

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD A BOMBA,  
GEARBOX Y MOTOR DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE HIDROCARBURO

ANDRÉS FELIPE SASOQUE DÁVILA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ  
2022

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD A BOMBA,  
GEARBOX Y MOTOR DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE HIDROCARBURO

ANDRÉS FELIPE SASTOQUE DÁVILA

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de:  
Especialista en gerencia de mantenimiento

Director: NATHALIA ANDREA BELTRÁN SOLANO  
Ingeniera Mecánica  
Especialista en gerencia de mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ  
2022

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres José Antonio Sastoque y Elena Dávila por el apoyo incondicional que me han brindado en cada etapa de mi vida y la fuerza que han tenido para sacarnos adelante junto con mi hermano.

A mi hermano José Daniel Sastoque porque ha podido superar los obstáculos que se le han presentado y tiene la voluntad y valentía de enfrentarse a nuevos retos cada que se le presentan.

A mi directora de proyecto Nathalia Andrea Beltrán por guiarme profesionalmente, por dedicarme y ofrecerme su valioso tiempo, por compartir recorridos inolvidables.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 JUSTIFICACIÓN	19
4 MARCO TEÓRICO	20
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	20
4.1.1 Bomba.	21
4.1.2 Caja de engranajes.	22
4.1.3 Motor Básico	22
4.2 METODOLOGÍA RCM SEGÚN NORMA SAE JA1011 [2]	23
4.2.1 Contexto operacional y funciones.	24
4.2.2 Fallas funcionales.	24
4.2.3 Modos de falla.	24
4.2.4 Efectos de falla.	24
4.2.5 Consecuencias de la falla.	24
4.2.6 Selección de estrategias de mantenimiento.	24
4.3 TAXONOMÍA SEGÚN NORMA ISO 14224	25
4.4 DIAGRAMAS DE BLOQUES DE CONFIABILIDAD RBD	25
5 MARCO CONCEPTUAL	27

6	MARCO NORMATIVO	29
7	DISEÑO METODOLÓGICO Y DESARROLLO	31
7.1	ÁRBOL DE EQUIPOS	31
7.2	FUNCIONES	31
7.3	FALLAS FUNCIONALES	32
7.4	MODO DE FALLA	32
7.5	SERVICIOS DE MODOS DE FALLA	33
7.6	TAREAS DE MANTENIMIENTO	33
7.7	CÁLCULO DE INDICADORES DE CONFIABILIDAD MTBF	34
7.8	RECOLECCIÓN DE DATOS Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN	34
7.9	OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	35
7.10	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	37
8	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
8.1	JERARQUÍA DEL SISTEMA	39
8.2	ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD	40
8.3	ANÁLISIS DE COSTOS	49
8.4	ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS	51
9	CONCLUSIONES	52
10	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	54

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modos de falla para equipo rotativo .....	32
Tabla 2. Actividades de mantenimiento según ISO14224 .....	33
Tabla 3. Matriz de análisis de riesgo.....	38

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Bomba Centrífuga vista desde la línea de descarga .....	21
Ilustración 2. Vista trasera de la caja de engranajes.....	22
Ilustración 3. Vista frontal del motor Caterpillar.....	23

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Configuración estación de bombeo de hidrocarburo Miraflores.....	20
Figura 2. Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad.....	23
Figura 3. Clasificación de los niveles taxonómicos .....	25
Figura 4. Diagrama de bloques de confiabilidad en estructura en serie .....	26
Figura 5. Diagrama de bloques de confiabilidad en estructura en paralelo .....	26
Figura 6. Metodología del plan de trabajo.....	31
Figura 7. Red de bloques de sistemas.....	35
Figura 8. Red de bloque de componentes .....	36
Figura 9. Red de bloques de partes.....	36
Figura 10. Árbol jerárquico del sistema de bombeo .....	39
Figura 11. Parte A. Bomba, árbol jerárquico sistema de bombeo.....	39
Figura 12. Parte B. Caja de velocidades, árbol jerárquico sistema de bombeo .....	39
Figura 13. Parte C. Motor, árbol jerárquico sistema de bombeo.....	40
Figura 14. Resultados de la simulación para el sistema principal de bombeo .....	41
Figura 15. Resultados de la simulación del sistema de la bomba principal .....	42
Figura 16. Resultados de la simulación del sistema de la caja de velocidades .....	43
Figura 17. Resultados de la simulación del sistema básico del motor .....	44
Figura 18. Resultados de la simulación del sistema eléctrico y de arranque .....	45
Figura 19. Resultados de la simulación del sistema de combustible .....	46
Figura 20. Resultados de la simulación del sistema de lubricación .....	47
Figura 21. Resultados de la simulación del sistema de entrada y salida de aire ...	48

Figura 22. Resultados de la simulación del sistema de refrigeración .....49

Figura 23. Estimación de costos de repuestos y talento humano .....50

Figura 24. Horas hombre por tipo de mantenimiento.....50

Figura 25. Modos de fallas recurrentes y potenciales.....51

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Confiabilidad Exponencial .....	36
Ecuación 2. Confiabilidad para sistemas en paralelo.....	37
Ecuación 3. Confiabilidad para sistemas en serie.....	37
Ecuación 4. Confiabilidad para sistemas K en N .....	37

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Modos de falla y planeación de mantenimiento .....	55
---	----

## GLOSARIO

BOMB: sistema completo de bombeo.

BOMP: bomba centrífuga.

CBM: condition based maintenance (mantenimiento basado en condición).

CDM: confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

CINC: gearbox (caja de velocidades).

CMT: condition monitoring task (tarea de monitoreo de condición).

CMP: costo del mantenimiento planeado.

CO: mantenimiento correctivo.

CPF: central processing facility (facilidad central de procesamiento).

FMEA: failure modes & effects analysis (análisis de modo y efectos de falla).

FMECA: failure modes effects & critical analysis (análisis de modos de falla, efectos y criticidad).

LCC: lyfe cycle cost (costos de ciclos de vida).

LPG: liquefied petroleum gas (gas licuado de petróleo).

HSE: health safety environment (seguridad, salud ocupacional y medio ambiente).

MDT: mean down time (tiempo medio fuera de servicio).

MOTDI: conjunto básico de motor.

MRF: estación Miraflores.

MTBF: mean time between failure (tiempo medio entre fallas).

MTTR: mean time to repair (tiempo medio por reparación).

O&M: operación y mantenimiento.

PD: maintenance predictive (mantenimiento predictivo).

PDF: probability density function (función de densidad de probabilidad).

P&ID: piping & instrument diagram (diagrama de tuberías e instrumentación).

PM: mantenimiento planeado.

PdM: mantenimiento predictivo.

LCC: lyfe cycle cost (costo de ciclos de vida).

RAM: risk assessment matrix (matriz de evaluación de riesgos).

RBI: risk based inspection (inspección basada en riesgo).

RBD: root block diagram (diagrama red de bloques).

RCA: root cause analysis (análisis de causa raíz de falla).

RCM: reliability centred maintenance (mantenimiento centrado en confiabilidad).

RTF: run to failure (correr a falla).

SARR: sistema de eléctrico y de arranque.

SFUEL: sistema de combustible.

SLUBE: sistema de lubricación.

SYSAIR: sistema de entrada y salida de aire.

SYSENF: sistema de enfriamiento/refrigeración.

TBC: tarea basada en condición.

TMC: tarea de monitoreo de condición.

TO: tiempo de operación.

TTFS: tiempo total fuera de servicio.

$\beta$ : parámetro de forma que cuantifica la vida útil de un equipo o componente en confiabilidad.

## RESUMEN

**TÍTULO:** PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD A BOMBA, GEARBOX Y MOTOR DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE HIDROCARBURO. \*

**AUTOR:** ANDRÉS FELIPE SASTOQUE DÁVILA\*\*.

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), mantenimiento Mayor Overhaul, mantenimiento Top End Overhaul, estrategia de mantenimiento y costos de ciclo de vida (LCC).

**DESCRIPCIÓN:** Esta monografía tiene como propósito realizar un análisis a la estrategia de mantenimiento preventiva del sistema de bombeo de hidrocarburo de la estación Miraflores ubicada en Boyacá-Colombia, teniendo en cuenta el diagnóstico inicial del sistema, determinando las condiciones actuales en que se encuentra el paquete de bombeo, tomando como punto de partida la confiabilidad, disponibilidad operacional y los mantenimientos propuestos por el cliente versus los estipulados por el representante de la marca.

Esto con el fin de unificar criterios basados en la experiencia de la operación de este tipo de maquinaria junto con las recomendaciones y criterios específicos del fabricante, todo esto permite garantizar la gestión de los activos que mediante un software especializado de confiabilidad "ISOGRAF", se realizan modelaciones y simulaciones de los planes propuestos, intervenciones de mantenimiento, asociando costos de repuestos y costos de mano de obra involucrada en la ejecución de estos planes.

Básicamente el RCM se enfoca considerando el análisis de criticidad y los modos de falla asociados a los componentes, en gestionar de manera apropiada un plan de mantenimiento óptimo donde no se incurran en gastos por paradas mayores y donde se optimicen los recursos disponibles en la compañía LCC, refiriéndose tanto a repuestos como a tiempos de horas hombre, todo esto enlazado con los tiempos y costos de gestión de procesos externos y adquisición de herramientas especializadas.

---

\* Monografía de grado

\*\* Facultad de ingenierías físico- Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento  
Director: Nahalia Andrea Beltrán Solano. Especialista en Gerencia de mantenimiento.

## ABSTRACT

**TITLE:** PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD A BOMBA, GEARBOX Y MOTOR DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE HIDROCARBURO

**AUTHORS:** ANDRÉS FELIPE SASTOQUE DAVILA\*\*.

**KEYWORDS:** Reliability Centered Maintenance (RCM), Major Overhaul Maintenance, Top End Overhaul Maintenance, Maintenance Strategy, and Life Cycle Costs (LCC)

**DESCRIPTION:** The purpose of this monograph is to carry out an analysis of the preventive maintenance strategy of the hydrocarbon pumping system of the Miraflores station located in Boyacá-Colombia, considering the initial diagnosis of the system, determining the current conditions in which the package of pumping, taking as a starting point the reliability, operational availability and maintenance proposed by the client versus those stipulated by the brand representative.

This to unify criteria based on the experience of the operation of this type of machinery together with the recommendations and specific criteria of the manufacturer, all this allows to guarantee the management of the assets that through a specialized reliability software "ISOGRAPH", They carry out modeling and simulations of the proposed plans, maintenance interventions, associating spare parts costs and labor costs involved in the execution of these plans.

Basically, RCM focuses, considering the criticality analysis and the failure modes associated with the components, on properly managing an optimal maintenance plan where expenses are not incurred due to major shutdowns and where the resources available in the company are optimized. referring both to spare parts and man-hour times, all of this linked to the times and costs of managing external processes and the acquisition of specialized tools.

## INTRODUCCIÓN

Debido a los nuevos retos que afrontan las compañías y teniendo en cuenta las proyecciones en proyectos energéticos, las áreas de negocio se ven cada día más ajustadas en temas económicos, las altas directivas están enfocadas en que todos los departamentos sean eficaces “hacer más con menos”, esto suena interesante, pero tiene que ser bien aplicado, planeado y controlado, o si no, no sería más que hacer recortes de presupuestos que se traducen en más carga laboral, en la reutilización de repuestos, en la ejecución de rutinas de mantenimiento sin un valor agregado, entre otros.

Este proyecto consistió en simular las condiciones operativas de un sistema de bombeo de hidrocarburo, teniendo en cuenta la estrategia de mantenimiento actual, involucrando costos de horas hombre asociados a labores de mantenimiento, incluyendo los costos de consumos de repuestos tanto en mantenimientos preventivos como correctivos, para estimar la disponibilidad operacional actual y formular propuestas de mejora al plan de mantenimiento.

Para el desarrollo del proyecto, fue necesario recopilar la información registrada en las bases de datos del cliente, se clasificaron cada unos de los eventos allí registrados y se les asignó un modo de falla para poder establecer la tasa de fallos de cada componente discriminada por sus modos. Posteriormente, se estableció un modelo estadístico que permitiera simular todas estas variables y estimar datos como la disponibilidad, tiempos medios entre falla, tiempos de inactividad y modos de fallas críticos que afectarían considerablemente la disponibilidad del sistema.

Aunado a lo anterior, se utilizó una herramienta de administración de mantenimiento computarizado (CMMS) para simular el sistema, con los resultados obtenidos se identificaron oportunidades de mejora en el plan de mantenimiento actual del cliente, de tal forma que no sólo se optimicen los tiempos de mantenimiento sino también los costos asociados a la ejecución de estos, en otras palabras, se estarían proponiendo actividades que permitan aumentar la disponibilidad operacional del sistema, además de garantizar y extender el ciclo de vida de los activos.

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una importante compañía que transporta petróleo a lo largo de todo el territorio colombiano por una tubería de poco más de 800 kilómetros de longitud, instrumentada digitalmente permitiendo monitorear en tiempo real el comportamiento de cada uno de los puntos de la infraestructura. Además de contar con 10 estaciones de bombeo situadas estratégicamente para impulsar el crudo de forma controlada y garantizada, poseen tres estaciones que utilizan unidades de combustión interna diésel Caterpillar Serie 3600 de una potencia nominal de 4500HP para accionar bombas centrífugas con el fin de despachar miles de barriles de crudo al día desde los llanos orientales hasta el mar caribe <sup>2</sup>.

Una de estas estaciones de bombeo es la estación de Miraflores ubicada en el municipio de Boyacá, cuenta con una flota de 10 unidades de bombeo cuyo accionamiento se da por el movimiento de motores Caterpillar modelo 3616 acoplados a cajas de transmisión Lufkin. Estas unidades están ubicadas en un sistema paralelo, cuya fiabilidad del sistema se da por un esquema operativo K en N, donde por condiciones propias del bombeo actual, deben estar en línea mínimo 8 unidades.

Mensualmente se realiza el cálculo de indicadores de confiabilidad y disponibilidad de las unidades, donde la tendencia es que la unidad 10 es la que presenta menor confiabilidad del sistema, además, revisando el histórico de fallas en el software de mantenimiento SAP, presentó fallas con mayor recurrencia que las otras 9 unidades principales; debido a esto una estrategia a desarrollar, es realizar un estudio de confiabilidad para analizar la disponibilidad operacional, confiabilidad, análisis de riesgo por operación y mantenimiento, para establecer el plan de mantenimiento óptimo con el fin de garantizar una operación segura a la mejor relación costo-beneficio.

---

<sup>2</sup> OCENSA. (2021). Oleoducto Central S.A.S, eficiencia en movimiento. Obtenido de <https://www.ocensa.com.co/Paginas/Quienes-somos.aspx>

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad “RCM” para definir un plan óptimo de mantenimiento preventivo al sistema principal de bombeo de hidrocarburo (Motor-GearBox-Bomba) de la estación Miraflores, Boyacá.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los modos de falla recurrentes y potenciales, con sus causas y consecuencias presentadas en el sistema de bombeo de la estación de bombeo de Miraflores, Boyacá.
- Optimizar el plan de mantenimiento actual teniendo en cuenta el balance entre costo, riesgo y desempeño del motor Caterpillar, la bomba Sulzer y el GearBox Lufkin.
- Determinar la confiabilidad y disponibilidad del sistema de bombeo con las condiciones operativas del mantenimiento actual versus el mantenimiento propuesto producto del RCM.

### 3 JUSTIFICACIÓN

A pesar de que la industria tiene manuales definidos en donde se contemplan rutinas de mantenimiento prudentes para conservar y mantener a los activos de la empresa durante un periodo estimado de vida útil de servicio, en algunos casos no se cumplen estos tiempos estrictamente.

La experiencia de la industria juega un papel importante en la actualización de los planes de mantenimiento de los activos, pues día a día la operación de bombeo de hidrocarburo se enfrenta a nuevos retos y lo que inicialmente se proyectaba bombear como por ejemplo crudos livianos con ciertas especificaciones, actualmente no es así, se tienen hidrocarburos más pesados, requieren mayor potencia para transportarlos y en la gran mayoría de los casos es necesario actualizar sus sistemas, no sólo su infraestructura sino también las estrategias de mantenimiento de los activos.

En algunas compañías se tiene el concepto de que un activo a mayores horas de servicio requiere mantenimientos preventivos más periódicos debido al desgaste de sus componentes, en algunas industrias ocurre todo lo contrario, buscan optimizar y extender las rutinas de mantenimiento para reducir costos ocasionados por estos servicios, pues suponen que extendiendo las frecuencias de las rutinas de mantenimientos no se verá afectado el activo.

En la estación de Miraflores han extendido las rutinas de mantenimiento establecidas por el fabricante para reducir costos por intervenciones de mantenimiento, este ahorro incurre en riesgos a los activos, pues sus componentes fueron diseñados para operar determinadas horas de servicio y se están prolongando, incluso puede que este ahorro no sea significativo dado que a largo plazo podrían generar fallas críticas en los equipos y afectar de forma severa la integridad y la operación de estos, por este motivo se ve la necesidad de realizar un análisis de confiabilidad donde se pueden establecer frecuencias óptimas de mantenimientos y determinar los modos de falla críticos que estén afectando la operación, todo esto a partir del análisis del contexto operacional, las especificaciones y/o recomendaciones de los fabricantes y el comportamiento histórico de los activos.

## 4 MARCO TEÓRICO

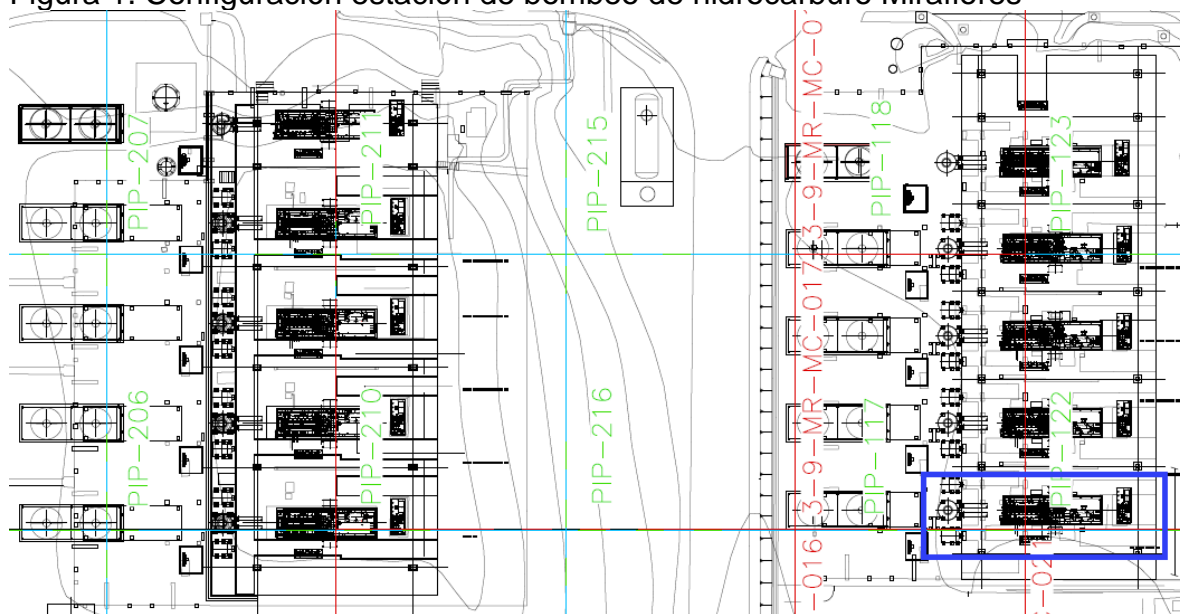
### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El sistema de bombeo de crudo está compuesto por un motor de combustión interna Caterpillar modelo 3616 de 4500HP, el cual es el encargado de generar la rotación y torque necesario para accionar una caja de engranajes Lufkin con el fin de aumentar la velocidad de rotación en 4.021 veces, este a su vez está acoplado a una bomba centrífuga Sulzer la cual recibe el crudo a baja presión y lo reimpulsa a una presión mayor hacia el cabezal de descarga de la estación.

El sistema se analizó como una unidad completa, dado que si llegase a fallar algún equipo ya sea el motor, la caja de engranajes o la bomba, provocará una salida de línea de la unidad completa.

Los límites de frontera para el análisis son las líneas de entrada y salida de los sistemas, como premisa, se asumió que los fluidos de refrigeración, lubricación y combustión ingresan y salen de los sistemas en condiciones ideales de operación y no provocan fallas en los componentes de la unidad.

Figura 1. Configuración estación de bombeo de hidrocarburo Miraflores<sup>3</sup>



La unidad se encuentra ubicada en la fase I de la estación, es la unidad más cercana al cabezal de succión común para las 5 bombas de esta fase; de forma

<sup>3</sup> OCENSA, Oleoducto. 39MR-PIL-003-1-1. Miraflores-Boyacá. 2016. P. 1.

simular se encuentra la fase II, donde se sitúan las bombas desde la BPC42060 hasta la BPC42100.

La línea de succión para las 10 unidades recibe la presión del fluido desde la estación El Porvenir, dónde por gravedad y con ayuda de las unidades principales, el fluido llega con la presión necesaria para volver a ser impulsado hasta la siguiente estación en Páez, Boyacá.

Para el análisis, la unidad principal fue dividida en 8 sistemas, donde la Bomba es un sistema completo y así mismo aplica para la caja de engranajes, mientras que para el motor se separaron en 6 grupos diferentes, dependiendo la función específica que realizan.

4.1.1 Bomba. Su tipo es DMX multietapa horizontal de carcasa partida, tiene doble voluta, maneja altas presiones con potencias elevadas, los impulsores se rigen bajo la norma API610 y el fabricante la ofrece de diferentes tamaños según la necesidad del cliente<sup>4</sup>.

Ilustración 1. Bomba Centrífuga vista desde la línea de descarga



---

<sup>4</sup> PREDICTIVA. (2022). Predictiva 21. Obtenido de <https://predictiva21.com/20-3-bombas-horizontales-multietapas/>

4.1.2 Caja de engranajes. De marca Lufkin cuyo representante en Colombia es Pegsa LTDA, en general consta de dos engranajes cuya relación de transmisión es de 1:4,021, lo que permite aumentar la velocidad del motor y transmitir el par y rotación necesaria a la bomba. El modelo de la caja es N2704C y es soportada en rodamientos para el eje de baja velocidad y en cojinetes para el eje de alta velocidad<sup>5</sup>.

Ilustración 2. Vista trasera de la caja de engranajes



4.1.3 Motor Básico. El fabricante denomina el sistema “Basic Engine”, a las partes que son el núcleo de los demás sistemas, este motor Caterpillar está compuesto de 16 cilindros en V y cada uno es capaz de transmitir una potencia de hasta 375Hp. El motor inicialmente fue diseñado para ser operado con diésel, sin embargo, en conjunto con el fabricante se modificaron y actualizaron algunos componentes para que el motor pudiese trabajar con hidrocarburo, el mismo que es inyectado por las estaciones.

Cuenta con 5 principales: sistema de combustible, sistema de eléctrico y de arranque, sistema de enfriamiento y/o refrigeración, sistema de entrada y salida de aire y sistema de lubricación; cada uno está configurado con sistemas instrumentados de protección, lo que permite proteger la unidad ante desviaciones significativas en sus parámetros de operación, adicional, estas señales están enlazadas a un sistema en línea donde es posible monitorear las 24 horas del día cada parámetro.

---

<sup>5</sup> LUKFIN, Industries. Installation, Operation & Maintenance Manual. Texas. 2014. P. 7.

Ilustración 3. Vista frontal del motor Caterpillar

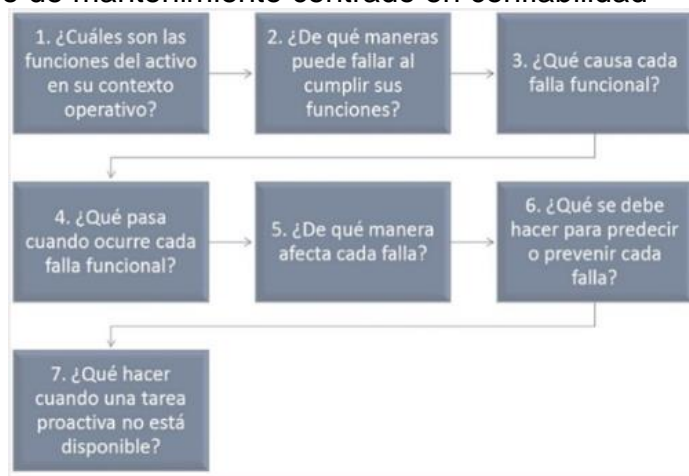


## 4.2 METODOLOGÍA RCM SEGÚN NORMA SAE JA1011

La metodología consiste en la elaboración de planes de mantenimiento teniendo como base las funciones de los equipos de tal forma que se garantice que la estrategia esté acorde al requerimiento operacional y cumpla las expectativas de los usuarios.

En consecuencia con la norma y como recomendación de esta, se llevaron a cabo los siguientes pasos con el fin de proponer el plan de mantenimiento que optimice los intervalos de mantenimiento, responda a los requerimientos operacionales y sea eficiente con los recursos del proceso<sup>6</sup>.

Figura 2. Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad<sup>7</sup>



<sup>6</sup> SIFONTE, Jesus. Norma SAE JA1011 – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). San Juan. 2018. P. 2.

<sup>7</sup> TAMBRA, Lucia. Gestión de mantenimiento. CITEenergía. Lima. 2021. P. 4.

4.2.1 Contexto operacional y funciones. Se debe tener delimitado el estudio a realizar, desde dónde y hasta cuál equipo y/o activo se desea analizar, adicional, es necesario conocer el contexto operacional, la función que desempeña dentro del sistema, incluyendo funciones primarias y funciones secundarias, las condiciones que debe tener el sistema para que el activo funcione de manera correcta<sup>8</sup>.

4.2.2 Fallas funcionales. Para cada función sea primaria o secundaria, se deben analizar e identificar todos los estados de fallas de tal forma que se identifiquen todas las causas relevantes de estas fallas funcionales, con esta identificación se pueden determinar si las fallas funcionales corresponden a fallas parciales o totales, siendo la primera cuando el activo sigue cumpliendo la función pero a un desempeño mejor al deseado y para las fallas total es cuando definitivamente el activo deja de cumplir la función para la cual fue diseñado<sup>9</sup>.

4.2.3 Modos de falla. Se refiere a la forma en que se lleva a cabo la falla funcional, suele pasar que los modos de fallan tienen más de una causa, es allí donde en conceso por el grupo investigador se definen cuáles causas se tienen en cuenta y cuáles no dependiendo si el modo de falla es aplicable o no a la falla funcional<sup>10</sup>.

4.2.4 Efectos de falla. El efecto de falla se determina con la pregunta ¿qué pasaría si se materializa el modo de falla?, con esto se cuantifica el posible daño que puede generar el modo de falla; para esto existen matrices de valoración RAM, donde involucran 5 aspectos, impactos a las personas, impactos a la imagen y/o reputación de la empresa, impactos al medio ambiente, impactos a los clientes y el impacto económico.

4.2.5 Consecuencias de la falla. Al clasificar los efectos de falla, se asignan en sólo una categoría (seguridad, medio ambiente, capacidad operacional y costos) y esta debe ser la más grave, es decir, se asigna a la categoría que cause mayor impacto, con el fin establecer rutinas de mantenimiento partiendo desde la causa de falla.

4.2.6 Selección de estrategias de mantenimiento. Antes de asignar mantenimientos a las causas de falla, se debe analizar si las fallas presentan patrones de desgaste, si ocurren por el tiempo de uso o si en su defecto son fallas prematuras; la norma SAE JA1011 reconoce 4 posibles estrategias de mantenimiento que deben ser aplicadas para mitigar las consecuencias de

---

<sup>8</sup> KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 23.

<sup>9</sup> SAE, International. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. P. 14.

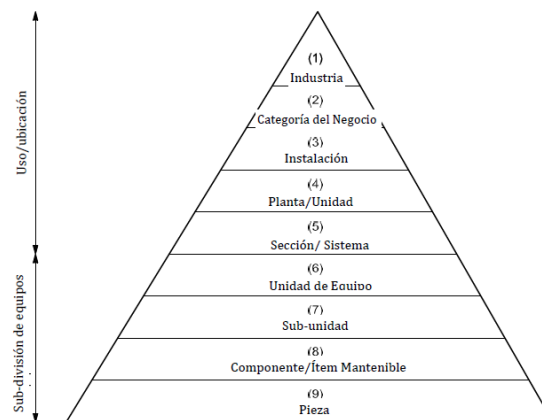
<sup>10</sup> SAE, International. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. P. 15.

cualquier falla, son: Tareas de basadas en condición, tareas de Restauración Programada y de Desincorporación Programada, tareas de Detección de Falla y Combinación de Tareas<sup>11</sup>.

### 4.3 TAXONOMÍA SEGÚN NORMA ISO 14224

Se refiere a ordenar de manera determinada conjuntos de elementos cuando poseen características o variables en común, se clasifican a partir desde cualidades generales hacia cualidades específicas. Una clasificación avalada por un estándar internacional está representada por una jerarquía como la siguiente:

Figura 3. Clasificación de los niveles taxonómicos <sup>12</sup>



### 4.4 DIAGRAMAS DE BLOQUES DE CONFIABILIDAD RBD

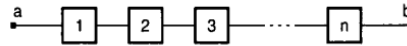
Un diagrama de bloques es un dibujo representativo y una herramienta de cálculo que se utiliza para modelar la disponibilidad y la confiabilidad de un sistema<sup>13</sup>. Esta metodología llamada diagrama de bloques de confiabilidad (RBD), simula de manera gráfica los activos y/o equipos de una empresa mediante diagramas de bloques con el fin de determinar la fiabilidad de equis o y sistema, claro está, teniendo en cuenta la estructura que se tiene para cada infraestructura, refiriéndose a estructura como al tipo de conexión que tiene el proceso, bien sea en paralelo, serie o K en N.

<sup>11</sup> SAE, International. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. P. 33.

<sup>12</sup> TAMBRA, Lucia. Gestión de mantenimiento. CITEenergía. Lima. 2021. P. 5.

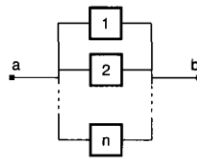
<sup>13</sup> FLORES Marco, et al. Confiabilidad Operativa de Sistemas para Compresión de Gas y Generación Eléctrica en Complejos Petroleros. Cuernavaca. 2010. Vol. 21(3). P. 2.

Figura 4. Diagrama de bloques de confiabilidad en estructura en serie <sup>14</sup>



Para estructuras en serie, todos los componentes asociados al sistema deben estar funcionando, si llegase a fallar algún equipo y/o componente, el sistema queda detenido hasta que se logre solucionar la anomalía en el equipo en falla, mientras que para los sistemas en paralelo, no es necesario que los componentes estén conectados uno tras de otro, es decir, pueden estar conectados uno o más equipos desde el punto inicial del sistema y llegar hasta el punto final del sistema sin depender de otro equipo y/o componente.

Figura 5. Diagrama de bloques de confiabilidad en estructura en paralelo <sup>14</sup>



---

<sup>14</sup> PREDICTIVA. (2022). Predictiva 21. Obtenido de <https://predictiva21.com/analisis-confiabilidad-disponibilidad-sistema-bombeo/>

## 5 MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes conceptos se consideran importantes y se recomienda su comprensión para el desarrollo del proyecto:

- Contexto Operacional: Las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema<sup>15</sup>.
- Falla Funcional: Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado<sup>16</sup>.
- Falla Potencial: Una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en proceso de ocurrir<sup>16</sup>.
- Función(es) Primaria(s): La(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario<sup>16</sup>.
- Funciones Secundarias: Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su(s) función(es) primaria(s), así como aquellas que necesitan cumplir con los requerimientos reguladores o a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural.
- Intervalo P-F: Intervalo entre el punto en que una falla potencial se hace detectable y el punto en que esta se degrada hasta una falla funcional (también conocido como “período para el desarrollo de falla” o “tiempo esperado para la falla”)<sup>17</sup>.
- Mantenibilidad < de un ítem>: capacidad de conservar, o restaurar a un estado de rendimiento requerido, bajo condiciones dadas de uso y mantenimiento<sup>18</sup>.
- Mantenimiento Proactivo: Mantenimiento emprendido antes de que ocurra una falla, para prevenir que cualquier elemento entre en estado de falla

---

<sup>15</sup> SAE, International. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. P. 3.

<sup>16</sup> KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 66.

<sup>17</sup> MIHM, Paul. Mission Critical, Reliability centered maintenance: what's old is new again. 2015. P.2.

<sup>18</sup> BUITRAGO, Francisco. Modelo de confiabilidad con metodología (RAM) para un sistema de bombeo de agua de inyección. Bogotá. 2018. P. 47.

(restauración programada, desincorporación programada y mantenimiento basado en condición).

- Nivel jerárquico: Nivel de subdivisión de un ítem desde el punto de vista de una acción de mantenimiento<sup>19</sup>.
- Plan de mantenimiento: Serie de tareas estructuradas y documentadas que incluye las actividades, procedimientos, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el mantenimiento.
- Programado: Se establece como fijo, a intervalos predeterminados, incluye “monitoreo continuo” (donde el intervalo es efectivamente cero).
- Restauración Programada: Una tarea programada que restaura la capacidad de un elemento en (o antes de) un intervalo especificado (límite de longevidad), sin tener en cuenta su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de supervivencia hasta el final de otro intervalo especificado.
- Vida útil del diseño: Tiempo de uso planificado del sistema total.

---

<sup>19</sup> UNE. Mantenimiento, terminología del mantenimiento EN13306. Madrid. 2018. P. 9.

## 6 MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo del proyecto se contemplaron las siguientes normas, las cuales rigen dentro del gobierno nacional y son aplicadas como recomendaciones a nivel internacional.

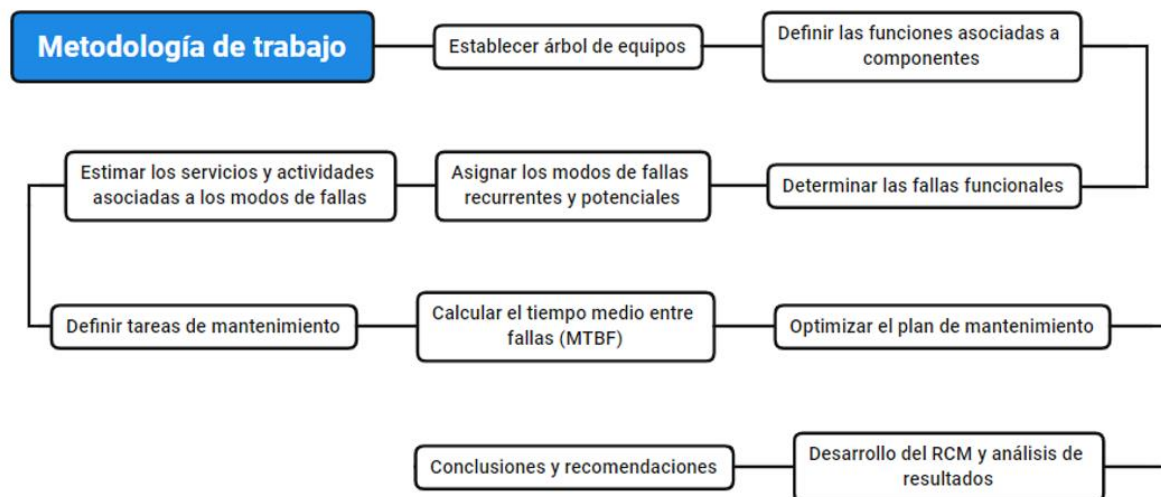
- ISO 55001: Sistemas de gestión de activos.  
Norma internacional que proporciona los requisitos para mantener, implementar y mejorar el sistema de gestión de activos en una organización.
- ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad.  
Norma internacional que promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de la calidad.
- ISO-14224: Petroleum and natural gas industries -Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment International Organization for Standardization, 2016.  
Norma que proporciona las directrices relacionadas con la taxonomía, la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. También sugiere la forma de clasificar las fallas funcionales, causas y modos de falla.
- MIL-STD-2173: Reliability centered maintenance requirements for naval aircraft.  
Estándar que proporciona los requerimientos para la elaboración de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
- NTC-1486: Norma Técnica Colombiana 1486.  
Establece los lineamientos para la documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.
- NTC-5254: Norma Técnica Colombiana 5254.  
Proporciona la implementación de un proceso de gestión del riesgo.
- NTC-6166: Norma Técnica Colombiana 6166.  
Estandariza las normas relacionadas con referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura del documento.
- NTC-OHSAS 18001: Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional.  
La norma proporciona requisitos para controlar los riesgos en las organizaciones en temas de seguridad y salud ocupacional.

- SAE-JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.  
La norma suministra los criterios de evaluación para procesos de RCM, da las características mínimas que debe tener un proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad.
- SAE-JA1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.  
Norma guía que aclara los criterios de la norma SAE JA1011 y suministra técnicas para aplicar el RCM exitosamente.

## 7 DISEÑO METODOLÓGICO Y DESARROLLO

Orientado en las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 donde se establecen los criterios necesarios para que las metodologías desarrolladas sean consideradas RCM, se establecieron las etapas claves del proyecto:

Figura 6. Metodología del plan de trabajo



### 7.1 ÁRBOL DE EQUIPOS

Acorde con las fronteras del proyecto, se establece el árbol de equipos, que no es más que desglosar los activos que hacen parte del proyecto, se define la planta, el sistema, la unidad, la(s) subunidad(es), los componentes y las partes o ítems mantenibles, de manera jerárquica como lo recomienda la norma ISO14224 (Ver figura 10).

### 7.2 FUNCIONES

A cada componente se le asigna la(s) tarea(s) para los cuales fue diseñado, puede tener una o más funciones, ejemplo, para una bomba centrífuga, la función primaria será bombear algún fluido a determinado caudal por cierto periodo de tiempo, aun así, puede tener funciones secundarias como contener el fluido que circula en su interior<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 23.

### 7.3 FALLAS FUNCIONALES

Los componentes al tener funciones específicas dentro del sistema fallan de diversas maneras, se establecen fallas funcionales a cada una de las funciones del sistema, es decir, para las funciones de todos los componentes se debe incluir la falla que provocaría que el componente deje de cumplir la función para la cual fue diseñado<sup>21</sup>.

### 7.4 MODO DE FALLA

A cada falla funcional se le asigna un modo de falla, el cual indica la forma en que se presentó o se llevó a cabo la falla, la norma ISO 14224 establece algunos modos de fallas predeterminados según la naturaleza del equipo los cuales fueron utilizados para el análisis.

Tabla 1. Modos de falla para equipo rotativo<sup>22</sup>

Failure mode code	Description	Examples	Equipment class code								
			CE Com- bustion engines	CO Com- pres- sors	EG Elec- tric genera- tors	EM Elec- tric motors	GT Gas tur- bines	PU Pumps	ST Steam tur- bines	TE Tur- bo-ex- pand- ers	
AIR	Abnormal instrument reading	False alarm, faulty instrument indication	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BRD	Breakdown	Serious damage (seizure, breakage)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ERO	Erratic output	Oscillating, hunting, instability	X	X		X	X	X	X	X	X
ELF	External leakage - fuel	External leakage of supplied fuel/gas	X				X			X	
ELP	External leakage - process medium	Oil, gas, condensate, water		X			X	X	X	X	X
ELU	External leakage - utility medium	Lubricant, cooling water	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FTS	Failure to start on demand	Doesn't start on demand	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HIO	High output	Overspeed/output above acceptance	X	X		X	X	X	X	X	X
INL	Internal leakage	Leakage internally of process or utility fluids	X	X			X	X	X	X	X
LOO	Low output	Delivery/output below acceptance	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOI	Noise	Abnormal noise	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OHE	Overheating	Machine parts, exhaust, cooling water	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PDE	Parameter deviation	Monitored parameter exceeding limits, e.g. high/low alarm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PLU	Plugged/ choked	Flow restriction(s)	X	X			X	X	X	X	X
SER	Minor in-service problems	Loose items, discoloration, dirt	X	X	X	X	X	X	X	X	X
STD	Structural deficiency	Material damages (cracks, wear, fracture, corrosion)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
STP	Failure to stop on demand	Doesn't stop on demand	X	X	X	X					
OTH	Other	Failure modes not covered above	X	X	X	X	X	X	X	X	X
UNK	Unknown	Too little information to define a failure mode	X	X	X	X	X	X	X	X	X
UST	Spurious stop	Unexpected shutdown	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VIB	Vibration	Abnormal vibration	X	X	X	X	X	X	X	X	X

<sup>21</sup> KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 24.

<sup>22</sup> BSI. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016). Bruselas. 2016. P. 195.

## 7.5 SERVICIOS DE MODOS DE FALLA

Se incluyen dentro del análisis los servicios y/o actividades necesarias para corregir los modos de fallas, allí se contemplan recursos de mano de obra, recursos de herramientas y equipos, recursos como repuestos y consumibles<sup>23</sup>.

## 7.6 TAREAS DE MANTENIMIENTO

Se establecen actividades y tareas de mantenimiento para los modos de falla, con el fin de que no se materialice algún evento, contempla frecuencias de mantenimiento, tipos de mantenimiento ya sean preventivos o predictivos, recursos de mano de obra para ejercer las tareas, habilidades y/o experiencia necesaria en el personal.

Tabla 2. Actividades de mantenimiento según ISO14224<sup>24</sup>

Código Numérico	Actividad	Descripción	Ejemplos	Uso <sup>a</sup>
1	Reemplazar	Reemplazo del ítem por un ejemplar nuevo o rehabilitado del mismo tipo y marca	Reemplazo de un rodamiento desgastado	C, P
2	Reparar	Acción de mantenimiento manual realizada para restaurar un ítem a su apariencia o estado original	Reempaquetamiento, soldadura, llenado, reconexión, refabricación, etc.	C
3	Modificar <sup>b</sup>	Reemplazar, renovar o cambiar el ítem, o una parte de ello, con una pieza de otro tipo, marca, material o diseño	Instalar un filtro con una malla de menor diámetro, reemplazar una bomba de aceite de lubricación con una bomba de otro tipo, reconfiguración, etc.	C, P
4	Ajustar	Restaurar cualquier condición fuera de tolerancia al rango de tolerancia	Alinear, configurar y reconfigurar, calibrar, equilibrar	C, P
5	Reequipamiento	Actividad de reparación/servicio menor para restaurar un ítem a una apariencia aceptable, tanto interna como externa.	Pulido, limpieza, fresado, pintura, recubrimiento, lubricación, cambio de aceite, etc.	C, P
6	Revisión <sup>c</sup>	Se investiga la causa de la falla, pero no se realiza ninguna actividad de mantenimiento, o la acción se posterga. Función recuperada a través de acciones simples, p.ej. reiniciar o reconfigurar	Reinicio, reconfiguración, ninguna acción de mantenimiento, etc. Especialmente relevante para fallas funcionales, p.ej. detectores de incendio y gas, equipos submarinos	C
7	Servicio	Tareas de servicio periódico: normalmente el ítem no se desarma	ej. limpieza, reposición de suministros consumibles, ajustes y calibraciones	P
8	Prueba	Prueba periódica de funcionamiento o rendimiento	Prueba de función de un detector de gas, prueba de exactitud de un flujómetro	P
9	Inspección	Inspección/verificación periódica: escrutinio cuidadoso de un ítem con o sin desarmado, normalmente a través de los sentidos	Todo tipo de verificación general. Incluye mantenimiento menor como parte de la tarea de inspección.	P
10	Reacondicionamiento	Reacondicionamiento mayor	Inspección/acondicionamiento general con desarmado y reemplazo de ítems según se especifique o se requiera	C, P
11	Combinación	Incluye varias de las actividades anteriores	Si una actividad predomina, ésta puede registrarse	C, P
12	Otros	Actividad de mantenimiento diferente a las anteriores	ej. actividades de protección	C, P

<sup>a</sup> C. utilizado típicamente en el mantenimiento correctivo; P. utilizado típicamente en el mantenimiento preventivo.

<sup>b</sup> La modificación no está definida como categoría de mantenimiento, pero a menudo se realiza por personas entrenadas en disciplinas de mantenimiento. La modificación puede tener una influencia importante en la operación y confiabilidad de un equipo.

<sup>c</sup> "Revisión" incluye tanto los casos en donde una causa de falla se identificó, pero la acción de mantenimiento se consideró como innecesario o imposible de realizar como en aquellos casos donde no se pudo identificar una causa de falla.

<sup>23</sup> KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 25.

<sup>24</sup> BSI. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016). Bruselas. 2016. P. 195.

## 7.7 CÁLCULO DE INDICADORES DE CONFIABILIDAD MTBF<sup>25</sup>

Los indicadores de confiabilidad son claves medir los resultados y ver el progreso de la gestión de activos. Un indicador interesante que permite visualizar de manera rápida el comportamiento de un equipo es el indicador de tiempo medio entre fallas (siglas en inglés MTBF), donde básicamente mide el tiempo que tarda un equipo para presentar averías, con este indicador se puede determinar la indisponibilidad de un equipo y para el desarrollo del proyecto, se evaluó la indisponibilidad para la unidad como un equipo completo y también se calculó para cada sistema independiente.

## 7.8 RECOLECCIÓN DE DATOS Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del proyecto, la información fue tomada de la base de datos que utiliza la compañía, el software o aplicación SAP módulo Planta de Mantenimiento “PM” (siglas en inglés Plant Maintenance”), allí registran los siguientes datos:

- Rutinas de mantenimiento
- Frecuencias de actividades de mantenimiento
- Listado de talento humano involucrado en cada actividad de mantenimiento
- Tiempos de ejecución en actividades de mantenimiento
- Averías o fallas que se presentan en los equipos
- Modos de falla de averías de los equipos
- Listado de repuestos cambiados en actividades de mantenimiento

También se tuvo acceso al sistema de información de servicio “SIS” que es una herramienta de software desarrollada por Caterpillar, donde se pudo buscar y analizar la siguiente información<sup>26</sup>:

- Schedule de mantenimiento del fabricante
- Recomendaciones de intervenciones de mantenimiento
- Recomendaciones de operación de equipos
- Listado de repuestos utilizados en actividades de mantenimiento
- Procedimientos para intervenciones de mantenimiento

Adicional, se contó con la siguiente documentación suministrada por los administradores de la estación:

- Diagramas de flujo de proceso (PFD)

---

<sup>25</sup> BSI. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016). Bruselas. 2016. P. 20.

<sup>26</sup> CATERPILLAR, Inc. Maintenance Interval Schedule (SEBU7083). 2011. P. 2.

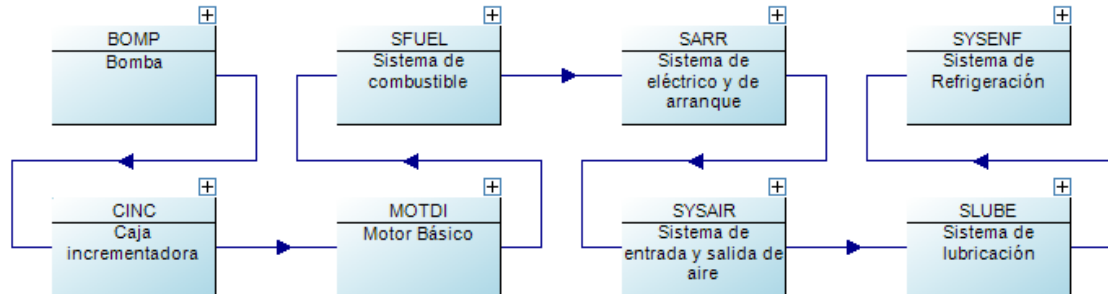
- Hojas de ruta asociadas a los equipos
- KEY-PLAN de la estación
- Descripción del proceso y la lógica de control del sistema
- Matriz RAM (siglas en inglés Risk Assessment Matrix)
- Normas técnicas aplicables al sector petrolero para ingeniería de confiabilidad: JA1011, JA1012 e ISO12224
- Oreda On-Shore Reliability Data Handbook (versión 2014).

## 7.9 OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Haciendo uso del software “Isograph Reliability Workbench” se simularon mediante diagramas de redes de bloques los sistemas principales junto con todos los modos de fallas asociados a cada componente y las rutinas de mantenimiento con sus frecuencias y tiempos de ejecución actuales.

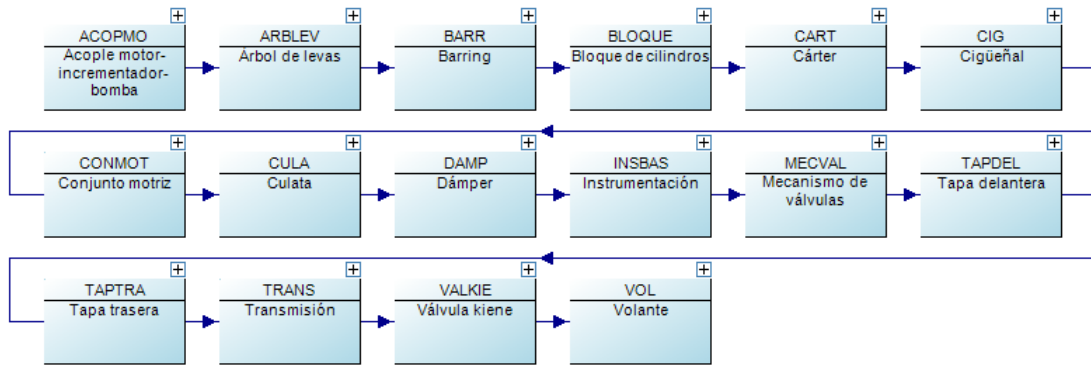
En la siguiente figura se observa el diagrama de red de bloques general del sistema con estructura en serie, ya que, si algún sistema presenta falla, indisponible inmediatamente la unidad completa.

Figura 7. Red de bloques de sistemas



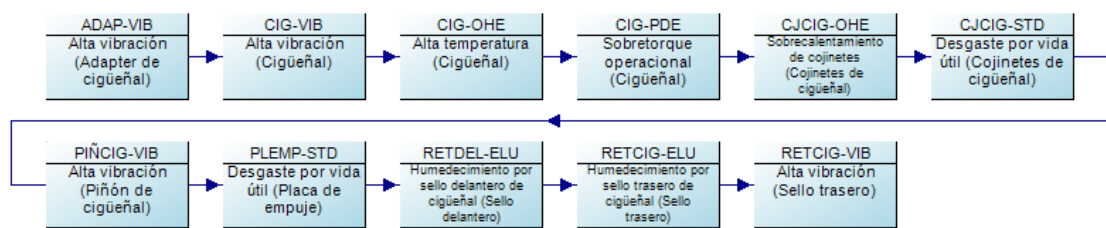
Enseguida se nombraron los componentes de cada uno de los sistemas principales, por ejemplo, en la figura 8 se pueden observar los componentes del sistema “Motor básico”, así mismo se podría entrar a visualizar cada uno de los 8 sistemas y validar qué componentes tienen asociados.

Figura 8. Red de bloque de componentes



Una vez se tengan creados todos los bloques para identificar los componentes, se asocian las partes de cada uno y se ligan a modos de falla reales y potenciales, para el ejemplo en la figura 9, se está visualizando la red de bloques del sistema principal “Motor básico”, del componente “Cigüeñal” y las partes cada una con el modo de falla determinado para el análisis.

Figura 9. Red de bloques de partes



Las redes de bloques permiten representar la filosofía y contexto operacional de la estación, de tal forma que se pueda detallar y evaluar los posibles impactos y afectaciones que pueden tener los paros programados y no programados de cada activo que fue incluido en el análisis, adicional permite calcular los tiempos efectivos de trabajo, la vida útil de los activos y el tiempo que se tomaría en efectuar actividades de mantenimientos programados y no programados.

La metodología en que se basan los diagramas de bloques, no es más que un modelo estadístico en base logarítmica Weibull que permite estimar la disponibilidad, mantenibilidad y disponibilidad de un activo. El software utiliza las siguientes formulas de tal manera que todos los cálculos son soportados y guiados como lo recomienda la norma ISO14224.

$$R(t) = e^{-\lambda * t}$$

Ecuación 1. Confiabilidad Exponencial<sup>27</sup>

<sup>27</sup> ESPINEL, Edwin. Distribuciones no tradicionales para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (cmd1), que se ajustan a varias fases de la curva de Davies. Medellín. 2014. P. 25.

Dónde:

$\lambda$ = Tasa de fallos (Inversa de MTBF)  
 $t$ = Tiempo en el que el sistema debe funcionar  
 $R(t)$ = Confiabilidad en función del tiempo

$$R(t) = 1 - [(1 - R(t)A) * (1 - R(t)B)]$$

Ecuación 2. Confiabilidad para sistemas en paralelo<sup>28</sup>

$$R(t) = R(t)A * R(t)B * R(t)C$$

Ecuación 3. Confiabilidad para sistemas en serie<sup>28</sup>

$$R(t) = \sum_{k=m}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} (e^{-\lambda k})^k (1 - e^{-\lambda k})^{(n-k)}$$

Ecuación 4. Confiabilidad para sistemas K en N

La distribución Weibull, permite modelar el comportamiento de degradación y desgaste de los componentes según su estándar de función, aplica para equipos hidráulicos, eléctricos, de instrumentación y mecánicos. la simulación incluirá los tiempos medios entre fallas MTBF junto con un valor de vida útil ( $\beta$ ), indicando este último, la etapa del ciclo de vida útil en que se encuentra el activo y/o componente.

## 7.10 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

La siguiente tabla permite representar la probabilidad de ocurrencia de las fallas y las consecuencias asociadas a estas, en base a esto, durante el estudio fue posible establecer los modos de falla potenciales críticos, permitiendo enfocar el análisis en los equipos que pueden causar mayor indisponibilidad del sistema y a su vez, mayores costos por reparaciones involucrando horas hombres, costos de repuestos y servicios externos asociados.

---

<sup>28</sup> CALVO, Emilio et al. Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras. V. I. Cantabria. 2011. P. 7.

Tabla 3. Matriz de análisis de riesgo

Gravedad	Valoración RAM					Real				
	Consecuencias					Probabilidad				
	Categorías					A	B	C	D	E
PERSONAS	ECONÓMICA (USDs)	AMBIENTAL	CLIENTES	REPUTACIÓN	No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la Empresa o en la industria	Ha ocurrido en la Empresa en los últimos 10 años	Sucede varias veces al año en la Empresa De probable ocurrencia en un lapso entre 1 y 5 años	Sucede varias veces al año en el Departamento Puede ocurrir en el transcurso del año	
5	Una o Más Fatalidades de trabajadores o incapacidades permanentes a personal de la comunidad <input type="checkbox"/>	Mayor a 10 Millones <input type="checkbox"/>	Mayor <input type="checkbox"/>	Pérdida de participación en el mercado <input type="checkbox"/>	Internacional <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	VH <input type="checkbox"/>
4	Incapacidad Permanente (Total o Parcial) de trabajadores y hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad <input type="checkbox"/>	Mayor a 1 Millón y Menor o Igual a 10 Millones <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Pérdida de clientes de mercado sensible o propietario <input type="checkbox"/>	Nacional y con rechazo de un grupo de interés <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
3	Incapacidad Temporal (Mayor o Igual a 1 Día) de trabajadores y hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad <input type="checkbox"/>	Mayor a 100.000 y Menor o Igual a 1 Millón <input type="checkbox"/>	Localizada <input type="checkbox"/>	Desabastecimiento y/o Pérdida de Clientes <input type="checkbox"/>	Nacional y sin rechazo de un grupo de interés <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
2	Lesión Menor (Sin Incapacidad) en trabajadores o Primeros auxilios, sin hospitalización a personal de la comunidad <input type="checkbox"/>	Mayor a 10.000 y Menor o Igual a 100.000 <input type="checkbox"/>	Menor <input type="checkbox"/>	Quejas y/o Reclamos <input type="checkbox"/>	Nacional y baja importancia <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>
1	Lesión Leve de trabajadores (Primeros Auxilios) <input type="checkbox"/>	Menor a 10.000 <input type="checkbox"/>	Leve <input type="checkbox"/>	Incumplimiento de Especificaciones solucionado <input type="checkbox"/>	Local y baja importancia <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>
0	Sin lesión <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>

## 8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1 JERARQUÍA DEL SISTEMA

Se estableció la jerarquía del sistema, consta de 3 equipos divididos en 8 sistemas y cada uno tiene asociados los componentes y partes que desempeñan funciones en estos, para una mejor visualización, el árbol jerárquico se dividió en 3 árboles, uno para cada equipo, siendo A. el árbol para la bomba, B. es el árbol de la caja de velocidades y C. es el árbol del motor, se recalca que sólo es para visualización, para el análisis se tomaron como una unidad funcional los 3 equipos.

Figura 10. Árbol jerárquico del sistema de bombeo

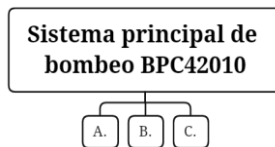


Figura 11. Parte A. Bomba, árbol jerárquico sistema de bombeo

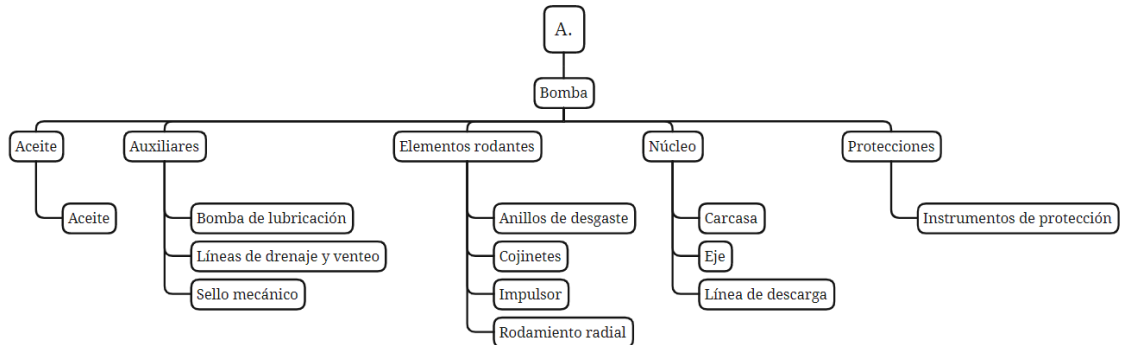


Figura 12. Parte B. Caja de velocidades, árbol jerárquico sistema de bombeo

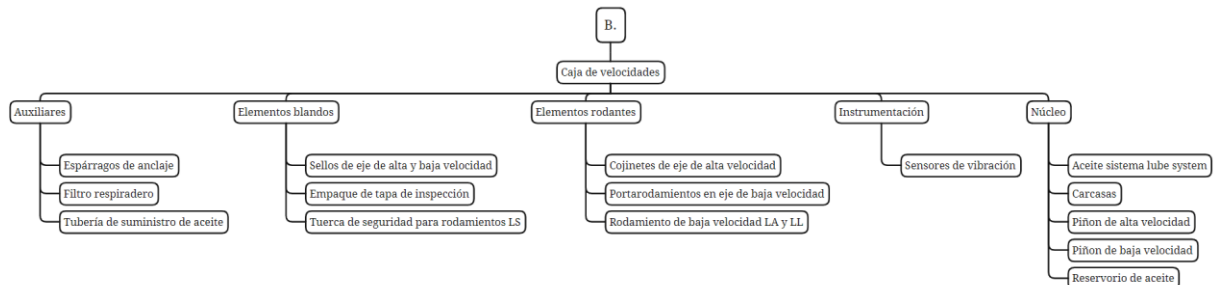
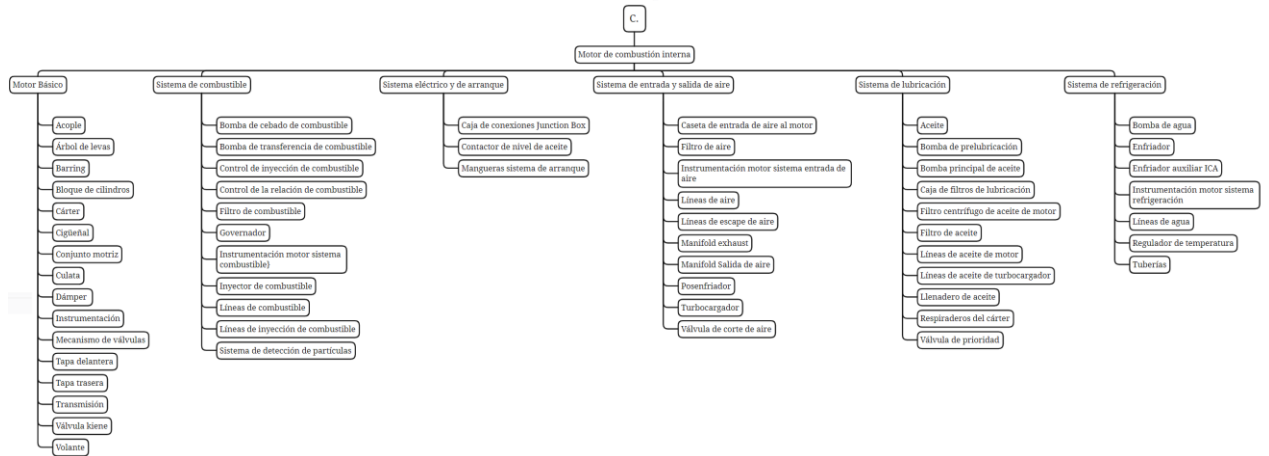


Figura 13. Parte C. Motor, árbol jerárquico sistema de bombeo



## 8.2 ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de la unidad depende de las paradas que tiene en determinado periodo de tiempo, esto incluye actividades correctivas, mantenimientos predictivos y preventivos, están involucradas todas aquellas actividades intrusivas que para ser ejecutadas sea necesario detener la unidad.

Las simulaciones realizadas, están enfocadas en la disponibilidad operacional tanto del equipo como del sistema, incluso es posible llegar al detalle de calcular la disponibilidad para un componente en específico. Para el análisis se proyectó un tiempo de servicio de 10 años (87.600 horas) ya que la compañía espera renovar la flota a unidades eléctricas.

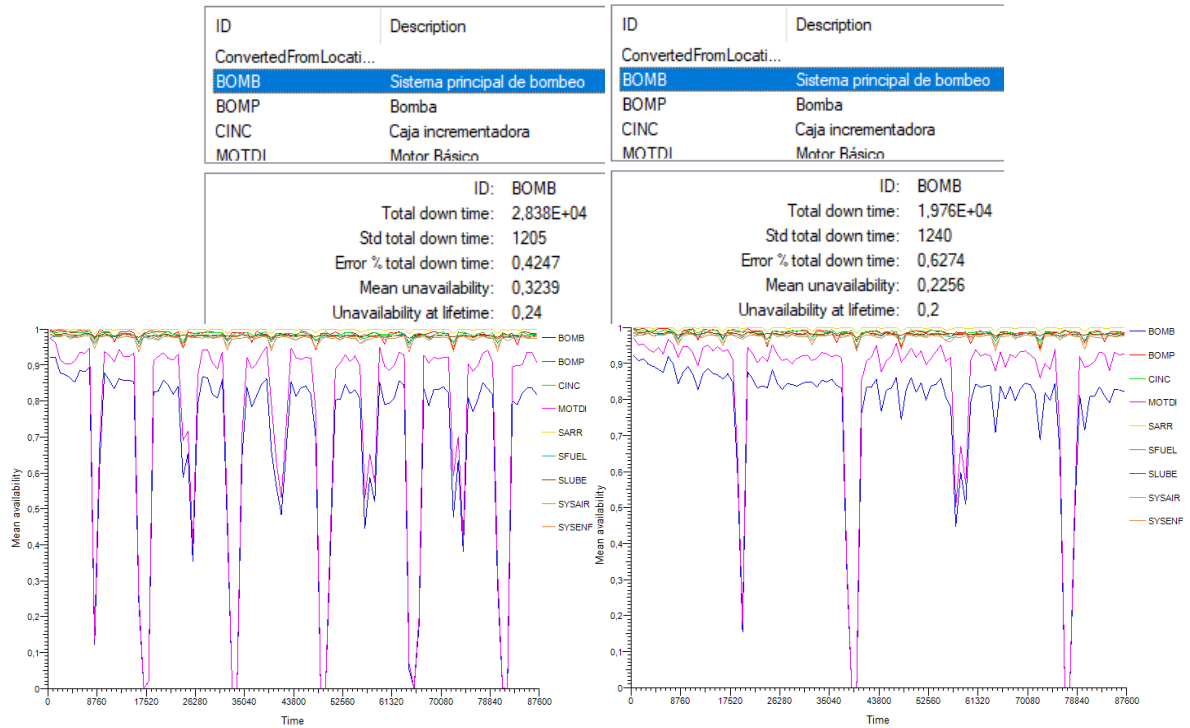
A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de las simulaciones, se presentan 2 resultados para cada análisis, el resultado número 1 es la estrategia de mantenimiento que tiene la compañía muy ligada al schedule del fabricante, es decir, y el resultado número 2 es el plan propuesto como resultado de la optimización de las actividades preventivas, correctivas y predictivas, además de tener en cuenta los modos de falla y tiempos medios entre fallas.

BOMB: Paquete de bombeo BPC42010 MRF, hace referencia a todo el sistema, incluye los 3 equipos y los 8 principales sistemas, todos son tratados como un único equipo.

Para los 10 años el software simuló una indisponibilidad de 32.3% en el plan de mantenimiento actual y para el plan de mantenimiento propuesto la indisponibilidad es de 22.5%. Debido a las actualizaciones de las frecuencias, rutinas y demás labores de mantenimiento, se obtuvo una reducción de 9.8% en la indisponibilidad del sistema, claro está que para validar a lo largo del tiempo este

valor, se necesitaría recalculer el comportamiento del sistema, con los modos de falla e intervenciones de mantenimiento asociadas al nuevo plan producto del RCM.

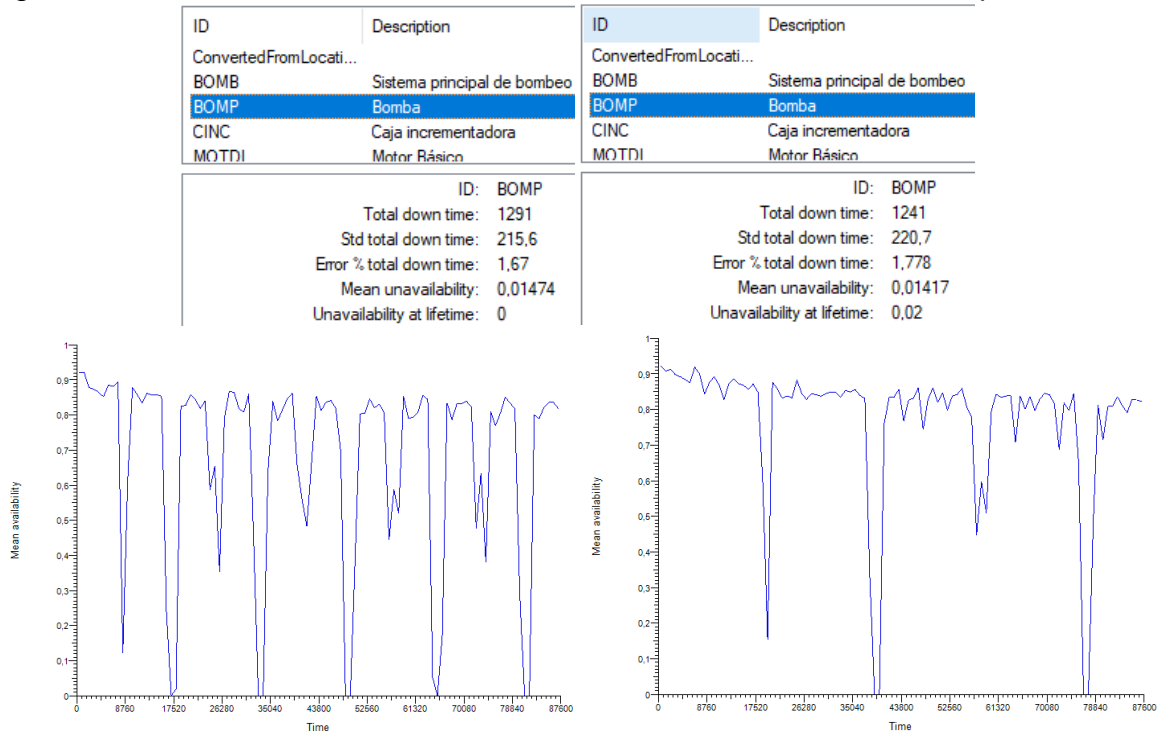
Figura 14. Resultados de la simulación para el sistema principal de bombeo



BOMP: Para la bomba, hubo una reducción del 0.6% de la indisponibilidad entre el plan actual y el plan propuesto, a pesar de que la diferencia es baja, más adelante se realizarán las estimaciones económicas donde indicará si es viable o no la actualización de la estrategia.

Cabe resaltar que la bomba es un equipo que no tiene rutinas de alta frecuencia para intervenciones intrusivas y la confiabilidad de este equipo va muy ligada a las rutinas de mantenimiento predictivo con actividades de monitoreo vibracional y análisis energético de eficiencia, estas tareas son claves para el plan propuesto y garantizan que cada 8000 horas se tenga un diagnóstico del equipo.

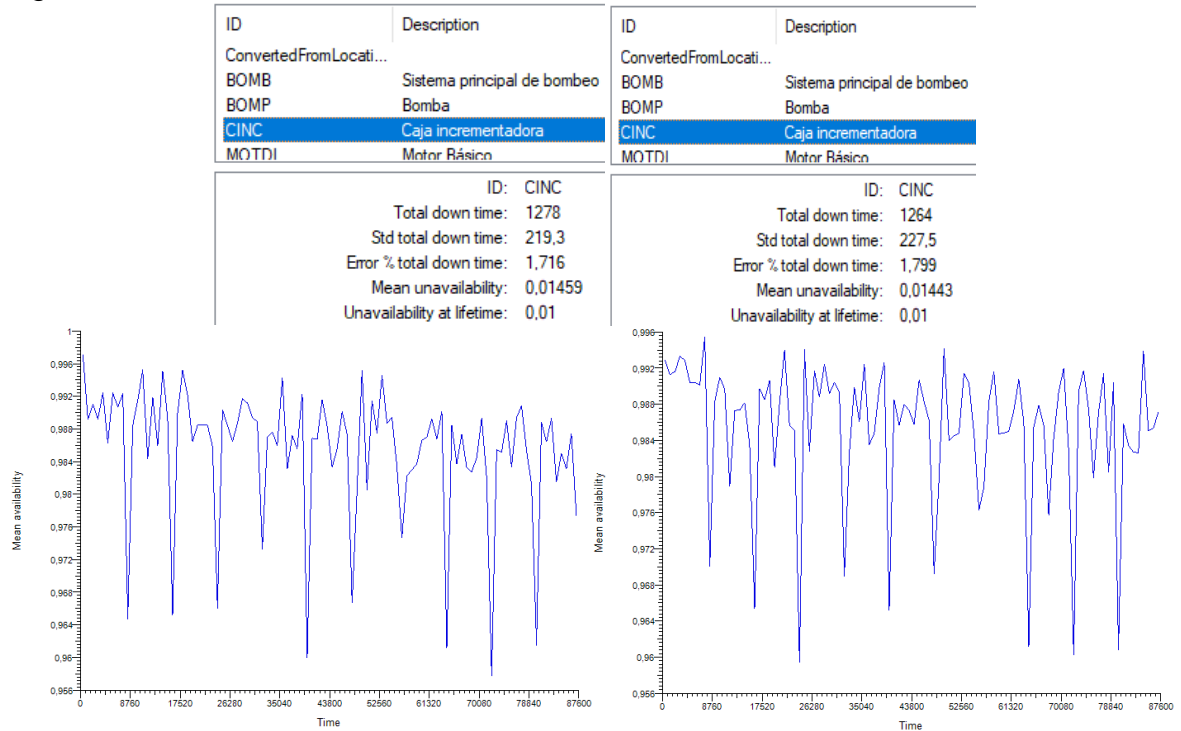
Figura 15. Resultados de la simulación del sistema de la bomba principal



CINC: La indisponibilidad de la caja de velocidades no tuvo mayor variación en los dos planes de mantenimiento, de por si, es un equipo con disponibilidad superior a 98.5%, lo que quiere decir que las rutinas de mantenimiento que se llevan a cabo, de seguir cumpliéndose, garantiza el ciclo de vida del activo.

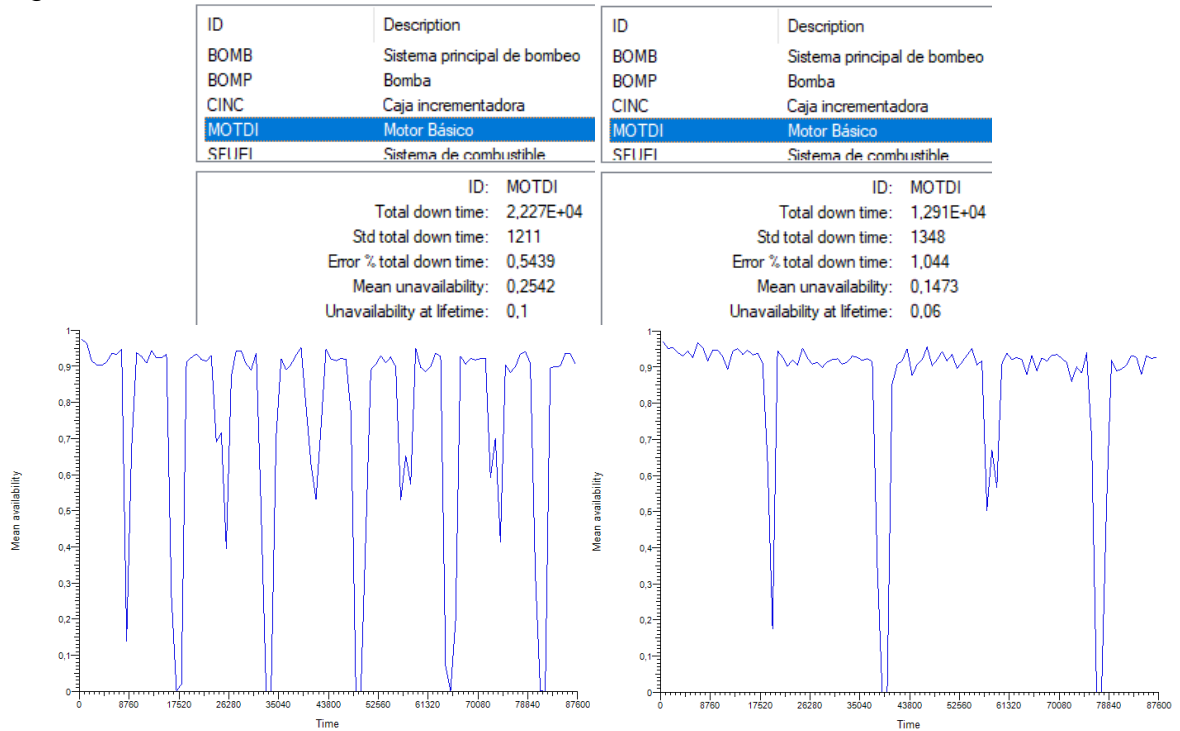
Este equipo se encuentra en buenas condiciones, considerando que el fabricante estima una eficiencia operativa del 97%, la simulación demuestra que no solo se cumple el rendimiento del equipo sino que además es un equipo confiable con intervalos cortos de reparación.

Figura 16. Resultados de la simulación del sistema de la caja de velocidades



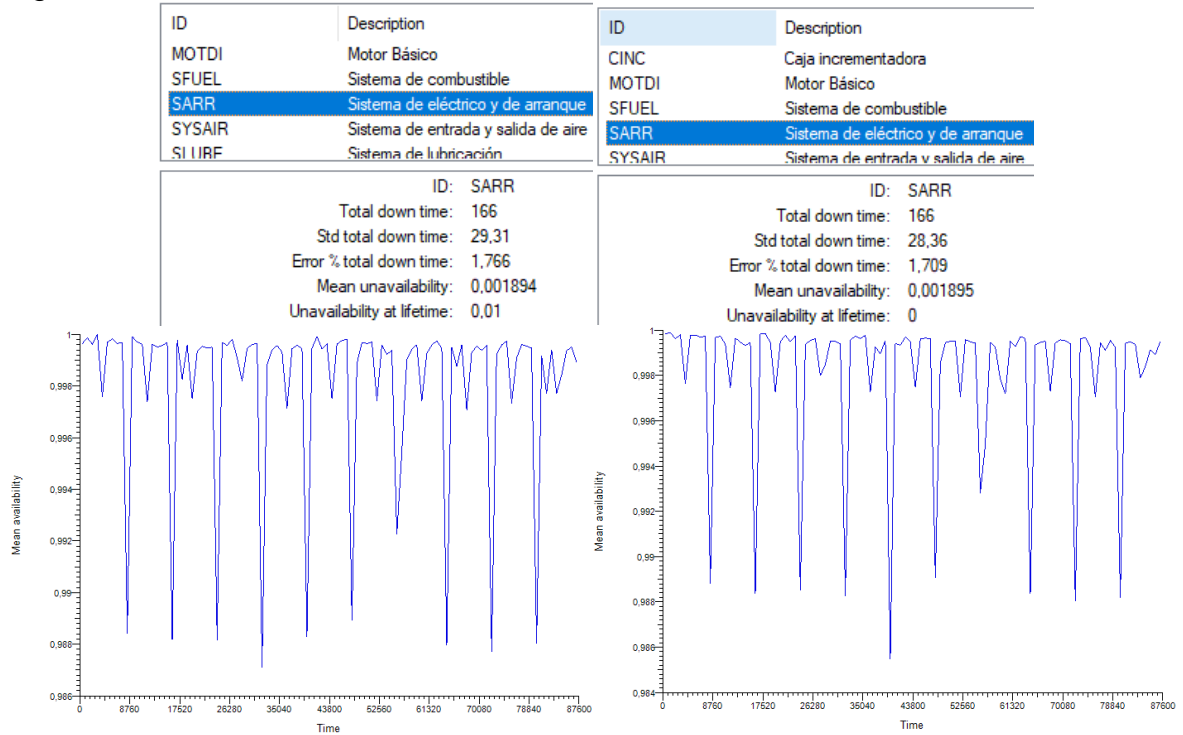
MOTDI: Motor básico: es el sistema con indisponibilidad más alta, es de 25.4% y lo reflejan las fallas asociadas a los componentes y principalmente, las intervenciones de mantenimiento mayor que sugiere el fabricante, Top End Overhaul a las 8000 horas y Major Overhaul a las 16000 horas, el plan propuesto por el RCM, además de tener en cuenta las condiciones reales de los activos, considera la experiencia del recurso humano que opera e interviene los equipos, permitiendo establecer y modificar estrategias de mantenimiento acorde al comportamiento y rendimiento de los equipos, para este sistema por experiencia en otros campos que tienen los mismos motores con similares condiciones operativas, extendieron las rutinas de mantenimiento mayor y adicionaron algunas rutinas intermedias cortas para verificar y garantizar que los activos se encuentren en condiciones normales de operación, dichas actividades se incluyeron dentro del plan propuesto por el RCM y se extendieron las rutinas de los mantenimientos mayores pues en el histórico de fallas, el ciclo de vida de los activos es más prolongado y en teoría pueden operar más tiempo sin llegar a la falla.

Figura 17. Resultados de la simulación del sistema básico del motor



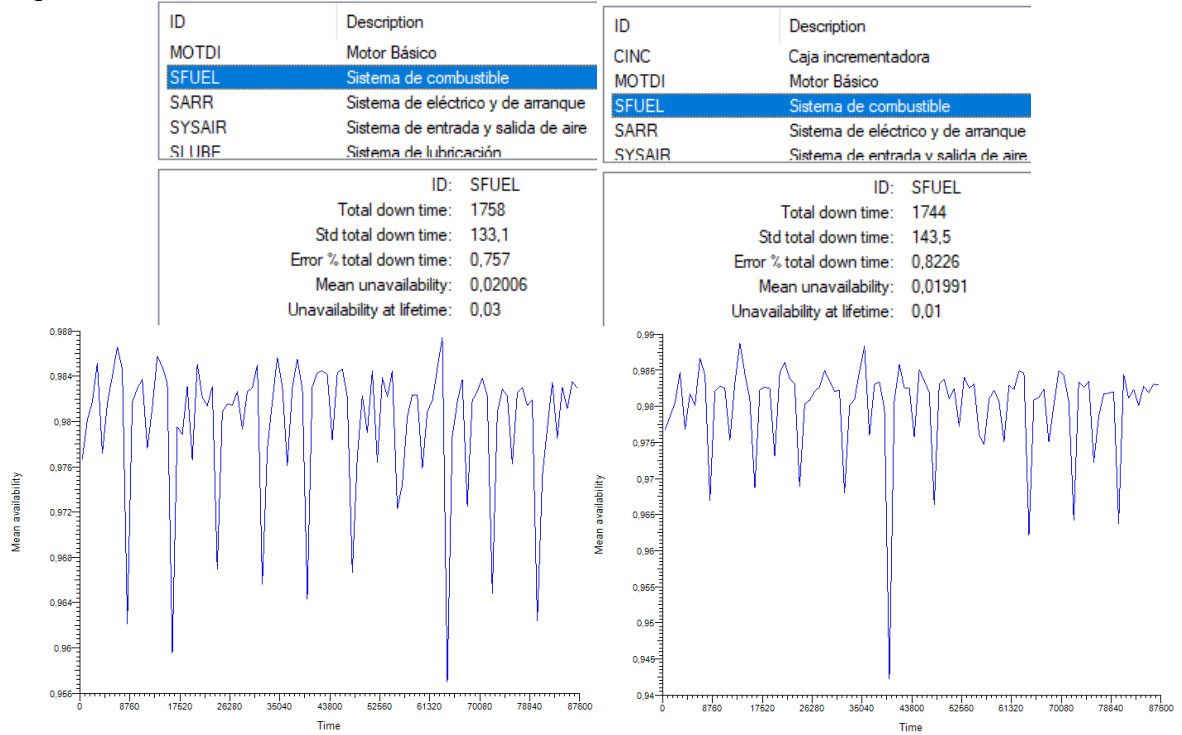
SARR: En aspectos generales el sistema de eléctrico y de arranque tiene buen comportamiento, la disponibilidad media para las condiciones actuales está por encima de 99%, lo cual indica que no es un sistema que presente fallas recurrentes y las rutinas de mantenimiento pueden estar muy bien ajustadas tanto en frecuencia como en alcance, las modificaciones realizadas al plan propuesto en el RCM no afectan el sistema significativamente y los periodos en donde se presenta mayor indisponibilidad (cerca del 2%), es en los mantenimientos de 8000 horas pero ya se validaron que son efectivos y deberían seguir ejecutandose en la misma forma.

Figura 18. Resultados de la simulación del sistema eléctrico y de arranque



SFUEL: La indisponibilidad media para el sistema de combustible en el plan actual está alrededor de 2%, con las actividades de mantenimiento sugeridas en el análisis de confiabilidad, se logró disminuir la indisponibilidad a 1.99%, a pesar de que no parece ser significativa la mejoría, lo importante es que las actividades propuestas en el análisis no afectan ni el sistema ni la unidad completa. Se ajustaron actividades preventivas la cuales permitirán que una vez que se presente una falla, se disminuyan los tiempos de atención diagnosticando el evento y retorne con mayor agilidad la unidad a estado disponible.

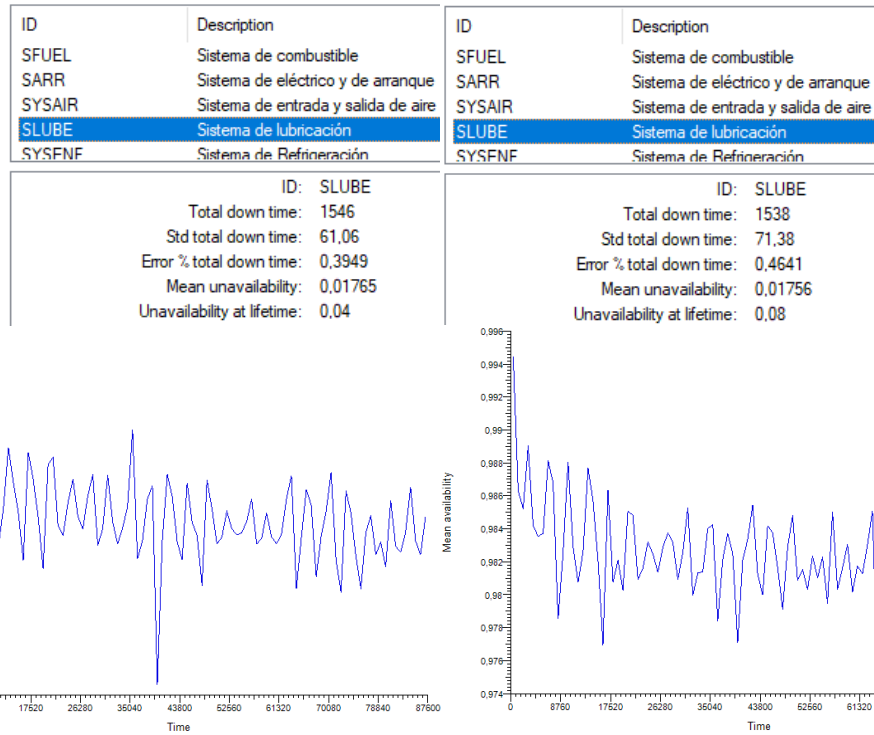
Figura 19. Resultados de la simulación del sistema de combustible



SLUBE: A pesar de que la indisponibilidad media del sistema de lubricación es relativamente baja con un 1.76%, es un sistema crítico dado que la mayoría de los componentes del activo tienen partes móviles que necesitan ser lubricadas; la lubricación en estos componentes debe estar garantizada en todos los periodos operativos incluso previo a los arranques y posterior a las paradas del equipo se debe lubricar el sistema por un tiempo determinado.

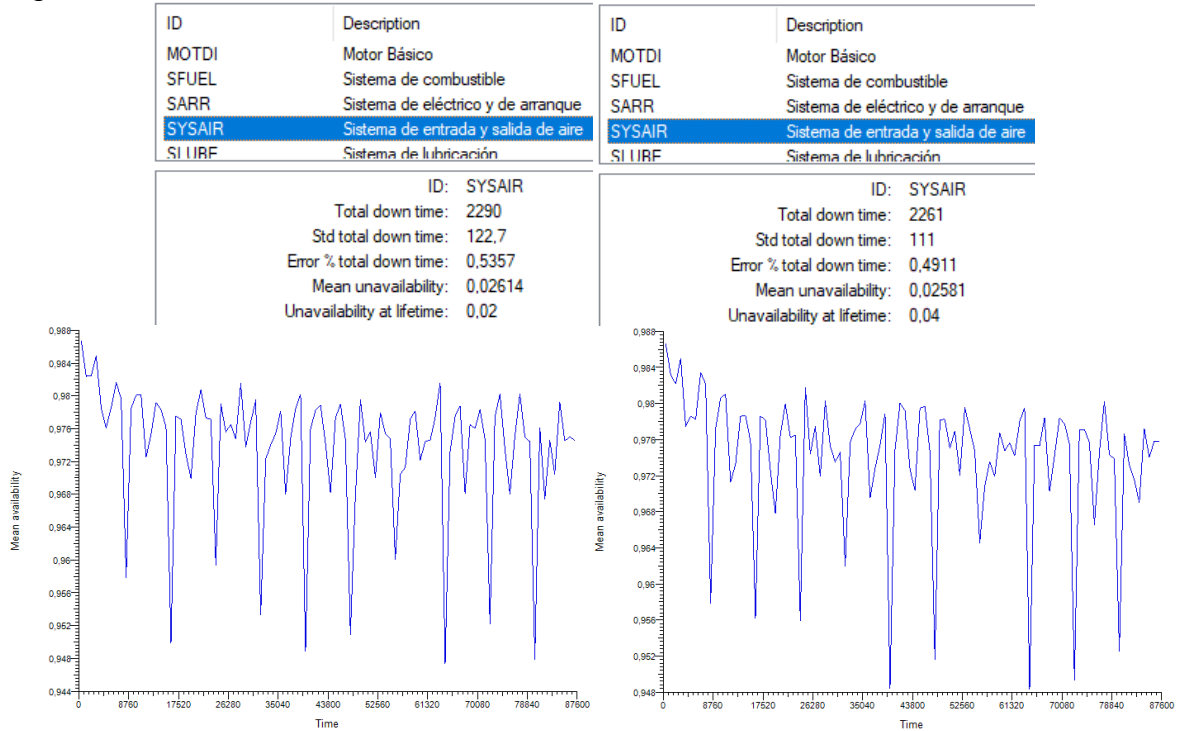
En general, disponibilidad del plan actual está por encima de 97% y con el plan propuesto sería superior a 97.4%, es decir, que las actividades propuestas en el análisis teóricamente no afectarían la operación ni los tiempos de mantenimiento.

Figura 20. Resultados de la simulación del sistema de lubricación



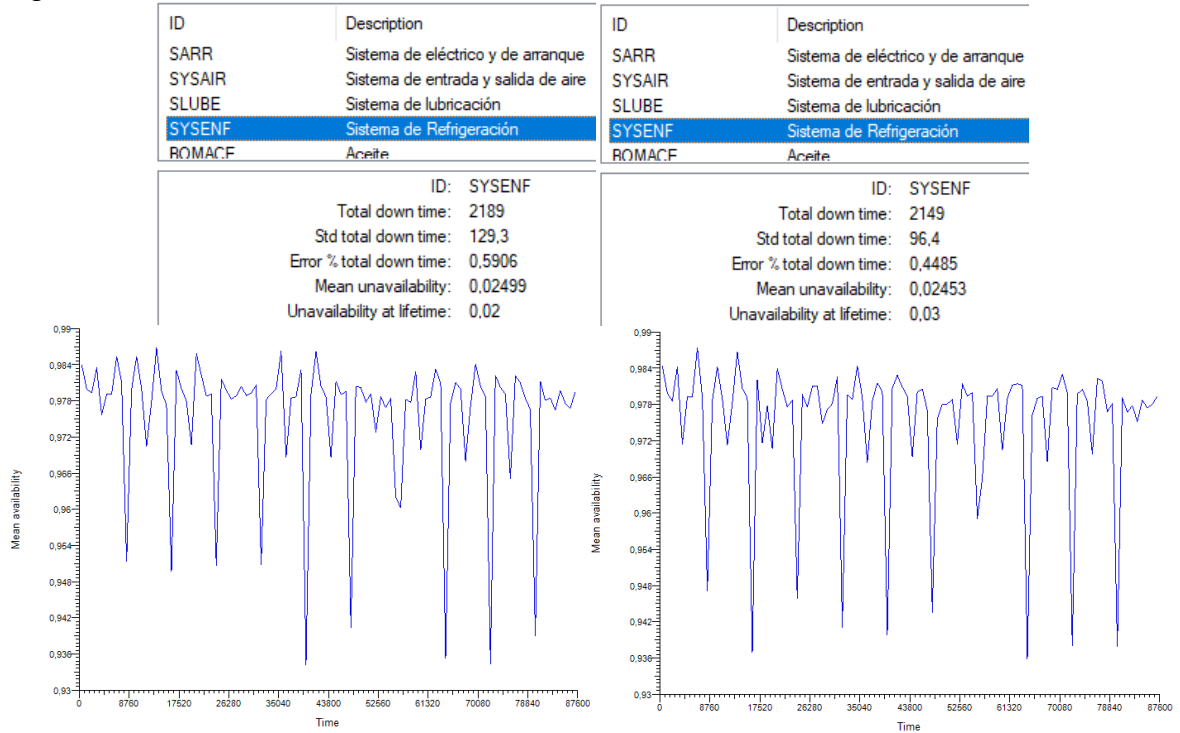
SYSAIR: La indisponibilidad media del sistema de entrada y salida de aire para el plan actual es de 2,6% y es el único sistema que al llevarse a cabo el plan propuesto se incrementan los eventos recurrentes durante el final de la vida útil del activo, aproximadamente luego de 7 años de operación, sin embargo, la indisponibilidad nunca estaría por debajo de 94.8%.

Figura 21. Resultados de la simulación del sistema de entrada y salida de aire



SYENF: Las indisponibilidades medias para el sistema de enfriamiento y/o refrigeración en los dos casos, tanto para el plan de mantenimiento actual como para el plan de mantenimiento propuesto son muy similares, están alrededor de 2.4%, no obstante, no fue posible disminuir significativamente los peores periodos de indisponibilidad, dado que son mantenimientos preventivos que obligatoriamente se deben realizar para garantizar la condición operativa del activo.

Figura 22. Resultados de la simulación del sistema de refrigeración



### 8.3 ANÁLISIS DE COSTOS

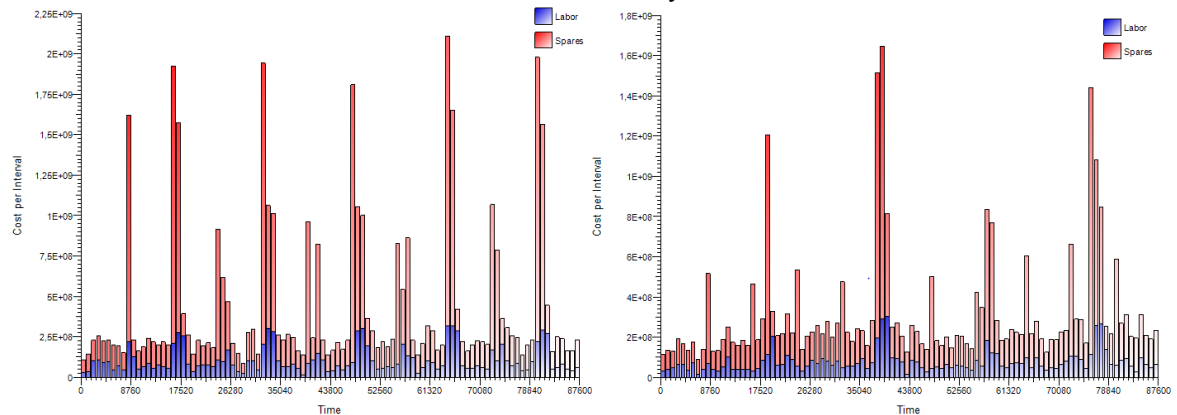
Las estimaciones fueron realizadas con los datos de consumos de repuestos a lo largo de todo el periodo operativo de la unidad y para estimar los costos asociados al talento humano se tuvieron en cuenta las notificaciones de las ordenes de mantenimiento que se encontraron registradas en SAP, es decir, si en algún momento se llevó a cabo un mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, y no quedó registrado en la base de datos el consumo de repuestos o las horas hombre asociadas a esas actividades, no serán tenidas en cuenta para el análisis.

La estimación de consumo de repuestos no diferencia el tipo de mantenimiento, es decir, se consolidaron los repuestos que se utilizaron tanto en mantenimiento correctivo como los que están incluidos en las proyecciones para mantenimiento preventivos.

Hay algunas actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo que se podrían llevarse a cabo con un solo técnico, pero los estándares del cliente no lo permiten, en estos casos, se deben ejecutar las actividades con mínimo dos personas, la estimación se realizó incluyendo estas dos personas para las actividades, excepto para aquellas tareas en las que en efecto sea necesario más de 2 personas.

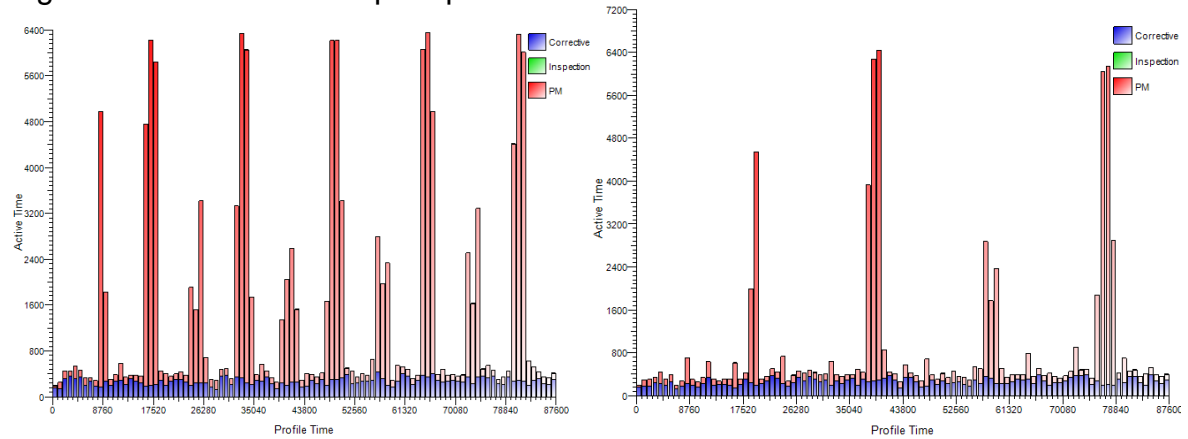
En el plan propuesto se enfoca en las actividades de mantenimiento mayor, se observa un leve aumento en el costo de mano de obra, especialmente cada 18000 horas, dado que una buena intervención en esos mantenimientos lleva la condición del activo a casi como nuevo. También se ajustaron las rutinas de alta frecuencia, que dado el impacto operacional y lo evidenciado en el cálculo de tiempo medio entre fallas, se pueden extender algunas actividades sin llegar a afectar la disponibilidad del sistema.

Figura 23. Estimación de costos de repuestos y talento humano



Para extender las frecuencias en algunas rutinas de mantenimiento, fue necesario complementarlas en algunos casos por inspecciones o por monitoreos CBM, algunos de estos son análisis termodinámico al motor o análisis de vibraciones a alguno de los 3 equipos (motor – caja de velocidades – bomba), adicional se identificó una oportunidad de mejora en el software que tiene la compañía llamado Historian Trend, en donde se puede visualizar en tiempo real el comportamiento de las variables operativas del activo, con esta aplicación se puede enlazar para extraer esa información y generar alertas como envíos de correos instantáneos antes el sobrepaso de límites en los sistemas de protección.

Figura 24. Horas hombre por tipo de mantenimiento

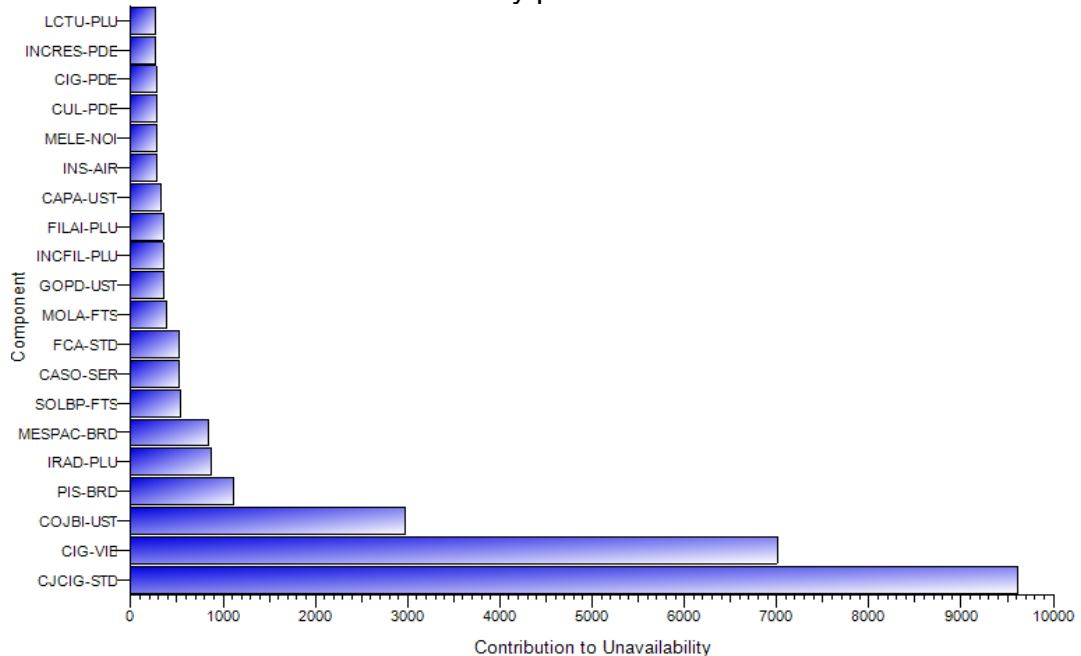


## 8.4 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS

Como resultado del análisis, se encuentran dos modos de falla asociados al sistema básico motor específicamente en el cigüeñal, son fallas que generan indisponibilidad del sistema debido a deficiencias estructurales y vibraciones en este componente, para el primer caso pueden deberse a sobretorques producidos por una operación incorrecta o también pueden darse cuando hay deficiencias en lubricación y pueden llegar a verse reflejadas en tratamientos térmicos en los muñones de bancadas o en los muñones de bielas, estos dos modos de falla pueden perjudicar el activo si no se atiende a tiempo, el costo del componente es considerable, adicional el tiempo de parada por reposición del componente también sería elevado, pues el fabricante por lo general no tiene en inventario repuestos de baja rotación y de alto costo, sino que maneja pedidos por solicitud.

El tercer modo de falla que durante el análisis generó mayor indisponibilidad, fue el de parada inesperada generado por los cojinetes de las bielas, durante la simulación se logró evidenciar que estos componentes el fabricante recomienda cambiarlos cada 8000 horas, pero si el activo es operado de manera correcta, es decir, sin generarle sobreesfuerzos, se garantizan periodos de lubricación antes y después de arrancar la unidad, se asegura la presión de aceite y estado correcto del aceite, los casquetes de bielas pueden extender su vida útil considerablemente, incluso en otros motores de las mismas características, extendieron los cambios hasta 12000 horas y el componente no sufrió daños y aún tenía el babbitt en buen estado.

Figura 25. Modos de fallas recurrentes y potenciales



## 9 CONCLUSIONES

- Con la información suministrada por el cliente, se estimó que el sistema de bombeo tiene una indisponibilidad media de 32.39%.
- Acorde con los resultados del análisis, el sistema que menor disponibilidad tiene es el motor básico con 74.58%, allí se propusieron la mayoría de las modificaciones en la estrategia de mantenimiento.
- Los componentes que se consideran críticos por el tiempo de indisponibilidad que pueden llegar generarle al sistema son:

CJCIG: Cojinetes de cigüeñal (de bancada)

CIG: Cigüeñal

COJBI: Cojinetes de biela

PIS: Pistones

IRAD: Enfriador auxiliar ICA

MESPAC: Acople motor-caja de velocidades-bomba

- Si no se realizara el plan de mantenimiento preventivo y predictivo con la estrategia sugerida, la disponibilidad operacional del sistema estaría 9.83% por debajo de la estrategia actual, lo equivalente a aproximadamente 860 horas por año, es decir, para el periodo de operación (10 años), estaría indisponible cerca de 1 año.
- Se reduce aproximadamente el 25% del tiempo total de inactividad para la estrategia sugerida, es decir, que con son más efectivas las rutinas y frecuencias de mantenimiento preventivo y predictivo.
- El costo de consumo de repuestos se ve reducido significativamente para los mantenimientos Top End Overhaul de la estrategia actual, disminuyen alrededor de 50% específicamente en esta actividad, sin embargo, aumentan los costos por inspecciones o mantenimientos predictivos en 15%, que visto desde el aspecto económico es totalmente viable y visto desde la integridad del activo, garantiza el buen funcionamiento del activo con una rutina de mayor frecuencia.
- La estrategia que está implementando el cliente en los otros motores de las mismas características de las demás estaciones, de extender las frecuencias de los mantenimientos mayores, es viable y así mismo puede ser aplicada a este sistema.

## 10 RECOMENDACIONES

- Los cálculos y resultados de las simulaciones deben ser revisados en detalle por el departamento de ingeniería, si bien teóricamente se pueden extender las frecuencias de algunas rutinas de mantenimiento, dependen en gran mayoría de la correcta operación, que para esta estación es soportada por otro contratista.
- De llegar a implementarse la estrategia sugerida por el análisis, es indispensable que las frecuencias que allí se plasmaron, se cumplan estrictamente, en específico las rutinas de monitoreo termodinámico y análisis de vibraciones, son actividades que detectan de primera mano si el equipo está operando fuera o dentro de parámetros.
- Durante la ejecución de los mantenimientos Top End Overhaul, por oportunidad se incluyeron actividades de cambio de algunos componentes dado que es una actividad que indisponde el sistema cerca de 480 horas por año en la estrategia actual, con estas actividades se garantiza que la extensión de las frecuencias de mantenimiento no incurra en fallas por desgaste de componentes menores.
- Se encontraron modos de fallas asociados a gestión de repuestos, es decir, no se cambiaron componentes a las frecuencias establecidas en la estrategia de mantenimiento, se recomienda tener disponibles todos los repuestos durante cada uno de los mantenimientos, esto incluye rutinas de mantenimientos menores y mayores.
- Dado que los costos de mantenimiento predictivo aumentaron al tener rutinas con mayor frecuencia, se recomienda que el cliente compre estos equipos, allí se reducirían costos por contratación de servicios externos y el cliente no sólo dispondría del equipo para esta unidad, sino también para los 9 sistemas principales que hay en la estación, incluso podrían ser utilizados en las demás estaciones donde tienen equipos de características similares.
- Si bien en algunas actividades, no se cumplen con los schedules de mantenimiento recomendados por el fabricante, el tener rutinas más específicas de CBM, permite generar curvas de desgaste de componentes, por medio de un seguimiento a componentes críticos y en general a partes móviles, se pueden estimar las curvas por degradación y evitar que los componentes lleguen a falla.

## BIBLIOGRAFÍA

BSI. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016). Bruselas. 2016. P. 20-195.

BUITRAGO, Francisco. Modelo de confiabilidad con metodología (RAM) para un sistema de bombeo de agua de inyección. Bogotá. 2018. P. 47.

CATERPILLAR, Inc. Maintenance Interval Schedule (SEBU7083). 2011. P. 2.

FLORES Marco, et al. Confiabilidad Operativa de Sistemas para Compresión de Gas y Generación Eléctrica en Complejos Petroleros. Cuernavaca. 2010. Vol. 21(3). P. 2.

KNOVEL. (2012). Introduction to Reliability Centered Maintenance. Obtenido de <https://rcmtrainingonline.com/wp-content/uploads/2017/10/The-RCM-Solution-Chapter-1.pdf>. P. 23-66.

LUKFIN, Industries. Installation\_Operation\_Maintenance Manual. Texas.2014. P.7.

MIHM, Paul. Mission Critical, Reliability centered maintenance: what's old is new again. 2015. P.2.

OCENSA, Oleoducto. 39MR-PIL-003-1-1. Miraflores-Boyacá. 2016. P. 1.

OCENSA. (2021). Oleoducto Central S.A.S, eficiencia en movimiento. Obtenido de <https://www.ocensa.com.co/Paginas/Quienes-somos.aspx>

PREDICTIVA. (2022). Predictiva 21. Obtenido de <https://predictiva21.com/20-3-bombas-horizontales-multietapas/>

PREDICTIVA. (2022). Predictiva 21. Obtenido de <https://predictiva21.com/analisis-confiabilidad-disponibilidad-sistema-bombeo/>

SAE, International. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. P. 3-33.

SIFONTE, Jesus. Norma SAE JA1011 – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). San Juan. 2018. P. 2.

TAMBRA, Lucia. Gestión de mantenimiento. CITEenergía. Lima. 2021. P. 4-5.  
UNE. Mantenimiento, terminología del mantenimiento EN13306. Madrid. 2018. P. 9

## **ANEXOS**

Anexo 1. Modos de falla y planeación de mantenimiento

ID Equipo	Descripción Equipo	Descripción Sistema	Descripción Subsistema	Descripción Componente	Función al componente
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Aceite	Proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles de la bomba y del incrementador
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Lubricar los elementos rodantes de la bomba principal
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Lubricar los elementos rodantes de la bomba principal
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Lubricar los elementos rodantes de la bomba principal
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Evitar el contacto del fluido bombeado con la atmósfera
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Evitar el contacto del fluido bombeado con la atmósfera
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Evitar el contacto del fluido bombeado con la atmósfera
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Auxiliares	Evitar el contacto del fluido bombeado con la atmósfera
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Elementos rodantes	Actuar como restricción entre las zonas de alta y baja presión
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Elementos rodantes	Permitir el libre giro de la pieza absorbiendo movimientos radiales
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Elementos rodantes	Generar la velocidad o energía cinética al líquido que se bombea.
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Elementos rodantes	Permitir el libre giro de la pieza absorbiendo movimientos radiales
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Núcleo	Transformar la energía cinética del fluido en presión
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Núcleo	Transmitir la energía suministrada por el equipo conductor
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Núcleo	Transmitir la energía suministrada por el equipo conductor
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Núcleo	Transmitir la energía suministrada por el equipo conductor
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Núcleo	Transformar la energía cinética del fluido en presión
BPC42010	Bomba centrífuga	Sistema principal de bombeo	Bomba	Protecciones	Convertir las señales de vibración radial de la bomba y generar pulsos para enviar alarmas al PLC
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Auxiliares	Fijar el incrementador al Skid
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Auxiliares	Fijar el incrementador al Skid
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Auxiliares	Retener material particulado mayor a 5µm
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Auxiliares	Permitir el ingreso y retorno de aceite lubricante
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos blandos	Evitar fugas de lubricante del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos blandos	Evitar fugas de lubricante del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos blandos	Evitar fugas de lubricante del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos rodantes	Permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos rodantes	Permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos rodantes	Permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos rodantes	Asegurar la concentricidad de los rodamientos y la carcasa del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Elementos rodantes	Permitir el giro libre del eje de baja velocidad del incrementador lado acoplado
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Instrumentación	Leer los parámetros de vibración de los ejes de alta y baja velocidad
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Instrumentación	Leer los parámetros de vibración de los ejes de alta y baja velocidad
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles de la bomba y del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Dar ajuste a los componentes internos del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Transmitir el torque del eje de baja y conducirlo al eje de la bomba
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Transmitir el torque del eje de baja y conducirlo al eje de la bomba
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Transmitir el torque del motor y conducirlo al eje de alta del incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Contener el aceite hidráulico de la bomba y la caja incrementador
BPC42010	Incrementador de velocidad	Sistema principal de bombeo	Caja incrementadora	Núcleo	Contener el aceite hidráulico de la bomba y la caja incrementador
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Motor Básico	Acople motor-incrementador-bc	Transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por el motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Motor Básico	Acople motor-incrementador-bc	Transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por el motor











ID Equipo	Descripción Equipo	Descripción Sistema	Descripción Subsistema	Descripción Componente	Función al componente
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de combustible	Líneas de inyección de combusti	Entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de la cámara de combustión
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de combustible	Líneas de inyección de combusti	Entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de la cámara de combustión
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de combustible	Sistema de detección de partícul	Detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada de aceite y generar una señal de disparo del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de combustible	Sistema de detección de partícul	Detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada de aceite y generar una señal de disparo del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de combustible	Sistema de detección de partícul	Detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada de aceite y generar una señal de disparo del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Caja de conexiones Junction Box	Transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Caja de conexiones Junction Box	Transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Caja de conexiones Junction Box	Transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Caja de conexiones Junction Box	Transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Caja de conexiones Junction Box	Transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Contactor de nivel de aceite	Leer el nivel de aceite del cárter e indicar si es viable el arranque del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de eléctrico y de arran	Mangueras sistema de arranque	Permitir el flujo de aire a una presión controlada
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Caseta de entrada de aire al mot	Alojar el filtro de aire y evitar el ingreso de agentes externos al proceso
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Caseta de entrada de aire al mot	Alojar el filtro de aire y evitar el ingreso de agentes externos al proceso
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Filtro de aire	Separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el aire del ambiente suministrado al motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Filtro de aire	Separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el aire del ambiente suministrado al motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Filtro de aire	Separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el aire del ambiente suministrado al motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Instrumentación motor sistema	Detectar y convertir el flujo de aire en pulsos para enviar alarmas al PLC
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de aire	Permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35 psi
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de escape de aire	Guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de escape de aire	Guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de escape de aire	Guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Líneas de escape de aire	Guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Manifold exhaust	Guiar la salida de gases de la combustión y aislar termicamente el motor del ambiente
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Manifold exhaust	Guiar la salida de gases de la combustión y aislar termicamente el motor del ambiente
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Manifold exhaust	Guiar la salida de gases de la combustión y aislar termicamente el motor del ambiente
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de entrada y salida de	Manifold exhaust	Guiar la salida de gases de la combustión y aislar termicamente el motor del ambiente







ID Equipo	Descripción Equipo	Descripción Sistema	Descripción Subsistema	Descripción Componente	Función al componente
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Líneas de agua	Permitir el paso de agua por las galerías de refrigeración del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Líneas de agua	Permitir el paso de agua por las galerías de refrigeración del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Regulador de temperatura	Sensar la temperatura del motor y regular la temperatura del refrigerante acorde a la velocidad de giro del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Regulador de temperatura	Sensar la temperatura del motor y regular la temperatura del refrigerante acorde a la velocidad de giro del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Regulador de temperatura	Sensar la temperatura del motor y regular la temperatura del refrigerante acorde a la velocidad de giro del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Regulador de temperatura	Sensar la temperatura del motor y regular la temperatura del refrigerante acorde a la velocidad de giro del motor
BPC42010	Motor de combustión	Sistema principal de bombeo	Sistema de Refrigeración	Tuberías	Enfriar y mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 150°C

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles de la Aceite sistema lube system		PDE	Desviación de parámetros	Degradación del aceite por tiempo de uso
No lubricar los elementos rodantes de la bomba principal	Bomba mecánica de lubricación	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No lubricar los elementos rodantes de la bomba principal	Bomba mecánica de lubricación	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción en líneas de lubricación de bomba IMO
No lubricar los elementos rodantes de la bomba principal	Línea de drenaje y venteo	INL	Fuga interna	Fuga por línea de drenaje y venteo
Permitir el contacto entre el fluido y la atmósfera	Sello mecánico	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
Permitir el contacto entre el fluido y la atmósfera	Sello mecánico	ELU	Fuga externa – medio de su	Humedecimiento de aceite por sello mecánico
Permitir el contacto entre el fluido y la atmósfera	Sello mecánico	HIO	Alta producción	Alta presión de aceite en sello mecánico
Permitir el contacto entre el fluido y la atmósfera	Sello mecánico	STD	Deficiencia estructural	Desgaste en caras de sellado
No restringir las zonas de alta y baja presión	Anillos de desgaste	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura de anillos
No permitir el libre giro de la pieza absorbiendo movimientos radiales	Cojinetes	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el libre giro del fluido por el impulsor	Impulsor	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el libre giro de la pieza absorbiendo movimientos radiales	Rodamiento radial	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de rodamientos
No transformar la energía cinética del fluido en presión	Carcasa	STD	Deficiencia estructural	Deformación de carcasa
No transmitir la energía suministrada por el equipo conductor	Eje	PDE	Desviación de parámetros	Desalineación del eje
No transmitir la energía suministrada por el equipo conductor	Eje	STD	Deficiencia estructural	Fatiga por ciclos de trabajo
No transmitir la energía suministrada por el equipo conductor	Eje	VIB	Vibración	Alta vibración
No transformar la energía cinética del fluido en presión	Línea de descarga	STD	Deficiencia estructural	Fisura de carcasa por incorrecta operación
No convertir las señales de vibración radial de la bomba y generar pulsos para enviar alarmas al PLC	Instrumentación de la bomba principal	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No fijar el incrementador al Skid	Espárragos de anclaje	VIB	Vibración	Alta vibración
No fijar el incrementador al Skid	Espárragos de anclaje	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No retener material particulado mayor a 5µm	Filtro respiradero	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Filtro saturado/taponado
No permitir el ingreso ni el retorno de aceite lubricante	Tubería de suministro de aceite	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción de líneas
Presentar fugas de lubricante	Empaque de tapa de inspección	ELU	Fuga externa – medio de su	Fisura de empaque de tapa de inspección
Presentar fugas de lubricante	Sellos de eje de alta y baja velocidad	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
Presentar fugas de lubricante	Tuerca de seguridad para rodamientos	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador	Cojinetes de eje de alta velocidad	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de cojinetes
No permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador	Cojinetes de eje de alta velocidad	VIB	Vibración	Alta vibración en operación
No permitir el giro libre del eje de alta velocidad del incrementador	Cojinetes de eje de alta velocidad	UST	Parada brusca	Parada de incrementador por vibración excesiva eje de alta velocidad
No asegurar la concentricidad de los rodamientos y la carcasa del incr	Portarodamientos en eje de baja velocidad	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de portarodamientos
No permitir el giro libre del eje de baja velocidad del incrementador	Rodamiento de baja velocidad LA y LL	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de rodamientos
No leer los parámetros de vibración de los ejes de alta ni de baja velo	Sensores de vibración	VIB	Vibración	Alta vibración
No leer los parámetros de vibración de los ejes de alta ni de baja velo	Sensores de vibración	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles de la Aceite sistema lube system		PLU	Taponamiento/ atascamiento	Contaminación del aceite
No dar ajuste a los componentes internos del incrementador	Carcasas	STD	Deficiencia estructural	Deformación de carcasa
No transmitir el torque del eje de baja ni conducirlo al eje de la bomb	Piñón de alta velocidad	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura de dientes
No transmitir el torque del eje de baja ni conducirlo al eje de la bomb	Piñón de alta velocidad	HIO	Alta producción	Desplazamientos axiales y radiales excesivos
No transmitir el torque del motor ni conducirlo al eje de alta del incre	Piñón de baja velocidad	HIO	Alta producción	Desplazamientos axiales y radiales excesivos
No contener el aceite hidráulico de la bomba y la caja incrementador	Reservorio de aceite	PDE	Desviación de parámetros	Contaminación del aceite
No contener el aceite hidráulico de la bomba y la caja incrementador	Reservorio de aceite	BRD	Ruptura	Fisura en reservorio de aceite hidráulico
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e	Acople	STD	Deficiencia estructural	Shims deteriorados por vida útil
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e	Acople	VIB	Vibración	Alta vibración

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e Acople		PDE	Desviación de parámetros	Desalineación con motor-incrementador
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e Acople		BRD	Ruptura	Ruptura de acople por fatiga
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e Guarda de acople		SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No transmitir la rotación al incrementador la rotación generada por e Tornillería de ajuste de acople		PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Árbol de levas	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Árbol de levas	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Árbol de levas	VIB	Vibración	Alta vibración
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Placa de empuje	VIB	Vibración	Alta vibración
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Placa de empuje	SER	Problemas menores en ser	Soltura de placa de empuje
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Placa de leva	SER	Problemas menores en ser	Soltura de placa de leva
No abrir ni cerrar las válvulas de admisión y escape de la culata	Tornillería de ajuste de secciones de árb	STD	Deficiencia estructural	Fatiga por ciclos de trabajo
No mantener estables las rpms del motor	Adaptador	SER	Problemas menores en ser	Soltura de adaptador
No mantener estables las rpms del motor	Carcasa	VIB	Vibración	Alta vibración
No mantener estables las rpms del motor	Collar	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No mantener estables las rpms del motor	Eje Piñón	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura en piñón de barring
No mantener estables las rpms del motor	Eje Piñón	SER	Problemas menores en ser	Soltura de piñón de barring
No mantener estables las rpms del motor	Juntas tóricas/retenedores	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No mantener estables las rpms del motor	Tornillería de anclaje de barring	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Arandelas de tapas bancadas		STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Bloque de cilindros		STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Camisas		OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Chorros de enfriamiento		PLU	Taponamiento/ atascamier	Cooling jet taponado
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Chorros de enfriamiento		SER	Problemas menores en ser	Cooling jet suelto
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Cojinetes de árbol de levas		OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de cojinetes
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Espárragos de bancadas		PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Espárragos de bancadas		SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Espárragos de culatas		PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Espárragos de culatas		SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Juntas tóricas		STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Oring de camisas		OTH	Otro	Oring mordisqueado/pellizado
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Placas espaciadoras		OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote Sleeve		OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Soportes de motor	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Soportes de motor	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tapa de árbol de levas	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tapa de galería de refrigeración	STD	Deficiencia estructural	Corrosión
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tapa de inspección de cárter	ELU	Fuga externa – medio de su	Fuga de aceite por tapas de inspección
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tapa de válvulas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido por junta de tapa válvulas
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tapas de bancadas	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Tuercas de tapas de bancadas	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Válvula de alivio de presión	PLU	Taponamiento/ atascamier	Válvulas taponadas
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Válvula de alivio de presión	ELU	Fuga externa – medio de su	Fuga por componentes internos
No permitir el funcionamiento en su interior de los conjuntos de pote	Vibracones	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Cárter	BRD	Ruptura	Fisura en cárter por exposición a alta temperatura
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Cárter	OTH	Otro	Deficiente ajuste
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Filtro Strainer	PLU	Taponamiento/ atascamier	Filtro saturado/taponado
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Switch de nivel de aceite	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Tornillería del cárter	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No contener (430gal) de aceite lubricante del motor	Válvula de drenaje de aceite	BRD	Ruptura	Fisura de válvula de drenaje de aceite
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Adapter de cigüeñal	VIB	Vibración	Alta vibración
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Cigüeñal	VIB	Vibración	Alta vibración
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Cigüeñal	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Cigüeñal	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque operacional
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Cojinetes de cigüeñal	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de cojinetes
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Cojinetes de cigüeñal	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Piñón de cigüeñal	VIB	Vibración	Alta vibración
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Placa de empuje	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Sello delantero	ELU	Fuga externa – medio de su	Humedecimiento por sello delantero de cigüeñal
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Sello trasero	ELU	Fuga externa – medio de su	Humedecimiento por sello trasero de cigüeñal
No soportar los esfuerzos de los pistones ni convertir el movimiento	Sello trasero	VIB	Vibración	Alta vibración

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Biela	HIO	Alta producción	Fuera de especificaciones
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Bulón	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Cabeza de pistón	BRD	Ruptura	Ruptura de pistón por sobretorque operativo
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Cabeza de pistón	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Chavetas guía de tornillos de bielas	VIB	Vibración	Alta vibración
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Cojinetes de bielas	UST	Parada brusca	Parada por daño de cojinetes de bielas
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Cojinetes de bielas	PDE	Desviación de parámetros	Desalineación de cojinetes
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Cojinetes de bulones	PDE	Desviación de parámetros	Desalineación de cojinetes
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Pin de bulón	PDE	Desviación de parámetros	sobreesfuerzo
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Termoencogible de tornillos de bielas	VIB	Vibración	Alta vibración
No transmitir la energía generada por combustión a la transmisión	Tuercas de bielas	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Culata	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Culata	PDE	Desviación de parámetros	Fuera de especificaciones
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Culata	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de aceite por culata
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Culata	STD	Deficiencia estructural	Culata fuera de parámetros
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Resorte de válvula de admisión	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Resorte de válvula de escape	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Tuerca de culata	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Válvula de admisión	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No sellar la cabeza del piston permitiendo el intercambio de gases	Válvula de escape	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No amortiguar las vibraciones generadas en el motor ni estabilizar el	Cojinetes en nylon	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No amortiguar las vibraciones generadas en el motor ni estabilizar el	Espaciador	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No amortiguar las vibraciones generadas en el motor ni estabilizar el	Sello de dámper	OTH	Otro	Oring mordisqueado/pellizcado
No amortiguar las vibraciones generadas en el motor ni estabilizar el	Sello de dámper	VIB	Vibración	Alta vibración
No amortiguar las vibraciones generadas en el motor ni estabilizar el	Tapa	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No sensar la temperatura del motor y convertila en pulsos y enviar alarmas al PLC	Instrumentos de la culata	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Balancín	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Cojinetes de balancín	OHE	Sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento de cojinetes
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Ductos de lubricación	PLU	Taponamiento/ atascamier	Taponamiento de ductos
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Eje	PDE	Desviación de parámetros	Eje de balancín desalineado
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Puentes de válvulas	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Puentes de válvulas	BRD	Ruptura	Puente fisurado
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Tuerca de ajuste de calibración	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No transmitir el movimiento del árbol de levas hacia las válvulas de a	Varilla impulsadora	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No asegurar los componentes del frente del motor ni dar ajuste a las	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No asegurar los componentes del frente del motor ni dar ajuste a las	Sensor de velocidad	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No asegurar los componentes del frente del motor ni dar ajuste a las	Sensor de velocidad	PDE	Desviación de parámetros	Sobrecorrientes
No asegurar los componentes del frente del motor ni dar ajuste a las	Tapa delantera	OTH	Otro	Deficiente ajuste
No asegurar los componentes del frente del motor ni dar ajuste a las	Tornillería de ajuste de tapa delantera	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No asegurar los componentes de la parte posterior del motor ni dar a	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No asegurar los componentes de la parte posterior del motor ni dar a	Lápida	SER	Problemas menores en ser	Deficiente ajuste
No asegurar los componentes de la parte posterior del motor ni dar a	Tapa trasera	OTH	Otro	Deficiente ajuste
No asegurar los componentes de la parte posterior del motor ni dar a	Tornillería de ajuste de tapa trasera	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Arandela de empuje	VIB	Vibración	Alta vibración
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Cojinetes de piñones locos	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Eje de piñones locos	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura de eje
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Piñon loco de 67 dientes	HIO	Alta producción	Alto desplazamiento backlash
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Piñon loco de 68 dientes	HIO	Alta producción	Alto desplazamiento backlash
No transmitir la rotación del cigüeñal a los árboles de levas	Tornillería de ajuste de piñones locos	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No aliviar la presión al interior de la cámara de combustión	Protectores térmicos	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No aliviar la presión al interior de la cámara de combustión	Válvula	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura por exposición a alta temperatura
No mantener la inercia del motor para transmitir le movimiento al fle	Piñon de volante	PDE	Desviación de parámetros	Desalineación
No mantener la inercia del motor para transmitir le movimiento al fle	Tornillería de ajuste de volante a bloque	OTH	Otro	Deficiente ajuste
No bombea combustible a las líneas de combustible del motor	Bomba de mano	OTH	Otro	Montaje incorrecto
No bombea combustible a las líneas de combustible del motor	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No bombea combustible a las líneas de combustible del motor	Tuberías	VIB	Vibración	Alta vibración
No bombea combustible a las líneas de combustible del motor	Tuberías	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura en tuberías de combustible de entrada y salida de bom
No bombea combustible a las líneas de combustible del motor	Tuberías	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Eje	VIB	Vibración	Alta vibración
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Juntas tóricas/sello de labio/retenedor	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de aceite por junta tórica de bomba de transferencia
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Piñones	HIO	Alta producción	Alto desplazamiento backlash
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Resorte	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Resorte	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste
No despachar el combustible a las líneas de combustible del motor	Tuberías	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas
No controlar la inyección de combustible a la culata acorde a lo indica	Aceite de gobernador	LOO	Baja producción	Bajo/insuficiente nivel de aceite

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No controlar la inyección de combustible a la culata acorde a lo indica Gobernador		VIB	Vibración	Alta vibración
No controlar la inyección de combustible a la culata acorde a lo indica Juntas tóricas		ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No controlar la inyección de combustible a la culata acorde a lo indica Varilla de combustible		SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No mantener la presión de combustible constante en todos los 16 pu	Rótula de varillas de combustible	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Caja de filtros	PLU	Taponamiento/ atascamier	Contaminación de caja de filtros de combustible
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Elemento filtrante	PLU	Taponamiento/ atascamier	Saturación de filtros
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Elemento filtrante	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Juntas tóricas/retenedores	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Racores	VIB	Vibración	Alta vibración
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Tuberías	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura en tuberías de combustible de entrada y salida de filtro
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Tuberías	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Válvula de drenaje de combustible	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de válvula
No controlar la velocidad del motor	Coupling del gobernador	STD	Deficiencia estructural	Dientes desgastados
No controlar la velocidad del motor	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No controlar la velocidad del motor	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Junta mordisqueada/pellizcada
No controlar la velocidad del motor	Juntas tóricas	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No controlar la velocidad del motor	Piñon del drive	FTS	Falla en el arranque bajo de	No transmite potencia
No controlar la velocidad del motor	Piñon del drive	UST	Parada brusca	Salida inesperada por falla de comunicación del gobernador
No controlar la velocidad del motor	Piñon del drive	PDE	Desviación de parámetros	Desalineación
No controlar la inyección de combustible a la culata acorde a lo indica	Instrumentos del sistema de combustible	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No suministrar combustible atomizado a la cámara de combustión	Aguja	BRD	Ruptura	Ruptura/fisura de aguja
No suministrar combustible atomizado a la cámara de combustión	Aguja	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No suministrar combustible atomizado a la cámara de combustión	Aguja	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura por falla en pulverización
No suministrar combustible atomizado a la cámara de combustión	Plunger	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de plunger
No suministrar combustible atomizado a la cámara de combustión	Tobera	LOO	Baja producción	Baja temperatura
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Abrazaderas	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Mangueras sistema de combustible	ELF	Fuga externa - combustible	Manguera presenta humedecimiento de combustible
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Racores	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Tuberías/tubings	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura en tuberías de combustible
No permitir el paso de combustible a una presión entre 50 y 80 psi	Tuberías/tubings	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas
No entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de l	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de l	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de l	Racores	VIB	Vibración	Alta vibración
No entregar dosificado el combustible para que se queme dentro de l	Tuberías/tubings	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas
No detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada d	Mangueras del sistema de detección de BRD		Ruptura	Desgaste por vibración normal de operación
No detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada d	Sensor detector de partículas	AIR	Lectura anormal en instrun	No hay lectura del sensor de partículas
No detectar presencia de partículas metálicas en la línea de entrada d	Tarjeta detectora de partículas	PDE	Desviación de parámetros	Mesh de filtrado superior al especificado por el fabricante
No transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa	Puentes	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa	Terminal de bloques	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa	Tira de terminales	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No transmitir las señales de los instrumentos hacia el PLC y viceversa	Tira de terminales	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No leer el nivel de aceite del cárter ni indicar si es viable el arranque c	Switch de nivel liquido	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el flujo de aire a una presión controlada	Mangueras sistema de arranque	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de manguera por fisura en manguera
No alojar el filtro de aire ni evitar el ingreso de agentes externos al pr	Carcasas	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No alojar el filtro de aire ni evitar el ingreso de agentes externos al pr	Manguera	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Elemento filtrante	PLU	Taponamiento/ atascamier	Saturación del filtro
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Elemento filtrante	OTH	Otro	Montaje incorrecto, filtro no cumple con las especificaciones
No separar el material particulado mayor a 2 micras contrenido en el	Manguera	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No detectar ni convertir el flujo de aire en pulsos para enviar alarmas al PLC	Instrumentos del sistema de aire	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Cableado	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Filtro de línea de entrada de aire de arr	PLU	Taponamiento/ atascamier	Saturación del filtro
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Mangueras de entrada motores de arra	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Motor de arranque	FTS	Falla en el arranque bajo d	Motor de arranque no enciende
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Solenoides	FTS	Falla en el arranque bajo d	Solenoides no disparan
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Solenoides	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el paso de aire de arranque a una presión entre 15 y 35ps	Vasos de lubricación	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación por bajo nivel de aceite
No guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape	Adaptador de escape	VIB	Vibración	Alta vibración
No guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape	Carcasa de salida de aire	VIB	Vibración	Alta vibración
No guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape	Múltiple de escape de culata	STD	Deficiencia estructural	Pérdida de espesor por fatiga térmica
No guiar la salida de gases calientes hacia los tubos de escape	Tornillería de ajuste de líneas de escape	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No guiar la salida de gases de la combustión ni aislar termicamente el	Colector	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No guiar la salida de gases de la combustión ni aislar termicamente el	Juntas flexibles	BRD	Ruptura	Junta fisurada
No guiar la salida de gases de la combustión ni aislar termicamente el	Protectores térmicos	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No guiar la salida de gases de la combustión ni aislar termicamente el	Termopozo	OTH	Otro	deficiente ajuste

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte	
No guiar la salida de gases de la combustión ni aislar termicamente el	Tornillería de ajuste de manifold de escape	OHE	Sobrecalentamiento	alta temperatura	
No guiar la salida de gases calientes hacia los turbocargadores y tubos	Alambres	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste	
No guiar la salida de gases calientes hacia los turbocargadores y tubos	Protectores térmicos	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura	
No mantener la temperatura de refrigerante entre 115°F y 165°F	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración	
No mantener la temperatura de refrigerante entre 115°F y 165°F	Empaques	ELU	Fuga externa – medio de sellado	Empaque mordisqueado/fisurado	
No mantener la temperatura de refrigerante entre 115°F y 165°F	Núcleo	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Saturación del núcleo	
No mantener la temperatura de refrigerante entre 115°F y 165°F	Tubos	OTH	Otro	Montaje incorrecto	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Cartucho	VIB	Vibración	Alta vibración	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Cartucho	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Difusor	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Difusor	BRD	Ruptura	Roce de turbina con casing	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Difusor	PDE	Desviación de parámetros	Sobretorque en ajuste	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Empaques	ELU	Fuga externa – medio de sellado	Empaque mordisqueado/fisurado	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del proceso	Fuga de fluido de proceso	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Pickup turbocargador	AIR	Lectura anormal en instrumento	Error de comunicación	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Tornillería de ajuste de turbocargador	OHE	Sobrecalentamiento	alta temperatura	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Tubería de lubricación	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción de líneas	
No comprimir el aire de entrada requerido por el motor	Tubería de refrigeración	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción de líneas	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Cableado	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Manguera de válvula de corte de aire	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Paleta	UST	Parada brusca	Disparo de válvula erróneo	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Solenoides	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Solenoides	VIB	Vibración	Alta vibración	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Tornillería de ajuste de válvula de corte	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura	
No cortar el suministro de aire al motor para detenerlo en paradas de	Tubos/Codos/Conectores	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste	
No proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles del	Motor	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Contaminación del aceite	
No proporcionar una capa de lubricante entre las partes móviles del	Motor	PDE	Desviación de parámetros	Degradación del aceite por tiempo de uso	
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del	motor	Housing	Vibración	Alta vibración	
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del	motor	Mangueras	Vibración	Alta vibración	
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del	motor	Motor neumático	OTH	Otro	Operación inadecuada
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del	motor	Piñón	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura de dientes

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del mot	Racores	VIB	Vibración	Alta vibración
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del mot	Rotor	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del mot	Sello de labio	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del mot	Solenoide	FTS	Falla en el arranque bajo de	No dispara ante requerimiento
No levantar la presión entre 15 y 20psi durante los arranques del mot	Switch de bomba de prelubricación	AIR	Lectura anormal en instrun	Error de comunicación
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	Cojinete	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	Eje conducido	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	Eje conductor	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	engranaje	HIO	Alta producción	Desplazamientos axiales y radiales excesivos
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	junta tórica	ELU	Fuga externa – medio de su	Desgaste por vida útil
No bombear el aceite lubricante a la galería de lubricación del motor	Tornillería	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 40psi para lubricar	Empaquetadura	ELU	Fuga externa – medio de su	Desgaste por vida útil
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Elemento filtrante	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Liner	PLU	Taponamiento/ atascamier	Saturación de liner
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Rotor	OTH	Otro	Montaje incorrecto
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Tubings	ELP	Fuga externa - medio del pi	Operación inadecuada
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Válvula de corte	OTH	Otro	Montaje incorrecto
No separar el material particulado mayor a 14 micras contenido en el	Elemento filtrante	PLU	Taponamiento/ atascamier	Saturación de filtros
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 40psi para lubricar	Mangueras	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 40psi para lubricar	Racores-Soportes-Clips	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 40psi para lubricar	Tuberías-Tubings	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 40psi para lubricar	Válvula de drenaje de cárter	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 45psi para lubricar	Mangueras	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No permitir el flujo de aceite limpio a una presión 45psi para lubricar	Tubings	PLU	Taponamiento/ atascamier	Obstrucción de líneas

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No permitir el suministro de aceite al cárter del motor	Codo	STD	Deficiencia estructural	Desgaste en rosca de ajuste
No permitir el suministro de aceite al cárter del motor	Medidor de nivel	OTH	Otro	Montaje incorrecto
No permitir el suministro de aceite al cárter del motor	Tapa	STD	Deficiencia estructural	Desgaste en rosca de ajuste
No evacuar ni recircular los gases que se acumulan en el cárter del motor	Abrazaderas	VIB	Vibración	Alta vibración
No evacuar ni recircular los gases que se acumulan en el cárter del motor	Respiadores-Mangueras	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No evacuar ni recircular los gases que se acumulan en el cárter del motor	Tubería	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura en tuberías de respiraderos del cárter
No evacuar ni recircular los gases que se acumulan en el cárter del motor	Tubería	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción de líneas
No controlar el flujo de aceite que ingresa a la galería de lubricación del motor	Cuerpo de válvula	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación
No controlar el flujo de aceite que ingresa a la galería de lubricación del motor	Oring de sello	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No controlar el flujo de aceite que ingresa a la galería de lubricación del motor	Pistón de entrada	ERO	Producción errática	Deficiente lubricación
No controlar el flujo de aceite que ingresa a la galería de lubricación del motor	Pistón del control de la válvula y del pistón	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Obstrucción de líneas
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Bomba auxiliar de agua	STD	Deficiencia estructural	Desgaste de componentes internos
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Juntas tóricas/Sello de labio	ELP	Fuga externa - medio del pistón	Fuga de fluido de proceso
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Juntas tóricas/Sello de labio	ELP	Fuga externa - medio del pistón	Bomba de agua presenta fuga de agua por juntas tóricas
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Juntas tóricas/Sello de labio	ELP	Fuga externa - medio del pistón	Humedecimiento por deterioro de sello de bomba
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Piñón de 38 dientes	STD	Deficiencia estructural	Desgaste/fisura de dientes
No enviar agua a una presión superior a 35psi a las galerías de refrigeración	Tornillería	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Abrazaderas	SER	Problemas menores en ser	deficiente ajuste
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Empaques	ELU	Fuga externa – medio del pistón	Empaque mordisqueado/fisurado
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Juntas tóricas/Sello de labio	ELP	Fuga externa - medio del pistón	Fuga de fluido de proceso
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Núcleo de enfriador de aceite	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Saturación de núcleo
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Regulador de temperatura de aceite	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Soportes de núcleos de enfriador de aceite	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No enfriar ni mantener la temperatura de aceite entre 140°C y 180°C	Tubos frontales	VIB	Vibración	Alta vibración
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Chumaceras del ventilador	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Chumaceras del ventilador	LOO	Baja producción	Lubricación deficiente
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Chumaceras del ventilador	VIB	Vibración	Alta vibración
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Instrumentación del ventilador	VIB	Vibración	Alta vibración
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Instrumentación del ventilador	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Motores eléctricos	NOI	Ruido	Opera con ruido excesivo
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Motores eléctricos	SER	Problemas menores en ser	Motor no mantiene RPM
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Motores eléctricos	FTS	Falla en el arranque bajo de	Motor no arranca
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Radiador	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Contaminación de radiador con material particulado exterior
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Radiador	LOO	Baja producción	Pérdida de eficiencia por desgaste por vida útil
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Radiador	STD	Deficiencia estructural	Pérdida de eficiencia por desgaste por vida útil
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Tuberías de ingreso y salida de refrigerante	PLU	Taponamiento/ atascamiento	Taponamiento de ductos
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C y 180°C	Tuberías de ingreso y salida de refrigerante	ELU	Fuga externa – medio del pistón	Fuga de refrigerante por tubería
No sensar la temperatura del motor ni regular la temperatura del refrigerante	Instrumentos del sistema de refrigeración	AIR	Lectura anormal en instrumentos	Error de comunicación
No permitir el paso de agua por las galerías de refrigeración del motor	Juntas tóricas	ELP	Fuga externa - medio del pistón	Fuga de fluido de proceso

Falla funcional	Descripción Parte	Código Modo Falla	Descripción modo de falla	Descripcion modo de falla de cada parte
No permitir el paso de agua por las galerías de refrigeración del moto	Mangueras de refrigeración de turbos	VIB	Vibración	Alta vibración
No permitir el paso de agua por las galerías de refrigeración del moto	Múltiple de refrigeración de culata	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga por multiple de refrigeración
No sensor la temperatura del motor ni regular la temperatura del refr	Carcasa de regulador	OHE	Sobrecalentamiento	Alta temperatura
No sensor la temperatura del motor ni regular la temperatura del refr	Juntas tóricas/Sello de labio	ELP	Fuga externa - medio del pi	Fuga de fluido de proceso
No sensor la temperatura del motor ni regular la temperatura del refr	Juntas tóricas/Sello de labio	ELU	Fuga externa – medio de su	Junta mordisqueada/pellizcada
No sensor la temperatura del motor ni regular la temperatura del refr	Termostato regulador de temperatura c	STD	Deficiencia estructural	Desgaste por vida útil
No enfriar y ni mantener la temperatura de refrigerante entre 120°C	Tubería del sistema de refrigeración	ELP	Fuga externa - medio del proceso	Corrosión interna de tuberías

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	ANÁLISIS DE ACEITE	ALS-PDE-CO	Cambio de 300 galones de aceite	48,5	16	6
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	IMO-STD-CO	Cambio de bomba IMO		3	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	IMO-PLU-CO	Desmonte de bomba IMO, flushing a líneas y a bomba,		4	2
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	LDR-INL-CO	Desmontar línea y cambiar tubería de d	5,5	5,5	10
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	SELMEC-ELP-CO	Cambio de juntas tóricas del sello mecá	63	63	8
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	SELMEC-ELU-CO	Cambio de juntas tóricas del sello mecá	36,5	36,5	5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	SELMEC-HIO-CO	Revisión del sistema de sellado de la bo	32,3	32,3	5
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	SELMEC-STD-CO	Cambio de caras de sellado, caras fijas y	64	64	6
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	WEARR-STD-CO	Cambio de anillos de desgaste		36	12
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	COJPUM-STD-CO	Cambio de cojinetes de bomba		24	12
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	IMPUMP-STD-CO	Cambio de impulsor		24	12
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	METROLOGÍA COMPONENTES	RODRA-OHE-CO	Cambiar rodamientos	192	192	8
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	PUMCAR-STD-CO	Reparación de carcasa		48	20
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	PUMSHA-PDE-CO	Cambio de eje		15	15
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	PUMSHA-STD-CO	Reparación de rosca de eje de bomba p	49,6	49,6	10
FALLA MECÁNICA - FATIGA	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	PUMSHA-VIB-CO	Revisión de instrumentos de medición, i	18	18	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PUML-STD-CO	Desmonte de línea, corrección de línea	37,9	37,9	5
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INS-AIR-CO	Verificar calibración del instrumento de	9,1	9,1	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	INCANC-VIB-CO	Ajuste de esparrágos de anclaje de gearbox		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	INCANC-STD-CO	Cambio de espárragos y torqueo		4	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	INCFIL-PLU-CO	Cerrar válvulas aguas arriba y aguas abajo, realizar flush		6	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	INCTUB-PLU-CO	Flushing a líneas		3	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	INCEMP-ELU-CO	Cambio de empaque de tapa de inspecc	4	4	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	INCSEL-ELP-CO	Cambio de sellos		8	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	INCTUE-SER-CO	Ajuste de tuerca		1	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	INCCOJ-OHE-CO	Cambio de cojinetes		5	2
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	METROLOGÍA COMPONENTES	INCCOJ-VIB-CO	Desarme de carcasa superior, metrologi	173,3	173,3	5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	INCCOJ-UST-CO	Desarme de carcasa superior, metrologi	68	68	6
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	METROLOGÍA COMPONENTES	INCPOR-OHE-CO	Cambio de portarodamientos		7	2
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	METROLOGÍA COMPONENTES	INCROD-OHE-CO	Cambio de rodamiento		6	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	INCINS-VIB-CO	Ajuste y calibración de sensor		3	1
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INCINS-AIR-CO	Cambio del instrumento en falla	8,94	8,94	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	INCOIL-PLU-CO	Cambio de aceite y flushing a líneas		8	4
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	INCASE-STD-CO	Reparación de carcasas con mecanizado		16	10
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	METROLOGÍA COMPONENTES	INCGUP-STD-CO	Cambio de piñón de alta velocidad		32	120
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	INCGUP-HIO-CO	Cambio de arandelas axiales		5	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	INCGLW-HIO-CO	Cambio de arandelas axiales		5	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	INCRES-PDE-CO	Realizar cambio de aceite del sistema lube system, limp		16	6
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	INCRES-BRD-CO	Reparación con soldadura		8	8
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	MCOUPL-STD-CO	Cambio de shines de acople bomba-gea	14,5	14,5	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	MCOUPL-VIB-CO	Revisar estado de acople, realizar metrc	48	48	5

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	MCOUPL-PDE-CO	Corrección de alineación	24,75	24,75	4
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	MESPAC-BRD-CO	Cambio de acople	100,4	100,4	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	MGUARD-SER-CO	Ajuste de guarda		1	2
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	MSCREW-PDE-CO	Cambio de tornillería		1	1
FALLA OPE/MTTO - TAPONAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	MCAMSH-OHE-CO	Cambio de sección de árbol de levas		3	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	MCAMSH-SER-CO	Ajuste de árbol de levas		1	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	MCAMSH-VIB-CO	Ajuste de árbol de levas		1	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	MPLACA-VIB-CO	Cambio de placas de empuje		5	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	MPLACA-SER-CO	Ajuste de placa de empuje		1	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	MPLEVA-SER-CO	Ajuste de placa de leva		1	5
FALLA MECÁNICA - FATIGA	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	MSCCAM-STD-CO	Cambio de tornillería de árbol de levas		8	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	MADAPT-SER-CO	Ajuste de adaptador		2	4
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	MCASE-VIB-CO	Ajuste de carcasa		2	4
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	MCOLLA-OHE-CO	Cambio de collar		3	4
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	MEJEP-STD-CO	Cambio de piñón del barring		5	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	MEJEP-SER-CO	Ajuste de piñon		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MJUNT-OHE-CO	Cambio de junta tórica		1	4
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	MSANCL-SER-CO	Ajuste de tornillería		1	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BLOARA-STD-CO	Cambio de arandelas		24	5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BLOQUE-STD-CO	Reparación con metalizado o soldadura epóxica		48	15
FALLA MECÁNICA - PÉRDIDA DE LUBRICACIÓN	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	BCAMIS-OHE-CO	Cambio de camisa		24	5
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	BCOOLI-PLU-CO	Limpieza de cooling jet		2	4
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	BCOOLI-SER-CO	Ajuste de cooling jet		2	4
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	BCOJAR-OHE-CO	Cambio de cojinetes de árbol de levas		3	4
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BESBAN-PDE-CO	Cambio de espárragos		36	10
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BESBAN-SER-CO	Ajuste de espárragos		30	10
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BESFUL-PDE-CO	Cambio de espárragos		15	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BESFUL-SER-CO	Ajuste de espárragos		12	5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BJUNTA-STD-CO	Cambio de junta tórica		2	5
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	BORING-OTH-CO	Cambio de oring		2	5
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	BESPAC-OHE-CO	Cambio de placa		5	5
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	BSLEEV-OHE-CO	Cambio de sleeve		4	3

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BSOPRT-VIB-CO	Ajuste de soportes		2	1
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BSOPRT-SER-CO	Ajuste de soportes		2	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	BTCAMS-OHE-CO	Cambio de tapa de árbol de levas		1	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	BTGREF-STD-CO	Reparación de tapa		12	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BTCART-ELU-CO	Desmontar tapa y cambiar junta tórica	21,2	1	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BTV-ELP-CO	Desmante de tapa de válvulas y cambio	2,3	1	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BTABAN-SER-CO	Torqueo de tapas de bancada, alineación laser de túnel		36	5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BNUTBA-STD-CO	Cambio de tuercas		12	5
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	BVALVP-PLU-CO	Limpieza a válvulas		3	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	BVALVP-ELU-CO	Reparar válvula de alivio de cárter, caml	2	2	1
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BVIBR-SER-CO	Ajuste de vibracones		1	1
FALLA MECÁNICA - PERDIDA RIGIDEZ MEC.	INSPECCIÓN VISUAL	BCAR-BRD-CO	Cambio de cárter		48	5
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	BCAR-OTH-CO	Ajuste de cárter		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	BSTRA-PLU-CO	Cambio de filtro		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	SWCA-STD-CO	Cambiar el switch del nivel de aceite	12	5	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	SCWCA-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	VALDRE-BRD-CO	Cambio de válvula		5	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	ADAP-VIB-CO	Ajuste de adapter		10	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	METROLOGÍA COMPONENTES	CIG-VIB-CO	Realizar monitoreo de vibraciones, ajuste de bancadas		36	10
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	VERIFICAR ALINEACIÓN	CIG-OHE-CO	Medición de dureza, cambio de cigüeñal		480	20
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	CIG-PDE-CO	Realizar metrología al cigüeñal, realizar END, tintas pen		480	20
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	METROLOGÍA COMPONENTES	CJIG-OHE-CO	Cambio de cojinetes		200	16
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	CJIG-STD-CO	Cambio de cojinetes		200	16
FALLA MECÁNICA - FATIGA	METROLOGÍA COMPONENTES	PIÑCIG-VIB-CO	Ajuste de piñón		10	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PLEMP-STD-CO	Cambio de placa de empuje		8	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	RETDEL-ELU-CO	Cambiar el sello delantero de cigüeñal	22,5	6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	RETCIG-ELU-CO	Cambiar el sello trasero de cigüeñal	67,9	12	4
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	RETCIG-VIB-CO	Cambio de sello trasero		10	4

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	BIE-HIO-CO	Cambio de biela		36	5
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	BUL-ERO-CO	Cambio de bulón		36	5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	PIS-BRD-CO	Cambiar el pistón, revisión de camisa y l	543,5	168	10
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	PIS-ERO-CO	Cambio de pistón		36	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	CHAV-VIB-CO	Cambio de chavetas		36	5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	COJBI-UST-CO	Cambio de cojinetes de bielas y revisión	543,5	543,5	24
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	METROLOGÍA COMPONENTES	COJBI-PDE-CO	Cambio de cojinetes de bielas		24	5
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	METROLOGÍA COMPONENTES	COJBU-PDE-CO	Cambio de biela		36	5
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	METROLOGÍA COMPONENTES	PINB-PDE-CO	Cambio de bulón		36	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	TERM-VIB-CO	Cambio de tornillo de biela		24	5
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	NUTB-PDE-CO	Cambio de tuerca de biela		24	5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	PRUEBAS FUNCIONALES	CUL-OHE-CO	Pruebas de estanqueidad y calibración v	18,13	18,13	4
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	CUL-PDE-CO	Calibración valvular y de inyección	3	3	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	CUL-ELP-CO	Desmonte de culata y cambio de juntas	3,1	3,1	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	CUL-STD-CO	Colocar en tiempo el motor, calibración	6,3	6,3	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	SPVA-STD-CO	Cambio de culata		10	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	SPVE-STD-CO	Cambio de culata		10	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TCUL-STD-CO	Cambio de tuerca de culata		9	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	VADM-STD-CO	Cambio de culata		10	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	VESC-STD-CO	Cambio de culata		10	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	CNYL-OHE-CO	Cambio de cojinetes		8	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	DAME-SER-CO	Ajuste de espaciadores		6	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	DAMS-OTH-CO	Desmonte de dámper y cambio de oring		20	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCIÓN VISUAL	DAMS-VIB-CO	Ajuste de dámper		6	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	DTAP-SER-CO	Ajuste de tapa de dämpeter		6	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INCU-AIR-CO	Cambiar el instrumento en falla y realiza	8,4	6	1
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	BCIN-ERO-CO	Cambio de balancin		5	3
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	COJB-OHE-CO	Cambio de cojinetes de balacin		7	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	CUDC-PLU-CO	Flushing a balancin		4	2
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	METROLOGÍA COMPONENTES	CSH-PDE-CO	Cambio de eje de balancin		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MECJ-ELP-CO	Cambio de junta tórica		1	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	PUE-PDE-CO	Desmonte de puente, revisión por posibles fisura e inst:		8	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	PUE-BRD-CO	Cambio de puentes		5	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	NCAL-PDE-CO	Calibración de puentes		6	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	VAIM-ERO-CO	Cambio de varillas impulsadoras		4	3

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	JCAS-ELP-CO	Cambio de junta tórica		8	4
FALLA MECÁNICA - FATIGA	FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PICKM-AIR-CO	Cambiar pickup del motor	14,6	6	5
FALLA OPE/MTTO - SOBRECARGA	PRUEBAS FUNCIONALES	PICKM-PDE-CO	Calibración de sensor		6	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	HOUD-OTH-CO	Retorqueo de tapa		4	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	SCHP-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TTJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		8	4
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	LAP-SER-CO	Retorqueo de lápida		2	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	HOTT-OTH-CO	Retorqueo de tapa		3	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	TTAS-OHE-CO	Cambio de tornillería		4	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	AREM-VIB-CO	Cambio de arandela		3	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	CLOC-STD-CO	Cambio de cojinetes		7	5
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	METROLOGÍA COMPONENTES	SHLO-STD-CO	Cambio de eje		6	4
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	JTMS-ELP-CO	Cambio de junta tórica		12	4
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	PLS-HIO-CO	Cambio de piñón		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	PLO-HIO-CO	Cambio de piñón		4	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	TAPL-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PTERM-STD-CO	Cambio de protector térmico		0,5	1
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	KIE-OHE-CO	Cambio de válvula		1	3
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	VOP-PDE-CO	Alineación de volante		4	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	TVOL-OTH-CO	Cambio de tornillería		5	1
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	PRUEBAS FUNCIONALES	CEB-OTH-CO	Ajuste de bomba de cebado		2	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		5	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	CTUB-VIB-CO	Ajuste de tuberías		2	1
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	CTUB-STD-CO	Cambio de tubería		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	CTUB-PLU-CO	Flushing a tubería		5	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	PEJE-VIB-CO	Ajuste de eje		3	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PJT-ELP-CO	Desmonte de bomba de transferencia y	15,9	4	5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	PPÑ-HIO-CO	Cambio de piñón		3	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	PSP-STD-CO	Cambio de kit de reparación		5	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	PSP-PDE-CO	Cambio de kit de reparación		5	1
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	PTUB-PLU-CO	Flushing a tubería		4	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	CAC-LOO-CO	Adición de aceite al gobernador		2	2

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	CGO-VIB-CO	Ajuste de gobernador		3	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CIJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		5	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	CVC-SER-CO	Ajuste de varillaje		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	ROT-STD-CO	Cambio de rótulas		5	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	FAB-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		2	1
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	FCA-PLU-CO	Flushing a caja de filtros		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FUEF-PLU-CO	Desmonte y cambio de filtros	6,7	6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FUEF-STD-CO	Cambio de filtro		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	FJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		2	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	FRA-VIB-CO	Ajuste de racores		2	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	FTB-STD-CO	Cambio de tubería		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	FTB-PLU-CO	Flushing a tubería		5	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	FVD-PLU-CO	Flushing a válvula		3	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	FCO-STD-CO	Cambio de coupling		7	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	GOJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica del gobernador		2	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	GOJT-ELP-CO	Cambio de empaque de gobernador	7,1	6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	GOJT-OHE-CO	Cambio de junta tórica del gobernador		2	2
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	GOPD-FTS-CO	Verificar conector del actuador, limpiar	18	10	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	GOPD-UST-CO	Verificar lazos de control, calibrar entrej	9	10	2
FALLA MECÁNICA - DESALINEACIÓN	INSPECCIÓN VISUAL	GOPD-PDE-CO	Ajuste de piñón		7	2
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INCO-AIR-CO	Cambiar el instrumento en falla y realiza	8,1	7,5	1,5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	INY-BRD-CO	Desmontar el inyector en falla, instalar i	13,2	6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	INY-STD-CO	Desmontar el inyector en falla, instalar i	10,72	6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	INY-OHE-CO	Desmontar el inyector en falla, instalar i	16,08	6	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	INY-PLU-CO	Limpieza a plunger		8	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	INY-LOO-CO	Desmontar el inyector en falla, instalar i	12,68	6	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	LABZ-SER-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LCJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		2	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	LCMA-ELF-CO	Cambio de manguera		3	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	LCR-VIB-CO	Ajuste de racor		1	2
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	LCTU-STD-CO	Cambiar manguera del sistema de combk	10	6	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	LCTU-PLU-CO	Realizar flushing a las líneas de combustible		10	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	LIY-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LYJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		3	2

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	LYRA-VIB-CO	Ajuste de racor		1	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	LYTU-PLU-CO	Flushing a tubería		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TCAP-BRD-CO	Cambio de mangueras del sistema de de	2,9	3	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	TSEP-AIR-CO	Mantenimiento menor al sistema de de	5,53	5,53	3
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	TPAR-PDE-CO	Cambio de tarjeta		3	5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	CJX-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		2	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CPU-OHE-CO	Cambio de puentes		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TERM-OHE-CO	Cambios de terminales		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TITE-OHE-CO	Revisión y cambio de terminales quema	4,6	4,6	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	TITE-SER-CO	Ajuste de tira de terminales, revisión de oxidación de cc		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CSW-STD-CO	Cambio de switch		5	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MARR-ELP-CO	Cambiar manguera	2,2	2,2	1,5
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	SEC-SER-CO	Ajuste de carcasa		2	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	SEM-OHE-CO	Cambiar manguera		3	1,5
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FILAI-PLU-CO	Cambio de soot filter		3	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FILAI-OTH-CO	Ajuste de filtro		2	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MAFI-OHE-CO	Cambio de manguera		4	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INAI-AIR-CO	Cambiar el instrumento en falla y realiza	15,9	8	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	AIAZ-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LACA-OHE-CO	Cambio de cableado		8	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	LAF-PLU-CO	Limpieza de filtro		2	4
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	LAM-VIB-CO	Ajuste de manguera		2	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	PRUEBAS FUNCIONALES	MOLA-FTS-CO	Desmontar, desarmar y cambiar internc	41,25	41,25	2
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	SNAR-FTS-CO	Cambiar la solenoide	37,35	8	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	LAS-VIB-CO	Ajuste de solenoide		6	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	LAV-ERO-CO	Adicionar lubricante a vasos		1	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	LEAE-VIB-CO	Ajuste de adaptador		2	3
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	LECA-VIB-CO	Ajuste de carcasa		2	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	MECU-STD-CO	Cambiar sección de múltiple de escape	8	8	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	LET-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	COMA-SER-CO	Ajuste de colector		2	3
FALLA MECÁNICA - FRACTURA	INSPECCIÓN VISUAL	MEJF-BRD-CO	Cambiar juntas flexible del manifold de	11,6	11,6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PRO-OHE-CO	Cambio de protector térmico		8	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	TMA-OTH-CO	Ajuste de termopozo		4	3

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	AJTO-OHE-CO	Cambio de tornillería		4	1
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	ALAM-PDE-CO	Cambio de alambres		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PROC-OHE-CO	Cambio de protector térmico		8	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	POAZ-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	PSEM-ELU-CO	Cambio de junta tórica del aftercooler	15,2	15,2	2
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	PNUC-PLU-CO	Flushing a núcleo		10	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	PRUEBAS FUNCIONALES	PTUB-OTH-CO	Ajuste de tubería		5	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	TAZ-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	ALLC-VIB-CO	Realizar turbowash a turbocargador	9,6	16	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	ALLC-PDE-CO	Cambiar el turbocargador	30,1	30,1	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	PRUEBAS FUNCIONALES	ALLF-STD-CO	Cambio de difusor		10	4
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	PRUEBAS FUNCIONALES	ALLF-BRD-CO	Cambiar el turbocargador	29,9	29,9	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	ALLF-PDE-CO	Desmonte de difusor, verificación de estado de roscas y		20	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	TUEM-ELU-CO	Cambio de empaques de turbocargador	5,25	5,25	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	TJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		10	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	PITU-AIR-CO	Cambiar pickup del turbocargaor	3,88	3,88	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	TSCR-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	1
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	TTUB-PLU-CO	Flushing a tubería		6	4
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	TTRE-PLU-CO	Flushing a tubería		6	4
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	GULL-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CACB-OHE-CO	Cambio de cableado		8	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	CAMG-OHE-CO	Cambio de manguera		2	2
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	INSPECCIÓN VISUAL	CAPA-UST-CO	Realizar mantenimiento menor a válvul	4	4	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	MEDICIÓN DE TORQUE DE AJUSTE	CASO-SER-CO	Ajustar la solenoide al soporte		2	1
FALLA MECÁNICA - FATIGA	PRUEBAS FUNCIONALES	CASO-VIB-CO	Ajuste de solenoide		4	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	CATO-OHE-CO	Cambio de tornillería		5	2
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	CATB-SER-CO	Ajuste de tubería		3	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	ACMO-PLU-CO	Cambio de 430 galones de aceite Shell W40		16	6
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	ACMO-PDE-CO	Cambio de 430 galones de aceite Shell v	158,42	16	6
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	BPH-VIB-CO	Ajuste de housing		2	1
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	BPM-VIB-CO	Ajuste de manguera		2	2
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	PRUEBAS FUNCIONALES	BPMN-OTH-CO	Desacoplar bomba, realizar limpieza de líneas y ajustar		3	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	METROLOGÍA COMPONENTES	BPP-STD-CO	Cambio de kit de reparación		8	3

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	BPR-VIB-CO	Cambio de racores		2	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	PLUR-STD-CO	Cambio de kit de reparación		8	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	BPSL-STD-CO	Cambio de kit de reparación		8	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	SOLBP-FTS-CO	Cambio de solenoide de prelubricación	7,6	8	3
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	SWBP-AIR-CO	Cambio de switch de prelubricación	8,8	6	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA (END, ANÁLISIS DE VIBRA	CNT-STD-CO	Cambio de cojinete		8	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	CEC-STD-CO	Cambio de bomba		4	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	CTOR-STD-CO	Cambio de bomba		4	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	METROLOGÍA COMPONENTES	CENG-HIO-CO	Ajuste de piñón		5	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BPJT-ELU-CO	Desmonte de bomba y cambio de junta:	4	4	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	CTBP-OHE-CO	Cambio de tornillería		7	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LME-ELU-CO	Cambio de empaque de caja de filtros	13,2	13,2	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	FCA-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		2	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FCA-STD-CO	Cambiar filtros centrifugos (por juego de filtros backup)		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	INSPECCIÓN VISUAL	FCL-PLU-CO	Cambio de liner		6	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	FCR-OTH-CO	Ajuste de rotor		2	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	FCTU-ELP-CO	Limpieza de tubings y cambio de juntas	15,4	10	2
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	FCVC-OTH-CO	Ajuste de válvula		2	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	FCE-PLU-CO	Desmonte y cambio de filtros de lubrica	5,9	5,9	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LMAN-OHE-CO	Cambio de manguera		4	3
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	LRAC-VIB-CO	Ajuste de racor		2	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	LTUB-VIB-CO	Ajuste de tubings		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LVDR-STD-CO	Cambio de válvula		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LAAM-OHE-CO	Cambio de manguera		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	LAAT-PLU-CO	Limpieza de tubings		5	2

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	CODL-STD-CO	Mecanizado de codo		6	8
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	LLMN-OTH-CO	Ajuste de medidor		1	2
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	LLTP-STD-CO	Mecanizado de tapa		6	8
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	RAZ-VIB-CO	Ajuste de abrazadera		1	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	RECA-OHE-CO	Cambio de manguera		2	2
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	INSPECCIÓN VISUAL	RETU-STD-CO	Cambio de tubería fisurada		2	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	PRUEBAS FUNCIONALES	RETU-PLU-CO	Flushing a tubería		4	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	VACU-ERO-CO	Cambio de cuerpo de válvula		6	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	VAOR-STD-CO	Cambio de oring		6	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	VAPI-ERO-CO	Cambio de pistón de entrada		6	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	VACO-PLU-CO	Flushing de pistón de control		4	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	BAA-STD-CO	Cambio de bomba		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BAJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BAJT-ELP-CO	Desmonte de bomba y cambio de junta	11,2	4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BAJT-ELP-CO	Desmonte de bomba y cambio de sello	15,2	4	3
FALLA OPE/MTTO - DESGASTE NORMAL	METROLOGÍA COMPONENTES	BPTO-STD-CO	Cambio de bomba		3	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	BAT-OHE-CO	Cambio de tornillería		6	1
FALLA OPE/MTTO - AJUSTE	INSPECCIÓN VISUAL	SENF-SER-CO	Ajuste de abrazadera		4	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	ENEM-ELU-CO	Cambio de empaque sistema refrigeraci	12,88	12,88	1,5
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	BEN-ELP-CO	Cambio de junta tórica		5	3
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	ENFR-PLU-CO	Flushing a núcleo		5	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	ERT-STD-CO	Cambio de regulador		5	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	DESARMAR EL COMPONENTE-INSPECCCIÓN VISUAL	SCNU-STD-CO	Cambio de soportes		7	3
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	STUB-VIB-CO	Ajuste de tubos		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MONITOREO CBM	CHUM-STD-CO	Cambio de rodamientos del ventilador		17,08	2
FALLA MECÁNICA - PÉRDIDA DE LUBRICACIÓN		CHUM-LOO-CO	Adición de grasa		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	MONITOREO CBM	CHUM-VIB-CO	Cambio de rodamientos del ventilador	17,08	17,08	2
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INSV-VIB-CO	Ajuste de sensor, realizar calibración del sensor		4	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES		INSV-STD-CO	Cambio de sensores de vibración		7	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MELE-NOI-CO	Cambio de rodamientos del eje principa	12,55	12,55	1,5
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	Medición de tensión y variables eléctricas	MELE-SER-CO	Cambio de borneras del motor	3	3	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	Medición de tensión y variables eléctricas	MELE-FTS-CO	Verificación de tensión, pruebas de aisl	11,5	11,5	1,5
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO	MEDICIÓN VARIABLES OPERACIONALES	IRAD-PLU-CO	Limpieza de radiador		10	1
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	VALIDACIÓN DE HISTÓRICO DE VARIABLES OPERATIV	IRAD-LOO-CO	Limpieza de radiador	21,9	8	1
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES		IRAD-STD-CO	Limpieza de radiador		8	1
FALLA OPE/MTTO - ATASCAMIENTO		ITUB-PLU-CO	Flushing a tubería		4	3
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	ITUB-ELU-CO	Cambio de tubería afectada, lapeo de su	12	12	2
FALLA OPE/MTTO - SEÑAL ERRÁTICA	PRUEBAS FUNCIONALES	INRE-AIR-CO	Cambiar el instrumento en falla y realiza	7,11	4	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	LAJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		6	3

Causa de falla	ACCIÓN DE VERIFICACIÓN	ID Correctivo	Descripcion tarea correctiva	Duracion (hr)	Duracion (xp)	Tiempo muerto(hr)
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	MALA-VIB-CO	Ajuste de manguera		1,5	2
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	MCUL-ELP-CO	Desmontar múltiple, lapear caras de acc	11,1	6	2
FALLA MECÁNICA - FATIGA	INSPECCIÓN VISUAL	CARR-OHE-CO	Cambio de carcasa de regulador		3	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	RTJT-ELP-CO	Cambio de junta tórica		6	3
FALLA OPE/MTTO - ERROR MTTO MONTAJE	INSPECCIÓN VISUAL	RTJT-ELU-CO	Retiro de tuberías y cambio de juntas tó	15	8	3
FALLA MECÁNICA - INTEGRIDAD DE COMPONENTES	INSPECCIÓN VISUAL	REGT-STD-CO	Cambio de termostato de temperatura		4	3
FALLA OPE/MTTO - CONDICIONES OPERACIONALES	INSPECCIÓN VISUAL	TUBS-ELP-CO	Cambio de unión y tubo de línea de refrigeración	15,3	8	3

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesta	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	340	Aceite de la caja	\$ 11.900.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Bomba IMO	\$ 65.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy	2	Espirometalicos	\$ 4.000,00	
EXT	2	As good as old	Contratista Massy	1	Servicio correctivo externo	\$ 35.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación de elementos blandos	\$ 7.500.000,00	
CO TM	3	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación de elementos blandos	\$ 7.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación menor	\$ 18.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	5	Anillos de desgaste	\$ 125.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Cojinetes de bomba principal	\$ 45.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	5	Impulsores	\$ 85.000.000,00	
EXT	2	As good as old	Contratista Massy	1	Servicio correctivo externo	\$ 45.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Eje de bomba	\$ 15.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
EXT	2	As good as old	Contratista Massy	1	Servicio correctivo externo	\$ 7.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Instrumento de la bomba	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	8	Espárrago anclaje incrementador	\$ 3.600.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Empaque tapa inspección incrementad	\$ 150.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	4	Sello de la caja incrementadora	\$ 1.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Cojinete de alta velocidad	\$ 90.000.000,00	
CO TM	3	As good as new	Técnico Massy	2	Cojinetes de eje de alta velocidad del in	\$ 97.000.000,00	
CO TM	3	As good as new	Técnico Massy	2	Cojinetes de eje de alta velocidad del in	\$ 97.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Portarodamiento de la caja	\$ 76.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Rodamiento de la caja	\$ 58.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Instrumento de medición de vibración	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	340	Aceite de la caja	\$ 11.900.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Piñón de alta velocidad	\$ 250.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Arandela axial caja	\$ 50.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Arandela axial caja	\$ 50.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	340	Aceite de la caja	\$ 11.900.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de shines acople	\$ 2.500.000,00	
CO TM	3	As good as old	Técnico Massy				

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM		3 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		3 As good as new	Técnico Massy		1 Acople motor-incrementador	\$ 320.000.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		16 Tornillería acople caja	\$ 4.800.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Sección de árbol de levas	\$ 1.500.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Placa de empuje árbol de levas	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		16 Tornillería árbol de levas	\$ 1.440.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Collar de barring	\$ 250.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Piñón de barring	\$ 1.250.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Oring de barring	\$ 75.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Arandela tapa de bancada	\$ 300.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Camisa	\$ 3.000.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Cojinete árbol de levas	\$ 750.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Espárrago de bancadas	\$ 900.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Espárrago de culata	\$ 500.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Orings de bloque	\$ 65.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Oring de camisa	\$ 125.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Placa espaciadora	\$ 500.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Sleeve	\$ 450.000,00	

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Tapa árbol de levas	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Junta tórica de tapa de inspección de cá	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Junta tórica de tapa de válvulas	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		2 Tuerca de bancada	\$ 700.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Kit de reparación de válvula de alivio de	\$ 1.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cáster	\$ 300.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Strainer	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Switch del nivel de aceite	\$ 5.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		45 Tornillería de cárter	\$ 1.575.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Válvula de drenaje de aceite	\$ 45.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cigüeñal	\$ 1.000.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cigüeñal	\$ 1.000.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cojinetes de cigüeñal	\$ 3.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cojinetes de cigüeñal	\$ 3.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Placa de empuje	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Sello delantero de cigüeñal	\$ 15.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Sello trasero de cigüeñal	\$ 15.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Sello trasero	\$ 8.000.000,00	

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Biela	\$ 12.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Bulón	\$ 3.500.000,00	
CO TM	3	As good as new	Técnico Massy	1	Casquetes de biela	\$ 17.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cabeza de pistón	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Chavetas guía de tornillos de bielas	\$ 500.000,00	
EXT	5	As good as new	Contratista Massy	1	Repuestos para un TOP END OVERHAUL	\$ 925.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cojinetes de bielas	\$ 2.800.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cojinetes de bielas	\$ 2.800.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Bulon	\$ 3.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Biela	\$ 12.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Biela	\$ 12.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación de culatas	\$ 3.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Culata	\$ 18.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Culata	\$ 18.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	4	Tuerca de culata	\$ 500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Culata	\$ 18.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Culata	\$ 18.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cojinetes en nylon	\$ 750.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Oring de dámper	\$ 200.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Instrumento motor sistema de combust	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Balancín	\$ 1.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cojinetes de balancín	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Eje	\$ 200.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Puentes de válvulas	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Varilla impulsadora	\$ 350.000,00	

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Sensor de velocidad	\$ 4.800.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		12 Tornillería de ajuste de tapa delantera	\$ 420.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		10 Tornillería de ajuste de tapa trasera	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Arandela de empuje	\$ 150.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Cojinetes de piñones locos	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Eje de piñones locos	\$ 180.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Piñon loco de 67 dientes	\$ 550.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Piñon loco de 68 dientes	\$ 550.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		4 Tornillería de ajuste de piñones locos	\$ 80.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Protectores térmicos	\$ 8.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Válvula Kiene	\$ 300.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		14 Tornillería de ajuste de volante a bloque	\$ 630.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Tuberías	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Junta de bomba de transferencia de cor	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Piñon bomba de transferencia	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Kit de reparación bomba de transferenc	\$ 750.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Kit de reparación bomba de transferenc	\$ 750.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Rótula de varillas de combustible	\$ 100.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		6 Filtros secundarios de combustible	\$ 2.550.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		6 Elemento filtrante	\$ 1.800.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas/retenedores	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Tuberías	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Coupling del gobernador	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Empaque de gobernador	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy		1 Piñon del drive	\$ 540.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Instrumento de la culata	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Inyector Reman	\$ 17.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Inyector Reman	\$ 17.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Inyector Reman	\$ 17.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Inyector Reman	\$ 17.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Mangueras sistema de combustible	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Manguera del sistema de combustible	\$ 950.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesta	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Manguera del sistema de detección de p	\$ 900.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Tarjeta detectora de partículas	\$ 2.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Puentes	\$ 50.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Terminal de bloques	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de terminales caja junction box	\$ 80.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Switch de nivel liquido	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Manguera del sistema de arranque	\$ 400.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Manguera	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	4	Telas soof filter de aire	\$ 2.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Manguera	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Instrumento motor sistema de entrada	\$ 4.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	20	Cableado	\$ 120.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación de motor de arranque	\$ 14.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Solenoide	\$ 2.500.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Sección de manifold de escape de culata	\$ 18.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	10	Tornillería de ajuste de líneas de escape	\$ 900.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Junta flexible manifold de escape	\$ 1.250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Protectores térmicos	\$ 8.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN			
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	16	Tornillería de ajuste de manifold de esca	\$ 1.440.000,00				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	50	Alambres	\$ 300.000,00				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Protectores térmicos	\$ 8.000.000,00				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy	1	Junta tórica del aftercooler	\$ 450.000,00				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy	1	Turbocargador	\$ 450.000.000,00				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Difusor	\$ 25.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Turbocargador	\$ 450.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Empaque de refrigeración del turbocarg	\$ 500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Juntas tóricas	\$ 35.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Sensor de velocidad	\$ 4.800.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				10	Tornillería de ajuste de turbocargador	\$ 900.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				20	Cableado	\$ 3.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy				1	Manguera de válvula de corte de aire	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	10	Tornillería de ajuste de válvula de corte	\$ 350.000,00				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	430	Aceite del motor	\$ 12.900.000,00				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	430	Aceite del motor	\$ 12.900.000,00				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy							
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación bomba de prelubricaci	\$ 250.000,00				

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	2	Racores	\$ 70.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación bomba de prelubricaci	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Kit de reparación bomba de prelubricaci	\$ 250.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Solenoide	\$ 2.500.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Switch	\$ 5.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Cojinete	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Bomba de aceite	\$ 45.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Bomba de aceite	\$ 45.000.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Oring de bomba de aceite	\$ 350.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	8	Tornillería	\$ 280.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Empaque de caja de filtros	\$ 550.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	6	Kit de reparación de filtros centrífugos	\$ 9.000.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Liner	\$ 80.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Juntas tóricas de los tubings de los filtro	\$ 75.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	6	Filtros de lubricación	\$ 2.850.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Mangueras	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Válvula de drenaje de cárter	\$ 45.000,00	
CO TM	2	As good as new	Técnico Massy	1	Mangueras	\$ 450.000,00	
CO TM	2	As good as old	Técnico Massy				

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesta	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Respiadores-Mangueras	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Manguera de los respiradores del cárter	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Cuerpo de válvula	\$ 850.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Oring de sello	\$ 150.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Pistón de entrada	\$ 750.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Bomba de agua	\$ 45.000.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas/Sello de labio	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Junta tórica	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Sello de labio	\$ 750.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Bomba de agua	\$ 45.000.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		8 Tornillería	\$ 280.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Empaque sistema refrigeración motor	\$ 400.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas/Sello de labio	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Regulador de temperatura de aceite	\$ 125.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Soportes de núcleos de enfriador de ace	\$ 300.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Rodamientos del ventilador	\$ 200.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Rodamientos del ventilador	\$ 200.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Instrumentación del ventilador	\$ 4.500.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Rodamientos del ventilador	\$ 200.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Bornera de motor eléctrico	\$ 90.000,00	
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Empaque de tubería sistema de refriger	\$ 75.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Instrumento motor sistema de refrigera	\$ 4.500.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas	\$ 35.000,00	

ID talento humano	Cantidad Talento humano	Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (COP)	ID Manto PM/IN
CO TM		2 As good as old	Técnico Massy				
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		2 Empaque junta manifold de refrigeracio	\$ 750.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Carcasa de regulador	\$ 850.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Juntas tóricas/Sello de labio	\$ 450.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Junta tórica de caja de termostatos	\$ 250.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		6 Termostato regulador de temperatura c	\$ 540.000,00	
CO TM		2 As good as new	Técnico Massy		1 Tubo de sistema de refrigeración-Codo de sistema de refrigeración	\$ 750.000,00	

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Realizar cambio de aceite incrementador	24		12000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Mtto bomba imo de lubricación, incluye: * [ ] revisión de ejes helicoidales * [ ] internos de la	8		12000 TRUE	TM	2
IN	Inspection	Revisar presencia de fugas bomba antes, durante y después del mantenimiento, revisar línea	0,4		500 FALSE	TM	1
PM	Planned	Calibrar transmisores de presion-temperatura bomba, ajustar bornes y conexiones, revisar c	16		8000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Verifique ajuste pernos sujecion incrementador, verifique el ajuste de los pernos de sujeción	3		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Limpiar filtro respiradero	2		500 TRUE	TM	1
PM	Planned	Verificar tolerancias de los rodamientos	8		8000 TRUE	TM	3
PM	Planned	Verificar tolerancias axiales de los rodamientos delanteros y traseros	8		8000 TRUE	TM	3
PM	Planned	Prueba de contacto entre dientes, Realizar prueba de contacto entre dientes con azul de pru	5		8000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Inspección nivel y limpieza de reservorio, realice flushing de la tubería de drenaje del reservc	1,5		500 TRUE	TM	1

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Verificar niveles aceite acoples verificar niveles de aceite acoples(donde aplique): verifique e	8		1000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Revisar los seguidores de levas se revisan seguidores, rollers, el estado de la seccion, el ajust	10		8000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Lubricar sistema virado aplicar grasa para lubricar la piñoneria hasta tanto la grasa salga por	1		4000 TRUE	TM	1

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Inspeccionar estado de laminas de amortiguación	3	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Mantenimiento mayor MAJOR OVERHAUL	1400	38000	TRUE	TM	7
PM	Planned	Tomar desplazamientos axiales de: cigüeñal bielas [ ] tomar desplazamientos radiales de: bie	3	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Mantenimiento mayor TOP END OVERHAUL	960	19000	TRUE	TM	6

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Videoscopia de cilindros revisar mediante el uso de videoscopio la condicion de coronas y ca	4		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Registrar presiones picos cilindros medir / registrar presiones picos de los cilindros. Calibraci	6		2000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Revisar rotadores de válvulas verificación de integridad de resortes y rotadores	5		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Inspeccionar amortiguador vibración revisar dámper en busca de pérdidas de fluido de amor	1		4000 TRUE	TM	1
IN	Inspection	Inspección visual de manómetros y termómetros en general	0,5		8000 TRUE	TM	1
PM	Planned	Ajustar puentes, revisar y ajustar luz de válvulas. Senr3593-06 * [ ] admisión (0.52 - 0.68 milí	5		4000 TRUE	TM	2



Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Calibrar inyección y rack combustible pre lubricar el motor durante la tarea	3		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Prueba funcional gobernador verificación lazo de control de velocidad (modulo woodward q	3		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Cambio de aceite al gobernador electro-mecanico, utilizar el mismo aceite lubricante del mo	2		8000 TRUE	TM	1
PM	Planned	Lubricar / ajustar varillaje gobernador lubricar uniones y rotulas. Verificar funcionamiento sv	2		500 TRUE	TM	2
PM	Planned	Revisión general panel de control: reajuste de borneras, inspección de relevos, fusibles, fuen	4		8000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Limpieza / inspección de inyectores limpieza de inyectores. Limpieza de tobera con cepillo d	3		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Cambio de inyectores realizar cambio de inyectores. Los inyectores desmontados son enviad	4		8000 TRUE	TM	2
IN	Inspection	Inspección 360° antes, durante y despues del mantenimiento, revisar lineas de los sistemas p	0,3		500 TRUE	TM	1
PM	Planned	Realizar flushing tubing señales, realizar flushing de líneas (tubing), fitting que conectan a las	3		1000 TRUE	TM	2

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Inspección de detector de partículas remover rejilla, validar la presencia de partículas metáli	1	500	FALSE	TM	1
PM	Planned	Revisión mandos locales sistemas auxiliar destapar botoneras de mandos locales de sistema:	2	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Ajustar bornes y conexiones, revisar cableado instrumentos, flexis, tapas de conduletas de tc	8	8000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Cambio de tela filtrante de filtros de aire y limpieza de filtros	2	500	TRUE	TM	1
PM	Planned	Cambiar motores de arranque por motores de arranque reparados que se encuentre en talle	16	8000	TRUE	TM	2

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Verificar tolerancias y giro turbocargadores: revisar tolerancias radiales y axiales, verificar lib	5	4000	TRUE	TM	1
PM	Planned	Calibración pick up turbocargadores ajuste y calibración de pick up de turbo cargadores, veri	1,5	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Revisar hermeticidad válvula corte lubricar válvula, activar el obturador de cierre, luego rese	1,5	500	TRUE	TM	2
PM	Planned	Verificar solenoide válvula corte aire verificación funcionamiento de solenoide válvula de coi	3	500	TRUE	TM	2
PM	Planned	Inspeccionar bomba prelubricación revision del silenciador y presión al sistema	1,5	8000	TRUE	TM	1

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Inspeccionar sistema de arranque y prelubricación inspeccionar y lubricar válvulas del sistem	3		500 TRUE	TM	2
PM	Planned	Mtto válvulas sist aire y prelubricación desarme y limpieza de válvulas del sistema de aire de	2		4000 TRUE	TM	2
PM	Planned	Cambiar filtros centrifugos (por juego de filtros backup), cambiar elemento filtrante y limpia	3		500 TRUE	TM	2

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano
PM	Planned	Inspeccionar y limpiar respiradero cárter remover tubería de respiraderos, respiraderos y efe	2	1000	TRUE	TM	1
PM	Planned	Reemplazar bomba refrigerante por bomba reparada se debe realizar el cambio por bomba :	3	8000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Ajuste de tornillería aplicación de ajuste controlado según manual para:Porta chumacerasBri	1,5	1000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Revisar servicepack lubricadores automáticos de chumaceras ventiladores icas si se encuentr	1	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Calibración de sensibilidad switch de vibraciones ica	8	8000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Registros motores eléctricos auxiliares tomar registro de corriente y voltaje en motores eléc	3	1000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Limpieza del serpentín del ICL con presión de aire	5	500	TRUE	TM	2
PM	Planned	Lavar radiadores parte externa con agua a presión: icas icl icc	8	4000	TRUE	TM	2
PM	Planned	Calibrar transmisores y switch de presión, realizar prueba de lazo	20	8000	TRUE	TM	2

Id PM/IN	Type	Descripcion tarea preventiva o inspeccion	Duracion (hr)	Frecuencia (hr)	Afectacion Operación	ID talento humano	Cantidad Talento humano

Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as new	Técnico Massy	340	Aceite hidraulic A36	\$ 11.900.000
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			



Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as old	Técnico Massy			
As good as new	Técnico Massy	1	Repuestos para un TOP END OVERHAL \$	1.450.000.000
As good as old	Técnico Massy			
As good as new	Técnico Massy	1	Repuestos para un TOP END OVERHAL \$	950.000.000

Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as old	Técnico Massy	2		\$ 9.000.000
As good as old As good as old	Técnico Massy Técnico Massy	2		\$ 6.000.000
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			





Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as new	Técnico Massy	4	Soof filter	\$ 600.000
As good as new	Técnico Massy	2	Motor de arranque	\$ 90.000.000

Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			

Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)
As good as old	Técnico Massy			
As good as old	Técnico Massy			
As good as new	Técnico Massy	6	Kit de reparación de filtros centrífugos \$	9.000.000



Condicion despues de reparado	Descripcion talento humano	Cantidad	Descripcion respuesto	Precio repuesto (USD)