



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**“PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, EMPLEANDO LA TÉCNICA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE UN GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN Y SISTEMAS AUXILIARES EN LA PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA BLOQUE-21”**

**AUTOR: WALTER PATRICIO UVIDIA YAMBAY**

**Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:**

**MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**Riobamba – Ecuador**

**Mayo 2017**

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Walter Patricio Uvidia Yambay, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Walter Patricio Uvidia Yambay

CI: 0602375388



## ESCUELA SUPERIOR POLITECICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, EMPLEANDO LA TÉCNICA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE UN GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN Y SISTEMAS AUXILIARES EN LA PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA BLOQUE-21”, de responsabilidad del Sr. Walter Patricio Uvidia Yambay ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

#### Tribunal:

\_\_\_\_\_  
Ing. Fredy Proaño Ortiz; PhD.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

\_\_\_\_\_  
Ing. Washington Zabala Morocho; MsC.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Freire Miranda; MsC.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

\_\_\_\_\_  
Ing. César Astudillo Machuca; MsC.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

Riobamba, mayo 2017

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Walter Patricio Uvidia Yambay, declaro que el presente **Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación y Desarrollo**, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, mayo de 2017

---

Walter Patricio Uvidia Yambay  
CI. 0602375388

## **DEDICATORIA**

Al padre celestial por darme la fortaleza y sabiduría para asumir los retos del diario vivir, a mis padres José y Ubaldina (+), por enseñarme a ser un hombre de principios, a mi esposa Hirma, a mis hijos José, Mónica, Walther y Mateo por ser el pilar fundamental para poder cumplir esta meta.

Walter

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a, los profesores que impartieron su conocimiento durante el periodo de formación de la maestría, al Instituto de Post grado y Educación Continua de la ESPOCH, al personal de la Planta de generación Yuralpa Bloque 21, por su aporte en el desarrollo de esta investigación, y en especial a los señores Ingenieros Washington Zabala, Jorge Freire y Cesar Astudillo, por enrumbarme en el desarrollo de este proyecto.

Walter

## CONTENIDO

### PORTADA

DERECHOS INTELECTUALES .....	ii
CERTIFICACIÓN .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
CONTENIDO .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	.viii
ABSTRACT.....	xv

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema .....	9
1.3 Sistematización del problema .....	9
1.4 Justificación de la investigación.....	9
1.5 Objetivos .....	10
1.5.1 Objetivo General .....	10
1.5.2 Objetivos Específicos.....	10
1.6 Hipótesis.....	11

## CAPITULO II

2.	MARCO REFERENCIAL .....	12
2.1	Marco Teórico.....	12
2.1	Características del RCM .....	15
2.2	Enfoque del RCM .....	16
2.2.1	Enfoque en el riesgo.....	16
2.2.2	Enfoque en la producción.....	16
2.2.3	Enfoque en la confiabilidad. ....	17
2.3	Metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM.....	17
2.4	Conformación del equipo multidisciplinario de trabajo.....	18
2.4.1	Características del equipo multidisciplinario de trabajo .....	18
2.4.2	Roles de los integrantes.....	19
2.5	Selección del sistema y definición del contexto operacional.....	20
2.6	Jerarquización de los sistemas .....	20
2.6.1	Indice de criticidad.....	21
2.7	Desarrollo del contexto operacional.....	22
2.7.1	Operativo.....	23
2.7.2	Personal.....	23
2.7.3	División del proceso.....	23
2.8	Análisis de los modos y efectos de falla AMFE .....	23
2.9	Definición de funciones .....	24
2.9.1	Funciones Primarias.....	24
2.9.2	Función Secundaria .....	24
2.10	Determinación de las fallas funcionales.....	25
2.10.1	Falla funcional Parcial.....	25

2.10.2	Falla funcional Total .....	25
2.11	Determinar los tipos de fallas por su detectividad. ....	25
2.11.1	Fallas Ocultas. ....	25
2.11.2	Fallas Evidentes. ....	25
2.12	Determinación de los modos de falla .....	26
2.13	Efecto de falla. ....	26
2.14	Análisis de criticidad de un modo de falla (FMECA).....	27
2.14.1	Índice de gravedad (G).....	27
2.14.2	Índice de ocurrencia (O): .....	27
2.14.3	Índice de Detección (D). ....	27
2.15	Proceso de selección de las actividades de mantenimiento.....	28
2.15.1	Diagrama de decisión RCM.....	28
2.16	Actividades de mantenimiento .....	30
2.16.1	Tareas preventivas o proactivas .....	30
2.16.2	Tareas de restauración.....	30
2.16.3	Tareas de sustitución programada .....	30
2.16.4	Tareas según la condición .....	30
2.16.5	Tareas de búsqueda de fallas ocultas.....	31
2.17	Actividades correctivas o acciones “A FALTA DE” .....	31
2.17.1	Rediseñar.....	31
2.17.2	Mantenimiento Correctivo o de rotura.....	32
2.18	Beneficios de la implementación del RCM.....	32
2.19	Marco conceptual.....	32
CAPITULO III		
3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	38

3.1	Tipo de investigación .....	38
3.2	Método de la investigación .....	39
3.3	Fuentes y técnicas de recolección de información .....	39
3.4	Fases de la investigación.....	40
3.5	Desarrollo del RCM .....	41
3.5.1	Formación del equipo multidisciplinario de trabajo .....	41
3.6	Selección del activo .....	42
3.6.1	Características técnicas del activo.....	42
3.7	Contexto operacional .....	43
3.7.1	Sistemas auxiliares del grupo electrógeno .....	45
3.8	Categoría de Criticidad .....	49
3.9	Identificar las funciones, análisis de modos y efectos de falla (AMFE).....	51
3.9.1	Función primaria del grupo electrógeno .....	51
3.10	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas.....	66

#### CAPITULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	91
4.1	Resultados .....	91
4.2	Discusión.....	94

#### CAPITULO V

5.	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO .....	96
5.1.	Demostración de la hipótesis planteada.....	97
	Conclusiones .....	104
	Recomendaciones.....	105
	BIBLIOGRAFÍA .....	106
	ANEXOS .....	111

## LISTA DE FIGURAS

	Págs.
<b>Figura 1-1</b>	Ubicación geográfica del campo Yuralpa bloque 21..... 3
<b>Figura 2-1</b>	Vista de la Planta de generación Yuralpa..... 3
<b>Figura 3-1</b>	Sistema eléctrico de 13.8 kV..... 4
<b>Figura 4-1</b>	Sistema de recuperación de calor..... 5
<b>Figura 5-1</b>	Configuración en paralelo de los grupos electrógenos..... 5
<b>Figura 1-2</b>	El RCM en la gestión de activos..... 16
<b>Figura 2-2</b>	Diagrama de flujo del proceso RCM según norma SAE JA1011..... 17
<b>Figura 3-2</b>	Integrantes de un equipo multidisciplinario de trabajo..... 18
<b>Figura 4-2</b>	Fases para el análisis de modos y efectos de falla AMFE..... 24
<b>Figura 5-2</b>	Diagrama de decisión..... 29
<b>Figura 6-2</b>	Curva del comportamiento de la falla potencial..... 31
<b>Figura 1-3</b>	Equipo multidisciplinario de implementación del RCM..... 41
<b>Figura 2-3</b>	Diagrama de bloque del grupo electrógeno..... 43
<b>Figura 3-3</b>	Planta de generación Yuralpa..... 44
<b>Figura 4-3</b>	Sistema de Aire Comprimido..... 45
<b>Figura 5-3</b>	Sistema de enfriamiento..... 46
<b>Figura 6-3</b>	Sistema de aire de carga y gases de escape..... 47
<b>Figura 7-3</b>	Sistema de combustible..... 48
<b>Figura 8-3</b>	Sistema de lubricación del motor..... 49
<b>Figura 1-5</b>	Tareas del plan original versus tareas del actual plan de mantenimiento..... 96

## LISTA DE TABLAS

	Págs.
<b>Tabla 1-1.</b> Número de paradas de los grupos electrógenos.....	6
<b>Tabla 2-1.</b> Horas de operación de los grupos electrógenos.....	7
<b>Tabla 3-1.</b> Horas de mantenimiento correctivo de los grupos electrógenos.....	7
<b>Tabla 4-1.</b> Horas de mantenimientos programados de los grupos electrógenos.....	7
<b>Tabla 5-1.</b> Horas en stand by de los grupos electrógenos.....	7
<b>Tabla 6-1.</b> Resumen de paradas no programadas de los grupos electrógenos.....	8
<b>Tabla 7-1.</b> Disponibilidad operacional de los grupos electrógenos.....	8
<b>Tabla 1-2.</b> Matriz de Índice de criticidad método W. T. Fine modificado.....	22
<b>Tabla 2-2.</b> Categoría de criticidad.....	22
<b>Tabla 3-2.</b> Matriz de Análisis de criticidad de modos de falla.....	28
<b>Tabla 1-3.</b> Locaciones o well pads que abastece de energía la planta de generación...	45
<b>Tabla 2-3</b> Categoría de criticidad del grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN.....	50
<b>Tabla 3-3.</b> Análisis de criticidad de los sistemas del grupo electrógeno.....	51
<b>Tabla 4-3.</b> AMFE Sistema de Combustible.....	52
<b>Tabla 5-3.</b> AMFE Sistema de Lubricación.....	55
<b>Tabla 6-3.</b> AMFE Sistema de enfriamiento.....	57
<b>Tabla 7-3.</b> AMFE Sistema de aire de carga.....	59
<b>Tabla 8-3.</b> AMFE Sistema de aire de arranque e instrumentación.....	61
<b>Tabla 9-3.</b> AMFE Sistema de instrumentos HT.....	62
<b>Tabla 10-3.</b> AMFE Sistema de instrumentos LT.....	63
<b>Tabla 11-3.</b> AMFE de Tableros de Control SCADA.....	64
<b>Tabla 12-3.</b> Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas Sistema de Combustible.....	67

<b>Tabla 13-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de Lubricación.....	..71
<b>Tabla 14-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de Enfriamiento.....	..74
<b>Tabla 15-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de Aire de Carga.....	..78
<b>Tabla 16-3</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de Aire de arranque e instrumentación.....	..81
<b>Tabla 17-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de Instrumentos HT.....	..83
<b>Tabla 18-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Sistema de instrumentos LT.....	..85
<b>Tabla 19-3.</b>	Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas	
	Tableros de Control y Scada.....	..87
<b>Tabla 1-4.</b>	Síntesis del número de: componentes, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. (AMFE).....	..92
<b>Tabla 2-4.</b>	Modos de falla con categoría de criticidad alta y notable.....	..93
<b>Tabla 3-4.</b>	Análisis de Tipo de tareas asignadas.....	..94
<b>Tabla 5-4.</b>	Tareas del nuevo plan de Mantenimiento del grupo electrógeno.....	..95
<b>Tabla 1-5.</b>	Propuesta de Plan de Mantenimiento.....	100

## RESÚMEN

Con la implementación del “proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento, empleando la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de un grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN y sistemas auxiliares en la Planta de Generación Yuralpa bloque 21”, ubicada en la parroquia Chonta Punta de la provincia del Napo, es garantizar la fiabilidad del grupo electrógeno, mitigando los modos de falla recurrentes que ocasionan las paradas no programadas del equipo, además su ubicación geográfica lo hace más crítica debido a que se encuentra aislada del Sistema Eléctrico Petrolero (SEIP). El tipo de investigación utilizado en el estudio es descriptivo, con un método documental, la información se basó del software de gestión de la empresa MAXIMO OIL & GAS y libros de vida del equipo. Resultado de la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es la optimización de 79 tareas de mantenimiento que se tenía en el plan original a 39 tareas enfocadas a mitigar las fallas ocultas, que corresponde al 50.63% de ahorro de recursos como repuestos, horas hombre y reducir el riesgo de pérdidas de producción de crudo. Partiendo de un estudio preliminar del número de fallas, se aplica el análisis de criticidad del grupo, considerando aspectos de ocurrencia, exposición y consecuencia, determinando que el equipo está dentro de la clasificación Activo Crítico, así mismo se realiza el análisis de criticidad de los sistemas que conforman el grupo, estableciendo a los sistemas de; combustible, enfriamiento alta temperatura y lubricación se encuentran en un nivel de criticidad intolerable y alto. Se desarrolló el análisis de modos de falla y efectos (AMFE), estandarización de los modos de falla según la norma ISO 14224, análisis de criticidad de los modos de falla, selección de las nuevas tareas de acuerdo a la normativa SAE JA1012, plasmadas en las hojas de decisión RCM. Por lo que se recomienda incluir nuevas tareas de mantenimiento en el sistema de gestión a fin de asegurar su cumplimiento.

### PALABRAS CLAVE:

<MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD [RCM] > <GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN> <PLANTA DE GENERACION YURALPA> <CHONTA PUNTA [PARROQUIA]> <NAPO [PROVINCIA]> <LOCACIÓN [BLOQUE21]>

## ABSTRACT

Whit the implementation of the “Maintenance Plan Improvement Project, employing a reliance centered maintenance of the Wartsila VASA12V32LN generator group and auxiliary systems in the Yuralpa Power Plant, block 21”, located in the Chonta Punta Parish of the Napo Province, we aim to guarantee the reliance of the generating group, mitigating the recurring error modes that come about by un-programmed stops of the equipment, furthermore, its geographical location makes it more critical due to its reclusion to the Electric Petroleum System (EPS). The type of investigation used in this study is descriptive, with a documented method, the management software was based on the of the MAXIMO OIL & GAS Company and usable-life records of the equipment. The result of the application of the reliance centered maintenance (RCM), is the optimization of 79 maintenance tasks that were in the original plan of 39 focused tasks to mitigate hidden errors, which correspond to 50.63% of resource saving in space parts, labor hours and to reduce the risk of loss of crude oil production. Parting from a preliminary study of the number of errors, the critical analysis of the group is applied to the systems that conform the group, considering aspects of occurrence, exposure and consequence, determining that equipment in within the classification of Critical Asset, in a similar vein a critical analysis of the systems that conform the group is applied, establishing to the systems of: fuel, high temperature cooling, and lubrication which are found in a critical and intolerably high level. An analysis of fails and effects modes was developed (AMFE), the standardization of fail modes according to the 14224 ISO standard, critical fail mode analysis, selection of new tasks according to the SAE JA 1012 standard, duly noted in the decision files of the RCM. For which it is recommended to include new maintenance tasks in the management system in pro of assuring its compliance.

## KEYWORDS:

<RELIANCE CENTERED MAINTENANCE [RCM]> <WARTSILA VASA12V32LN GENERATOR GROUP> < YURALPA POWER PLANT> <CHONTA PUNTA [PARISH]> <NAPO [PROVINCE]> <LOCATION [BLOCK 21]>

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico, la globalización y el descubrimiento de reservas de crudos en los rincones más inhóspitos de la selva ecuatoriana ha hecho que tanto al Estado como las empresas prestadoras de servicios busquen alternativas para poder explotar dichas reservas, para su explotación y proceso es necesario la instalación de equipos con tecnología de punta en esas locaciones y con un factor humano que estén comprometidos con el cuidado del medio ambiente y el respeto mutuo con las comunidades aledañas al área de influencia de la explotación hidrocarburífera.

Con ese compromiso se dio origen a la construcción del Centro de Facilidades y de la Planta de Generación Yuralpa bloque 21, ubicada en la parroquia Chonta Punta de la provincia de Napo; que por su situación geográfica es el único bloque que se encuentra aislado del Sistema eléctrico Integrado Petrolero (SEIP), por lo que depende del suministro continuo de energía eléctrica de su propia planta de generación la cual ha puesto en evidencia que debe de garantizar de un alto grado de confiabilidad de los grupos electrógenos y sus equipos auxiliares evitando paradas no programadas que , ocasionan pérdidas económicas considerables.

Esto obligó al área de mantenimiento ponga su manifiesto y, el comprometimiento a las jefaturas de campo, la necesidad de implementar mejoras a su gestión. Dando como resultado de este compromiso al “Proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento empleando la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de un grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN y sistemas auxiliares en la Planta de Generación Yuralpa Bloque-21”.

Una vez trazado el objetivo de la investigación, dio paso al desarrollo de la propuesta planteada, luego; basado en información de campo como, datos históricos, número de fallas, etc., se desarrolló un estudio preliminar del estado actual de la planta, mediante un análisis de criticidad de los equipos de la planta, y de los sistemas que lo conforman el grupo

electrógeno, encontrándose dentro de la categoría de equipo crítico, de igual manera los sistemas de combustible, enfriamiento HT y lubricación respectivamente.

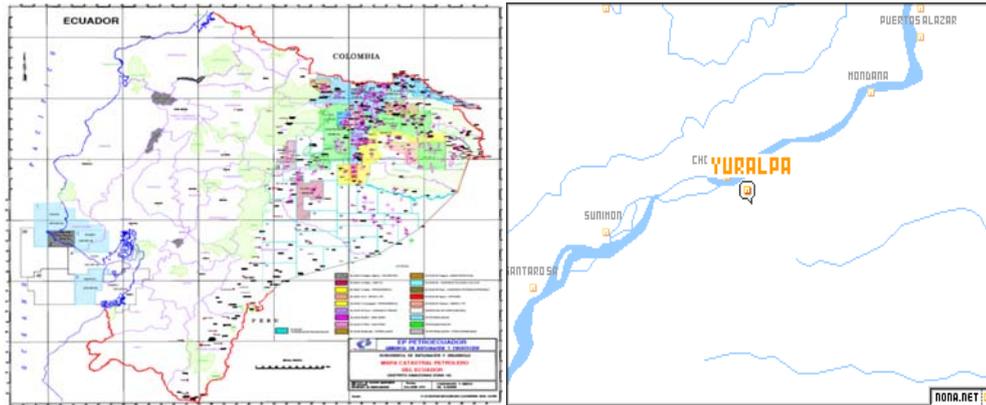
El equipo multidisciplinario procedió con la aplicación de esta metodología, basada en las siete (7) preguntas básicas vinculadas al RCM, donde las cuatro primeras fue respondido en las hojas de información mediante el AMFE, y estandarizadas la nomenclatura de los modos de falla, se plasmó de acuerdo a la norma ISO 14224 según el tipo de activo y establecidas los efectos que generan los modos de falla.

Con la aplicación del RCM, se busca dar solución a los efectos causados por los modos de falla, haciendo uso del diagrama de decisión, es encontrar las nuevas tareas y la frecuencia ideal, estas tareas deben cumplir los lineamientos de la normativa SAE JA1012, es decir: por condición, reparación periódica, remplazo programado, prueba de funcionamiento, rediseño, trabajo hasta el fallo y combinación de tareas.

# 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

El Campo Yuralpa, Bloque 21, cuenta con un área de exploración de 1550 km<sup>2</sup>, está ubicado en la Provincia de Napo a 60 km de la ciudad del Tena, en una Latitud de 01° 55' 03.198"S y una Longitud de 77°19'0.875"W, y una elevación de 412msnm.



**Figura 1-1.** Ubicación geográfica del campo Yuralpa bloque 21

Fuente: Mapa catastral Petroecuador, 2015.

En este campo petrolero se encuentra la Planta de Generación Yuralpa que está equipada con cuatro grupos electrógenos Wäertsila VASA 12V32LN, con una capacidad de generación de 4.1 MW cada uno y potencia total de 16.4 MW, su configuración en paralelo, utilizando petróleo como combustible principal y combustible diesel previo a tareas de Mantenimiento.



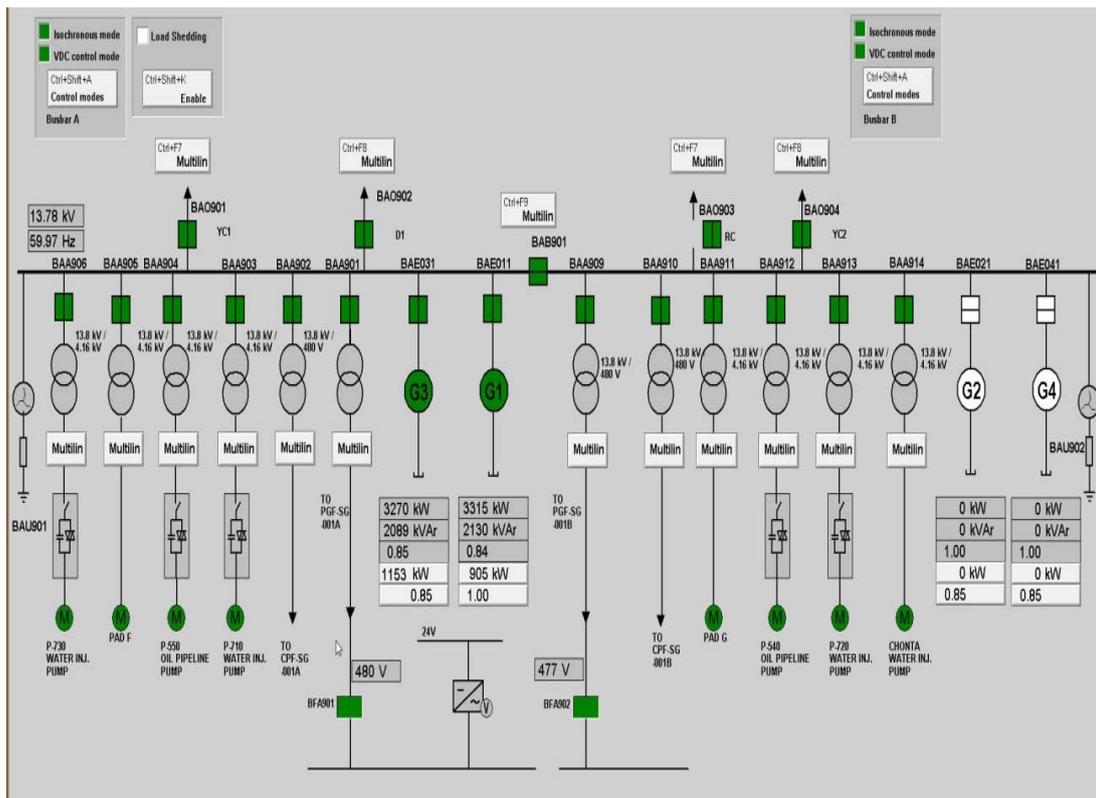
**Figura 2-1** Vista de la Planta de generación Yuralpa

Fuente: Archivo fotográfico Petroecuador, 2015.

La planta de generación entrega diariamente un promedio de 180000 kW/h de energía eléctrica de manera continua, para el funcionamiento del centro de facilidades (CPF),

arranque de bombas de transferencia de crudo, reinyección de agua, locaciones de los diferentes pozos, campamento y equipos auxiliares propios de la planta de generación.

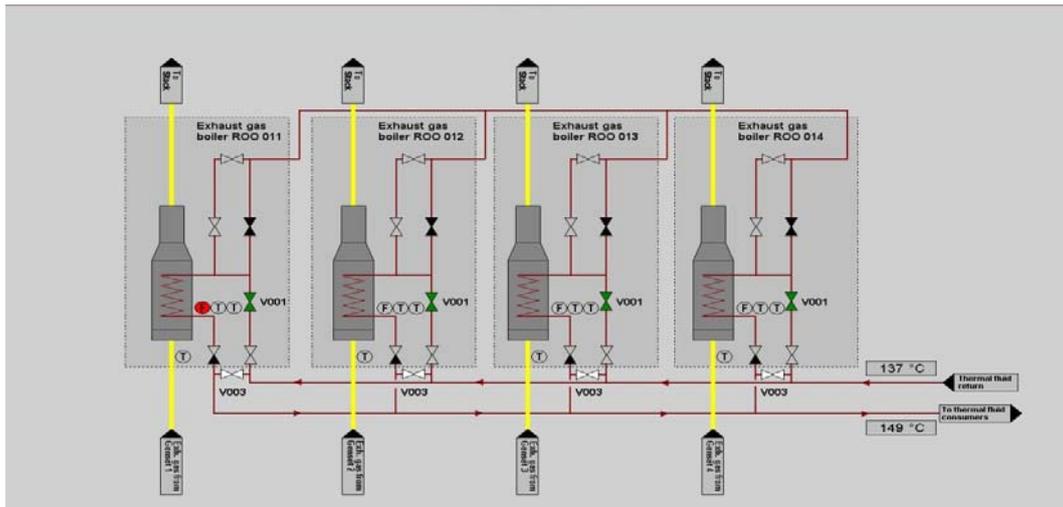
Con un voltaje de salida de 13800 VAC, que ingresa a una barra de media tensión, ubicada en la sala de 13.8kV y luego por medio de transformadores se obtienen los voltajes de salida hacia las facilidades de: 5200 VAC, 480 VAC y 240 VAC



**Figura 3-1.** Sistema eléctrico de 13.8 kV

Fuente: Sistema scada WOIS, 2015.

La planta está dotada de un sistema de recuperación de calor, un caldero instalado en cada uno de los escapes de los motores, el cual calienta aceite térmico aprovechando las emisiones de gases de escape; este aceite calienta el petróleo que está almacenado listo para ser bombeado al Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE).

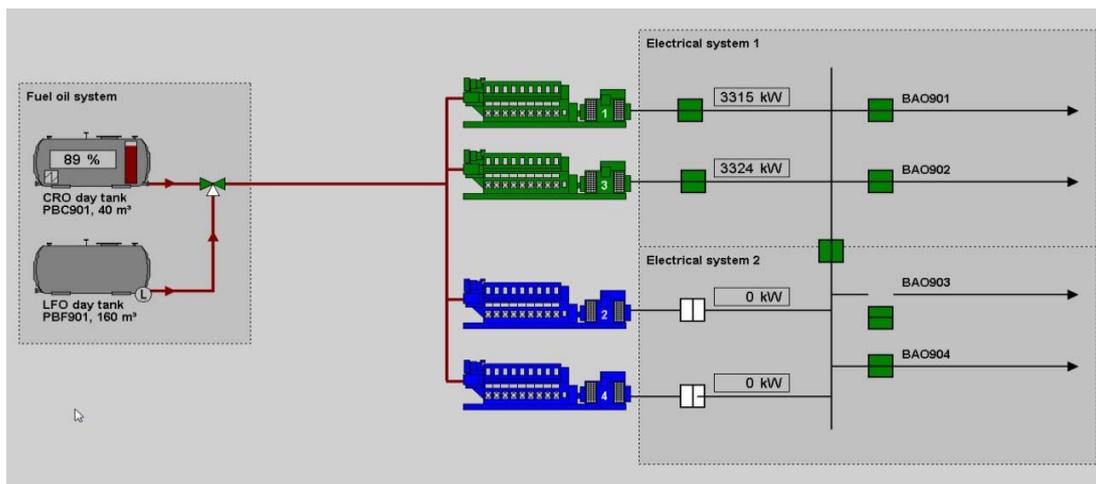


**Figura 4-1.** Sistema de recuperación de calor.

Fuente: Sistema scada WOIS, 2015.

El sistema de recuperación de calor, evita arrancar una carga de 800kW por cada generador que se encuentre en línea, los motores de estos grupos tienen una característica especial de generar bajas emisiones contaminantes (LNOx) por sus siglas en ingles, cumpliendo de esta manera con estándares internacionales de seguridad y medioambiente.

Su configuración en paralelo permite aprovechar su potencia rodante y trabajen cerca de su carga máxima, resultando más vulnerable a que ocurran una parada parcial o total de la planta, sea por la impericia del personal de operación o baja gestión de mantenimiento.



**Figura 5-1.** Configuración en paralelo de los grupos electrógenos.

Fuente: Sistema scada WOIS, 2015.

La planta de generación es el pilar fundamental dentro de las operaciones del bloque 21 por su alta criticidad.

En el periodo comprendido entre el 2012 y 2015 de la vida operacional de los grupos electrógenos, han presentado fallas recurrentes en los sistemas, subsistemas y elemento, registrados en la base de datos del sistema de gestión de activos EAM MAXIMO OIL & GAS (Anexo 1), se ha podido evidenciar el número de paradas por mantenimientos correctivos, preventivos así como las horas de operación y en stand by del equipo.

**Tabla 1-1.** Número de paradas de los grupos electrógenos

<b>Números de paradas por año</b>				
<b>2012</b>				
<b>Sistema</b>	<b>SQA-80011 (G1)</b>	<b>SQA-80021 (G2)</b>	<b>SQA-80031 (G3)</b>	<b>SQA-80041 (G4)</b>
Combustible	11	2	5	2
Enfriamiento HT	2	1	4	0
Enfriamiento LT	1	0	0	0
Aire de carga	1	1	1	0
Lubricación	1	4	0	5
Aire de instrumentos &	0	0	0	0
Control	0	0	0	0
<b>2013</b>				
Combustible	4	4	4	3
Enfriamiento HT	2	0	0	2
Enfriamiento LT	1	0	0	0
Aire de carga	1	0	0	1
Lubricación	2	3	2	1
Aire de instrumentos &	1	0	0	1
Control	0	0	0	0
<b>2014</b>				
Combustible	4	4	4	1
Enfriamiento HT	1	0	0	3
Enfriamiento LT	0	0	0	0
Aire de carga	1	0	0	1
Lubricación	2	3	1	1
Aire de instrumentos &	0	0	0	0
Control	0	0	0	0
<b>2015</b>				
Combustible	7	6	5	1
Enfriamiento HT	3	1	0	0
Enfriamiento LT	0	0	1	0
Aire de carga	0	0	1	0
Lubricación	2	1	0	4
Aire de instrumentos &	0	0	0	0
Control	1	0	0	2

**Fuente:** EAM Máximo Oil&Gas.

**Realizado por:** UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 2-1.** Horas de operación de los grupos electrógenos

<b>Horas de Operación (H op)</b>				
<b>AÑO</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
2012	6824	4476	4541	4478
2013	2189	3656	6669	5711
2014	5826	5629	3052	3723
2015	5090	6633	2040	4211

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 3-1.** Horas de mantenimiento correctivo de los grupos electrógenos

<b>Horas de Mantenimiento correctivo (H c)</b>				
<b>AÑO</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
2012	130	40	77	36
2013	64	49	54	82
2014	55	73	20	39
2015	334	334	262	46

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 4-1.** Horas de mantenimientos programados de los grupos electrógenos

<b>Horas Mantenimiento programados (H p)</b>				
<b>AÑO</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
2012	603	228	1094	395
2013	357	560	266	161
2014	1284	647	269	486
2015	238	303	579	214

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 5-1.** Horas en stand by de los grupos electrógenos

<b>Horas en Stand by (H sb)</b>				
<b>AÑO</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
2012	1203	4016	3048	3851
2013	6150	4495	1771	2806
2014	1595	2411	5419	4512
2015	3098	1490	5879	4289

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 6-1.** Resumen de paradas no programadas de los grupos electrógenos

AÑO	N° de paradas			
	G1	G2	G3	G4
2012	16	8	10	7
2013	11	7	6	8
2014	8	7	5	6
2015	13	8	7	7

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**Tabla 7-1.** Disponibilidad operacional de los grupos electrógenos.

AÑO	Disponibilidad Operacional = $(H_{op} + H_{sb} / H_{op} + H_{sb} + H_c + H_p)$			
	G1	G2	G3	G4
2012	91,63	96,94	86,63	95,08
2013	95,19	93,05	96,35	97,23
2014	84,71	91,78	96,70	94,01
2015	93,47	92,73	90,40	97,03

Fuente: EAM Máximo Oil&Gas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

Como se evidencia en la Tabla 1-1 dentro del análisis de las fallas más recurrentes es; el sistema de combustible, sistema de enfriamiento de alta temperatura (HT) y el sistema de lubricación respectivamente, estos sistemas disponen de dispositivos de protección del equipo que, al detectar en la operación una condición fuera de la normal envían la señal de parada, provocando las paradas no programadas del equipo o de la planta.

Las paradas no programadas ocasionan grandes pérdidas económicas, por la interrupción de la producción de petróleo, que para ingresar en línea nuevamente se debe de cumplir procedimientos que pueden tardar horas y en ocasiones el equipo de superficie (pozo) no arranca.

En este contexto se hace necesaria la implementación de la técnica de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en un grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN” y sistemas auxiliares, que a través del análisis funcional, organizado, lógico y documentado permita el mejoramiento del plan de mantenimiento actual, conservando el mejor balance entre el costo y fiabilidad del servicio.

## **1.2 Formulación del problema**

¿El mejoramiento del plan de mantenimiento de un grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN y sistemas auxiliares en la planta de generación Yuralpa Bloque 21 aplicando la técnica del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), reduce las paradas no programadas, que conlleva a pérdidas económicas en el sistema de producción de petróleo?

## **1.3 Sistematización del problema**

- ¿Cuáles son las funciones y estándares de desempeño en los sistemas del grupo electrógeno?
- ¿Cuáles son las fallas funcionales en los sistemas del grupo electrógeno que inciden en las paradas no programadas?
- ¿Qué modos y efectos genera las fallas funcionales en los sistemas del grupo electrógeno?
- ¿Qué consecuencias producen los efectos de las fallas funcionales en los sistemas del grupo electrógeno?
- ¿Cómo se puede prevenir o predecir los efectos de la falla funcionales en los sistemas del grupo electrógeno?

## **1.4 Justificación de la investigación**

En la actualidad la Planta de Generación Yuralpa Bloque-21 tiene un promedio de 3 paradas totales y 6 paradas parciales de la planta al año, la primera corresponden a la pérdida total de energía en el bloque y las siguiente por impericia operacional, técnica y por una desvalorada gestión de mantenimiento.

La planta por ser centralizada o en paralelo, su configuración es la siguiente: si se tiene una parada súbita de un generador, hace que el resto de generadores pueda soportar la demanda, pero como se trabaja al 95% de su carga nominal, hace que actúe el deslastre de carga o eliminando la carga menos importante y poder solventar la demanda con uno o varios de los generadores que queden en línea; los equipos más críticos del bloque son: los pozos, compresores de aire de instrumentos que controlan actuadores de válvulas y más auxiliares tanto de facilidades como propios de la planta de generación.

Al tener estos acontecimientos no programados de uno o varios generadores, afectan directamente a la producción de petróleo, provocando que los pozos se detengan súbitamente sin cumplir las condiciones requeridas para una parada normal, y al momento del arranque el pozo no lo permita, por lo que es sometido a un trabajo especial con la torre de reacondicionamiento, resultando en pérdida de producción y económicamente costoso, ya que la organización subcontrata al no disponer de estos equipos.

En una parada total de la planta que se registre, se pierde una producción de 800 barriles de crudo, que equivale a que el Estado deja de percibir aproximadamente 32.000 USD en una hora que dura reiniciar las operaciones y en una parada parcial las pérdidas llegan a la mitad, que sumado todos los eventos ocurridos durante el periodo de un año las pérdidas resultan ser considerables.

Por los antecedentes mencionados, es necesario optimizar el plan de mantenimiento, aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), técnica que permitirá minimizar el número de fallas, incrementar su fiabilidad y consecuentemente las reducir las pérdidas económicas que generan el paro no programado del equipo.

## **1.5      Objetivos**

### **1.5.1    Objetivo General**

Desarrollar el proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento, empleando la técnica del mantenimiento centrado en confiabilidad de un grupo electrógeno Wartsila Vasa12V32LN y sistemas auxiliares en la planta de generación Yuralpa Bloque-21.

### **1.5.2    Objetivos Específicos**

- Evaluar la situación técnica y operacional actual del grupo electrógeno.
- Determinar las fallas funcionales de los sistemas del grupo electrógeno.
- Identificar los fallos, modos de fallo y efectos que provoca cada fallo funcional.
- Evaluar los riesgos que provocan los modos de fallas, jerarquizarlos en función de su impacto.
- Establecer estrategias y frecuencias de mantenimiento aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

## **1.6 Hipótesis**

El proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento, utilizando la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de un grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN y equipos auxiliares en la planta de generación Yuralpa Bloque 21, permitirá reducir las paradas no programadas, con la selección ideal de nuevas tareas proactivas.

## CAPITULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

Para el desarrollo de esta investigación, se realizó un análisis crítico de literatura especializada de otras fuentes que fueron aplicadas esta metodología en diferentes campos de la industria, con vista a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación.

En “Reliability-Centred Maintenance and HAZOP” (Clarke y Young, 2006), este estudio tiene como objeto realizar una evaluación exhaustiva y sistemática entre un análisis de modos y efectos de falla (AMFE) y los riesgos (HAZOP) asociados en los procesos industriales. Este análisis manifiesta que una de las herramientas líder en el desarrollo de estrategias de mantenimiento es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, donde se aplica una lógica estructurada de decisión para la evaluación de análisis de modos y efectos de falla.

El estudio demuestra que con la inclusión del HAZOP en un análisis RCM, los objetivos de ambos procesos puede ser básicamente satisfecho con el mínimo de esfuerzo, demostrado una mejora significativa en la seguridad, confiabilidad, y rentabilidad del mantenimiento. Está claro que con una modificación ligera del proceso RCM, la información puede ser recogida y las decisiones puedan satisfacer los requisitos del HAZOP, pero un HAZOP en aislamiento no es capaz de generar los mismos resultados como un análisis RCM (Clarke y Young, 2006).

Según el estudio de “Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implementación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos” (González 2010), indica las premisas básicas que se aplica en la implementación de Mantenimientos Preventivo y Predictivo en la industria de Proceso, gracias al desarrollo y personalización de la metodología RCM a partir del AMFEC. La metodología RCM, determinar las actividades de

mantenimiento reactivas y proactivas, con objeto de optimizar la confiabilidad de los activos industriales.

El estudio se desarrolló bajo los lineamientos de la obra de John Moubray, apoyado de las 7 preguntas básicas, que comprende el análisis de criticidad, cálculo de los valores del número de ponderación del riesgo (NPR) para cada modo de falla, calculada función de la gravedad, frecuencia y detectabilidad.

El proyecto “Planificación de Mantenimiento Basado en el método de Confiabilidad RCM para motores estacionarios de la planta Termopichincha S.A. Central Guangopolo” (Cajas y Janeta, 2009). Muestra una aplicación práctica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, basado en las Normas SAE JA1011y SAE JA1012, aplicado en los motores de la Central Termoeléctrica Guangopolo, Termopichincha S.A. Los autores determinan que el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), evalúa las tareas de mantenimiento a través de las consecuencias de fallas funcionales evitando el sobre mantenimiento del activo, tomando en cuenta criterios de posible afectación ambiental o seguridad industrial.

La información más verás y efectiva sobre los modos de falla y consecuencias de falla se considera del personal de mantenimiento y operación, ya que son los conocedores del sistema, y llevan una base de datos que facilita la recolección de la información.

La investigación titulada “Propuesta metodológica para mejorar la gestión del mantenimiento en una industria de transformación de plásticos para productos escolares, con base en Asset management y RCM”. (Plata, M, 2012). Está basada en buscar una estrategia para lograr un aumento significativo de disponibilidad y rendimiento de los equipos de la industria del plástico, enlazando las metodologías gestión de activos (Asset Management) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), y que pueda ser aplicado en otros escenarios.

El planteamiento de este proyecto lleva a obtener información de factores determinantes para la gestión de mantenimiento, por medio del Asset Managenet, permite el análisis de los indicadores de: costos, producción y eficiencia.

Y con la aplicación de la metodología del RCM, determina la función que cumple los elementos de un equipo, que en este caso en el proceso de transformación de plásticos constituye el eje central del cual se desprenden varias caracterizaciones como: evaluación de

criticidad, el análisis de modos de falla y causas de fallas, con el propósito de alcanzar una estrategia de mantenimiento que aumente los niveles de eficiencia de los equipos.

Como resultado del estudio es cambiar no solo la percepción de gastos desde el punto de vista contable, sino también innovar el impacto que tiene la gestión del mantenimiento al interior de la organización, donde se convierte en un mecanismo que minimiza las pérdidas de producción. Resalta también, que en América Latina la necesidad de aplicar nuevas estrategias de la gestión de mantenimiento, que permitan brindar de una alta fiabilidad y disponibilidad al menor costo posible, (Plata, M, 2012).

La investigación “Establecimiento de un sistema indicador de gestión para el control del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over) de una empresa de perforación y rehabilitación de pozos petroleros”(Landeta, J, 2009) se fundamenta en el estudio de la Confiabilidad Operacional de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over), operados por la empresa de perforación y rehabilitación de pozos, con esta metodología busca reducir la cantidad de actividades no programadas, y establecer tareas de mantenimiento que garanticen la operatividad y confiabilidad de las unidades. Resalta también el análisis de criticidad del equipo más crítico asignado como PAR-04, ya que posee el mayor número de fallas, su confiabilidad operacional está en 85.23% y compara con los patrones o estándares internacionales llevados por las empresas de clase mundial que corresponde al (90%).

Con la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad pudo determinar que el sistema de izamiento, asignado al equipo como PAR-04 la existencia de 66 modos y efectos de falla.

Para el estudio titulado “Plan para la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para plantas de concreto del Instituto Costarricense de Electrificación (ICE)” (Rojas, 2010) el ICE, tenía como meta en el año 2009, suplir 134 MW al Sistema Nacional Interconectado (SIN), para lo cual el ICE necesitaba de equipos especiales, entre ellos las plantas de concreto que son vitales para la construcción del túnel de conducción, presa, casa de máquinas etc. por lo que pasa a ser determinante la confiabilidad de las plantas de concreto en el cumplimiento de la meta de la organización, para lo cual el departamento de mantenimiento pone de manifiesto su compromiso en utilizar el mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para solventar los problemas de la disponibilidad del equipo.

El objetivo del estudio es establecer un plan de implementación del RCM en la planta de concreto y que sirva como guía a los demás proyectos que utilizan estos activos, para ello la importancia que el equipo de trabajo involucre al personal técnico, operadores, personal administrativo de la planta y aprovechar la información técnica, diagramas, manuales y el juicio de expertos, los cuales fueron claves para el éxito del proyecto.

Con este proyecto se afianza el concepto de que cada proyecto es único en términos de su tamaño, problemas, restricciones, diversidad y manejo de los recursos. Además muestra que el manejo adecuado del recurso humano permite, establecer el compromiso de trabajo en equipo, integración, comunicación, (Rojas, 2010).

El estudio “Costo-beneficio de la implantación de RCM2, Mantenimiento Centrado en confiabilidad”, (Ellmann y Sueiro, 2002) determina que, con la aplicación del RCM, no se busca reducir los costos de mantenimiento, sino aumentar la rentabilidad de la inversión de la organización a través de mejoras substanciales del mantenimiento, puesto que el RCM determina los modos de falla probables, y elige para cada uno de ellos la tarea de mantenimiento más eficaz, cada modo de falla nos brinda una potencial economía.

Además plantea con ejemplo práctico que un modo de falla, tradicionalmente se soluciona con un mantenimiento preventivo y con la aplicación del RCM se determina que existe un predictivo que es técnicamente posible y merece la pena. En efecto, el preventivo para el recambio de una pieza cada seis meses, esta tarea dura dos horas, cotizadas en USD 40/hora y un repuesto de USD 180, es decir cada ejecución de esa tarea cuesta USD 260, en el año su costo sería de USD 520.

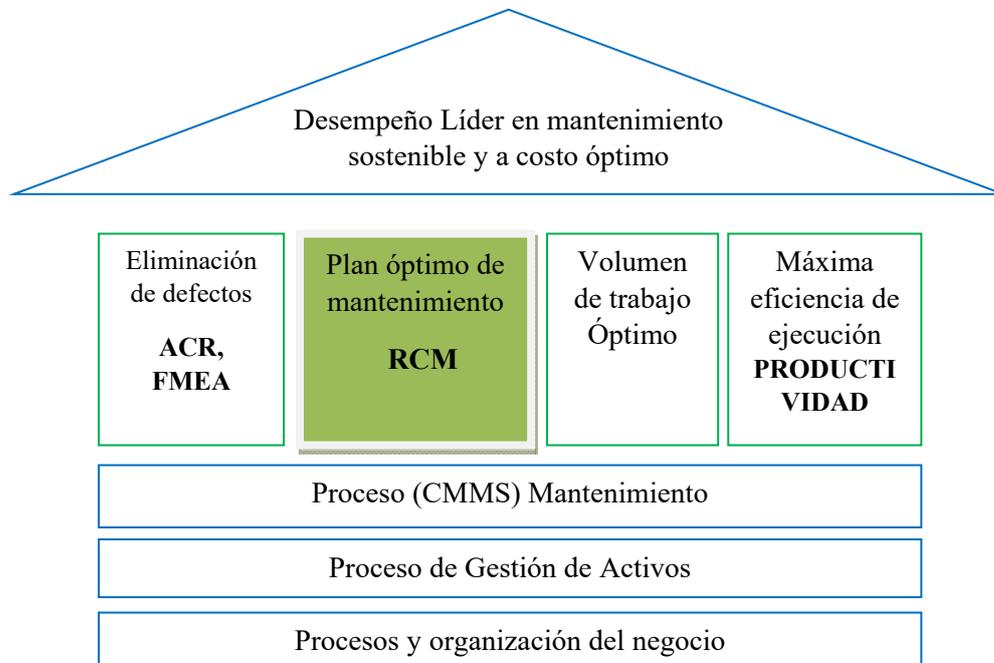
Con el predictivo, permite esperar un MTBF (tiempo medio entre fallas) de ocho meses, por consiguiente el remplazo a condición de que aparezca la falla potencial, ocurrirá en un promedio de 1.5 veces al año, su costo sería de USD 390, existiendo un ahorro de USD 130, pareciera que es un modesto ahorro pero si sumamos tantas partes que tiene el equipo su ahorro es considerable.

## **2.1 Características del RCM**

Para Díaz, J. (2011, p. 16), manifiesta como se relaciona el RCM en la gestión de activos

- Es una herramienta que permite tomar acciones de control de fallas en el entorno operacional.

- Técnica basada en un procedimiento sistemático, que permite generar planes óptimos de mantenimiento.
- Genera un cambio cultural en el personal involucrado.
- Mejores resultados en sistemas complejos al aplicar la metodología del RCM.
- Resultados a mediano y largo plazo.



**Figura 1-2.** El RCM en la gestión de activos.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2016.

## 2.2 Enfoque del RCM

### 2.2.1 *Enfoque en el riesgo.*

Las consecuencias de la materialización de los modos de falla, sobre los equipos, son valoradas y priorizadas de acuerdo al impacto que pueden causar al ambiente, seguridad y operación.

### 2.2.2 *Enfoque en la producción.*

La idea principal del RCM, es que los esfuerzos que realiza mantenimiento es destinados a mantener la función que realiza este equipo de manera segura.

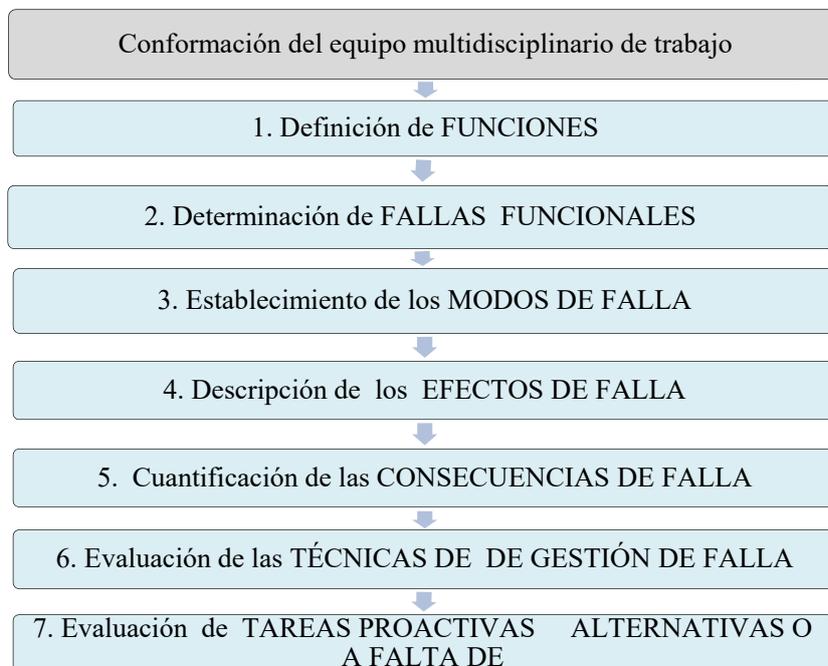
### 2.2.3 Enfoque en la confiabilidad.

El RCM, se denomina así porque, asegura que el equipo en funcionamiento, continúe obteniendo la capacidad definida por su confiabilidad inherente.

### 2.3 Metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad – RCM

La metodología del RCM, plantea un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional. A partir del análisis de las siete preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de rendimiento del activo en su contexto operacional actual?
- ¿En qué forma falla el activo, dejando de cumplir sus funciones? (Fallas funcionales)
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (Modo de falla)
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (Efecto de falla)
- ¿Qué importancia tiene cada falla? (Consecuencias de la falla)
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla? (Técnicas de gestión de fallas)
- ¿Qué debe hacerse si no se puede encontrarse una tarea proactiva adecuada? (Acciones a falta de). (Sexto, 2014, p.6)



**Figura 2-2.** Diagrama de flujo del proceso RCM según norma SAE JA1012

Fuente: PARRA, C, 2002.

Realizado por: UVIDIA, Walter, 2016

## 2.4 Conformación del equipo multidisciplinario de trabajo

De acuerdo a Parra, C. (2012, p.9) el equipo multidisciplinario de trabajo, se define dentro del contexto del RCM, como un conjunto de colaboradores que trabajen juntos en un ambiente cordial de las diferentes disciplinas que conforman el área de operación y mantenimiento, para analizar problemas comunes y poder llegar a una meta común.



**Figura 3-2.** Integrantes de un equipo multidisciplinario de trabajo.  
Fuente: PARRA, C, 2012.

“El resultado universal del equipo de análisis, es que aprende una cantidad increíble sobre el activo o sistema que se está analizando y como resultado del proceso es especialmente útil para sistemas complejos que son difíciles de entender”. (Phil Clarke y Stephen Young, 2006, p. 33)

### 2.4.1 Características del equipo multidisciplinario de trabajo

Para Parra, C. (2002, p.9) las características del equipo multidisciplinario de trabajo están definidas de la siguiente manera :

- **Alineación.-** Cada integrante del equipo está comprometido con los compromisos a que lleve el equipo. La misión y visión de la organización debe de ser la meta de todos, sacar soluciones efectivas de los desacuerdos y conflictos existentes entre los miembros.

- **Coordinación.-** Los integrantes del grupo deben sentirse dueños de los compromisos del grupo, sin olvidar sus roles y responsabilidades. De esta forma el sentido de liderazgo es habilidad de todos sus integrantes.
- **Comprensión.-** Esta característica es responsabilidad compartida, es decir que los integrantes deben tener, habilidad para diferenciar entre puntos de vista, interpretaciones y los hechos, para sistematizar y divulgar su punto de vista y colaborar a los demás.
- **Respeto.-** Sentir el verdadero aprecio por los otros integrantes, desarrollar continuamente la habilidad de ver las cosas, sin perder la objetividad de la realidad.
- **Confianza.-** Confiar en los otros integrantes del equipo, que cada uno de ellos cumplirán sus responsabilidades asignadas de manera óptima.

#### **2.4.2 Roles de los integrantes.**

##### **2.4.2.1 Facilitador**

- Consiste en guiar y conducir el proceso y nivel de implantación del RCM.
- Ayudar en la identificación del activo que se pueda aplicar la metodología del RCM.
- Asegurar que el proceso se lleve de manera ordenada y efectiva.
- Guiar al equipo de trabajo en el análisis AMFE, y en la selección de las actividades de mantenimiento.
- En la conducción de las reuniones de trabajo sean fluidas y llevadas de forma profesional.
- Asegurar un verdadero consenso entre operaciones y mantenimiento.
- Responsable del registro de la documentación que se lleva durante su implementación.
- Motivar al personal.

##### **2.4.2.2 Miembros**

- Aportar con ideas y experiencias.

- Ayudar al facilitador a cumplir la meta.
- Son los custodios del proceso.

## **2.5 Selección del sistema y definición del contexto operacional**

Cuando ya se ha elegido el área piloto y se conoce la importancia de cada una de las otras áreas de la organización, es mandatorio que los integrantes del equipo multidisciplinario de trabajo del RCM, respondan obligatoriamente estas dos interrogantes. Parra, C. (2002, p.11)

- ¿Cuál sería el nivel de detalle del activo (parte, equipo, sistema, planta) que requiera realizar el análisis de modos y efectos de falla?
- ¿Debe de ser analizada toda el área, si no es obligatorio seleccionar todo el área, que debería hacerse para seleccionar y priorizar cada uno de las partes del área elegido.

A sí mismo el grupo de trabajo debe de conocer las definiciones de los siguientes términos para entender que el nivel de detalle es igual a nivel de ensamblaje.

- Parte.- Corresponde al nivel más bajo de detalle, en el cual un equipo puede ser desmontado sin ser dañado o destruido. ( engranajes, ejes, chips)
- Equipo.- Este nivel de detalles está constituido por un grupo de partes dentro de un paquete identificable. (motores, bombas, compresores)
- Sistema.- Nivel de detalle constituido por un grupo lógico de equipos, quienes cumplen funciones propias requeridas por la organización. (generación eléctrica, sensores de flama).
- Planta.- Nivel de detalle constituido por un grupo lógico de sistemas, que funcionan para proporcionar una salida. (energía eléctrica, lubricantes).
- Área.- Nivel de detalle constituido por un grupo lógico de plantas, que funcionan en conjunto para proveer varias salidas, que puede ser de igual o diferente clase. (plantas de generación eléctrica)

## **2.6 Jerarquización de los sistemas**

Según Parra, C. (2012, p.13) esta técnica permite jerarquizar sistemas, subsistemas y componente (partes mantenibles), en función de su impacto global, con el objeto de optimizar el proceso de concesión de recursos económicos, humanos y técnicos.

Para la jerarquizar de los equipos se debe de considerar lo siguiente aspectos:

- Sistemas con elevado número de tareas preventivas, que por ende se incrementa los costos de mantenimiento.
- Sistemas con un elevado número de tareas correctivas en un intervalo de tiempo de dos años.
- Sistemas que hayan contribuido a las paradas de planta en un intervalo de tiempo de dos años.
- Sistemas o partes con alto riesgo a la seguridad, producción y al medio ambiente.

### 2.6.1 Índice de Criticidad (CrI)

Riesgo cuantificado de la falla de un activo en un escenario de operación más crítico Fine, W. (2001, p.1).

El método Fine se fundamenta en el cálculo matemático del grado de Peligrosidad, en base a la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CrI=Oc*Exp*Co} \quad (1)$$

- Consecuencia (Co): Se define como el daño, debido al riesgo que se considera grave posible, incluyendo a las personas y los activos (Fine W, 2001, p.2)

$$\mathbf{Co=\Sigma(Co\ Salud\ Seg.+ Co\ Medio\ Ambiente+ Co\ pérdidas\ Mnt\ o\ Prod)} \quad (2)$$

- Exposición (Exp): Es el tiempo que el activo se encuentra expuesto a una situación de riesgo. (Fine W, 2001, p.2)
- Ocurrencia (Oc): Frecuencia en que se produce un evento, se asocia al tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$\mathbf{MTBF = \frac{Tiempo\ total\ de\ operación}{Número\ total\ de\ fallas}} \quad (3)$$

- Probabilidad (PrF): La posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine el accidente. (Fine W, 2001, p.3)

$$\mathbf{PrF=Oc*Exp} \quad (4)$$

En la Tabla 1-2 se detalla los rangos definidos para los 5 niveles del índice de criticidad con su correspondiente ponderación de acuerdo al tipo de activo.

**Tabla 1-2.** Matriz de Índice de criticidad método W. T. Fine modificado

PROBABILIDAD				CONSECUENCIAS													
OCURRENCIA		EXPOSICIÓN		SEGURIDAD Y SALUD		MEDIO AMBIENTE		MNT	PÉRDIDA PROD. TOTAL PLANTA DE PROCESO		PÉRDIDA ENERGÍA PLANTA GENERACIÓN		PÉRDIDAS DE PROD. ISLAS				
Probable	$30 \geq MTBF$ 12 o más fpy	10	20 - 24 h	10	Muerte	30	Muy significativo	Derrame mayor 5 bbbls fuera de locaciones y en cuerpos de agua	30	> USD\$ 500000	15	$80\% < ProdT \leq 100\%$	25	$80\% < PE \leq 100\%$	25	$410 < BPD$	25
Ocasional	$90 \geq MTBF > 30$ 4 a 11 fpy	8	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Significativo	Derrame mayor 5 bbbls fuera de locaciones con contacto en tierra	15	USD\$ 100000 – 500000	8	$60\% < ProdT \leq 80\%$	10	$60\% < PE \leq 80\%$	10	$340 < BPD \leq 410$	10
Rara	$180 \geq MTBF > 90$ 2 a 3 fpy	5	10 - 15 h	3	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Importante	Derrame mayor a 5 bbbls dentro de las locaciones	8	USD\$ 50000 – 100000	4	$40\% < ProdT \leq 60\%$	5	$40\% < PE \leq 60\%$	5	$270 < BPD \leq 340$	5
Remota	$360 > MTBF \geq 180$ DIAS 1 fpy	3	5 - 10 h	2	Incidente	5	Leve	Derrame menor a 5 barriles dentro de las locaciones	5	USD\$ 10000 - 50000	2	$20\% < ProdT \leq 40\%$	3	$20\% < PE \leq 40\%$	3	$200 < BPD \leq 270$	3
Mínima	$MTBF > 360$ DIAS (menos de una falla por año fpy)	1	< 5 h	1	Condición subestándar	2	Insignificante	Liqueo	2	USD\$ 0,00 - 10000	1	$0\% \leq ProdT \leq 20\%$	2	$0\% \leq PE \leq 20\%$	2	$BPD \leq 200$	2

Fuente: Índice de criticidad Petroamazonas  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

### 2.6.2 Categoría de criticidad

Definición del sistema o equipo, de acuerdo a rangos específicos del índice de criticidad, según la cual se aplicarán estrategias y filosofías de mantenimiento previamente definidos.

**Tabla 2-2.** Matriz de Categoría de criticidad

ÍNDICE DE CRITICIDAD CrI		CATEGORÍA DE CRITICIDAD	CLASIFICACIÓN
Intolerable	>400	A	Activo Crítico
Alto	200-400	B	Activo Importante
Notable	71-200		
Moderado	21-70	C	Activo Normal
Aceptable	<20		

Fuente: Petroamazonas.  
Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

## **2.7 Desarrollo del contexto operacional.**

El desarrollo del contexto operacional se debe de considerar los siguientes aspectos manifiesta Parra, C. (2012, p. 14)

### **2.7.1 Operativo.**

Especificar el propósito del sistema, descripción del equipo, del proceso y dispositivos de seguridad así como detallar las metas de seguridad, ambientales, operacionales y planes futuros.

### **2.7.2 Personal.**

Especificar la rotación de turnos de trabajo en operación, mantenimiento y parámetros de calidad del producto.

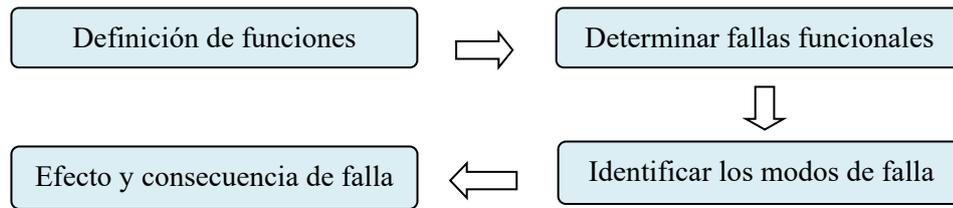
### **2.7.3 División del proceso.**

Especificar la división del proceso, definición de los límites de los sistemas, listado de componentes de cada sistema incluyendo los de seguridad e indicadores.

## **2.8 Análisis de los modos y efectos de falla AMFE**

El análisis de modos y efectos de falla, constituye la herramienta principal del RCM, para optimizar la gestión de mantenimiento en una organización. El AMFE es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos aparezcan y puedan afectar al proceso. (Parra C, 2012, p. 18)

Además describe que, el AMFE constituye en la parte más importante del proceso de implementación del RCM.



**Figura 4-2.** Fases para el análisis de modos y efectos de falla AMFE  
 Realizado por: UVIDIA, Walter, 2016.

Por lo expresado anteriormente, se concluye que el objetivo del AMFE, es encontrar todos los modos de fallo de un activo, e identificar los efectos y las consecuencias de las fallas en función a tres criterios para el RCM: Seguridad, ambiente y producción.

## 2.9 Definición de Funciones

Sexto, L. (2014, p.21) define que el primer paso en un proceso RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional y sus correspondientes estándares de rendimiento deseados.

En resumen, toda función debe cumplir los siguientes requisitos:

$$\text{Verbo} + \text{Objeto} + \text{Estándar de Rendimiento deseado} = \text{FUNCIÓN}$$

### 2.9.1 Funciones Primarias.

Factores a considerar por lo cual se adquiere un activo:

- Que necesita que haga el sistema
- De qué quiere que sea capaz
- Razón principal del porque el sistema existe

### 2.9.2 Función Secundaria.

Satisfacen expectativas adicionales a las que se cumplen con la función principal. La función o funciones secundarias son menos obvias que la principal, pero a veces requieren mayor atención y las consecuencias de falla de estas pueden ser de mayor gravedad que las primarias, por lo que deben ser claramente identificadas.

Factores a considerar:

- Ambiente
- Seguridad estructural
- Contenedor, confort y control
- Apariencia
- Economía, eficiencia
- Protección

## **2.10 Determinación de las fallas funcionales.**

Sexto, L. (2014, p. 28) determina las ocurrencias que originan la incapacidad del activo de cumplir con una función dada a un nivel de rendimiento que sea aceptable para el usuario.

### **2.10.1 *Falla funcional Parcial***

Es cuando el activo sigue funcionando, pero su desempeño no puede alcanzar los estándares deseados.

### **2.10.2 *Falla funcional Total***

El equipo deja de funcionar y se detiene por completo de manera inesperada.

## **2.11 Determinar los tipos de fallas por su detectividad.**

### **2.11.1 *Fallas Ocultas.***

Fallas que no pueden ser detectadas por el operador bajo condiciones normales.

### **2.11.2 *Fallas Evidentes.***

Fallas que pueden ser detectadas a simple vista por el operador.

## **2.12 Determinación de los modos de falla**

La norma determina que los modos de fallo son todos los eventos que ocasionan las fallas funcionales. Norma SAE JA1012, (2002, p.7)

La mayoría de los modos de falla, incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en un activo puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debe incluir fallas causadas por error humano (operadores y técnico), y errores de diseño. Parra C, (2012, p. 34).

La identificación correcta de los modos de fallo por parte del grupo de trabajo RCM, será el factor básico para la selección adecuada de las actividades de mantenimiento.

A continuación se cita algunos modos de falla:

- Sobrecargas
- Fricción
- Abrasión
- Fatiga
- Sobre calentamiento
- Corrosión
- Cavitación
- Golpe de ariete
- Contaminación
- Arco eléctrico

## **2.13 Efecto de falla.**

Parra, C. (2012, p.32) describe lo que sucede cuando ocurre un modo de falla, en el contexto operacional, esta descripción debe incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla tal como:

- Qué evidencia existe de que la falla ha ocurrido
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad y el medio ambiente
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones
- Qué daños físicos han sido causados por la falla

- Qué debe hacerse para reparar la falla

## **2.14 Análisis de criticidad de un modo de falla (FMECA)**

Es identificar cual es el riesgo de cada modo de falla, para poder jerarquizarlo en base a su criticidad y priorizar los planes de mantenimiento, el cálculo del RPN se define como el Número de prioridad de Riesgo.

El RPN es el producto de los índices de Gravedad, Ocurrencia y Detectabilidad.

$$\text{RPN} = \text{Gravedad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección} \quad (5)$$

### **2.14.1 Índice de gravedad (G).**

Evalúa la gravedad del efecto o la consecuencia probable una determinada falla en el activo, la evaluación se realiza en base a una escala del 1 al 10, Tabla 3-2

Cada una de las Causas Potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo índice de Gravedad. En el caso en que una misma causa pueda contribuir a varios Efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el índice de Gravedad mayor.

### **2.14.2 Índice de ocurrencia (O).**

Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Falla por cada una de las causas Potenciales en una escala del 1 al 10, Tabla 3-2.

### **2.14.3 Índice de Detección (D).**

Se basa en determinar si un modo de falla es detectable o no, es decir si es una falla oculta, evidente y poco, medianamente y probable de detectar, Tabla 3-2.

Para su análisis se aplicó la matriz de análisis de criticidad de un modo de fallo del método Relex modificado utilizado por la organización.

**Tabla 3-2.** Matriz de análisis de criticidad de los modos de falla

DETECCION			SEVERIDAD (GRAVEDAD)			OCURRENCIA			RPN	
OCULTA	SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	CATASTROFICA	INCENDIO, MUERTES, DERRAME, PERDIDA TOTAL DE EQUIPO	10	OCURRE SIEMPRE	MTBF < 30 DIAS (+2 veces año)	10	Intolerable	> 400
POCO PROBABLE DE DETECTAR	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	INCIDENCIA MUY IMPORTANTE	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	OCURRE FRECUENTEMENTE	MTBF 30-90 DIAS 4 a 12 veces año)	8	Alto	201-400
MEDIANAMENTE PROBABLE DE DETECTAR	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	INCIDENCIA MEDIA	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	OCURRE MEDIANAMENTE	MTBF 90-180 DIAS (2 - 4 veces año)	5	Notable	71-200
PROBABLE DE DETECTAR	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	INCIDENCIA LEVE	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	CASI NUNCA OCURRE	MTBF > 180 DIAS (1 o menos veces al año)	3	Moderado	21-70
EVIDENTE	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	SIN INCIDENCIA	NO AFECTA	1	NUNCA OCURRIDO	NO HA SUCEDIDO	1	Aceptable	< 20

Fuente: Petroamazonas  
 Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

**2.15 Proceso de selección de las actividades de mantenimiento**

Según Parra, C. (2012, p.36) luego de seleccionar la tarea de mantenimiento, se deberá de especificar la acción de mantenimiento con su respectiva frecuencia de ejecución, considerando que el objetivo del RCM, es reducir las consecuencias a la seguridad, ambiente y a las operaciones.

**2.15.1 Diagrama de decisión RCM**

El diagrama de decisión dentro del proceso RCM, Figura 5-2 es el enlace entre la información obtenida y a través de una secuencia lógica de análisis se obtiene las nuevas tareas de mantenimiento que se seleccionen para reducir o minimizar las consecuencias de cada falla funcional. SAE JA1012, (2002, p.48)

Para la selección de la nueva tarea proactiva, se recorre el diagrama de decisión desde la parte superior izquierda hacia la derecha y hacia abajo respondiendo las preguntas planteadas en dicho diagrama ajustando a la Norma SAE JA1012, donde se valorara las consecuencias de cada modo de falla.

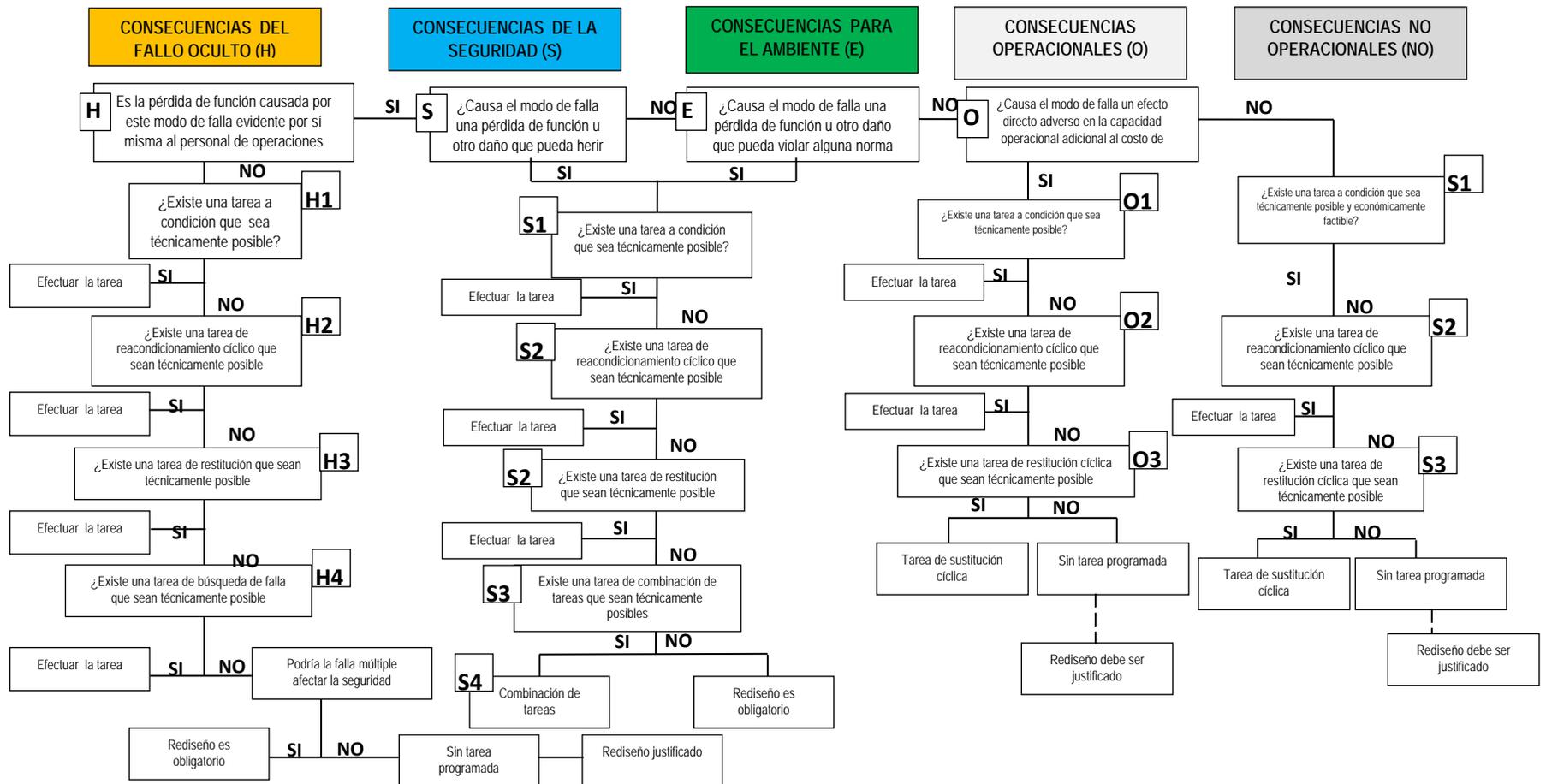


Figura 5-2. Diagrama de decisión del RCM

Fuente: Moubray J, 2002, p.204

Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

## **2.16 Actividades de mantenimiento**

Dentro del RCM, las tareas de mantenimiento se clasifican en:

### **2.16.1 Tareas preventivas o proactivas**

Estas tareas se ejecutan antes de que ocurra una falla, para prevenir que el elemento llegue al estado de falla. Abarcan lo que tradicionalmente se conoce como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”, aunque el RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.

### **2.16.2 Tareas de restauración**

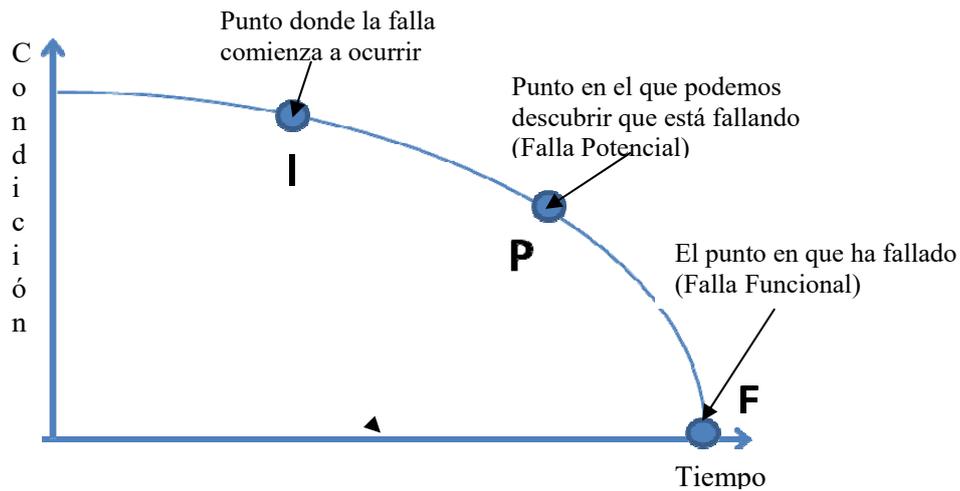
Parra, C. (2012, p. 41) define que son aquellas actividades de prevención realizadas a los activos considerados como críticos a un intervalo menor al límite de vida operativa del activo, a estas tareas de restauración programadas son conocidas como overhaul.

### **2.16.3 Tareas de sustitución programada**

Parra, C. (2012, p. 41) considera a esta tarea como de reemplazo de componentes viejo de un activo, por un componente nuevo a un intervalo de tiempo menor al de su vida útil, antes que fallen.

### **2.16.4 Tareas según la condición**

Afirma que muchos modos de fallo dan una advertencia de que van a ocurrir, esta advertencia se denomina “FALLA POTENCIAL”, Figura 6-2. Se define como condición física identificable que indica que el fallo funcional está a punto de ocurrir o que está en proceso de ocurrencia. “Es posible tomar acciones preventivas en base a la condición del activo”. Sexto, L. (2014, p.64).



**Figura 6-2.** Curva del comportamiento de la falla potencial  
Fuente: Moubray J, 2002, p.204  
Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

### 2.16.5 Tareas de búsqueda de fallas ocultas

Define como las acciones de verificación a los activos con funciones ocultas, a un intervalo regular de tiempo, con el fin de detectar si dichas funciones ocultas se encuentran en estado normal de operación o en estado de falla. Estas acciones de verificación nos preverá la aparición de fallas múltiples en determinado contexto operacional. Parra. C. (2012, p.42).

### 2.17 Actividades correctivas o acciones “A FALTA DE”

Sexto, L. (2014, p.78) define a las acciones “a falta de” como las actividades que tienen que ver directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva.

Las tareas correctivas a ser ejecutadas al no conseguir ninguna actividad de prevención serán:

#### 2.17.1 Rediseñar

Sexto, L. (2014, p.78) considera que implica hacer cambios por una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los “cambios por una sola vez” a los procedimientos.

### **2.17.2 *Mantenimiento Correctivo o de rotura***

“Como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla a los que se aplica. De este modo se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla”. (Sexto L, 2014, p.78)

### **2.18 Beneficios de la implementación del RCM**

Parra. C. (2012, p.85), manifiesta que al implementar el RCM en la planta de generación, permitirá:

- Incrementar la disponibilidad de la planta.
- Eliminar las fallas crónicas.
- Se dispone de un plan de mantenimiento basado en data real.
- Incrementar la comunicación y el trabajo en grupo.
- Disminuye las paradas no programadas.
- Reducen los índices de mantenimientos programados.
- Optimizar los programas de mantenimiento.
- Tareas de mantenimiento en función de análisis costo-beneficio.
- Optimizar los tiempos de mantenibilidad de los equipos.
- Alta importancia a la seguridad operacional y ambiental.
- Selección de tareas de mantenimiento apropiadas, considerando la criticidad del activo.
- Establecer un sistema eficaz de mantenimiento preventivo.
- Incremento de experticia del personal, tanto de operaciones como de mantenimiento, relacionada en modos de fallos.
- Involucrar a todo el personal de la organización con estrategias de mantenimiento.
- Facilitar el proceso de gestión de calidad, ISO 9000 con el mantenimiento.
- Conceder responsabilidad total del proceso RCM a un grupo multidisciplinario.

### **2.19 Marco conceptual**

Para el desarrollo de la investigación es importante del conocimiento de conceptos básicos relacionados a la gestión del mantenimiento para evitar imprecisiones en la comunicación:

## **Activo**

Es un bien tangible o intangible que posee una organización o empresa, se considera activo a aquellos bienes que tienen una alta probabilidad de generar un beneficio económico a futuro y se pueda gozar de los beneficios económicos que el bien otorga. (ISO 14224, 2006)

## **Análisis de modos y efectos de falla (AMFE)**

Es una técnica aplicada al estudio metódico de las consecuencias que provocan las Fallas de cada componente de un equipo. (ISO 14224, 2006)

## **Criticidad**

Permite jerarquizar activos en base al riesgo operacional, esto permite concentrar esfuerzos para administrar el riesgo de una manera sustentable. (ISO 14224, 2006)

## **Categoría de criticidad**

Definición del activo de acuerdo específico del índice de criticidad, según la cual se aplicara estrategias y filosofías de mantenimiento definidas previamente.

## **Índice de criticidad**

Riesgo cuantificado de la falla de un activo en un escenario operativo más crítico, tomando en consideración criterios como:

- Ocurrencia de falla
- Exposición
- Impacto a la salud y seguridad
- Impacto al medio ambiente

- Afectación al negocio
- Factor de redundancia

### **Causas del modo de fallo**

La causa potencial del modo de fallo está en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. (ISO 14224, 2006)

### **Consecuencia de un evento**

Severidad de un determinado evento, puede estar expresada económicamente, área afectada, fatalidades, reputación. (ISO 14224, 2006)

### **Confiabilidad**

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de operación y un periodo determinado, el estudio de la confiabilidad es el estudio de fallas de un equipo, si se tiene un equipo sin fallas se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. (ISO 14224, 2006)

### **Consecuencia de falla**

Los efectos que pueden provocar un modo de falla o una falla múltiple. (SAE JA1011, 1999)

### **Disponibilidad**

Capacidad de un ítem de encontrarse en el estado de realizar la función requerida bajo las condiciones dadas en un instante dado del tiempo dado, asumiendo que se han provisto los recursos externos requeridos. (ISO 14224, 2006)

### **Efecto de falla**

Normalmente es el síntoma detectado por el usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. (ISO 14224, 2006)

### **Falla crítica**

Interrupción de una parte del equipo que provoca una invalidación inmediata de la capacidad de realizar su función requerida. (ISO 14224, 2006)

### **Falla funcional**

Son ocurrencias que producen la incapacidad del activo de cumplir. (ISO 14224, 2006)

### **Falla evidente**

Es cuando ocurre el fallo, este puede ser detectable por los operarios en circunstancias normales. (ISO 14224, 2006)

### **Falla oculta**

Es cuando ocurre el fallo, este no es detectable por los operarios en circunstancias normales. (ISO 14224, 2006)

### **Fiabilidad de los datos genéricos**

Datos de confiabilidad que cubren familias de equipos similares. (ISO 14224, 2006)

### **Horas-Hombre de mantenimiento**

La duración acumulada de los tiempos de mantenimiento individuales utilizada por todo el personal de mantenimiento para un tipo dado de acción de mantenimiento o durante un intervalo de tiempo dado. (ISO 14224, 2006)

### **Impacto de falla**

Impacto de una falla en función de un equipo o de la planta. (ISO 14224, 2006)

### **Mantenibilidad**

Es la probabilidad de que una máquina, equipo o sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones dadas y el uso de procedimientos y recursos establecidos. (ISO 14224, 2006)

### **Modos de falla**

Son todos los eventos que ocasionen las fallas funcionales. (ISO 14224, 2006)

### **Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)**

(Diaz, J. 2011, p.11), manifiesta que el RCM es una metodología que intenta determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, consiste en analizar las funciones del activo y ver cuáles son sus posibles fallas y detectar los modos de fallas o causas de fallas que presenta cada activo.

## **Riesgo**

Probabilidad de que un evento se materialice. (ISO 14224, 2006)

## **Taxonomía**

Clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de los artículos. (ISO 14224, 2006)

## **Tiempo de inactividad (DOWNTIME)**

Intervalo de tiempo durante el cual un activo está en inactividad. (ISO 14224, 2006)

## **Tiempo medio entre fallo, (MTBF)**

Es el valor de tiempo esperando para que el elemento falle.

$$\mathbf{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas

$\lambda$ : Tasa de falla

## **Tiempo de operación**

Intervalo de tiempo durante el cual un equipo está en estado operativo o de funcionamiento. (ISO 14224, 2006)

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de este proyecto se aplica una investigación de tipo descriptiva, porque trabaja sobre escenarios reales y su característica fundamental es de constituir una representación correcta, utilizando técnicas como las entrevistas, casos exploratorios, la observancia y revisión documental.

Mediante la investigación descriptiva, permitió describir las funciones principales de todos los componentes, subsistemas y sistemas del equipo. Así mismo esta investigación detalla los datos que representa alta relevancia del estudio, ejemplo; número de fallas recurrentes del equipo, la misma que buscara solventar para prevenir los efectos de esos modos de falla, que lograra incrementar la vida útil del equipo.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, rutinas y condiciones preponderantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas, además su meta no se limita a la recolección de datos si no a la pronosticar e identificar las interacciones que existen entre dos o más variables.

Se debe de tener en cuenta que los investigadores no son simples tabuladores, sino que recopilan los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y comparan la data de manera cuidadosa y luego migran minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que puedan contribuir al conocimiento.

Por lo tanto esta investigación se describe como descriptiva, resultando el método ideal para la recopilación de información y describir el problema tal cual es, y durante la ejecución del proyecto definir que tareas incluir y cuales se debe de eliminar, permitiendo establecer mejoras en la aplicación de la estrategia, en este caso la gestión del mantenimiento.

### **3.2 Método de la investigación**

Es la planificación acertada de lo que se debe hacer para alcanzar el objetivo del estudio, un diseño cuidadoso es fundamental para obtener respuestas a las interrogantes, o comprobar la hipótesis de la investigación, también determina las estrategias básicas que permite generar información exacta e interpretable.

Para el desarrollo de este proyecto se utiliza la investigación documental debido a que es una técnica que se basa en la recopilación de información de: reportes, manuales del fabricante, bitácoras, informes, históricos, además este método de investigación se utiliza en cualquier investigación de campo.

Como parte de esta investigación fue la visita en situ de la planta, para verificar su contexto operacional actual y a la vez exponer los riesgos asociados al: equipo, a la generación de energía, a la seguridad y al medio ambiente por la presencia de modos de falla en el grupo electrógeno, permitiendo ratificar la metodología y filosofía del RCM en el mejoramiento de la gestión del mantenimiento.

### **3.3 Fuentes y técnicas de recolección de información**

*La fuentes de información; Son todos aquellos medios de los cuales procede la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación o problema presentado, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados (Torres, 2006, pg. 3).*

La recopilación de información que se utilizó para el desarrollo de esta investigación se basó de fuentes primarias y fuentes secundarias.

- Fuentes primarias:
  - Sistema de gestión de mantenimiento EAM MAXIMO OIL & GAS, periodo 2012-2015.
  - Conversatorios con operadores y técnicos de la planta de generación.
  - Libros de vida de los grupos electrógenos (bitácoras) WARTSILA VASA12V32LN.

- Hoja de información de, Análisis de modos y efectos de falla (AMFE)
  - Diagrama de decisión.
- Fuente secundaria, se adquirió la información de investigaciones relacionados a:
    - Manual OREDA, Offshore Reliability Data Handbook.
    - Manual del fabricante.
    - Manuales de plantas de generación de generadores Wartsila.

### **3.4 Fases de la investigación**

La metodología del RCM, se encuentra completamente estandarizada y cada una de sus etapas se registran en documentos especialmente elaborados que facilitan su implementación. Para la aplicación de cualquier herramienta de gestión de mantenimiento es necesario comprender, mediante un análisis preliminar si el equipo está dentro de la categoría crítica, en los cuales conviene aplicarlo.

Para el estudio se consideró los modos de falla reincidentes dentro de su contexto operacional del grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN y sus equipos auxiliares, en un periodo comprendido entre el 2012 al 2015.

La investigación se realizó en las siguientes fases:

Fase 1:

- Análisis preliminar, mostrado en el capítulo I.
  - El grupo electrógeno posee de un número elevado de paradas no programadas.
  - Información del sistema de gestión EAM MAXIMO OIL & GAS, muestra modos de falla repetitivos.
  - El equipo muestra baja confiabilidad operacional.
  - Genera pérdidas de producción

Fase 2:

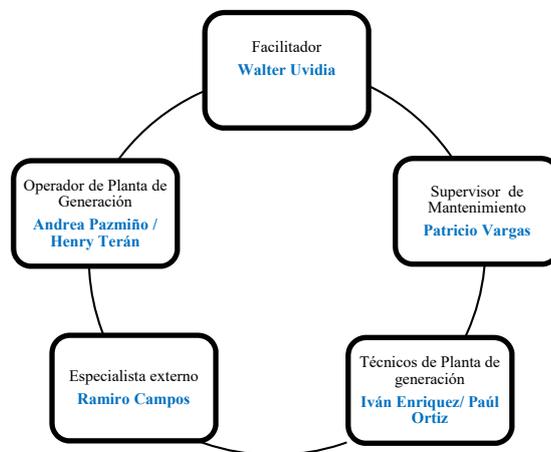
- Aplicar las siete preguntas básicas para la implementación de la metodología del RCM, considerando los lineamientos de la norma SAE JA1012

### 3.5 Desarrollo del RCM

#### 3.5.1 Formación del equipo multidisciplinario de trabajo

El equipo multidisciplinario quedo conformado de la siguiente manera para el cumplimiento de los diferentes roles, que aportaran en el desarrollo del RCM en el grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN

- Facilitador: Autor de la investigación – Ing de Mantenimiento: Walter Uvidia
- Supervisor de mantenimiento – Ing. Industrial: Eduardo Vargas
- Operador de planta de generación – Ing. Industrial: Andrea Pazmiño
- Técnicos de planta de generación: (Mecánico, Eléctrico e Instrumentista) – Tlgo. Mecánico: Iván Enríquez – Tlgo Electrónico: Paúl Ortiz
- Especialista externo. – Ing. Eléctrico: Ramiro Campos



**Figura 1-3.** Equipo multidisciplinario de implementación del RCM.

Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

##### 3.5.1.1 Rol del grupo multidisciplinario

- El equipo multidisciplinario de aplicación de la metodología del RCM, en el grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN, están formados por técnicos profesionales en las

diferentes áreas de la gestión de mantenimiento, los mismos que aportan con acierto el análisis de criticidad, funciones, modos de falla, análisis de criticidad de los modos de falla, efectos de falla del equipo.

- El equipo multidisciplinario utilizando el diagrama de decisión, a través de una secuencia lógica de análisis obtiene por cada modo de falla las nuevas tareas que permitirá mitigar las paradas no programadas del equipo.

### **3.5.1.2 Especialista externo**

- Aportar con el direccionamiento técnico, científico sobre los correctos lineamientos de la aplicación del RCM.

## **3.6 Selección del activo**

### **3.6.1 Características técnicas del activo**

Características del grupo electrógeno WARTSILA, modelo VASA 12V32LN, son:

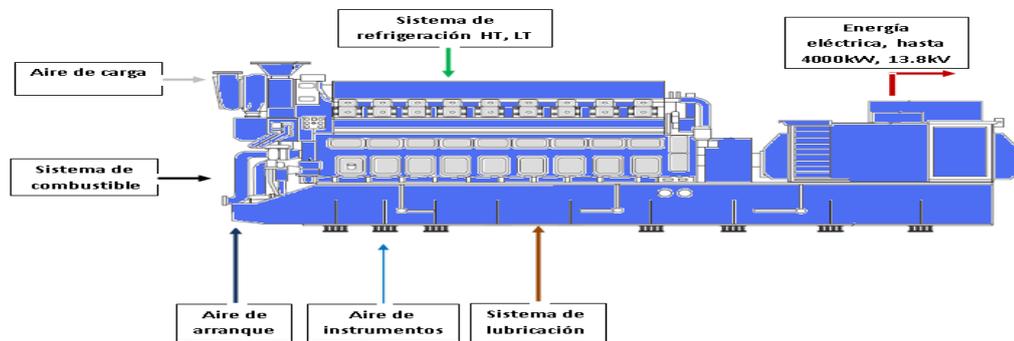
#### **MOTOR**

- Configuración en V
- Número de cilindros, 12
- Diámetro del cilindro, 320 mm
- Velocidad, 720 rpm
- Desplazamiento del pistón, 28,15 l
- Número de válvulas por cilindro, 2 válvulas de admisión y 2 válvulas de escape
- Potencia de régimen del motor, 4,1MW
- LN, genera bajas emisiones contaminantes (Low Nox)

#### **GENERADOR**

- Factor de potencia, 0,8

- Voltaje de salida 13800 V
- Corriente, 226 A
- Frecuencia, 60 Hz



**Figura 2-3.** Diagrama de bloque del grupo electrógeno

Fuente: UVIDIA, Walter, 2015.

### 3.7 Contexto operacional

El grupo electrógeno Wartsila VASA12V32LN, de capacidad de 5360 kVA, transforma la energía térmica proveniente del combustible crudo (CRO) de 17.1 °API a 110°C, viscosidad de 24 sCt en energía mecánica y por medio del giro del cigüeñal hace que gire al rotor del generador convirtiendo en energía eléctrica alterna de 13800 V, 224 A factor de potencia de 0,8 disponiendo de una capacidad nominal de 4,1 MW.

La filosofía de funcionamiento del grupo electrógeno es en paralelo con tres grupos electrógenos de la misma capacidad de carga, y su operación en condiciones normales el equipo opera al 95% de su capacidad nominal y un grupo en reserva fría que entra en operación cuando uno de los equipos ingresa a mantenimiento o se incrementa la demanda del bloque.

Los equipos trabajan de manera continua las 24 horas del día, operados en dos turnos, un diurno y un nocturno de 12 horas, y está dotado de un sistema de interface HMI llamado WOIS por sus siglas en inglés (Wartsila Operative Interface System), este sistema permite visualizar el estatus de parámetros operacionales del grupo electrógeno como de sus equipos auxiliares,

La Planta de generación, por su ubicación geográfica no forma parte del sistema eléctrico interconectado petrolero (SEIP). Es decir su abastecimiento de energía eléctrica depende netamente de su propia planta de generación.

Los grupos electrógenos trabajan bajo los mismos regímenes operacionales en modo Automático que comparten la carga entre sí, bajo las mismas condiciones ambientales, se aplica un mismo plan de mantenimiento. Solamente en casos especiales los grupos electrógenos trabajan en modo manual, que puede ser por pruebas del equipo o en casos de emergencia que puede ser por periodos cortos.

Para la implementación del RCM se asignó al grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN, por estar considerado dentro de los equipos de alta criticidad y por su elevado número de modos de fallas y baja disponibilidad operacional.

Cabe aclarar que en el bloque se tiene alta demanda de energía eléctrica y el limitante de equipos de generación, no se dispone de reserva fría, obligando al departamento de Mantenimiento mejorar su gestión, aplicando una estrategia de gestión de clase mundial, como lo es la metodología de RCM.

Resulta que si una falla potencial se cristaliza en una falla funcional en un elemento o sistema del grupo puede desencadenar en una parada parcial o total de la planta, ocasionando pérdidas considerables de recursos al estado ecuatoriano.



**Figura 3-3.** Planta de generación Yuralpa

**Fuente:** UVIDIA, Walter, 2015.

La Planta de Generación abastece de energía eléctrica de manera ininterrumpida a: equipos auxiliares de la planta de generación, al centro de facilidades y proceso CPF, campamento, oficinas y las 8 locaciones que forman el bloque 21, con un total

de 42 pozos productores y 2 pozos inyectoros de agua de formación, distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 1-3.** Locaciones que abastece de energía la planta de generación

Locación	Número de pozos	Barriles de producción de petróleo por día (BPPD)	Barriles de producción de agua por día (BPDA)
Pad A	9	1409	0
Pad B	6	836	0
Chonta	1	117	0
Pad D	5	1135	0
Pad E	6	896	0
Pad F	9	1826	0
Pad G	4	1128	0
Sumino	1 Inyector	0	52124
Nemoca	1 Inyector	0	3730
Yuralpa Noreste	2	793	0
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>8140</b>	<b>55854</b>

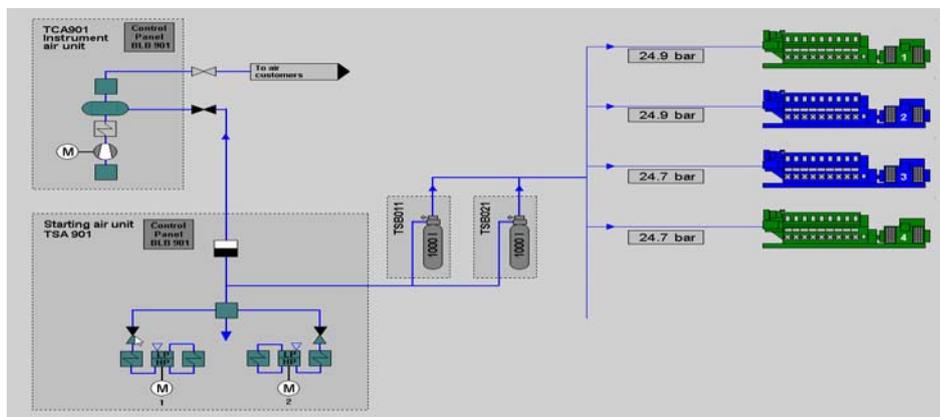
Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

### 3.7.1 *Sistemas auxiliares del grupo electrógeno*

#### 3.7.1.1 *Sistema de aire comprimido*

El sistema de aire de arranque proporciona al motor el aire comprimido necesario para el arranque, entre 22 bar y máximo 28 bar. Además suministra aire para tareas de mantenimiento y limpieza, y en casos de emergencia abastece aire de instrumentos para los equipos auxiliares como son: Separadoras de crudo, separadoras de aceite, unidad de combustible, unidad alimentadora y sistema de precalentamiento de aceite térmico a 6.5 bar.

El aire de arranque se almacena en acumuladores de aire a 28 bar, están dotados de un dispositivo de seguridad como es una válvula de seguridad.



**Figura 4-3.** Sistema de Aire Comprimido

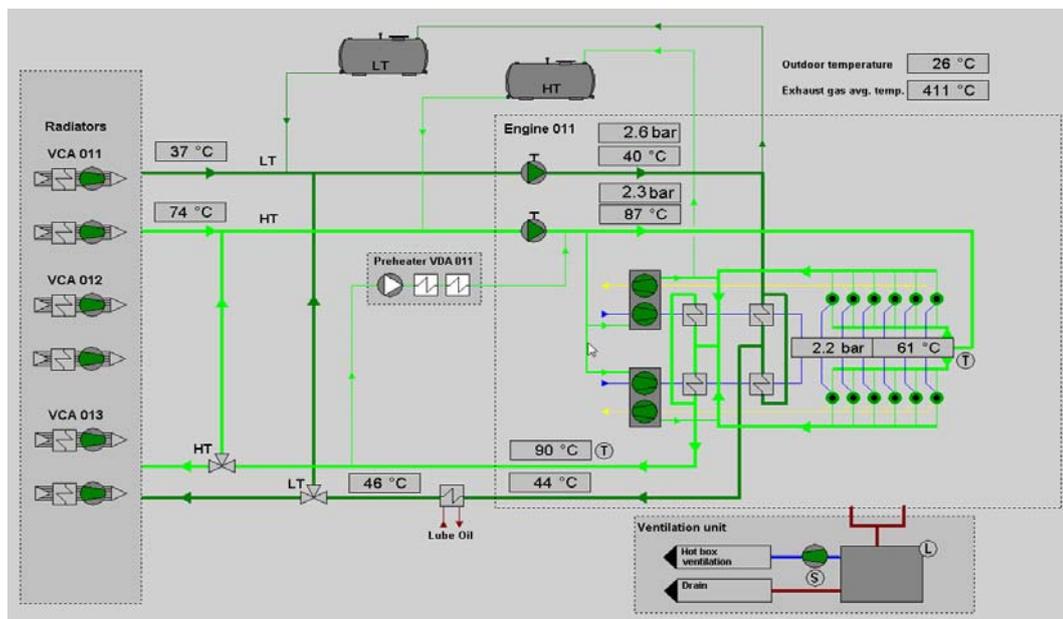
Fuente: Sistema WOIS, 2015.

### 3.7.1.2 Sistema de enfriamiento

La función preliminar del sistema de enfriamiento del motor es de eliminar el calor generado por las funciones normales del motor. La transferencia de calor tiene lugar principalmente en el motor, turbo cargadores lado de la turbina y el intercambiador de calor de aire de carga.

El sistema de enfriamiento se divide en un sistema de circulación de alta temperatura (HT) y otro de baja temperatura (LT). Cada sistema está equipado con su propia bomba de circulación accionada por el motor.

Los circuitos de HT y LT se enfrían mediante radiadores, adicional cada circuito está dotado de un tanque de expansión para la compensación automática de nivel de agua y presión de columna.

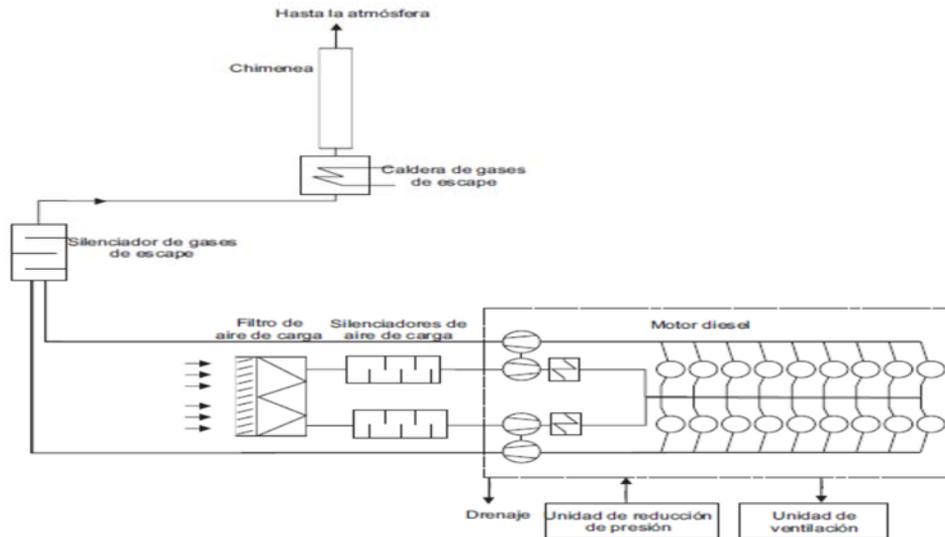


**Figura 5-3.** Sistema de enfriamiento

Fuente: Sistema WOIS, 2015.

### 3.7.1.3 Sistema de aire de carga

El sistema de aire de carga suministra al motor de aire limpio para la combustión y el sistema de gases de escape conduce al exterior de la estación generadora de modo que los niveles de emisión y ruido se puedan mantener a un nivel aceptable.



**Figura 6-3.** Sistema de aire de carga y gases de escape

Fuente: Sistema WOIS, 2015.

#### 3.7.1.4 Sistema de combustible

El objetivo del sistema de combustible es proporcionar al motor un suministro ininterrumpido y fiable de combustible limpio, con una temperatura de 110°C, presión de 7.5 bar y viscosidad de 24sCt.

La planta generadora dispone de dos sistemas de combustible: uno para crudo y otro para diesel. El sistema a crudo es el sistema principal sobre el que opera la planta.

El sistema de diesel se utiliza solamente previo a ingreso a mantenimiento y como sistema de reserva.

##### a. Combustible crudo

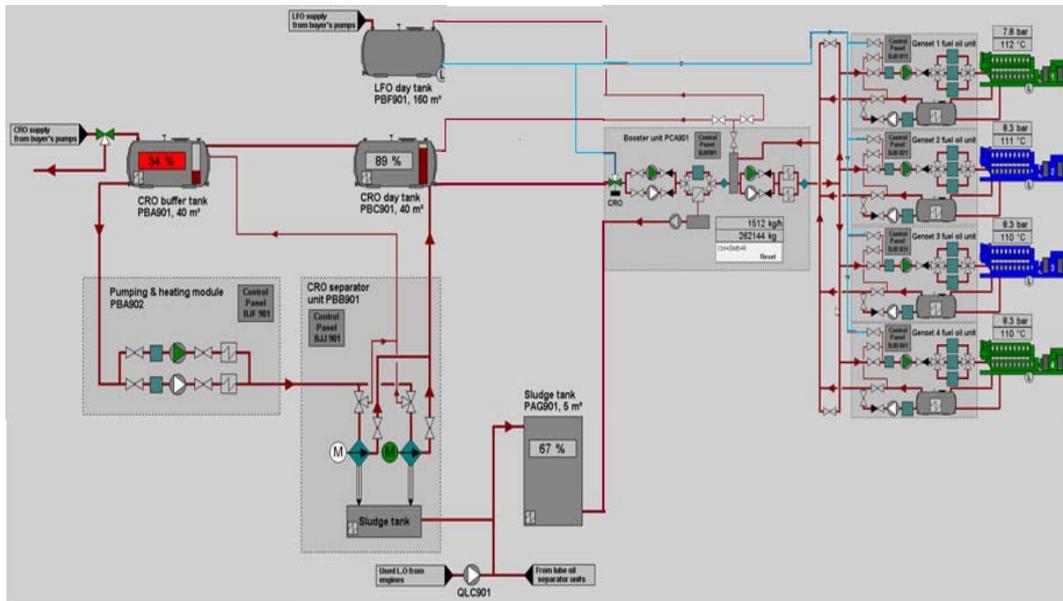
El crudo combustible se transfiere al tanque buffer desde la planta de procesos, luego el combustible es transferido desde el tanque buffer al tanque de uso diario a través del módulo de bombeo, calentamiento y la separadora en donde se purifica el crudo combustible. La separadora de crudo es la encargada de eliminar residuos de agua, sólidos que se encuentran en el crudo.

El combustible es absorbido desde el tanque de uso diario por medio de la unidad de sobrealimentación, donde se controla la temperatura presuriza. Antes de entrar al motor el

combustible se filtra en la unidad de fueloil, desde el motor el combustible remanente regresa al tanque de mezcla de la unidad sobrealimentación a través de la bomba de retorno de la unidad fueloil.

## b. Combustible diesel

El combustible se bombea desde el depósito de uso diario de diesel hacia la unidad alimentadora, donde se presuriza. Finalmente, se filtra en la unidad de combustible antes de ingresar al motor.



**Figura 7-3.** Sistema de combustible

Fuente: Sistema WOIS, 2015.

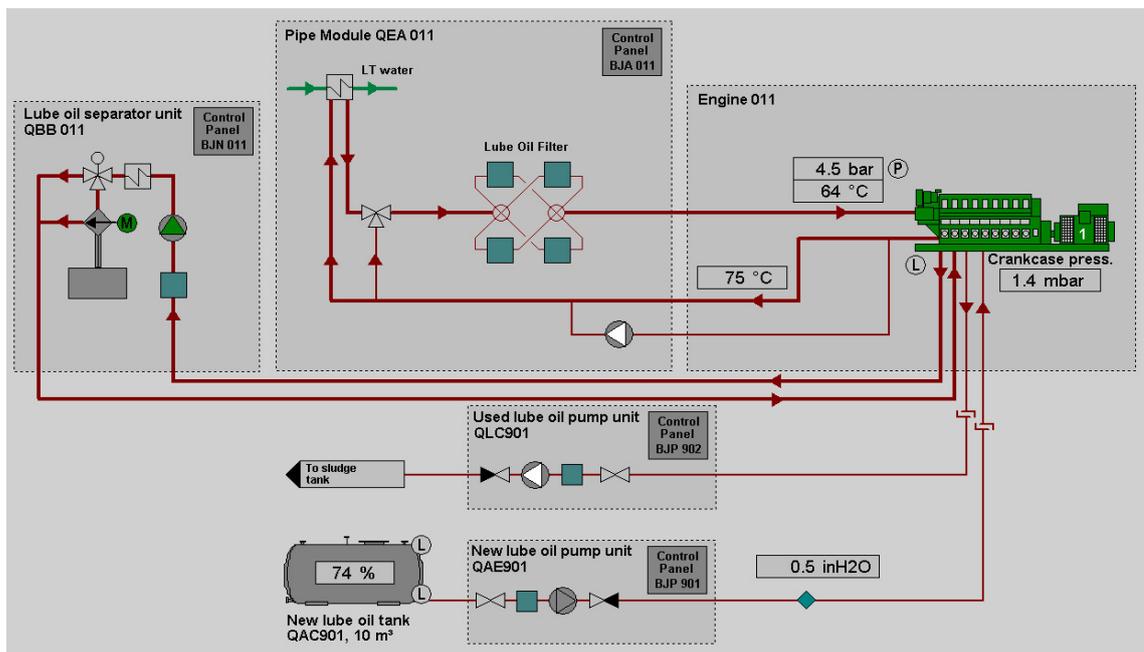
### 3.7.1.5 Sistema de lubricación

La función principal del sistema de lubricación es proporcionar al motor una cantidad suficiente de aceite lubricante limpio a la presión y temperatura necesarias. Es importante mantener una velocidad de flujo adecuado en todo el sistema. El aceite lubrica el motor, elimina el calor y los contaminantes generados por el proceso de combustión.

La bomba de aceite de lubricación succiona el aceite del cárter del motor y lo fuerza a través de un intercambiador de calor.

La temperatura del aceite se regula con una válvula termostática. El aceite se desvía del enfriador si la temperatura cae por debajo del valor de 60°C.

Después del enfriador el aceite lubricante pasa a través del filtro fino antes de ingresar al motor, la separadora de aceite funciona de manera continua separando sedimentos y partículas de agua existentes en el aceite lubricante.



**Figura 8-3.** Sistema de lubricación del motor

Fuente: Sistema WOIS, 2015.

### 3.8 Categoría de Criticidad

Como se menciona anteriormente el contexto operacional del grupo electrógeno trabaja bajo los mismos regímenes operativos, condiciones ambientales, de manera continua y se aplica un mismo programa de mantenimiento, el grupo multidisciplinario ejecuta y puntualiza la criticidad de los grupos en base a la ponderación, utilizando la matriz de riesgo de William T. Fine modificada (Tablas 1-2 y 2-2), cuya metodología se encuentra descrita en el capítulo II, considerando parámetros como: Ocurrencia (Oc), Probabilidad (PrF), consecuencia (Co), obteniendo el resultado del Índice de criticidad (CrI), y la categoría del activo.

El índice de criticidad del grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN, considerando el número de fallas.

$$O_c = MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número total de fallas}}$$

$$PrF = O_c * Exp$$

$$PrF = 10 * 10 = 100$$

$$Co = \Sigma(Co \text{ Salud Seg.} + Co \text{ Medio Ambiente} + Co \text{ pérdidas Mnt o Prod}), Co = 2 + 0 + 2 + 25 = 29$$

$$CrI = O_c * Exp * Co$$

$$CrI = 10 * 10 * 29 = 2900, \text{ se encuentra en la Categoría de Activo crítico según Tabla 2-2.}$$

**Tabla 2-3.** Categoría de criticidad del grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN

Equipo	No. Fallas	MTBF	Fallas por año	PROBABILIDAD (PrF)			CONSECUENCIA (Co)				% Probabilidad de Falla PrF	Índice de Criticidad CrI	Categoría de Criticidad					
				Ocurrencia Oc	Exposición Exp	Seguridad / Salud	Medio Ambiente	Mantenimiento	Pérdidas Producción/Energía									
WARTSILA SQA-011	13	28,08	13,00	Probable	10	20 - 24 h	10	Condición substándar	2	Sin Impacto	0	USD\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	100	2900	A
WARTSILA SQA-021	8	45,63	8,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición substándar	2	Sin Impacto	0	USD\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A
WARTSILA SQA-031	7	52,14	7,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición substándar	2	Sin Impacto	0	USD\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A
WARTSILA SQA-041	7	52,14	7,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición substándar	2	Sin Impacto	0	USD\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A

Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

### 3.8.1 Análisis de criticidad de los sistemas del grupo electrógeno

De la misma manera, se procede con el análisis de criticidad de los sistemas que conforman el grupo electrógeno, utilizando la matriz del método de W. T. Fine modificado (Tabla 1-2), este cálculo de riesgo cuantificado con el número de fallas ocurridas en el periodo del año 2015, considerando los siguientes criterios:

Ocurrencia (Oc), Exposición (Exp), Consecuencia (Co).

$$CrI = O_c * Exp * Co,$$

$$CrI = 8 * 10 * (2 + 2 + 4 + 3) = 880 = \text{VALOR DE RIESGO}$$

**Tabla 3-3.** Análisis de criticidad de los sistemas del grupo electrógeno

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN																	
ITEM	SISTEMA	# FALLAS	MTBF (días)	OCURRENCIA (Oc)		CONSECUENCIA (Co)				EXPOSICIÓN (Exp)	INDICE DE CRITICIDAD (CrI)	CATEGORÍA DE RIESGO					
						SEGURIDAD Y SALUD	MEDIO AMBIENTE	MNT	PRODUCCIÓN								
1	Combustible	7	52,14	90 ≥ MTBF > 30 4 a 11 fpy	8	Condición subestándar	2	leak	2	USD\$ 50000,01 - 100000,00	4	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	880	INTOLERABLE
2	Enfriamiento HT	3	91,25	180 ≥ MTBF > 90 2 a 3 fpy	5	Condición subestándar	2	leak	2	USD\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	450	INTOLERABLE
3	Enfriamiento LT	0	365	MTBF > 360 DIAS (menos de una falla por año fpy)	1	Condición subestándar	2	(-----)	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	60	MODERADO
4	Lubricación	2	182,5	180 ≥ MTBF > 90 2 a 3 fpy	5	Condición subestándar	2	leak	2	USD\$ 0,00 - 10000,01	1	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	400	ALTO
5	Aire de carga	0	365	MTBF > 360 DIAS (menos de una falla por año fpy)	1	Condición subestándar	2	(-----)	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	60	MODERADO
6	Aire de instrumentos & arranque	0	365	MTBF > 360 DIAS (menos de una falla por año fpy)	1	Condición subestándar	2	(-----)	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	60	MODERADO
7	Control	1	365	MTBF > 360 DIAS (menos de una falla por año fpy)	1	Condición subestándar	2	(-----)	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	20% < ProdT ≤ 40%	3	20 - 24 h	10	60	MODERADO

Realizado por: UVIDIA, Walter, 2015.

### 3.9. Identificar las funciones, análisis de modos y efectos de falla (AMFE)

Una vez diseñado el formato denominado “Hoja de Información RCM”, el grupo multidisciplinario inicio a desarrollar el AMFE, describiendo por cada componente la función para que fue diseñada, falla funcional, el modo de falla, estandarización del modo de falla según la norma ISO 14224 y el efecto del modo de falla.

La herramienta del AMFE, responde a las cuatro primeras preguntas del proceso RCM y los modos de falla son las causas físicas de las fallas funcionales, ejemplo: rotura, aflojamiento, desgaste excesivo, trabamientos, taponamientos, obstrucciones, etc.

#### 3.9.1 Función primaria del grupo electrógeno

La función primaria del grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN es, transformar la energía térmica proveniente del combustible crudo (CRO) en energía mecánica y por medio del giro del cigüeñal hace que gire al rotor del generador convirtiendo en energía eléctrica alterna de 13800 V de manera continua. La función de cada componente se evidencia en el formato de información de cada sistema.

**Tabla 4-3. AMFE Sistema de Combustible**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21							
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA							
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN							
SUBSISTEMA: Sistema de combustible		Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015	
Rev:		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224	
ELEMENTO	FUNCIÓN					EFECTO DE LA FALLA	
CRO SEPARATOR UNIT PBB-80901A	1	A	Incapaz de separar las partículas de agua existentes en el crudo	1	Variación de temperatura en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
				2	Variación de las RPM del motor	Obstrucción	Activación sistema de deslastre de carga
				3	Separadora se alarma cada fin de ciclo (cada 90 minutos)	Fuga externa de fluido de proceso (gas, aire, crudo, agua, )	Bajo nivel de crudo en tanque de consumo diario, por lo que se cambiara a diesel
		B	Incapaz de eliminar los sólidos del crudo	1	Velas de filtro automático saturados	Obstrucción	Activación sistema de deslastre de carga
				2	Variación de temperatura en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
				3	Restricción de combustible	Obstrucción	Grupo electrógeno no arranca
CRUDE OIL BOOSTER SKID PCA-80901	2	A	Bombas feeder Incapaz de suministrar crudo combustible a la presión requerida	1	Alto diferencial de presión en filtro de bomba feeder	Obstrucción	Activación sistema de deslastre de carga
				2	Cavitación de las bombas feeder	Ruido excesivo	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
				3	Velas de filtro automático saturados	Obstrucción	Activación sistema de deslastre de carga
				4	Bomba feeder se detiene	Atascamiento	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
				5	Acople magnético de la bomba feeder defectuoso	Deficiencia estructural	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
				6	Baja presión de bombas feeder	Obstrucción	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno

Continuará:

Continúa:

			B	Bombas booster incapaz de suministrar crudo combustible a la presión requerida	1	Variación de temperatura en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
					2	Cavitación de las bombas booster	Ruido excesivo	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					3	Bomba booster se detiene	Parada inesperada	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					4	Acople magnético de la bomba booster defectuoso	Deficiencia estructural	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					5	Baja presión de bombas booster	Obstrucción	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					6	Baja temperatura del crudo	Transferencia de Calor Insuficiente	Activación sistema de deslastre de carga
			C	Personal sin experiencia	1	Falla humana, caso omiso del uso de procedimiento para cambio de bombas booster	Operación indeseada	Perdida de energía por falta de capacitación al personal
					2	Alineamiento de válvulas inadecuado	Operación indeseada	Perdidas de equipos y materiales
FILTRO AUTOMÁTICO DE LA UNIDAD BOOSTER PCA-901	3	Filtrar el crudo de la unidad Booster de crudo PCA-901	A	Causar restricción al flujo de crudo de la unidad PCA-901	1	Obstrucción de los filtro	Obstrucción	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					2	Falla del suministro de aire de instrumentos	Obstrucción	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
FUEL OIL UNIT SKID PCC-80011	4	Presurizar a 7.5 bar y filtrado final del combustible antes de su ingreso al motor, la unidad mantiene constante la presión aun cuando el motor está detenido	A	Bomba fuel oil incapaz de mantener una presión sobre los 6.5 bar	1	Cavitación de la bomba de fuel oil	Ruido excesivo	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					2	Variación de temperatura en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
					3	Bomba de fuel oil se detiene	Parada inesperada	Perdida de energía por parada de grupo electrógeno
					4	Baja frecuencia de grupo electrógeno	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
					5	Incremento del diferencial de presión de filtros de combustible	Obstrucción	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					6	Baja presión de bomba de fuel oil	Parada inesperada	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno

Continuará:

Continúa:

			B	Personal sin experiencia opera los equipos auxiliares de la planta	1	Filtros de sistema de combustible saturados	Parada inesperada	Grupo electrógeno no arranca
			B	Personal sin experiencia opera los equipos auxiliares de la planta	2	Tuberías de combustible desde la bomba eléctrica de combustible hasta el motor saturados por enfriamiento del crudo	Obstrucción	Grupo electrógeno no arranca
HOT BOX HB-80011	5	Sistema de seguridad por rotura de tuberías internas de combustible y la extracción de los gases de hidrocarburo que se genera en las cajas calientes del motor	A	Alarma de alto nivel por presencia de hidrocarburo en la caja caliente de ventilación o hot box	1	Rotura de tuberías de entrada y salida de combustible de la máquina	Deficiencia estructural	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					2	Activación de switch de nivel alto - alto LSHH	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Se activa SHD, fuel leakage in hot box por falsa alarma (shut down del grupo electrógeno)
			B	No da alarma ni se activa switch de alto nivel	1	Rotura de tuberías de entrada y salida de combustible de la máquina	Deficiencia estructural	Contaminación de hidrocarburo al ambiente
BOMBA DE INYECCIÓN E INYECTOR	6	Dosificar e inyectar la cantidad exacta de combustible dentro de la cámara de combustión en el instante preciso atomizado y a alta presión	A	Incapaz de inyectar y pulverizar el combustible de manera eficiente	1	Cavitación en el sistema de combustible	Ruido excesivo	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno
					2	Variación de temperatura en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Activación sistema de deslastre de carga
					3	Cañerías de combustible obstruidas	Parada inesperada	Grupo electrógeno no arranca
					4	Orificios de tobera de inyector agrandados	Desgaste	Activación sistema de deslastre de carga
					5	Falta de combustible	Señal inesperada de alarma por bajo nivel	Activación sistema de deslastre de carga

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 5-3. AMFE Sistema de Lubricación**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21									
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA									
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN									
SUBSISTEMA: Sistema de Lubricación			Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015	Rev:	
ELEMENTO		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA	
Tanque de almacenamiento de aceite nuevo QAC-901		7	Almacenar de aceite limpio para uso en la compensación y cambios de aceite en los motores Wartsila	A	Bajo nivel de aceite nuevo	1	Bajo nivel de aceite en el carter del motor	Señal inesperada de alarma por bajo nivel	Sobrecalentamiento del motor
Sistema de circulación de aceite lubricante		8	Suministra al motor aceite de lubricación limpio a 4.5 bar, temperatura entre 60°C cuando la unidad está en funcionamiento. Además de lubricar el motor, el aceite lo refrigera	A	No poder suministrar lubricante a la presión requerida	1	Cavitación de bomba mecánica de lubricación	Ruido excesivo	Parada súbita del grupo electrógeno
						2	Baja presión en el sistema de aceite	Parada inesperada	Sobrecalentamiento del motor
						3	Filtros de aceite saturados	Obstrucción	Sobrecalentamiento del motor
						4	Desgaste excesivo de elementos internos de la bomba	Deficiencia estructural	Sobrecalentamiento del motor
						5	Bajo nivel de aceite en el carter del motor	Desviación de parámetros	Sobrecalentamiento del motor
						6	Enfriador de aceite ALFA LAVAL obstruido	Obstrucción	Temperatura demasiada alta en enfriador
				B	Incapaz de lubricar todos los puntos móviles del motor	1	Tuberías y cañerías obstruidas	Obstrucción	Desgaste excesivo y sobrecalentamiento de los elementos móviles del motor
						2	Aceite contaminado	Obstrucción	Desgaste excesivo y sobrecalentamiento de los elementos móviles del motor
						3	Filtro centrifugo saturados	Obstrucción	Sobrecalentamiento del motor
Carter de aceite del motor		9	Almacena aceite para lubricar los elementos móviles del motor	A	Fuga de aceite a la atmosfera	1	Tapón del carter flojo	Deformación	Sobrecalentamiento del motor
						2	Carter roto	Deficiencia estructural	Sobrecalentamiento del motor
Anillos de lubricación		10	Lubrican la camisa o cilindro	A	Incapaz de lubricar de	1	Alta presión del carter	Desgaste	Grupo electrógeno sale a fuera de servicio

Continuará:

Continúa:

		del motor		manera correcta las camisas	2	Alta presión del carter	Obstrucción	Parada súbita del grupo electrógeno
Bomba de pre lubricación	11	Mantener lubricado al motor con una presión mayor a 0.5 bar y disponer de condiciones de arranque del grupo electrógeno	A	Incapaz de lubricar al motor a una presión mayor a 0.5 bar	1	Baja presión en el sistema de aceite	Obstrucción	No se tiene condiciones de arranque del grupo electrógeno
					2	Desgaste excesivo de elementos internos de la bomba de pre lubricación	Desgaste	No se tiene condiciones de arranque del grupo electrógeno
					3	Filtros de aceite saturados	Obstrucción	No se tiene condiciones de arranque del grupo electrógeno
					4	Tuberías y cañerías obstruidas	Obstrucción	No se tiene condiciones de arranque del grupo electrógeno
Separadora de aceite QBB-011	12	Separar sólidos y partículas de agua existentes en el aceite del motor a una temperatura de 95°C	A	Incapaz de separar los sólidos y partículas del aceite	1	La separadora de aceite se alarma cada fin de ciclo, 90 minutos	Desviación de parámetros	Sobrecalentamiento del motor
					2	Baja temperatura del aceite	No hay energía	Activación del sistema de deslastre de carga
					3	Desgaste prematuro de partes móviles del motor	Desgaste	Sobrecalentamiento del motor
					4	Pre filtros saturados	Obstrucción	Desgaste prematuro de partes móviles del motor
					5	Desalineamiento de eje de bowl	Vibración	Alta vibración de separadora, sale fuera de servicio por lo no separa sólidos ni suciedad del aceite

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 6-3. AMFE Sistema de enfriamiento**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
SUBSISTEMA: Sistema de Enfriamiento		Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015	Rev:	
ELEMENTO	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
HT water pump P-010	13	Recircular el agua para eliminar el calor generado por las funciones normales del motor, este circuito cubre a los cilindros y turbo cargadores de bancos A y B. Los parámetros de operación de este sistema es: presión de 2.5 bar, temperatura sobre los 80°C	A	No poder suministrar el agua a la presión requerida	1	Cavitación de bomba de agua	Ruido excesivo	Parada súbita del grupo electrógeno
					2	Baja presión en el sistema de HT, (alta temperatura)	Obstrucción	Sobrecalentamiento del motor
					3	Filtros de agua saturados	Obstrucción	Sobrecalentamiento del motor
					4	Desgaste excesivo de elementos internos de la bomba	Desgaste	Sobrecalentamiento del motor
					5	Bajo nivel de agua en tanque de expansión de HT	Señal inesperada de alarma por bajo nivel	Parada súbita del grupo electrógeno
					6	Rotura de acoples flexibles	Deficiencia estructural	Parada súbita del grupo electrógeno
					7	Paso de agua al turbo lado gases de escape	Deficiencia estructural	Parada súbita del grupo electrógeno
Válvula termostática de tres vías HT	14	Controlar la temperatura de agua, dirigirla a los radiadores o retornarla al motor si su temperatura está bajo de 80°C	A	Válvula termostática no es capaz de controlar la temperatura	1	Válvula termostática no cierra	Desgaste	Activación de sistema de deslastre de carga
					2	Alta temperatura de agua	Temperatura excesiva	Recalentamiento del motor, daño potencial de orings del motor
HT water preheating pump P-012	15	Permite calentar el agua de las camisas a una temperatura mayor a 50°C y permitir condiciones para el arranque del grupo	A	Incapaz de calentar el agua de las camisas sobre de los 50°C	1	Calentador quemado	Aterrizamiento	No arranca el grupo electrógeno
					2	Fuga de agua por sello de la bomba	Desgaste	No arranca el grupo electrógeno
Radiadores de sistema HT	16	Eliminar el calor del agua refrigerante	A	No ser capaz de eliminar el calor del agua	1	Ventiladores apagados	No hay energía	Activación de sistema de deslastre de carga
					2	Alta temperatura de agua	Voltaje erróneo	Recalentamiento del motor, daño potencial de orings del motor
			B	Fuga de agua a la atmósfera	1	Capilar de radiador roto	Deficiencia estructural	Activación de sistema de deslastre de carga
Tanque de expansión de HT	17	Compensar los cambios de volumen a causa de las	A	Fuga de agua a la atmósfera	1	Tanque de expansión roto	Deficiencia estructural	Parada del grupo electrógeno

Continuará:

Continúa:

		variaciones de temperatura que hay en el sistema de HT	B	Personal sin experiencia	1	Mal alineamiento de válvulas para la compensación de agua HT	Otra	Parada del grupo electrógeno
LT water pump P-011	18	Recircular el agua a una presión de 2.5 bar para eliminar el calor de los enfriadores de carga generado por las funciones normales del motor, este circuito además cubre al intercambiador agua-aceite	A	No poder suministrar el agua a la presión requerida	1	Cavitación de bomba de agua	Ruido excesivo	Parada del grupo electrógeno
					2	Baja presión en el sistema de LT, alta temperatura	Obstrucción	Activación de sistema de deslastre de carga
					3	Filtros de agua saturados	Obstrucción	Activación de sistema de deslastre de carga
					4	Desgaste excesivo de elementos internos de la bomba	Desgaste	Activación de sistema de deslastre de carga
					5	Bajo nivel de agua en tanque de expansión de LT	Señal inesperada de alarma por bajo nivel	Parada del grupo electrógeno
					6	Rotura de acoples flexibles	Deficiencia estructural	Parada del grupo electrógeno
					7	Paso de agua al lado aire del enfriador de aire de carga	Deficiencia estructural	Parada del grupo electrógeno
Válvula termostática de tres vías LT	19	Controlar la temperatura de agua, dirigirá a los radiadores o retornara a al motor si su temperatura esta bajo de 55°C	A	Válvula termostática no es capaz de controlar la temperatura	1	Alta temperatura del aire de carga	Temperatura excesiva	Activación de sistema de deslastre de carga
Radiadores de sistema LT	20	Eliminar el calor del agua refrigerante	A	No ser capaz de eliminar el calor del agua	1	Ventiladores apagados	No hay energía	Activación de sistema de deslastre de carga
					2	Alta temperatura de agua	Voltaje erróneo	Calentamiento del motor
			B	Fuga de agua a la atmosfera	1	Capilar de radiador roto	Deficiencia estructural	Activación de sistema de deslastre de carga
Tanque de expansión de LT	21	Compensar los cambios de volumen a causa de las variaciones de temperatura que hay en el sistema de LT	A	Fuga de agua a la atmosfera	1	Tanque de expansión roto	Deficiencia estructural	Parada del grupo electrógeno
					B	Personal sin experiencia	2	Mal alineamiento de válvulas para la compensación de agua HT
Depósito de agua de mantenimiento	22	Es para vaciar el agua de una máquina que entra a mantenimiento y es donde se mezclan los aditivos químicos para evitar la generación de incrustaciones y corrosión	A	Personal sin experiencia	1	Válvulas comunes hacia los otros motores del sistema de compensación abiertas	Operación indeseada	Parada del grupo electrógeno
					B	Alta concentración de químico en agua de refrigeración	2	Presencia de incrustaciones y daños en acoples flexibles del sistema de enfriamiento HT y LT

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 7-3. AMFE Sistema de aire de carga**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
SUBSISTEMA: Sistema Aire de Carga		Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015	Rev:	
ELEMENTO	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224	EFEECTO DE LA FALLA
Filtro de aire de carga	23	Evitar que al motor ingrese partículas de agua y sólidos para incrementar eficiencia del motor	A	No permite el ingreso de aire suficiente para la combustión	1	Filtros saturados	Obstrucción	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					2	Alta temperatura	Parada inesperada	Activación del sistema de deslastre de carga
					3	Día muy soleado, factor ambiental	Otra	Activación del sistema de deslastre de carga
			B	Incapaz de aumentar la eficiencia del motor	1	Depósito de aceite viscosine con demasiado sólidos	Obstrucción	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					2	Gran cantidad de agua por drenaje de cámara de aire de carga	Contaminación	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
			C	Aire de carga ingresa al carter	1	Anillos de lubricación, camisas gastados	Deficiencia estructural	Perdida de energía por posible parada por alta presión del carter
2	Juntas de las culatas en mal estado	Fuga externa de fluido			Perdida de energía por posible parada por alta compresión de cilindros			
Enfriador de aire de carga	24	El enfriador o cooler es el elemento encargado de mantener una temperatura ideal del aire de carga	A	El enfriador no logra mantener la temperatura ideal del aire de carga	1	Rotura de enfriador	Deficiencia estructural	Perdida de energía por posible parada de grupo electrógeno por baja presión de sistema de baja temperatura LT
					2	Enfriador sucio	Obstrucción	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
Silenciador del aire de carga	25	Reduce el ruido ambiental de los turbo cargadores y el motor	A	Alto ruido	1	Rotura de silenciador	Deficiencia estructural	Afectación al ambiente

Continuará:

Continúa:

Turbo cargador ABB TRB-011A	26	Optimizar el rendimiento del grupo electrógeno, aprovechando la velocidad de la salida de los gases de escape por medio de la turbina y a su vez que ingrese aire fresco por medio del compresor que este dispone	A	Bajo rendimiento del grupo electrógeno	1	Acumulación de suciedad en turbinas	Potencia insuficiente	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					2	Acumulación de suciedad en compresores	Potencia insuficiente	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					3	Material ajeno alojado en el nozle ring	Potencia insuficiente	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					4	Variación de temperaturas de cilindros en los cilindros del motor	Desviación de parámetros	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
					5	Rotura de cámaras de entrada o salida de gases de escape	Deficiencia estructural	Parada de grupo electrógeno
			B	Turbo cargador opera con bajas RPM	1	Desgaste de alabes de turbinas	Deficiencia estructural	Grupo electrógeno no genera la potencia requerida
			C	Turbo cargador opera a altas RPM	1	Acumulación de depósitos, sólidos en alabes de turbinas y compresores	Potencia insuficiente	Riesgo de sobre velocidad del turbo

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 8-3. AMFE Sistema de aire de arranque e instrumentación**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
SUBSISTEMA: Sistema Aire de Arranque e Instrumentación		Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015		
ELEMENTO	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224		
						EFECTO DE LA FALLA		
Compresor de aire de instrumentación	27	Suministrar aire seco a todos los instrumentos de control a una presión de 6.5 bar	A	No ser capaz de suministrar aire seco	1	Válvula de drenaje automático en falla en posición cerrada	Válvula no cierra	Perdida de energía en el caso de quedar remordida válvula neumática de combustible
					2	Presencia de corrosión	Operación inadecuada	Perdida de energía en el caso de quedar remordida válvula neumática de combustible
			B	Personal sin experiencia	1	No drenar sistema de aire de instrumentos	Operación inadecuada	Perdida de energía en el caso de quedar remordida válvula neumática de combustible
					C	Suministra aire a presión inferior a la recomendada	1	Baja presión de aire
			2	Patinamiento de bandas			Falla para rotar	No hay pérdida directa de energía ya que se tiene alarma de baja presión por lo que se alinea con el sistema de aire de arranque
			3	Filtros de carbón activado saturados	Obstrucción	No hay pérdida directa de energía ya que se tiene alarma de baja presión por lo que se alinea con el sistema de aire de arranque		
Compresor de aire de Arranque	28	Suministrar aire a una presión sobre los 23 bar para el arranque de los grupos electrógenos	A	No ser capaz de suministrar aire sobre los 23 bar	1	Falla del arranque de la unidad	Falla para rotar	No arranca el grupo electrógeno
					2	Válvula de drenaje automático en falla en posición abierta	Válvula no cierra	No arranca el grupo electrógeno
					3	Válvulas check de línea de descarga no sellan	Válvula no cierra	No arranca el grupo electrógeno
					4	Desgaste de anillos de etapa de descarga de compresor	Deficiencia estructural	No arranca el grupo electrógeno

Fuente: Planta e Generación Yuralpa  
Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 9-3. AMFE Sistema de instrumentos HT**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
AMFE del Sistema de instrumentos HT			Realizado por: WALTER UVIDIA	N° AMFE:	Fecha: Agosto 2015	Rev:		
ELEMENTO	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA		
PI401	29	Medición visual analógica de presión de agua en el sistema HT.	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No afecta directamente a la generación eléctrica pero si a las tendencias de los parámetros operativos
PT401	30	Medición automatizada digital de presión de agua en el sistema HT	A	Transmisor en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Se apaga el grupo electrógeno
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Se apaga el grupo electrógeno
TI401	31	Medición visual analógica de temperatura en la entrada de agua HT al motor	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No afecta directamente a la generación eléctrica pero si a las tendencias de los parámetros operativos
TI402	32	Medición visual analógica de temperatura en la salida de agua HT del motor	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No afecta directamente a la generación eléctrica pero si a las tendencias de los parámetros operativos
TI422	33	Indicador analógico de temperatura en la salida de agua HT desde el turbo cargador -motor	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No afecta directamente a la generación eléctrica pero si a las tendencias de los parámetros operativos
TSZ402	34	Switch de temperatura en la salida de agua HT del motor	A	Instrumento en falla	1	Alta vibración	Vibración excesiva	Se apaga el grupo electrógeno
					2	Actuación fuera de set de control	Salida por encima de la especificación deseada	Se apaga el grupo electrógeno
TE402	35	Sensor de temperatura en la salida de agua HT del motor	A	Instrumento en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Se apaga el grupo electrógeno
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Se apaga el grupo electrógeno
TE401	36	Sensor de temperatura en la entrada de agua HT al motor	A	Sensor en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Información inestable del parámetro medido
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Información fuera de rango
VCAO-IT 002PV	37	Señal cuya función es encender o apagar los radiadores de acuerdo a la temperatura de agua	A	Falla de comunicación	1	Señal errónea	Falla en la protección	Mal control en encendido de radiadores
					2	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Mal control en encendido de radiadores

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 10-3. AMFE del Sistema de instrumentos LT**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLO								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
AMFE del Sistema de instrumentos LT.			Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015	Rev:
ELEMENTO	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
PI402	38	Medición visual analógica de presión de agua en el sistema LT.	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No existe información del parámetro medido
PT451	39	Medición automatizada digital de presión de agua en el sistema LT	A	Transmisor en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Se apaga el grupo electrógeno
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Se apaga el grupo electrógeno
TI471	40	Medición visual analógica de temperatura de agua LT (Salida del motor) antes del enfriador de aceite	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No existe información del parámetro medido
TI472	41	Medición visual analógica de temperatura de agua LT después del enfriador de aceite	A	Indicador suelto puntero	1	Alta vibración	Vibración excesiva	No existe información del parámetro medido
TE451	42	Sensor de temperatura en la entrada de agua LT al motor	A	Instrumento en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Se apaga el grupo electrógeno
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Se apaga el grupo electrógeno
TE452	43	Sensor de temperatura en la salida de agua LT del motor	A	Instrumento en falla	1	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Información inestable del parámetro medido
					2	Señal errónea	Falla en la protección	Información fuera de rango
VCA0_1T001PV	44	Señal cuya función es encender o apagar los radiadores de acuerdo a la temperatura de agua	A	Falla de comunicación	1	Señal errónea	Falla en la protección	Mal control en encendido de radiadores, por lo que se calienta el motor
					2	Señal con ruido	Lectura anormal de instrumentos ( falsa alarma, lectura errónea)	Mal control en encendido de radiadores, por lo que se calienta el motor

Fuente: Planta de Generación Yuralpa  
 Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 11-3. AMFE de Tableros de Control y SCADA**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21								
AMFE, ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLO								
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN								
AMFE de Tableros de Control y Scada.		Realizado por: WALTER UVIDIA		N° AMFE:		Fecha: Agosto 2015		
Rev:		ELEMENTO		FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		
MODO DE FALLA		MODO DE FALLA ISO 14224		EFECTO DE LA FALLA				
PLC/PCS Central Control Panel CFC-011	45	Ejecutar rutinas programadas en el PLC	A	Parada inesperada del grupo electrógeno	1	Breaker principal de 480VAC se tripea	Falla en la conexión	Parada del grupo electrógeno por pérdidas de señal I/O
					2	Cortocircuito, pérdida de aislamiento de regletas de borneras de distribución	Falla en transmisión de señal / potencia	Parada del grupo electrógeno por pérdidas de señal I/O
					3	Software, pérdida del programa del PLC	Falla en transmisión de señal / potencia	Parada del grupo electrógeno
PLC/PCS Central Control Panel CFA-901	46	Ejecutar rutinas programadas en el PLC	A	Error lectura de parámetros eléctricos del switch gear en SCADA	1	Breaker principal de 480VAC se tripea	Falla en la conexión	Pérdida de visualización, no se apaga el grupo electrógeno ya que este PLC es para monitoreo en campo
					2	Cortocircuito, pérdida de aislamiento de regletas de borneras de distribución	Voltaje de salida erróneo	Pérdida de visualización, no se apaga el grupo electrógeno ya que este PLC es para monitoreo en campo
					3	Software, pérdida del programa del PLC	Falla en transmisión de señal / potencia	Pérdida de visualización, no se apaga el grupo electrógeno ya que este PLC es para monitoreo en campo
Local Control Panel CFE-0111	47	Ejecutar rutinas programadas en PLC en campo	A	Apagado inesperado del grupo electrógeno	1	Breaker principal de 480VAC se tripea	Falla en la conexión	Parada del grupo electrógeno por pérdidas de señal I/O
					2	Cortocircuito, pérdida de aislamiento de regletas de borneras de distribución	Voltaje de salida erróneo	Parada del grupo electrógeno por pérdidas de señal I/O
					3	Software, pérdida del programa del PLC	Falla en transmisión de señal / potencia	Parada del grupo electrógeno
Human Machine Interface Compute HMI-001/2	48	Adquisición y control de datos de generación SCADA	A	Pérdida de visualización de HMI	1	Software de aplicación del sistema operativo no responde	Falla en transmisión de señal / potencia	Pérdida de visualización y control del grupo electrógeno
					2	Sobrecalentamiento, falta de ventilación del CPU	Temperatura excesiva	Pérdida de visualización y control del grupo electrógeno
					3	Falla de energía Braker de alimentación Tripeado	Falla en la conexión	Pérdida de visualización y control del grupo electrógeno
					4	Falla humana, apagado del servidor de manera involuntaria	Operación indeseada	Pérdida de visualización y control del grupo electrógeno

Continuará:

Continúa:

HT/LT Radiator Control Panel VCA-010-B001	49	Energizar y desenergizar los equipos eléctricos e instrumentos ubicados en el skid de radiadores	A	Falla al arranque del ventilador	1	Breaker principal de 480VAC se tripea	Falla en la conexión	Alarma común en sistema Scada WOIS, y si no se soluciona la falla el motor tendrá a sobrecalentarse
					2	Relay de protección térmica del motor activado	Falla en la protección	Alarma común en sistema Scada WOIS, y si no se soluciona la falla el motor tendrá a sobrecalentarse
					3	Alta vibración de aerofriador	alta vibración	Alarma común en sistema Scada WOIS, y si no se soluciona la falla el motor tendrá a sobrecalentarse
BJK-901 Control panel Unit booster	50	Energizar y desenergizar a los equipos eléctricos e instrumentos ubicados en el skid de la unidad booster	A	Falla de suministro de energía	1	Falla de contactor, no enclava	Falla en la conexión	Parada de la planta
					2	Falla humana, al realizar cambio de bombas	No se puede sincronizar	Parada de la planta
					3	Breaker principal de 480VAC se tripea	Falla en la conexión	Parada de la planta
					4	Falla a tierra	Falla en la protección	Perdida de energía por falta de presión de combustible
PLC ESD/FDS Programmable logic controller PLC-001	51	Ejecutar rutinas del PLC para detectar fuego y ESD	A	No ejecuta rutinas del PLC	1	Breaker principal de AC en off	Falla en la conexión	Parada de la planta
					2	Falla de batería, pérdida de programa	Falla en transmisión de señal / potencia	Parada de la planta
					3	Falla de sensor de fuego	Falla en la protección	Parada de la planta
					4	Falla humana, pulsación accidental de pulsador de parada de emergencia ESD	No se puede sincronizar	Parada de la planta

**Fuente:** Planta de Generación Yuralpa  
**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

### **3.10 Análisis de criticidad de modos de falla y selección de nuevas tareas**

Es un análisis sistemático, que facilita la identificación de problemas potenciales que puede generar por el efecto del modo de falla, se basa en el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (RPN), que depende de la gravedad (G), Ocurrencia (O) y la Detección (D), valores que se tabulan de acuerdo a la matriz de análisis de criticidad de los modos de falla Tabla 3-2.

De acuerdo a su valor del RPN, se busca las acciones preventivas que permitan mitigar el riesgo que se materializa la fallas, y; o apoyados del diagrama de decisión Figura 5-2 a través de una secuencia lógica de análisis, por cada modo de falla establecido en la hoja de información se recorre el diagrama de decisión desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha y hacia abajo respondiendo las preguntas planteadas por dicho diagrama.

**Tabla 12-3. Sistema de Combustible**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de combustible					Realizado por: WALTER UVIDIA				Fecha: Agosto 2015			Rev:		
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
1	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF < 30 Días (+12 veces año)	10	240	ALTO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	DRENAJE DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 30-90 Días 4 - 12 veces año)	8	64	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE INSTRUMENTOS	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		3	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	4 MESES	MECÁNICO PG
	B	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF < 30 Días (+12 veces año)	10	240	ALTO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	DRENAJE DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		3	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
2	A	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG

Continuará:

Continúa:

2	A	3	DETECTABLE A SISMPL E VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
		4	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	200	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		5	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		6	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
	B	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		3	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	200	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		4	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		5	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		6	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	72	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
C	1	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	250	ALTO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES	RECURSOS HUMANOS	

Continuará:

Continúa:

		2	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	250	ALTO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES	SUPERVISOR PG
3	A	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	1	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	6 MESES	INSTRUMENTISTA
4	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		3	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	1	25	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		4	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
		6	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	75	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
	B	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG

Continuará:

Continua:

		2	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	125	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
5	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Trabaja hasta que falla	ANÁLISIS DE TINTAS PENETRANTES	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		2	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	200	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	DRENAJE DE CAJA HOT BOX	DIARIO	OPERADOR PG
	B	1	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
6	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	8	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		3	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	125	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG
		4	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	BARRIDO CON DIESEL	3 MESES	OPERADOR PG

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 13-3. Sistema de Lubricación**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de lubricación					Realizado por: WALTER UVIDIA			Fecha: Agosto 2015			Rev:			
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
7	A	1	DETECTABLE A SÍMPLI VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Trabaja hasta que falla	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
8	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días ( 4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG
		3	DETECTABLE A SÍMPLI VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días ( 4 - 12 veces año)	8	40	MODERADO	Trabaja hasta que falla	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		4	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NEAR MISS, PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	200	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL	ING CONFIABILIDAD
		5	DETECTABLE A SÍMPLI VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días ( 2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		6	DETECTABLE A SÍMPLI VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG

Continuará:

Continúa:

	B	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces al año)	3	72	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces al año)	3	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL	ING CONFIABILIDAD
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	MECÁNICO PG
9	A	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	NO HA SUCEDIDO	1	8	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	4 AÑOS	MECÁNICO PG
10	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	192	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	64	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	LIMPIEZA DE CUELLO DE GANZO	6 MESES	MECÁNICO PG
11	A	1	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces al año)	3	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL	ING CONFIABILIDAD
		3	DETECTABLE A SISIBLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		4	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	72	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	12 MESES	MECÁNICO PG

Continuará:

Continúa:

12	A	1	DETECTABLE A SISMPLA VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SISMPLA VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF < 30 Días (+12 veces año)	10	50	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	ELÉCTRICO PG
		3	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	200	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL	ING CONFIABILIDAD
		4	DETECTABLE A SISMPLA VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE A SISMPLA VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	ANÁLISIS DE VIBRACIONES	3 MESES	ING CONFIABILIDAD

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 14-3. Sistema de Enfriamiento**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de enfriamiento					Realizado por: WALTER UVIDIA				Fecha: Agosto 2015			Rev:		
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
13	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA ENFRIAMIENTO HT	DIARIO	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		4	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NEAR MISS, PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días(2 - 4 veces año)	5	75	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		6	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	CAMBIO DE JUNTAS FLEXIBLES DEL SISTEMA HT	18 MESES	MECÁNICO PG
		7	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE ESPESORES	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD

Continuará:

Continúa:

14	A	1	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	75	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
15	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	9	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falle	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
16	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días(2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	6 MESES	ELÉCTRICO PG
	B	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	9	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falle	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
17	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falle	LIMPIEZA Y PINTURA DE INTERIOR DE TANQUE HT	12 MESES	OPERADOR PG
	B	1	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	250	ALTO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REINDUCCIÓN AL PERSONAL	12 MESES	PERSONAL A CARGO
		1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VENTEO DE SISTEMA ENFRIAMIENTO LT	DIARIO	OPERADOR PG

Continuará:

Continúa:

18	A	2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR CON FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		4	DETECTABLE POR UNA INSPECCION PREDICTIVA	5	NEAR MISS, PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	120	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	75	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
		6	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	CAMBIO DE JUNTAS FLEXIBLES DEL SISTEMA LT	18 MESES	MECÁNICO PG
		7	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE ESPESORES	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
19	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
20	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	75	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	TERMOGRAFÍA	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
	B	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	6 MESES	ELÉCTRICO PG

Continuará:

Continúa:

21	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	LIMPIEZA Y PINTURA DE INTERIOR DE TANQUE LT	12 MESES	OPERADOR PG
	B	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	25	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REINDUCCIÓN AL PERSONAL	12 MESES	PERSONAL A CARGO
22	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REINDUCCIÓN AL PERSONAL	12 MESES	PERSONAL A CARGO
	B	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	72	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	REINDUCCIÓN AL PERSONAL	3 MESES	PERSONAL A CARGO

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 15-3.** Sistema de Aire de Carga

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21															
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas															
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN															
SUBSISTEMA: Sistema de Aire de carga					Realizado por: WALTER UVIDIA			Fecha: Agosto 2015			Rev:				
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE	
23	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD		3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD		3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	INSPECCIÓN DE LODOS EN ACEITE VISCOCINE	MENSUAL	MECÁNICO PG
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD		3	MTBF < 30 Días (+12 veces año)	10	30	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	OPERADOR PG
	B	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD		3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	72	NOTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	INSPECCIÓN DE LODOS EN ACEITE VISCOCINE	MENSUAL	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD		3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG

Continuará:

Continúa:

	C	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	45	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	45	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	MECÁNICO PG
24	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	PRUEBA HIDROSTÁTICA	6 MESES	MECÁNICO PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces al año)	5	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	6 MESES	MECÁNICO PG
25	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	CAMBIO DE SILENCIADOR	24 MESES	MECÁNICO PG
26	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces al año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	SEMANAL	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces al año)	8	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	SEMANAL	OPERADOR PG

Continuará:

Continúa:

		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4-12 veces año)	8	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA UN NOZLE RING	24 MESES	MECÁNICO PG
		4	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA UN NOZLE RING	24 MESES	MECÁNICO PG
		5	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	ANÁLISIS TINTAS PENETRANTES	12 MESES	ING. CONFIABILIDAD
	B	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	9	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	18 MESES	MECÁNICO PG
	C	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE MECANISMO DE SOBREVOLOCIDAD	6 MESES	INSTRUMENTISTA

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 16-3** Sistema de Aire de arranque e instrumentación

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de Aire de arranque e instrumentación					Realizado por: WALTER UVIDIA				Fecha: Agosto 2015			Rev:		
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
27	A	1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	45	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL	OPERADOR PG
	B	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	6	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	48	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REINDUCCION AL PERSONAL	12 MESES	PERSONAL A CARGO
	C	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	45	MODERADO	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA LA BANDA	24 MESES	MECÁNICO PG
		3	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	45	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	INSTRUMENTISTA
			1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces	3	15	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL

Continuará:

Continúa:

28	A			10000 USD		año)				Preventivo (PMT)				
		2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces al año)	3	45	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL	OPERADOR PG
		3	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces al año)	3	45	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	INSTRUMENTISTA
		4	DETECTABLE CON UN ANALISIS ESPECIFICO Y PARANDO EQUIPO	8	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	200	NOTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES	MECÁNICO PG

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 17-3. Sistema de Instrumentos HT**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de Instrumentos HT					Realizado por: WALTER UVIDIA				Fecha: Agosto 2015			Rev:		
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURRENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
29	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA MANOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
30	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 a 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
31	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA TERMOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
32	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA TERMOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
33	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA TERMOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
34	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CUMPLIR FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	3 MESES	INSTRUMENTISTA

Continuará:

Continúa:

		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	VERIFICAR CALIBRACIÓN	3 MESES	INSTRUMENTISTA
35	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
36	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
37	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE RED	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 18-3. Sistema de instrumentos LT**

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Sistema de Instrumentos LT					Realizado por: WALTER UVIDIA					Fecha: Agosto 2015			Rev:	
COD	FF	MF	DETECCIÓN	SEVERIDAD	OCURRENCIA	RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE			
38	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA MANOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
39	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
40	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA TERMOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
41	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	5	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	DISPONER EN BODEGA TERMOMETRO	24 MESES	INSTRUMENTISTA
42	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000USD	5	MTBF 30-90 Días (4-a 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
		1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE CABLEADO	3 MESES	INSTRUMENTISTA

Continuará:

Continúa:

43	A				USD									
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	INSTRUMENTISTA
44	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000USD	3	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REVISIÓN DE RED	3 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 1000 USD	3	MTBF 30-90 Días (4- 12 veces año)	8	24	MODERADA	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	AJUSTE DE TERMINALES	3 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

**Tabla 19-3.** Tableros de Control y Scada

PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA B-21														
Análisis de criticidad de los modos de fallas, categoría de riesgo y selección de nuevas tareas														
SISTEMA: GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN														
SUBSISTEMA: Tableros de Control y SCADA.					Realizado por: WALTER UVIDIA				Fecha: Agosto 2015			Rev:		
COD	FF	MF	DETECCIÓN		SEVERIDAD		OCURENCIA		RPN	CATEGORIA RIESGO	MANTENIMIENTO SEGÚN SAE JA1012	NUEVA TAREA	NUEVA FRECUENCIA	RESPONSABLE
45	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		2	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	NO HA SUCEDIDO	1	50	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
46	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		2	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	NO HA SUCEDIDO	1	50	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN

Continuará:

Continúa:

47	A	2	NO DETECTABLE, SE DETECTA CUANDO ALGO HA FALLADO ANTES	10	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	NO HA SUCEDIDO	1	50	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Trabaja hasta que falla	INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	3	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	ACTUALIZAR PARCHES DE SOFTWARE CUANDO ESTEN DISPONIBLES	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
48	A	2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	3	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE HARDWARE	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	3	ACEPTABLE	Trabaja hasta que falla	VERIFICACIÓN DE TOMAS DE UPS	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		4	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA	1	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	3	ACEPTABLE	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	INSPECCIÓN DE TOMA CORRIENTES	6 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		1	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES	ELÉCTRICO PG
49	A	2	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	120	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES	ELÉCTRICO PG
		3	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A	5	MTBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento	INSPECCIÓN Y BALANCEO	12 MESES	ING CONFIABILIDAD

Continuará:

Continúa:

				10000 USD						Preventivo (PMT)				
50	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS FEEDER Y BOOSTER	SEMANAL	OPERADOR PG
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	40	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	REINDUCCIÓN AL PERSONAL	12 MESES	PERSONAL A CARGO
		3	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF 30-90 Días (4 a 12 veces año)	8	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES	ELÉCTRICO PG
		4	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	TBF 30-90 Días (4 - 12 veces año)	8	192	NOTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES	ELÉCTRICO PG
51	A	1	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	15	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	MEDICIÓN DE VOLTAJE	3 MESES	ING AUTOMATIZACIÓN
		2	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	5	NO HA SUCEDIDO	1	5	ACEPTABLE	Tareas de inspección y Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	REVISIÓN DE ESTATUS	MENSUAL	ING AUTOMATIZACIÓN
		3	DETECTABLE EN UNA INSPECCION DE RUTINA	3	NO AFECTA A SSA, PERDIDAS ECONOMICAS MENORES A 10000 USD	3	MTBF 90-180 Días (2 - 4 veces año)	5	45	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES DE FUEGO Y DETECTORES DE HUMO	SEMANAL	INSTRUMENTISTA

		4	DETECTABLE A SIMPLE VISTA	1	PERDIDAS ECONOMICAS MAYORES A 100000 USD	8	MTBF >180 Días (1 o menos veces año)	3	24	MODERADO	Pruebas funcionales y/o Mantenimiento Preventivo (PMT)	CAPACITACIÓN A PERSONAL SISTEMAS DE SEGURIDAD	6 MESES	SUPERVISOR ÁREA
--	--	---	---------------------------	---	--	---	--------------------------------------	---	----	----------	--	---	---------	-----------------

**Realizado por:** UVIDIA, Walter. 2015.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

En la aplicación de la estrategia del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el Proyecto de Mejoramiento del Plan de Mantenimiento del grupo electrógeno Wartsila VASA 12V32LN, de la planta de generación Yuralpa B-21, se vio la necesidad de ejecutar un análisis preliminar de los modos de fallas ocurridos en el periodo 2012 – 2015, Tabla 1-1, luego se procede con el análisis de criticidad del grupo electrógeno y para su comparación se realiza en conjunto con los otros grupos mostrados en la Tabla 2-3, con una categoría de criticidad A, que corresponde a una clasificación de Activo Critico y un índice de criticidad intolerable, cuyo valor es 2900.

El análisis de criticidad de los modos de fallas de los sistemas que lo conforma el grupo electrógeno se establece que el sistema de mayor criticidad es el de combustible, enfriamiento HT y lubricación con un valor de riesgo (RPN) de 880, 450 y 400 con una categoría de riesgo intolerable y alto respectivamente, Tabla 3-3.

Siendo estos tres sistemas los de mayor complejidad en términos de importancia que tiene con la operación o la generación de energía, aunque no quedan atrás los otros sistemas pero por la relevancia de los modos de falla que son reducidos no se considerara con la importancia que tienen los tres primeros, con una parada no programada de uno de estos sistemas puede ocasionar consecuencias a la seguridad, salud, ambiente y a la producción del petróleo.

La aplicación del RCM en el grupo electrógeno y sus equipos auxiliares de la planta de generación Yuralpa, se basó en el desarrollo de las siete preguntas básicas, de las cuales las cuatro primeras fue respondido en las hojas de información del RCM, mediante el AMFE, y con el objeto de estandarizar la nomenclatura técnica de los modos de falla se plasmó de acuerdo a la norma ISO 14224 según el tipo de activo y determinar los efectos de estas fallas. En el desarrollo del AMFE efectuado en el apartado 3.9, se analizó cincuenta y un (51) componentes, sesenta y ocho (68) fallas funcionales, ciento sesenta y ocho (168) modos de fallas y en la misma cantidad (168) el número de efectos.

**Tabla: 1-4.** Síntesis del número de: componentes, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. (AMFE)

<b>Sistema</b>	<b>N° Componentes</b>	<b>N° Fallas funcional</b>	<b>Modos de falla</b>	<b>Efectos de falla</b>
Combustible	6	11	38	38
Enfriamiento HT	14	16	30	30
Lubricación	6	7	23	23
Enfriamiento LT	12	15	26	26
Aire de carga	4	8	17	17
Aire de instrumentos & arranque	2	4	10	10
Control	7	7	24	24
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>68</b>	<b>168</b>	<b>168</b>

Fuente: UVIDIA, Walter, 2016.

Del análisis de criticidad de los sistemas considerados con categoría de riesgo intolerable y alto, efectuado en el apartado 3.8.1, se evidencia que el sistema de combustible de seis (6) componentes analizados se tiene once (11) fallas funcionales y treinta y ocho (38) modos de fallos y el efecto recae en el deslastre de carga que no es otra cosa que liberar carga de equipos que dentro de la operación puede dar un tiempo de dos horas para tomar una acción correctora, pero altera la condición de operación normal, en este tiempo permite que el equipo retorne a su contexto operacional normal y ofrezca confiabilidad en la operación.

El sistema de enfriamiento, de catorce (14) elementos analizados, se tiene dieciséis (16) fallas funcionales, treinta (30) modos de fallas, cuyo efecto de falla recae en la parada del equipo. Así mismo el sistema de lubricación de seis (6) elementos analizados, se obtiene siete (7) fallas funcionales y veinte y tres (23) modos de falla y el efecto de la falla recae en parada del grupo electrógeno.

Como paso siguiente, y responder las otras tres preguntas del RCM, se procedió con el análisis de criticidad de los modos de falla, desarrollado en el apartado 3.10, aplicando la matriz de valoración utilizada por la organización e ir clasificando en las diferentes categorías como es: Alta, Notable, Moderada y Aceptable considerando los parámetros de detección, severidad y ocurrencia de la falla, evidenciando que en el sistema de combustible hay valores de RPN superiores a 200 que corresponden a una categoría alta, también valores de RPN sobre los 192 que recae en una categoría de riesgo del modo de fallo Notable.

En el sistema de lubricación tenemos modos de falla con valores del RPN desde 192 con una categoría de riesgo Notable, así mismo el sistema de enfriamiento de alta temperatura con un RPN desde los 192 y sobre los 200 que corresponde a una categoría de riesgo Notable y Alta respectivamente.

**Tabla 2-4.** Modos de falla con categoría de criticidad alta y notable.

Sistema	Criticidad de los modos de Falla	RPN	Categoría de Riesgo	Efecto de la falla
Combustible	1A1	240	ALTA	Deslastre de carga
	1B2	240		
	2C1	250		
	2C2	250		
	2A4	200	NOTABLE	Parada del grupo
	2A5	192		
	2B3	200		
	2B4	192		
5A2	200			
Lubricación	8A4	200	NOTABLE	Parada del grupo
	10A1	192		
	12A3	200		
Enfriamiento o HT	17B1	250	ALTA	Deslastre de carga
	13A7	192	NOTABLE	Parada del grupo
	18A7	192		

Fuente: UVIDIA, Walter, 2016

Con el análisis de la criticidad de riesgos de cada uno de los modos de falla, se dio mayor relevancia aquellos modos de fallas que se encuentran en la categoría alta y notable, y utilizando el Diagrama de decisión RCM Figura 5.2, a través de una secuencia lógica de análisis se obtiene las tareas idóneas que mitigara o evitara que se cristalice la falla potencial en falla funcional.

Por cada modo de falla establecido en la hoja de información se recorre el diagrama de decisión desde la parte superior izquierda hacia la derecha y hacia abajo respondiendo a las preguntas planteadas en dicho diagrama.

Dentro del formato de análisis de criticidad de los modos de falla, dispone de un campo de la nueva tarea de mantenimiento, desarrollado en el apartado 3.10, que se estandarizo según la Norma SAE JA1012 es decir: por Condición, Reparación Periódica, Reemplazo programado, Prueba de Funcionamiento (falla oculta), Trabajo hasta la Falla y combinación de Tareas.

**Tabla 3-4.** Análisis de Tipo de tareas asignadas.

<b>Tipo de tarea</b>	<b>Número de tareas</b>
POR CONDICIÓN	54
REPARACIÓN PERIÓDICA	2
REEMPLAZO PROGRAMADO	0
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	47
REDISEÑO	0
TRABAJO HASTA EL FALLO	16
COMBINACIÓN DE TAREAS	9
<b>Total Tareas</b>	<b>128</b>

Fuente: UVIDIA, Walter, 2016

## 4.2 Discusión

El presente proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento empleando la técnica del RCM, busca mitigar los efectos y consecuencias generados por los modos de falla de los sistemas que conforman el grupo electrógeno en un periodo de tiempo, y a través de la formulación de tareas proactivas y correctivas, permitirán recuperar la condición inicial del equipo para que fue diseñado y por consiguiente el incremento de la fiabilidad del equipo, implantando en la organización una cultura a la mejora continua y la motivación del personal de mantenimiento y operación de planta de generación

El análisis de los modos de falla y sus efectos es de carácter cualitativo y al compararlos con un valor cuantitativo (número de fallas), se evidencia una clara dependencia entre la cantidad de eventos y el número de modos de falla identificados para cada componente.

Resultado de la aplicación RCM, la optimización de 79 tareas de mantenimiento que se tenía en el plan original de mantenimiento a 39 tareas enfocadas a mitigar las fallas ocultas, tareas bajo condición y tareas cuando falla aplicado en instrumentos de tipo analógicos. Tabla 5-4

**Tabla 5-4. Tareas del nuevo plan de mantenimiento del grupo electrógeno Wartsila**

NUEVA TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA						
	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	3 MESES	6 MESES	12 MESES	24 MESES
Actualizar parches de software cuando estén disponibles					x		
Ajuste de terminales de tableros de control					x		
Análisis de aceite			x				
Análisis de tintas penetrantes de tuberías y cañerías de combustible						x	
Análisis de vibraciones de grupo electrógeno				x			
Barrido con diesel el sistema principal de combustible				x			
Cambio de juntas flexibles del sistema HT							x
Cambio de juntas flexibles del sistema LT							x
Capacitación al personal						x	
Disponer en bodega instrumentos analógicos de temperatura							x
Drenaje de caja hot box	x						
Drenaje de sistema principal de combustible	x						
Inspección de estatus de sensores de fuego y detectores de humo		x					
Inspección de lodos en aceite viscosine			x				
Inspección de toma corrientes de UPS					x		
Inspección y balanceo de aerofriadores						x	
Inspección de estatus y lecturas de PLCs					x		
Inspección y limpieza de hardware de PLC					x		
Limpieza de cuello de ganso					x		
Limpieza y pintura interior de tanque de sistema HT						x	
Limpieza y pintura interior de tanque de sistema LT						x	
Medición de corrientes de motores eléctricos de bombas de combustible					x		
Medición de espesores de cámara de turbo, lado de gases de escape						x	
Medición de parámetros eléctricos de motores de aerofriadores					x		
Medición de voltaje breaker principal de PLC control logix				x			
Medición termográfica de tablero de control						x	
Prueba hidrostática de enfriador					x		
Prueba de funcionamiento de válvula de drenaje de aire de instrumentos		x					
Prueba de funcionamiento de bombas feeder y booster		x					
Revisión de cableado de instrumentos de control					x		
Revisión de estatus de PLC de emergencia			x				
Revisión de instrumentos de velocidad				x			
Revisión de mecanismo de sobrevelocidad					x		
Revisión de red HMI					x		
Venteo de sistema de enfriamiento HT	x						
Venteo de sistema principal de combustible	x						
Verificación de tomas de UPS					x		
Verificar calibración de sensor de temperatura					x		
Verificar parámetros operativos	x						

Realizado por: Walter P Uvidia Y. 2015

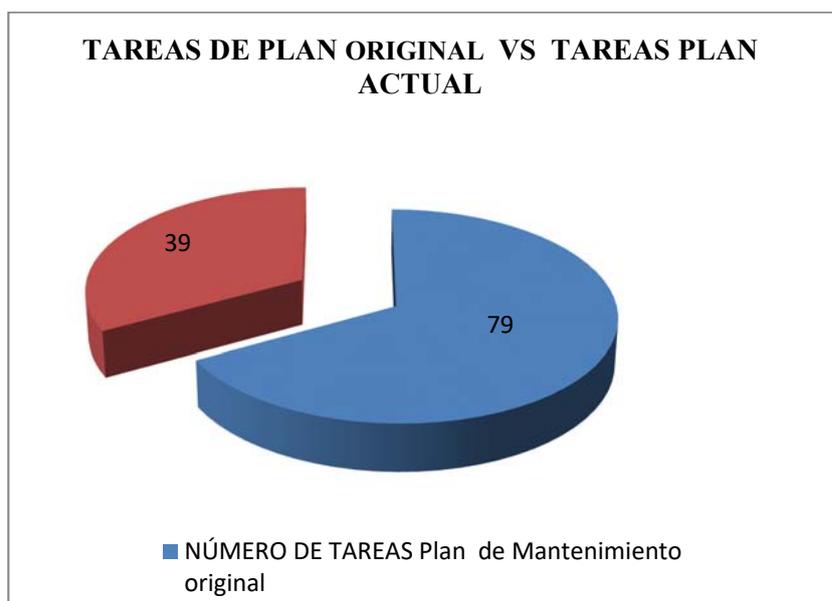
## CAPITULO V

### 5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Con la aplicación de la técnica del Mantenimiento Centrado en confiabilidad se ha optimizado el plan de mantenimiento que cubrirá en su gran mayoría las causas que generan los modos de falla, ver Tabla 1-5, involucrando en tareas básicas de mantenimiento al personal operativo por estar ligados directamente con el contexto operacional del equipo, son los conocedores en dar el diagnostico inicial de la condición operativa y técnica del activo, y las tareas de mayor relevancia se asigno al personal técnico de cada una de las disciplinas.

Demostrando que esta metodología es de carácter participativo, en la que se evidencia la intervención del personal de las diferentes áreas de la organización.

La selección de las 39 nuevas tareas, tiene como finalidad la mitigación de los 168 modos de falla que se podían haber evitado que se cristalizaran las fallas potenciales en fallas funcionales, viéndose reflejado en el incremento de las frecuencias de los mantenimientos programados y reparaciones mayores (overhaul), y a la vez el ahorro considerable de gastos innecesarios relativos al mantenimiento.



**Figura 1-5.** Tareas del plan original versus tareas del plan actual de mantenimiento

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2016

## **Demostración de la hipótesis planteada**

No es otra cosa que la comparación entre dos medias poblacionales usando muestras independientes:

Se tiene dos poblaciones distribuidas normalmente con medias desconocidas  $\mu_1$  y  $\mu_2$ , respectivamente. Se puede aplicar una prueba t de Student para comparar las medias de dichas poblaciones basándose en dos muestras independientes tomadas de ellas. La primera muestra es de tamaño m, con media  $\bar{x}$  y varianza  $s_1^2$  y la segunda muestra es de tamaño n, tiene media  $\bar{y}$  y varianza  $s_2^2$

Si las varianzas de las poblaciones son iguales ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ) entonces se puede mostrar que

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y}) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}}$$

Se distribuye como una t con m+n-2 grados de libertad. En este caso la varianza poblacional es estimada por una varianza combinada de las varianzas de las dos muestras tomadas, dada por la siguiente fórmula:

$$s_p^2 = \frac{(m-1)s_1^2 + (n-1)s_2^2}{m+n-2}$$

## **Prueba de Hipótesis del sistema de Combustible, Enfriamiento HT y Combustible**

### **Planteamiento la hipótesis nula y la hipótesis alternativa**

La hipótesis nula se la hace acerca de la media poblacional y la hipótesis alternativa se la puede resumir que la media muestral debe ser mayor, menor o diferente a la media poblacional

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

$\mu_1$  Representa el número promedio de paradas trimestrales del grupo electrógeno del periodo 2012 al 2015 en los sistemas de combustible, enfriamiento HT y lubricación.

$\mu_2$  Representa el número promedio de paradas trimestrales del grupo electrógeno del periodo 2016 en los sistemas de combustible, enfriamiento HT y lubricación.

Se quiere probar que el número promedio de paradas trimestrales aplicando el plan original de mantenimiento es mayor al número promedio de paradas trimestrales una vez aplicado el nuevo plan de mantenimiento en los sistemas de combustible, enfriamiento HT y lubricación.

**Selección del nivel de significancia:**

El nivel de significancia es en otras palabras el nivel de riesgo; para esta investigación se aplica el valor **0.05**

**Calculo del valor estadístico de prueba:**

Los estadísticos de prueba pueden ser z o t.

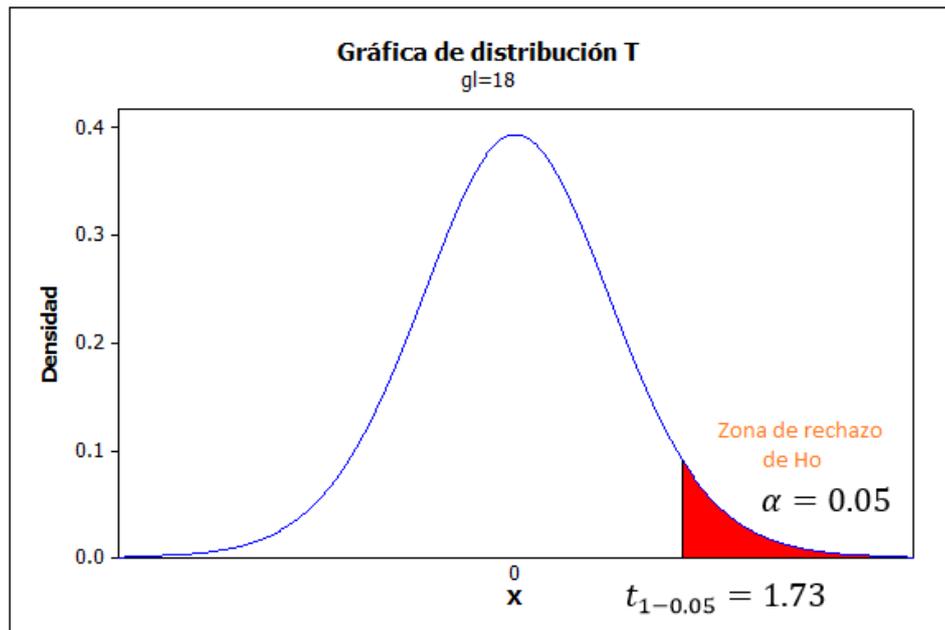
$$s_p^2 = \frac{(m-1)s_1^2 + (n-1)s_2^2}{m+n-2}$$
$$s_p^2 = \frac{(16-1)(1.26)^2 + (4-1)(1.15)^2}{16+4-2} = 1.55$$

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y})}{s_p \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}}$$
$$t = \frac{(2.56 - 1)}{1.25 \sqrt{\frac{1}{16} + \frac{1}{4}}} = 2.24$$

**Formulación de la regla de decisión:**

Sirve para establecer las condiciones de rechazo de la hipótesis nula. También existe un valor crítico que es un punto donde separa la región de rechazo de la hipótesis nula o no se la rechace.

Si el estadístico de prueba  $t$  es mayor que el valor crítico  $t_{1-\alpha}$  se rechaza  $H_0$



#### Decisión:

Como el estadístico de prueba  $t=2.24$ , es mayor que el valor crítico  $t_{1-0.05} = 1.73$  se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye que existe evidencia suficiente para decir que el número promedio de paradas trimestrales aplicando el plan original de mantenimiento es mayor al número promedio de paradas trimestrales una vez aplicado el nuevo plan de mantenimiento en los sistemas de combustible, enfriamiento HT y lubricación.

**Tabla 1-5.** Propuesta de Plan de Mantenimiento

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	TIPO DE CONSECUENCIA					TIPO DE TAREA					DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA		
		MODO DE FALLA					POR CONDICIÓN	REPARACIÓN PERIÓDICA	REEMPLAZO PROGRAMADO	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	REDISEÑO			TRABAJO HASTA EL FALLO	COMBINACIÓN DE TAREAS
		OCULTA	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE OPERACIONAL	NO OPERACIONAL										
1	A	1			X				X				DRENAJE DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	
		2			X				X				REVISIÓN DE INSTRUMENTOS	3 MESES	
	B	1			X				X				BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES	
		2			X				X				DRENAJE DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	
		3			X				X				BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES	
	2	A	1			X				X				VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
2					X				X				VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	
3					X				X				BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES	
4					X		X						MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES	
5					X		X						MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES	
6					X				X				BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES	
B		1			X				X				VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	
		2			X				X				VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO	
		3			X		X						MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES	
		4			X		X						MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES	
		5			X				X				VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	
		6			X		X						MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES	
C	1	X									X	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES		
	2	X									X	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES		
3	A	1			X			X				BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES		
4	A	1			X			X				VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO		

		2			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
		3			X		X				MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES
		5			X				X		BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES
		B 2			X				X		BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES
5	A	1			X		X				ANÁLISIS DE TINTAS PENETRANTES	12 MESES
		2			X			X			DRENAJE DE CAJA HOT BOX	DIARIO
6	A	1			X				X		VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO
		2			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
		3			X				X		BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES
		5			X				X		BARRIDO CON DIESEL SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3 MESES
7	A	1			X			X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	
8	A	1			X				X		VENTEO DE SISTEMA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	DIARIO
		3			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
		4			X		X				ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL
		5			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
	B	2			X		X				ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL
9	A	1			X			X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	
10	A	2			X			X		LIMPIEZA DE CUELLO DE GANZO	6 MESES	
11	A	2			X		X			ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL	
12	A	3			X		X				ANÁLISIS DE ACEITE	MENSUAL
		5					X	X			ANÁLISIS DE VIBRACIONES	3 MESES
13	A	1			X				X		VENTEO DE SISTEMA ENFRIAMIENTO HT	DIARIO
		5			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
		6		X				X			CAMBIO DE JUNTAS FLEXIBLES DEL SISTEMA HT	24 MESES
		7			X			X			MEDICIÓN DE ESPESORES	12 MESES
14	A	2			X			X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO	
15	A	1			X		X				MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES
		2			X					X	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
16	A	1			X		X				MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES
		2			X		X				MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	6 MESES
	B	1			X					X	VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
17	A	1			X					X	LIMPIEZA Y PINTURA DE INTERIOR DE TANQUE HT	12 MESES
	B	1		X							CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
18	A	1			X				X		VENTEO DE SISTEMA ENFRIAMIENTO HT	DIARIO
		5			X				X		VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
		6		X				X				CAMBIO DE JUNTAS FLEXIBLES DEL SISTEMA LT

		7			X		X								MEDICIÓN DE ESPESORES	12 MESES
19	A	1			X					X					VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
20	A	1			X		X								MEDICIÓN TERMOGRÁFICA DE TABLERO DE CONTROL	12 MESES
	B	1			X		X								MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	6 MESES
21	A	1			X								X		LIMPIEZA Y PINTURA DE INTERIOR DE TANQUE LT	12 MESES
	B	1		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
22	A	1		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
	B	1		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
23	A	2			X					X					INSPECCIÓN DE LODOS EN ACEITE VISCOSINE	MENSUAL
		3			X		X								VERIFICAR PARÁMETROS OPERATIVOS	DIARIO
	B	1			X					X					INSPECCIÓN DE LODOS EN ACEITE VISCOSINE	MENSUAL
24	A	1			X		X								PRUEBA HIDROSTÁTICA	6 MESES
25	A	1		X									X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
26	A	3											X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
		4											X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
		5						X								ANÁLISIS DE TINTAS PENETRANTES
	C	1		X			X								REVISIÓN DE MECANISMO DE SOBREVOLUCIDAD	6 MESES
27	A	1			X		X								PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL
		2			X		X								PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL
	B	1		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
	C	2			X								X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
28	A	2			X		X								PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	SEMANAL
		4			X								X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
29	A	1				X							X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
30	A	1			X					X					REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES
		2			X		X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
31	A	1				X							X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
32	A	1				X							X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
33	A	1				X							X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
34	A	2			X		X								VERIFICAR CALIBRACIÓN	6 MESES
35	A	1			X					X					REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES
		2			X		X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
36	A	1			X					X					REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES
		2			X		X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
37	A	1			X		X								REVISIÓN DE RED	6 MESES
		2			X		X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
38	A	1				X							X		DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
39	A	1			X					X					REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES

					X	X									AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
40	A	1				X						X			DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
41	A	1				X						X			DISPONER EN BODEGA EL REPUESTO	24 MESES
42	A	1				X						X			REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES
		2				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
43	A	1				X						X			REVISIÓN DE CABLEADO	6 MESES
		2				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
44	A	1				X	X								REVISIÓN DE RED	6 MESES
		2				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
45	A	1				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
		2				X	X								INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
		3				X						X			INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
46	A	1				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
		2					X	X							INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
		3					X					X			INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
47	A	1				X	X								AJUSTE DE TERMINALES	6 MESES
		2					X	X							INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
		3					X					X			INSPECCIÓN Y LECTURAS ESTATUS PLC	6 MESES
48	A	1				X						X			ACTUALIZAR PARCHES DE SOFTWARE CUANDO ESTEN DISPONIBLES	12 MESES
		2				X	X								INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE HARDWARE	6 MESES
		3					X					X			VERIFICACIÓN DE TOMAS DE UPS	6 MESES
		4					X					X			INSPECCIÓN DE TOMA CORRIENTES DE UPS	6 MESES
49	A	1				X	X								MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES
		2					X	X							MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES
		3						X							INSPECCIÓN Y BALANCEO	12 MESES
50	A	1	X				X								PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS FEEDER Y BOOSTER	SEMANAL
		2		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES
		3					X	X							MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES
		4					X	X							MEDICIÓN DE CORRIENTES DEL MOTOR	6 MESES
51	A	1	X				X								MEDICIÓN DE VOLTAJES	3 MESES
		2					X					X			REVISIÓN DE ESTATUS	MENSUAL
		3	X					X							INSPECCIÓN DE ESTATUS DE SENSORES DE FUEGO Y DETECTORES DE HUMO	SEMANAL
		4		X									X		CAPACITACIÓN AL PERSONAL	12 MESES

Realizado por: UVIDIA, Walter. 2015.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se presenta el desarrollo del proyecto de mejoramiento del plan de mantenimiento, empleando la técnica del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), de un grupo electrógeno Wartsila Vasa12V32LN y sistemas auxiliares en la planta de generación Yuralpa Bloque-21, que es el objetivo planteado de la investigación.
- Al comparar el plan anterior y actual se aprecia que, de 79 tareas reduce a 39 nuevas tareas efectivas, mostrando que el RCM, optimiza la gestión del Mantenimiento, cumpliéndose así la hipótesis planteada.
- Se determinó la jerarquización de los equipos más relevantes de la planta de generación, en donde para el análisis de ponderación se considero criterios de ocurrencia, exposición y consecuencia, resultando que el grupo electrógeno se encuentra en la categoría de criticidad ALTA.
- Se ejecutó la jerarquización de los sistemas que conforman el grupo electrógeno, para su ponderación se considero los criterios de ocurrencia, exposición y consecuencias, evidenciando que los sistemas de combustible, enfriamiento de alta temperatura y lubricación se encuentran en una categoría de criticidad intolerable y alta.
- Se desarrollo el AMFE, estandarizo los modos de falla, según la Norma ISO14224 y análisis de criticidad de cada uno de los modos de falla.
- Se determinó las nuevas tareas proactivas basadas en el diagrama de decisión, a través de una secuencia lógica de análisis, cuya probabilidad de ocurrencia de falla, disminuirá considerablemente, dichas tareas se considero según la normativa SAE 14224, aplicadas en el RCM.

## **Recomendaciones**

- Incluir las nuevas rutinas de mantenimiento en el sistema de gestión EAM MAXIMO OIL & GAS de la organización, a fin de asegurar su cumplimiento.
- Contar con un equipo de análisis multidisciplinario con vastos conocimientos técnicos, operacionales de la planta y la metodología del RCM, lo que facilitara la optimización de la gestión del mantenimiento, implementando una cultura a la mejora continua.
- Solicitar el apoyo de las jefaturas de las áreas de producción y mantenimiento durante el periodo de la implementación del RCM, debido que en la fase de aplicación se ejecutara de manera eficiente, y la filosofía del RCM lo asumen con alta responsabilidad.
- Desarrollar la implementación del RCM de manera gradual con los sistemas que se encuentren dentro de la criticidad Alta, o por los que poseen los peores resultados de confiabilidad operacional.
- Difundir a todo el personal de la organización la implementación de las mejoras que se aplican en la gestión de mantenimiento, cuyo indicador se verá reflejado en el cumplimiento del objetivo corporativo de la organización.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARTHUR, N.** (2005). *Dairy Processing Site Performance Improvement using Reliability Centered Maintenance*. Los angeles-USA, Aberdeen, IEEE, pp.1-22 [en línea]. [Consulta: 16 abril 2015].

<https://issuu.com/ijerm/docs/ijerm010405>

**ASOCIADOS, M.** (2013). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Revista técnica. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Maturín-venezuela. Pp. 6-26 [en línea]. [Consulta: 16 abril 2015].

<https://www.mys-asociados.com>

**BALZER, G.** (2005). *Condition Assessment and Reliability Centered Maintenance of High Voltage Equipment*. Berlín-Germany Darmstadt University. pp. 1-78 [en línea] [Consulta: 17 abril 2015].

<http://j.cit.kmutnb.ac.th/wp-content/uploads/2015/10/581103-1-1-032-58-p1-10.pdf>

**BERNAL, C. A.** (2010). *Metodología de la investigación* . Tercera Edición. Universidad de La Sabana. Bogotá-Colombia. Pearson. Pp.4-132 [en línea]

[Consulta: 27 septiembre 2015].

<http://eva.sepyc.gob.mx:8383/greenstone3/sites/localsite/collect/ciencia1/index/assoc/HASHe5b1.dir/11050004.pdf>.

**CAJAS, A. y JANETA, P.** (2009). *Planificación de Mantenimiento Basado en el método de Confiabilidad RCM para motores estacionariosde la planta termopichincha S.A. Central Guangopolo.(TESIS)* Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. Pp.20-88. [en línea].

[Consulta: 16 abril 2015].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1750>

**CLARKE, P., & STEPHEN, Y.** (2006). *Reliability-centred Maintenance and HAZOP*.  
Publicación técnica. Maintenance & asset management. Vol 26. Aladon Ltd. USA.  
Pp. 34-40. [en línea].

[Consulta: 16 abril 2015].

<http://www.maintenanceonline.org/article.asp?id=4971>

**COMMANDER.** (2001). *Air systems command NAVAIR, reliability-Centered Maintenance in the Naval Air Systems Commands*. Traducction for: DATSI. Facultad de Informatica Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España. Pp.7-60. [en línea].

[Consulta: 18 Mayo 2015]

<http://homepages.laas.fr/kader/rcm2.pdf>

**DIAZ, J.** (2011). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Curso Capacitación. E &M Solutions, CLAPAM. Guayaquil-Ecuador. pp. 3-65.*

**ELLMANN, H.** (2002). *Costo-beneficio de la implantación de RCM2, Mantenimiento Centrado en confiabilidad, Artículo científico. Versión1. Ellmann-Sueiro asociados, asesores de empresas. Buenos Aires-Argentina. pp.1-4. [en línea].*

[Consulta: 17 abril 2015].

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas.asp?tema=6&fecha=0&idioma=1>

**FINE, W.** (2001, 12 08). *Calculo Matemático del grado de peligrosidad en la seguridad y salud en el trabajo. Artículo Científico. Prevenciónintegral.com.*

JLPedragosalideresvial. Buenos Aires – Argentina. Pp. 1-5. [en línea].

[Consulta: 15 junio 2015].

<https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/inseguridad-cuando-prevencion-fracasa>

**GONZALEZ, G.** (2010). *Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implementación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos.* (TESIS DOCTORAL) . Universidad Politécnica de Valencia. Valencia- España. Pp. 13-200. [en línea].  
[Consulta: 16 abril 2015].

<https://riunet.upv.es/handle/10251/9686>

**INTERNATIONAL STANDARD. ISO, 14224.** (2006). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* Second edition. Ginebra-Suiza. Pp. 1-165 [en línea]  
[Consulta: 14 septiembre 2015].

<http://www.iso.org/>

**LANDETA, J.** (2009). “*Establecimiento de un Sistema Indicador de Gestión para el Control del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los Equipos de Rehabilitación de Pozos (Work-Over) de una Empresa de Perforación y Rehabilitación de Pozos Petroleros*”(TESIS) .Universidad de Oriente núcleo de anzoátegui Escuela de Ingeniería y ciencias aplicadas departamento de Ingeniería Industrial. Puerto La Cruz-Venezuela. Pp. 10-32. [en línea].  
[Consulta: 17 abril 2015].

<http://ri.bib.uo.edu.ve/bitstream/123456789/2130/1/TESIS.II009L50.pdf>

**OREDA, D.** (2009). *Offshore Reliability Data Handbook, Volume 1 Topside Equipment 5th Edition.* SINTEF. Det Norske Veritas (DNV). Pp. 14-44. [en línea].  
[Consulta: 22 agosto 2015].

<https://www.sintef.no/oredahandbook>

**PARRA, C.** (2002). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad,* Curso de Capacitación. Manual del participante. Escuela de Ingenieros. Miranda- Venezuela. Pp. 6-44.

**PARRA, C.** (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Desarrollo y aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento MGM*. Ingeman. Asociación para el desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento. Primera impresión. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla. Sevilla-España. Pp. 115-168. [en línea]

[Consulta: 22 julio 2015]

[http://taylor.us.es/sim/documentos/resultados/documento%20\(6\).pdf](http://taylor.us.es/sim/documentos/resultados/documento%20(6).pdf)

**PÉREZ, C.** (2007). *El Camino hacia el RCM-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Artículo técnico. Soporte & Cia Lda. Sistemas de Información. Bogotá-Colombia. Pp. 1-13. [en línea].

[consulta: 22 mayo 2015]

<http://en.calameo.com/read/002030909351136f04fe9>

**PLATA, M.** (2012). “*Propuesta metodológica para mejorar la gestión del mantenimiento en una industria de transformación de plásticos para productos escolares, con base en asset management y RCM*” (TESIS MAESTRIA). Universidad Javeriana. Bogota-Colombia pp. 4-41. [en línea]

[Consulta: 17 abril 2015].

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/2685>

**ROJAS, R.** (2010). “*Plan para la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para plantas de concreto del Instituto Costarricense de Electrificación (ICE)*”. (TESIS MAESTRÍA). Universidad para la cooperación Internacional (UCI). San José de Costa Rica. PP. 2-78. [en línea]

[Consulta: 17 abril 2015].

<https://www.scribd.com/document/65695822/rcm-concreteto>

**The Engineering Society For Advancing MobilityUSA, International.** SAE, JA1012. (2002). *Una guía para la norma de Mantenimiento Centro en Confiabilidad (RCM)*. Society Automotive Engineers. Issued JAN2002USA. Pp 4-22. [en línea].

[Consulta: 21 julio 2015].

[http://standards.sae.org/ja1012\\_200201/](http://standards.sae.org/ja1012_200201/)

**SEXTO, L.** (2014). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*, ESPOCH/Radical-management. Riobamba-Ecuador. Pp.2-40

**TORRES, M.** (2006). *Metodos de recolección de datos para una investigación*. Boletín Electrónico N3. Facultad de ingeniería-Universidad Rafael Landívar. Guatemala-Guatemala. Pp. 4-21 [en línea].

[Consulta: 7 de enero 2016].

[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_03_BAS01.pdf)

**WARTSILA.** (1997). *Wartsila Diesel Oy Marine Vasa 32 Project guide*, Vassa.Boletín técnico. Document 7. Cooling water treatment and analysing. Quito-Ecuador. Pp.1-17.

**WARTSILA.** (2003). *Mechanical and process*, Engine instruction manual Wartsila VASA12V32LN, Service Wartsila-Finland OY. Proyect Perenco Ecuador Limited . Quito- Ecuador. Pp. 3-58.

**WARTSILA.** (2006). *Soluciones para Plantas Eléctricas 2013*. Boletín técnico. Service Wartsila-Finland OY. Pp. 8-41 [en línea].

[Consulta: 22 de agosto 2015].

<http://www.smartpowergeneration.com/>

**WESSELS, W.** (2003). *Cost-optimized scheduled maintenance interval for reliability-centered maintenance, Reliability and Maintenance*. Symposium. **INSPEC Accession Number:** 7580896. IEEE. Florida-USA. Pp.6-18. [en línea].

[Consulta: 22 mayo 2015]

<http://ieeexplore.ieee.org/document/1182024/>

## ANEXOS

### ANEXO 1. REPORTES DE FALLA 2012

Fecha	Descripción
<b>SQA-80011</b>	
14 al 18 de Enero	Fugas de agua en camisas A2, B3, B4 y B6.
30 y 31 Enero	Se saca ducto de escape de cilindro A2 para colocar en G3
1 de Febrero	Se coloca ducto de escape que se coloca en A2 de G3 que correspondía a G
15 de Febrero	Fuga en cañería flexible de liqueos limpios en B/I B4 (30 gotas / minuto)
28 de Febrero	Presencia de agua en T/C banco B, lado de compresor desde cámara de compresión de cilindro B6 hacia carter
1 a 31 de Marzo	Desmontando T/C B debido a presencia de agujero
1 al 29 de Abril	Unidad sin turbo B; turbo A sin rotor; y sin ducto de gases de escape de cil A2.
1 al 31 de Mayo	Unidad fuera de servicio; sin turbo B; turbo A sin rotor; y sin ducto de gases de escape de cil A2
1 al 19 de Junio	Fuera de servicio, sin turbo B, sin rotor de turbo A, sin ducto de escape cilindro A2
22 Junio	Fuga de crudo en cañería de alta presión de bomba de inyección B4
27 al 30 de Junio	Rotura de carcasa de T/C banco A / Se tiene presencia de agua aceite por tapa válvula de A4
1 de Julio	Rotura de carcasa de T/C banco A / Se tiene presencia de agua aceite por tapa válvula de A4
12 de Agosto	Se cambia o´rings en cañerías de retorno de combustible limpio de cilindros A3,A5 y B1
23 de Agosto	Trabamiento de cremalleras de cilindros A1 y A3
9 de Noviembre	Diferencia de °T en cilindro B3 en dos ocasiones (trabamiento de cremalleras) y en una ocasión A1
18 de Diciembre	Shutdown de la planta por falla eléctrica en el switchgear de media tensión en los cubículos correspondientes a los alternadores No 2 y 3
<b>SQA-80021</b>	
1 al 12 Enero	Unidad sin ducto de escape cilindro A3
28 al 30 Enero	No absorbe carga pero si transfiere carga, se aprieta selector para subir carga
3 de Febrero	Cambio de tubería de retorno de combustible de banco B por presencia de caliche
18 al 22 de Marzo	Fuga de aire en V001 de fuel unit
24 y 25 de Marzo	Fuga de aire en V001 de fuel unit
28 de Abril	Se cambia válvula de evacuación en sistema de aire de arranque.
21 de Mayo	Falla presión diferencial de aire de admisión
31 de Mayo	Fuga de aceite por viradora
22 al 25 de Julio	Desmontaje y revisión visual de los turbos A y B (personal wartsila) turbo A sin novedad en el turbo B en el rotor la pantalla térmica
15 de Agosto	Trabamiento de cremallera de cilindro B3
9 de Octubre	Cambio de inyector en cilindro B2
12 de Octubre	Fuga de agua entre camisa y pistón de cilindro B2
15 y 16 de Octubre	Se desmonto ducto de escape de B2 con la finalidad de determinar que la fuga de agua es por el cabezote
22 de Octubre	Liqueo LS107B
8 de Noviembre	Shutdown por falla pickup SE167.(SHD speed control common alarm),
18 de Diciembre	Shutdown de la planta por falla eléctrica en el switchgear de media tensión en los cubículos correspondientes a los alternadores No 2 y 3.
19 al 27 de Diciemb	Unidad requiere chequeo eléctrico completo por falla

<b>SQA-80031</b>	
12 al 14 de Enero	sin ducto de escape en cilindro A3, se coloco en G2
18 al 30 de Enero	Sin ducto de escape de A2.
1 al 28 de Febrero	Unidad sin ducto de escape de cilindro A2, y tarjeta defectuosa A2.3 en panel CFE031
23 de Mayo	Fuga de aceite en tapa de governor
6 de Junio	Fuga de aceite en manguera del filtro centrifugo B,
23 al 30 de Junio	Fuera de servicio sin rotor T/C banco A, sin T/C banco B, sin manguera de filtro centrifugo banco B
1 a 31 de Julio	Unidad sin turbo B, turbo A sin cámara de entrada de gases y sin rotor, y sin manguera filtro centrifugo B.
1 al 31 de Agosto	Unidad sin turbo B, turbo A sin cámara de entrada de gases y sin rotor, y sin manguera filtro centrifugo B.
1 al 27 de Septiembre	Unidad sin turbo B, turbo A sin cámara de entrada de gases y sin rotor, y sin manguera filtro centrifugo B.
15 de Octubre	Se cambia de bomba con acople magnético nuevo
24 de Octubre	Limpieza de sensor de liqueo LS107B.
2 y 3 de Noviembre	Variación de lectura del PT201
6 de Noviembre	Se cambia de cable de sensor PT201
9 de Noviembre	Se cambia cable en sensor PT201 (desde sensor hasta E-701)
12 de Noviembre	Shutdown debido a señal de baja presión de PT-201
18 de Diciembre	Shutdown de la planta por falla eléctrica en el switchgear de media tensión en los cubículos correspondientes a los alternadores No 2 y 3.
19 Diciembre	Falla eléctrica
20 Diciembre	Falla eléctrica
<b>SQA-80041</b>	
2 de Marzo	Se apaga para cambiar pickup de T/C banco B
23 de Abril	Cambio de motor de sistema de enfriamiento (hydack) de cojinete.
26 de Abril	fuga de aceite en área de tapa de revisión de sistema de distribución
21 al 23 de Mayo	Agujeros en tuberías de lavado automático de boilers
23 al 30 de Septiembre	Fase C del generador con falla a tierra.
1 al 31 de Octubre	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 30 de Noviembre	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 31 de Diciembre	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada

### REPORTES DE FALLA 2013

<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
<b>SQA-80011</b>	
17 y 18 de Enero	Se coloca nuevo Alarm panel en BJA011 por falla
31 de Marzo	Fuga de crudo por tuberías de alta presión rabo de chanco B1, B5
11 de Abril	Fuga de aire de instrumentos en las electroválvulas V02 y V03 en fuel oil unit
16 de Abril	Se coloca nueva carcasa de entrada de gases de escape bco B, montaje de rotor del turbo cargador
8 de Mayo	Sensor TE 201 se encontraba baja la °T con motor en línea, se encontró flojo cable en caja E 701
30 de Junio	Alarma presente en panel view de CFE y CFC que indica generator anticind.heater current sensor fault
1 de Julio	Cambio de sensor PT 101
26 de Agosto	Cambio de tubería salida de combustible limpio 358403 (metal hose) en bomba A1 y B3
19 de Septiembre	Arreglo de fuga de crudo por tubería rabo de chanco B4
21 y 22 de Septiembre	Se cambia silenciador por uno nuevo, por no coincidir los agujeros de las bridas se coloca pernos M20
25 de Septiembre	Ajuste de cañería rabo de chanco A4/A5 , esperando cañerías nuevas para cambiar
12 de Octubre	Falla a tierra sistema de control TP

13 de Octubre	Shutdown aíslan tierras y conectan en malla de SQA-041
14 de Octubre	Medición de resistencia de cada shelding y aislamiento de lazos
15 a 19 de Octubre	Ruidos eléctricos (se trabaja en E701 )
2 de Noviembre	Tubería entrada de combustible con caliche esta desmontada (n° 350058).
18 y 19 de Noviembre	Se extrae motor eléctrico de la fuel unit para colocar en la fuel unit 4
20 de Noviembre	Se coloca el motor eléctrico de la fuel unit #1(motor rebobinado que salió de la fuel unit #4)
<b>SQA-80021</b>	
11 de Enero	Desviación de T° en cilindros A1, A2 y A3
30 de Enero	Shutdown por baja presión de agua en sistema HT (PT401),
1 de Febrero	Rotas juntas flexibles de líneas de escape (A1, A2, A3) y (B1, B2, B3)
3 de Febrero	Se cambia 2 flexibles que unen múltiple de escape a T/C bancos A y B / Se cambia solenoide V001
6 de Febrero	Fuga de gases de escape a la altura de A6
15, 16 y 17 de Marzo	Unidad en mantenimiento correctivo, sin turbo B.
24 de Abril	Terminal roto en regleta alterna de E701 de LS107B,se coloca nuevo terminal
14 al 16 de Septiembre	cambio de damper, H=33332 TP / Montaje y ajuste de damper
18 de Septiembre	Se cambia orring en tapa de revisión B5 de árbol de levas
20 de Septiembre	Corrección fuga en tubería rabo de chanco B5 y A1 / Corrección de fuga de agua en turbina B / Se cambia electroválvula de V001 de fuel unit
13 de Octubre	Shutdown M Ramos aíslan tierras y conectan en malla de SQA-041
23 de Octubre	Se deja el varillaje del inyector A2 1 cm menos para bajar la desviación de la temperatura
26 de Diciembre	Cambio de o'rings de liqueo limpio an A2, A3, A4, A5, A6, B1 y B3 / cambio de bomba de inyección B1
<b>SQA-80031</b>	
16 de Enero	Se hipotea breaker de swg 13,8 Kv
23 de Febrero	S/D por baja presión de HT, por rotura de acople flexible de caucho en línea de 5"
2 de Marzo	Limpieza de pick up de motor existía variación de RPM'
6 de Marzo	Se corrige fuga de crudo en cilindro A3
3 de Abril	Cambio de tubería flexible línea de retorno de aceite desde Sep. Oil.
11 de Abril	Se repara fuga de aceite en brida inferior del porta filtro de aceite
9 de Mayo	Cambio del sensor PT 700 crankcase pressure
17 de Mayo	Unidad se va a shutdown a las 19h00, alarma Electrical Overspeed Tripped
30 de Julio	Fuga de agua en el sistema LT.se halla válvula de drenaje del tanque vessel floja
25 de Agosto	Se cambia oring en tapas de inspección de piñones junto a la viradora
27 de Agosto	Fuga de aceite junto a la viradora, en la rosca se coloca teflón
10 de Octubre	Chequeo de cilindro b3, temperaturas de b1, B4 y A1.
13 de Octubre	Shutdown M Ramos aíslan tierras y conectan en malla de SQA-041
19 de Octubre	Revisión de cables por presencia de ruidos
<b>SQA-80041</b>	
1 al 31 de Enero	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 28 de Febrero	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 31 de Marzo	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 30 de Abril	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 31 de Mayo	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 30 de Junio	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 31 de Julio	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 31 de Agosto	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 30 de Septiembre	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
1 al 25 de Octubre	Unidad fuera de servicio, sin turbos A y B; fase "C" de alternador aterrizada
9 al 12 de Noviembre	fuera de servicio, desde las 16.h58 por problema de desviación de temperatura de cilindro B4

10 de Noviembre	Cambio de inyector B4
11 de Noviembre	Caliche en tubería de retorno de combustible banco A
15 de Noviembre	cambio de sensor TE202, se encontró dañado y roto cables
18 de Noviembre	se quema el motor eléctrico de la fuel unit se reemplaza por el de la fuel unit #1

## REPORTES DE FALLA 2014

Fecha	Descripción
<b>SQA-80011</b>	
1 al 11 de Abril	Unidad en mantenimiento de (32 + 36) K. Suspendido por falta de repuestos
19 al 30 de Abril	Unidad fuera de servicio por falta de repuestos
1 al 31 de Mayo	Unidad fuera de servicio por falta de repuestos
1 al 6 de Junio	Unidad fuera de servicio por falta de repuestos
3 de Agosto	Cambio de junta flexible en línea de HT por encontrarse con agujero
5 de Agosto	SHD a las 18h26 por High HT water temp outlet TE402/ Se saca sensor TE 402 de G2 para remplazarlo.
6 de Agosto	Cambio de sensores TE-101 y conector y TE-402
15 de Agosto	Fuga de aire en electroválvula fuel unit retorno de combustible
3 de Octubre	Se apago con la finalidad de revisar presión baja de aceite al momento de arranque de la unidad
15 y 16 de Octubre	Unidad en mantenimiento por fuga de agua en el sistema HT.
22 a 25 de Noviembre	Bomba de precalentamiento defectuosa, y Personal de Wartsila destapa línea de tubing de sistema de HT hacia tanque de expansión
<b>SQA-80021</b>	
13 de Enero	Caliche en línea de retorno de combustible banco B.
27 de Enero	Caliche en cañería de combustible de ingreso a las bombas de inyección banco B NP 350044
1 de Febrero	Fuga de crudo en cañería de alta presión A5 Y A6, B1
2 de Febrero	Se termina de colocar el Adapter de bomba A6
8 de Febrero	Shutdown, por baja presión HT water inlet pressure PT401
23 de Marzo	Se cambia tobera del inyector A3, no se tiene mejoría
20 de Abril	Alarma falla fde comunicación between PLC and PMU se coloca VAMP 260
2 al 12 de Agosto	Fuga de aceite térmico en serpentín inferior de boiler
14 al 31 de Agosto	Unidad fuera de servicio, agujero en el serpentín del Boiler.
1 y 2 de Septiembre	Unidad fuera de servicio, agujero en el serpentín del Boiler.
5 de Septiembre	Se corrige fuga de aceite por tapón de drenaje de T/C A
9 al 11 de Septiembre	Unidad fuera de servicio, se desmonta flexible inferior de boiler
24 de Diciembre	Cambio de sensores PT-201 y PT-700
<b>SQA-80031</b>	
28 de Marzo	Cambio de B/I B3
12 de Julio	Ajuste de sensor de overspeed mecánico
3 de Septiembre	Cambio de electroválvula de válvula V001 de fuel oil unit
<b>SQA-80041</b>	
19 de Marzo	Se cambia sensor PT-201, en TE-451 se cambia conector
14 de Abril	Cambio de TE-451
22 de Abril	revisa sensor PT201 se verifica con le fluke
20 de Mayo	cambio de línea flexible ingreso combustible # 890555384-1
17 de Junio	Revisión de sensor PT201
18 de Junio	Intercambio de tarjetas analógicas CFA
12 de Julio	Ajuste de sensor de overspeed mecánico
3 de Agosto	Revisión de sensor TE-451, LT inlet ajuste de terminales

14 de Agosto	Se revisa alarma gen Bearing flow se compensa aceite en el cojinete del alternador
27 de Noviembre	Se cambia cañería de salida de B/I de cilindro A6.

## REPORTE DE FALLA 2015

Fecha	Descripción
<b>SQA-80011</b>	
20 de Enero	Shutdown por baja presión de sistema HT
9 de Febrero	Cambio de sensor LT water temperature inlet TE 451 , cambio de válvulas de by pass de sensores PT 451
14 de Febrero	Fuga de agua por brida cuadrada de tubería que un el block del motor con T/C
2 de Mayo	Fuga de combustible en la Hot Box
23 de Junio	Shut down se halla roto perno inferior del cabezote.
24 de Junio	Cambio de perno inferior del cabezote.
23 al 27 de Agosto	Fuera de servicio, ruptura de cañería banco B
24 de Septiembre	Se apaga motor por presencia de alarma en tablero BJA
25 de Septiembre	corrección de fuga de agua
3 y 4 de Noviembre	Fuga combustible en puente V invertida de líneas de combustible.
15 al 17 de Noviembre	Presenta fuga de combustible en cañería SN 350046, junto a B5, se apaga la unidad
22 de Noviembre	Fugas en las líneas de combustible del banco B en bridas cuadradas de entrada cilindro A5 , salida de cilindros A6
27 de Diciembre	Fuga de combustible de cañería 350048 banco A, unidad queda fuera de servicio
28 de Diciembre	Cambio tubería de retorno de combustible banco A por presencia de fuga # 350048
<b>SQA-80021</b>	
16 al 18 de Febrero	Roto acople de motor bomba de pre lubricación,
8 de Marzo	Personal Wartsila cambia 2 governors traídos desde Quito s/n 14849547 se procede con pruebas de funcionamiento
29 de Agosto	Shutdown alta °T sistema de HT
2 al 5 de Octubre	Funcionamiento de governor en vacio, unidad absorbe unos 200Kw de carga adicional en modo Auto
11 de Octubre	Gobernor presenta variaciones en el varillaje.
15 al 17 de Octubre	Variación de Pick up de las RPM (volante)
17 de Noviembre	Cambio de conector y pick up magnético para control de velocidad de motor
26 al 28 de Octubre	Unidad fuera de servicio al cambio de combustible la válvula V001 no se abre
<b>SQA-80031</b>	
7 de Febrero	Cambio de rabo de chanco (cañería) cilindro A1
15 al 21 de Marzo	Unidad fuera de servicio presencia de aceite en sistema LT
8 a 10 de Mayo	Unidad fuera de servicio rota cañería de combustible de retorno bco B, cambio de orings en cañería de entrada de combustible de A1
29 de Junio	Shut down de la unidad por alarma de alta temperatura en el aire de carga
24 de Septiembre	Cambio de o'ring en cola de chanco B1
26 de Septiembre	Cambio de seguros de tapas de cajas calientes A y B , cambio de cola de chanco de cilindro B1
14 de Diciembre	Cambio de inyector B6 y ajuste de recorrido de cremallera
<b>SQA-80041</b>	
12 de Febrero	Cambio de electroválvula de válvula V001 ingreso de combustible fuel oil
15 de Febrero	Corrección de fugas de aceite por tapas de revisión de carter banco B (cambio de orings)
5 de Abril	Revisión de sensor P-700
7 y 8 de Mayo	Desacoplado bomba de pre lubricación y cambio de sello
3 de Septiembre	Chequeo de todo la instrumentación.
20 de Septiembre	Unidad fuera de servicio por chequeo de instrumentos
27 de Noviembre	Fuga de aceite en válvula relief de bomba mecánica de aceite

**Anexo 2. PLAN DE MANTENIMIENTO ORIGINAL DE UN GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA 12V32LN**

ITEM	TAREA	FRECUENCIA
1	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	500 HRS
2	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	500 HRS
3	COMPROBAR LA PRESIÓN DE CILINDRO	500 HRS
4	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	500 HRS
5	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	500 HRS
6	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	500 HRS
7	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	500 HRS
8	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	500 HRS
9	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAÍDA DE PRESIÓN	500 HRS
10	TOMAR LECTURAS DE MANÓMETROS, TERMÓMETROS Y CARGA DEL MOTOR	500 HRS
11	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	500 HRS
12	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE FUGA	500 HRS
13	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	500 HRS
14	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	500 HRS
15	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	1000 HRS
16	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	1000 HRS
17	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	1000 HRS
18	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	1000 HRS
19	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	1000 HRS
20	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	1000 HRS
21	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS	1000 HRS
22	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	1000 HRS
23	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	1000 HRS
24	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	1000 HRS
25	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	1000 HRS
26	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	1000 HRS
27	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	1000 HRS
28	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	1000 HRS
29	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	1000 HRS
30	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	1000 HRS
31	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	1000 HRS
32	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE FUGA	1000 HRS
33	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	1000 HRS
34	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	1000 HRS
35	CAMBIAR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO DE GASOLEO	2000 HRS
36	SUSTITUIR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO POR OTROS NUEVOS	2000 HRS
37	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	2000 HRS
38	COMPROBAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA	2000 HRS
39	CAMBIAR EL ACEITE DEL REGULADOR	2000 HRS
40	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	2000 HRS
41	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	2000 HRS
42	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	2000 HRS
43	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	2000 HRS
44	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	2000 HRS
45	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	2000 HRS
46	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	2000 HRS
47	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	2000 HRS
48	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS	2000 HRS
49	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	2000 HRS

50	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	2000 HRS
51	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	2000 HRS
52	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	2000 HRS
53	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	2000 HRS
54	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	2000 HRS
55	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	2000 HRS
56	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	2000 HRS
57	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	2000 HRS
58	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	2000 HRS
59	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	2000 HRS
60	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE FUGA	2000 HRS
61	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	2000 HRS
62	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	2000 HRS
63	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE	4000 HRS
64	LIMPIAR LOS ENFRIADORES DE AIRE DE CARGA	4000 HRS
65	INSPECCIONAR LOS CONECTORES Y CABLES.	4000 HRS
66	INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL ARBOL DE LEVAS	4000 HRS
67	INSPECCIONAR LOS ESPACIOS PARA EL AGUA EN LA CAMISA EN EL MOTOR CON EL TURBO COMPRESOR FRIO	4000 HRS
68	COMPROBAR EL MECANISMO DE CONTROL	4000 HRS
69	COMPROBAR LA ALINEACIÓN DEL CIGÜENAL.	4000 HRS
70	COMPROBAR LA HOLGURA DEL COJINETE DE EMPUJE	4000 HRS
71	COMPROBAR SI HAY FUGAS DE COMBUSTIBLE, ACEITE Y REFRIGERANTE	4000 HRS
72	COMPROBAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	4000 HRS
73	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	4000 HRS
74	LIMPIAR EL ENFRIADOR DE ACEITE	4000 HRS
75	COMPROBAR EL LIMITADOR DE COMBUSTIBLE	4000 HRS
76	CAMBIAR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO DE GASOLEO	4000 HRS
77	SUSTITUIR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO POR OTROS NUEVOS	4000 HRS
78	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	4000 HRS
79	COMPROBAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA	4000 HRS
80	CAMBIAR EL ACEITE DEL REGULADOR	4000 HRS
81	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	4000 HRS
82	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	4000 HRS
83	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	4000 HRS
84	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	4000 HRS
85	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	4000 HRS
86	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	4000 HRS
87	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	4000 HRS
88	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	4000 HRS
89	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VÁLVULAS	4000 HRS
90	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	4000 HRS
91	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	4000 HRS
92	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	4000 HRS
93	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	4000 HRS
94	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	4000 HRS
95	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	4000 HRS
96	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	4000 HRS
97	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	4000 HRS
98	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	4000 HRS
99	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	4000 HRS
100	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	4000 HRS
101	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE FUGA	4000 HRS
102	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	4000 HRS

103	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	4000 HRS
104	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DEL REGULADOR	12000 HRS
105	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	12000 HRS
106	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE AT	12000 HRS
107	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE AT	12000 HRS
108	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DEL AGUA DE AT	12000 HRS
109	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE BT	12000 HRS
110	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE BT	12000 HRS
111	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DE AGUA DE BT	12000 HRS
112	INSPECCIONAR LA BOMBA DE ACEITE LUBRICANTE	12000 HRS
113	REVISION VALVULA REGULADORA DE PRESION	12000 HRS
114	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DE LA BOMBA ACEITE 18.3.4	12000 HRS
115	LIMPIAR E INSPECCIONAR LA VALVULA TERMOSTATICA	12000 HRS
116	CAMBIAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	12000 HRS
117	CAMBIAR EL COJINETE DE CABEZA DE LA BIELA	12000 HRS
118	CAMBIO DE LOS ESPARRAGOS DE LAS BIELAS	12000 HRS
119	CAMBIO DE LOS ESPACIADORES DE LAS BIELAS	12000 HRS
120	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL PIE DE BIELA	12000 HRS
121	REVISION DE CULATAS	12000 HRS
122	INSPECCIONAR LAS CAMISAS	12000 HRS
123	INSPECCIONAR EL LADO DE AGUA DE LAS CAMISAS	12000 HRS
124	INSPECCIONAR PISTONES	12000 HRS
125	INSPECCIONAR PISTONES Y AROS DE PISTON	12000 HRS
126	COMPROBAR VALVULAS DE ARRANQUE	12000 HRS
127	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE	12000 HRS
128	LIMPIAR LOS ENFRIADORES DE AIRE DE CARGA	12000 HRS
129	INSPECCIONAR LOS CONECTORES Y CABLES.	12000 HRS
130	INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL ARBOL DE LEVAS	12000 HRS
131	INSPECCIONAR LOS ESPACIOS PARA EL AGUA EN LA CAMISA EN EL MOTOR CON EL TURBO-COMPRESOR FRIO	12000 HRS
132	COMPROBAR EL MECANISMO DE CONTROL	12000 HRS
133	COMPROBAR LA ALINEACIÓN DEL CIGÜENAL.	12000 HRS
134	COMPROBAR LA HOLGURA DEL COJINETE DE EMPUJE	12000 HRS
135	COMPROBAR SI HAY ESCAPES	12000 HRS
136	COMPROBAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	12000 HRS
137	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	12000 HRS
138	LIMPIAR EL ENFRIADOR DE ACEITE	12000 HRS
139	COMPROBAR EL LIMITADOR DE COMBUSTIBLE	12000 HRS
140	CAMBIAR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO DE GASOLEO	12000 HRS
141	SUSTITUIR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO POR OTROS NUEVOS	12000 HRS
142	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	12000 HRS
143	COMPROBAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA	12000 HRS
144	CAMBIAR EL ACEITE DEL REGULADOR	12000 HRS
145	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	12000 HRS
146	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	12000 HRS
147	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	12000 HRS
148	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	12000 HRS
149	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	12000 HRS
150	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	12000 HRS
151	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	12000 HRS
152	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	12000 HRS
153	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS	12000 HRS
154	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	12000 HRS
155	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	12000 HRS

156	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	12000 HRS
157	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	12000 HRS
158	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	12000 HRS
159	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	12000 HRS
160	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	12000 HRS
161	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	12000 HRS
162	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	12000 HRS
163	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	12000 HRS
164	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	12000 HRS
165	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE FUGA	12000 HRS
166	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	12000 HRS
167	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	12000 HRS
168	INSPECCIONAR ENGRANAJES INTERMEDIOS	16000 HRS
169	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO ELASTICO	16000 HRS
170	REVISION GENERAL DE LA BOMBA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	16000 HRS
171	COMPROBAR EL COJINETE DEL ACCIONAMIENTO DEL REGULADOR	16000 HRS
172	REVISION GENERAL DEL REGULADOR	16000 HRS
173	REVISION GENERAL DEL SERVOMOTOR REFORZADOR	16000 HRS
174	CAMBIAR ACEITE EN EL VIRADOR	16000 HRS
175	TOMAR UNA MUESTRA DE ACEITE SILICONA DEL AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES	16000 HRS
176	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL ARBOL DE LEVAS	16000 HRS
177	COMPROBAR LAS PIEZAS DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE VALVULAS	16000 HRS
178	INSPECCIONAR LOS COJINETES PRINCIPALES	16000 HRS
179	COMPROBAR FUNCIONAMIENTO	16000 HRS
180	REVISION DE LAS BOMBAS DE INYECCION	16000 HRS
181	COMPROBAR EL APRIETE DE LOS PERNOS DE FIJACION	24000 HRS
182	COMPROBAR COMPENSADORES DE EXPANSION	24000 HRS
183	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO ELASTICO	24000 HRS
184	REVISION GENERAL DE LA VALVULA DE ARRANQUE PRINCIPAL	24000 HRS
185	REVISION GENERAL DEL SISTEMA MECANICO DE PARADA POR SOBREVELOCIDAD	24000 HRS
186	REVISION GENERAL DEL DISTRIBUIDOR DE AIRE DE ARRANQUE	24000 HRS
187	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	24000 HRS
188	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DEL REGULADOR	24000 HRS
189	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	24000 HRS
190	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE AT	24000 HRS
191	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE AT	24000 HRS
192	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DEL AGUA DE AT	24000 HRS
193	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE BT	24000 HRS
194	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE BT	24000 HRS
195	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DE AGUA DE BT	24000 HRS
196	INSPECCIONAR LA BOMBA DE ACEITE LUBRICANTE	24000 HRS
197	REVISION VALVULA REGULADORA DE PRESION	24000 HRS
198	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DE LA BOMBA ACEITE 18.3.4	24000 HRS
199	LIMPIAR E INSPECCIONAR LA VALVULA TERMOSTATICA	24000 HRS
200	CAMBIAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	24000 HRS
201	CAMBIAR EL COJINETE DE CABEZA DE LA BIELA	24000 HRS
202	CAMBIO DE LOS ESPARRAGOS DE LAS BIELA	24000 HRS
203	CAMBIO DE LOS ESPACIADORES DE LAS BIELAS	24000 HRS
204	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL PIE DE BIELA	24000 HRS
205	REVISION DE CULATAS	24000 HRS
206	INSPECCIONAR LAS CAMISAS	24000 HRS
207	INSPECCIONAR EL LADO DE AGUA DE LAS CAMISAS	24000 HRS
208	INSPECCIONAR PISTONES	24000 HRS
209	INSPECCIONAR PISTONES Y AROS DE PISTON	24000 HRS
210	COMPROBAR VALVULAS DE ARRANQUE	24000 HRS

211	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE	24000 HRS
212	LIMPIAR LOS ENFRIADORES DE AIRE DE CARGA	24000 HRS
213	INSPECCIONAR LOS CONECTORES Y CABLES.	24000 HRS
214	INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL ARBOL DE LEVAS	24000 HRS
215	INSPECCIONAR LOS ESPACIOS PARA EL AGUA EN LA CAMISA EN EL MOTOR CON EL TURBO-COMPRESOR FRIO	24000 HRS
216	COMPROBAR EL MECANISMO DE CONTROL	24000 HRS
217	COMPROBAR LA ALINEACIÓN DEL CIGUENAL.	24000 HRS
218	COMPROBAR LA HOLGURA DEL COJINETE DE EMPUJE	24000 HRS
219	COMPROBAR SI HAY ESCAPES	24000 HRS
220	COMPROBAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	24000 HRS
221	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	24000 HRS
222	LIMPIAR EL ENFRIADOR DE ACEITE	24000 HRS
223	COMPROBAR EL LIMITADOR DE COMBUSTIBLE	24000 HRS
224	CAMBIAR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO DE GASOLEO	24000 HRS
225	SUSTITUIR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO POR OTROS NUEVOS	24000 HRS
226	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	24000 HRS
227	COMPROBAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA	24000 HRS
228	CAMBIAR EL ACEITE DEL REGULADOR	24000 HRS
229	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	24000 HRS
230	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	24000 HRS
231	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	24000 HRS
232	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	24000 HRS
233	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	24000 HRS
234	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	24000 HRS
235	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	24000 HRS
236	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	24000 HRS
237	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS	24000 HRS
238	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	24000 HRS
239	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	24000 HRS
240	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	24000 HRS
241	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	24000 HRS
242	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	24000 HRS
243	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	24000 HRS
244	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	24000 HRS
245	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	24000 HRS
246	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	24000 HRS
247	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	24000 HRS
248	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	24000 HRS
249	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE LIMPIO EN TANQUE DE RETORNO DE FUEL UNIT	24000 HRS
250	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	24000 HRS
251	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	24000 HRS
252	SUSTITUIR COJINETES DE ENGRANAJES INTERMEDIOS	48000 HRS
253	INSPECCIONAR CIGUENAL	48000 HRS
254	COMPROBAR LOS ELEMENTOS FLEXIBLES DE LA BANCADA	48000 HRS
255	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	48000 HRS
256	CAMBIAR EL ROTOR	48000 HRS
257	COMPROBAR EL APRIETE DE LOS PERNOS DE FIJACION	48000 HRS
258	COMPROBAR COMPENSADORES DE EXPANSION	48000 HRS
259	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO ELASTICO	48000 HRS
260	REVISION GENERAL DE LA VALVULA DE ARRANQUE PRINCIPAL	48000 HRS
261	REVISION GENERAL DEL SISTEMA MECANICO DE PARADA POR SOBREVOLUCIDAD	48000 HRS
262	REVISION GENERAL DEL DISTRIBUIDOR DE AIRE DE ARRANQUE	48000 HRS
263	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	48000 HRS

264	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DEL REGULADOR	48000 HRS
265	COMPROBAR EL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	48000 HRS
266	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE AT	48000 HRS
267	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE AT	48000 HRS
268	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DEL AGUA DE AT	48000 HRS
269	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE BT	48000 HRS
270	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE BT	48000 HRS
271	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DE AGUA DE BT	48000 HRS
272	INSPECCIONAR LA BOMBA DE ACEITE LUBRICANTE	48000 HRS
273	REVISION VALVULA REGULADORA DE PRESION	48000 HRS
274	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DE LA BOMBA ACEITE 18.3.4	48000 HRS
275	LIMPIAR E INSPECCIONAR LA VALVULA TERMOSTATICA	48000 HRS
276	CAMBIAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	48000 HRS
277	CAMBIAR EL COJINETE DE CABEZA DE LA BIELA	48000 HRS
278	CAMBIO DE LOS ESPARRAGOS DE LAS BIELA	48000 HRS
279	CAMBIO DE LOS ESPACIADORES DE LAS BIELAS	48000 HRS
280	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL PIE DE BIELA	48000 HRS
281	REVISION DE CULATAS	48000 HRS
282	INSPECCIONAR LAS CAMISAS	48000 HRS
283	INSPECCIONAR EL LADO DE AGUA DE LAS CAMISAS	48000 HRS
284	INSPECCIONAR PISTONES	48000 HRS
285	INSPECCIONAR PISTONES Y AROS DE PISTON	48000 HRS
286	COMPROBAR VALVULAS DE ARRANQUE	48000 HRS
287	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE	48000 HRS
288	LIMPIAR LOS ENFRIADORES DE AIRE DE CARGA	48000 HRS
289	INSPECCIONAR LOS CONECTORES Y CABLES.	48000 HRS
290	INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL ARBOL DE LEVAS	48000 HRS
291	INSPECCIONAR LOS ESPACIOS PARA EL AGUA EN LA CAMISA EN EL MOTOR CON EL TURBOCOMPRESOR FRIO	48000 HRS
292	COMPROBAR EL MECANISMO DE CONTROL	48000 HRS
293	COMPROBAR LA ALINEACION DEL CIGUENAL.	48000 HRS
294	COMPROBAR LA HOLGURA DEL COJINETE DE EMPUJE	48000 HRS
295	COMPROBAR SI HAY ESCAPES	48000 HRS
296	COMPROBAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	48000 HRS
297	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	48000 HRS
298	LIMPIAR EL ENFRIADOR DE ACEITE	48000 HRS
299	COMPROBAR EL LIMITADOR DE COMBUSTIBLE	48000 HRS
300	CAMBIAR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO DE GASOLEO	48000 HRS
301	SUSTITUIR LOS CARTUCHOS DEL FILTRO POR OTROS NUEVOS	48000 HRS
302	INSPECCIONAR LAS VALVULAS DE INYECCION	48000 HRS
303	COMPROBAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA	48000 HRS
304	CAMBIAR EL ACEITE DEL REGULADOR	48000 HRS
305	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	48000 HRS
306	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	48000 HRS
307	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	48000 HRS
308	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	48000 HRS
309	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOMATISMOS	48000 HRS
310	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	48000 HRS
311	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	48000 HRS
312	CONTROL DEL ACOPLAMIENTO	48000 HRS
313	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS	48000 HRS
314	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	48000 HRS
315	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	48000 HRS
316	COMPROBAR LA PRESION DE CILINDRO	48000 HRS

317	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	48000 HRS
318	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	48000 HRS
319	LIMPIEZA CON AGUA LADO DE TURBINA	48000 HRS
320	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	48000 HRS
321	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION	48000 HRS
322	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION	48000 HRS
323	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	48000 HRS
324	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL REGULADOR	48000 HRS
325	COMPROBAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE LIMPIO EN TANQUE DE RETORNO DE FUEL UNIT	48000 HRS
326	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	48000 HRS
327	LIMPIAR EL LADO COMPRESOR CON AGUA	48000 HRS

### Anexo 3. TAREAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ORIGINAL

ITEM	TAREA	FRECUENCIA
1	COMPROBAR EL DRENAJE DE LOS ENFRIADORES DE AIRE	50 HRS
2	COMPROBAR EL NIVEL DEL AGUA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN HT Y LT	50 HRS
3	COMPROBAR LOS INDICADORES DE CAIDA DE PRESION DE FILTROS DE COMBUSTIBLE Y ACEITE	50 HRS
4	TOMAR LECTURAS DE MANOMETROS, TERMOMETROS Y CARGA DEL MOTOR	50 HRS
5	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE DEL GOBERNADOR	50 HRS
6	VERIFICAR CANTIDAD DE LIQUEOS LIMPIOS DE BOMBAS DE INYECCIÓN	50 HRS
7	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER	50 HRS
8	LIMPIEZA DE COMPRESORES BANCOS A/B	50 HRS
9	LIMPIEZA DE TURBINAS BANCOS A/B	100 HRS
10	MANTENIMIENTO DEL MECANISMO DE CONTROL	500 HRS
11	COMPROBAR LA CALIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACION	500 HRS
12	COMPROBAR LA PRESIÓN DE CILINDRO	500 HRS
13	TOMAR UNA MUESTRA DEL ACEITE LUBRICANTE	500 HRS
14	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE EN LOS TURBOCARGADORES TIPO VTR	500 HRS
15	LIMPIAR FILTROS CENTRIFUGOS	500 HRS
16	LIMPIAR EL FILTRO DE AIRE DEL TURBOCARGADOR	1000 HRS
17	ENGRASAR LA BOMBA ELECTRICA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	1000 HRS
18	ENGRASAR LA BOMBA DE PRELUBRICACION	1000 HRS
19	CHEQUEO DEL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	1000 HRS
20	COMPROBAR EL ESTADO DE LAS VALVULAS DE ADMISION Y ESCAPE	1000 HRS
21	CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	2000 HRS
22	CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE	2000 HRS
23	INSPECCION DE VALVULAS DE INYECCION	2000 HRS
24	CAMBIO DE ACEITE DEL GOBERNADOR	2000 HRS
25	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MECANICO DE SOBRE VELOCIDAD	2000 HRS
26	COMPROBAR EL DISPOSITIVO ELECTRO NEUMATICO DE SOBRE VELOCIDAD	2000 HRS
27	CAMBIAR EL ACEITE LUBRICANTE DEL MOTOR	4000 HRS
28	LIMPIAR LOS ENFRIADORES DE AIRE DE CARGA	4000 HRS
29	INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL ARBOL DE LEVAS	4000 HRS
30	INSPECCIONAR LOS DUCTOS DE ENFRIAMIENTO DEL TURBO CARGADOR	4000 HRS
31	COMPROBAR EL MECANISMO DE CONTROL	4000 HRS
32	COMPROBAR LA ALINEACIÓN DEL CIGUEÑAL.	4000 HRS
33	COMPROBAR LA HOLGURA DEL COJINETE DE EMPUJE	4000 HRS
34	COMPROBAR SI HAY FUGAS EN EL MULTIPLE DE ESCAPES	4000 HRS
35	COMPROBAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	4000 HRS
36	LIMPIAR EL ENFRIADOR DE ACEITE	4000 HRS
37	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DEL REGULADOR	12000 HRS
38	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE HT	12000 HRS
39	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE HT	12000 HRS
40	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DEL AGUA DE HT	12000 HRS
41	INSPECCIONAR LA BOMBA DE AGUA DE LT	12000 HRS
42	INSPECCION. ENGRANAJE IMPULSOR DE BOMBA DE AGUA DE LT	12000 HRS

43	LIMPIAR E INSPECCION. VALVULA TERMOSTATICA DE AGUA DE LT	12000 HRS
44	INSPECCIONAR LA BOMBA DE ACEITE LUBRICANTE	12000 HRS
45	REVISION VALVULA REGULADORA DE PRESION DE ACEITE	12000 HRS
46	INSPECCIONAR EL ENGRANAJE IMPULSOR DE LA BOMBA ACEITE	12000 HRS
47	LIMPIAR E INSPECCIONAR LA VALVULA TERMOSTATICA	12000 HRS
48	CAMBIAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	12000 HRS
49	CAMBIAR EL COJINETE DE CABEZA DE LA BIELA	12000 HRS
50	CAMBIO DE LOS ESPARRAGOS DE LAS BIELA	12000 HRS
51	CAMBIO DE LOS ESPACIADORES DE LAS BIELAS	12000 HRS
52	INSPECCIONAR LOS COJINETES DE PIE DE BIELA	12000 HRS
53	REVISION DE CULATAS	12000 HRS
54	INSPECCIONAR LAS CAMISAS	12000 HRS
55	INSPECCIONAR EL LADO DE AGUA DE LAS CAMISAS	12000 HRS
56	INSPECCIONAR PISTONES	12000 HRS
57	INSPECCIONAR PISTONES Y AROS DE PISTON	12000 HRS
58	COMPROBAR VALVULAS DE ARRANQUE	12000 HRS
59	INSPECCIONAR ENGRANAJES INTERMEDIOS	16000 HRS
60	REVISION GENERAL DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	16000 HRS
61	REVISION GENERAL DEL REGULADOR	16000 HRS
62	REVISION GENERAL DEL SERVOMOTOR REFORZADOR	16000 HRS
63	CAMBIAR ACEITE EN EL VIRADOR	16000 HRS
64	TOMAR UNA MUESTRA DE SILICONA DEL AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES	16000 HRS
65	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL ARBOL DE LEVAS	16000 HRS
66	COMPROBAR LAS PIEZAS DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE VALVULAS	16000 HRS
67	INSPECCIONAR LOS COJINETES PRINCIPALES DEL CIGÜEÑAL	16000 HRS
68	COMPROBAR FUNCIONAMIENTO DE GATO HIDRAULICO	16000 HRS
69	REVISION DE LAS BOMBAS DE INYECCION	16000 HRS
70	COMPROBAR EL APRIETE DE LOS PERNOS DE FIJACION DE LOS ENGRANAJES DE LA DISTRIBUCIÓN	24000 HRS
71	CHEQUEAR ACOPLES FLEXIBLES DE ESCAPE	24000 HRS
72	REVISION GENERAL DE LA VALVULA DE ARRANQUE PRINCIPAL	24000 HRS
73	REVISION GENERAL DEL SISTEMA MECANICO DE PARADA POR SOBREVOLUCIDAD	24000 HRS
74	REVISION GENERAL DEL DISTRIBUIDOR DE AIRE DE ARRANQUE	24000 HRS
75	INSPECCIONAR LOS COJINETES DEL TURBOCOMPRESOR	24000 HRS
76	SUSTITUIR COJINETES DE ENGRANAJES INTERMEDIOS	48000 HRS
77	INSPECCIONAR CIGÜEÑAL	48000 HRS
78	COMPROBAR LOS ELEMENTOS FLEXIBLES DE LA BANCADA	48000 HRS
79	CAMBIAR EL ROTOR DEL TURBO	48000 HRS

#### Anexo 4. ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA BLOQUE 21

Equipo	No. Fallas	MTBF	Fallas por año	PROBABILIDAD (PrF)		CONSECUENCIA (Co)												Índice de Criticidad CrI	Categoría de Criticidad
				Ocurrencia Oc	Exposición Exp	Seguridad / Salud	Medio Ambiente	Mantenimiento	Pérdidas Producción/Energía	% Probabilidad de Falla PrF									
WARTSILA SQA-80011	13	28,08	13,00	Probable	10	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	100	2900	A	
WARTSILA SQA-80021	8	45,63	8,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A	
WARTSILA SQA-80031	7	52,14	7,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A	
WARTSILA SQA-80041	7	52,14	7,00	Ocasional	8	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	80% < ProdT ≤ 100%	25	80	2320	A	
A.C. GENERATOR # 1	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	30	1260	A	
A.C. GENERATOR # 2	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	30	1260	A	
A.C. GENERATOR # 3	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
A.C. GENERATOR # 4	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	30	1260	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-011A	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	30	1260	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-011B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-021A	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-021B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-031A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-031B	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-041A	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	
TURBOCHARGER ABB TRB-041B	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	> USDS\$ 500000,00	15	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	420	A	

LOCAL CONTROL PANEL CFE-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	90	B
LOCAL CONTROL PANEL CFE-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	90	B
LOCAL CONTROL PANEL CFE-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	90	B
LOCAL CONTROL PANEL CFE-041	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	90	B
WASTE HEAT RECOVERY EXCHANGER ROO-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Insignificante	2	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < ProdT ≤ 40%	3	10	90	B
WASTE HEAT RECOVERY EXCHANGER ROO-021	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Insignificante	2	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < ProdT ≤ 40%	3	10	90	B
WASTE HEAT RECOVERY EXCHANGER ROO-031	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Insignificante	2	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < ProdT ≤ 40%	3	30	270	B
WASTE HEAT RECOVERY EXCHANGER ROO-041	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Insignificante	2	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < ProdT ≤ 40%	3	30	270	B
ROO-011, WASTE HEAT RECOVERY CONTROL PANEL ROO-CP-011	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	80	B
ROO-021, WASTE HEAT RECOVERY CONTROL PANEL ROO-CP-021	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	30	240	B
ROO-031, WASTE HEAT RECOVERY CONTROL PANEL ROO-CP-031	3	121,67	3,00	Rara	5	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	50	400	B
ROO-041, WASTE HEAT RECOVERY CONTROL PANEL ROO-CP-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	80	B
FUEL OIL UNIT SKID PCC-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	190	B
FUEL OIL UNIT SKID PCC-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	190	B
FUEL OIL UNIT SKID PCC-031	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	190	B
FUEL OIL UNIT SKID PCC-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	190	B

LUBE-OIL SEPARATOR UNIT QBB-011	4	91,25	4,00	Rara	5	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Leve	5	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	50	400	B
LUBE-OIL SEPARATOR UNIT QBB-021	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Leve	5	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	80	B
LUBE-OIL SEPARATOR UNIT QBB-031	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	140	B
LUBE-OIL SEPARATOR UNIT QBB-041	3	121,67	3,00	Rara	5	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Leve	5	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	50	400	B
STARTING AIR UNIT SKID TSA-901	2	182,50	2,00	Remota	3	15 - 20 h	6	Condición subestándar	2	Leve	5	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	18	324	B
WATER PREHEATER CIRCULATION PUMP VDA-P-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	6	96	B
PRELUB PUMP VDA-P-012	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	168	B
WATER PREHEATER CIRCULATION PUMP VDA-P-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	6	96	B
PRELUB PUMP VDA-P-022	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	168	B
WATER PREHEATER CIRCULATION PUMP VDA-P-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	6	96	B
PRELUB PUMP VDA-P-032	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	168	B
WATER PREHEATER CIRCULATION PUMP VDA-P-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	6	96	B
PRELUB PUMP VDA-P-042	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Accidente con pérdida de tiempo	15	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	168	B
ELECTRIC HEATER QBB-H-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	90	B
ELECTRIC HEATER QBB-H-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	90	B
ELECTRIC HEATER QBB-H-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	90	B

ELECTRIC HEATER QBB-H-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	90	B
CRO SEPARATOR UNIT # 1 PBB-SEP-901A	1	365,00	1,00	Mínima	1	10 - 15 h	3	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Importante	8	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	3	126	B
CRO SEPARATOR UNIT # 2 PBB-SEP-901B	1	365,00	1,00	Mínima	1	10 - 15 h	3	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Importante	8	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	3	126	B
YPG FEEDER PUMP # 1 PBA-P-901A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	490	A
YPG FEEDER PUMP # 2 PBA-P-901B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	490	A
ELECTRIC HEATER # 1 PBA-H-901A	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	294	B
ELECTRIC HEATER # 2 PBA-H-901B	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	294	B
NITROGEN GENERATOR YOH-NG- 901 GENERON	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	340	B
INSTRUMENT AIR- COMPRESSOR UNIT TCA-901	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	30	1080	A
ELECTRIC TRACE HEATING CONTROL PANEL PCA-CP-901A	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	160	B
ELECTRIC TRACE HEATING CONTROL PANEL PCA-CP-901B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Accidente con pérdida de tiempo	15	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	160	B
YPG FEEDER PUMP # 1 PCA-P-901A	1	365,00	1,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	294	B
YPG FEEDER PUMP # 2 PCA-P-901B	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	294	B
YPG BOOSTER PUMP # 1 PCA-P-901C	1	365,00	1,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	276	B
YPG BOOSTER PUMP # 2 PCA-P-901D	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Significativo	15	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	80% < ProdT ≤ 100%	25	6	276	B
PCA-P-901A, MOTOR ELECTRIC PUMP FEEDER # 1 PCA-MEP- 901A	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B

PCA-P-901B, MOTOR ELECTRIC PUMP FEEDER # 2 PCA-MEP-901B	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCA-P-901C, MOTOR ELECTRIC PUMP BOOSTER # 1 PCA-MEP-901C	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCA-P-901D, MOTOR ELECTRIC PUMP BOOSTER # 2 PCA-MEP-901D	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-011, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-012, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-012	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-021, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-80022, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-022	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-80031, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-032, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-032	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-041, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
PCC-P-042, MOTOR ELECTRIC PUMP, PCC-MEP-042	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-011, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-80011	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-012, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-012	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-021, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-022, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-022	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B

VDA-P-031, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-032, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-032	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-041, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
VDA-P-042, MOTOR ELECTRIC PUMP VDA-MEP-042	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	96	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-010-B001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-012	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-013	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-010-B002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-014	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-015	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-011A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-016	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-020-B001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-022	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-023	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-80020-B002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B

VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-024	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-025	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-021A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-026	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-030-B001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-032	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-033	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-030-B002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-034	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-035	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-031A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-036	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-040-B001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B
VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-042	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-043	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
HT / LT RADIATOR PANELS VCA-040-B002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USD\$ 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	350	B

VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-044	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-045	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
VCA-041A, MOTOR ELECTRIC FAN MOTOR MEV-046	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	100	B
SWITCHGEAR MEDIUM VOLTAGE YPF-SG-001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS 50000,01 - 100000,00	4	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	610	A
SWITCHGEAR LOW VOLTAGE YPF-SG-002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS 50000,01 - 100000,00	4	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	610	A
REMOTE-MANUAL BYPASS SWITCH UPS SYSTEM SWT-001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 0,00 - 10000,00	1	40% < ProdT ≤ 60%	5	10	360	B
UPS PARA PLC CONTROL PANEL BEY-901	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	80% < ProdT ≤ 100%	25	10	380	B
UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEM 20 KVA UPS-001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 50000,01 - 100000,00	4	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	110	B
UPS-001, BATTERY BANK UNIT BU-001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	80	B
UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEM 20 KVA UPS-002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 50000,01 - 100000,00	4	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	110	B
UPS-002, BATTERY BANK UNIT BU-002	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 0,00 - 10000,00	1	Sin Impacto	0	10	80	B
BATTERY CHARGER 125V BCH-001A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 10000,01 - 50000,00	2	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	90	B
BCH-001A, BATTERY BANK UNIT BU-003	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 50000,01 - 100000,00	4	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	130	B
BATTERY CHARGER 125V BCH-001B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 10000,01 - 50000,00	2	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	90	B
BCH-001B, BATTERY BANK UNIT BU-004	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Insignificante	2	USDS 50000,01 - 100000,00	4	0% ≤ ProdT ≤ 20%	2	10	130	B
ELECTRICAL SOFT STARTER SS-001A	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	288	B

ELECTRICAL SOFT STARTER SS-001B	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	288	B
ELECTRICAL SOFT STARTER SS-002A	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	288	B
ELECTRICAL SOFT STARTER SS-002B	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	288	B
ELECTRICAL SOFT STARTER SS-003A	0	365,00	0,00	Mínima	1	15 - 20 h	6	Muerte	30	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	6	288	B
PLC/PCS CENTRAL CONTROL PANEL CFC-011	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	30	690	A
PLC/PCS CENTRAL CONTROL PANEL CFC-021	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	10	230	B
PLC/PCS CENTRAL CONTROL PANEL CFC-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	10	230	B
PLC/PCS CENTRAL CONTROL PANEL CFC-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	10	230	B
PLC/PCS CENTRAL CONTROL PANEL CFA-901	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	60% < ProdT ≤ 80%	10	10	230	B
PLC ESD/FDS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER PLC-001	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Incidente	5	Sin Impacto	0	USDS 100000,01 - 500000,00	8	80% < PE ≤ 100%	25	10	380	B
HUMAN MACHINE INTERFASE COMPUTER HMI-001	2	182,50	2,00	Remota	3	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ PE ≤ 20%	2	30	150	B
HUMAN MACHINE INTERFASE COMPUTER HMI-002	1	365,00	1,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	50	C
HUMAN MACHINE INTERFASE COMPUTER HMI-003	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Condición subestándar	2	Sin Impacto	0	USDS 0,00 - 10000,00	1	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	50	C

CONTROL PANEL SEPARATOR BJJ-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	140	B
CONTROL PANEL SEPARATOR BJJ-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	140	B
CONTROL PANEL SEPARATOR BJJ-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	140	B
CONTROL PANEL SEPARATOR BJJ-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	140	B
CONTROL PANEL FUEL OIL UNIT BJB-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	60% < PE ≤ 80%	10	10	220	B
CONTROL PANEL FUEL OIL UNIT BJB-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	60% < PE ≤ 80%	10	10	220	B
CONTROL PANEL FUEL OIL UNIT BJB-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	60% < PE ≤ 80%	10	10	220	B
CONTROL PANEL FUEL OIL UNIT BJB-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Sin Impacto	0	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	60% < PE ≤ 80%	10	10	220	B
CROSS EXCHANGER LUBE OIL SEP QBB-E-011	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < PE ≤ 40%	3	10	180	B
CROSS EXCHANGER LUBE OIL SEP QBB-E-021	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < PE ≤ 40%	3	10	180	B
CROSS EXCHANGER LUBE OIL SEP QBB-E-031	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < PE ≤ 40%	3	10	180	B
CROSS EXCHANGER LUBE OIL SEP QBB-E-041	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Lesión sin pérdida de tiempo	8	Leve	5	USDS\$ 10000,01 - 50000,00	2	20% < PE ≤ 40%	3	10	180	B
BLACK START DIESEL ENGINE MG-601	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	380	B
BLACK START GENERATOR MG-601	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Insignificante	2	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	0% ≤ PE ≤ 20%	2	10	380	B
POWER TRANSFORMER YPG-TR-001A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A
POWER TRANSFORMER YPG-TR-001B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS\$ 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A

POWER TRANSFORMER TR-004A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A
POWER TRANSFORMER TR-004B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A
POWER TRANSFORMER TR-005A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A
POWER TRANSFORMER TR-003B	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A
POWER TRANSFORMER TR-003A	0	365,00	0,00	Mínima	1	20 - 24 h	10	Muerte	30	Leve	5	USDS 50000,01 – 100000,00	4	80% < PE ≤ 100%	25	10	640	A