cat SR4 Generator

- Designed to match the performance and output characteristics of the Cat gas engine
- Class H insulation operating at Class F temperature for extended life
- Double bearing, wye-connected, static regulated, brushless, permanent magnet excited
- Stator winding and bearing temperature monitoring
- Coastal insulation protection and anti-condensation space heaters

Cat EMCP 4.2 Control Panel

- Provides engine and generator monitoring and protection
- 3.8-inch, graphical display denotes text alarm/event descriptions, set points, engine and generator monitoring, and is visible in all lighting conditions
- Integration with the Cat Digital Voltage Regulator (CDVR) provides enhanced system performance
- Intertie protection provided via utility grade Basler BE1-11i utility multi-function relay (UMR)
- Three-phase sensing with adjustable volts-per-hertz regulation
- Provides precise control and constant voltage in the normal operating range

Power Distribution and Paralleling Controls

- 3200A IEC rated, fixed type, 3 poles, package mounted, electrically operated Circuit Breaker
- Manual and automatic paralleling capability
- AGC-4 provides paralleling, load sharing, VFD control, and primary generator protection
- Multi-mode operation (island, multi-island and utility parallel), load sharing (multi-unit only)

Sound-attenuated Container

- Provides 9-high stack CSC rated container for ease of transportation and protection
- Meets 72 dB(A) at 15 meters or below per SAE J1074 measurement procedure at continuous rating
- Personnel doors (2 total) on both sides of the engine for service access, plus 1 additional personnel door for general access
- Sound attenuated air intake louvers

Asset Monitoring and Management

- Cat Connect PLE601

Quality

- Factory designed and production tested to assure customer satisfaction.
- Manufactured in ISO 9001:2000 certified facility

Reduced Environmental Impact

- 110% spill containment of onboard engine fluids
- Positive crankcase fumes ventilation

Cat® XQ1475G Rental Generator Set



Standard Equipment

Cat G3516C Island Mode Gas Engine

- Operates on 31.5 to 47.2 MJ/Nm³ (800 to 1200 btu/ft³) dry pipeline natural gas)
- Cat Gas Engine Control Module (Cat GECM) includes electronic speed governor with hydrax actuator and provides transient richening and turbo bypass control
- Electronic Ignition System (controlled by ECM)
- Individual cylinder Detonation Sensitive Timing (DST)
- Engine installed electronic fuel metering valve
- Hydraulic actuated throttle plate electronically controlled by ECM
- Jacket Water Heater, 9kW, 400/480V, 50/60 Hz, 3-phase with isolation valves

Generator

- 826 Frame double bearing SR-4B generator, 6-lead design
- Three-phase brushless, form wound, permanent magnet excited
- Winding temperature detectors

Air Filter

- Heavy duty, single element canister type air cleaner with service indicator

Cat Cooling System

- Standard cooling provides 40C (104F) ambient capability with 500mg/Nm³ NO_x at 100% Continuous rating before derate
- Horizontally mounted radiator with vertical air discharge
- Energy efficient electric drive fan
- Variable frequency drive (VFD) for optimal partial load fuel consumption

Starting/Charging System

- Dual 24V electric starting motors
- 24 VDC/20A battery charger with float/equalize modes and charging ammeter
- Charging Alternator, 60-Amp
- Four (4) oversized maintenance-free batteries

Exhaust System

- Critical grade, internally mounted rectangular exhaust silencers with vertical discharge
- 2 m high vertical discharging exhaust stack with rain cap located in radiator discharge area (optional to mount rain cap only)

Lube Oil System

- Integral lube oil cooler, lube oil pump, oil filter, filler, and dipstick and oil drain lines routed to engine rail
- Prelube Pump, 24VDC continuous type
- Includes engine-mounted oil level regulator and 114-L (30gal) oil tank for maintaining oil pan levels in extended run applications

Control Panel

- Package mounted EMCP 4.2 provides power metering, protective relaying and engine and generator control and monitoring.
- Convenient service access for Cat service tools
- Integration with the Cat Digital Voltage Regulator (DVR) provides enhanced system monitoring.
- Ability to view and reset diagnostics of all controls networked on J1939 datalink eliminates need for separate service tools for troubleshooting
- Real-time clock allows for date and time-stamping of diagnostics and events
- True RMS AC metering, 3 phase: L-L volts, L-N volts, Phase, Amps, Hz, ekW, kVA, kVAR, kWhr, % kW, PF
- Graphical display with positive image, transfective LCD, adjustable white backlight/contrast
- Digital indication for:
 - Operating hours
 - DC Volts
 - Oil Temperature
 - Coolant Temperature
 - Oil pressure
 - RPM
- Two LED status indicators (1 red, 1 amber)
- Engine cool-down timer
- Engine cycle crank
- Three engine control keys and status indicators (Run/Auto/Stop)
- Lamp test and Alarm acknowledgement keys
- Warnings/shutdowns with indicating text for:
 - Low oil pressure
 - Emergency stop
 - Overcrank
 - High Oil Temperature
 - Overspeed
 - AGC-4
- Emergency stop pushbutton
- Display navigation keys including two shortcut keys for Engine Parameters or Generator Parameters
- Generator Protection features: 25, 32, 40, 46, 47, 50/51, 27/59, 81 O/U
- Reverse compatibility for interface to legacy power modules Quality and Product Support



Standard Equipment

Container

- 40' ISO high cube container, 9-high stack CSC certified
- Sound attenuated 72 dB(A) @ 15 m (50 ft)
- Four (4) sound attenuated air intake louvers and 3 lockable personnel doors with panic release
- Interior walls and ceilings insulated with 100 mm of acoustic paneling
- Floor of container is undercoated for corrosion protection
- Side bus bar access door, external access load connection bus bars
- Shore power connection via distribution block connections for jacket water heater, battery charger, generator
- Six (6) compact LED type internal DC lights with timers located at each personnel door
- 3" ANSI flange customer fuel connection with cover to prevent vandalism
- Energized-to-run (ETR) shutoff valve (double solenoid, low/high pressure switch, CSA/FM approved)
- Cat Brand fuel filter, wall mounted and gas pressure regulator
- Vibration isolators, stainless steel fastening hardware and hinges
- External drain access to standard fluids
- One 4.5 kg (10 lb) carbon dioxide fire extinguisher
- LH and RH engine service panels integrated into container side walls
- 110% spill containment system for on-board engine fluids
- One (1) duplex service receptacle

Distribution System

- 3500:5 rated Current Transformers with secondary wired to shorting terminal strip protection
- Three phase, plus full rated neutral, bus bars are tin-plated copper with NEMA standard hole pattern for connection of customer load cables and generator cables
- Bus bars are sized for full load capacity of the generator set at 0.8 power factor
- Includes ground bus, tin-plated copper, for connection to the generator frame ground and field ground cable.
- 50/60 Hz Transformer distributes utility voltage or customer supplied line voltage, which is selectable via onboard switch, for the Power Module AC auxiliaries
- Provides 240/120 VAC for all module accessories except Jacket water heater (400/480V)
- Includes controls to de-energize jacket water heaters and generator space heater when the engine is running

Protective Relaying

- Generator protective features
 - 25 sync-check (AGC-4)
 - 32 rev. power (EMCP 4.2 and AGC-4)
 - 40 loss of excitation (Cat DVR and AGC-4 impedance based)
 - 50/51 Inst. and time overcurrent (GCB trip unit and AGC-4)
 - 47 Negative Voltage Sequence (AGC-4)
 - 46 Negative Sequence Current (AGC-4)
 - 27/59 phase under/over voltage (EMCP 4.2 and AGC-4)
 - 81O/U under/over frequency (EMCP 4.2 and AGC-4)
- Package mounted AGC-4 controls provides auto paralleling, CAN-bus, Ethernet communications, PWM and Analog outputs, and legacy analog load sharing (real and reactive)
- AGC-4 main display/ AOP secondary display



Standard Equipment

Modes of Operation

- Provides for single unit stand-alone operation, island mode paralleling and load sharing with other power modules, and single unit-to-utility mode paralleling for base load control (with open transition between paralleling modes)*
- Island mode paralleling features:
 - AGC-4 control allows single unit to connect to a dead bus
 - Auto synchronization (voltage & phase matching)
 - Load sharing (kW) analog signal (like units & legacy compatible)
 - Load sharing (kVAR) analog signal (like units only)
- Utility mode paralleling features:
 - Auto synchronization (voltage & phase matching)
 - Base-load control (selectable: programmable set-point or potentiometer adjust)
 - Soft load/unload (programmable, shared setpoint)
 - Power Factor control (programmable setpoint)

Power Factor Control Circuitry

- Manual raise/lower voltage adjust capability and VAR/power factor control circuitry, all via AGC-4, for maintaining constant generator power factor while paralleled with utility
- Includes RFI suppression, exciter limiter and exciter diode monitoring

Optional Equipment

Utility Multi-Functional Relay*

- Intertie protection provided via utility grade Basler
- BE1-11i
- Provides the following utility/intertie enabled protections:
 - 25 (sync-check, utility mode)
 - 27 (under voltage, 2 stage)
 - 32 (rev. power)
 - 40Z (loss of excitation, impedance based)*
 - 47 (neg. sequence over voltage)
 - 51 (phase, time over current)
 - 51N (neutral, over current)
 - 59 (over voltage, 2 stage)
 - 81U (under frequency, 2 stage)
 - 81O (over frequency)
 - 60FL (fuse loss, 'major alarm' LED - no trip)
 - Modbus interface via 485 serial connection
 - Real or Reactive Load High Demand, 'minor alarm' LED - no trip, requires site-specific setpoint values programmed

Trailer

- Three axle with Anti-lock brake system
- Ladders, handrails, internal storage provisions
- Goodyear G314 295/75R225 Load Range G

* Standard for N. American rental market



Technical Data*

Cat Generator	
Frame size	826
Pitch	2/3
No. of poles	4
Insulation	Class H
Excitation	Static regulated brushless PM excited
Constructions	Double bearing, close coupled
Enclosure	Drip proof IP22
Temperature rise	105°C (221°F)
Alignment	Pilot shaft
Overspeed capability – % of rated	125% of rated
Voltage regulator	3-phase sensing with volts-per-hertz
Voltage regulation	Less than ± 0.5% voltage gain Adjustable to compensate for engine speed droop and line loss
Wave form deviation	Less than 3% deviation
Telephone Influence Factor (TIF)	Less than 50
Harmonic Distortion (THD)	Less than 5%

	Units	50 Hz	60 Hz
Power Rating	kW (kVA)	1475 (1844)	
Performance Specification		EM0765	EM0754
Lubricating System Lube Oil Refill Volume with filter change for standard sump	L (gal)	416 (110)	
Fuel System Fuel consumption (ISO 3046/1)			
100% Load			
Max VFD (50kW)	MJ/ekW-hr	9.62	10.34
Min VFD (3kW)	MJ/ekW-hr	9.35	10.05
75% Load			
Max VFD (50kW)	MJ/ekW-hr	9.92	10.74
Min VFD (3kW)	MJ/ekW-hr	9.57	10.39
50% Load			
Max VFD (50kW)	MJ/ekW-hr	10.59	11.86
Min VFD (3kW)	MJ/ekW-hr	9.97	11.14
Altitude Capability At 25° C (77° F) ambient, above sea level	m (ft)	1500 (4921)	



Technical Data (continued)

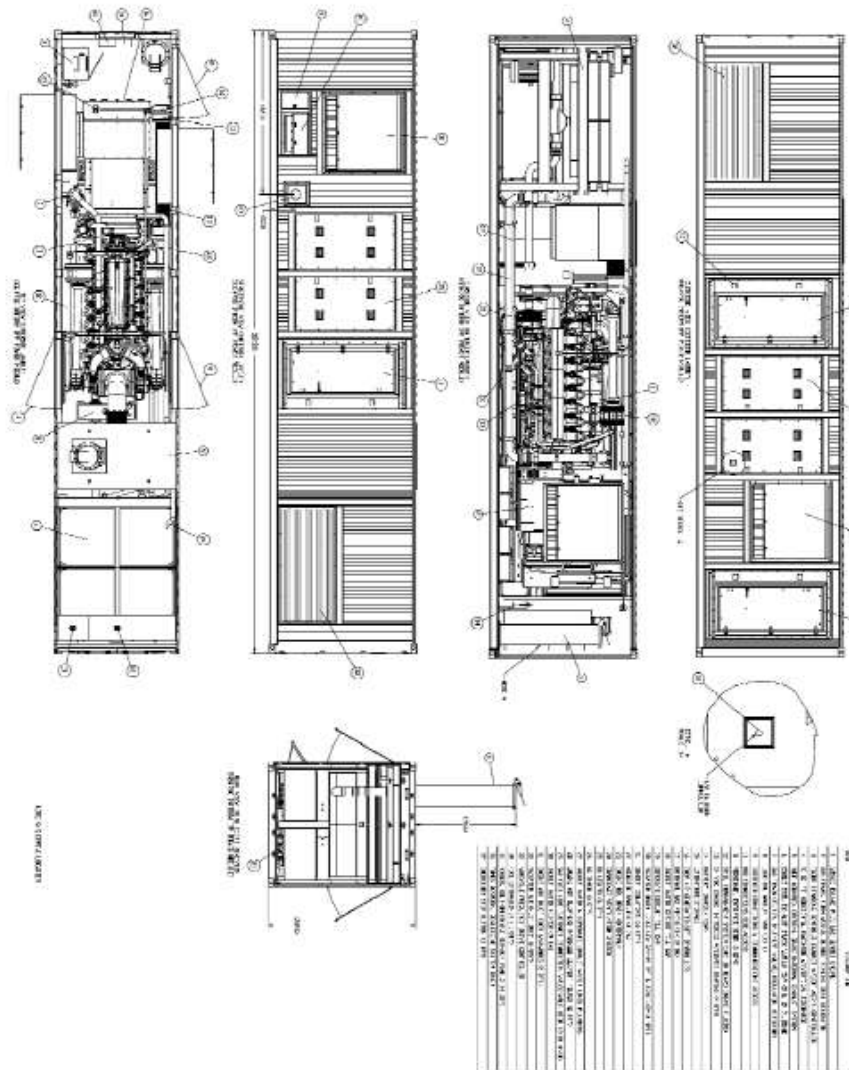
	Units	50 Hz	60 Hz
Cooling System			
Package ambient capability	° C (° F)	40 (104)	
Jacket water temperature (maximum outlet)	° C (° F)	99 (210)	
System coolant capacity	L (gal)	770 (203)	
System required airflow	m³/min (ft³/min)	2,604 (91,959)	
Exhaust System			
Combustion air inlet flow rate	m³/min (ft³/min)	116 (4,907)	111 (3,920)
Exhaust stack gas temperature	° C (° F)	467 (877)	492 (918)
Exhaust gas flow rate	Nm³/min	113	118
Sound Performance**			
Noise rating @ 15 m (49 feet)	dB(A)	72	
Emissions at 100% Load			
No _x (as NO ₂)(corr. 5% O ₂)	mg/Nm³ (dry)	500	453
CO (corr. 5% O ₂)	mg/Nm³ (dry)	906	937
THC (corr. 5% O ₂)	mg/Nm³ (dry)	2,584	1,521
NMHC (corr. To 5% O ₂)	mg/Nm³ (dry)	388	228
Exhaust O ₂	% (dry)	9.9	9.3

*Materials and specifications are subject to change without notice. Reference SRR GR-3500-158-02 For Max VFD Power and SRR GR-3500-157-02 for Min VFD Power Data at 50 Hz. Reference SRR GR-3500-138-00 For Max VFD Power and SRR GR-3500-137-00 for Min VFD Power Data at 60 Hz. 60 Hz emissions data pending factory testing results.

**per SAE J1074

Dimensions and Weights				
Model	Length mm (in)	Width mm (in)	Height mm (in)	Weight with Lube oil and Coolant kg (lb)
XQ1475G without Trailer	12,192 (480)	2,438 (96)	2,896 (114)	31,920 (70,372)
XQ1475G with Trailer	12,192 (480)	2,438 (96)	2,896 (114)	36,003 (79,372)

General Layout





Overall Package Derate Guidance

To determine the actual package rating at site conditions, one must consider, separately, limitations due to fuel characteristics and air system limitations. The Fuel Usage Guide deration establishes fuel limitations while the Altitude/Temperature deration factors and RPC (reference the Cat Methane Program) establish air system limitations. RPC is considered when the Altitude/Temperature deration is less than 1.0 (100%). Under this condition, add the two factors together.

When the site conditions do not require an Altitude/Temperature derate (factor is 1.0), it is assumed the turbocharger has sufficient capability to overcome the low fuel relative power and RPC is ignored.

To determine the actual power available, take the lowest rating between 1. and 2. below.

1. Fuel Usage Guide Deration
2. $1 - ((1 - \text{Altitude/Temperature Deration}) + (1 - \text{RPC}))$

Ratings Definitions and Conditions

Continuous — Output available without varying load for an unlimited time. Continuous power is in accordance with ISO8528, AS2789, and BS5514. Fuel stop power is in accordance with ISO03036. Natural gas ratings have been established on natural gas with net calorific Low Heat Value (LHV) of approximately 35.6 MJ/Nm³ (905 Btu/cu ft) and 80 Methane Number (MN). For values in excess of altitude, ambient temperature, inlet/exhaust restriction, or different from the conditions listed, contact your local Cat dealer.

www.Cat.com/rentalpower
©2020 Caterpillar
All rights reserved.

Materials and specifications are subject to change without notice. The International System of Units (SI) is used in this publication.

CAT, CATERPILLAR, LET'S DO THE WORK, their respective logos, "Caterpillar Corporate Yellow", the "Power Edge" and Cat "Modern Hex" trade dress as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

Anexo B. Ficha técnica módulo de transformación

federal transformers co.l.l.c.
Capital Dhhs. 6,000,000



شركة المحولات الاتحادية ذ.م.م.
رأس المال المدفوع : ٦.٠٠٠.٠٠٠

Specification of 3333/4000 kVA Transformer – Offer No. FTC/T/9535R2/2011

Continuous maximum rating	:	3333 kVA at 50Hz/4000 kVA at 60Hz
No. of phases & frequency	:	3 phase, 50/60Hz
Voltage Ratio @ no load	:	As per attached Rating Plate Drawing
Cooling	:	ONAN
HV Terminals	:	4 Nos top mounted Plug-in Bushings (Termination kit, connectors, glands & lugs excluded).
LV Terminals	:	3 Nos top mounted Porcelain Bushings with Palm Connectors (Lugs & Glands excluded)
Fittings	:	Rating and Connection Plate, Earthing Terminals, Lifting Lugs, Skid Base Channel, Vertical Oil Level Switch, Prismatic Oil Level Gauge, Oil Temperature Indicator with contacts, Pressure Relief Device with one contact, Filter & Drain valve, Drain valve, Filter Valve, Jacking pads, Thermometer pocket, Marshalling Box
Tank Type	:	Welded steel tank with bolted top cover
Finish	:	The transformer painted as per attached Painting Procedure
Specification	:	IEC-60076

\\mawson\Dr\offers\9535-3150-Multi Type-Razia-4.16-6-6-11kV.doc

(Please reply to "Works" address)



برج الصقر، شارع النمر، ص ب : ٤٤٩٠٣، أبوظبي، أ.ع.م. - تلفون: ٦٤١٨٠٤٤ (٢-٩٧١)، فاكس: ٦٣١٨٠٠٧ (٢-٩٧١)
العمل : ص ب : ٩٧٦٩، مصفح، أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة - تلفون: ٥٥١١٣٦٦ (٢-٩٧١)، فاكس: ٥٥١١٣٥٠ (٢-٩٧١)
H.O. : Falcon Tower, Al Nair Street, P.O. Box: 44903, Abu Dhabi, U.A.E. - Tel. : (971-2) 6318044, Fax: (971-2) 6318007
Works : P.O. Box : 9769, Mussafah, Abu Dhabi, U.A.E. - Tel. : (971-2) 5511366, Fax : (971-2) 5511250
E-mail : ftc2000@emirates.net.ae Website : www.ancuae.com



The performance figures given below apply at a reference temperature of 75°C and are subject to the tolerance of IEC-60076. Temperature rises are measured after continuous operation in an ambient temperature not exceeding 50°C.

Rating (kVA)	:	3333 kVA at 50Hz/4000 kVA at 60Hz
Basic Insulation Levels	:	
Impulse Voltage	:	125kVp on HV
Power frequency Voltage	:	50kV rms on HV, 3kV rms on LV
Dimensions (L x W x H):	:	1900 x 1600 x 2200 (mm)

* All Dimensions are subject to -10% Tolerance



Anexo C. Características técnicas de los transformadores

federal transformers co. l.l.c.
Abu Dhabi, United Arab Emirates

ITEM CODE :

DISTRIBUTION TRANSFORMER

REFERENCE STANDARD EC 60076
kVA 3333/4000
TYPE OF COOLING ONAF
AMBIENT TEMPERATURE °C 90
PHASES 3
INSULATION LEVEL HV U 125 AC 50 ACS
SERIAL NO. *
YEAR OF MFG. *
UNTANNING WEIGHT Kg 4300
OL WEIGHT Kg 1800
TOTAL WEIGHT Kg 6000
TRANSPORT WEIGHT Kg 6000
TEMPERIE OIL/Wdg. °C 50/55

L.V. SIDE

H.V. SIDE

SELECTOR SWITCH-A FOR VECTOR GROUP
 SELECTOR SWITCH-B FOR VOLTAGE CHANGEOVER
 SELECTOR SWITCH-C FOR VOLTAGE REGULATION

HV VOLTAGE (V) @ 50Hz	IMPEDANCE % @ 50Hz	HV VOLTAGE (V) @ 60Hz	IMPEDANCE % @ 60Hz
3467	+	4180	+
7250	+	7200	+
11000	+	10000	+
22000	+	20000	+

VECTOR GROUP	LV VOLTS @ 50Hz (V)	LV CURRENT (A)	HV VOLTAGE @ 50 Hz (V)	HV CURRENT @ 50 Hz (A)	SELECTOR SWITCH-A POS.	SELECTOR SWITCH-B POS.	SELECTOR SWITCH-C POS.					
Ynd11	400	4811	22000	87	1	I	1					
			18334	105			2					
			14400	134			3					
			12010	160			4					
			11000	175			1					
			9187	210			2					
Dd0	400	4811	7250	267	2	II	3					
			6005	320			4					
			12702	152			1					
			10585	182			2					
			8314	231			3					
			6934	278			4					
Ynd11	480	4811	3351	303	1	I	1					
			5293	364			2					
			4157	463			3					
			3467	555			4					
			Dd0	480			4811	26400	87	2	II	1
								22000	105			2
17280	134	3										
14412	160	4										
13200	175	1										
11000	210	2										
Ynd11	480	4811	8640	267	1	I	3					
			7200	320			4					
			15242	152			1					
			12702	182			2					
			9977	231			3					
			8321	278			4					
Dd0	480	4811	7621	303	2	II	1					
			6351	364			2					
			4955	463			3					
			4160	555			4					

NOTE:- * MARKED ACTUAL VALUES SHOULD BE PUNCHED AFTER FINAL TEST.

MATERIAL	STAINLESS STEEL
THICKNESS	0.9mm
COLOUR	METALIC BACKGROUND WITH BLACK LETTERS

REV	ZONE	DATE	MODIFICATION	DRAWN	CHECKED	APPROVED

federal transformers co. l.l.c.

	NAME	DATE
DESIGNED	P.K.SAHOO	14.06.11
DRAWN	AJEEESH	14.06.11
CHECKED	P.K.SAHOO	14.06.11
APPROVED	K.R.M	14.06.11

SCALE : NTS

**RATING PLATE DETAILS OF 3333 kVA 50Hz
4000 kVA 60Hz DISTRIBUTION TRANSFORMER**

WORK ORDER NO :
DRG.NO.: 4 RP 9294

76

Anexo D. Características del medidor de energía

Advanced energy metering

ION8600

Functions and characteristics



PowerLogic ION8600 socket meter

Used to monitor electric energy provider networks, service entrances and substations, PowerLogic ION8600 meters are ideal for independent power producers and cogeneration applications that need to accurately measure energy bi-directionally in both generation and stand-by modes. These meters give utilities the tools to manage complex energy supply contracts that include commitments to power quality. Integrate them with our StruxureWare Power Monitoring (ION Enterprise™) operations software or other energy management and SCADA systems through multiple communication channels and protocols, including MV-90, Modbus and DNP.

Applications

- Tariff metering
- Co-generation and IPP monitoring
- Compliance monitoring
- Power quality analysis
- Demand and power factor control
- Load curtailment
- Equipment monitoring and control
- Energy pulsing and totalisation
- Instrument transformer correction

Main characteristics

ANSI C12.20 Class 0.2, IEC 62053-22/23 Class 0.2S metering

For interconnection points on medium, high, and ultra-high voltage networks in compliance with IEC 62053-22/23 Class 0.2S, IEE 519

Power quality compliance monitoring

Monitor compliance with international quality-of-supply standards (EN50160, IEC61000-4-7, IEC61000-4-15, CBEMA/ITIC)

Digital fault recording

Simultaneous capture of voltage and current channels for sub-cycle disturbances

Complete communications

Multi-port, multi-protocol access serial ports, infrared data port, internal modem, Itron software support, optional IRIG-B port; supports concurrent Ethernet, serial, and modem communications

Multiple tariffs and time-of-use

Apply tariffs, seasonal rate schedules to measure energy and demand values for time periods with specific billing requirements

Multiple setpoints for alarm and I/O functions

A total of 65 setpoints are configurable for 1-second or 1/2-cycle operation.

Power quality summary

Consolidation of all the power quality characteristics into a single trendable index

Integrate with software

Easily integrate with StruxureWare Power Monitoring (ION Enterprise) operations software or other energy management systems; MV-90, DNP, Modbus, UTS, Pacis and third-party SCADA packages

Transformerline loss compensation

Determine technical system losses in real time

Instrument transformer correction

Save money and improve accuracy by correcting for less accurate transformers

Alarm notification via email

High-priority alarms, data logs sent directly to the user's PC. Instant notification of power quality events by email

Part numbers

ION8600 meters

ION8600A	M8800A
ION8600B	M8800B
ION8600C	M8800C

See page 6 for complete part number descriptions.

Options

See page 7.

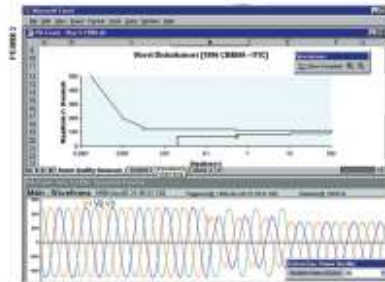
ION8600

Functions and characteristics (cont.)



PowerLogic ION8600 socket meter.

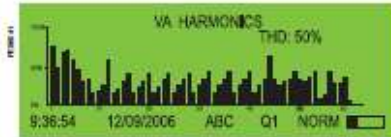
- 1 Blades
- 2 Optical port
- 3 Main display status bar
- 4 Watt LED
- 5 Navigation, AL7/Enter buttons
- 6 VAR LED
- 7 Form factor label
- 8 Demand reset switch



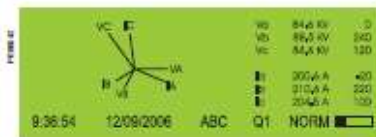
Disturbance waveform capture and power quality report

Selection guide		ION8600A	ION8600B
General			
Use on LV, MV and HV systems		■	■
Current accuracy		0.1 %	0.1 %
Voltage accuracy		0.1 %	0.1 %
Power accuracy		0.2 %	0.2 %
Samples/cycle		256	256
Instantaneous rms values			
Current, voltage, frequency (Class 0.2S)		■	■
Active, reactive, apparent power Total and per phase		■	■
Power factor Total and per phase		■	■
Current measurement range		0.001 - 20A	0.001 - 20A
Energy values			
Active, reactive, apparent energy		■	■
Settable accumulation modes		■	■
Demand values			
Current Present and max. values		■	■
Active, reactive, apparent power Present and max. values		■	■
Predicted active, reactive, apparent power		■	■
Synchronisation of the measurement window		■	■
Demand modes: Block (sliding), thermal (exponential)		■	■
Power quality measurements			
Harmonic distortion Current and voltage		■	■
Individual harmonics Via front panel		63	31
Waveform / transient capture		■ ⁽¹⁾	-
Harmonics: magnitude, phase and interharmonics		■	■
Detection of voltage sags and swells		■ ⁽¹⁾	■
IEC 61000-4-30 Class A/S		■	-
IEC 61000-4-15 (Flicker)		■ ⁽¹⁾	-
High speed data recording (down to 10 ms)		■	-
EN50160 compliance reporting		■ ⁽¹⁾	-
Programmable (logic and math functions)		■	■
Data recording			
Onboard memory (in Mbytes)		10 ⁽¹⁾ , 4 ⁽²⁾	2
Revenue logs		■	■
Event logs		■	■
Historical logs		■	■
Harmonics logs		■	■
Sags/swells logs		■	■
Transient logs		■	■
Time stamping to 1ms		■	■
GPS synchronisation (IRIG-B standard)		■	■
Display and I/O			
Front panel display		■	■
Wiring self-test		■	■
Pulse output (front panel LED)		2	2
Digital or analogue inputs ⁽³⁾ (max)		11	11
Digital or analogue outputs ⁽³⁾ (max, including pulse output)		16	16
Communication			
RS 485 / RS 232 port		1	1
RS 485 port		1	1
Infrared port		1	1
Ethernet port (Modbus/TCP/IP protocol) with gateway		1	1
HTML web page server MeterM@ll (email alarms & data logs)		■	■
Internal modem with gateway (ModemGate)		1	1
IRIG-B port (unmodulated IRIG B00x time format)		1	1
Modbus TCP Master / Slave (Ethernet port)		■ / ■	- / ■
Modbus RTU Master / Slave (Serial ports)		■ / ■	- / ■
DNP 3.0 through serial, modem, and optical ports		■	■

(1) Feature set 'A' only.
 (2) Feature set 'B' only.
 (3) With optional I/O Expander.
 (4) For RS, 36S only. For 36S system up to 400V line-to-line.



PowerLogic ION8600 front panel harmonic display.



ION8600 front panel phasor display and table.

Electrical characteristics

Type of measurement	True rms up to the 63 rd harmonic Up to 256 samples per cycle Up to 5 kHz for transient events	
Measurement accuracy	Current and voltage	0.2 %
	Power	0.2%
	Frequency	±0.005 Hz
	Power factor	0.2%
	Energy	IEC 62053-22/23 (0,20)
Data update rate	1/2 cycle or 1 second (depending on value)	
Input-voltage characteristics	Measured voltage	57V to 277V autoringing (90) 120V to 480V autoringing (350)
	Overload	120 - 277 (+/-20%) VLN RMS, 6 hours max ⁽¹⁾ (standard); 57.7 - 69.3 (+/- 20%) VLN rms, 6 hours max ⁽¹⁾ (low voltage); 120 - 480 (+/- 20%) VLL rms, 6 hours max ⁽¹⁾ (350)
	Impedance	5 MΩ /phase (phase-Uref/Ground)
	Inputs	V1, V2, V3, VREF
Input-current characteristics	Rated nominal/current class	5 A and/or 10 A (Standard, class 10/20) 1 A, 2 A and 5 A (Optional, class 1/10)
	Measurement range	0.05 - 20 A autoringing (5A nominal) 0.01 - 10 A autoringing (1A nominal)
	Permissible overload	500 A rms for 1 second, non-recurring (standard) 200 A rms for 1 second, non-recurring (optional)
	Impedance	0.002 Ω per phase (Standard IEC 5 A and 10 A) 0.015 Ω per phase (Optional IEC 1 A to 10 A)
	Burden	Low current switchboard: 0.05VA per phase at 1A; Standard switchboard - 0.20VA per phase at 5A; All socket mounts - 0.05VA per phase at 5A
Power supply	Standard power supply	120-277 VLN RMS (-15%/+20%) 47-63 Hz or 120-480 VLN RMS (-15%/+20%) 47-63 Hz (350)
	Low voltage power supply, blade powered	57-70 (-15%/+20%) VLN RMS, 47-63 Hz (350 unavailable)
	Auxiliary powered, low voltage	AC: 65-120 (+/- 15%) VLN RMS, 47-63 Hz DC: 80-160 (+/- 20%) VDC
	Auxiliary powered, high voltage	AC: 160-277 (+/- 20%) VLN RMS, 47-63 Hz DC: 200-350 (+/- 20%) VDC
	Ride-through time, (Standard power supply)	Min 100 ms (6 cycles at 60 Hz at 95 VAC), 200 ms (12 cycles at 60 Hz at 120 VAC), 800 ms (48 cycles at 60 Hz at 240 VAC)
	Ride-through time, 57-70 VAC (Low voltage supply)	Min 100 ms or 6 cycles 60 Hz at 46 VAC
Input/outputs	Digital outputs (Form C)	4 Solid state relays (130 VAC/ 200 VDC) 100 mA AC/DC
	Digital outputs (Form A)	4 Solid state relays (via optional I/O Expander)
	Digital inputs	4 Solid state inputs (via optional I/O Expander)

Mechanical characteristics

Weight	7.0 kg	
IP degree of protection	Socket	Front IP65, back IP51
	Switchboard	Front IP50, back IP30
Dimensions	Socket	178 x 237 mm
	Switchboard	285 x 228 x 163 mm

Environmental conditions

Operating temperature	-40°C to +85°C
Display operating range	-20°C to +60°C
Storage temperature	-40°C to +85°C
Humidity rating	5 to 95 % RH non-condensing
Pollution degree	2
Installation category	Cat III
Dielectric withstand	2.5kV, 50Hz, 1 min

Electromagnetic compatibility

Electrostatic discharge	IEC 61000-4-2
Immunity to radiated fields	IEC 61000-4-3
Immunity to fast transients	IEC 61000-4-4
Immunity to surge	IEC 61000-4-5
Immunity conducted	IEC61000-4-6
Damped oscillatory waves Immunity	IEC61000-4-12
Conducted and radiated emissions	CISPR 22 (class B)

Safety

Europe	As per IEC62052-11
North America	As per ANSI C12.1

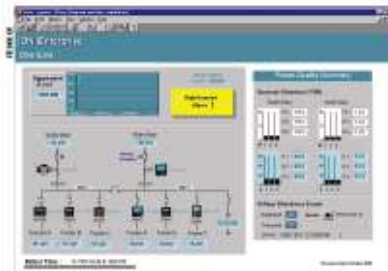
(1) Specifications are limited by the operating range of the power supply if a non-aux power supply is used.

ION8600

Functions and characteristics (cont.)



Example embedded webserver page (WebMeter) showing real-time values.

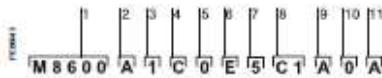


Communication	
RS 232 / RS 485 port (COM1)	User-selectable RS 232 or RS 485. 300 - 115,200 bps (RS485 limited to 57,600 bps); protocols: ION, Modbus/RTU, DNP 3.0, GPSTRTIME/ DATUM.
Internal modem port (COM2)	300 bps-56k bps
ANSI 12.18 Type II optical port (COM3)	Up to 19200 bauds
RS 485 port (COM4)	Up to 57,600 bauds, Modbus, direct connection to a PC or modem
Ethernet port	10/100 BaseT, RJ45 connector, protocols: DNP, ION
EtherGate	Up to 31 slave devices via serial port at 10Mbytes/sec.
ModemGate	Up to 31 slave devices
Firmware characteristics	
High-speed data recording	Up to 1/2-cycle interval burst recording, stores detailed characteristics of disturbances or outages. Trigger recording by a user-defined setpoint, or from external equipment
Harmonic distortion	Up to 53rd harmonic for all voltage and current inputs
Sag/swell detection	Analyse severity/potential impact of dips and swells: - magnitude and duration data suitable for plotting on voltage tolerance curves - per phase triggers for waveform recording or I/O operations
Instantaneous	High accuracy (1s) or high-speed (1/2 cycle) measurements, including true rms per phase / total for: - voltage and current - active power (kW) and reactive power (kVAR) - apparent power (kVA) - power factor and frequency - voltage and current unbalance - phase reversal
Load profiling	Channel assignments are user configurable: - 800 channels via 50 data recorders (feature set A), - 320 channels via 20 data recorders (feature set B), - 32 channels via two data recorders (feature set C). Configure for historical trend recording of energy, demand, voltage, current, power quality, other measured parameter. Recorders can trigger on time interval basis, calendar schedule, alarm/event condition, manually.
Waveform captures	Simultaneous capture of all voltage and current channels - sub-cycle disturbance capture (16 to 256 samples/cycle) - maximum cycles is 214,000 (16 samples/cycle x 96 cycles, 10Mbytes memory)
Alarms	Threshold alarms: - adjustable pickup and dropout setpoints and time delays, numerous activation levels possible for a given type of alarm - user-defined priority levels - boolean combination of alarms
Advanced security	Up to 16 users with unique access rights. Perform resets, time syncs, or meter configurations based on privileges.
Transformer correction	Correct for phase / magnitude inaccuracies in current transformers (CTs), potential transformers (PTs)
Memory	10 Mbytes (A), 4 Mbytes (B), 2 Mbytes (C)
Firmware update	Update via communication ports
Display characteristics	
Type	FSTN transreflective LCD
Backlight	LED
Languages	English

(1) All the communication ports may be used simultaneously.

ION8600

Functions and characteristics (cont.)



Example product part number.

- 1 Model.
- 2 Feature set.
- 3 Form factor.
- 4 Current inputs.
- 5 Voltage inputs.
- 6 Power supply.
- 7 System frequency.
- 8 Communications.
- 9 Onboard inputs/outputs.
- 10 Security.
- 11 Special order.



PowerLogic ION8600 meter with switchboard case

Part Numbers		
Item	Code	Description
1 Model	M8600	Schneider Electric meter.
2 Feature Set	A	10MB memory, 50 data recorders (800 channels), waveform recorders and transient detection.
	B	4MB memory, 20 data recorders (320 channels), Modbus mastering.
	C	2MB memory, 2 data recorders (32 channels), dip/swell detection.
3 Form Factor	0	Form 90 Base: 57-277 V 3-Element, 4-Wire
	1	Form 35G Base: 120-480 V 2-Element, 3-Wire
	2	Form 35G Base: 57-277 V 2 1/2-Element, 4-Wire
	4	Form 9 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
	5	Form 35 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
	6	Form 36 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
	7	Form 9 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
	8	Form 35 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
	9	Form 36 FT21 Switchboard (meter + case) with breakouts
4 Current Inputs	C	5 Amp nominal, 20 Amp full scale (50 Amp fault capture, start at 0.005A, accurate from 0.05 - 20A rms)
	E	1 Amp nominal, 10 Amp full scale (24 Amp fault capture, start at 0.001A, accurate from 0.01 - 20A rms)
5 Voltage Inputs	0	Standard (see Form Factor above)
6 Power Supply	E	Form 90, 36G, 39G, 76G (socket) and Form 9, 36 (FT21 switchboard): 120-277 VAC, Form 35G (socket) and Form 35 (FT21 switchboard): 120-480 VAC. Powered from the meter's voltage connections.
	G	Form 90, 36G (socket) and Form 9, 36 (FT21 switchboard): 57-70 VAC. Powered from the meter's voltage connections. NOT AVAILABLE on Form 35G and Form 35 - you must select the auxiliary power digital.
	H	Auxiliary Power Digital: 65-120 VAC or 80-160 VDC (power from external source)
	J	Auxiliary Power Digital: 160-277 VAC or 200-350 VDC (power from external source)
7 System Frequency	5	Calibrated for 50 Hz systems.
	6	Calibrated for 60 Hz systems.
8 Communications	A0	RS 232/RS 485 port, RS 485 port, Infrared port.
	C1	Ethernet (10BaseT), 56k universal internal modem (RJ11), infrared optical port, RS 232/485 port (note this port is not available with feature set C)
	C7	Infrared optical port, Ethernet (10 BaseT), RS 232/485 port, RS 485 port (note: in addition to infrared optical port, Feature Set C can use any two ports (configurable)), 56k universal internal modem (RJ11)
	E0	Ethernet (10BaseT), RS 232/485 port, infrared optical port, RS 485 port (note this port is not available with feature set C).
	E1	Infrared optical port, Ethernet (10 BaseT), RS 232/485 port, RS 485 port (note: in addition to infrared optical port, Feature Set C can use any two ports (configurable))
9 Onboard I/O	A	None.
	B	4 Form C digital outputs, 3 Form A digital inputs.
	C	4 Form C digital outputs, 1 Form A digital output, 1 digital input
10 Security	0	Password protected, no security lock
	1	Password protected with security lock enabled (requires removal of outer cover to configure billing parameters)
	3*	RMICAN (Measurement Canada approved)
	4*	RMICAN-SEAL (Measurement Canada approved, and factory sealed)**
11 Special Order	A	None
	B	IRIG-B GPS time synchronization port

* For Canada only.

ION8600

Functions and characteristics (cont.)



Example order code. Use this group of codes when ordering the I/O Expander.

- 1 Digital / Analog I/O.
- 2 I/O option.
- 3 Cable option.




Part numbers (cont.)


I/O Expander		
Digital/Analog I/O	P860E	Schneider Electric I/O Expander for ION8600 meters: Inputs and Outputs for energy pulsing, control, energy counting, status monitoring, and analog interface to SCADA.
I/O option	A	External I/O box with 8 digital inputs and 8 digital outputs (4 Form A, 4 Form C)
	B	External I/O box with 8 digital inputs and 4 digital outputs (4 Form C) and 4 analog outputs (0 to 20mA)
	C	External I/O box with 8 digital inputs and 4 digital outputs (4 Form C) and 4 analog outputs (-1 mA to 1mA)
	D	External I/O box with 8 digital inputs and 4 digital outputs (4 Form C) and 4 analog outputs (two -1 to 1 mA, and two 0 to 20 mA outputs)
Cable option	0	No cable - cables for the I/O box are not ordered as a separate part number. Refer to part numbers: CBL-8X00ICE5FT, CBL-8X00ICE15FT and CBL-8X00-BOP-IOBOX under Connector cables, below.
A-base adapters		
A-BA8E-ADAPTER-8		Form 98 to Form 9A adapter
A-BA8E-ADAPTER-35		Form 35G to Form 35A adapter
Optical communication interface		
OPTICAL-PROBE		Optical communication interface
Connector cables		
CBL-8X00BRKOUT		Breakout Cable: 24-pin female Molex connector to one DB9 female connector for RS 232, and 2 sets of twisted pair wires for two RS 485 port connections
CBL-8X00ICE6FT		6' extension cable, mates with 24-pin male Molex connector from the meter to the 24-pin female Molex connector on the I/O Expander box (not for use with breakout panel ES, F8 & G8 form factors)
CBL-8X00ICE16FT		16' extension cable, mates with 24-pin male Molex connector from the meter to the 24-pin female Molex connector on the I/O Expander box (not for use with breakout panel ES, F8 & G8 form factors)
CBL-8XX8-BOP-IOBOX		6' connector cable, 24-pin male to 14-pin male Molex connector for connecting an ION8600 meter with breakout panel to an I/O Expander Box

Anexo E. Rutinas de mantenimiento módulo de generación


Tareas 250 H iniciales.

										
PM #						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS	
JKK	JKK-MEC-01	VERIFICAR PRESION DEL CARTER			MEC	250				
JKK	JKK-MEC-02	MUESTRA SOS			MEC	250				
JKK	JKK-MEC-03	MEDICION PROYECCION DE VALVULAS			MEC	250				
OBSERVACIONES										


Tareas 500 H

										
PM #						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	DESCR	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
JKK	JKK-MEC-06	DRENAR FILTRO DE VAPORES DEL CARTER	211-5897	4	BREATHER	MEC	500			
JKK	JKK-MEC-07	INSPECCIONAR INDICADOR DE RESTRICCION DEL FILTRO DE AIRE/ PROGRAMAR CAMBIO ANTES DE 1000 HORAS?	208-9065	2	FILTRO	MEC	500			
OBSERVACIONES										


Tareas 1000 H

										
PM#						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	DESCR	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
JKK	JKK-MEC-08	REGISTRO DE PRESION DE CARTER				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-09	INSPECCIONAR DAMPER				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-10	INSPECCION RESTRICCION DE FILTROS DE GASES DEL CARTER (PROGRAMAR CAMBIO)				ELE	1000			
JKK	JKK-MEC-11	INSPECCION RESTRICCION DE FILTROS DE COMBUSTIBLE (PROGRAMAR CAMBIO)	390-8986	1	FILTRO	MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-12	INSPECCION DE ESCAPE/FUGAS				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-13	INSPECCION DE MANGUERAS Y ABRAZADERAS				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-14	INSPECCION VISUAL DE SISTEMA DE ADMISION				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-15	DRENAR AFTERCOOLER/CONDENSACION				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-16	INSPECCION / CAMBIO DE CORREAS DEL ALTERNADOR				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-17	INSPECCION / CAMBIO DE CORREAS DEL VENTILADOR	141-7116	1	BELT	MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-18	OBTENER MUESTRA SOS DE REFRIGERANTE				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-19	INSPECCIONAR NIVEL DE REFRIGERANTE / ADICIONAR				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-20	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	7X-2469	110		MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-21	CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE	275-2604	3		MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-22	OBTENER MUESTRA SOS DE ACEITE				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-23	LIMPIEZA DE RESPIRADEROS Y FILTROS DEL CARTER	211-5897	4	BREATHER	MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-24	CAMBIO DE FILTROS DE AIRE	208-9065	2	FILTRO	MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-25	CALIBRACION DE VALVULAS ADMISION Y ESCAPE				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-25A	MEDICION Y REGISTRO DE PROYECCION DE VALVULAS ADMISION Y ESCAPE				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-26	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR	454-0291	0,5	GREASE	MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-27	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR	454-0291	0,5	GREASE	MEC	1000			
JKK	JKK-ELE-02	REVISION NIVEL DE LIQUIDO EN BATERIAS				ELE	1000			
JKK	JKK-ELE-03	INSPECCIONAR / AJUSTAR TIEMPO DE IGNICION /VERIFICAR DETONACION				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-31	LAVADO DE RADIADOR				MEC	1000			
JKK	JKK-MEC-32	LAVAR MOTOR CON AGUA A PRESION				MEC	1000			
OBSERVACIONES										


Tareas 2000 H.

										
PM #						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	DESCR	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
JKK	JKK-ELE-09	MEDICION DEL GAP DEL PMG				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-11	INSPECCION Y AJUSTE DE CABLEADO DE SEÑALES, CONTROL Y ALIMENTACION DEL SWG Y AUXILIARES				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-12	LIMPIEZA DE BORNES DE BATERIAS / AJUSTE DE CABLEADO				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-13	LIMPIEZA DE SWG Y CONTROLES				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-14	LIMPIAR/INSPECCIONAR SENSOR TIEMPO/VELOCIDAD	229-5706	1	SENSOR	ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-15	INSPECCIONAR / LIMPIAR SENSORES DE NIVEL DE COOLANT				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-16	LIMPIAR/ INSPECCIONAR / CAMBIAR ALTERNADOR	333-1184	1	ALTERNADOR	ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-17	INSPECCION DE SENSORES/ARNES				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-19	VERIFICAR AJUSTES DE PROTECCION DEL MOTOR Y GENERADOR				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-20	INSPECCION DE CARGADOR DE BATERIAS				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-21	APLICAR PROTECTOR UV A LAS ACOMETIDAS 480V				ELE	2000			
JKK	JKK-MEC-33	INSPECCIONAR JUEGO AXIAL DEL CIGÜEÑAL				MEC	2000			
JKK	JKK-MEC-34	INSPECCIONAR TURBOCARGADORES				MEC	2000			
JKK	JKK-MEC-35	CHEQUEAR SOPORTES DEL MOTOR AL BASTIDOR				MEC	2000			
JKK	JKK-ELE-07	MEDIR AISLAMIENTO DEL GENERADOR / PROCESO DE SECADO EN EL GENERADOR				ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-08	INSPECCION DE DIODOS Y VARISTOR DE PLATO RECTIFICADOR / AJUSTAR CONEXIONES	298-3648	1	HEAT SINK AS	ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-10	LUBRICAR RODAMIENTO DEL GENERADOR GRASA	454-0291	0,5	GREASE	ELE	2000			
JKK	JKK-ELE-18	VERIFICAR AJUSTES DEL CDVR				ELE	2000			
OBSERVACIONES										

Tareas 3000 H.


										
PM #						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	DESCR	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
JKK	JKK-MEC-36	INSPECCIONAR/REEMPLAZAR BUJIAS	284-8313	16	BUJÍA	MEC	3000			
OBSERVACIONES										

Tareas 4000 H.


										
PM#						HOROMETRO				
GEN SET						FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	DESCR	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
JKK	JKK-MEC-37	MEDICION / DOCUMENTAR BLOWBY				MEC	4000			
JKK	JKK-MEC-38	MEDIR / DOCUMENTAR PRESION EN CILINDROS				MEC	4000			
JKK	JKK-MEC-41	INSPECCION VALVULA BYPASS DE ESCAPE EN TURBOCARGADORES				MEC	4000			
JKK	JKK-MEC-42	INSPECCION VALVULA DE MEDICION DE COMBUSTIBLE				MEC	4000			
JKK	JKK-MEC-43	INSPECCION DE MOTORES DE ARRANQUE	352-9766	2	MOTOR DE ARRANQUE	MEC	4000			
JKK	JKK-MEC-44	INSPECCION DE BOMBA DE AGUA				MEC	4000			
OBSERVACIONES										

Anexo F. Rutinas de mantenimiento módulo de transformación

Tareas 90 D.

									
PM #					HOROMETRO				
GEN SET					FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
TM	TM-ELE-01	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL CARGADOR DE BATERÍAS Y CABLEADO			ELE	90			
TM	TM-ELE-02	RETORQUEAR BORNES DE CARGADOR DE BATERÍAS			ELE	90			
TM	TM-ELE-03	INSPECCIONAR VISUALMENTE BORNES DE SISTEMA DE VENTILACIÓN DE TRANSFORMADORES			ELE	90			
TM	TM-ELE-04	INSPECCIONAR ESTADO DE CUBA DE ACEITE DE TRANSFORMADOR			ELE	90			
TM	TM-ELE-05	INSPECCIONAR VISUALMENTE CONTENEDOR DE ACEITE DE TRANSFORMADOR			ELE	90			
TM	TM-ELE-06	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DE ALETAS DE RADIADOR DE TRANSFORMADOR			ELE	90			
TM	TM-ELE-07	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DE BORNES DE TRANSFORMADOR			ELE	90			
TM	TM-ELE-08	REALIZAR TERMOGRAFIA			ELE	90			
TM	TM-ELE-09	VERIFICACION DEL TORQUE DEL BARRAJE DEL MODULO (DEPENDIENDO DE LOS RESULTADOS DE LA TERMOGRAFIA)			ELE	90			
TM	TM-ELE-10	REALIZAR ULTRASONIDO			ELE	90			
OBSERVACIONES									

Tareas 180 D.

									
PM #					HOROMETRO				
GEN SET					FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
TM	TM-ELE-11	INSPECCIONAR ESTADO DE BORNES DE CARGADOR DE BATERÍAS			ELE	180			
TM	TM-ELE-12	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE OPERACIÓN DE VENTILADORES			ELE	180			
TM	TM-ELE-13	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE GUARDAMOTOR DE VENTILADORES			ELE	180			
TM	TM-ELE-14	INSPECCIONAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE PUSHBUTTONS DE LOS POWERLOGICS.			ELE	180			
TM	TM-ELE-15	INSPECCIONAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE PUSHBUTTONS DE LOS RTK.			ELE	180			
TM	TM-ELE-16	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO DE PULSADORES DEL RELÉ DEIF			ELE	180			
TM	TM-ELE-17	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ DEIF			ELE	180			
TM	TM-ELE-18	PROBAR FUNCIONAMIENTO DE RELÉS DE PROTECCIONES MECÁNICAS DEL TRANSFORMADOR			ELE	180			
TM	TM-ELE-19	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE PTS Y CTS			ELE	180			
TM	TM-ELE-20	INSPECCIONAR Y LIMPIAR BORNES			ELE	180			
TM	TM-ELE-21	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE CTS DE PROTECCIÓN			ELE	180			
TM	TM-ELE-22	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE PTS Y CTS			ELE	180			
TM	TM-ELE-23	INSPECCIONAR Y LIMPIAR BORNES			ELE	180			
TM	TM-ELE-24	INSPECCIONAR VISUALMENTE CABLE DE HACIA MALLA DE PUESTA A TIERRA DE SECCIONADORES DE CELDA DE MANIOBRA			ELE	180			
TM	TM-ELE-25	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL SECCIONADORES CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA DE CELDA DE MANIOBRA			ELE	180			
TM	TM-ELE-26	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL SECCIONADORES DE FEEDER			ELE	180			
TM	TM-ELE-27	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL SECCIONADORES FEEDER			ELE	180			
TM	TM-ELE-28	REALIZAR MEDICIONES DE AISLAMIENTO Y CONTINUIDAD DEL CABLE DE POTENCIA HACIA EL BORNE DE SALIDA			ELE	180			
TM	TM-ELE-29	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL SECCIONADOR DE BAJA			ELE	180			
TM	TM-ELE-30	REALIZAR LIMPIEZA Y RETORQUEO DE CONEXIONES DE SECCIONADORES DE BAJA			ELE	180			
TM	TM-ELE-31	RETORQUEAR BORNES DE SISTEMA DE VENTILACIÓN DE TRANSFORMADORES			ELE	180			
TM	TM-ELE-32	MEDIR AISLAMIENTO DE CABLE DE BAJA DEL TRANSFORMADOR			ELE	180			
TM	TM-ELE-33	MEDIR AISLAMIENTO DE CABLE DE MEDIA DEL TRANSFORMADOR			ELE	180			
TM	TM-ELE-34	MEDIR CONTINUIDAD DEL CABLE DE BAJA DEL TRANSFORMADOR			ELE	180			
TM	TM-ELE-35	MEDIR CONTINUIDAD DEL CABLE DE MEDIA DEL TRANSFORMADOR			ELE	180			
TM	TM-ELE-36	MEDIR CONTINUIDAD DEL CABLEADO DE SEÑALES DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y NIVEL DE ACEBITE DEL TRANSFORMADOR.			ELE	180			
TM	TM-ELE-37	RETORQUEAR BORNES DE TRANSFORMADOR HACIA EL CONTROL			ELE	180			
TM	TM-ELE-38	VERIFICAR ESTADO DE BORNERAS DE TRANSFORMADOR HACIA EL CONTROL			ELE	180			
TM	TM-ELE-39	VERIFICAR SEÑALES DE ESTADO EN EL ANUNCIADOR			ELE	180			
OBSERVACIONES									

Tareas 360 D.

									
PM #					HOROMETRO				
GEN SET					FECHA				
GEN	TAREA	DESCRIPCION	RPTOS	QTY	GRUPO	FREC	SI	NO	COMENTARIOS
TM	TM-ELE-40	INSPECCIONAR ESTADO DE DUCTOS DE CABLEADO DEL CONTENEDOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-41	INSPECCIONAR ESTADO DE LAS PUERTAS DE ACCESO DEL CONTENEDOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-42	INSPECCIONAR ESTADO DE LAS REJILLAS DE DUCTOS DE CABLEADO DEL CONTENEDOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-43	INSPECCIONAR ESTADO DE LAS REJILLAS DE VENTILACIÓN DEL CONTENEDOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-44	INSPECCIONAR VISUALMENTE PERILLAS DE RELÉ VIP 300			ELE	360			
TM	TM-ELE-45	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE CONTROL Y PROTECCIONES DE TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-46	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO DE LOS POWERLOGICS			ELE	360			
TM	TM-ELE-47	PROBAR FUNCIONAMIENTO DE TERMÓSTATO Y RELÉ.			ELE	360			
TM	TM-ELE-48	PROBAR PROTECCIONES DEL RELÉ DEIF			ELE	360			
TM	TM-ELE-49	PROBAR PROTECCIONES DEL RELÉ VIP 300			ELE	360			
TM	TM-ELE-50	RECALIBRAR POWERLOGIC ION			ELE	360			
TM	TM-ELE-51	AJUSTAR CONTACTOS DE INTERRUPTORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-52	INSPECCIONAR VISUALMENTE LA CARCASA DEL INTERRUPTOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-53	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CABLES Y BORNERAS DE INTERRUPTORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-54	INSPECCIONAR VISUALMENTE EL ESTADO DE CONTACTOS DE INTERRUPTORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-55	INSPECCIONAR VISUALMENTE QUE SE ESTÁN DANDO LAS SEÑALES DE ESTADO OPERACIONAL DE LOS INTERRUPTORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-56	PROBAR FUNCIONAMIENTO DE INTERRUPTORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-57	MEDIR RESISTENCIA DE LOS FUSIBLES DE LOS PTS			ELE	360			
TM	TM-ELE-58	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DE CONTACTOS DE SECCIONADORES CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA DE CELDA DE MANIOBRA			ELE	360			
TM	TM-ELE-59	INSPECCIONAR VISUALMENTE QUE SE ESTÁN DANDO LAS SEÑALES DE ESTADO OPERACIONAL DE LOS SECCIONADORES CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA DE LA CELDA DE MANIOBRA			ELE	360			
TM	TM-ELE-60	MEDIR AISLAMIENTO DE SECCIONADORES CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA DE CELDA DE MANIOBRA Y DE CABLES			ELE	360			
TM	TM-ELE-61	PROBAR FUNCIONAMIENTO DE SECCIONADORES CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA DE CELDA DE MANIOBRA			ELE	360			
TM	TM-ELE-62	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DE CONTACTOS DE SECCIONADORES DE FEEDER			ELE	360			
TM	TM-ELE-63	INSPECCIONAR VISUALMENTE QUE SE ESTÁN DANDO LAS SEÑALES DE ESTADO OPERACIONAL DE LOS SECCIONADORES DE FEEDER			ELE	360			
TM	TM-ELE-64	INSPECCIONAR ESTADO DE BORNES DE FEEDER			ELE	360			
TM	TM-ELE-65	MEDIR AISLAMIENTO DE SECCIONADORES DE FEEDER Y CABLES			ELE	360			
TM	TM-ELE-66	PROBAR FUNCIONAMIENTO DE SECCIONADORES DE FEEDER			ELE	360			
TM	TM-ELE-67	PROBAR FUNCIONAMIENTO DEL SECCIONADOR DE FEEDER PARA QUE FUNCIONE EN POSICIÓN CERRADA			ELE	360			
TM	TM-ELE-68	RETORQUEAR BORNES DE FEEDER			ELE	360			
TM	TM-ELE-69	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DEL SENSOR DE NIVEL DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-70	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-71	INSPECCIONAR VISUALMENTE ESTADO DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-72	MEDIR AISLAMIENTO DE TRANSFORMADORES			ELE	360			
TM	TM-ELE-73	MEDIR RESISTENCIA DE DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-74	RETORQUEAR BORNES DE TRANSFORMADOR			ELE	360			
TM	TM-ELE-75	VERIFICAR RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA LOS AJUSTES DEL TAP			ELE	360			
OBSERVACIONES									

Anexo G. Historial de fallas 2019

Fecha	Id equipo	Motivo	Horómetro de la falla	Tiempo acumulado indisponible (hrs)
11-ene-19	Módulo de generación 2	Falla cilindro # 16	14087	0,3
15-ene-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6	14165	0,6
18-ene-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 16	14227	1,1
22-ene-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 10 y 15	12748	0,5
22-ene-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 2	12751	0,1
24-ene-19	Módulo de generación 3	Bajo nivel de refrigerante	12800	0,4
28-ene-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6,7 y 10	14377	0,1
30-ene-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 16	14432	0,1
31-ene-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 16	14452	0,1
1-feb-19	Módulo de generación 2	Apertura de interruptor por sobrecarga	14473	3,5
13-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	15709	1,0
13-feb-19	Módulo de generación 2	Baja temperatura cilindro # 2	14694	0,5
13-feb-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6	14701	0,3
14-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 14	15721	0,1
14-feb-19	Módulo de generación 4	Cambio de sensor de detonación	15724	0,4
18-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación en cilindro # 14	15822	0,2
19-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	15843	0,1
20-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	15867	0,1
24-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 14	15930	1,2
26-feb-19	Módulo de generación 4	Detonación en cilindro # 1	15983	0,2
9-mar-19	Módulo de generación 1	Revisión de sistema de refrigerante	15992	10,0
10-mar-19	Módulo de generación 1	Revisión de sistema de refrigerante	16002	27,0
17-mar-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 10	15217	0,4
17-mar-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 4	15230	0,6
18-mar-19	Módulo de generación 4	Adición de refrigerante	16339	0,5
24-mar-19	Módulo de generación 4	Cambio termocupla cilindro # 7	16421	1,5
28-mar-19	Módulo de generación 4	Montaje de modulo rtd	16495	4,2
30-mar-19	Módulo de generación 2	Cambio de baterías	15455	0,2
12-abr-19	Módulo de generación 3	Inspección de fuga de refrigerante	14166	0,7
12-abr-19	Módulo de generación 1	Cambio sensor de presión del compresor	16629	0,5
14-abr-19	Módulo de generación 4	Inspección fuga de refrigerante	16808	1,1
18-abr-19	Módulo de generación 3	Paro de emergencia activo	14270	0,5
18-abr-19	Módulo de generación 1	Detonación cilindros # 6 y 13	16736	0,1
21-abr-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 2	14326	0,0

21-abr-19	Módulo de generación 4	Baja presión de refrigerante	16970	0,1
21-abr-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 11	16970	0,0
23-abr-19	Módulo de generación 1	Apertura de breaker	16821	0,1
23-abr-19	Módulo de generación 1	Apertura de breaker	16825	7,9
25-abr-19	Módulo de generación 2	Cambio de baterías	15924	4,6
3-may-19	Módulo de generación 2	Cambio de pieza múltiple de escape	16061	1,6
8-may-19	Módulo de generación 4	Cambio de bujía cilindro # 15	17272	0,5
11-may-19	Módulo de generación 1	Inspección de sensor presión de descarga de turbos	17155	0,4
12-may-19	Módulo de generación 4	Baja presión de refrigerante	17362	0,1
13-may-19	Módulo de generación 1	Baterías descargadas	17166	2,0
14-may-19	Módulo de generación 1	Baterías descargadas	17194	3,2
16-may-19	Módulo de generación 1	Corrección fuga sistema de refrigeración	17213	4,0
19-may-19	Módulo de generación 4	Instalación cinta térmica arnés	17479	4,2
21-may-19	Módulo de generación 4	Fuga refrigerante	17488	11,5
21-may-19	Módulo de generación 1	Revisión del itsm no visualiza temperaturas	17327	1,8
21-may-19	Módulo de generación 1	Bajo voltaje baterías	17329	0,0
28-may-19	Módulo de generación 4	Fuga en manguera	17631	9,2
8-jun-19	Módulo de generación 1	Bajo voltaje baterías	17702	1,6
9-jun-19	Módulo de generación 1	Baja presión de refrigerante	17716	0,6
9-jun-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 5	15174	0,6
9-jun-19	Módulo de generación 1	Sobrecorriente	17722	0,2
9-jun-19	Módulo de generación 4	Sobrevoltaje	17893	0,9
10-jun-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	16847	0,4
10-jun-19	Módulo de generación 3	Detonación en cilindros	15193	0,5
12-jun-19	Módulo de generación 3	Sobrevelocidad	15234	0,2
13-jun-19	Módulo de generación 1	Detonación cilindros	17819	0,5
15-jun-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 10	15282	0,1
16-jun-19	Módulo de generación 3	Falla paro de emergencia	15327	0,1
16-jun-19	Módulo de generación 3	Falla paro de emergencia	15327	0,1
16-jun-19	Módulo de generación 3	Falla sensor de potencia	15305	0,9
16-jun-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 4	17986	0,1
18-jun-19	Módulo de generación 3	Falla eléctrica	15342	0,1
18-jun-19	Módulo de generación 3	Falla por sobrevelocidad	15342	0,8
18-jun-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	17015	0,1
18-jun-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	17019	0,9
23-jun-19	Módulo de generación 3	Falla sensor de potencia	15453	1,1
26-jun-19	Módulo de generación 3	Falla en sensor de potencia del generador	15512	0,7
6-jul-19	Módulo de generación 2	Baja temperatura en cilindro # 15	17221	1,0

7-jul-19	Módulo de generación 3	Falla en sensor de potencia del generador	15544	0,1
7-jul-19	Módulo de generación 3	Falla en sensor de potencia del generador	15546	0,3
7-jul-19	Módulo de generación 3	Falla en sensor de potencia del generador	15553	0,2
9-jul-19	Módulo de generación 3	Sobre velocidad	15582	3,4
11-jun-19	Módulo de generación 4	Falla en bujía cilindro # 13	18370	0,8
13-jul-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	18409	0,2
15-jul-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 8	15696	0,1
16-jul-19	Módulo de generación 3	Falla por sobrecorriente	15732	0,1
19-jul-19	Módulo de generación 3	Cambio de bujía cilindro # 15	15806	0,4
26-jul-19	Módulo de generación 4	Cambio de bujía	18647	0,3
30-jul-19	Módulo de generación 1	Sobrecorriente	18538	0,3
30-jul-19	Módulo de generación 4	Detonación en cilindros	18728	0,3
30-jul-19	Módulo de generación 3	Detonación en cilindros	15960	0,3
30-jul-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	17640	0,3
31-jul-19	Módulo de generación 3	Cambio de baterías	15941	0,9
6-ago-19	Módulo de generación 1	Falla sistema eléctrico	18665	0,4
7-ago-19	Módulo de generación 1	Detonación cilindro # 14	18679	1,6
10-ago-19	Módulo de generación 4	Se realiza limpieza en el regulador de presión	18940	0,1
11-ago-19	Módulo de generación 1	Detonación cilindro # 1	18759	1,3
11-ago-19	Módulo de generación 4	Revisión fuga de refrigerante	18957	10,5
11-ago-19	Módulo de generación 1	Falla en el gobernador	18770	4,9
12-ago-19	Módulo de generación 4	Revisión fuga de refrigerante	18967	18,3
12-ago-19	Módulo de generación 1	Falla en el gobernador	18775	28,9
13-ago-19	Módulo de generación 1	Falla en el gobernador	18775	52,9
14-ago-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindros # 12 y 14	17899	0,1
14-ago-19	Módulo de generación 1	Falla en el gobernador	18775	74,3
16-ago-19	Módulo de generación 3	Sobrevelocidad	16230	0,1
18-ago-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 8	17950	0,1
18-ago-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6	17950	0,1
19-ago-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 7	17975	0,1
19-ago-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 14	17977	0,1
22-ago-19	Módulo de generación 1	Cambio sensor de detonación cilindro # 2	18900	0,3
29-ago-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19006	6,9
30-ago-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19013	30,9
31-ago-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19013	54,9
1-sep-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19013	78,9
2-sep-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19013	102,9
3-sep-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecarga	19013	120,2

14-sep-19	Módulo de generación 2	Cambio de batería de la unidad micrologic	18467	0,0
17-sep-19	Módulo de generación 1	Revisión motoventilador por vibración	19299	3,6
17-sep-19	Módulo de generación 1	Falla de sobrecorriente	18532	0,1
19-sep-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 16	18575	0,3
20-sep-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 14	18578	0,1
20-sep-19	Módulo de generación 1	Reemplazo de manguera	19361	9,0
22-sep-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6	18602	3,3
22-sep-19	Módulo de generación 4	Corrección de fuga de refrigerante	19710	3,7
23-sep-19	Módulo de generación 4	Corrección de fuga de refrigerante	19713	4,9
7-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindro # 6	19811	0,1
7-oct-19	Módulo de generación 4	Reemplazo de bujía cilindro # 15	20028	0,2
8-oct-19	Módulo de generación 4	Oscilación de carga	20026	13,0
9-oct-19	Módulo de generación 4	Detonación en cilindro # 15	20050	0,2
9-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindro # 10	18952	0,1
10-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	18973	1,0
11-oct-19	Módulo de generación 4	Detonación en cilindro # 13	20089	0,1
11-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindros	18981	7,0
14-oct-19	Módulo de generación 1	Detonación en cilindro # 9	19813	1,0
14-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindro # 6	19029	2,0
15-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación en cilindro # 10	19047	0,1
18-oct-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 16	19078	0,1
22-oct-19	Módulo de generación 2	Cambio de diafragma	19107	2,5
22-oct-19	Módulo de generación 2	Cambio de bujía cilindro # 14	19114	0,3
22-oct-19	Módulo de generación 3	Cambio de baterías	17407	0,9
25-oct-19	Módulo de generación 3	Cambio de baterías	17470	0,9
1-nov-19	Módulo de generación 2	Fuga de aceite	19312	1,0
4-nov-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 10	19373	0,1
7-nov-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 10	19415	0,1
8-nov-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 6	19441	0,0
10-nov-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 14	17772	0,1
13-nov-19	Módulo de generación 4	Falla sensor de presión refrigerante	20676	1,3
13-nov-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindros	17832	1,8
14-nov-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindros	17833	19,8
17-nov-19	Módulo de generación 1	Cambio de alternador	20362	1,0
3-dic-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrepotencia	20638	0,1
3-dic-19	Módulo de generación 3	Detonación en cilindro # 14	18127	0,1
10-dic-19	Módulo de generación 3	Detonación en cilindro # 14	28218	1,0
21-dic-19	Módulo de generación 2	Falla sensor de presión sistema de refrigerante	20154	1,2
23-dic-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 3	18430	0,2

23-dic-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 13 y 15	21335	0,2
23-dic-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 2	18436	0,2
24-dic-19	Módulo de generación 1	Sobrecorriente	20962	0,2
25-dic-19	Módulo de generación 2	Alta temperatura en camisas por ventilador apagado	20226	0,1
25-dic-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 3	20230	0,2
26-dic-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 1	20243	0,2
27-dic-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecorriente	21048	0,2
27-dic-19	Módulo de generación 3	Falla por sobrepotencia	18507	0,2
27-dic-19	Módulo de generación 1	Falla por sobrecorriente	21051	0,1
28-dic-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	21427	0,1
28-dic-19	Módulo de generación 3	Detonación cilindro # 14	18521	0,0
28-dic-19	Módulo de generación 4	Detonación cilindro # 8	21428	0,1
28-dic-19	Módulo de generación 2	Detonación cilindro # 4	20293	0,1
28-dic-19	Módulo de generación 1	Sobrecorriente	21072	0,1
28-dic-19	Módulo de generación 1	Sobrecorriente	21076	0,1

Anexo H. Análisis de modos y efectos de falla de los módulos de generación

Función Principal	Sistema	Función Secundaria	Cod. F	Descripción Falla Funcional	Cod. FF	Modo de Falla	Cod. MF	Descripción Efectos
Suministrar en energía eléctrica cuando el cliente lo requiera con una potencia máxima de 1400 kW, estable a 480 V +/- 10% y 60 HZ +/- 4%.	Sist. Refrigeración Agua de Camisas y Aceite Motor	Retirar el calor del motor y de la primera etapa del intercooler para mantener la temperatura de refrigerante entre 87°C máx. (entrada al radiador) y min de 82°C (succión de la bomba)	1	No retira calor de ninguno de los equipos	A	Motor de bomba quemado por devanados en corto	1	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo, \$2.600.000 si se tiene el repuesto. Si no se tiene el motor: \$120.000.000; Motor dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene el motor, reparación del motor, costo de reparación: \$2.600.000
						Motor de bomba quemado por rodamientos pegados	2	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo, \$2.600.000 si se tiene el repuesto. \$120.000.000 si no se tiene; Motor dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene el motor, reparación del motor, costo de reparación: \$2.600.000
						Bomba pegada	3	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el rodamiento. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay rodamientos ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Acople bomba-motor roto	4	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si no se tiene el acople: 7 días de paro, \$60.000.000. Si se tiene el repuesto: 8 horas de paro, \$2.600.000; Acople dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$1.000.000

						Impeler de bomba suelto	5	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el impeler. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay impeler ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Manguera o compensador de goma rota	6	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo: 3hr, si se tiene el repuesto, \$1.000.000; Cambio de mangueras y consumo de refrigerante; dos técnicos, 3 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$2.000.000
						Válvula mariposa (DV en descarga de bomba) pegada en posición cerrada	7	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 2hr, si se tiene el repuesto, \$670.000; Válvula mariposa dañada; dos técnicos, 2 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercambiador de calor de aceite obstruido	8	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 4hr, si se tiene el repuesto, \$2.600.000; Intercambiador para limpieza o cambio, si alcanza la rotura; dos técnicos, 4 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercooler obstruido	9	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el intercooler: 2 días de paro, \$16.000.000.; Intercambiador para cambio; dos técnicos, 8 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$1.500.000 M/O y 35.000.000 el repuesto

						Válvula de alivio pegada en posición abierta	10	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo por 1 hora, \$300.000; Válvula para cambio; Reemplazo de la válvula, 1 hr de un técnico. Costo reparación: 33.000 más la válvula \$800.000
						Válvula 3V (DN80) pegada en posición ab-b	11	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene la válvula reparada: 10 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para reparar; Bajar la válvula y reparar (si se tienen los repuestos). La válvula completa vale EU\$3500, los repuestos EU\$2000
						Motor de válvula. 3V quemado por devanados en corto	12	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000
						Motor de válvula. 3V quemado por rodamientos pegados	13	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000
						Serpentín de radiador roto	14	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.
			No retira suficiente calor de alguno de los equipos	B		Bomba gastada	1	Se derratea el motor hasta 20% y después se apaga el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el rodamiento. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay rodamientos ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación

							de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Válvula mariposa (DV en descarga de bomba) pegada en posición intermedia	2 Se derratea el motor hasta 20% y después se apaga el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 2hr, si se tiene el repuesto, \$670.000; Válvula mariposa dañada; dos técnicos, 2 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercambiador de calor de aceite sucio	3 Se sube la temp. del aceite y genera alarma a los 120°F y posteriormente saca el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 4hr, si se tiene el repuesto, \$2.600.000. si no se tiene: 15 días de paro. Si se puede reparar en Colombia: 7 días; Intercambiador para limpieza o cambio; dos técnicos, 4 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercooler sucio	4 Reducción de potencia en el motor e incremento de temperatura en Receptor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el intercooler: 2 días de paro, \$16.000.000. Si no se tiene: 1 mes de paro mínimo; Intercambiador para cambio; dos técnicos, 8 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$1.500.000 M/O y 35.000.000 el repuesto
						Válvula 3V (DN80) pegada en posición intermedia	5 Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene la válvula reparada: 10 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para reparar; Bajar la válvula y reparar (si se tienen los repuestos). La válvula completa vale EU\$3500, los repuestos EU\$2000
						Motor de válvula. 3V quemado por devanados en corto	6 Cambio en temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000

						Motor de válvula. 3V quemado por rodamientos pegados	7	Cambio en temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000
						Serpentín de radiador sucio	8	Incremento de temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.
		Permitir el relleno del nivel de refrigerante y retiro de muestras del refrigerante	2	No permite el relleno del nivel de refrigerante	A	Válvula pegada en posición cerrada o con fuga	1	No es evidente sino hasta que el operador la va a usar; No hay afectación al MA ni a personas; 2 horas de paro del motor; Cambio de válvula; Drenar todo el refrigerante, cambiar la válvula y rellenar. 2 horas de trabajo, \$166.000.
		Mantener herméticamente el sistema	3	Hay fugas de refrigerante	A	Manguera o compensador de goma poroso	1	Visualización del escape, se baja la presión en el sistema; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo: 3hr, si se tiene el repuesto, \$1.000.000; Cambio de mangueras y consumo de refrigerante; dos técnicos, 3 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$2.000.000
						Empaque del radiador deformados o aplastados	2	Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.

						Empaque (sello) de bomba gastado	3	Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el sello. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay sello ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; empaque o sello de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Válvula de alivio con fuga	4	Se ve el escape por válvula, se baja la presión.; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo por 1 hora, \$300.000; Válvula para cambio; Reemplazo de la válvula, 1 hr de un técnico. Costo reparación: 33.000 más la válvula \$800.000
						Empaques de intercambiadores deformados o aplastados	5	Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hora de paro, \$600.000.; Intercambiador para cambio; un técnico, 1 hora de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$66.000 M/O y 34.000.000 el repuesto
		Evacuar refrigerante de forma controlada ante operaciones por encima de 3 bar	4	No evacúa refrigerante ante operaciones por encima de 3 bar	A	Válvula de alivio descalibrada	1	No hay evidencia; No hay afectación al MA ni a personas; Reparación del panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para cambio; Falla en radiadores, mangueras y membrana de tanques de expansión. Costo total de reparación \$18.000.000
		Generar señales análogas de temperatura, presión y nivel de refrigerante	5	No genera señales análogas de temperatura, presión y/o nivel	A	Sensor quemado	1	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor. Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000
						Sensor roto	2	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor.

								Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000
						Sensor descalibrado (rango de configuración)	3	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor. Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000
		Generar señales digitales de temperatura, presión y nivel de refrigerante	6	No genera señales digitales de temperatura, presión y/o nivel	A	Sensor quemado	1	No se visualiza en el Control EMCP; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
						Sensor roto	2	No se visualiza en el Control EMCP; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
						Sensor descalibrado (rango de configuración)	3	No se visualiza en el Control EMCP; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
		Generar señal visual de presión en succión, descarga de la bomba y en radiador	7	No muestra señal visual de presión	A	Manómetro roto o descalibrado	1	No se ve la señal de presión; No hay afectación al MA ni a personas; No hay parada del equipo; Mínimo costo
	Sist. Refrigeración Mezcla	Retirar el calor de la segunda etapa del intercooler para mantener la temperatura de refrigerante entre 44,7°c máx. (entrada al	8	No retira calor del intercooler	A	Motor de bomba quemado por devanados en corto	1	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo, \$2.600.000 si se tiene el repuesto. Si no se tiene el motor: \$120.000.000; Motor dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene el motor, reparación del motor, costo de reparación: \$2.600.000

		radiador) y min de 40°C (succión de la bomba)					
						Motor de bomba quemado por rodamientos pegados	2 Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo, \$2.600.000 si se tiene el repuesto. \$120.000.000 si no se tiene; Motor dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene el motor, reparación del motor, costo de reparación: \$2.600.000
						Bomba pegada	3 Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el rodamiento. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay rodamientos ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Impeler de bomba suelto	4 Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el impeler. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay impeler ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Manguera o compensador de goma rota	5 Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo: 3hr, si se tiene el repuesto, \$1.000.000; Cambio de mangueras y consumo de refrigerante; dos técnicos, 3 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$2.000.000

						Válvula mariposa (DV en descarga de bomba) pegada en posición cerrada	6	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 2hr, si se tiene el repuesto, \$670.000; Válvula mariposa dañada; dos técnicos, 2 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercambiador de calor de aceite obstruido	7	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 4hr, si se tiene el repuesto, \$2.600.000; Intercambiador para limpieza o cambio, si alcanza la rotura; dos técnicos, 4 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercooler obstruido	8	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el intercooler: 2 días de paro, \$16.000.000.; Intercambiador para cambio; dos técnicos, 8 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$1.500.000 M/O y 35.000.000 el repuesto
						Válvula de alivio pegada en posición abierta	9	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo por 1 hora, \$300.000; Válvula para cambio; Reemplazo de la válvula, 1 hr de un técnico. Costo reparación: 33.000 más la válvula \$800.000
						Válvula 3V (DN80) pegada en posición ab-b	10	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene la válvula reparada: 10 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para reparar; Bajar la válvula y reparar (si se tienen los repuestos). La válvula completa vale EU\$3500, los repuestos EU\$2000
						Motor de válvula. 3V quemado por devanados en corto	11	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000

						Motor de Valv. 3V quemado por rodamientos pegados	12	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000
						Serpentín de radiador roto	13	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.
						Bomba gastada	14	Inicia detonaciones, baja potencia hasta el 20% y al final saca el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el rodamiento. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay rodamientos ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; Rodamientos e impeler de bomba; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Válvula mariposa (DV en descarga de bomba) pegada en posición intermedia	15	Se derratea el motor hasta 20% y después se apaga el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 2hr, si se tiene el repuesto, \$670.000; Válvula mariposa dañada; dos técnicos, 2 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
				No retira suficiente calor del intercooler	B	Acople bomba-motor roto	1	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si no se tiene el acople: 7 días de paro, \$60.000.000. Si se tiene el repuesto: 8 horas de paro, \$2.600.000; Acople dañado; dos técnicos, 8 horas de trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$1.000.000

						Intercambiador de calor de aceite sucio	2	Se sube la temp. del aceite y genera alarma a los 120°F y posterior el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo: 4hr, si se tiene el repuesto, \$2.600.000. si no se tiene: 15 días de paro. Si se puede reparar en Colombia: 7 días; Intercambiador para limpieza o cambio; dos técnicos, 4 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$400.000
						Intercooler sucio	3	Reducción de potencia en el motor e incremento de temperatura en Receptor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el intercooler: 2 días de paro, \$16.000.000. Si no se tiene: 1 mes de paro mínimo; Intercambiador para cambio; dos técnicos, 8 horas de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$1.500.000 M/O y 35.000.000 el repuesto
						Válvula 3V (DN80) pegada en posición intermedia	4	Se apaga el sistema y el motor; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene la válvula reparada: 10 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para reparar; Bajar la válvula y reparar (si se tienen los repuestos). La válvula completa vale EU\$2500, los repuestos EU\$1500
						Motor de válvula. 3V quemado por devanados en corto	4	Cambio en temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000
						Motor de válvula. 3V quemado por rodamientos pegados	5	Cambio en temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el motor: 2 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Motor dañado; Bajar motor y cambiar. El motor vale EU\$2000

						Serpentín de radiador sucio	6	Incremento de temperatura del equipo; No hay afectación al MA ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.
		Permitir el relleno del nivel de refrigerante y retiro de muestras del refrigerante	9	No permite el relleno del nivel de refrigerante	A	Válvula pegada en posición cerrada o con fuga	1	No es evidente sino hasta que el operador la va a usar; No hay afectación al MA ni a personas; 2 horas de paro del motor; Cambio de válvula; Drenar todo el refrigerante, cambiar la válvula y rellenar. 2 horas de trabajo, \$166.000.
		Mantener herméticamente el sistema	10	Hay fugas de refrigerante	A	Manguera o compensador de goma poroso	1	Visualización del escape, se baja la presión en el sistema; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo: 3hr, si se tiene el repuesto, \$1.000.000; Cambio de mangueras y consumo de refrigerante; dos técnicos, 3 horas de trabajo si se tiene el repuesto, refrigerante, costo de reparación: \$2.000.000
						Empaque del radiador deformados o aplastados	2	Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Si se tiene el panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Panel roto; Bajar radiador y cambiar, refrigerante. Brazo-grúa, 12 horas de trabajo. Cada panel \$4.000.000, 8 por lado.
						Empaque (sello) de bomba gastado	3	Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA (refrigerante biodegradable y autocontenido en el contenedor) ni a personas; Parada del equipo 48 hr, \$16.000.000 si se tiene el sello. Si se tiene la bomba, 8 hr de paro y \$2.600.000. Si no hay sello ni bomba: 15 días de paro, \$120.000.000; empaque o sello de bomba; dos técnicos, 8 horas de

							trabajo si se tiene la bomba, reparación de la bomba, costo de reparación: \$5.000.000
						Válvula de alivio con fuga	4 Se ve el escape por válvula, se baja la presión.; No hay afectación al MA ni a personas; Parada del equipo por 1 hora, \$300.000; Válvula para cambio; Reemplazo de la válvula, 1 hr de un técnico. Costo reparación: 33.000 más la válvula \$800.000
						Empaques de intercambiadores deformados o aplastados	5 Se ve el escape por el empaque, se baja la presión.; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hora de paro, \$600.000.; Intercambiador para cambio; un técnico, 1 hora de trabajo, refrigerante, costo de reparación: \$66.000 M/O y 34.000.000 el repuesto
		Evacuar refrigerante de forma controlada ante operaciones por encima de 3 bar	11	No evacúa refrigerante ante operaciones por encima de 3 bar	A	Válvula de alivio descalibrada	1 No hay evidencia; No hay afectación al MA ni a personas; Reparación del panel completo: 12 horas. Si no se tiene: 15 días de consecución; Válvula para cambio; Falla en radiadores, mangueras y membrana de tanques de expansión. Costo total de reparación \$18.000.000
		Generar señales análogas de temperatura, presión y nivel de refrigerante	12	No genera señales análogas de temperatura, presión y/o nivel	A	Sensor quemado	1 Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor. Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000
						Sensor roto	2 Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor. Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000
						Sensor descalibrado (rango de configuración)	3 Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 2 hr de parada del equipo. LC: \$600.000; Sensor dañado; técnico por 2 horas, cambio del sensor. Sensor más costoso \$4.000.000, M/O 66000

						Sensor quemado	4	No se visualiza en el Control EMCP; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
						Sensor roto	5	No se visualiza en el Control TEM; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
						Sensor descalibrado (rango de configuración)	6	No se visualiza en el Control TEM; No hay afectación al MA ni a personas; No ha parada del equipo inmediato pero el daño en culatas demoraría días de paro.; Anillos de deformación de culata dañados, empaquetadura dañada. Reparación de culatas, mínimo. Costo medio \$6.600.000
		Generar señal visual de presión en succión, descarga de la bomba y en radiador	12	No muestra señal visual de presión	B	Manómetro roto o descalibrado	1	No se ve la señal de presión; No hay afectación al MA ni a personas; No hay parada del equipo; Mínimo costo
	Sistema Lubricación	Suministrar aceite lubricante al momento del arranque y retirar el aceite usado durante el mantenimiento	13	No suministra aceite al momento del arranque	A	motor de bomba prepublicación quemado	1	Verificado en tablero de control; No hay afectación al MA ni a personas; No arranca el equipo. Si se tiene el motor, 1 hr de parada. Si no se tiene, compra nacional en una semana, importado dos semanas; Motor dañado; 1 técnico, motor, 1 hora de trabajo. EU\$5000 (motobomba completa) o COP\$3.000.000
						Bomba prepublicación pegada	2	Verificado en tablero de control; No hay afectación al MA ni a personas; No arranca el equipo. Si se tiene la bomba, 1 hr de parada. Si no se tiene, importado dos semanas.; Bomba dañada; set de empaque EU\$70

		Suministrar aceite de reposición al cárter ante señal de bajo nivel	14	No repone aceite al sistema	A	Bomba de llenado pegada	1	No hay evidencia sino hasta el refill automático; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el equipo. Refill manual, 1 hora de parada. Si se tiene la bomba, 2 horas en el cambio; Bomba dañada; 2 horas cambiando la bomba, 1 hora haciendo el refill
						Válvula solenoide quemada	2	No hay evidencia sino hasta el refill automático; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el equipo. Refill manual, 1 hora de parada en ambas condiciones; Bomba dañada; 1 hora cambiando la válvula, 1 hora haciendo el refill
						Sensor de nivel aceite motor quemado	3	No hay evidencia sino hasta el refill automático; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el equipo. Refill manual, 1 hora de parada en ambas condiciones; Sensor dañado; 1 hora cambiando el sensor, 1 hora haciendo el refill
						Sensor de nivel aceite motor roto	4	No hay evidencia sino hasta el refill automático; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el equipo. Refill manual, 1 hora de parada en ambas condiciones; Sensor dañado; 1 hora cambiando el sensor, 1 hora haciendo el refill
						Sensor de nivel aceite motor descalibrado (60 y 75%)	5	No hay evidencia sino hasta el refill automático; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el equipo. Refill manual, 1 hora de parada en ambas condiciones; Sensor dañado; 1 hora cambiando el sensor, 1 hora haciendo el refill
		Filtrar el aceite manteniendo partículas menores a 21 micras	15	No filtra el aceite	A	Filtro de aceite obstruido	1	Indicación en tablero de la presión en la entrada del filtro (verificar si para el equipo); No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; Filtro saturado; Cambio del filtro. 1 hora de trabajo
						Filtro de aceite roto	2	Indicación en tablero de la presión en la entrada del filtro (verificar si para el equipo); No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.;

								Filtro saturado; Cambio del filtro. 1 hora de trabajo
	Regulador de presión Gas combustible	Regular la presión de entrada del gas al mezclador a 125 mBar +/- 10 mBar	16	No regula presión	A	Diafragma roto o fisurado	1	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 8 hr de parada del equipo; Válvula reguladora dañada; Kit de reparación, bajar el regulador, 8 hr de trabajo, 270.000+4.000.000
						Filtro obstruido	2	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; Filtro saturado; Cambio del filtro. 1 hora de trabajo
						Válvula solenoide quemada	3	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 5 días de paro por compra de la válvula; Válvula dañada; Cambio de válvula, 8 horas de trabajo, consto de la válvula \$300.000
				Regula la presión, pero por fuera del rango de 125 +/- 10 mBar	B	Válvula de presión cero descalibrada	1	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; No hay daño en los equipos; 1 hora de trabajo calibrando la válvula
						Resorte del regulador pegado o roto	2	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; No hay daño en los equipos; revisión del resorte y lubricación del mecanismo.
		Generar señal de caída de presión hacia el controlador (tramos de gas)	17	No genera señal de tramos de gas	A	Presóstato quemado	1	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; Presostato dañado; Cambio del presóstato, 1 hr de trabajo, costo del presostato \$10M
					A	Presóstato roto	2	Se detiene el equipo; No hay afectación al MA ni a personas; 1 Hora de parada del equipo.; Presostato dañado; Cambio del presóstato, 1 hr de trabajo, costo del presostato \$10M
		Cerrar el suministro de gas ante señal del controlador	18	No cierra el suministro de gas	A	Electroválvula(shutoff) pegada en posición abierta	1	No hay evidencia; No hay afectación al MA ni a personas; Potencial falla catastrófica en el motor (culatas, pistones); Válvula dañada, potencial daño en el motor; Reparación del motor (1 culata en EUR\$3300)
	Sistemas de admisión y escape (turbo)	Mezclar y regular la mezcla aire-combustible de acuerdo	19	No mezcla y/o no regula según las condiciones operacionales	A	Mezclador (mixer) pegado	1	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; máximo 1 hr de reparación; No hay daño en los equipos; Limpieza, lubricación y ajuste del tornillo

		con las condiciones operacionales						
						Filtro obstruido	2	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; media hora de paro del equipo; No hay daño en los equipos; Cambio del filtro, media hora de trabajo
						Motor paso a paso suelto o pegado	3	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 6 horas de parada del equipo; Motor dañado; Cambio de motor (\$6.600.000), revisión de mezclador, 6 horas de trabajo de 1 técnico.
						tornillo de mezclador suelto o pegado	4	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 6 horas de parada del equipo; Cambio del casquillo; Cambio de casquillo (\$50.000), revisión de mezclador, 6 horas de trabajo de 1 técnico.
		Permitir la recuperación de los gases del cárter y la mezcla no consumida en el motor sin afectar la operación normal del motor	20	No permite la recuperación de los gases del cárter y la mezcla no consumida del motor	A	Filtro de gases del cárter obstruido	1	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 2 horas de paro del motor; cambio del filtro; 1 técnico, filtro, 2 horas de trabajo. Costo del filtro COP\$9.000.000
						Válvula pegada en posición cerrada	2	Se eleva la presión en el Carter.; No hay afectación al MA ni a personas; Se apaga el motor. 14 días de parada.; Válvula de control dañada; 1 día de trabajo, un técnico, válvula de control.
		Elevar la presión de la mezcla a la presión de entrada al motor (3 Bar)	21	No eleva la presión	A	Eje del turbo roto	1	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 2 días de parada del equipo; turbo dañado; Cambio del turbo (M\$100), 2 días de trabajo, brazo-grúa
						turbina de la turbo destruida	2	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 2 días de parada del equipo; turbo dañado; Cambio del turbo (M\$100), 2 días de trabajo, brazo-grúa
				No eleva la presión o no alcanza la presión requerida	B	Bujes del turbo gastados	1	Se para el motor; No hay afectación al MA ni a personas; 2 días de parada del equipo; turbo dañado; Cambio del turbo (M\$100), 2 días de trabajo, brazo-grúa
	Sistema aire de refrigeración	Retirar el calor de los circuitos de refrigeración para entregar el refrigerante a temperatura de 80°C	22	No retira el calor de los circuitos de refrigeración	A	Motores de ventiladores quemados	1	Se recalienta el sistema y se detiene la máquina, hay alarma visual en la pantalla del EMCP, donde dice que hay falla en Motor.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro

		(agua y aceite motor) y 40°C (circuito mezcla)						de la producción por 1 semana. (\$50M); Motor, cableado y borneras quemadas; Sustituir los motores y cableado. \$13M
						Motores de ventiladores frenados por rodamientos	2	Se recalienta el sistema y se detiene la máquina, hay alarma visual en la pantalla del EMCP, donde dice que hay falla en Motor.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 semana. (\$50M); Motor pegado; Arreglar los motores. \$13M
						Variador de velocidad quemado por humedad	3	Se recalienta el sistema y se detiene la máquina, hay alarma visual en la pantalla del EMCP, donde dice que hay falla en ventiladores; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 horas días. (\$600mil); Tarjeta de variador quemada; Reemplazar tarjeta quemada (se tiene generalmente en stock) (\$\$)
						Variador de velocidad desconfigurado o bloqueado	4	Se recalienta el sistema y se detiene la máquina, hay alarma visual en la pantalla del EMCP, donde dice que hay falla en ventiladores; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 4 horas días. (\$1.2M); No hay daños; Reconfiguración de variador (\$\$)
			22	No retira el calor suficiente de los circuitos de refrigeración, según las condiciones de operación	B	Panal del radiador obstruido	1	Aumenta la temperatura normal de operación, hay señal en la pantalla del EMCP, indicando aumento de temperatura; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; No afecta la operación; No hay daños; Limpieza del panal. Duración de 4 horas. (\$120mil)
						Rejilla de admisión de aire obstruida	2	Aumenta la temperatura normal de operación, hay señal en la pantalla del EMCP, indicando aumento de temperatura; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; No afecta la operación; No hay daños; Limpieza de rejilla de admisión de aire. 1h. (\$30mil)
						Motor quemado	3	Aumenta la temperatura normal de operación, hay señal en la pantalla del EMCP indicando falla en el motor; No

								hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Disminución en Potencia suministrada (incluye penalización); Motor quemado; Sustituir el motor y cableado. \$10M
						Salida de variador de velocidad abierta	4	Aumenta la temperatura normal de operación, hay señal en la pantalla del TEM indicando falla en ventiladores; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Disminución en Potencia suministrada (incluye penalización); Cableado dañado; Identificación de la falla y sustitución o reajuste de cableado. 8h. \$240mil
						Bornes de motor sulfatados por humedad	5	Aumenta la temperatura normal de operación, hay señal en la pantalla del TEM indicando falla en motor; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Disminución en Potencia suministrada (incluye penalización); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil
	EMCP	Enviar señales de accionamiento a sistemas periféricos tales como arranque, refrigeración, entrada de gas, regulación de tensión y lubricación, según la condición operativa	23	No enviar señales de accionamiento	A	Cable abierto	1	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	2	No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	3	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1

							hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil
						Bornes desajustados	4 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Control EMCP quemado por humedad	5 Paro de la máquina; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción hasta conseguir el repuesto. Se debe importar. Min 1 semana.; Control EMCP quemado; Reemplazar el control EMCP. (\$\$)
						Sist. extracción de calor del EMCP quemado	6 En pantalla EMCP se evidencia señal falla por temperatura de cabina. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción. 1h (teniendo el repuesto en bodega).; Sistema de extracción de calor del EMCP quemado; Reemplazar el ventilador del sistema de extracción de calor del EMCP. 1h si se tiene el repuesto. (1 semana mientras se consigue el repuesto). (\$\$)
			No enviar señales de accionamiento al sistema de arranque, según la condición operativa	B	Cable abierto	1 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)	
					Cable en corto	2 No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)	
					Bornes sulfatados	3 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las	

							personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil
						Bornes desajustados	4 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Contactador de arranque quemado	5 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Contactador quemado; Reemplazo del contactador de arranque. 1h. (\$\$)
						Relé quemado	6 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Relé quemado; Reemplazo del relé. 1h. (\$\$)
						Cable abierto	7 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	8 No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	9 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil

						Bornes desajustados	10	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Contactores refrigeración quemados	11	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Contactor quemado; Reemplazo del contactor de refrigeración. 1h. (\$\$)
						Relé de retardo para puenteo del presostato diferencial quemado	12	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Relé quemado; Reemplazo del relé. 1h. (\$\$)
						Relé de retardo para puenteo del presostato diferencial pegado	13	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Relé pegado; Reemplazo del relé. 1h. (\$\$)
						Cable abierto	14	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por presión en el tramo de gas. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	15	No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP por presión en el tramo de gas.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	16	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por presión en el tramo de gas. El

							equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil
						Bornes desajustados	17 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por presión en el tramo de gas. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Relé quemado	18 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Relé quemado; Reemplazo del relé. 1h. (\$\$)
						Cable abierto	19 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por sobretensión. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	20 No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP por sobretensión.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	21 En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por sobretensión. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil

						Bornes desajustados	22	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería por sobretensión. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Relé quemado	23	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Relé quemado; Reemplazo del relé. 1h. (\$\$)
						Contactores regulación de tensión quemado	24	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Contactor quemado; Reemplazo del contactor de regulación de tensión. 1h. (\$\$)
						Cable abierto	25	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería en sist. lubricación. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	26	No arranca la máquina. Señal de alarma en pantalla del EMCP en sist. lubricación.; No hay afectación al medio ambiente. Potencial afectación a las personas.; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	27	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería en sist. lubricación. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil

						Bornes desajustados	28	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería en sist. lubricación. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
						Contactores lubricación quemados	29	En pantalla EMCP se evidencia señal de avería. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Contactor quemado; Reemplazo del contactor de lubricación. 1h. (\$\$)
		Indicar localmente estados de módulo de parada de emergencia	24	No indicar localmente estados de módulo de parada de emergencia	A	Módulo de parada de emergencia quemado	1	Señal de avería en el EMCP. El equipo no arranca.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Módulo de parada de emergencia quemado; Reemplazo de módulo de parada de emergencia. 1h. (\$\$)
						Cable abierto	2	En pantalla EMCP se evidencia señal avería cadena de seguridad. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Cable en corto	3	En pantalla EMCP se evidencia señal avería cadena de seguridad. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 días. (\$15M); Cableado dañado; Identificación del cable y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M (ó +3M si se requiere cambiar el arnés completo)
						Bornes sulfatados	4	En pantalla EMCP se evidencia señal avería cadena de seguridad. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 3h. \$90mil

						Bornes desajustados	5	En pantalla EMCP se evidencia señal avería cadena de seguridad. Se para la máquina.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 1 hora. (\$300mil); Bornes desajustados; Reajuste de bornes
	Generador	Generar potencia eléctrica hasta 1400 kW, estable a 480 V +/- 10%	25	No genera potencia eléctrica	A	Generador quemado por rodamientos caídos por deficiente lubricación	1	Explosión en el generador. Paro de máquina.; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días (\$108M); Generador, acople, fusibles, estructura; Reparación o reemplazo del generador, acople y estructura. (\$\$)
						Generador quemado por rodamientos caídos	2	Explosión en el generador. Paro de máquina.; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días (\$108M); Generador, acople, fusibles, estructura; Reparación o reemplazo del generador, acople y estructura. (\$\$)
						Regulador de tensión quemado	3	Paro de la máquina. Señal de avería en el EMCP. Control DEIF mostraría señal de sobrevoltaje.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 3 horas. (\$900mil); Regulación de tensión dañado; Reemplazo del regulador de tensión. 3h. (\$\$)
						Acople Generador roto	4	Paro de la máquina. Señal de avería en el EMCP. Control DEIF mostraría señal de bajo voltaje y baja frecuencia.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación aprox. 15 días (\$108M) (repuesto no se mantiene en bodega); Acople Generador; Reemplazo del acople generador. 5 días.
						Plato rectificador abierto por varistor quemado	5	Se para la máquina. Señal de estado de tensión en pantalla de EMCP. Control DEIF mostraría señal de sobretensión.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Se para la producción 3 horas (\$900mil), si no se ven afectados el devanado y el rotor.; Devanado, rotor, rectificador dañados.; Cambio del plato

								rectificador, verificación de estado de rotor, devanado y arreglar en caso de ser necesario. 3h (si no es necesario el cambio) (\$\$)
							Plato rectificador abierto por diodos quemados	6 Se para la máquina. Señal de estado de tensión en pantalla de EMCP. Control DEIF mostraría señal de sobretensión.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Se para la producción 2 horas (\$600mil); Plato rectificador dañado.; Cambio del plato rectificador. 3h. (15.000.000)
							Transformador de censado de corriente abierto o quemado	7 Se para la máquina. Señal de falla en fase en pantalla de EMCP. Control DEIF mostraría señal de desbalance de corriente.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Se para la producción 6 horas (\$2M); Transformador de censado de corriente dañado; Cambio del transformador de censado de corriente. 6h + tiempo de recepción de repuesto. (\$\$)
							Cable de censado de tensión abierto	8 Se para la máquina. Señal de falla de protección en el generador en pantalla de EMCP. Control DEIF mostraría señal de bajo voltaje.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Se para la producción 6 horas (\$2M); Cable de censado de tensión dañado; Identificación del cable de censado de tensión y reparación o sustitución. 2 días. \$3.5M
							Cables de potencia abiertos	9 En el tablero del EMCP aparece aviso de falla de protección de generador.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Penalización por no entregar la potencia requerida. 1 día. \$7M; Cable dañado; Identificación del cable abierto y empalme. 1 día. \$1.5M
							Cables de potencia en corto	10 Trip del breaker principal activado. En el tablero del EMCP aparece aviso de falla de protección de generador. DEIF muestra señal de sobrecorriente.; Afectación directa a las personas; Paro de la producción 6 horas. \$2M; Cable

							dañado, barraje dañado; Cambio de cable. 6 horas. (\$\$)
						Cables de potencia sulfatados	11 En el tablero del EMCP aparece aviso de falla de protección de generador.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Penalización por no entregar la potencia requerida. 4 horas. \$1.2M; Cable sulfatado; Identificación y limpieza del cable sulfatado. 4 horas. (\$\$)
						Bornes de potencia desajustados o sulfatados	12 En el tablero del EMCP aparece aviso de falla de protección de generador.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Penalización por no entregar la potencia requerida. 2 horas. \$600mil; Bornes de potencia desajustados o sulfatados; Limpieza o ajuste de bornes. 2 horas. (\$\$)
						Estatores quemados	13 En el tablero del DEIF aparece aviso de falla de bajo voltaje.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro potencial de operación de 1 semana. \$50M.; Estatores quemados, plato rectificador dañado; Cambiar estatores y plato rectificador. 6h. (\$\$)
						Sensores de temperatura de los devanados abiertos por cable cristalizado	14 En pantalla EMCP muestra falla en sensor de temperatura.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 horas. (\$200mil); Sensores dañados; Cambio de sensores. 2 horas. (\$\$)
						Revestimiento de protección (guarda acople generador) suelto, roto o caído	15 Paro de máquina, protección caída, EMCP muestra fallo de cadena de seguridad; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación de 2 semana. \$100M.; Acople Generador dañado, Generador dañado; Cambio de generador y acople. 1 semana. (\$\$)
						Devanado desgastado por pérdida de aislamiento	16 Aviso en el EMCP de sobrecorriente.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación de 2 semana. \$100M.; Devanado dañado; Mandar a barnizar el devanado y

							montar. 8 días de arreglo más montaje y recibo. (\$\$)
						Regulador de tensión desajustado por humedad ó suciedad	17 Detonación en cilindros.; Potencial afectación a las personas; Paro de operación potencial de 1 semana. \$50M.; Regulador de tensión desajustado, pistón, camisa, válvulas dañados.; Reemplazar regulador, pistón, camisa, válvulas. 1 semana. (\$)
			25	Genera potencia eléctrica con un voltaje fuera del rango de 480V +/- 10% o inestable	B	Regulador de tensión desajustado por humedad ó suciedad	1 Control DEIF muestra oscilaciones en tensión, se puede detectar por sonido variación en velocidad; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Se abre el breaker y se sale de línea. 1 hora de paro si se tiene el regular como repuesto. Si no se tiene, son veinte días de paro; Regulador desajustado; Reajuste de regulador de tensión. 2h.
		Indicar localmente eventos y alarmas del generador.	26	No indicar localmente eventos y alarmas del generador.	A	Pantalla de control DEIF desconectada	1 No se visualizan alarmas en la pantalla del DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; No hay afectación a la producción. La operación se afecta por no poder visualizar parámetros. Se pararía la operación para arreglar la pantalla. 15 días mientras se consigue el repuesto y se reemplaza.; Pantalla del DEIF dañada.; Cambio de la pantalla del control DEIF. 1h. (\$\$)
						Control DEIF bloqueado o reiniciado por temperatura	2 Pantalla del DEIF bloqueada.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; No hay afectación a la producción. La operación se afecta por no poder visualizar parámetros. En operación se apagaría la máquina para verificar falla. Dejar enfriar el DEIF. <1h.; No hay daños; Dejar enfriar el DEIF. Verificar causa de recalentamiento del DEIF. 1h. \$50mil
		Controlar la carga del generador.	27	No controlar la carga del generador.	A	Control DEIF bloqueado o reiniciado por temperatura	1 Paro de la máquina por protecciones.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción por 2 horas. (\$600mil); No hay daños;

							Dejar enfriar el DEIF. Verificar causa de recalentamiento del DEIF. 1h. \$50mil
						Cable abierto	2 Paro de la máquina por protecciones. DEIF mostraría alarma de sobrecarga.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción 6 horas. \$2M; Cable dañado; Cambio de cable. 6 horas. (\$\$)
						Cable en corto	3 Paro de la máquina por protecciones. DEIF mostraría alarma de sobrecorriente.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción 6 horas. \$2M; Cable dañado; Cambio de cable. 6 horas. (\$\$)
						Bornes sulfatados	4 Paro de la máquina por protecciones.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción 6 horas. \$2M; Bornes sulfatados; Limpieza de bornes. 1h. \$30mil
						Bornes desajustados	5 Paro de la máquina por protecciones.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de la producción 6 horas. \$2M; Bornes sulfatados; Reajuste de bornes. 1h. \$30mil

Anexo I. Análisis de modos y efectos de fallas del módulo de transformación

Función Principal	Sistema	Función Secundaria	Cod. F	Descripción Falla Funcional	Cod. FF	Modo de Falla	Cod. MF	Descripción Efectos
Elevar el nivel de tensión entregado por los módulos de generación a 480 V +/- 10% y 60 HZ +/- 4% y entregarlo al cliente a 6.3 kV y 60 HZ +/- 4%.	Seccionadores de baja tensión	Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	1	No aislar los equipos a través de mandos manuales.	A	Mecanismo de operación de seccionador descalibrado o desajustado	1	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Sistema de engranaje oxidado o piñonería rota	2	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Varillaje del mecanismo de operación descalibrado, oxidado o con desgaste en sus partes	3	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Contactos pegados	4	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
		Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	2	Pérdida de aislamiento entre las partes activas del seccionador y tierra del compartimento.	A	Platina seccionadora de baja suelta o desajustada	1	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado (potencial); Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.

		Permitir cerrar el circuito eléctrico para condición de operación normal	3	No permite cerrar el circuito eléctrico	A	Bornes rotos, fracturados, sulfatados o conexiones aisladas eléctricamente	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador y cableado. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Contactos principales desgastados o rotos	2	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador y cableado. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Mecanismo de operación de seccionador descalibrado o desajustado	3	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador y cableado. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
	Transformador 1 y Transformador 2	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	4	Pérdida de aislamiento entre las partes activas del transformador y tierra del compartimento.	A	Devanado desgastado por sobrecarga	1	Subida de temperatura y disparo de protección; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Transformador (bobinas, devanados) dañado; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Devanado desgastado por temperatura	2	Subida de temperatura y disparo de protección; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Transformador (bobinas, devanados) dañado; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Contenedor de aceite del transformador roto	3	Fuga de aceite, mirilla de nivel de aceite bajo; Afectación al medio ambiente, y afectación directa a personas.; Paro de operación mínimo 15 días; Contenedor de aceite del transformador roto; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Porcelanas contaminadas con agente que	4	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Paro de operación 1 día;

						disminuye distancia de aislamiento		Aisladores contaminados; Limpieza de porcelana. 1 día.
						Porcelanas rotas o deterioradas	5	Disparo de protección por sobretensión o sobrecorriente; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Aisladores dañados; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Terminal tipo Bota de transformadores sueltos, rotos o desgastados	6	Disparo de protección por sobretensión o sobrecorriente; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Terminal dañada; Cambio de bota y cableado. Mínimo 15 días.
						Terminal premoldeada de transformadores sueltos, rotos o desgastados	7	Disparo de protección por sobretensión o sobrecorriente; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Terminal dañada; Cambio de terminal premoldeada y cableado. Mínimo 15 días.
		Elevar nivel de tensión de 480 V a 6.3 kV	5	No eleva el nivel de tensión de 480 V a 6.3 kV	A	Espiras de transformador abiertas	1	Disparo de protección por sobretensión o sobrecorriente; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Transformador dañado; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Espiras de transformador en corto	2	Disparo de protección por sobretensión o sobrecorriente; Afectación directa a las personas; Paro de operación mínimo 15 días; Transformador dañado; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Cable de potencia de media tensión abierto	3	No hay visualización de indicadores en el DEIF; Afectación directa a las personas; Paro de operación aprox. 1 día; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día más el tiempo en conseguir el repuesto.
						Cable de baja tensión abierto	4	Disparo por sobretensión, sobrecorriente o desbalance de fases; Afectación directa a las personas; Paro de operación aprox. 1 día; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Cable de potencia de media tensión en corto	5	Disparo por cortocircuito; Afectación directa a las personas; Paro de operación aprox. 1 día; Potencial daño de Transformador; Cambio de

							transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Cable de baja tensión en corto	6 Disparo por cortocircuito; Afectación directa a las personas; Paro de operación aprox. 1 día; Potencial daño de Transformador; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Bornes de transformador sueltos o desajustados	7 No hay visualización de indicadores; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación aprox. 6 horas; Bornes sueltos; Ajuste de bornes. 6h.
						Bornes de transformador sulfatados	8 No hay visualización de indicadores; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación aprox. 6 horas; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
		Mantener refrigerados los devanados a una temperatura de operación requerida	6	No mantener refrigerados los devanados a una temperatura de operación requerida	A	Contenedor de aceite del transformador roto	1 Fuga de aceite, mirilla de nivel de aceite bajo; Afectación al medio ambiente, y afectación directa a personas.; Paro de operación mínimo 15 días; Contenedor de aceite del transformador roto; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Aletas de radiador rotas por corrosión	2 Fuga de aceite, mirilla de nivel de aceite bajo; Afectación al medio ambiente, y afectación directa a personas.; Paro de operación mínimo 15 días; Aletas de radiador dañadas; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Cuba de aceite de transformador fracturada	3 Fuga de aceite, mirilla de nivel de aceite bajo; Afectación al medio ambiente, y afectación directa a personas.; Paro de operación mínimo 15 días; Cuba de aceite transformador dañada; Cambio de transformador. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
		Cambiar la relación de transformación según las necesidades de operación	7	No cambia la relación de transformación según las	A	TAP de transformador suelto o desajustado	1 No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Apagar toda la planta por una semana en el mayor de los casos; TAP dañado;

				necesidades de operación				Cambio de transformador. Mínimo 7 días teniendo standby en taller.
						TAP de transformador pegado	2	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Apagar toda la planta por una semana en el mayor de los casos; TAP dañado; Cambio de transformador. Mínimo 7 días teniendo standby en taller.
						TAP de transformador roto o fracturado	3	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Apagar toda la planta por una semana en el mayor de los casos; TAP dañado; Ajuste del mecanismo del TAP. Aprox 2 días.
				Cambia la relación de transformación de manera incorrecta	B	TAP de transformador suelto o desajustado	1	No concuerda nivel de voltaje entre indicadores y ajuste del TAP; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Apagar toda la planta por una semana en el mayor de los casos; TAP dañado; Cambio de transformador. Mínimo 7 días teniendo standby en taller.
		Enviar señales de estado temperatura, presión y nivel de aceite del Transformador hacia el control	8	No enviar señales de estado temperatura, presión y nivel de aceite del Transformador hacia el control	A	Cable abierto	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Cable en corto	2	Señal falsa en anunciador. Indicador se ilumina mientras la máquina opera correctamente; Potencial afectación a las personas; Riesgo de parar la operación por visualizar señales erróneas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Bornes sulfatados	3	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	4	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 1 día
						Sensor de temperatura de	5	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor de

						transformador roto o descalibrado		temperatura dañado; Cambio del sensor de temperatura. 3h teniendo el repuesto.
						Sensor de presión de transformador roto o descalibrado	6	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor de presión dañado; Cambio del sensor de presión. 3h teniendo el repuesto.
						Sensor de nivel de aceite de transformador roto o descalibrado	7	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor de nivel de aceite dañado; Cambio del sensor de nivel de aceite. 3h teniendo el repuesto.
	Control y protección para transformador 1 y para transformador 2	Enviar señales de apertura a los interruptores en caso de falla	9	No estar disponible para enviar señales de apertura a los interruptores en caso de falla	A	Cable abierto	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Cable dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Cable en corto	2	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Cable dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Bornes sulfatados	3	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Bornes dañados. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Bornes desajustados	4	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Bornes dañados. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.

						Relé VIP 300 quemado por sobrecorriente	5	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Perillas de Relé VIP 300 sueltas o desajustas	6	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Salidas de disparo de Relé VIP 300 pegadas	7	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Relé de protección DEIF quemado o bloqueado	8	En la pantalla del DEIF no se visualizan señales.; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Pulsadores del Relé DEIF pegados	9	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Salidas de disparo de Relé DEIF pegadas	10	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos

							principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Relés de protecciones mecánicas del transformador quemados o bloqueados	11 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos y paro de operación.; Relé dañado. Potencial daño de equipos principales, como transformador; Cambio de transformador, relé, cableado, etc. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
		Generar señales lumínicas y sonoras en caso de fallas	10	No generar señales lumínicas o sonoras	A	Indicadores LED quemados	1 No hay evidencia hasta que se opere el "test"; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; RTK dañado; Cambio del RTK.
						Cable abierto	2 No hay evidencia hasta que se opere el "test"; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Cable en corto	3 Señal falsa en anunciador. Indicador se ilumina mientras la máquina opera correctamente; Potencial afectación a las personas; Riesgo de parar la operación por visualizar señales erróneas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Bornes sulfatados	4 No hay evidencia hasta que se opere el "test"; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	5 No hay evidencia hasta que se opere el "test"; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 6 horas.
						Equipo RTK quemado	6 No hay evidencia hasta que se opere el "test"; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; RTK dañado; Cambio del RTK. 2 horas teniendo el repuesto.

		Visualizar las variables eléctricas en el sistema	11	No visualizar las variables eléctricas en el sistema	A	Displays dispositivos PowerLogics bloqueado o quemado	1	Se evidencia que no están operativos los PowerLogics; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; PowerLogics dañados; Cambiar PowerLogics. 2 horas teniendo el repuesto.
						Cable abierto	2	Algunas variables en el display se visualizarán como ceros; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Cable en corto	3	Algunas variables en el display se visualizarán como ceros; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día.
						Bornes sulfatados	4	Algunas variables en el display se visualizarán como ceros; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; Borne dañado; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	5	Algunas variables en el display se visualizarán como ceros; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; Borne dañado; Ajuste de bornes. 6h.
						PowerLogics quemado	6	Se evidencia que no están operativos los PowerLogics; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; PowerLogics dañados; Cambiar PowerLogics. 2 horas teniendo el repuesto.
						Transformador de PowerLogics ION quemado	7	Se evidencia que no está operativo el PowerLogics ION; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales de operación; PowerLogics ION dañado; Cambio del transformador de

								PowerLogics ION. 2h teniendo el repuesto
						PowerLogics descalibrado	8	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Powerlogics descalibrados; Calibración de PowerLogics. Aprox. 2 semanas.
		Permitir la selección de las variables a visualizar	12	No permitir la selección de las variables a visualizar	A	Pushbutton de PowerLogics pegados u obstruidos por suciedad	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar las señales necesarias.; PowerLogics dañados; Cambio de PowerLogics. 2h teniendo el repuesto.
		Permitir la operación de la unidad de visualización de fallas eléctricas y mecánicas (RTK625)	13	No permitir la operación de la unidad de visualización de fallas eléctricas y mecánicas (RTK625)	A	Pushbutton del RTK pegados u obstruidos por suciedad	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo en operación por no visualizar las señales necesarias.; RTK dañado; Cambio de RTK. 2h teniendo el repuesto.
	Control y protección para transformador 1 y para transformador 2	Enviar señal para apertura y cierre de contactores para la operación de los ventiladores	14	No enviar señal para apertura y cierre de contactores para la operación de los ventiladores	A	Contactores de arranque de ventiladores de transformadores pegados o bloqueados	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Contactores dañados; Cambio de los contactores de arranque de ventiladores de transformadores. 3h.
						Cable abierto	2	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Cable dañado; Cambio de cableado. 3h.
						Cable en corto	3	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Cable dañado; Cambio de cableado. 3h.
						Bornes sulfatados	4	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 3h.
						Bornes desajustados	5	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 3h.
						Guardamotor pegado o bloqueado	6	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas;

								Recalentamiento de transformadores; Guardamotor dañado; Cambio de guardamotor. 2h.
						Relé de termóstato pegado o bloqueado	7	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Relé dañado; Cambio de Relé de termóstato. 2h.
						Termóstato pegado o bloqueado	8	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Termóstato dañado; Cambio de termóstato. 2h.
						Pulsadores de control de ventiladores pegado o bloqueado	9	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Pulsadores dañados; Cambio de pulsadores. 2h.
	Seccionador con cuchilla puesta a tierra Celda de maniobra de Trafo 1 y de Trafo 2	Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	15	No aislar los equipos a través de mandos manuales.	A	Mecanismo de operación de seccionador descalibrado o desajustado	1	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Sistema de engranaje oxidado o piñonería rota	2	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Varillaje del mecanismo de operación descalibrado, oxidado o con desgaste en sus partes	3	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.

						Contactos pegados	4	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Compartimiento de llave de mando desgastado	5	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Compartimiento de llave mando dañado; Cambio de compartimiento de llave, transformador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
		Descargar las corrientes de falla al sistema de puesta a tierra, a través del conductor de puesta a tierra del equipo para contribuir al cumplimiento de las tensiones de paso y contacto de la instalación.	16	No descargar corrientes de falla al sistema de puesta a tierra	A	Contactos de potencia pegados o desajustados	1	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Contactos dañados. Potencial daño de otros equipos en caso de falla.; Cambio de contactos de potencia (más equipos dañados por falla). Aprox. 2 semanas.
						Cable hacia malla puesta a tierra abierto	2	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Cable dañado; Cambio de cable. 6h.
						Seccionador pegado en posición cerrada	3	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día
		Generar señales de estado operacional del seccionador	17	No generar señales de estado operacional del seccionador	A	Resortes de seccionador desajustados	1	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día
						Microswitch roto o quemado	2	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Microswitch de

								seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día
						Cable abierto	3	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Cable en corto	4	Se evidencia desbalance en los indicadores LED; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Bornes sulfatados	5	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Limpieza de Bornes. 1 día
						Bornes desajustados	6	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Ajuste de Bornes. 1 día
						Sensor fin de carrera desajustado	7	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor fin de carrera dañado; Cambio de sensor de fin de carrera. 1 día.
		Generar y recibir enclavamientos eléctricos y/o mecánicos hacia otros equipos asociados.	18	No generar ni recibir enclavamientos eléctricos y/o mecánicos hacia otros equipos asociados.	A	Mecanismo de operación de seccionador descalibrado o desajustado	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos; Mecanismo de operación seccionador dañado; Cambio del mecanismo del seccionador. 1 día.
						Sistema de engranaje oxidado o piñonería rota	2	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos; Sistema de engranaje o

								piñonería dañados; Cambio de seccionador. 1 día.
						Varillaje del mecanismo de operación descalibrado, oxidado o con desgaste en sus partes	3	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos; Varillaje del mecanismo de operación del seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día.
						Contactos pegados	4	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos; Contactos pegados.; Ajuste de contactos. 1 día.
						Compartimiento de llave de mando desgastado	5	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial afectación a equipos; Compartimiento de llave mando dañado; Cambio de compartimiento de llave.
		Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	19	Pérdida de aislamiento entre las partes activas del seccionador y tierra del compartimiento.	A	Divisor capacitivo en corto por pérdida de aislamiento	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Divisor capacitivo dañado, Transformador quemado (potencial); Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Cable de potencia de seccionador con pérdida de aislamiento	2	Potenciales cortocircuitos; Potencial afectación a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Cable dañado, Transformador quemado (potencial); Cambio de cableado, transformador (si aplica). Aprox 15 días teniendo standby en taller si se daña el transformador.
						Porcelanas contaminadas con agente que disminuye distancia de aislamiento	3	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 1 día; Aisladores contaminados; Limpieza de porcelana. 1 día.
						Porcelanas rotas o deterioradas	4	Se evidencia las porcelanas deterioradas; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 1 día; Aisladores dañados; Cambio de porcelanas. 1 día.
		Permitir cerrar el circuito eléctrico para	20	No permitir cerrar el circuito para	A	Mecanismo de operación de	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas;

		condición de operación normal		condición de operación normal		seccionador descalibrado o desajustado		Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Sistema de engranaje oxidado o piñonería rota	2	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Varillaje del mecanismo de operación descalibrado, oxidado o con desgaste en sus partes	3	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Contactos pegados	4	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día, más lo que se demore en obtener el repuesto.
						Compartimiento de llave de mando desgastado	5	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Pérdida de producción por no permitir la energización. 1 día.; Compartimiento de llave mando dañado; Cambio de compartimiento de llave.
	Interruptor Celda de maniobra de Trafo 1 y de Trafo 2	Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	21	Pérdida de aislamiento entre las partes activas del interruptor y tierra del compartimento.	A	Carcasa interruptor rota	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Carcasa interruptor rota; Cambio de interruptor. 2 días teniendo el repuesto.
						Botellas de gas SF6 de interruptor fisuradas o averiadas	2	Se sale el sistema por falla a tierra; Potencial afectación a las personas y al medio ambiente; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Botellas de gas SF6 dañadas; Cambio de las botellas SF6. 2 días teniendo el repuesto.

						Racores, tubería, conexiones de sistema de supervisión de gas rotos	3	Se sale el sistema por falla a tierra; Potencial afectación a las personas y al medio ambiente; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Tuberías y racores rotos; Cambio de tubería, racores, etc.
		Mantener la estanqueidad de gas SF6 según condición particular del equipo	22	No mantener la estanqueidad de gas SF6 según condición particular del equipo	A	Botellas de gas SF6 de interruptor fisuradas o averiadas	1	Se sale el sistema por falla a tierra; Potencial afectación a las personas y al medio ambiente; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Botellas de gas SF6 dañadas; Cambio de las botellas SF6. 2 días teniendo el repuesto.
		Generar señales de estado operacional del interruptor	23	No generar señales de estado operacional del interruptor	A	Resortes de interruptor desajustados	1	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Interruptor dañado; Cambio de interruptor. 1 día
						Microswitch roto o quemado	2	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Microswitch de seccionador dañado; Cambio de Interruptor. 1 día
						Cable abierto	3	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Cable en corto	4	Se evidencia desbalance en los indicadores LED; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Bornes sulfatados	5	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Limpieza de Bornes. 1 día
						Bornes desajustados	6	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar

							señales correctas; Bornes dañados; Ajuste de Bornes. 1 día
						Sensor fin de carrera desajustado	7 Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor fin de carrera dañado; Cambio de sensor de fin de carrera. 1 día.
		Interrumpir y restablecer el paso de corriente ante comando por una falla o interrumpir y/o restablecer el paso de corriente ante comandos por operación.	24	No interrumpir ni restablecer el paso de corriente ante comando por una falla o interrumpir y/o restablecer el paso de corriente ante comandos por operación.	A	Resorte de operación de interruptor desajustado	1 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Interruptor dañado; Cambio de interruptor. 1 día
						Mando de operación de interruptor pegado	2 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Mando de operación interruptor dañado.; Limpieza del mando de operación del interruptor. 2 horas.
						Mando de operación de interruptor abierto	3 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Mando de operación interruptor dañado.; Revisión del mando y ajuste según lo necesario. 2 horas.
						Cable abierto	4 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Cable dañado; Cambio de cable. 2 horas.
						Cable en corto	5 Se abre el interruptor de manera inesperada.; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Cable dañado; Cambio de cable. 2 horas.
						Bornes sulfatados	6 No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de

								corriente; Borne dañado; Limpieza de Bornes. 2 horas
						Bornes desajustados	7	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Borne dañado; Ajuste de bornes. 2 horas
						Contactos de interruptor pegados o sulfatados	8	No hay evidencia.; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Contactos dañados.; Limpieza o cambio de contactos de interruptor. 2 horas.
						Contactos de interruptor sueltos o desajustados	9	No hay evidencia.; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Contactos dañados.; Ajuste de contactos de interruptor. 2 horas.
		Mantener tensionado el resorte del mecanismo de operación que garantice el ciclo de operación de interruptor	25	No mantener tensionado el resorte del mecanismo de operación que garantice el ciclo de operación de interruptor	A	Resorte de operación de interruptor desgastado	1	No hay evidencia.; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no interrumpir o restablecer el paso de corriente; Resorte de operación interruptor dañado; Cambio de interruptor. 1 día.
	Seccionador de feeder 1 y de feeder 2	Descargar las corrientes de falla al sistema de puesta a tierra, a través del conductor de puesta a tierra del equipo para contribuir al cumplimiento de las tensiones de paso y contacto de la instalación.	26	No descargar corrientes de falla al sistema de puesta a tierra	A	Contactos de potencia pegados o desajustados	1	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Contactos dañados. Potencial daño de otros equipos en caso de falla.; Cambio de contactos de potencia (más equipos dañados por falla). Aprox. 2 semanas.
						Cable hacia malla puesta a tierra abierto	2	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Cable dañado; Cambio de cable. 6h.
						Seccionador pegado en posición cerrada	3	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no descargar corrientes; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día

		Mantener el nivel mínimo de aislamiento entre parte activa y tierra.	27	Pérdida de aislamiento entre las partes activas del seccionador y tierra del compartimento.	A	Cable de potencia de seccionador con pérdida de aislamiento	1	Potenciales cortocircuitos; Potencial afectación a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Cable dañado, Transformador quemado (potencial); Cambio de cableado, transformador (si aplica). Aprox 15 días teniendo standby en taller si se daña el transformador.
						Porcelanas contaminadas con agente que disminuye distancia de aislamiento	2	No hay evidencia; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 1 día; Aisladores contaminados; Limpieza de porcelana. 1 día.
						Porcelanas rotas o deterioradas	3	Se evidencia las porcelanas deterioradas; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 1 día; Aisladores dañados; Cambio de porcelanas. 1 día.
		Generar señales de estado operacional del seccionador	28	No generar señales de estado operacional del seccionador	A	Resortes de seccionador desajustados	1	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día
						Microswitch roto o quemado	2	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Microswitch de seccionador dañado; Cambio de seccionador. 1 día
						Cable abierto	3	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Cable en corto	4	Se evidencia desbalance en los indicadores LED; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Cable dañado; Cambio de cable. 1 día
						Bornes sulfatados	5	Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar

							señales correctas; Bornes dañados; Limpieza de Bornes. 1 día
						Bornes desajustados	6 Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Bornes dañados; Ajuste de Bornes. 1 día
						Sensor fin de carrera desajustado	7 Los indicadores están apagados mientras la máquina se encuentra en operación; Potencial afectación a las personas; Riesgo en operación por no visualizar señales correctas; Sensor fin de carrera dañado; Cambio de sensor de fin de carrera. 1 día.
		Aislar interruptor, barras, segmentos de barra, línea o conexiones de potencia entre equipos creando zonas de seguridad a través de mandos manuales.	29	No aislar los equipos a través de mandos manuales.	A	Mecanismo de operación de seccionador descalibrado o desajustado	1 No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Sistema de engranaje oxidado o piñonería rota	2 No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Varillaje del mecanismo de operación descalibrado, oxidado o con desgaste en sus partes	3 No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
						Contactos pegados	4 No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Transformador quemado; Cambio de transformador, seccionador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.

						Compartimiento de llave de mando desgastado	5	No hay evidencia; Afectación directa a las personas; Potencial daño por no aislamiento de falla a otros equipos (transformador); Compartimiento de llave mando dañado; Cambio de compartimiento de llave, transformador, cableado. Mínimo 15 días teniendo standby en taller.
		Conducir la energía eléctrica hasta el borne de salida	30	No conducir la energía eléctrica hasta el borne de salida	A	Cable de potencia del feeder abierto	1	Señal de falla en corriente en DEIF.; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 2 días; Cable abierto; Cambio de cable. 2 días.
						Cable de potencia del feeder corto	2	Disparo del interruptor.; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 2 días; Cable dañado (más potenciales daños por corto); Cambio de cable. 2 días
						Seccionador pegado en posición abierta	3	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación por 2 días más lo que se demore en conseguir el repuesto del seccionador.; Seccionador dañado; Cambio de seccionador. 2 días.
						Bornes de feeder sulfatados	4	Señal de falla en corriente en DEIF.; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 2 días; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes de feeder desajustados	5	Señal de falla en corriente en DEIF.; Potencial afectación a las personas; Paro de operación 2 días; Bornes desajustados; Ajuste de bornes. 1 día.
	PT de feeder 1 y de feeder 2	Generar las señales de tensión en el secundario que reflejen las tensiones primarias del sistema acorde con la relación de transformación especificada	31	No generar las señales de tensión en el secundario que reflejen las tensiones primarias del sistema acorde con la relación de transformación especificada	A	Fusibles abiertos	1	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1h teniendo el repuesto; Fusible dañado; Cambio del fusible.
						Cable abierto	2	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.

						Cable en corto	3	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.
						Bornes sulfatados	4	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	5	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 1 día.
						Bobinas de PT abiertas o corto	6	Señal de falla en tensión en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; PT dañado; Cambio de PT. 1h teniendo el repuesto
		Visualizar la medición de tensiones en el feeder en tiempo real	32	No visualizar la medición de tensiones en el feeder en tiempo real	A	Medidor señales eléctricas PT quemado, bloqueado	1	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); Ct dañado; Cambiar CT, hay que contratar la labor. 3 días de pérdida de producción, \$72.000.000
						Cable abierto	2	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Cambiar cableado 1 día y \$40.000.000
						Cable en corto	3	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); Cable dañado; Cambio de cableado 1 día. \$40.000.000

						Bornes sulfatados	4	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Limpieza de bornes. 1 día. \$40.000.000
						Bornes desajustados	5	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Limpieza de bornes. 1 día. \$40.000.000
	CT de feeder 1 y de feeder 2	Generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	33	No generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	A	Cable abierto	1	Señal de falla en corriente en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.
						Cable en corto	2	Señal de falla en corriente en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.
						Bornes sulfatados	3	Señal de falla en corriente en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	4	Señal de falla en corriente en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 1 día.
						Bobinas de CT abiertas o corto	5	Señal de falla en corriente en DEIF.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; CT

								dañado; Cambio de CT. 1h teniendo el repuesto
		Visualizar la medición de corriente en el feeder en tiempo real	34	No visualizar la medición de corriente en el feeder en tiempo real	A	Medidor señales eléctricas CT quemado, bloqueado	1	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); Ct dañado; Cambiar CT, hay que contratar la labor. 3 días de pérdida de producción, \$72.000.000
						Cable abierto	2	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Cambiar cableado 1 día y \$40.000.000
						Cable en corto	3	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); Cable dañado; Cambio de cableado 1 día. \$40.000.000
						Bornes sulfatados	4	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Limpieza de bornes. 1 día. \$40.000.000
						Bornes desajustados	5	La medición de corriente en el DEIF es cero o incorrecta; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; El cliente recibe la potencia, pero no se podría facturar la corriente suministrada, 24 horas de los 5 equipos (\$40.000.000); No hay daños mayores; Limpieza de bornes. 1 día. \$40.000.000

	Sistema de ventilación	Mantener la temperatura del Transformer Module menor a 40°C	35	No mantener la temperatura del Transformer Module menor a 40°C	A	Cable abierto	1	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Cable dañado; Cambio de cableado. 1 día.
						Cable en corto	2	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Cable dañado; Cambio de cableado. 1 día.
						Bornes sulfatados	3	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	4	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 1 día.
						Motor de ventilado quemado	5	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Motor de ventilador quemado.; Cambio del motor del ventilador. 1 día.
						Contactador motor ventilador quemado	6	No operan los ventiladores. Recalentamiento de transformadores.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Recalentamiento de transformadores; Contactador de Motor de ventilador quemado.; Cambio de contactador motor del ventilador. 2 horas.
	Cargador de baterías	Cargar las baterías que alimentan el circuito de 24V DC del control	36	No cargar las baterías que alimentan el circuito de 24V DC del control	A	Cable abierto	1	Alarma visual y sonora en RTK; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Cable dañado; Cambio del cableado. 6 horas.

						Cable en corto	2	Alarma visual y sonora en RTK; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Cable dañado; Cambio del cableado. 6 horas.
						Bornes sulfatados	3	Alarma visual y sonora en RTK; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 2 horas.
						Bornes desajustados	4	Alarma visual y sonora en RTK; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 2 horas.
						Cargador de baterías quemado	5	Alarma visual y sonora en RTK; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Cargador de baterías quemado; Cambio del cargador. 2 horas teniendo el repuesto.
		Estar disponible para alertar sonora y lumínicamente por la pérdida de tensión en la entrada	37	No estar disponible para alertar sonora y lumínicamente por la pérdida de tensión en la entrada	A	Indicadores LED quemados	1	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Cargador de baterías dañado; Cambio del cargador. 2 horas teniendo el repuesto.
						Buzzer quemado	2	No hay evidencia; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Riesgo de no tener alimentación 24V DC para auxiliares, protecciones y control.; Cargador de baterías dañado; Cambio del cargador. 2 horas teniendo el repuesto.

	CT de protección en la celda de maniobra para Trafo 1 y Trafo 2	Generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	38	No generar las señales de corriente en el secundario que reflejen la corriente primaria del sistema de acuerdo con la relación de transformación especificada y a la clase específica del CT.	A	Cable abierto	1	Señal de falla en corriente en DEIF y VIP.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.
						Cable en corto	2	Señal de falla en corriente en DEIF y VIP.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Cable dañado; Cambio de cableado 1 día.
						Bornes sulfatados	3	Señal de falla en corriente en DEIF y VIP.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Limpieza de bornes. 1 día.
						Bornes desajustados	4	Señal de falla en corriente en DEIF y VIP.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; Bornes dañados; Ajuste de bornes. 1 día.
						Bobinas de CT abiertas o corto	5	Señal de falla en corriente en DEIF y VIP.; No hay afectación al medio ambiente ni a las personas; Paro de operación. 1 día.; CT dañado; Cambio de CT. 1h teniendo el repuesto

Anexo J. Proceso de decisión del RCM módulos de generación

Cod. F	Cod. FF	Cod. MF	Falla Oculta	Probabilidad Matriz	Valoración del Riesgo	R. A.	R. H.	R. F.	R. I.	Tipo de Decisión	Descripción Tarea	Tipo de Variable	Frec.	Recursos
1	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Monitorear presión del sistema en el EMCP y manómetro	Horas operación	12	Operador
1	A	3	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar internamente con baroscopio estado del impeler	Por oportunidad		Técnico Líder, Baroscopio
1	A	4	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	A	5	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Monitoreo	Medir diferencial de presión lado aceite	Horas operación	12	Operador
1	A	6	No	Casi Cierto	Extremo	E1	E1	E4	E1	Monitoreo	Medir porcentaje de apertura de la válvula mariposa y diferencial de presión lado gas-mezcla	Horas operación	12	Operador
1	A	7	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	A	8	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	A	9	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	A	10	No	Casi Cierto	Extremo	E1	E1	E4	E1	Monitoreo	Medir diferencial de presión en el radiador	Horas operación	12	Operador
1	A	11	Si	Posible	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	A	12	Si	Remoto	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	A	13	Si	Posible	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	A	14	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del radiador	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	B	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	B	2	Si	Posible	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	B	3	No	Posible	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	B	4	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar internamente con baroscopio estado del impeler	Por oportunidad		Técnico Líder, Baroscopio
1	B	5	Si	Posible	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
1	B	6	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
1	B	7	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador

1	B	8	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del radiador	Rutina Previa al Arranque		Operador
2	A	1	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
3	A	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C3	C1	Monitoreo	Inspeccionar superficie compensador y manguera, previo a apagada para cambio de aceite	Horas operación	1000	Técnico Líder, Linterna
3	A	2	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Rediseño				
3	A	3	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Monitoreo	Inspeccionar condición del sello de la bomba	Horas operación	24	Operador
3	A	4	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
3	A	5	No	Muy Probable	Medio	D1	D1	D2	D1	Correr a falla				
4	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Reacondicionar	Calibrar válvula de alivio	Días calendario	720	Técnico Líder
5	A	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
5	A	2	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
5	A	3	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
6	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
6	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
6	A	3	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
7	A	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
8	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Realizar termografía al motor	Días calendario	90	Ing. CBM, Cámara termográfica
8	A	2	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Monitoreo	Medir vibraciones del motor	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
8	A	3	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Monitoreo	Medir vibraciones de la bomba	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
8	A	4	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Medir vibraciones de la bomba	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
8	A	5	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar superficie compensador y manguera, previo a apagada para cambio de aceite	Horas operación	1000	Técnico Líder
8	A	6	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
8	A	7	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
8	A	8	No	Casi Cierto	Extremo	E1	E1	E4	E1	Rediseño				
8	A	9	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
8	A	10	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	A	11	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	A	12	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado del motor, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	A	13	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Monitorear presión del sistema en el EMCP y manómetro	Horas operación	12	Operador

8	A	14	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar internamente con baroscopio estado del impeler	Por oportunidad		Técnico Líder, Baroscopio
8	A	15	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
8	B	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Correr a falla				
8	B	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Correr a falla				
8	B	3	No	Casi Cierto	Extremo	E1	E1	E4	E1	Monitoreo	Medir porcentaje de apertura de la válvula mariposa y diferencial de presión lado gas-mezcla	Horas operación	12	
8	B	4	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	B	4	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	B	5	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado de la válvula, test en el EMCP	Rutina Previa al Arranque		Operador
8	B	6	No	Casi Cierto	Extremo	E1	E1	E4	E1	Monitoreo	Medir diferencial de presión en el radiador	Horas operación	12	Operador
9	A	1	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
10	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Monitoreo	Inspeccionar superficie compensador y manguera, previo a apagada para cambio de aceite	Horas operación	1000	Técnico Líder, Linterna
10	A	2	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Rediseño				
10	A	3	No	Posible	Alto	C1	C1	C4	C1	Monitoreo	Inspeccionar condición del sello de la bomba	Horas operación	24	Operador
10	A	4	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
10	A	5	No	Muy Probable	Medio	D1	D1	D2	D1	Correr a falla				
11	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Reacondicionar	Calibrar válvula de alivio	Días calendario	720	Técnico Líder
12	A	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
12	A	2	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
12	A	3	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
12	A	4	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
12	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
12	A	6	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
12	B	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Correr a falla				
13	A	1	No	Posible	Medio	C1	C1	C3	C1	Monitoreo	Realizar termografía al motor	Días calendario	90	Ing. CBM, Cámara termográfica
13	A	2	No	Improbable	MEDIO	B1	B1	B4	B1	Correr a falla				
14	A	1	Si	Improbable	MEDIO	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
14	A	2	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
14	A	3	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
14	A	4	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
14	A	5	Si	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				

15	A	1	No	Casi cierto	Medio	E1	E1	E2	E1	Monitoreo	Medir presión de entrada del filtro (EMCP)	Horas operación	12	Operador
15	A	2	No	Casi cierto	Medio	E1	E1	E2	E1	Monitoreo	Medir presión de entrada del filtro (EMCP)	Horas operación	12	Operador
16	A	1	No	Muy probable	Medio	D1	D1	D2	D1	Correr a falla				
16	A	2	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Monitoreo	Verificar condensado en la línea en línea de drenaje	Horas operación	8	Operador
16	A	3	No	Remoto	Bajo	A1	A1	A4	A1	Correr a falla				
16	B	1	No	Casi cierto	Medio	E1	E1	E2	E1	Monitoreo	Verificar condensado en la línea en línea de drenaje	Horas operación	8	Operador
16	B	2	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Correr a falla				
17	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
17	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B1	Correr a falla				
18	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Correr a falla				
19	A	1	No	Casi cierto	Medio	E1	E1	E2	E1	Monitoreo	Realizar prueba de pasos del mixer	Rutina Previa al Arranque		Operador
19	A	2	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Monitoreo	Medir restricción de aire de entrada (vacuómetro)	Horas operación	12	Operador
19	A	3	No	Casi cierto	Alto	E1	E1	E3	E1	Monitoreo	Realizar prueba de pasos del mixer	Rutina Previa al Arranque		Operador
19	A	4	No	Casi cierto	Medio	E1	E1	E2	E1	Monitoreo	Visualizar los pasos del mixer	Horas operación	12	Operador
20	A	1	No	Muy probable	Alto	D1	D1	D3	D1	Monitoreo	Medir presión del cárter	Horas operación	12	Operador
20	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Correr a falla				
21	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Medir vibraciones en el turbo	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
21	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Medir vibraciones en el turbo	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
21	B	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B4	B1	Monitoreo	Medir vibraciones en el turbo	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
22	A	1	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de los elementos de los motores de ventiladores y fijación del ventilador	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
22	A	2	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de los elementos de los motores de ventiladores y fijación del ventilador	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
22	A	3	No	Posible	Medio	C2	C1	C1	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado del variador de velocidad	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
22	A	4	No	Posible	Medio	C2	C1	C1	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado del variador de velocidad	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano

22	B	1	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Inspección visual del estado del panel del radiador	Días calendario	1	Operador, Herramienta de mano
22	B	2	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Inspección visual del estado del panel del radiador	Días calendario	1	Operador, Herramienta de mano
22	B	3	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de los elementos de los motores de ventiladores	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
22	B	4	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado del variador de velocidad y conexiones	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
22	B	5	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Inspección visual del estado de los elementos de los motores de ventiladores	Horas operación	3000	Técnico Líder, Herramienta de mano
23	A	1	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	A	2	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	A	3	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	A	4	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	A	5	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado del Control EMCP	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
23	A	6	No	Improbable	Medio	B2	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado del motor de extracción de calor del EMCP	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
23	B	1	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	2	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos,

23	B	13	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de relé de retardo para puenteo de presostato diferencial	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	14	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	15	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	16	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	17	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	18	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de relés de accionamiento de la válvula de gas	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	19	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	20	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	21	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	22	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	23	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de relé de arrancador suave	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano

23	B	24	No	Muy probable	Medio	C2	C1	C2	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de contactor de regulación de tensión	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	25	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	26	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	27	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	28	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
23	B	29	No	Muy probable	Medio	C2	C1	C2	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de contactor de lubricación	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
24	A	1	No	Improbable	Bajo	B2	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspección visual del estado de módulo de parada de emergencia	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
24	A	2	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
24	A	3	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
24	A	4	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
24	A	5	No	Posible	Medio	C2	C1	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano

25	A	1	No	Posible	Alto	C2	C5	C4	C3	Cambio	Engrasar rodamientos del generador	Horas operación	4000	Ing. CBM, Grasa para rodamientos, Grasera manual
25	A	2	No	Posible	Alto	C2	C5	C4	C3	Monitoreo	Medir vibraciones en generador	Días calendario	90	Ing. CBM, Medidor de vibraciones SKF
25	A	3	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente el estado del regulador de tensión	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano, dongle
25	A	4	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspeccionar visual del estado del acople Generador	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
25	A	5	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Medir continuidad en plato rectificador, verificar estado de Varistor (medir resistencia)	Horas operación	2000	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano
25	A	6	No	Posible	Medio	C1	C1	C3	C1	Monitoreo	Medir continuidad en plato rectificador	Horas operación	2000	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano
25	A	7	No	Improbable	Bajo	B2	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente transformador de censado de corriente	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
25	A	8	No	Improbable	Bajo	B2	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente cable de censado de tensión	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
25	A	9	No	Improbable	Medio	B2	B1	B3	B2	Monitoreo	Medir aislamiento en cables de potencia	Horas operación	4000	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
25	A	10	No	Improbable	Medio	B2	B1	B3	B2	Monitoreo	Medir aislamiento en cables de potencia	Horas operación	4000	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
25	A	11	No	Improbable	Medio	B2	B1	B3	B2	Monitoreo	Medir aislamiento en cables de potencia	Horas operación	4000	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
25	A	12	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente bornes de potencia	Horas operación	4000	Técnico Líder
25	A	13	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Medir aislamiento de estatores	Horas operación	4000	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano

25	A	14	No	Improbable	Bajo	B2	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar cables de sensores de temperatura de los devanados del generador	Horas operación	2000	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano
25	A	15	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente la guarda del acople generador	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
25	A	16	No	Improbable	Medio	B2	B1	B4	B2	Monitoreo	Medir aislamiento en devanado	Horas operación	4000	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
25	A	17	No	Muy probable	Extremo	D2	D5	D3	D2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente el estado del regulador de tensión	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
25	B	1	No	Muy probable	Medio	D2	D1	D2	D1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente el estado del regulador de tensión (tensión de salida de BUS Y LED testigo)	Horas operación	1000	Técnico Líder, Herramienta de mano
26	A	1	Si	Posible	Alto	C2	C1	C4	C2	Monitoreo	Inspeccionar estado de conexión ethernet de la pantalla del control DEIF	Horas operación	4000	Técnico Líder, Herramienta de mano
26	A	2	Si	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente extractores de calor y filtros de rejillas ventilación del tablero del EMCP	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
27	A	1	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente extractores de calor y filtros de rejillas ventilación del tablero del EMCP	Horas operación	2000	Técnico Líder, Herramienta de mano
27	A	2	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
27	A	3	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
27	A	4	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
27	A	5	No	Posible	Medio	C2	C1	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras	Horas operación	2000	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano

Anexo K. Proceso de decisión del RCM módulo de transformación

Cod. F	Cod. FF	Cod. MF	Falla Oculta	Probabilidad Matriz	Valoración del Riesgo	R. A.	R. H.	R. F.	R. I.	Tipo de Decisión	Descripción Tarea	Tipo de Variable	Frec.	Recursos
1	A	1	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionador de baja	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos,
1	A	2	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Correr a falla				
1	A	3	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Correr a falla				
1	A	4	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionador de baja	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
2	A	1	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionador de baja	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
3	A	1	Si	Posible	Medio	C1	C2	C3	C1	Reacondicionar	Realizar limpieza y retorqueo de conexiones de seccionadores de baja	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
3	A	2	Si	Posible	Medio	C1	C2	C3	C1	Correr a falla				
3	A	3	Si	Posible	Medio	C1	C2	C3	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionador de baja	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
4	A	1	Si	Posible	Alto	C2	C4	C4	C2	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
4	A	2	Si	Improbable	Alto	C2	C4	C4	C2	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
4	A	3	No	Muy probable	Extremo	D3	D4	D4	D2	Monitoreo	Inspeccionar nivel de aceite de los transformadores y derrames	Días calendario	7	Operador
4	A	4	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
4	A	5	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
4	A	6	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
4	A	7	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de transformadores	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano

5	A	1	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir resistencia de devanados del transformador	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano
5	A	2	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir resistencia de devanados del transformador	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano
5	A	3	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir continuidad del cable de media del transformador	Días calendario	180	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano
5	A	4	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir continuidad del cable de baja del transformador	Días calendario	180	Técnico Líder, Multímetro, herramienta de mano
5	A	5	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de cable de media del transformador	Días calendario	180	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
5	A	6	No	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de cable de baja del transformador	Días calendario	180	Técnico Líder, Megger, herramienta de mano
5	A	7	No	Posible	Medio	C1	C1	C2	C1	Reacondicionar	Retorquear bornes de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Torquímetro, manuales y planos, herramienta de mano
5	A	8	No	Improbable	Bajo	B1	B1	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado de bornes de transformador	Días calendario	90	Operador, Manuales y planos
6	A	1	No	Improbable	Medio	B3	B2	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente contenedor de aceite de transformador	Días calendario	90	Operador, Manuales y planos
6	A	2	No	Posible	Medio	C2	C3	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado de aletas de radiador de transformador	Días calendario	90	Operador, Manuales y planos
6	A	3	No	Improbable	Medio	B3	B2	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar estado de cuba de aceite de transformador	Días calendario	90	Operador, Manuales y planos
7	A	1	Si	Improbable	Medio	B2	B2	B3	B2	Monitoreo	Verificar relación de transformación para los ajustes del TAP	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano

7	A	2	Si	Improbable	Medio	B2	B2	B3	B2	Monitoreo	Verificar relación de transformación para los ajustes del TAP	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano
7	A	3	Si	Improbable	Medio	B2	B2	B3	B2	Monitoreo	Verificar relación de transformación para los ajustes del TAP	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano
7	B	1	Si	Improbable	Medio	B2	B2	B3	B2	Monitoreo	Verificar relación de transformación para los ajustes del TAP	Días calendario	360	Ing. CBM, CPC100, herramienta de mano
8	A	1	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir continuidad del cableado de señales de temperatura, presión y nivel de aceite del transformador.	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
8	A	2	Si	Posible	Alto	C2	C4	C3	C2	Monitoreo	Verificar señales de estado en el anunciador	Días calendario	180	Técnico Líder
8	A	3	Si	Posible	Alto	C2	C4	C3	C2	Monitoreo	Verificar estado de borneras de transformador hacia el control	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
8	A	4	Si	Posible	Alto	C2	C4	C3	C2	Reacondicionar	Retorquear bornes de transformador hacia el control	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
8	A	5	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado del sensor de temperatura del transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
8	A	6	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado del sensor de presión del transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
8	A	7	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado del sensor de nivel de aceite del transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos,
9	A	1	Si	Improbable	Medio	B2	B3	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
9	A	2	Si	Improbable	Medio	B2	B3	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano

9	A	3	Si	Improbable	Medio	B2	B3	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
9	A	4	Si	Improbable	Medio	B2	B3	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
9	A	5	Si	Posible	Alto	C2	C4	C4	C2	Correr a falla				
9	A	6	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Monitoreo	Inspección visual de perillas de Relé VIP 300	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
9	A	7	Si	Posible	Alto	C2	C4	C4	C2	Búsqueda de falla	Probar protecciones del Relé VIP 300	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
9	A	8	Si	Posible	Alto	C2	C4	C4	C2	Monitoreo	Inspeccionar funcionamiento del relé DEIF	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos,
9	A	9	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Monitoreo	Inspeccionar funcionamiento de pulsadores del relé DEIF	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
9	A	10	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B4	B2	Búsqueda de falla	Probar protecciones del Relé DEIF	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
9	A	11	Si	Posible	Alto	C2	C4	C4	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de relés de protecciones mecánicas del transformador	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
10	A	1	Si	Posible	Alto	C2	C4	C3	C2	Correr a falla				
10	A	2	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
10	A	3	Si	Posible	Alto	C2	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
10	A	4	Si	Improbable	Medio	B2	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
10	A	5	Si	Posible	Alto	C2	C4	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
10	A	6	Si	Posible	Alto	C2	C4	C2	C1	Correr a falla				
11	A	1	No	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar funcionamiento de los PowerLogics	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
11	A	2	No	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos

11	A	3	No	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
11	A	4	No	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
11	A	5	No	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de control y protecciones de transformador	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
11	A	6	No	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Correr a falla				
11	A	7	No	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Correr a falla				
11	A	8	Si	Posible	Alto	C1	C2	C4	C1	Reacondicionar	Recalibrar PowerLogic ION	Días calendario	360	Contratista
12	A	1	Si	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado y funcionamiento de pushbuttons de los PowerLogics.	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
13	A	1	Si	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar estado y funcionamiento de pushbuttons de los RTK.	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	1	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Correr a falla				
14	A	2	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de operación de ventiladores	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	3	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de operación de ventiladores	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	4	Si	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de operación de ventiladores	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	5	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de operación de ventiladores	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	6	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Monitoreo	Inspección visual del estado de guardamotor de ventiladores	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	7	Si	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de termóstato y relé.	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	8	Si	Improbable	Bajo	B1	B2	B2	B1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de termóstato y relé.	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
14	A	9	Si	Posible	Medio	C1	C2	C2	C1	Correr a falla				
15	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
15	A	2	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C1	Correr a falla				

15	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C1	Correr a falla				
15	A	4	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
15	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B1	Correr a falla				
16	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado de contactos de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
16	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspección visual de cable de hacia malla de puesta a tierra de seccionadores de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
16	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	1	No	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	3	No	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	4	No	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	5	No	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos

17	A	6	No	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
17	A	7	No	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de la celda de maniobra	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
18	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
18	A	2	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Correr a falla				
18	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Correr a falla				
18	A	4	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
18	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Correr a falla				
19	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra y de cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
19	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra y de cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
19	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra y de cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
19	A	4	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra y de cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
20	A	1	Si	Posible	Medio	C1	C1	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
20	A	2	Si	Posible	Medio	C1	C1	C3	C2	Correr a falla				
20	A	3	Si	Posible	Medio	C1	C1	C3	C2	Correr a falla				

20	A	4	Si	Posible	Medio	C1	C1	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores con cuchilla de puesta a tierra de celda de maniobra	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
20	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
21	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual de la carcasa del interruptor	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
21	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir presión de gas en las botellas	Horas operación / Días Calendario	12	Operador
21	A	3	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir presión de gas en las botellas	Horas operación / Días Calendario	12	Operador
22	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir presión de gas en las botellas	Horas operación / Días Calendario	12	Operador
23	A	1	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	3	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	4	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	5	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	6	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
23	A	7	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	3	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	4	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos

24	A	5	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	6	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	7	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	8	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspección visual del estado de contactos de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
24	A	9	Si	Posible	Alto	C1	C4	C2	C1	Reacondicionar	Ajustar contactos de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
25	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de interruptores	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
26	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado de contactos de seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
26	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B2	B1	Monitoreo	Inspeccionar visualmente estado de contactos de seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
26	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento de seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
27	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B1	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores de feeder y cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
27	A	2	Si	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores de feeder y cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
27	A	3	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Medir aislamiento de seccionadores de feeder y cables	Días calendario	360	Ing. CBM, Megger, herramienta de mano
28	A	1	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
28	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
28	A	3	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano

28	A	4	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
28	A	5	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
28	A	6	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
28	A	7	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente que se están dando las señales de estado operacional de los seccionadores de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
29	A	1	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores de feeder	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
29	A	2	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C2	Correr a falla				
29	A	3	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C2	Correr a falla				
29	A	4	Si	Posible	Alto	C1	C4	C4	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionadores feeder	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
29	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B4	B4	B2	Correr a falla				
30	A	1	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Realizar mediciones de aislamiento y continuidad del cable de potencia hacia el borne de salida	Días calendario	180	Técnico Líder, Multímetro
30	A	2	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Monitoreo	Realizar mediciones de aislamiento y continuidad del cable de potencia hacia el borne de salida	Días calendario	180	Técnico Líder, Multímetro
30	A	3	Si	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Búsqueda de falla	Probar funcionamiento del seccionador de feeder para que funcione en posición cerrada	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
30	A	4	No	Improbable	Medio	B1	B4	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar estado de bornes de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos
30	A	5	No	Posible	Alto	C1	C4	C3	C2	Reacondicionar	Retorquar bornes de feeder	Días calendario	360	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
31	A	1	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Medir resistencia de los fusibles de los PTs	Días calendario	360	Técnico Líder, Multímetro
31	A	2	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos

31	A	3	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
31	A	4	No	Improbable	Medio	B1	B2	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
31	A	5	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
31	A	6	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Correr a falla				
32	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
32	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
32	A	3	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
32	A	4	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar y limpiar bornes	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
32	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar y limpiar bornes	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos, herramienta de mano
33	A	1	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
33	A	2	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
33	A	3	No	Improbable	Medio	B1	B2	B3	B2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
33	A	4	No	Posible	Medio	C1	C2	C3	C2	Monitoreo	Inspección visual del estado de cables y borneras de PTs y CTs	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos
33	A	5	No	Improbable	Medio	B1	B2	B3	B2	Correr a falla				
34	A	1	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
34	A	2	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
34	A	3	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
34	A	4	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar y limpiar bornes	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos,
34	A	5	Si	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar y limpiar bornes	Días calendario	180	Técnico Líder, Manuales y planos,
35	A	1	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
35	A	2	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Correr a falla				
35	A	3	No	Improbable	Medio	B1	B1	B3	B2	Monitoreo	Inspeccionar visualmente de bornes de sistema de ventilación de transformadores	Días calendario	90	Técnico Líder, Manuales y planos
35	A	4	No	Posible	Medio	C1	C1	C3	C2	Reacondicionar	Retorquear bornes de sistema de ventilación de transformadores	Días calendario	180	Técnico Líder, Torquímetro, manuales y planos,

