

PLAN DE MANTENIMIENTO PILOTO BASADO EN PMO PARA EL SISTEMA
CON MAYOR CRITICIDAD EN UN BARCO REMOLCADOR DE LA EMPRESA
INTERTUG S.A.

JUAN CARLOS OLIVEROS GOMEZ
HUGO FERNANDO ZAMBRANO URREGO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2016

PLAN DE MANTENIMIENTO PILOTO BASADO EN PMO PARA EL SISTEMA
CON MAYOR CRITICIDAD EN UN BARCO REMOLCADOR DE LA EMPRESA
INTERTUG S.A.

JUAN CARLOS OLIVEROS GOMEZ
HUGO FERNANDO ZAMBRANO URREGO

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: VICTOR TERAN HENRIQUEZ
Ingeniero Electrónico
Magister en Gestión en la Industria de Hidrocarburos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2016

DEDICATORIA

A Dios y Espíritu Santo principalmente, por darme la sabiduría, entendimiento y paciencia para poder realizar mis estudios, a mi familia quienes me acompañaron en cada momento, a mi novia y amado hijo Emmanuel, quienes me apoyaron con sus palabras, tiempo y abrazos para afrontar cada paso de este proyecto. Gracias a los anteriores no solo pude lograr este nuevo logro, también los nuevos retos que vienen!!!

Por ti Emmanuel!! Alma, Vida y Corazón!!!

Dios los bendiga siempre!!!

Juan Carlos

DEDICATORIA

A mis padres, Ligia y Carlos Arturo, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi novia Alejandra, por su comprensión y apoyo incondicional para obtener este importante logro en mi vida.

A mi sobrina Emilia, quién ha llegado a nuestras vidas para llenarlas de felicidad y amor.

Hugo Fernando

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos la oportunidad de realizar este proyecto con la mayor satisfacción posible obteniendo los resultados esperados.

Al Ingeniero Víctor Terán Henríquez director del proyecto, por brindarnos toda su disposición, dedicación y apoyo para la culminación de este proyecto.

A la empresa Intertug S.A. por permitir que este proyecto fuese posible.

Juan Carlos

Hugo Fernando

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. ASPECTOS GENERALES	18
1.1 EMPRESA INTERTUG S.A.	18
1.1.1 Barcos remolcadores.....	19
1.1.2 Tipos de remolcadores	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.3 OBJETIVOS.....	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	26
2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	28
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	29
2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	29
2.4 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	30
2.4.1 Confiabilidad.....	30
2.4.2 Disponibilidad	30
2.4.3 Mantenibilidad	31
2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS.....	31
2.5.1 Diagrama de Pareto	31
2.5.2 Distribución Normal	32
2.5.3 Distribución Exponencial	33
2.5.4 Distribución Weibull	34
2.5.5 Distribución LogNormal	34
2.5.6 Distribución Gamma	35
2.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	35

2.7	RCM – MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	37
2.7.1	Historia del RCM.	37
2.7.2	Definición de RCM.....	38
2.7.3	Las 7 preguntas del RCM.....	39
2.7.4	Normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012.....	39
2.8	PMO – OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO PLANEADO	40
2.8.1	Beneficios	42
2.8.2	Etapas para la implementación	43
3.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	49
3.1	ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO EN INTERTUG	49
3.2	TAXONOMÍA Y JERARQUÍA DE ACTIVOS.....	50
3.3	PLATAFORMA IRIS.....	55
3.4	SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS)	56
3.5	SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO.....	58
3.6	INFORMACIÓN OBTENIDA DEL CMMS	59
3.6.1	Planes de mantenimiento actuales.....	59
3.6.2	Históricos de fallas e intervenciones	60
4.	PLAN PILOTO DE PMO PARA EL SISTEMA CON MAYOR CRITICIDAD EN UN BARCO REMOLCADOR	61
4.1	IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO.....	61
4.1.1	Criterios actuales de criticidad en INTERTUG.....	61
4.1.2	Análisis de Pareto por Tiempos Fuera de Servicio (TFS) por equipos ..	62
4.1.3	Análisis de Pareto por número de fallas por equipos	63
4.1.4	Sistema con mayor criticidad.....	65
4.2	SELECCIÓN DE LA EMBARCACIÓN	66
4.2.1	Pareto de remolcadores por Tiempos Fuera de Servicio (TFS) en motor propulsor.....	67
4.2.2	Pareto de remolcadores por número de fallas en motor propulsor	68
4.2.3	Remolcador seleccionado	69

4.3	INFORMACIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO	71
4.3.1	Características de los equipos.....	72
4.3.2	PM asociados en el CMMS	75
4.4	APLICACIÓN METODOLOGÍA PMO	77
4.4.1	Premisas para la aplicación del PMO.....	80
4.4.2	Formato desarrollo metodología PMO.....	81
4.5	PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PMO	82
4.6	COMPARATIVO PMO PROPUESTO VS PM ACTUAL.....	83
4.6.1	Estrategias de mantenimiento	83
4.6.2	Grupos de trabajo.....	84
4.6.3	Costos de mantenimiento Actual vs PMO	85
5.	CONCLUSIONES.....	87
	BIBLIOGRAFIA.....	89
	ANEXOS.....	91

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TABLA DE DISTRIBUCIONES NORMAL - EXPONENCIAL	33
TABLA 2. TABLA DE DISTRIBUCIONES WEIBULL - GAMMA.....	35
TABLA 3. ILUSTRACIÓN PASO 2.....	44
TABLA 4. ILUSTRACIÓN PASO 3.....	45
TABLA 5. ILUSTRACIÓN PASO 4.....	45
TABLA 6. ILUSTRACIÓN PASO 5.....	46
TABLA 7. ILUSTRACIÓN PASO 6.....	47
TABLA 8. EJEMPLO DE CODIFICACIÓN.....	52
TABLA 9. EMBARCACIONES	53
TABLA 10. SISTEMA DE LAS EMBARCACIONES.....	53
TABLA 11. EQUIPOS	54
TABLA 12. TABLA DE PARETO EQUIPO POR TFS	62
TABLA 13. TABLA PARETO EQUIPOS POR NÚMERO DE FALLAS	63
TABLA 14. PARETO EMBARCACIÓN TFS	67
TABLA 15. PARETO EMBARCACIÓN POR NÚMERO DE FALLAS	68
TABLA 16. PM ASOCIADO A CMMS.....	76
TABLA 17. TAREAS EN PMS ACTUALES.....	76
TABLA 18. JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS.....	77
TABLA 19. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	77
TABLA 20. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	78
TABLA 21. CAMBIOS DE LAS TAREAS ACTUALES	79
TABLA 22. TABLA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO	79
TABLA 23. PLAN DE MANTENIMIENTO	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 REMOLCADOR.....	19
FIGURA 2. DIAGRAMA DE PARETO.....	32
FIGURA 3. ANÁLISIS CICLO REACTIVO DEL MANTENIMIENTO	41
FIGURA 4. FUENTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	43
FIGURA 5. ORGANIGRAMA MANTENIMIENTO INTERTUG	49
FIGURA 6. ORGANIGRAMA MANTENIMIENTO OPERATIVO	49
FIGURA 7. TAXONOMÍA.....	51
FIGURA 8. TAXONOMÍA INTERTUG.....	51
FIGURA 9. REQUISICIÓN DE SERVICIO.....	56
FIGURA 10. MENÚ INICIO DEL MAINSAVER	57
FIGURA 11. VISTA DEL CMMS PARA DESCARGA DE PM	59
FIGURA 12. VISTA DEL CMMS PARA DESCARGA DE HISTÓRICOS	60
FIGURA 13. PARETO EQUIPOS POR TFS.....	63
FIGURA 14. PARETO EQUIPOS POR NÚMERO DE FALLAS.....	64
FIGURA 15. PARETO EMBARCACIÓN TFS	68
FIGURA 16. PARETO EMBARCACIONES POR NÚMERO DE FALLAS	69
FIGURA 17. EMBARCACIÓN ODIN.....	70
FIGURA 18. 9004-P-MOT-0101 MOTOR PROPULSOR.....	73
FIGURA 19. 9004-P-MOT-0201 MOTOR PROPULSOR.....	73
FIGURA 20. 9004-P-RED-0101 REDUCTOR.....	74
FIGURA 21. 9004-P-RED-0201 REDUCTOR.....	75
FIGURA 22. CANTIDAD DE TAREAS POR PM.....	81
FIGURA 23. CAMBIOS EN TAREAS ACTUALES.....	82
FIGURA 24. ESTRATEGIA DE TAREAS ACTUALES.....	83
FIGURA 25. ESTRATEGIA DE TAREAS PMO	84
FIGURA 26. TAREAS POR GRUPO DE TRABAJO - ACTUAL.....	85
FIGURA 27. TAREAS POR GRUPO DE TRABAJO PMO.....	85
FIGURA 28. COSTOS DE MANTENIMIENTO	86

ANEXOS

Anexo A. FLUJOGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	91
Anexo B FORMATO DESARROLLO PMO.....	97
Anexo C PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	98

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PILOTO BASADO EN PMO PARA EL SISTEMA CON MAYOR CRITICIDAD EN UN BARCO REMOLCADOR DE LA EMPRESA INTERTUG S.A.

AUTORES: Hugo Fernando Zambrano Urrego
Juan Carlos Oliveros Gómez

PALABRAS CLAVES: PMO (Optimización del mantenimiento planeado) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Modos de falla, criticidad, barcos remolcadores, análisis de Pareto.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: El presente proyecto contiene el diseño de un plan de mantenimiento para un sistema identificado como crítico en un barco remolcador, teniendo en cuenta la metodología de Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO). En este caso se desarrolló esta estrategia en la empresa INTERTUG S.A., la cual opera en los puertos de carga marítima más importantes de Colombia y Latinoamérica, en países como Venezuela, Honduras, México y Brasil.

El sistema con mayor criticidad se seleccionó teniendo en cuenta el criterio más importante para la compañía, el cual es la disponibilidad de la embarcación, que se ve impactada por los tiempos fuera de servicio (TFS) y el número o tasa de fallas que presenten los sistemas que componen la embarcación. Para obtener este plan de mantenimiento basado en PMO, se desarrolló cada una de las etapas de ejecución según la metodología de Steve Turner, dejando a criterio de INTERTUG la ejecución de las últimas dos etapas del PMO: Aprobación e Implementación y Programa Dinámico.

El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta la información suministrada por la compañía, como documentación, historial de mantenimiento (ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo y mejorativo), costos del área de mantenimiento, costos detallados de cada embarcación y el plan de mantenimiento actual.

Finalmente se establecen las tareas de mantenimiento más efectivas, teniendo en cuenta los modos de falla, sus consecuencias y la frecuencia adecuada para conservar los equipos, sus funciones, aumentar la disponibilidad, disminuir los costos asociados al mantenimiento planeado de la embarcación (mano de obra, repuestos y proveedores) y de esta manera contribuir al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la compañía.

* Monografía de especialización.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Víctor Terán Henríquez, Ingeniero electrónico.

SUMMARY

TITLE: PILOT MAINTENANCE PLAN BASED ON PMO FOR THE SYSTEM WITH GREATER CRITICALITY IN A TUGBOAT OF THE INTERTUG S.A. COMPANY.

AUTHOR(S): Hugo Fernando Zambrano Urrego
Juan Carlos Oliveros Gómez

KEY WORDS: PMO (Planned Maintenance Optimization), Reliability Centered Maintenance, Failure Modes, Criticality, boats tugboats, Pareto analysis.

DESCRIPTION: This project contains the design of a maintenance plan to an identified system as critical in a tugboat, considering the methodology Planned Maintenance Optimization (PMO). In this case this strategy was developed in INTERTUG Company, which operates in the ports of major shipping charges in Colombia and Latin America, in countries like Venezuela, Honduras, México and Brazil.

The most critical system was selected considering the most important criteria for the company; it is the availability of the boat that is impacted by down time and the number or rate of failure that present the systems of the boat. For this maintenance plan based on PMO, it developed each of the stages of implementation according to the methodology of Steve Turner, leaving to Intertug's criteria the execution of the last two stages of the PMO: Approval and Implementation and Dynamic Program.

This project was developed taking into account the information provided by the company, such as documentation, maintenance records (work orders preventive, corrective and predictive maintenance), costs maintenance area, detailed costs of each boat and the current maintenance plan.

Finally the more effective maintenance tasks are established taking into account the failure modes, its consequence and proper frequency to preserve equipment, functions, improving availability, reduce associated costs to the planned maintenance of the tugboat (manpower, spare parts and suppliers) and thus contribute to achieving the strategic objectives of the company.

* Monograph of specialization.

** Faculty of Physical - Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Víctor Terán Henríquez, Electronic Engineer.

INTRODUCCIÓN

En la industria de hoy, el mantenimiento de los activos es visto como parte esencial y primordial para la continuidad, competitividad y expansión del negocio. Todos los componentes de un activo independientemente de su función deben cumplir con los objetivos planteados.

Estamos en continua evolución, mejora en los tiempos de respuesta, utilización de los recursos físicos y humanos hacen la diferencia en una compañía, teniendo en cuenta criticidad y jerarquización de actividades y componentes. Por tal razón, la importancia de la información de intervenciones ya sean planeadas o no planeadas, estadística de fallas y reportes para la toma de decisiones y mediciones de tiempos.

La productividad de la empresa u organización también depende de las paradas no programadas, reparaciones temporales, del personal, los tipos de fallas, esto hace que sea necesaria una optimización desde la parte de recursos humanos, implementar estándares, eliminar tareas repetidas y reprocesos. Obviamente, esto tendrá como consecuencia la reducción de pagos de horas extras de trabajo, quejas permanentes, sobrecargas y el ausentismo.

El ser competitivos, revisión de experiencias e implementar nuevas tecnologías son enfoques para la visión del mantenimiento. Los objetivos de mantenimiento se deben conocer por todos los involucrados, dando prioridad a la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los activos. Pero ser competitivos desde la selección de repuestos, que sean confiables. Se necesita tener una ventaja competitiva clave que nos diferencie de la competencia.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 EMPRESA INTERTUG S.A.

INTERTUG es un grupo que hace 19 años opera embarcaciones marítimas de apoyo en Latinoamérica y el Caribe prestando servicios esenciales para las operaciones marítimas tales como, Asistencia en Puertos, Operación de puertos carboneros y petroleros, Remolques & Transporte Marino, Rescate & Salvamento, Control de Incendios, Derrames & Contaminación y Apoyo en Operaciones Offshore.

Desde su fundación la compañía se ha establecido como líder en la industria de apoyo marítimo siendo su principal objetivo servir a los clientes, brindando soluciones con un alto valor agregado en seguridad y eficiencia.

Apoyado siempre en su equipo humano, el lema en INTERTUG es “Todos somos tripulación y navegamos hacia un mismo objetivo. El crecimiento y bienestar de la compañía es crecimiento y bienestar para todos los que estamos a bordo de este gran barco que llamamos INTERTUG S.A.”

La compañía hace presencia en diferentes puertos, tanto públicos como especializados en cinco países de Latinoamérica: Colombia, Venezuela, Honduras, México y Brasil. Contando con una flota de más de 28 Remolcadores. En Colombia está en sus principales puertos: Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Buenaventura. Y se presta apoyo en terminales especializados como el de Caño Limón Coveñas.

Propósito superior:

INTERTUG trabaja por ser líder en América Latina y el Caribe en gestión y operaciones de embarcaciones de apoyo marítimo, basados en una estrategia de

excelencia operativa, para el logro de los objetivos definidos para sus principales grupos de interés:

Clientes: Ofreciendo satisfacción total para sus necesidades específicas a tarifas competitivas.

Empleados: Ofreciendo trabajos interesantes, retadores y con oportunidad de desarrollo personal y perspectivas de carrera claras.

Accionistas: Ofreciendo transparencia corporativa y creando valor.

Socios Estratégicos: Cooperando con base en el respeto y beneficio mutuo.

Sociedad: Actuando responsablemente por el bien de la comunidad y el medio ambiente.

1.1.1 Barcos remolcadores

Figura 1 Remolcador



Fuente: Blog. Ingeniería Marina

Un remolcador es un tipo de barco especializado en el apoyo de maniobra de otros buques y objetos flotantes, mediante el empuje o tirando hacia si con ayuda de cabos, procediendo al arrastre de los mismos.

Funciones de los remolcadores:

- Asistir al buque en las maniobras de atraque y desatraque
- Ayudar al buque en el retiro en un espacio limitado.
- Dar el apoyo necesario para contrarrestar la acción del viento, del oleaje o de las corrientes en las situaciones en las que el buque navega a baja velocidad, en las que la eficacia del motor propulsor y del timón es baja.
- Ayudar a parar al buque.
- Remolcar, empujar o auxiliar a un buque que se ha quedado sin medios de propulsión o gobierno.
- Transportar artefactos flotantes de un lugar a otro.
- Dar escolta, en previsión de pérdida de gobierno, a buques con cargas peligrosas en zonas de alto riesgo.

1.1.2 Tipos de remolcadores

Según el tipo de operación que desempeña se pueden distinguir los siguientes tipos de remolcadores:

- Remolcador de puerto: se emplea en el tráfico interior de puerto.
- Remolcador de puerto y altura: Sus operaciones pueden dividirse entre servicios de puerto para auxiliar a grandes buques, amarre de super-tanques a mono-boyas, remolques costeros de altura etc.
- Remolcador de altura y salvamento: por su tamaño y potencia le permite efectuar remolques oceánicos y prestar asistencia a los buques en peligro en alta mar.

*Nota: La mayoría de los remolcadores hoy día están equipados con equipos de salvamento o contra-incendios de agua y agua-espuma y bombas de achique para buques siniestrados en el mar a parte de los equipos de remolque.

Características fundamentales de los remolcadores

Maniobrabilidad:

La capacidad y facilidad de maniobra de un remolcador son fundamentales para el desarrollo de sus funciones ya que en maniobras con grandes buques en espacios reducidos es necesario disponer de una buena capacidad de maniobra para poder moverse en todas las direcciones.

La maniobrabilidad de un remolcador depende de la forma del casco;

Los sistemas de propulsión y gobierno son elementos determinantes de la maniobrabilidad del remolcador;

La posición del gancho o chigre de remolque es otro factor que influye en la maniobrabilidad;

La capacidad que tenga el remolcador para pasar de una situación de avance toda a completamente parado es otro factor que influye en la maniobrabilidad.

Estabilidad:

La curva de estabilidad estática para un remolcador debe ser positiva hasta los 60°-70° con un brazo de estabilidad (distancia entre el metacentro y el centro de gravedad) de unos 60 cm, por lo que será necesario que las puertas de los alojamientos y entrada de la sala de máquinas sean estancas ante la posibilidad de alcanzar grandes escoras al tirar el cable de remolque.

Potencia:

La potencia requerida para el remolcador será la suma de la potencia necesaria para mover el remolque y el propio remolcador; la potencia que necesita el remolcador para alcanzar una determinada velocidad es del 9 al 10% de la potencia total necesaria para efectuar el remolque.

Dentro del concepto de potencia del remolcador se debe resaltar el de tracción a punto fijo, valor que está más ligado con la determinación de la potencia necesaria de los remolcadores en el caso de las restantes funciones desarrolladas por ellos y especialmente con las maniobras a realizar con los buques en puertos y áreas restringidas.

Tracción a punto fijo (bollard pull): Es la cantidad de fuerza horizontal que puede aplicar el remolcador trabajando avante en el supuesto de velocidad nula de desplazamiento, coincidiría por tanto con la tracción que el remolcador produciría en una amarra que le fijase a un bolardo fijo de un muelle.

La tracción a punto fijo depende del área de giro de la hélice, su paso, la potencia al freno y la potencia en el eje, además del desplazamiento, forma del casco y tipo de propulsor.

Formas de actuación de los remolcadores:

Remolcador trabajando en flecha o sobre cabo

En este procedimiento el remolcador trabaja separado del buque al que auxilia, tirando de él desde el extremo de un cabo, que puede estar fijado en diferentes puntos del buque realizando así diversas funciones (arrastre, retenida, etc.). Con este procedimiento se evita el contacto directo entre ambas embarcaciones y se asegura además que toda la potencia del remolcador se ejerce en la dirección del cabo. El inconveniente de este procedimiento es que se necesita mayor espacio de maniobra debido a la longitud del amarre, por lo que el sistema no puede utilizarse donde existan limitaciones de espacio.

Remolcador apoyado de proa (trabajando de carnero)

En este sistema el remolcador apoya su proa sobre el costado del buque al que auxilia y lo empuja en una dirección sensiblemente perpendicular a la crujía. Es habitual en este procedimiento que el remolcador quede fijado al buque con 1, 2 y

3 cabos de amarre lo que permite evitar el deslizamiento relativo entre ambas embarcaciones durante la maniobra.

Remolcador abarloado

En este procedimiento el remolcador se sitúa al costado del buque y sensiblemente paralelo a él, quedando amarrado al barco por mediación de varios cabos, que aseguran la transmisión de esfuerzos. Este procedimiento se utiliza generalmente para maniobrar buques que no cuentan con propulsión suficiente, en lugares de poco espacio y en aguas muy tranquilas.

Determinación de las necesidades de remolcadores:

Según las necesidades de maniobra:

- Las características del área en las que va a desarrollarse la maniobra.
- Las condiciones climáticas existentes.
- El tipo de buque y sus condiciones de maniobrabilidad.
- El tipo de maniobra a realizar y la forma de actuación de los remolcadores en condiciones de seguridad.
- La flota de remolcadores disponibles.
- La experiencia de los maniobristas que intervengan en la operación.
- La prestación de servicios complementarios a la propia maniobra.
- Las condiciones económicas que regulen la intervención de los remolcadores.

La asistencia de remolcadores en la llegada o partida de un buque a una instalación portuaria.

Comprende normalmente tres fases:

La fase en la que el buque mantiene una velocidad apreciable en la que puede mantener un adecuado control de la navegación con sus medios propios (hélices, timones, etc.). En esta fase la asistencia de remolcadores puede ser necesaria,

con unos requerimientos que en general no demandarán una potencia o tracción a punto fijo excesiva, pero si unas condiciones específicas de navegabilidad y eficiencia para poder asistir a un buque en movimiento.

La fase intermedia en la que el buque reduce su velocidad para aproximarse a un área de maniobra, dársena, muelle, etc. y en la que el buque está realizando parte de su proceso de parada. Durante esta fase el buque reduce su velocidad y en consecuencia disminuye la eficacia de sus medios propios, en consecuencia, la influencia de los agentes externos (vientos, oleajes, corrientes, etc.) se queda descompensada y es necesario recurrir a la asistencia de remolcadores más frecuentemente y en actuaciones más prolongadas.

La fase final en la que se realizan las maniobras últimas de aproximación, reviro y atraque o el proceso contrario de inicio de la salida. Durante esta fase el buque está casi sin velocidad con lo cual la posibilidad de utilizar sus medios propios en el control de las acciones externas es prácticamente nula y por tanto se precisa una ayuda más importante por parte de los remolcadores.

Elementos de remolque:

Cada tipo de remolcador irá equipado con los elementos necesarios para desarrollar con normalidad su trabajo.

Elementos fijos en cubierta, tales como:

Chigre de remolque, Gancho de remolque, Bitas en H^a y Bitas normales, y otros formarán el material necesario para dar el remolque como: cable de remolque, pies de gallo, triángulo, cable de seguridad, cabos mensajeros y guías. Por tanto, cada remolcador, de acuerdo con su potencia de tiro y tracción a punto fijo, deberá tener dichos elementos con la resistencia necesaria que permita efectuar el remolque con seguridad.

Chigre de remolque: Consiste en una máquina hidráulica provista de uno o dos tambores donde se guarne el cable de remolque. El chigre de remolque debe instalarse lo más bajo posible para no disminuir la estabilidad y a ser posible coincidiendo con el centro de resistencia lateral para facilitar la maniobrabilidad del remolcador. La desventaja del chigre de remolque es que no es posible pasar de la situación de remolque hacia adelante a hacia atrás, especialmente en maniobras en lugares estrechos.

Bitas: En cubierta deber haber las suficientes bitas para hacer firmes los cabos de remolque y colocadas en los lugares apropiados para ser usadas en diversos tipos de remolques, ya sea por la popa, por la proa o abarloado.

Gancho de remolque: Consiste en un gancho de construcción especial que permite desenganchar el cable de remolque automáticamente desde el puente. La situación del gancho debe ser coincidiendo con el centro de resistencia lateral o algo hacia popa del mismo, dependiendo del sistema propulsor, con el fin de dar a máxima maniobrabilidad al remolcador; su altura será la mínima para evitar una pérdida de estabilidad del remolcador.

Cable de remolque: Cable o cabo de remolque, es el cable o cabo que se emplea para arrastrar el remolcado. El cable de remolque se emplea para remolques largos, costeros y oceánicos, en los cuales se requiere mucha longitud y gran resistencia. El cable convencional de remolque puede ser de 5 a 6 cm de diámetro y de más de 600 m de longitud y va enrollado en el tambor del chigre de remolque.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa INTERTUG a través de su registro de fallas en el Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS) ha identificado tiempos fuera de servicio (TFS) significativos y una alta tasa de fallas en algunos equipos.

Estos generan unos sobrecostos y pérdidas económicas debido a la indisponibilidad de los equipos. Debido a lo anterior, surge la necesidad de optimizar los planes de mantenimiento con el fin de mejorar disponibilidad, disminuir costos de mantenimiento y pérdidas por la no prestación de servicios a los clientes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento piloto basado en PMO para uno de los sistemas críticos de un barco remolcador de la empresa INTERTUG S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar el barco remolcador objeto de análisis con base en su tasa de fallas y tiempos fuera de servicio, y seleccionar uno de sus sistemas críticos.
- Aplicar la metodología PMO a un sistema considerado crítico en un barco remolcador.
- Obtener un plan de mantenimiento para un sistema crítico de un barco remolcador.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El transporte marítimo, los puertos de embarque y desembarque trabajan las 24 horas, 365 días del año sin descanso para que el comercio internacional no se detenga y las personas y las empresas puedan tener a su disposición artículos, equipos, accesorios, ropa, alimentos, materias primas, insumos, entre otros. Por lo anterior, la disponibilidad en este tipo de industria se hace sumamente importante para evitar pérdidas económicas en diferentes sectores de la economía.

INTERTUG S.A., al ser una empresa líder en la región en la prestación de servicios de barcos remolcadores, debe caracterizarse por el cumplimiento a sus clientes brindando soluciones con un alto valor agregado en seguridad y eficiencia. Para ello los activos deben cumplir la función para la cual fueron adquiridos, una de las maneras de lograr esto es a través de una adecuada gestión de mantenimiento que permita establecer tareas de mantenimiento costo-efectivas, minimizar el número de fallas imprevistas y los costos asociados que estas tienen.

Con el desarrollo de un PMO piloto en un sistema crítico, se busca optimizar su plan de mantenimiento actual con el fin de mejorar la Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad a través de tareas adecuadas de mantenimiento.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparará la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. ¿Cuándo conviene este tipo de mantenimiento? Cuando el costo de la falla (directos indirectos) es menor que el costo de la prevención, o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo. Esta opción solo es válida en caso que la falla no tenga consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente. En caso contrario, es obligatorio hacer algo para reducir o eliminar las consecuencias de la falla.

A este mantenimiento se le considera de corto plazo, las personas encargadas de avisar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las maquinas o equipos y corresponde al personal de mantenimiento las reparaciones de éste (Navarro y otros, 1997, 31). El principal inconveniente que presenta este tipo de acción de mantenimiento es que el usuario detecta la falla cuando el equipo está en servicio o recién pierde su funcionalidad, ya sea al ponerlo en marcha o durante su utilización. Si se tiene en cuenta que la mayoría de los operarios encargados de usar los equipos no son expertos en fallas, pueden pasar por alto ruidos y anomalías que pueden significar fallas iniciales o generar otras averías mayores (Navarro y otros, 1997, 31).

2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o re-trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente.

Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una turbina, se podría decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. inspección visual del grado de desgaste), monitoreos (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de

vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

Utilización de herramientas predictivas

- Análisis de vibraciones
- Termometría
- Ultrasonido
- Ensayos no destructivos
- Análisis de lubricantes
- Tribología

2.4 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

2.4.1 Confiabilidad

La Confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo o sistema cumpla la función para la cual fue diseñado, por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación establecidas.

$$R(t) = e^{-t/MTBF} \quad 0 < R < 1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

e: Número de Euler, constante 2.718281

MTBF: Tiempo Promedio Entre Fallas

t: Tiempo de Evaluación

2.4.2 Disponibilidad

Es la capacidad o probabilidad de un ítem (equipo, sistema o componente) de encontrarse en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas, en un instante de tiempo dado o durante un intervalo de tiempo

determinado, asumiendo que se dispone de los recursos externos necesarios. (ISO 14224. 2006)

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \% \quad 0 < A < 100 \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

MTTR: Tiempo Promedio para Reparar

MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas

2.4.3 Mantenibilidad

Es la medida de la capacidad de un ítem (equipo, sistema o componente) para ser mantenido en o recuperado a una condición especificada cuando el mantenimiento es ejecutado por personal con los niveles de competencia especificados, usando procedimientos y recursos establecidos, en cada nivel de mantenimiento y reparación determinado. (MIL-STD-721C. 1981)

El parámetro fundamental para calcular la mantenibilidad es el tiempo promedio de reparación entre fallas, MTTR.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{\# \text{ de fallas}} \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde

TTR: Tiempos de reparación.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS

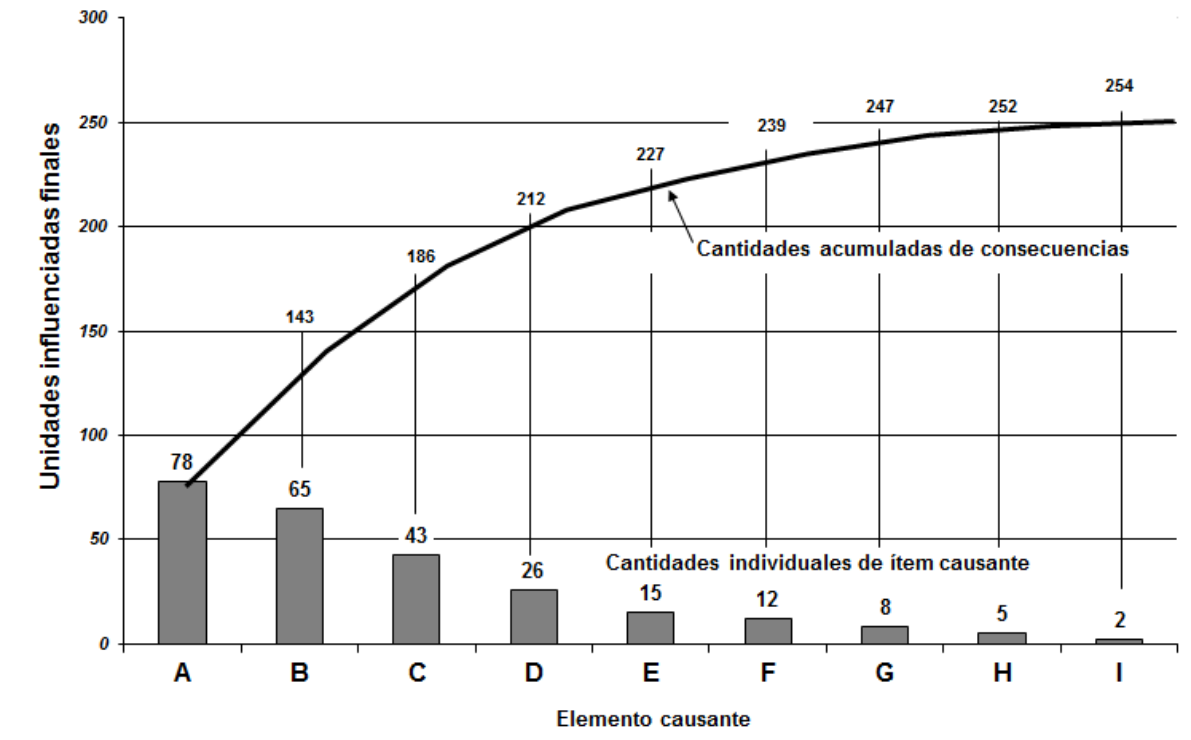
2.5.1 Diagrama de Pareto

Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas con baja importancia (80%) frente a unos pocos muy importantes (20%). En la gráfica se ubican los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

Es una metodología que permite ver el grado de influencia de unos pocos elementos en el total de los resultados obtenidos, es notoria su bondad en cuanto a que puede registrar la influencia de unos cuantos elementos en un gran porcentaje del fenómeno final. Permite descartar la influencia de muchos elementos triviales en la consecuencia de una actividad o falla. (Mora, 2009)

Figura 2. Diagrama de Pareto



Fuente: Mora, 2009

2.5.2 Distribución Normal

Es una distribución discreta que se presenta con frecuencia cuando la vida útil de los componentes se ve afectada desde un comienzo por el desgaste, sirve para describir muy bien los fenómenos de envejecimiento de equipos, modelos de

fatiga y fenómenos naturales. En ésta distribución las fallas tienden a distribuirse de una forma simétrica alrededor de la vida media (Mora, 2009).

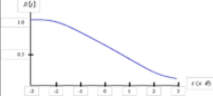
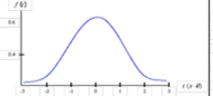
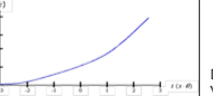
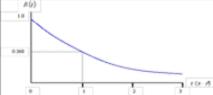
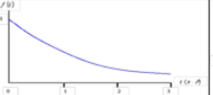

La distribución normal, también conocida como la distribución de Gauss o Laplace, es desarrollada por varios matemáticos, entre ellos Abraham de Moivre y Karl Gauss, en el siglo XVIII; se usa bastante en todos los campos de experimentación y sus valores están tabulados en tablas (Mora, 2009).

2.5.3 Distribución Exponencial

La distribución Exponencial es útil cuando el β de Weibull alcanza el valor de 1 ± 0.05 y su Tasa de Fallas tiende a ser constante. La distribución exponencial es un caso especial de la distribución Gamma, ambas tienen un gran número de aplicaciones. Es la más común entre las distribuciones de fallas, su importancia radica en el hecho de que casi todos los componentes tienen, durante su período de operación normal, una intensidad de falla constante.

La distribución exponencial es la única que posee una intensidad constante de fallas. La distribución exponencial es muy usada para modelar el tiempo de vida de componentes electrónicos y es apropiada cuando un componente usado que aún no falla, es estadísticamente tan bueno como un componente nuevo. (Mora, 2009).

Tabla 1. Tabla de Distribuciones Normal - Exponencial

Tipo de Distribución	Parámetros	Función de Confiabilidad $R(t) = 1 - F(t)$	Función de Densidad de Probabilidad de Falla $f(t)$	Función de Tasa de Falla $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$	Aplicaciones Principales
Normal	Media, μ Desviación estándar, σ	 $R(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt$	 $f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$	 $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$	Distribución de vida de componentes de alto esfuerzo
Exponencial	MTBF, θ $\theta = \lambda^{-1}$	 $R(t) = \exp(-\lambda \cdot t)$	 $f(t) = \lambda \exp(-\lambda \cdot t)$	 $\lambda(t) = \lambda = \theta^{-1}$	Distribución de vida de equipos complejos no reparables. Distribución de vida de algunos componentes en el período de rodaje.

Fuente: Mora, 2009

2.5.4 Distribución Weibull

La distribución de Weibull responde a los parámetros β y η ; que representan respectivamente el factor de forma y de escala de la distribución; la obtención de estos parámetros se logra por medio de la alineación de la distribución de Weibull mediante las transformaciones necesarias, luego de la obtención de la pendiente y el intercepto de la recta se calculan los parámetros β y η de la distribución (Mora, 2009).

2.5.5 Distribución LogNormal

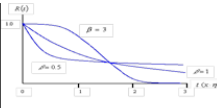
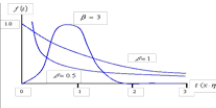
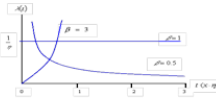
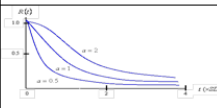
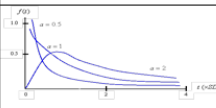
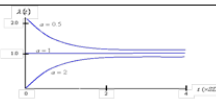
La distribución LogNormal se genera a partir de los parámetros m y s debido a que el logaritmo de una variable aleatoria LogNormal es una variable aleatoria normal con media m y desviación estándar s (Barlow, 1998). La distribución, puede tomar varias formas pero siempre con tendencia o cola hacia su derecha (sesgo positivo); la razón para ser menos conocida que la distribución de Weibull, es que su función de supervivencia no tiene forma cerrada, esto es importante para la estimación de sus parámetros que siempre tienen la tendencia de ser muy altos (Mora, 2009).

2.5.6 Distribución Gamma

Es una distribución de dos parámetros que tienen propiedades similares a los de la distribución Weibull, el parámetro de escala y el parámetro de forma que pueden ser ajustados a los datos obtenidos con gran flexibilidad. La distribución Exponencial es un caso especial de la distribución Gamma, cuando $\alpha = 1$. Cuando alfa es un entero positivo a Gamma se le denomina la Distribución de Erlang.

La distribución Gamma es muy conveniente para caracterizar los tiempos de fallas de equipos durante períodos de rodaje. Es también muy adecuada para representar sistemas con componentes en stand-by (Mora, 2009).

Tabla 2. Tabla de distribuciones Weibull - Gamma

<p>Weibull</p> <p>Posición, γ</p> <p>Escala, η</p> <p>Forma, β</p> <p>Curvas mostradas para $\gamma = 0$</p>	 $R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right]$	 $f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right]$	 $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1}$	<p>Resistencia a la corrosión.</p> <p>Distribuciones de vida de muchos componentes básicos, como capacitores, relays, rodamientos de bola y ciertos motores.</p>
<p>Gamma</p> <p>$SD = \frac{\alpha^{1/2}}{\lambda}$</p> <p>Cuando a es un entero $\Gamma(a) = (a-1)!$</p>	 $R(t) = \frac{\lambda^a}{\Gamma(a)} \int_t^\infty x^{a-1} \exp(-\lambda x) dx$	 $f(t) = \frac{\lambda^a}{\Gamma(a)} (t \tau)^{a-1} \exp(-\lambda t)$	 $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$	<p>Distribución de tiempo entre recalibración o mantenimiento de equipos.</p> <p>Tiempo de falla de equipos con componentes en stand-by.</p>

Fuente: Mora, 2009

2.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, además permite identificar las aéreas sobre las cuales se debe tener una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza.

Generalmente, se tienen en cuenta los riesgos asociados a los siguientes objetos de impactos:

- Seguridad a personas.
- Seguridad al medioambiente.
- Pérdidas de producción.
- Costos (diferentes a los costos por pérdidas de producción).

Un análisis de criticidad se compone de los siguientes pasos:

Paso 1. Requerimientos básicos.

- Definición del propósito del análisis.
- Recolección de información de equipos, tales como documentación técnica, históricos de fallas, taxonomía de equipos, contextos operacionales, entre otros.
- Definición de los criterios de evaluación. Para los objetos de impacto se establece una escala con la severidad de las consecuencias, así mismo se establece una escala para la valoración de la probabilidad de falla. Dependiendo de las consecuencias y la probabilidad se definen rangos de criticidad (por ejemplo: Bajo, Medio, Alto). Los criterios de evaluación pueden ser cuantitativos, semicuantitativos o cualitativos. Los análisis cualitativos son los más prácticos debido a su facilidad de interpretación a través de matrices de riesgo como la que se muestra a continuación:

Consecuencias	E					
	D					
	C					
	B					
	A					
Probabilidad de falla	1	2	3	4	5	

Paso 2. Definición de funciones principales y secundarias.

- A cada equipo a evaluar se le define su función principal y las funciones secundarias.

Paso 3. Evaluación de criticidad.

- Se evalúan las consecuencias en cada objeto de impacto con la pérdida de las funciones definidas en el paso 2. Se tiene en cuenta ¿qué pasa si el equipo deja de cumplir la función?
- De acuerdo a los históricos de falla o a referentes de la industria, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de la pérdida de la función.
- Los niveles de consecuencias y de probabilidad se ubican en la matriz y da como resultado la criticidad del equipo.

Paso 4. Clasificación de equipos.

- El total de equipos evaluados se clasifica de acuerdo al nivel de criticidad y se hace la jerarquía de mayor a menor criticidad.

Tener un análisis de criticidad de equipos brinda a las organizaciones una herramienta para la toma de decisiones, definición de planes de mantenimiento, planes de acción para mitigación de riesgos, entre otras.

2.7 RCM – MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

2.7.1 Historia del RCM.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM- *Reliability-Centered Maintenance*) se desarrolló inicialmente por la industria de la aviación comercial para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos. Se documentó primero en un informe escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento Defensa de los Estados Unidos en 1978. Desde entonces, RCM se ha usado para ayudar a formular estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo humano organizado, y en casi todos los países

industrializados del mundo. El proceso definido por Nowlan y Heap ha servido como base de varias aplicaciones y documentos en que el proceso de RCM se ha desarrollado y se ha perfeccionado a través de los años.¹

2.7.2 Definición de RCM.

Hernández en su libro lo define como “Filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento. Teniendo en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones”.²

Por otro lado, para John Moubray el RCM es “un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.³

Entre tanto, la norma IEC 60300-3-11, 2009, lo expresa como “un método para identificar y seleccionar políticas de gestión de fallas para alcanzar en forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad, disponibilidad y economía de la operación. Las políticas para la gestión de fallas pueden incluir actividades de mantenimiento, cambios operacionales, modificaciones de diseño u otras acciones con el fin de mitigar las consecuencias de las fallas”.⁴

En ese orden de ideas, el objetivo final del RCM es la obtención de una estrategia de mantenimiento, a través de la aplicación de una metodología bien estructurada que permite identificar las tareas adecuadas de mantenimiento que eliminan o mitigan los modos de falla, para que no se presenten pérdidas de función (fallas

¹ SAE JA 1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance(RCM) Processes. SAE. Surface Vehicle/Aerospace Atandard.1999. Pág. 1

² Hernández M. Eduardo. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Comparación de Métodos de Análisis de Confiabilidad Aplicados a Sistemas Eléctricos Industriales. 2009 pág. 1-2.

³ Moubray, John. (2004). RCM II. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Pág 7.

⁴ IEC 60300. (2009). Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance. Pág 6.

funcionales) y de esta manera los activos puedan seguir desempeñando la función para la cual fueron diseñados, dentro de un contexto operacional determinado y claramente definido.

2.7.3 Las 7 preguntas del RCM

La aplicación de la metodología RCM debe garantizar que se dé respuesta a 7 preguntas establecidas, las cuales se deben realizar de manera estricta en la secuencia que se muestra a continuación:

- a. ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (*funciones*)?
- b. ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (*fallas funcionales*)?
- c. ¿Qué causa cada falla funcional (*modos de falla*)?
- d. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (*efectos de falla*)?
- e. ¿De qué manera afecta cada falla (*consecuencias de falla*)?
- f. ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (*tareas proactivas e intervalos de tareas*)?
- g. ¿Qué se debe hacer si no se conoce una tarea para evitar la falla (*acciones predeterminadas: rediseño, correr a falla*)?

2.7.4 Normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012

Desde el desarrollo y auge del RCM se han escrito varios documentos que hacen referencia a la metodología. Dichos documentos son llamados por sus autores "RCM", sin embargo, existe un gran número de estos documentos que difieren o incluso son contraproducentes con el documento original de Nowlan y Heap de 1978, ya que no están alineados y no se logran los mismos resultados.

Debido a lo anterior, surgió la necesidad de crear una norma con los criterios que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado "RCM". La respuesta a esta

creciente necesidad internacional de estandarización, fue la expedición por parte de la SAE (Society of Automotive Engineers) en el año 1999, de las normas SAE JA1011 y SAE JA1012.

Estas normas definen unos criterios, con base en los procesos RCM y los conceptos de tres documentos sobre RCM: (1) Libro de 1978 de Nowlan and Heap, "Reliability-Centered Maintenance," (2) MIL-STD-2173(AS) de la Aviación Naval de U.S. (Reliability-Centered Maintenance Requirements of Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment) y su sucesor, U.S. Naval Air Systems Command Management Manual 00-25-403 (Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process), y (3) "Reliability-Centered Maintenance (RCM 2)," por John Moubray. Estos documentos son considerados como los documentos disponibles más ampliamente usados y aceptados sobre RCM. Las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 describen los criterios mínimos que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado "RCM". No intenta definir un proceso específico de "RCM".⁵

2.8 PMO – OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO PLANEADO

El PMO – Optimización del Mantenimiento Planeado, es un método o proceso analítico diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del ciclo reactivo del mantenimiento mostrado en la figura XX, adaptado por Steve Turner.⁶

⁵ SAE JA 1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.SAE. Surface Vehicle/Aerospace Atandard.1999. Pág. 1

⁶ TURNER, Steve. MBA. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance, Analysis for Results.2002. Disponible en internet: <http://www.pmo2000.com>, info@omcsinternational.com

El PMO alcanza los mismos resultados de RCM, teniendo en cuenta el mantenimiento planeado actual, con menos costo de implementación y diseño, menos tiempo puede llevar a mayores beneficios.

Figura 3. Análisis ciclo reactivo del mantenimiento



El PMO facilita el diseño de un marco de trabajo racional y rentable, cuando un sistema de PM está consolidado y los equipos están bajo control. Esto implica una buena experiencia en hacer mantenimiento planeado. A partir de ahí, las mejoras se pueden alcanzar fácilmente con la adecuada asignación de recursos y el personal de mantenimiento puede enfocar sus esfuerzos en los defectos de diseño de la planta y equipos o en las limitaciones operativas.

Un sistema PMO es base para una Ingeniería de Confiabilidad efectiva y para la adecuada eliminación de defectos, teniendo en cuenta que:

- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta.
- Se logra un efectivo uso de los recursos

- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento

El sistema PMO se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente, y también conlleva que esta optimización del PM motiva al personal.

Cabe mencionar que mientras que el PMO utiliza el historial de fallas existentes como una entrada en la revisión de actividades del PM, reconoce que en la gran mayoría de las empresas, la información contenida en sistemas CMMS, tiende a ser inexacta e incompleta y busca corregirla. La fuerza fundamental de un programa de PMO es que todas las acciones de mantenimiento tienen valor agregado y que el sistema motiva mejoras en muchos otros aspectos del manejo de los activos físicos de la empresa, aparte de los análisis básicos de mantenimiento.⁷

2.8.1 Beneficios

Los beneficios reales de la implementación de una optimización del mantenimiento planeados son:

- Incremento de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y efectividad global de los equipos.
- Eliminar paradas y fallas imprevistas.
- Utilizar todos los recursos adecuadamente.
- Optimizar horas de trabajo y productividad.
- Implementar herramientas de última tecnología para CBM.
- Reducción de los requerimientos de horas hombre.

⁷ BALLESTEROS, Freddy. Metodología para implementar modelo de confiabilidad basado en PMO para concretos ARGOS S.A. Trabajo de grado Especialista Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisco-Mecánicas, 2012, 35p.

2.8.2 Etapas para la implementación

Las etapas para la implementación del PMO, según la visión general tomada del PMOptimization 2000 son:

PASO 1 – Recopilación de Tareas

PMO inicia recopilando o documentando el programa de mantenimiento existente (formal o informal) y subiéndolo a una base de datos. Es importante entender que el mantenimiento lo realiza un grupo amplio de personas, incluyendo los operadores. También es muy importante entender que en la mayoría de organizaciones el PM se hace por iniciativa propia de los técnicos o de los operadores y no existe documentación formal; cuando esta situación se presenta simplemente se debe documentar lo que el personal ya ha estado haciendo. Es muy común que las organizaciones de mantenimiento tengan algún tipo de PM, ya sea formal o informal; es raro encontrar organizaciones que no tengan ningún tipo de PM. La Figura 3, ilustra las fuentes de PM.

Figura 4. Fuente del mantenimiento preventivo



PASO 2 – Análisis de Modos de Falla (FMA)

En el paso 2 se debe involucrar a todo el personal de la planta, se trabajará en equipos multidisciplinarios quienes se encargarán de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento. La Tabla 3 ilustra un ejemplo del resultado del Paso 2.

Tabla 3. Ilustración paso 2

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Instalador	Falla C
Tarea 4	6 meses	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

PASO 3 – Racionalización y revisión del FMA

En este paso se ordena la información por Modos de Falla y hace más fácil la identificación de duplicación de tareas. La duplicación de tareas se presenta cuando al mismo Modo de Falla se le aplican varias rutinas de PM por parte de las diferentes especialidades, por parte de los operadores y por parte de los especialistas de monitoreo.

En este paso el equipo de trabajo revisa los modos de falla resultado del FMA y agrega aquellos modos de falla faltantes. La lista de los modos se elabora con base en el historial de fallas, documentación técnica (planos, manuales de O&M) o simplemente con la experiencia del equipo de trabajo. La Tabla 4 ilustra el resultado del Paso 3. Nótese la adición de la Falla “D”, la cual fue identificada durante el desarrollo de este Paso. La adición de la Falla D puede haber sido resultado de la revisión del historial de fallas y/o de la documentación técnica.

Tabla 4. Ilustración paso 3

Tarea	Responsable	Falla
Tarea 1	Operador	Falla A
Tarea 4	Instalador	Falla A
Tarea 7	Mecánico	Falla A
Tarea 2	Operador	Falla B
Tarea 5	Electricista	Falla B
Tarea 3	Instalador	Falla C
Tarea 6	Operador	Falla C
		Falla D

PASO 4 – Análisis Funcional (Opcional)

La función que se pierde con cada falla se puede determinar en este paso. Este paso es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos bastante críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para el aseguramiento de un programa de mantenimiento sólido. Para aquellos equipos poco críticos o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, más no beneficios tangibles.

Tabla 5. Ilustración paso 4

Tarea	Responsable	Falla	Función
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1
Tarea 4	Instalador	Falla A	
Tarea 7	Mecánico	Falla A	
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1
Tarea 5	Electricista	Falla B	
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2
Tarea 6	Operador	Falla C	
		Falla D	Función 1

PASO 5 – Evaluación de Consecuencias

En este paso cada modo de falla es analizado para determinar si las fallas son ocultas o evidentes. Para aquellas fallas evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales.

Tabla 6. Ilustración paso 5

Tarea	Responsable	Falla	Función	Consecuencia
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1	Operacional
Tarea 4	Instalador	Falla A		
Tarea 7	Mecánico	Falla A		
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1	Operacional
Tarea 5	Electricista	Falla B		
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2	Oculto
Tarea 6	Operador	Falla C		
		Falla D	Función 1	Operacional

Tipo de consecuencias de fallas

Según la normatividad SAE JA1011 las consecuencias de las fallas son los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos) y estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Ambientales: Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias ambientales si puede violar cualquier norma ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración.

Seguridad: Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias en la seguridad si puede dañar o matar a un ser humano.

No Operacionales: Una categoría de consecuencias de falla que no afecta adversamente la seguridad, el ambiente, o las operaciones, y que sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier componente(s) que podría ser afectado por la falla.

Operacionales: Una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema (producción,

calidad del producto, servicio al consumidor, capacidad militar, o costos operacionales en adición al costo de reparación).

Oculto: Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado.

PASO 6 – Definición de la Política de Mantenimiento

La filosofía moderna de mantenimiento se basa en la premisa que los programas de mantenimiento exitosos se enfocan más en las consecuencias de las fallas que en los activos en sí. En este paso, cada modo de falla es analizado bajo los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y se establecen las nuevas o revisadas políticas de mantenimiento haciendo evidente lo siguiente:

Tabla 7. Ilustración paso 6

Falla	Función	Consecuencia	Política	Rutina
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla A				
Falla A				
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Oculto	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla D	Función 1	Operacional	Inspección	Semanal

- Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costo efectivos y los que no lo son, estos últimos deben eliminarse.
- ¿Qué tareas serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa?
- ¿Qué tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa?
- ¿Qué tareas serían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas?
- ¿Qué fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple?
- ¿Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida?

- ¿Qué fallas se deben eliminar con la ayuda de un Análisis de Causa Raíz (RCA)?

PASO 7 – Agrupación y Revisión

Una vez el análisis de las tareas haya finalizado, el equipo de trabajo establece el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos teniendo en cuenta limitantes de producción y otros. En este paso es posible que haya transferencia de responsabilidades en la ejecución de las tareas de PM entre los especialistas de mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancias en producción.

PASO 8 – Aprobación e Implementación

En este paso, el resultado del análisis se presenta a la alta dirección para su revisión y comentarios. Una vez se ha aprobado el programa, inicia la etapa más importante de PMO, su implementación. La implementación es la etapa que consume más tiempo y en que se pueden presentar más dificultades. Es importante ejercer liderazgo y estar atento a los detalles para hacer de la implementación un éxito. Las dificultades en la implementación se incrementan considerablemente en organizaciones que cuentan con muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras.

PASO 9 – Programa Dinámico

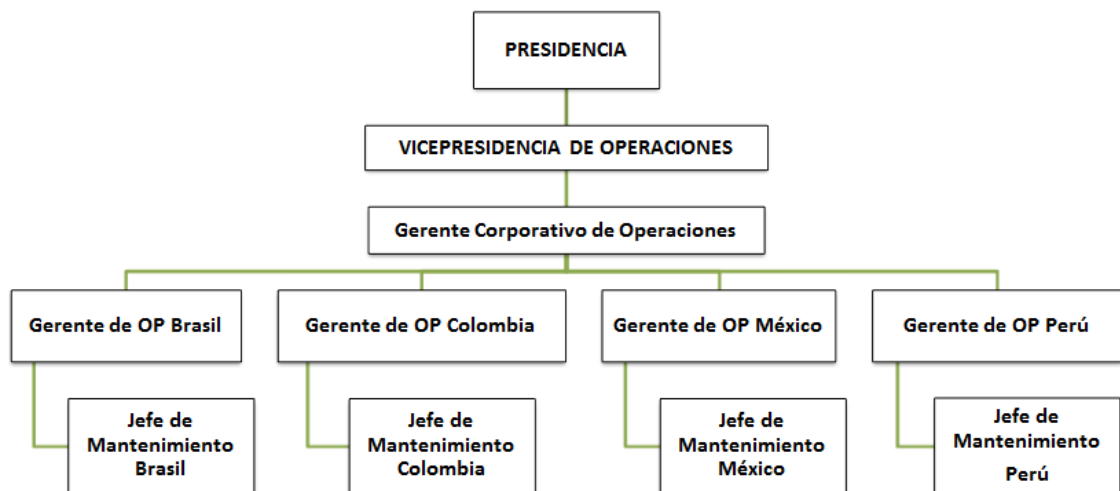
Durante el desarrollo de los Pasos 1 al 8, el proceso de PMO ha establecido una estructura racional y costo efectivo de PM. En el “Programa Dinámico”, el plan de PM se consolida y se toma control de la planta, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado.

3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.1 ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO EN INTERTUG

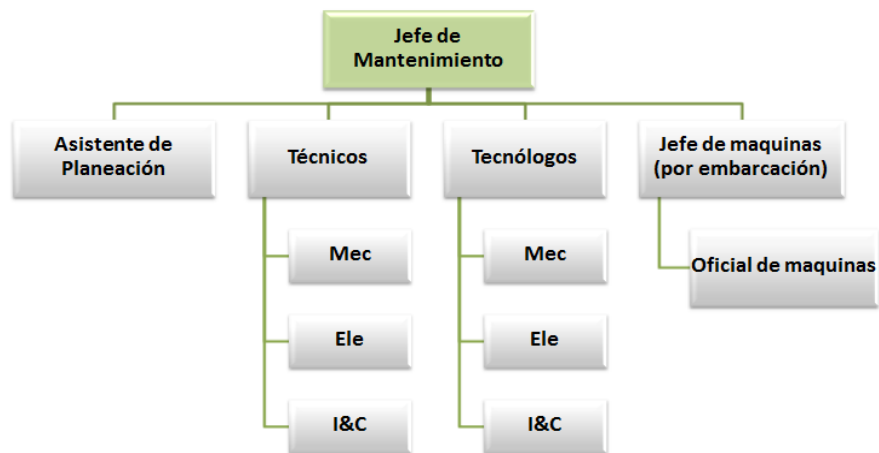
La estructura estratégica y táctica de la organización de mantenimiento está compuesta de la siguiente manera:

Figura 5. Organigrama Mantenimiento INTERTUG



La estructura operativa o de la ejecución del mantenimiento está compuesta de la siguiente manera:

Figura 6. Organigrama Mantenimiento Operativo



Cada embarcación tiene fija una cuadrilla de un jefe de máquinas y un oficial de máquinas con conocimientos generales de mecánica, electricidad y electrónica. Para labores mayores y especializadas la organización cuenta con técnicos y tecnólogos especialistas en mecánica, instrumentación y electricidad. Dependiendo de la complejidad de las actividades o la intervención a realizar, existen diferentes grupos ejecutores:

AUTÓNOMO: Trabajos realizados por la cuadrilla de cada embarcación (un jefe de máquinas y un oficial de máquinas)

INTERNO: Trabajos realizados por técnicos y tecnólogos especialistas en mecánica, instrumentación y electricidad, que pertenecen a la jefatura de mantenimiento.

EXTERNO: Trabajo realizado por contratistas.

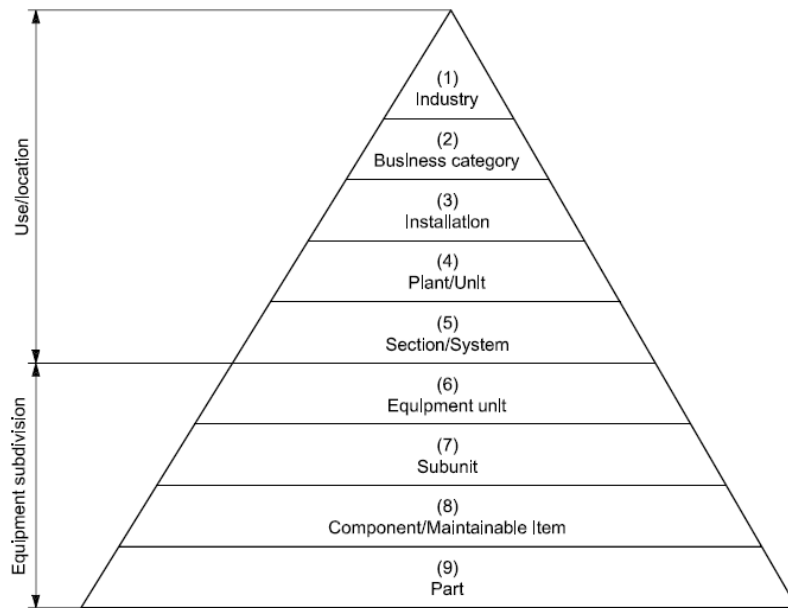
MIXTO: Combinación de contratista, técnicos y tecnólogos especialistas en mecánica, instrumentación y electricidad, y/o la cuadrilla de la embarcación.

3.2 TAXONOMÍA Y JERARQUÍA DE ACTIVOS

La taxonomía es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de los elementos (ubicación, uso de equipos de subdivisión, etc.). Una clasificación de los datos relevantes que deben recogerse de acuerdo a la norma internacional ISO-14224 está representada por una jerarquía como la que se muestra a continuación.⁸

⁸ ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. 2006. 182 p.

Figura 7. Taxonomía



Fuente: ISO 14224:2006.

La estructura taxonómica definida por INTERTUG organizó los activos que hacen parte de la embarcación, para facilitar la administración y gestión de las actividades de mantenimiento. Se tomó como base la estructura de la ISO 14224 y para la identificación de los activos se utiliza un sistema de codificación alfanumérico.

Figura 8. Taxonomía INTERTUG



El sistema de codificación de activos está compuesto por 4 prefijos en el siguiente orden:

Embarcación: Los cuatro primeros dígitos del código corresponden a la embarcación. Corresponde al nivel 4 de la norma.

Sistema: El segundo prefijo es una letra y corresponde al sistema al que pertenece el activo. Corresponde al nivel 5 de la norma.

Activo: El tercer prefijo es de 3 letras y es la abreviatura del activo. Corresponde al nivel 6 de la norma.

Consecutivo: Son los cuatro últimos dígitos del código y corresponde a un consecutivo o contador de equipos de la misma clase y tipo.

Ejemplo de codificación de un equipo:

Tabla 8. Ejemplo de codificación

9022-P-MOT-0201			
9022	P	MOT	0201
↓	↓	↓	↓
MARA	SIST. PROPULSIÓN	MOTOR	CONSECUTIVO
EMBARCACIÓN	SISTEMA	ACTIVO	CONSECUTIVO

De acuerdo a lo anterior, se tiene que:

- 9022: Embarcación Mara
- P: Sistema de Propulsión
- MOT: Motor
- 0201: Consecutivo

A continuación se presentan las tablas con la información correspondiente a embarcaciones, sistemas y equipos que están establecidos en INTERTUG.

Tabla 9. Embarcaciones

EMBARCACIONES	
CC	DESCRIPCIÓN
9001	CAPID AHL
9002	RAN
9003	SAGA
9004	ODIN
9005	EOS II
9006	DON LUCHO
9007	CAREX
9009	VALI
9010	FREY
9011	SEA TROUT
9012	AQUAVIT
9013	TITANIA
9014	BAHAIRE II
9016	TYR
9017	TANOK
9018	CRISTINA
9019	HELIOS
9020	VALKYRIA
9021	BARU
9022	MARA
9023	EGIR-APOLO
9025	KRONOS
9026	OCEANOS
9030	MISTRAL
9031	KIN
9032	BOREAS
9033	ALISIOS
9034	SIROCCO
9035	CHINOOK
9036	BARÚ PACÍFICO
9037	BARÚ INTI
132	BARÚ GORGONA
133	BARÚ MÚCURA
134	BARÚ PROVIDENCIA
138	BARÚ ANTARES

Tabla 10. Sistema de las embarcaciones.

EMBARCACIONES	
SISTEMA	DESCRIPCIÓN
A	SIST. NEUMÁTICO
B	SIST. VENTILACIÓN
E	SIST. ELECTRICO-ELECTRONICO
F	SIST. COMBUSTIBLES
G	SIST. DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
H	SIST. ESTRUCTURAL
I	SIST. FI-FI (CONTRA INCENDIO)
N	SIST. DE EQUIPOS DE NAVEGACIÓN
O	SIST. LUBRICACIÓN
P	SIST. DE PROPULSIÓN
S	SIST. DE EQUIPOS DE SEGURIDAD
T	SIST. DE REMOLQUE Y EQUIPOS DE CUBIERTA
V	SIST. PRIMARIOS DE LA EMBARCACIÓN
W	SIST. TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN AGUAS

Tabla 11. Equipos

EQUIPOS	
ACTIVO	ACTIVO COD
AIS	AIS
BALSA	BAL
BATERIAS	BAT
BOMBAS	BOM
CALENTADOR	CAL
COCINA	COC
COMPAS	COP
COMPRESOR	COM
ECOSONDA	ECO
ALTERNADOR	ALT
GIROCOMPAS	GIR
GOVERNADOR	GOV
GPS	GPS
GRUA	GRU
INMARSAT	INM
INTERCAMBIADOR	INT
INTERCOMUNICADOR	ITC
MOTOR	MOT
NAVTEX	NAX
PILOTO AUTOMATICO	PIL
PLANTA TTO	SES
PURIFICADOR	PUR
RADAR	RAD
RADIO	RAI
REDUCTOR AZIMUTAL	REA
REDUCTOR CONVENCIONAL	RED
REFLECTOR	REF
SEPARADOR	SES
AIRE ACONDICIONADO	AAC
TABLERO	TAB
TANQUE	TAN
VESSEL	VES
WINCHE	WIN

3.3 PLATAFORMA IRIS

La compañía desarrolló una plataforma base web llamada IRIS, la cual tiene conexión automática con el CMMS y sirve para que el personal de la embarcación registre diferentes tipos de novedades que se presentan durante la operación, tales como:

- Novedades de personal.
- Novedades y eventos HSE.
- Novedades administrativas.
- Novedades de lubricantes y filtros. Sirve para llevar el registro de los consumos de estos consumibles.
- Novedades de mantenimiento.

En el proceso de novedades de mantenimiento se encuentran las requisiciones de servicios de mantenimiento, que son todos aquellos servicios asociados a la solución de correctivos que se evidencian en la embarcación y deben ser atendidos por el área de mantenimiento o incluso de manera autónoma en la embarcación.

Una requisición de servicio debe contener la siguiente información:

Figura 9. Requisición de Servicio

Equipo y Subsistema que presenta la falla. Incluye código parametrizado en el CMMS.

Descripción concatenada del evento

Trabajo que se requiere para solucionar el impase.

Horas de operación del equipo (Si Aplica)

Referencia del subsistema, componente o parte que pueda identificar y permita una mejor gestión.

Condiciones de trabajo como temperaturas, presiones, RPM, entre otras variables.

Estatus del equipo que presenta la falla. Operando o Fuera de Servicio.

Los campos a diligenciar se encuentran alineados con el sistema CMMS (Mainsaver), lo cual permite una fácil integración eliminando el paso de transcripción de formatos.

El proceso parametrizado en el IRIS, es el resultado de la alineación de los procesos de mantenimiento con el plan de excelencia operativa mediante la gestión de activos. Por tanto, desde los inicios del proceso de novedades se ha insistido mucho en el aseguramiento de la calidad de información que se ingresa para tener un histórico de fallas completo y con información confiable.

3.4 SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS)

INTERTUG dentro de su gestión administrativa y de mantenimiento utiliza el software llamado Mainsaver. Este software fue desarrollado por Mainsaver Inc., en Estados Unidos. Es un Sistema Computarizado para la Gestión de

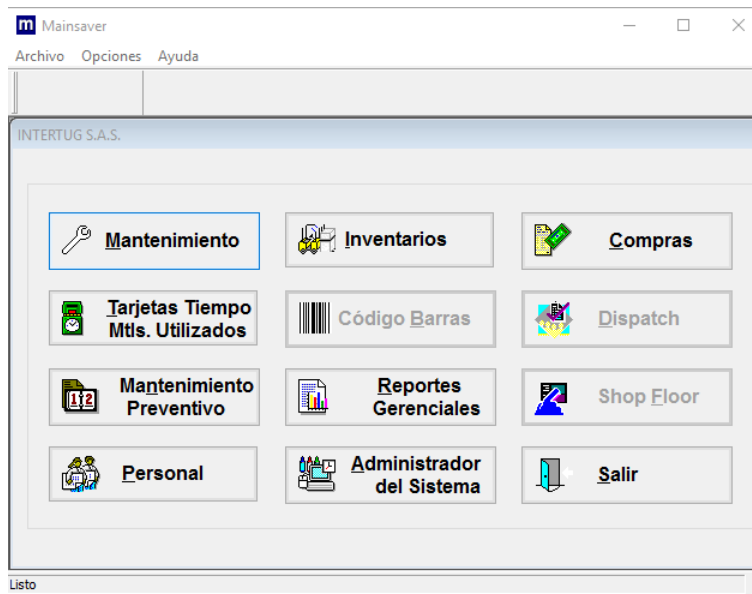
Mantenimiento (CMMS) y se ha utilizado en diferentes sectores como la industria manufacturera, hospitales, universidades y empresas de servicio (transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial). Es un software modular, dirigido al usuario final con enfoque sobre la gestión de mantenimiento. Cubre mantenimiento correctivo, preventivo, rutinas, predictivo, TPM, RCM, costos, presupuesto, personal, contratistas, historial, tendencias, fallas, causas, acciones, operación de mantenimiento e inventarios en equipos Hand Held operando off-line.

Cuenta con módulo para inventarios (transacciones, costos, reservas, auditorias, multi-almacén, multi-ubicaciones, etc.), compras, Web Work (requisiciones de trabajo, OT's, requisiciones de compras y reportes generales por internet), además permite la integración con sistemas ERP (SAP, MS Dynamics, Oracle Financial). Tiene un requerimiento de sistema operativo de MS – Windows, con base de datos Oracle, Sybase, SQL Server, DB2, Anywhere.⁹

La interface gráfica del menú inicio del Mainsaver se muestra en la siguiente figura:

Figura 10. Menú inicio del Mainsaver

⁹ <http://www.catalogodesoftware.com/software-software-para-sectores-especificos-58/software-de-gestion-de-mantenimiento-y-monitoreo-de-activos-empresariales-eam-cmms-maquinaria-planta-equipos-vehiculos-192/mainsaver-sistema-computarizado-para-administracion-y-control-de-mantenimiento-cmms-8527>



3.5 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO

Todas las actividades de mantenimiento realizadas en la compañía son registradas en las ordenes de Trabajo (OT), ya sean de mantenimiento preventivo, correctivo, modificación o de condición. Las órdenes de trabajo permiten llevar control sobre la ejecución del mantenimiento y tomar decisiones cuando se observan desviaciones. Todas las órdenes de trabajo (OT) son creadas, modificadas y revisadas en el CMMS de la compañía.

Solicitud de servicio de una orden de trabajo. El proceso se inicia con una solicitud de trabajo generada automáticamente por el CMMS de acuerdo a los planes de mantenimiento preventivos creados, o por una solicitud de trabajo realizada en el IRIS por la persona que identifico la falla real o potencial. La orden va a un subproceso de planeación y programación, luego es ejecutada, reportada y finalmente analizada por el grupo de ingeniería de mantenimiento, quienes dan retroalimentación con recomendaciones de mejoramiento. En el anexo A se observan los flujogramas con los diferentes pasos y estados de una orden de trabajo.

3.6 INFORMACIÓN OBTENIDA DEL CMMS

3.6.1 Planes de mantenimiento actuales

Los planes de mantenimiento (PM) actuales en INTERTUG tienen una combinación entre mantenimiento preventivo y mantenimiento basado en condición. La estrategia se realiza principalmente basado en horas de funcionamiento, aunque también existen PM cuya estrategia está establecida por tiempo. Todos los PM están cargados en el CMMS y para efectos de este estudio se realizó una descarga directamente del sistema de información.

Se observa que los PM tienen un código, nombre, el activo al que aplica, la estrategia, la última y próxima fecha de ejecución, las tareas a ejecutar, etc. Se detectó una oportunidad de mejora y es que ninguna de las tareas o PM tiene estipulado el tiempo de duración.

Figura 11. Vista del CMMS para descarga de PM

No. de	PM Desc	Status	No. de Activo	Descripción Breve del Activo	Grupo	Criterio de MP	%Criterio de MP	Fecha UMP	Fecha de Emisión	Fecha de Vencimiento	Trabajo Requerido
177	OVERHAUL	ACT	9013-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAMB	U24K	45.52	02/08/2010	05/11/2021	05/11/2021		REPARAR TOTALMENTE EL MOTOR (CAMBIAR RODAMIENTOS, EMPAQUES Y SE
409		ACT	9013-N-GPS-0101	GPS	C180		2.22	25/02/2016	18/08/2016	23/08/2016	REVISAR EL ESTADO DE LA ANTENA Y DE LA BASE DE LA ANTENA, REVISAR
611		ACT	9013-T-ANN-0101	WINCHE DE PROYANCLAS	C180		1.11	05/12/2015	28/05/2016	02/06/2016	REVISAR CONEXIONES ELECTRICAS, CADENA, MOLINETE, FRENO, NIVEL Y CALI
863		DEA	9014-T-ANN-0304	WINCHE CABEZA TURCO	C180		213.33	05/09/2014	27/02/2015	04/03/2015	MEDIR EL AISLAMIENTO DEL MOTOR, VERIFICAR EL ESTADO DE BORNES Y AJU
1148		ACT	9004-O-BOM-1501	BOMBAS DE ACEITE LIMPIO	C180		3.89	06/01/2015	28/03/2016	03/04/2016	P129158 MEDIR EL AISLAMIENTO DEL MOTOR, VERIFICAR EL ESTADO DE BORNES Y AJU
1240		ACT	9021-O-BOM-1401	BOMBAS DE ACEITE SUJO	C180		10.56	26/11/2015	19/06/2016	24/05/2016	P129180 MEDIR EL AISLAMIENTO DEL MOTOR, VERIFICAR EL ESTADO DE BORNES Y AJU
1267		ACT	9021-W-BOM-1301	BOMBAS AGUAS RESIDUALE	C180		11.67	15/01/2015	07/04/2016	12/04/2016	P129026 REVISAR NIVEL DE ACEITE REDUCTOR (SAE 90),CONDICION DE SELLOS Y EMP
1347	INSPECCION	ACT	9003-P-COM-0101	COMPRESOR DE ARRANQUE	C180		7.78	28/03/2016	20/09/2016	25/09/2016	MEDIR EL AISLAMIENTO DEL MOTOR, VERIFICAR EL ESTADO DE BORNES Y AJU
1427		ACT	9006-C-BOM-0901	BOMBA HIDRAULICA SISTEM	C180		3.89	09/03/2016	31/08/2016	05/09/2016	MEDIR EL AISLAMIENTO DEL MOTOR, VERIFICAR EL ESTADO DE BORNES Y AJU
1528		ACT	9006-O-BOM-1401	BOMBAS DE ACEITE SUJO	C180		10.00	04/12/2015	27/05/2016	01/06/2016	BOMBA: REALIZAR LIMPIEZA GENERAL DE LA BOMBA. REVISAR ESTADO DE T
1599		ACT	9005-T-BOM-1701	BOMBAS HIDRAULICAS STB	C180		2.78	21/02/2016	14/08/2016	19/08/2016	REALIZAR LIMPIEZA GENERAL DE LA BOMBA. DAR AJUSTE ESPECIFICADO A T
4534		ACT	9023-N-NAV-0101	NAVTEX	C180		8.33	09/02/2016	02/08/2016	07/08/2016	LIMPIAR PANTALLA LCD , REVISAR CABLEADO Y TERMINALES DE TIERRA, NSF
1586	INSPECCION 2000	ACT	9006-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAMB	U2000		117.33	15/11/2013	16/09/2015	19/09/2015	AJUSTAR Y CALIBRAR VOLVULAS E INYECTORES (0,42 A 0,58 MM (0,017 A 0,
1739		ACT	9003-N-NNM-0101	INMARSAT	C180		3.33	06/04/2016	28/09/2016	03/10/2016	ELIMINAR LA SUCIEDAD O SALTIRE UTILIZANDO LIMPIADOR DE LCD, SECOR LEV
1866		ACT	9001-F-PUR-0101	PURIFICADORES DE COMBUS	C60		3.33	10/05/2016	06/07/2016	09/07/2016	REVISAR NIVEL DE ACEITE, TEMPERATURAS, MANGUERAS Y TUBOS FLEXIBLES
2137		ACT	9006-I-MOT-0501	MOTOR DIESEL CONTRAINCEI	C360		1.67	08/01/2016	26/12/2016	02/01/2017	CAMBIO DE ACEITE, FILTRO ACEITE Y FILTRO DE COMBUSTIBLE (OPCIONAL), RE
2269		DEA	9009-V-AAC-0101	AIRE ACONDICIONADO	C60		993.33	05/02/2014	03/04/2014	06/04/2014	REVISAR CONDICION DEL PRENSE Y SELLO MECANICO (VERIFICAR GOTEOS), AC
2366		DEA	9009-N-RAH-0202	RADIOS PORTATILES #2	C80		415.56	15/09/2014	10/12/2014	14/12/2014	REVISAR POTENCIA DE SALIDA, REVISAR LA CARGA DE LA BATERIA, TERMINV
2433		DEA	9009-G-GEN-0201	GENERADOR DE BAVOR	C1800		49.78	11/04/2013	17/09/2017	16/03/2018	DESACOPLAR Y DESARMAR EL GENERADOR REVISAR EL ESTADO DE LOS TER
2524		DEA	9014-N-COP-0101	COMPAS	C360		153.89	19/03/2014	07/03/2015	14/03/2015	REALIZAR COMPENSACION MAGNETICA DEL COMPAS MAGISTRAL DEL REMOLC
2592		DEA	9016-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAMB	U24K		39.33	14/03/2012	22/12/2019	25/12/2019	REPARAR TOTALMENTE EL MOTOR (CAMBIAR RODAMIENTOS, EMPAQUES Y SE
4562	INSPECCION DE BATERIAS	ACT	9022-P-BAN-0102	BANCO BATERIAS # 1 PROPL	C80		6.67	05/05/2016	30/07/2016	03/08/2016	REVISION DE BORNERA, LIQUIDOS, ESTADO DE BATERIA, ESTADO DE CABLES,
4701	TOMAR MUESTRA DE ACEA	ACT	9023-P-REA-0101	REDUCTOR AZIMUTAL ESTRE	U1000		36.21	20/02/2016	15/07/2016	18/07/2016	TOMAR MUESTRA DE LUBRICANTE A TEMPERATURA DE TRABAJO SEGUN EL PI

3.6.2 Históricos de fallas e intervenciones

Gracias a la implementación y utilización de la plataforma IRIS, la compañía cuenta con un buen historial de fallas e intervenciones de los equipos. Al estar el IRIS comunicado automáticamente con el CMMS la información queda registrada en el sistema de información y esto facilitó la recopilación de los históricos para complementar este estudio. Ver figura 12

Figura 12. Vista del CMMS para descarga de históricos

No. de OT	Origenada por	Origen	Telefono	No. de Activo	Descripción Breve del Activo	Nombre Remolcador	Status	Fecha Origen	Fecha de Vencimiento/Planned	Prioridad	C. Fk
A100081	JOSE E. CORONADO A.			9021-V-AAC-0101	SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE	9021 - R.BARU	CLO	12/27/2010	14/07/2010	D	
A100082	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-BAN-0102	BANCO BATERIAS #1	9021 - R.BARU	CLO	06/07/2010	14/07/2010	B	
A100089	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	14/07/2010	15/07/2010	C	
A100090	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	09/08/2010	17/06/2010	B	
A100091	JOSE E. CORONADO A.			9021-V-COC-0101	COCINA INTEGRAL	9021 - R.BARU	CLO	14/07/2010	22/07/2010	B	
A100097	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	26/07/2010	03/09/2010	C	
A100098	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	15/07/2010	24/07/2010	B	
A100099	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	15/07/2010	23/07/2010	B	
A100104	JOSE E. CORONADO A.			9021-G-GEN-0201	GENERADOR CATERPILLAR BBR	9021 - R.BARU	CLO	29/07/2010	30/07/2010	C	
A100113	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	07/08/2010	15/08/2010	B	
A100139	JOSE E. CORONADO A.			9021-G-MOT-0401	MOTOR GENERADOR DE BABOR	9021 - R.BARU	CLO	25/08/2010	02/09/2010	B	
A100182	ELVIN USARTE			9021-V-COC-0101	COCINA INTEGRAL	9021 - R.BARU	CLO	01/09/2010	09/09/2010	B	
A100183	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	18/09/2010	26/09/2010	B	
A100186	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	18/09/2010	26/09/2010	B	
A100191	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	01/09/2010	09/09/2010	B	
A100192	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	26/09/2010	31/10/2010	B	
A100195	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	02/10/2010	10/10/2010	C	
A100196	ELVIN USARTE			9021-T-WIN-0201	WINCHE DE REMOLQUE	9021 - R.BARU	CLO	04/10/2010	12/10/2010	B	
A100199	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	27/09/2010	08/10/2010	B	
A100200	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	05/10/2010	17/10/2010	B	
A100206	JOSE E. CORONADO A.			9021-H-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	9021 - R.BARU	CLO	15/09/2010	17/10/2010	C	
A100213	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	10/12/2011	10/12/2011	B	
A100221	ELVIN USARTE			9021-H-CAS-0101	REMOLCADOR DAMEN ASD 2810	9021 - R.BARU	CLO	29/10/2010	06/11/2010	B	

4. PLAN PILOTO DE PMO PARA EL SISTEMA CON MAYOR CRITICIDAD EN UN BARCO REMOLCADOR

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO

4.1.1 Criterios actuales de criticidad en INTERTUG

INTERTUG tiene establecidos 3 niveles de criticidad para clasificar los activos, estos niveles se muestran a continuación:

Criticidad Alta: El equipo cuando falla, produce una parada total o suspensión drástica de la operación. Es decir, afecta substancialmente el funcionamiento normal del sistema operativo. Solamente cuando es reparado este equipo, se puede reiniciar la operación. El tiempo que permanezca fuera de servicio es igual al tiempo en el cual no se puede realizar maniobras.

Criticidad Media: El equipo cuando falla, afecta parcialmente el funcionamiento del sistema operativo, pero no causa una parada total. Se disponen de equipos auxiliares para su remplazo. Se originan pérdidas parciales de operación. Su estado fuera de servicio, solo reduce los niveles de operación.

Criticidad Baja: El equipo cuando falla no afecta el sistema operativo. Puede estar fuera de servicio, sin causar pérdidas o reducciones de operación.

De acuerdo a los niveles de criticidad establecidos en INTERTUG, se observa que para que un equipo sea crítico el criterio más importante es la disponibilidad de la embarcación. Por lo tanto, para efectos de este estudio la identificación del sistema crítico se realizó a partir de un análisis cuantitativo que tiene en cuenta la estadística de eventos y fallas de mantenimiento para el periodo comprendido entre enero de 2008 hasta marzo de 2016, donde se identifican el total de horas fuera de servicio y la frecuencia de fallas.

Los históricos de falla requeridos para el análisis cuantitativo fueron extraídos del CMMS; por la parametrización que tiene el sistema de información de INTERTUG, los históricos de fallas están registrados individualmente por equipo y no por sistema, esto debido a que el sistema de Órdenes de Trabajo (OT) así lo define para llevar mejor control y gestión del proceso de mantenimiento.

4.1.2 Análisis de Pareto por Tiempos Fuera de Servicio (TFS) por equipos

Del histórico de fallas se identificaron un total de 24.078 OTs de tipo correctivo para el periodo de análisis. Se realizó un filtro para identificar cuáles de estas OTs generaron parada total de la embarcación y el resultado fue 3.145 OTs.

En este análisis de Pareto el objetivo es identificar los equipos cuyas fallas han generado los mayores TFS en las embarcaciones.

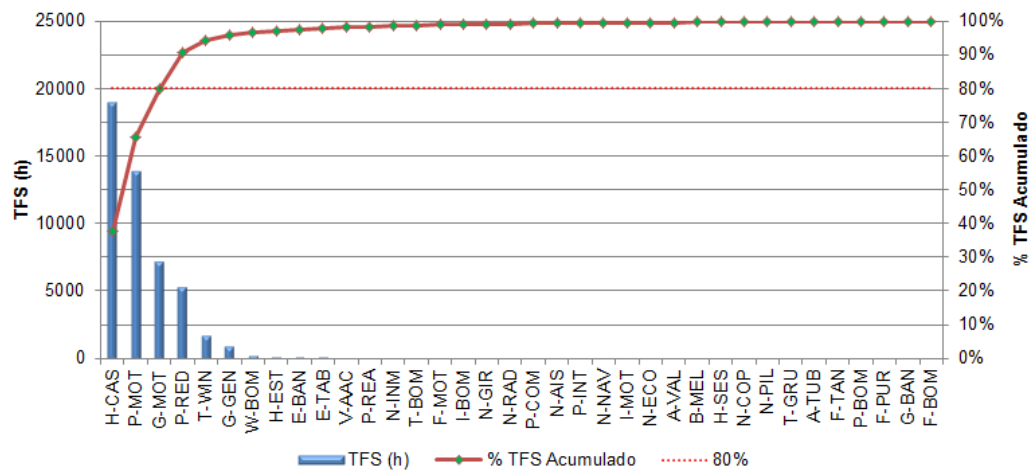
Tabla 12. Tabla de Pareto equipo por TFS

PARETO EQUIPOS POR TFS			
Equipo	TFS (h)	% TFS Relativo	% TFS Acumulado
H-CAS	19051,0	37,82%	37,82%
P-MOT	13967,2	27,73%	65,54%
G-MOT	7248,4	14,39%	79,93%
P-RED	5413,5	10,75%	90,68%
T-WIN	1771,4	3,52%	94,20%
G-GEN	943,0	1,87%	96,07%
W-BOM	330,4	0,66%	96,72%
H-EST	226,1	0,45%	97,17%
E-BAN	192,0	0,38%	97,55%
E-TAB	151,0	0,30%	97,85%
V-AAC	141,0	0,28%	98,13%
P-REA	123,1	0,24%	98,38%
N-INM	119,1	0,24%	98,61%
T-BOM	93,5	0,19%	98,80%
F-MOT	92,0	0,18%	98,98%
I-BOM	50,0	0,10%	99,08%
N-GIR	48,0	0,10%	99,18%
N-RAD	47,0	0,09%	99,27%
P-COM	33,5	0,07%	99,34%
N-AIS	32,0	0,06%	99,40%
P-INT	30,0	0,06%	99,46%
N-NAV	30,0	0,06%	99,52%
I-MOT	27,0	0,05%	99,57%
N-ECO	25,0	0,05%	99,62%

A-VAL	24,0	0,05%	99,67%
B-MEL	24,0	0,05%	99,72%
H-SES	24,0	0,05%	99,76%
N-COP	24,0	0,05%	99,81%
N-PIL	24,0	0,05%	99,86%
T-GRU	24,0	0,05%	99,91%
A-TUB	16,5	0,03%	99,94%
F-TAN	12,0	0,02%	99,96%
P-BOM	7,0	0,01%	99,98%
F-PUR	6,0	0,01%	99,99%
G-BAN	3,0	0,01%	100,00%
F-BOM	2,0	0,00%	100,00%

Los datos de la anterior tabla se muestran en la siguiente gráfica:

Figura 13. Pareto Equipos por TFS



4.1.3 Análisis de Pareto por número de fallas por equipos

En este análisis de Pareto el objetivo es identificar los equipos que han presentado el mayor número de fallas durante el periodo de estudio.

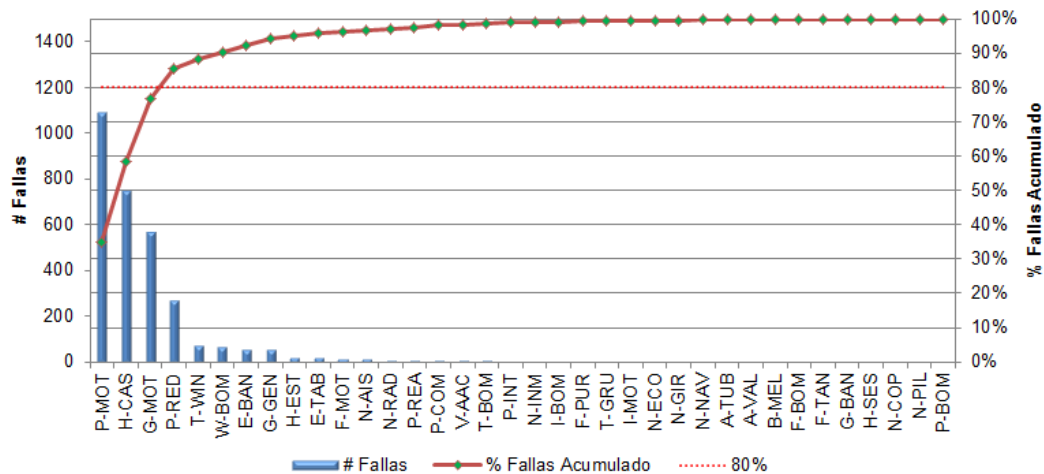
Tabla 13. Tabla Pareto equipos por Número de fallas

PARETO EQUIPOS POR # FALLAS			
Equipo	# Fallas	% Fallas Relativo	% Fallas Acumulado
P-MOT	1094	34,79%	34,79%
H-CAS	750	23,85%	58,63%
G-MOT	573	18,22%	76,85%
P-RED	277	8,81%	85,66%
T-WIN	80	2,54%	88,20%

W-BOM	69	2,19%	90,40%
E-BAN	62	1,97%	92,37%
G-GEN	60	1,91%	94,28%
H-EST	23	0,73%	95,01%
E-TAB	22	0,70%	95,71%
F-MOT	19	0,60%	96,31%
N-AIS	15	0,48%	96,79%
N-RAD	14	0,45%	97,23%
P-REA	14	0,45%	97,68%
P-COM	13	0,41%	98,09%
V-AAC	11	0,35%	98,44%
T-BOM	10	0,32%	98,76%
P-INT	6	0,19%	98,95%
N-INM	5	0,16%	99,11%
I-BOM	4	0,13%	99,24%
F-PUR	3	0,10%	99,33%
T-GRU	3	0,10%	99,43%
I-MOT	2	0,06%	99,49%
N-ECO	2	0,06%	99,55%
N-GIR	2	0,06%	99,62%
N-NAV	2	0,06%	99,68%
A-TUB	1	0,03%	99,71%
A-VAL	1	0,03%	99,75%
B-MEL	1	0,03%	99,78%
F-BOM	1	0,03%	99,81%
F-TAN	1	0,03%	99,84%
G-BAN	1	0,03%	99,87%
H-SES	1	0,03%	99,90%
N-COP	1	0,03%	99,94%
N-PIL	1	0,03%	99,97%
P-BOM	1	0,03%	100,00%

Los datos de la anterior tabla se muestran en la siguiente gráfica:

Figura 14. Pareto Equipos por Número de Fallas



4.1.4 Sistema con mayor criticidad

De los análisis de Pareto se evidencia que los equipos críticos en la flota de barcos remolcadores de INTERTUG son:

Por TFS

EQUIPOS CRÍTICOS POR TFS			
Posición	Equipo	Nombre equipo	Sistema
1	H-CAS	Casco	Sistema Estructural
2	P-MOT	Motor Propulsor	Sistema de Propulsión
3	G-MOT	Motor Generador	Sistema de Generación Eléctrica

Por número de fallas

EQUIPOS CRÍTICOS POR # FALLAS			
Posición	Equipo	Nombre equipo	Sistema
1	P-MOT	Motor Propulsor	Sistema de Propulsión
2	H-CAS	Casco	Sistema Estructural
3	G-MOT	Motor Generador	Sistema de Generación Eléctrica

Teniendo en cuenta los dos criterios de criticidad, se observa que individualmente existen 3 equipos críticos que son:

- Casco
- Motor Propulsor
- Motor Generador

Particularidades de los equipos Críticos:

- Casco: Revisando las OTs correctivas de este equipo se observa que las fallas se deben principalmente a temas relacionados con la operación y malas maniobras realizadas que generan golpes, fisuras, daño en la pintura y recubrimiento, entre otras afectaciones a la superficie del casco. Entrar a optimizar el plan de mantenimiento de este equipo no genera valor, ya que la organización debe enfocarse en mejorar sus prácticas operacionales y de navegación para que este tipo de incidentes no se presenten.

- Motor Generador: Cada embarcación cuenta con dos motogeneradores, uno de operación principal y el otro de operación de emergencia. Esto quiere decir que en caso de avería del motor generador principal la embarcación puede seguir realizando maniobras utilizando el motor generador de emergencia y no se ve afectada inmediatamente la disponibilidad de la embarcación. Una vez realizadas las maniobras la embarcación debe regresar al puerto a reparar el motor fallado. En éste orden de ideas, el hecho de tener Back Up hace que disminuya la criticidad de este equipo y que tanto el equipo como el sistema al que pertenece no sea tenido en cuenta para este análisis.
- Motor Propulsor: Este equipo es el segundo en el ranking de criticidad por TFS con un 27,73% y es el primero en número de fallas con un 34,79%. Cada embarcación cuenta con dos motores propulsores, uno en babor y otro en estribor, sin embargo uno no es Back Up del otro ya que para la correcta operación y maniobrabilidad de la embarcación se requiere que operen los dos motores simultáneamente. Por lo tanto, una falla en alguno de los dos motores produce una parada total de la embarcación.

Con base en lo anterior, se define el motor propulsor como el equipo más crítico de la flota y el sistema de propulsión al que pertenece se escoge como objeto de este análisis.

4.2 SELECCIÓN DE LA EMBARCACIÓN

Una vez identificado el motor propulsor y el sistema de propulsión como el equipo y sistema más crítico respectivamente, se debe realizar la selección de la embarcación toda vez que INTERTUG cuenta con una flota de 26 barcos remolcadores cuyos motores propulsores que componen el sistema pueden ser de

diferentes marcas y modelos tales como Roll Royce, Cummins, Caterpillar, Yanmar o Niigata y por ende cada uno tiene un plan de mantenimiento particular cargado en el CMMS.

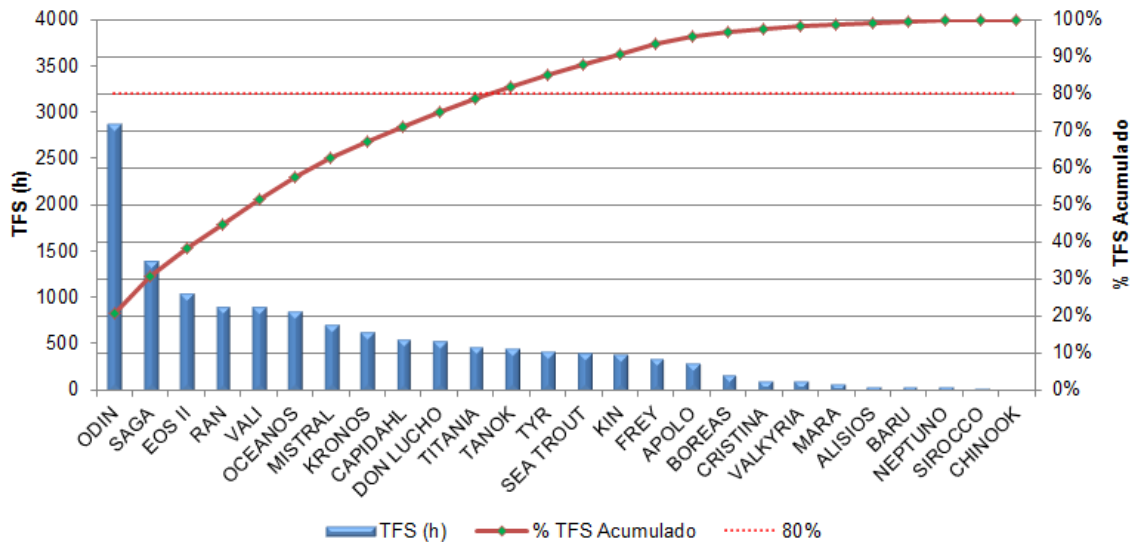
Para la selección de la embarcación se utilizan nuevamente los criterios de TFS y número de fallas, acotando el análisis a la embarcación que mayor indisponibilidad y número de fallas ha presentado en el motor propulsor.

4.2.1 Pareto de remolcadores por Tiempos Fuera de Servicio (TFS) en motor propulsor

Tabla 14. Pareto Embarcación TFS

PARETO EMBARCACIONES POR TFS			
Embarcación	TFS (h)	% TFS Relativo	% TFS Acumulado
ODIN	2878,0	20,61%	20,61%
SAGA	1409,5	10,09%	30,70%
EOS II	1054,5	7,55%	38,25%
RAN	912,0	6,53%	44,78%
VALI	908,0	6,50%	51,28%
OCEANOS	855,8	6,13%	57,40%
MISTRAL	725,5	5,19%	62,60%
KRONOS	645,0	4,62%	67,22%
CAPIDAHN	555,0	3,97%	71,19%
DON LUCHO	551,0	3,94%	75,14%
TITANIA	483,0	3,46%	78,59%
TANOK	467,5	3,35%	81,94%
TYR	432,9	3,10%	85,04%
SEA TROUT	409,0	2,93%	87,97%
KIN	397,5	2,85%	90,81%
FREY	344,4	2,47%	93,28%
APOLO	299,5	2,14%	95,42%
BOREAS	181,8	1,30%	96,73%
CRISTINA	110,5	0,79%	97,52%
VALKYRIA	106,9	0,77%	98,28%
MARA	75,0	0,54%	98,82%
ALISIOS	46,0	0,33%	99,15%
BARU	43,0	0,31%	99,46%
NEPTUNO	42,0	0,30%	99,76%
SIROCCO	25,0	0,18%	99,94%
CHINOOK	9,0	0,06%	100,00%

Figura 15. Pareto Embarcación TFS



Se observa que el remolcador Odín sobresale significativamente sobre los demás remolcadores por TFS, incluso duplica al segundo remolcador que es el Saga. A partir del remolcador clasificado en la tercera posición no es significativa la variación en cuanto a porcentaje acumulado.

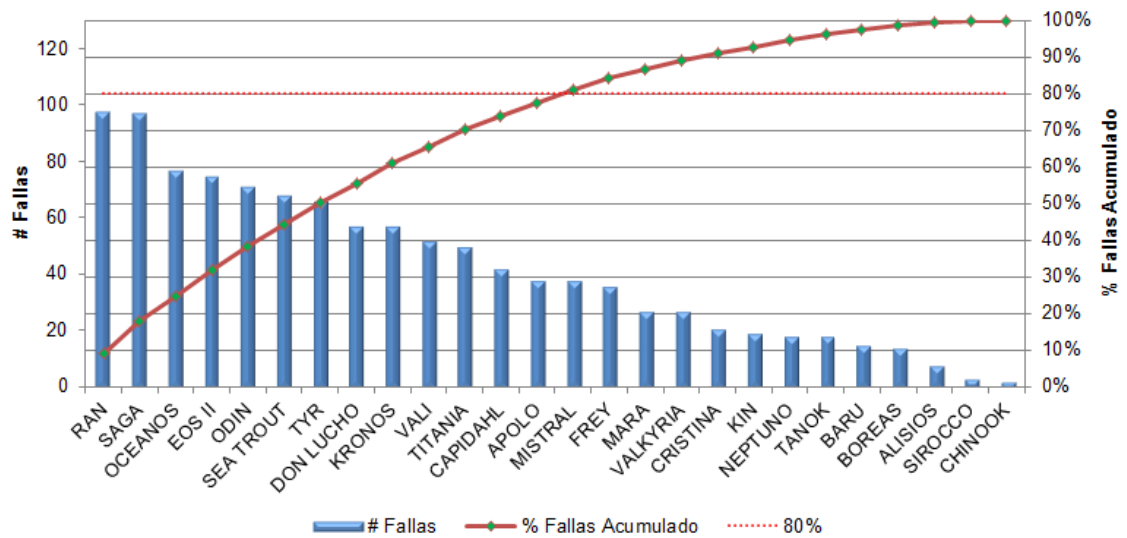
4.2.2 Pareto de remolcadores por número de fallas en motor propulsor

Tabla 15. Pareto Embarcación por Número de Fallas

PARETO EMBARCACIONES POR # FALLAS			
Embarcación	# Fallas	% Fallas Relativo	% Fallas Acumulado
RAN	98	9,0%	9,0%
SAGA	97	8,9%	17,8%
OCEANOS	77	7,0%	24,9%
EOS II	75	6,9%	31,7%
ODIN	71	6,5%	38,2%
SEA TROUT	68	6,2%	44,4%
TYR	66	6,0%	50,5%
DON LUCHO	57	5,2%	55,7%
KRONOS	57	5,2%	60,9%
VALI	52	4,8%	65,6%
TITANIA	50	4,6%	70,2%
CAPIDAHL	42	3,8%	74,0%
APOLO	38	3,5%	77,5%
MISTRAL	38	3,5%	81,0%

FREY	36	3,3%	84,3%
MARA	27	2,5%	86,7%
VALKYRIA	27	2,5%	89,2%
CRISTINA	21	1,9%	91,1%
KIN	19	1,7%	92,9%
NEPTUNO	18	1,6%	94,5%
TANOK	18	1,6%	96,2%
BARU	15	1,4%	97,5%
BOREAS	14	1,3%	98,8%
ALISIOS	8	0,7%	99,5%
SIROCCO	3	0,3%	99,8%
CHINOOK	2	0,2%	100,0%

Figura 16. Pareto Embarcaciones por Número de fallas



De la tabla y la gráfica anterior se evidencia que la diferencia porcentual en número de fallas entre los primeros 7 remolcadores es del 3%. Esta mínima diferencia no es relevante para seleccionar una embarcación bajo este criterio.

4.2.3 Remolcador seleccionado

Teniendo en cuenta los criterios de disponibilidad, se selecciona el remolcador Odín para realizar el piloto de PMO en su sistema de propulsión ya que es el primero en el ranking de TFS y se encuentra dentro de los 5 primeros del ranking por número de fallas.

Figura 17. Embarcación ODIN



Características e información del remolcador Odín:

INFORMACIÓN GENERAL	
Astillero	Astilleros Damen (Holanda)
Funciones Básicas	Remolque, Amarre, Control de Incendios y Derrames
Clasificación	Lloyd's Register of Shipping
Armador	Intertug S.A.
Bandera	Colombiana
Año de Construcción	2007
DIMENSIONES	
Eslora	23.96 m
Manga	7.90 m
Puntal	4.07 m
TRB	176 ton
Peso muerto	123 ton
SISTEMA DE PROPULSIÓN	
Maquinas Principales	2 Motores Caterpillar 3512
Tipo	Dos hélices fijas con toberas tipo fijo

Caballos de Fuerza	3386 HP (máx.)
DESEMPEÑO	
Bollard Pull	49.62 ton
Velocidad	12.5 nudos
CAPACIDADES DE TANQUES	
Combustible	21486 galones
Agua Dulce	30 ton
EQUIPOS	
De Remolque	Equipo de Remolque y manejo de anclas
Contra Incendios	1400 m ³ /h
Dispersantes	Un tanque de 3 m ³
Área de cubierta	80 m ²

4.3 INFORMACIÓN DEL SISTEMA CRÍTICO

El sistema de propulsión del Odín está compuesto por los siguientes equipos:

- Motores Propulsores

EMBARCACIÓN	ACTIVO EN CMMS	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO
ODÍN	9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR
ODÍN	9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR

- Reductores de Velocidad

EMBARCACIÓN	ACTIVO EN CMMS	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO
ODÍN	9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR
ODÍN	9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR

- Baterías

EMBARCACIÓN	ACTIVO EN CMMS	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO
ODÍN	9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BABOR
ODÍN	9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR

4.3.1 Características de los equipos

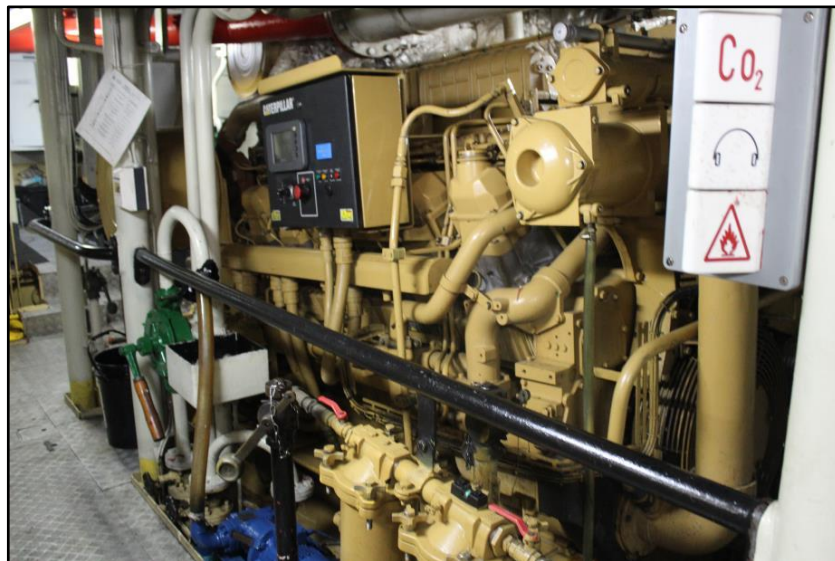
- Motores Propulsores

ACTIVO	9004-P-MOT-0101	9004-P-MOT-0201
DESCRIPCIÓN	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	MOTOR PROPULSOR DE BABOR
Fabricante	Caterpillar	Caterpillar
Modelo	3512	3512
Número de serie	S2J00321	S2J00303
Potencia máx.	3386 HP	3386 HP
Velocidad máx.	1925 rpm	1925 rpm
Velocidad Ralentí	900 rpm	900 rpm
Configuración	Motor Diésel en V	Motor Diésel en V
# cilindros	12	12
Año	2006	2006

Figura 18. 9004-P-MOT-0101 Motor Propulsor



Figura 19. 9004-P-MOT-0201 Motor Propulsor



- Reductores de Velocidad

ACTIVO	9004-P-RED-0101	9004-P-RED-0201
DESCRIPCIÓN	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR
Fabricante	Reintjes	Reintjes
Modelo	WAF 773	WAF 773
Número de serie	70169	70168
Reducción	7,087/1	7,087/1
Rotación	CCW	CCW
Potencia de entrada	1425 KW	1425 KW
Torque de entrada admisible	8700 N.m	8700 N.m
Velocidad de entrada	1600 rpm	1600 rpm
Velocidad de salida	226 rpm	226 rpm
Año	2006	2006

Figura 20. 9004-P-RED-0101 Reductor



Figura 21. 9004-P-RED-0201 Reductor



- Baterías

ACTIVO	9004-P-BAN-0101	9004-P-BAN-0102
DESCRIPCIÓN	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BABOR	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
Marca	Willard	Willard
Referencia	8DT 1600	8DT 1600
# de baterías	4	4

4.3.2 PM asociados en el CMMS

Los equipos del sistema de propulsión tienen los siguientes planes y rutinas de mantenimiento asignadas en el sistema Mainsaver.

Tabla 16. PM asociado a CMMS

ACTIVO	NOMBRE ACTIVO	# PM	NOMBRE PM	CÓDIGO DE FRECUENCIA	FRECUENCIA
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	1184	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	U1500	1500 h
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	1186	INSPECCIÓN 2000	U2000	2000 h
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	1188	MANTENIMIENTO 6000	U6000	6000 h
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	1190	TOP END	U12K	12000 h
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	1192	OVERHAUL	U24K	24000 h
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3012	TOMAR MUESTRA DE ACEITE	U250	250 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	1185	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	U1500	1500 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	1187	INSPECCIÓN 2000	U2000	2000 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	1189	MANTENIMIENTO 6000	U6000	6000 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	1191	TOP END	U12K	12000 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	2558	OVERHAUL	U24K	24000 h
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BABOR	3013	TOMAR MUESTRA DE ACEITE	U250	250 h
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	1162	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	U3000	3000 h
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	3025	OVERHAUL	U40K	40000 h
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	3721	TOMAR MUESTRA DE ACEITE	U500	500 h
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	3736	CAMBIO DE ACOUPLE	U20K	20000 h
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	3749	REVISAR SOPORTES	U500	500 h
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR	1163	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	U3000	3000 h
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR	3026	OVERHAUL	U40K	40000 h
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR	3722	TOMAR MUESTRA DE ACEITE	U500	500 h
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR	3725	CAMBIO DE ACOUPLE	U20K	20000 h
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BABOR	3750	REVISAR SOPORTES	U500	500 h
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BABOR	3107	INSPECCIÓN DE BATERIAS	C90	90 días
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	3109	INSPECCIÓN DE BATERIAS	C90	90 días

De estos PMs se obtuvieron las tareas de mantenimiento para el estudio PMO. Es importante resaltar que los PMs actuales no cuentan con el tiempo de duración de cada una de las tareas.

En resumen, los planes de mantenimiento actuales de los equipos del sistema de propulsión tienen un total de 118 tareas, la cantidad de tareas que tiene cada uno de estos PM se muestra a continuación:

Tabla 17. Tareas en PMs actuales

NOMBRE PM	# DE TAREAS
OVERHAUL MOTOR	40
TOP END	19
INSPECCIÓN 2000	15
OVERHAUL REDUCTOR	14
MANTENIMIENTO 6000	10
INSPECCIÓN DE BATERIAS	6
CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS RED	5
CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS MOT	4

REVISAR SOPORTES	2
TOMAR MUESTRAS DE ACEITE	1
CAMBIO DE ACOUPLE	1
TOMAR MUESTRA DE ACEITE	1
Total general	118

4.4 APLICACIÓN METODOLOGÍA PMO

Para la aplicación de la metodología se diseñó un formato que permite plasmar la información básica del equipo a analizar y a partir de esto iniciar con los pasos de la ejecución del PMO. El formato se compone de 5 secciones.

- La primera es de información general:

Tabla 18. Jerarquización de Equipos

JERARQUIA DE EQUIPOS								
EMPRESA	LÍNEA DE NEGOCIO	EMBARCACIÓN	SISTEMA	ACTIVO	CÓDIGO DEL ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	FABRICANTE	MODELO / NUMERO DE SERIE

- La segunda es del plan de mantenimiento actual. En esta sección se ejecutan los pasos 1 al 5 del PMO ya que incluye hasta la evaluación de la consecuencia:

Tabla 19. Plan de Mantenimiento Actual

PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL														LOGÍSTICA
ORIGEN TAREA	# PM	PRIORIDAD	REFERENCIA	NOMBRE DEL PLAN	TAREA	MODO DE FALLA	ESTRATEGIA	FRECUENCIA	DURACIÓN TAREA (Horas)	PV o PD	GRUPO DE TRABAJO	PERSONAS	CONSECUENCIA	ESTADO EQUIPO PARA LA TAREA

Las opciones para la identificación de la estrategia son:

- CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN
- CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN
- TBT - REACONDICIONAMIENTO
- TBT - SUSTITUCIÓN
- INS - BUSQUEDA DE FALLAS
- RTF - CORRER A FALLA

Esta sección contempla el tipo de tarea, si es preventiva (PV) o predictiva (PD).

Las opciones para selección de consecuencias son:

- 01. Oculta
- 02. Seguridad y medio Ambiente
- 03. Operacional
- 04. No operacional

Los estados del equipo para la ejecución de las tareas son:

EN LINEA. Tareas que se realizan con el equipo en operación.

APAGADO. Tareas que se realizan con el equipo apagado.

FUERA DE LINEA. Tareas que se realizan con el equipo operando pero sin carga, es decir trabajando en vacío.

- En la tercera sección del formato se lleva a cabo el paso 6 del PMO - Definición de la Política de Mantenimiento-, esta sección fue nombrada como plan de mantenimiento optimizado:

Tabla 20. Plan de mantenimiento Actual

PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO						
TAREA PMO	ESTRATEGIA	FRECUENCIA PMO	DURACIÓN TAREA (Horas)	PV o PD	GRUPO DE TRABAJO	PERSONAS PMO

- La sección cuarta presenta el resultado de la revisión de las tareas y la justificación de los cambios realizados a la tarea original.

Tabla 21. Cambios de las tareas actuales

RESULTADO	
CAMBIO EFECTUADO A LA TAREA ORIGINAL	JUSTIFICACIÓN

Se definieron unas opciones predeterminadas para indicar el cambio efectuado en la tarea original o si requiere una tarea nueva para modos de falla no cubiertos por las tareas actuales.

Tabla 22. Tabla de Tareas de Mantenimiento

01. NUEVA TAREA
02. CAMBIO DEL TIPO DE TAREA
03. CAMBIO A OPERACIONES
04. CAMBIO DE ESPECIALISTA
05. INTERVALO EXTENDIDO
06. INTERVALO REDUCIDO
07. TAREA FORMALIZADA
08. DETALLE DE TAREA MODIFICADO
09. USAR TAL Y COMO ESTA
10. CAMBIO EN LA DURACION
11. ELIMINADA - SE ADICIONA A OTRA TAREA
12. ELIMINADA - NO AGREGA VALOR
13. ELIMINADA -TAREA DUPLICADA
14. ELIMINADA - PASO EN PROCEDIMIENTO DE UNA TAREA

- En la sección quinta del formato se desarrolla el paso 7 del PMO – Agrupación y Revisión-, aquí se formaliza el plan de mantenimiento resultado de aplicar la metodología.

Tabla 23. Plan de Mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO								
ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA (horas)	DURACIÓN (horas)	# PERSONAS	GRUPO DE TRABAJO

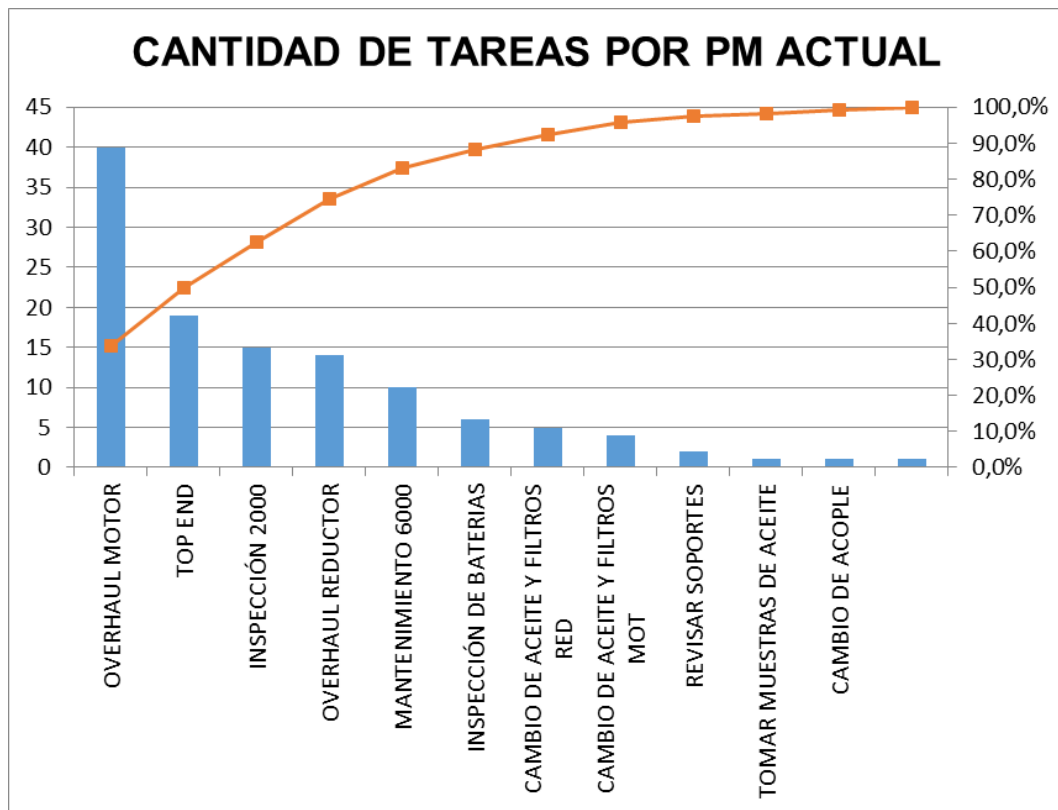
Los pasos 8 (Aprobación e Implementación) y 9 (Programa Dinámico) de la metodología PMO, no están documentados en este estudio debido a que su ejecución se realizará posterior a la presentación de la propuesta de plan de mantenimiento piloto desarrollado en esta monografía.

4.4.1 Premisas para la aplicación del PMO

- Los dos motores propulsores (babor y estribor) aunque cada uno tiene sus PMs con número de identificación diferente, las tareas de mantenimiento son las mismas. Por lo tanto, el análisis se realiza a uno de los motores y se replican los resultados en el otro motor. Lo mismo pasa tanto con los reductores de babor y estribor como con los bancos de baterías del motor propulsor de babor y estribor.
- Los PM llamados “OVERHAUL MOTOR” correspondiente a los PM No 1192 y No 2558, por motivos de garantías del fabricante deben ser ejecutados de manera estricta con las tareas que indica el manual de Operación y Mantenimiento, con el fin de que la garantía vigente del equipo no se pierda.

Debido a esto, las tareas de estos PM serán revisadas y formalizadas con la información faltante pero no serán objeto de modificaciones relevantes. Cada uno de estos planes tiene 40 tareas de mantenimiento asociadas, equivalente al 33,9% de las tareas totales. Como se puede observar en la figura 22, este PM es el que mayor cantidad de tareas tiene, por lo tanto al presentar la restricción que estas 40 tareas no pueden ser modificadas significativamente, el resultado final del ejercicio puede ser interpretado erróneamente como superficial.

Figura 22. Cantidad de tareas por PM



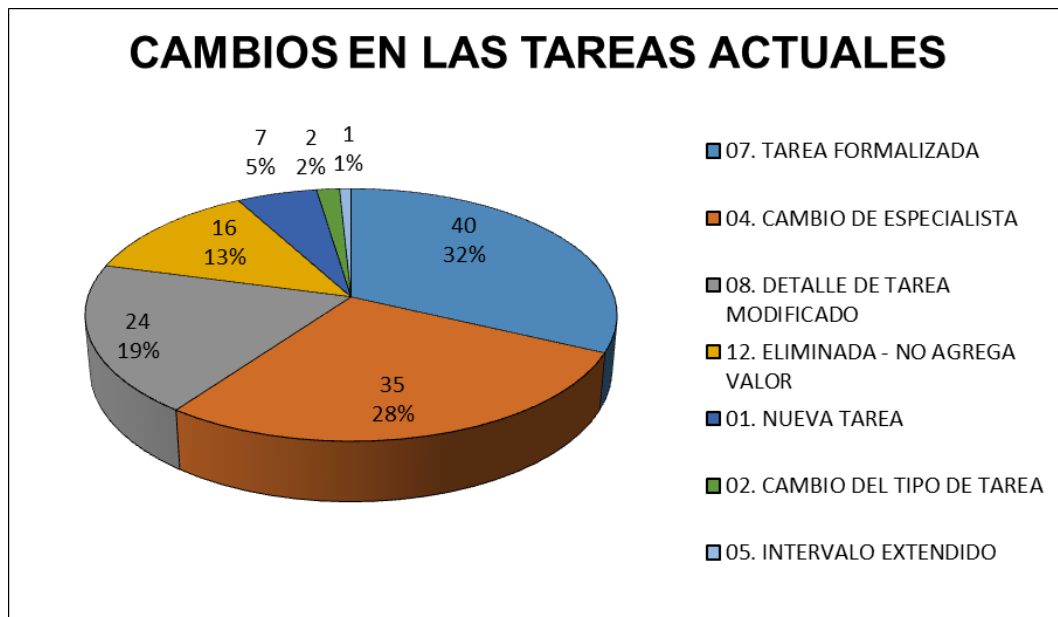
4.4.2 Formato desarrollo metodología PMO

Teniendo en cuenta las premisas del numeral 4.4.1 se desarrolló la metodología y se documentó en el formato que se puede observar en el Anexo B.

4.5 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PMO

Una vez identificadas las tareas de mantenimiento se procedió a hacer la agrupación y revisión de las mismas. En esta etapa se pueden identificar los cambios que se hicieron a las tareas que se tienen actualmente. El resultado fueron 109 tareas de mantenimiento, en comparación de las 118 tareas que se tienen actualmente.

Figura 23. Cambios en tareas actuales



En la figura 23 se evidencia que el mayor porcentaje (32%) de las 118 tareas de mantenimiento iniciales fueron formalizadas, toda vez que inicialmente ninguna tarea contempla el tiempo de su ejecución. Los demás tipos de cambios efectuados excepto las 16 tareas eliminadas (13%), llevan implícito la formalización de la tarea con el tiempo de ejecución, sin embargo, dichas tareas presentaron un cambio de mayor importancia y por lo tanto ese fue el que se dejó indicado. Es importante resaltar que se crearon 7 (5%) nuevas tareas que principalmente son de monitoreo de condición.

El resultado es una propuesta de plan de mantenimiento basado en PMO que se puede observar en el Anexo C.

4.6 COMPARATIVO PMO PROPUESTO VS PM ACTUAL

4.6.1 Estrategias de mantenimiento

De las figuras 24 y 25, se puede concluir que después de aplicado el PMO, se observa una disminución en la proporción de tareas intrusivas de Reacondicionamiento y de Sustitución, pasando del 51% al 45%. También se observa un aumento de la proporción de tareas no intrusivas de inspección y monitoreo por condición, pasando del 41% al 47%. Se debe tener en cuenta que el 33.9% de las tareas actuales pertenecen al PM del Overhaul del motor y presentan la restricción que se deben ejecutar de acuerdo al manual del fabricante, por lo que no sufrieron cambios relevantes.

Figura 24. Estrategia de tareas actuales

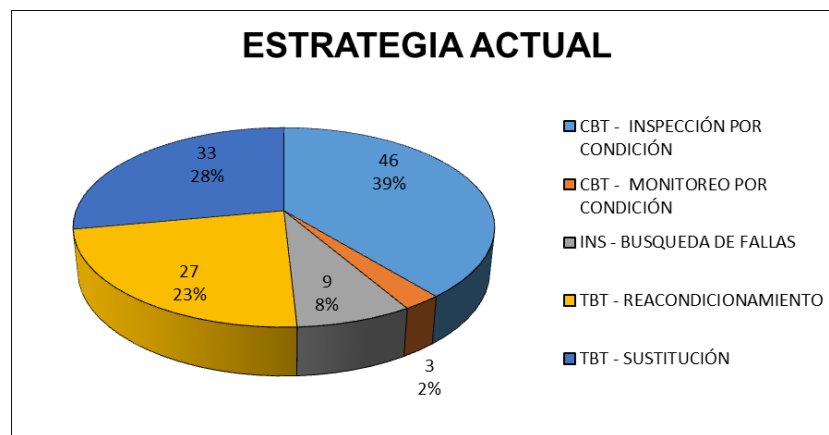
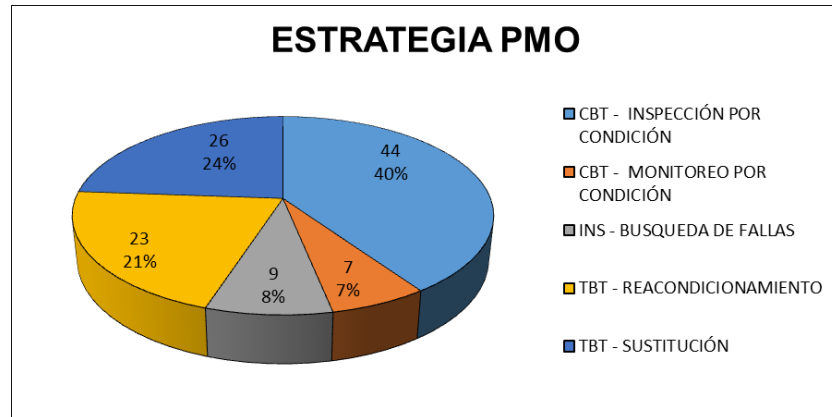


Figura 25. Estrategia de tareas PMO



4.6.2 Grupos de trabajo

En los planes de mantenimiento actuales la cuadrilla de la embarcación o grupo “AUTÓNOMO” tiene asignadas el 76% de las tareas, siendo un dato inexacto ya que en la realidad este grupo de trabajo realiza tareas básicas y menores de mantenimiento. Para intervenciones mayores o tareas especializadas se requiere la participación y apoyo del grupo de trabajo “INTERNO” y en algunos casos de personal externo, debido a que el grupo “AUTÓNOMO” no cuenta con la competencia y los recursos para ejecutarlas.

Como resultado del análisis PMO se realizó la asignación y distribución adecuada de tareas a los grupos de trabajo para la ejecución de las actividades. Ver figura 27.

Figura 26. Tareas por grupo de trabajo - Actual

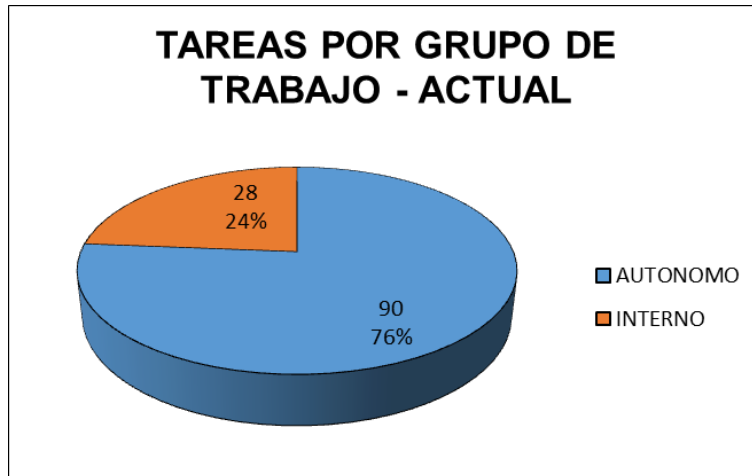
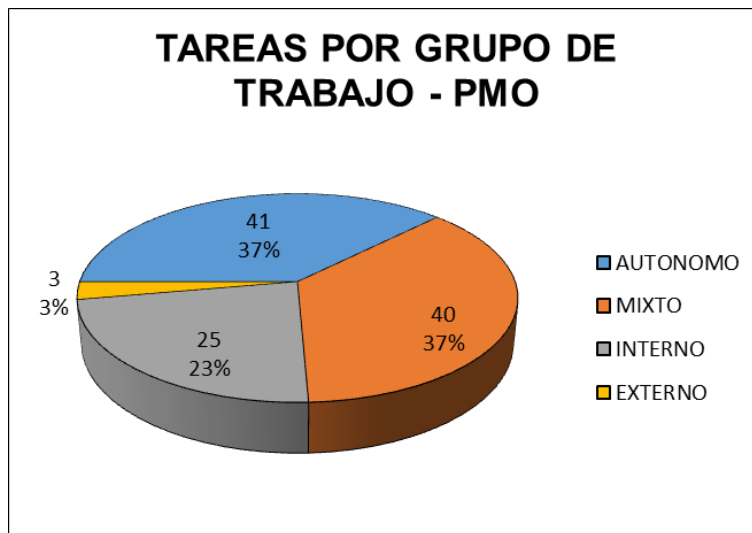


Figura 27. Tareas por grupo de trabajo PMO



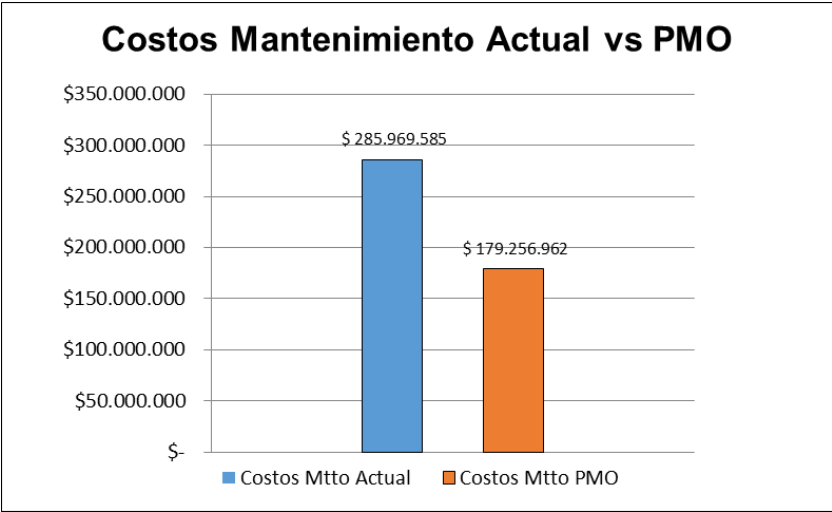
4.6.3 Costos de mantenimiento Actual vs PMO

Realizando un comparativo entre los costos de mantenimiento actual con los costos estimados del plan de mantenimiento obtenido a través de PMO, se observa una disminución del 37,3%. Los ahorros se logran principalmente gracias a la aplicación de técnicas predictivas como análisis de desempeño recíprocante (Windrock), análisis de vibraciones, análisis de aceite, análisis de refrigerante y

termografía, que suprimen varias tareas de sustitución de repuestos e intervenciones de reacondicionamiento de componentes, especialmente en la intervención de TOP END (12K).

Los ahorros potenciales que se pueden obtener con la aplicación de este PMO representan beneficios económicos significativos para el logro de los objetivos de la organización.

Figura 28. Costos de Mantenimiento



5. CONCLUSIONES

Se identificó la embarcación y el sistema asociado con mayor criticidad, con base en el criterio principal de criticidad que tiene establecido INTERTUG que es la Disponibilidad, la cual es impactada por los tiempos fuera de servicio (TFS) y el número o tasa de fallas. Como sistema crítico se identificó el sistema de propulsión y como embarcación el remolcador ODÍN.

Se aplicó la metodología PMO para el sistema de propulsión de la embarcación ODÍN, el cual fue identificado como el sistema crítico en el análisis estadístico de fallas. Este sistema está compuesto por dos motores propulsores, dos reductores de velocidad y dos bancos de baterías, cada pareja de equipos tiene la misma marca y modelo, razón por la cual se aplicó la metodología al tren de equipos de estribor y se replicó el resultado en el tren de equipos de babor.

Se obtuvo el plan de mantenimiento optimizado para el sistema de propulsión del remolcador ODÍN, partiendo de 118 tareas de mantenimiento actuales. Como resultado se tiene que 32% de las tareas fueron formalizadas, el 28% tuvo cambio de especialista o grupo ejecutor, 19% presentó cambios en el detalle de la tarea, 13% de las tareas fueron eliminadas, se crearon 5% de tareas nuevas principalmente de inspección y monitoreo de condición, un 2% presentó cambio del tipo de tarea y el 1% tuvo cambio en la frecuencia de intervención. El plan de mantenimiento optimizado dio como resultado 109 tareas.

Con la aplicación del PMO se observa una disminución en la proporción de tareas intrusivas de Reacondicionamiento y de Sustitución, pasando del 51% al 45% y se observa un aumento de la proporción de tareas no intrusivas de inspección y monitoreo por condición, pasando del 41% al 47%.

El PMO permite una asignación y distribución adecuada de tareas a los grupos de trabajo para la ejecución de las actividades. En el PMO propuesto la distribución de tareas asigna el 37% al grupo Autónomo, 37% al grupo Mixto, 23% al grupo

Interno y un 3% de tareas se asigna exclusivamente al grupo Externo. En contraste con el 76% que tenía asignado el grupo Autónomo y el 24% del grupo Interno en el plan de mantenimiento actual.

Con la selección adecuada de las tareas de mantenimiento orientadas hacia actividades predictivas y preventivas en los equipos considerados como críticos, se espera un aumento en la Disponibilidad del sistema y una disminución en costos de mantenimiento.

Con el fin de no perder la garantía vigente del fabricante de los motores propulsores, los PM llamados "OVERHAUL MOTOR", deben ser ejecutados de manera estricta con las tareas que indica el manual de Operación y Mantenimiento. Debido a esto, las tareas de estos PMs fueron revisadas y formalizadas con la información faltante pero no fueron objeto de modificaciones relevantes. Cada uno de estos planes tiene asociadas 40 tareas de mantenimiento, equivalentes al 33,9% de las tareas totales del sistema, lo que indica que este porcentaje de tareas actuales no sufren modificaciones.

BIBLIOGRAFIA

BALLESTEROS CORREA. FREDDY Metodología para implementar modelo de confiabilidad basado en PMO para concretos argos S.A. Tesis modalidad monografía. Bucaramanga. 2012.

BARRINGER H. Paul, Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad Y Capacidad. Parte I. BARRINGER & ASSOCIATES, INC. 2000.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado. Editorial Díaz de Santos. 2008.

GARCÍA PALENCIA, Oliverio. Administración del Mantenimiento Industrial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 1992.

HERNÁNDEZ M. Eduardo. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Comparación de Métodos de Análisis de Confiabilidad Aplicados a Sistemas Eléctricos Industriales. 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Tesis y Otros Trabajos de Grado. Bogotá: Icontec. 2002.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60300-3-11. Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance. 2009.

ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. 2006. 182 p.

MIL-STD-721C. Definitions of terms for reliability and maintainability. Department of Defense. 1981.

MORA GUTIÉRREZ. Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Enfoque Sistemático Kantiano. Medellín: AMG, 2009

MORA GUTIÉRREZ. Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: Coldi Ltda, 2009.

MOUBRAY, John. RCM II. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Guildford (UK): Biddles Ltda, 2004.

MOUBRAY, John; PÉREZ, Carlos Mario. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Aplicación e Impacto. 2003

PARRA. Carlos, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Manual del Participante. 2005.

RAMÍREZ R. Astrid Yolima, Carlos David Montoya Escobar. Aplicación de prácticas y metodologías de optimización de mantenimiento dentro de la estrategia de confiabilidad de las centrales eléctricas de EPM (Guatapé y playas)

SAE JA 1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. SAE. Surface Vehicle/Aerospace Atandard. 1999.

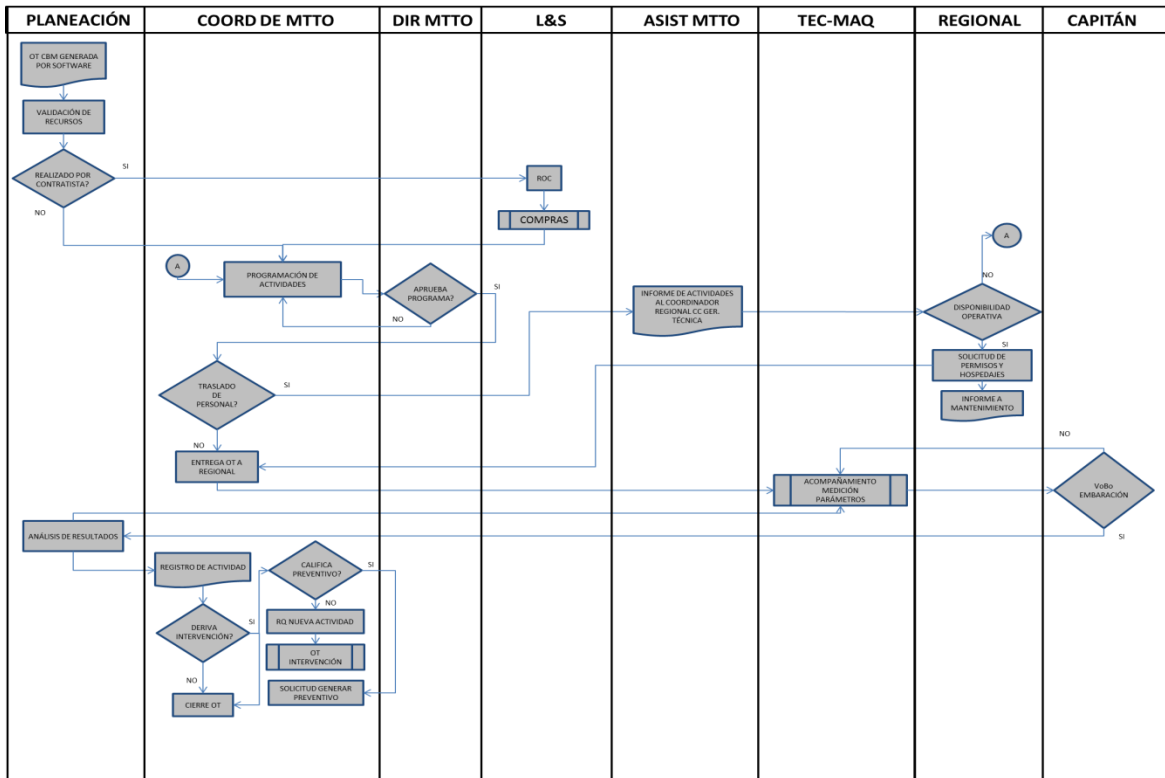
SAE JA 1012. A guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) standard. 2002.

TURNER. Steve. PMO – Optimización del Plan de Mantenimiento (Planned Maintenance Optimisation). OMCS Latin America.

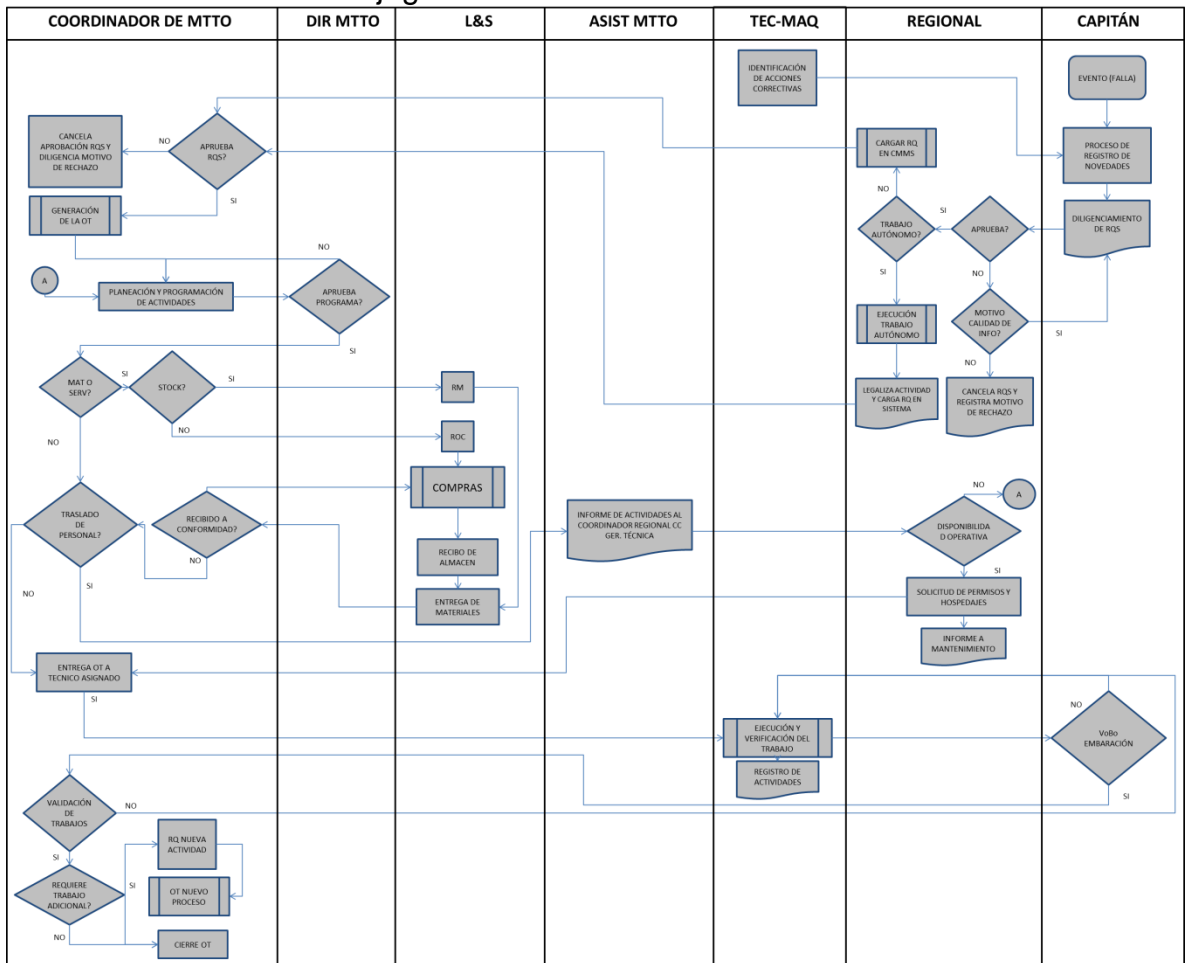
ANEXOS

ANEXO A FLUJOGRAMAS DE MANTENIMIENTO

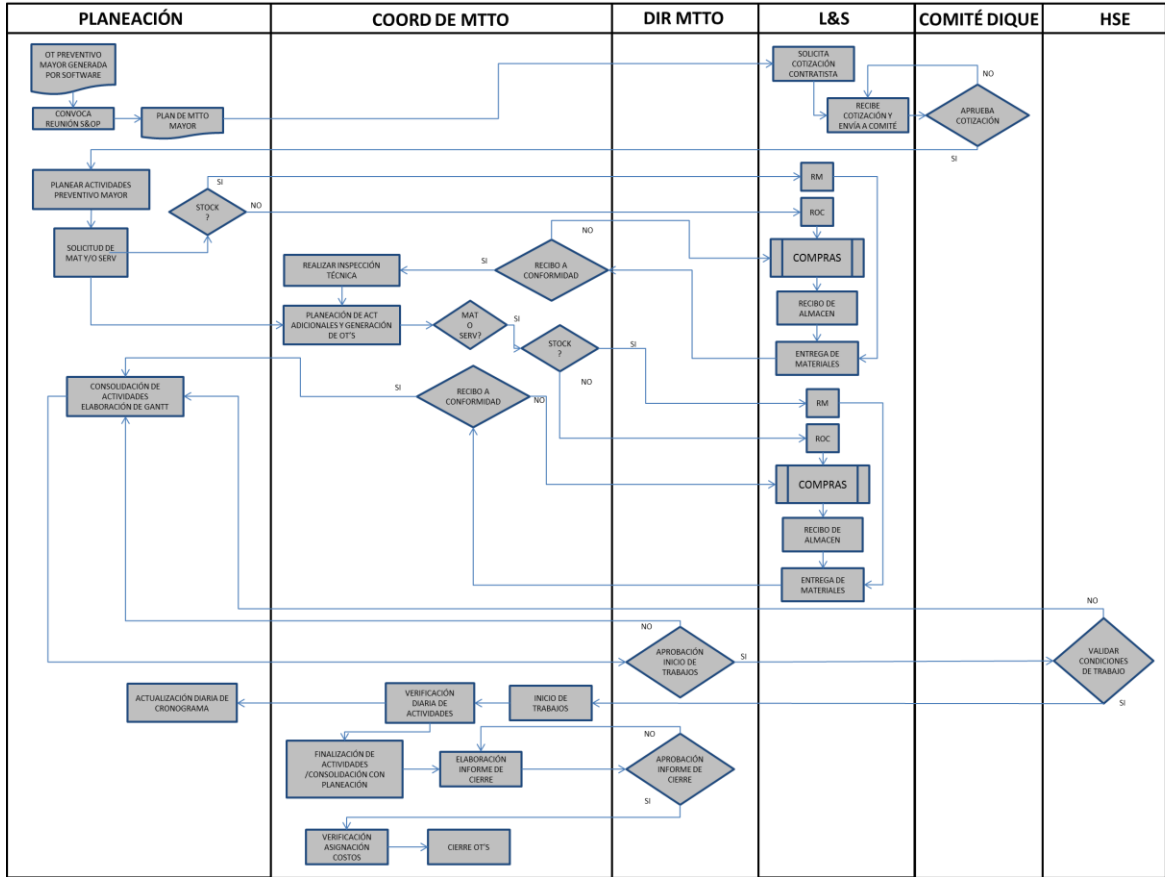
Flujograma CBM



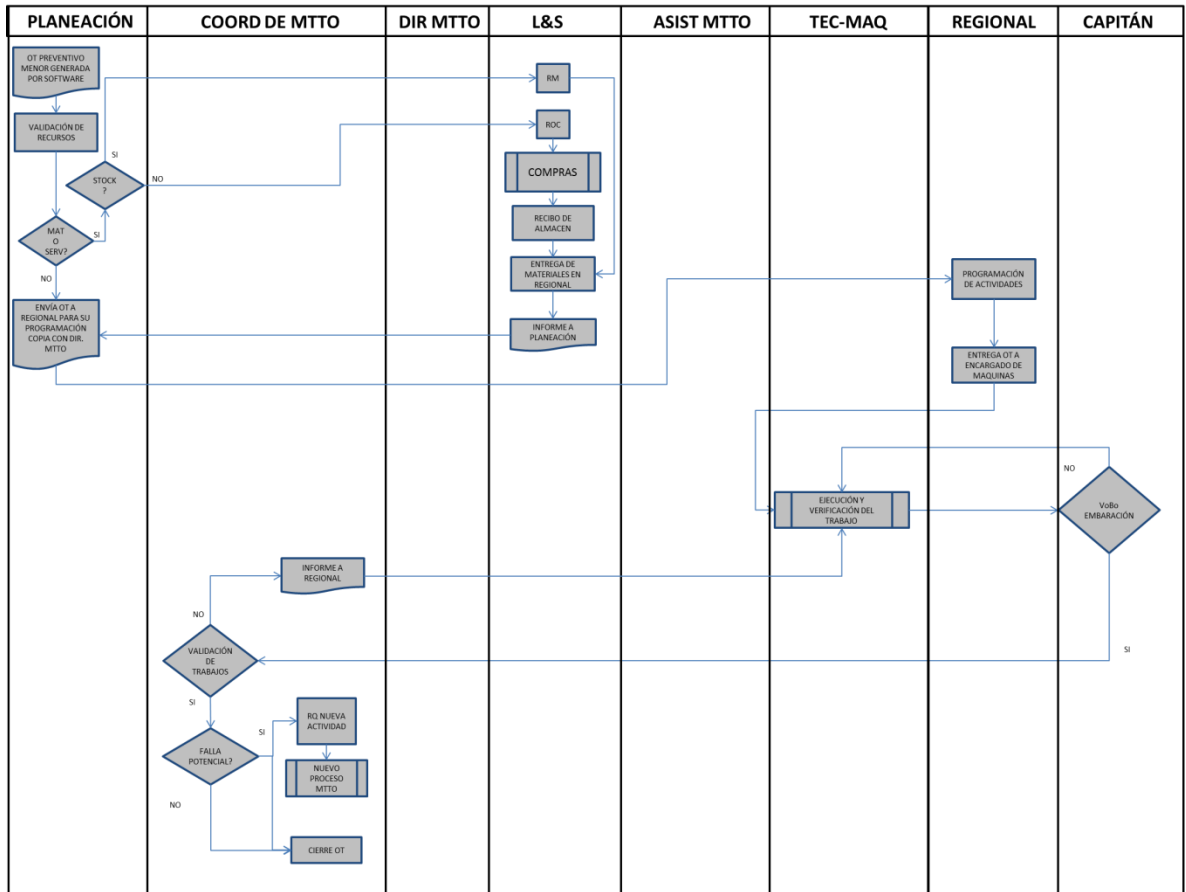
Flujograma mantenimiento correctivo



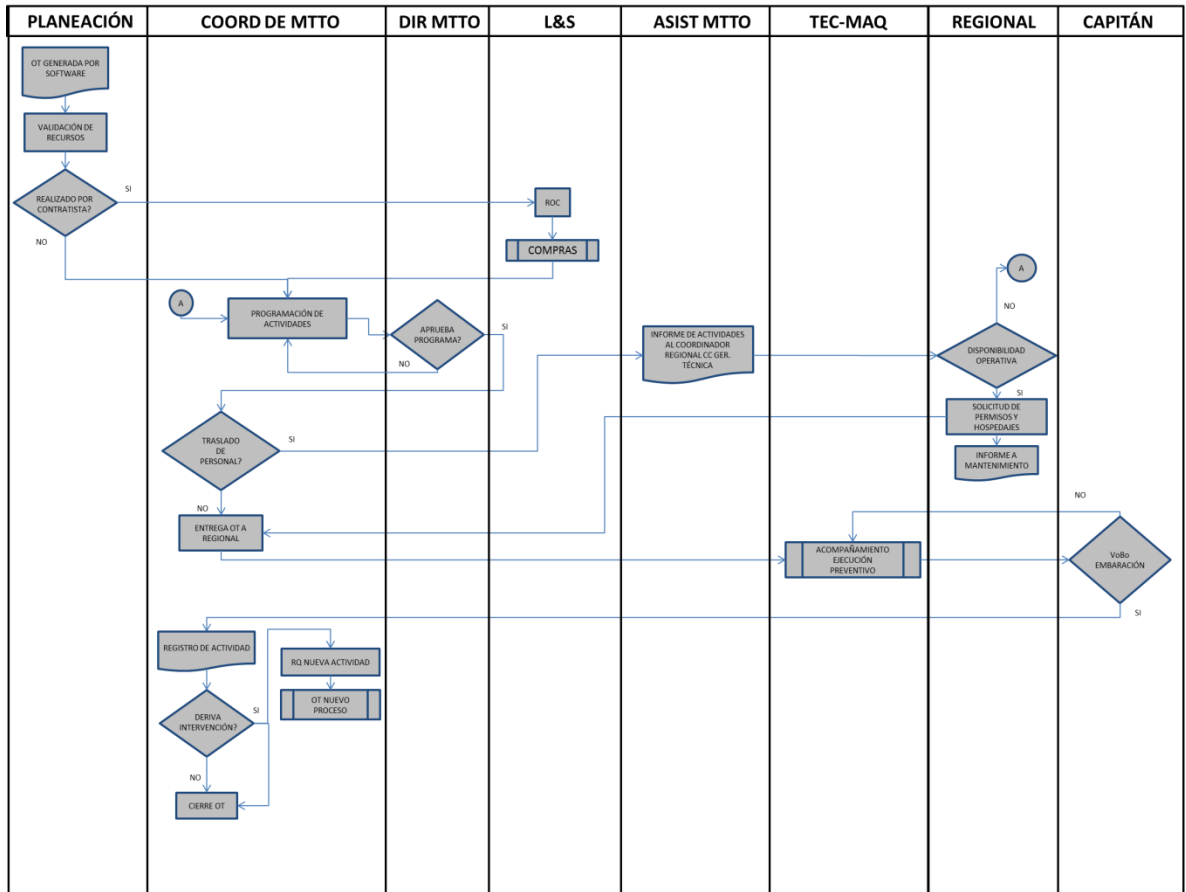
Flujograma Mantenimiento Mayor



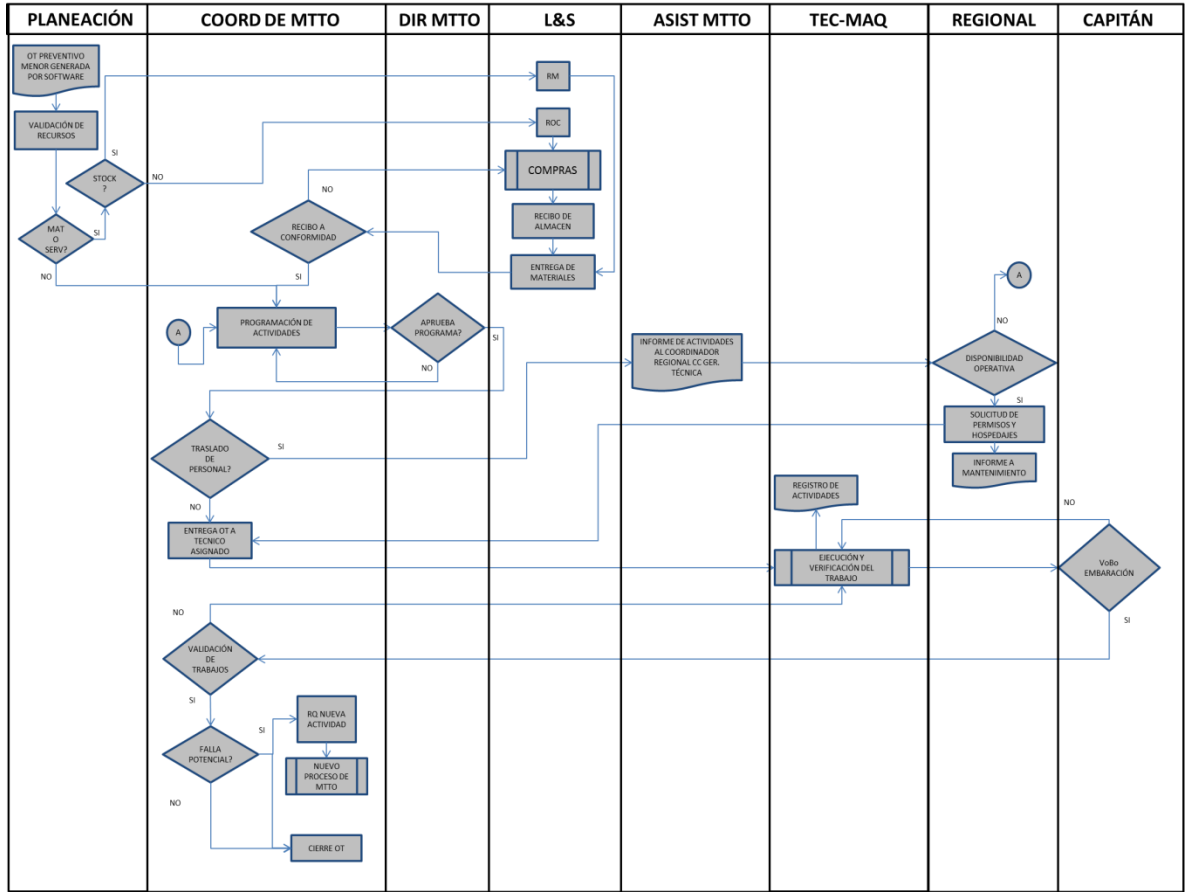
Flujograma mantenimiento menor autónomo



Flujograma mantenimiento menor externo



Flujograma mantenimientos menores internos



ANEXO B
FORMATO DESARROLLO PMO

ANEXO C
PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

PLAN DE MANTENIMIENTO									
CÓDIGO DEL ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE SERIE	TAREA	ESTRATEGIA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA (horas)	DURACIÓN (horas)	# PERSONAS	GRUPO DE TRABAJO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	TOMAR MUESTRA DE ACEITE LUBRICANTE	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	250	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR Y LIMPIAR FILTROS DE AIRE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	AJUSTAR Y CALIBRAR VALVULAS	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	AJUSTAR Y CALIBRAR INYECTORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR CONEXIONES DE INYECTORES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	LIMPIAR LOS TURBOCARGADORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	1	2	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	AJUSTAR ABRAZADERAS DE LOS TURBOCARGADORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REALIZAR AJUSTE GENERAL DEL MOTOR (ANCLAJES)	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR ESTADO DE LAS CORREAS. AJUSTAR SI SE REQUIERE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR Y LIMPIAR EL ACOUPLE FLEXIBLE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO

9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR EL AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES DEL CIGÜEÑAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR SOPORTE DEL MOTOR Y TRANSMISION (REDUCTOR SI APLICA)	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR Y LIMPIAR EL SENSOR DE VELOCIDAD Y TIEMPO	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GENERAL DE ALARMAS Y PROTECCIONES	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET)	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	TOMAR MUESTRA DE REFRIGERANTE	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE AIRE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0102	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3513 / S2J00321	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO RECIPROCANTE (WINDROCK)	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	4000	1	1	EXTERNO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CALIBRAR SENSOR DE VELOCIDAD Y TIEMPO	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,5	1	INTERNO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR BOMBAS DE AGUA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR REGULADORES DE TEMPERATURA (THERMOSTATS)	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	6000	1	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REVISAR POSENFRIADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,05	1	AUTONOMO

9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	LIMPIAR POSENFRIADOR	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR MOTORES DE ARRANQUE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR BOMBA DE PRELUBRICACION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR RESPIRADEROS DEL CARTER	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	LIMPIAR RESPIRADEROS DEL CARTER	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR EL ALTERNADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0103	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3514 / S2J00321	INSPECCIÓN CON TERMOGRAFÍA INFRARROJA	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	6000	0,5	1	EXTERNO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET) ANTES DEL MANTENIMIENTO	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	LIMPIAR DUCTOS DE ADMISION	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	12000	0,1	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	VERIFICAR ESTADO DE PLACAS ESPACIADORAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR SELLOS DE LAS TAPAS DE VALVULAS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	2	INTERNO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR FILTROS DE AIRE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR FILTROS DE ACEITE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR ACEITE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	1	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR REFRIGERANTE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET)	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	12000	0,5	1	AUTONOMO

			DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO						
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR RODAMIENTOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR EMPAQUES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	2	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR SELLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR ARANDELAS DE EMPUJE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR TORNILLERIA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR BLOQUE DE CILINDROS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR CIGÜEÑAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR EJES DE LEVAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEA DE POTENCIA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR ANILLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR CASQUETES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	2	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR RINES RETENEDORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR BUJES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDITIONAR TURBOCARGADORES	TBT - REACONDITIONAMIENTO	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDITIONAR CULATAS	TBT - REACONDITIONAMIENTO	PV	24000	4	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR PLACAS ESPACIADORAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEAS DE ADMISION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEAS DE ESCAPE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO

9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEAS DE LUBRICACION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEAS COMBUSTIBLE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR LINEAS DE ENFRIAMIENTO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR POSENFRIADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR ENFRIADOR DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO DE VALVULAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR CARCASAS FRONTAL Y TRASERA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR ENGRANAJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR TAPAS DE INSPECCION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,15	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR DEPOSITO DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR BOMBAS DE AGUA	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR BOMBA DE ACEITE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR BOMBA DE PRELUBRICACION	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR INYECTORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR CABLEADO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR SENSORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO

9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	CAMBIAR INTERRUPTORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR VOLANTE Y AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES DEL CIGÜENAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR MOTOR DE ARRANQUE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	REACONDICIONAR ALTERNADOR	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0101	MOTOR PROPULSOR DE ESTRIBOR	3512 / S2J00321	EVALUAR ECM	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	TOMAR MUESTRA DE ACEITE LUBRICANTE	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	500	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REVISAR SOPORTES DEL REDUCTOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	500	0,1	1	AUTONOMO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	AJUSTAR TORNILLOS EXTERNOS DEL REDUCTOR, BASE Y ACOPLA	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	500	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	INSPECCIONAR Y LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE DEL REDUCTOR, REVISAR ANODOS DEL ENFRIADOR.	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	3000	1	1	AUTONOMO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	VERIFICAR Y AJUSTAR LOS MANDOS A DISTANCIA DEL REDUCTOR	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	3000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0102	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70170	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	6000	1	1	EXTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REALIZAR EL CAMBIO DEL ACOPLA FLEXIBLE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	20000	2	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REALIZAR ALINEACIÓN DE EJES MOTOR-REDUCTOR	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	20000	3	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR ESTADO DE EJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	1	1	INTERNO

9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR ÁREAS DE SELLADO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,25	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR ENGRANAJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR PISTON	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR DISTRIBUIDOR DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR PORTA PLANETARIOS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR DISCOS Y PLATOS DE EMBRAGUES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	3	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR TORNILLOS DE EMBRAGUE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR SELLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR ANILLOS DE RETENCION	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR RODAMIENTOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	2	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR BUJES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	1	2	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	EVALUAR BOMBA DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0101	REDUCTOR CONVENCIONAL ESTRIBOR	WAF 773 / 70169	REEMPLAZAR MANGUERAS Y ACCESORIOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	N/A	REVISAR BORNES DE BATERÍA. LIMPIAR O AJUSTAR SI SE REQUIERE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,25	1	INTERNO
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR	N/A	REVISAR NIVEL DE ELECTROLITO. COMPLETAR SI SE	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PV	90 d	0,15	1	INTERNO

	ESTRIBOR		REQUIERE						
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	N/A	REVISAR ESTADO DE BATERÍA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,1	1	INTERNO
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	N/A	REVISAR ESTADO DE CABLES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,1	1	INTERNO
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	N/A	REVISAR CARGA DE BATERÍA MEDIANTE DENSIMETRO	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	90 d	0,25	1	INTERNO
9004-P-BAN-0102	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	N/A	AJUSTAR SOPORTES DE BATERÍAS	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	90 d	0,25	1	INTERNO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	TOMAR MUESTRA DE ACEITE LUBRICANTE	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	250	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR Y LIMPIAR FILTROS DE AIRE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	AJUSTAR Y CALIBRAR VALVULAS	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	AJUSTAR Y CALIBRAR INYECTORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR CONEXIONES DE INYECTORES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	LIMPIAR LOS TURBOCARGADORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	1	2	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	AJUSTAR ABRAZADERAS DE LOS TURBOCARGADORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REALIZAR AJUSTE GENERAL DEL MOTOR (ANCLAJES)	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO

9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR ESTADO DE LAS CORREAS. AJUSTAR SI SE REQUIERE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR Y LIMPIAR EL ACOPLÉ FLEXIBLE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR EL AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES DEL CIGÜEÑAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR SOPORTE DEL MOTOR Y TRANSMISION (REDUCTOR SI APLICA)	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR Y LIMPIAR EL SENSOR DE VELOCIDAD Y TIEMPO	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GENERAL DE ALARMAS Y PROTECCIONES	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET)	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	TOMAR MUESTRA DE REFRIGERANTE	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	2000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE AIRE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR ESTADO DE FILTROS DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	2000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO RECÍPROCANTE (WINDROCK)	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	4000	1	1	EXTERNO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CALIBRAR SENSOR DE VELOCIDAD Y TIEMPO	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,5	1	INTERNO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR BOMBAS DE AGUA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO

9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR REGULADORES DE TEMPERATURA (TERMOSTATOS)	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	6000	1	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REVISAR POSENFRIADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,05	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	LIMPIAR POSENFRIADOR	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR MOTORES DE ARRANQUE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR BOMBA DE PRELUBRICACION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR RESPIRADEROS DEL CARTER	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,15	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	LIMPIAR RESPIRADEROS DEL CARTER	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR EL ALTERNADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	6000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIÓN CON TERMOGRAFÍA INFRARROJA	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	6000	0,5	1	EXTERNO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET) ANTES DEL MANTENIMIENTO	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	LIMPIAR DUCTOS DE ADMISION	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	12000	0,1	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	VERIFICAR ESTADO DE PLACAS ESPACIADORAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR SELLOS DE LAS TAPAS DE VALVULAS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	2	INTERNO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR FILTROS DE AIRE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR FILTROS DE ACEITE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,25	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR ACEITE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	1	1	AUTONOMO

9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR REFRIGERANTE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	INSPECCIONAR EL MOTOR CON LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO (ET) DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	12000	0,5	1	AUTONOMO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR RODAMIENTOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR EMPAQUES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	2	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR SELLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR ARANDELAS DE EMPUJE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR TORNILLERIA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR BLOQUE DE CILINDROS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR CIGÜEÑAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR EJES DE LEVAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEA DE POTENCIA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR ANILLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR CASQUETES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	2	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR RINES RETENEDORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR BUJES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR TURBOCARGADORES	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	3	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR CULATAS	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	4	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR PLACAS ESPACIADORAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO

9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEAS DE ADMISION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEAS DE ESCAPE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEAS DE LUBRICACION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEAS COMBUSTIBLE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR LINEAS DE ENFRIAMIENTO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR POSENFRIADOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR ENFRIADOR DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO DE VALVULAS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR CARCASAS FRONTAL Y TRASERA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR ENGRANAJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR TAPAS DE INSPECCION	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,15	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR DEPOSITO DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR BOMBAS DE AGUA	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR BOMBA DE ACEITE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR BOMBA DE PRELUBRICACION	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO
9004-P-MOT-	MOTOR PROPULSOR	3512 /	CAMBIAR INYECTORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	1	2	MIXTO

0201	DE BAVOR	S2J00303								
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR CABLEADO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR SENSORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	CAMBIAR INTERRUPTORES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	24000	0,5	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR VOLANTE Y AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES DEL CIGÜENAL	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	24000	0,25	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR MOTOR DE ARRANQUE	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	REACONDICIONAR ALTERNADOR	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	24000	1	2	MIXTO	
9004-P-MOT-0201	MOTOR PROPULSOR DE BAVOR	3512 / S2J00303	EVALUAR ECM	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	24000	0,5	2	MIXTO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	TOMAR MUESTRA DE ACEITE LUBRICANTE	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	500	0,25	1	AUTONOMO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REVISAR SOPORTES DEL REDUCTOR	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	500	0,1	1	AUTONOMO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	AJUSTAR TORNILLOS EXTERNOS DEL REDUCTOR, BASE Y ACOPLA	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	500	0,5	1	AUTONOMO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	INSPECCIONAR Y LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE DEL REDUCTOR, REVISAR ANODOS DEL ENFRIADOR.	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	3000	1	1	AUTONOMO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	VERIFICAR Y AJUSTAR LOS MANDOS A DISTANCIA DEL REDUCTOR	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	3000	0,5	1	INTERNO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	6000	1	1	EXTERNO	
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REALIZAR EL CAMBIO DEL ACOPLA FLEXIBLE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	20000	2	2	INTERNO	

9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REALIZAR ALINEACIÓN DE EJES MOTOR-REDUCTOR	CBT - MONITOREO POR CONDICIÓN	PD	20000	3	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR ESTADO DE EJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	1	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR ÁREAS DE SELLADO	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,25	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR ENGRANAJES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR PISTON	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR DISTRIBUIDOR DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR PORTA PLANETARIOS	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR DISCOS Y PLATOS DE EMBRAGUES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	3	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR TORNILLOS DE EMBRAGUE	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR SELLOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR ANILLOS DE RETENCION	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR RODAMIENTOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	2	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR BUJES	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	1	2	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	EVALUAR BOMBA DE ACEITE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO
9004-P-RED-0201	REDUCTOR CONVENCIONAL BAVOR	WAF 773 / 70168	REEMPLAZAR MANGUERAS Y ACCESORIOS	TBT - SUSTITUCIÓN	PV	40000	0,5	1	INTERNO

9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	REVISAR BORNES DE BATERÍA. LIMPIAR O AJUSTAR SI SE REQUIERE	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,25	1	INTERNO
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	REVISAR NIVEL DE ELECTROLITO. COMPLETAR SI SE REQUIERE	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PV	90 d	0,15	1	INTERNO
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	REVISAR ESTADO DE BATERÍA	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,1	1	INTERNO
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	REVISAR ESTADO DE CABLES	CBT - INSPECCIÓN POR CONDICIÓN	PV	90 d	0,1	1	INTERNO
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	REVISAR CARGA DE BATERÍA MEDIANTE DENSIMETRO	INS - BUSQUEDA DE FALLAS	PD	90 d	0,25	1	INTERNO
9004-P-BAN-0101	BANCO DE BATERÍAS DE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR BAVOR	N/A	AJUSTAR SOPORTES DE BATERÍAS	TBT - REACONDICIONAMIENTO	PV	90 d	0,25	1	INTERNO