

**MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA RCM PARA
LOS EQUIPOS CRITICOS DE LOS REMOLCADORES DE LA EMPRESA
NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.**

JAVIER EDUARDO VARGAS MARTINEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
FACULTA DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ECUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

**MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA RCM PARA
LOS EQUIPOS CRITICOS DE LOS REMOLCADORES DE LA EMPRESA
NAVIERA FLUVIAL DOLOMBIANA S.A**

JAVIER EDUARDO VARGAS MARTINEZ

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

**Director: JAIME RODRIGUEZ OROZCO
Ingeniero Mecánico
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
FACULTA DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS
ECUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de forma muy especial a mi familia por el apoyo brindado durante casi dos años, a mi novia por ayuda y comprensión, a mis compañeros de trabajo por la colaboración prestada para poder realizar esta empresa y a dios por darme los medios para llegar hasta esta nueva etapa de la vida.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A	17
1.1 RESEÑA HISTORICA	17
1.1.1 Infraestructura	19
1.1.1.1 Oficina central	19
1.1.1.2 Astillero	19
1.1.2 Proceso de transporte fluvial	22
1.1.2.1 Capacidad de la flota	22
1.2 PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA	22
1.2.1 Departamento de mantenimiento electromecánico	23
1.2.2 Departamento de reparaciones navales	23
1.2.3 Departamento de limpieza y pintura	23
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.4 OBJETIVOS	25
1.4.1 Objetivo general	25
1.4.2 Objetivos específicos	25
1.5 JUSTIFICACION	26
2 MARCO TEORICO	27
2.1 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO	27
2.1.1 Mantenimiento correctivo	28
2.1.2 Mantenimiento preventivo	28
2.1.3 Mantenimiento predictivo	29
2.2 MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICION	30
2.2.1 Análisis de vibraciones	32
2.2.2 Análisis de lubricantes	41
2.2.3Termografia	45
2.3 MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	49

2.3.1 Historia del RCM	49
2.3.2 Siete preguntas del RCM	52
2.3.3 Análisis de criticidad de equipos	53
2.3.4 Funciones de los equipos	55
2.3.5 Fallas funcionales	55
2.3.6 Análisis de modos de falla	55
2.3.7 Efectos de las fallas	56
2.3.8 Consecuencias de las fallas	57
2.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO	57
2.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	59
2.5.1 Tiempo promedio entre paradas	59
2.5.2 Tiempo promedio entre reparaciones	59
2.5.3 Disponibilidad de remolcadores	60
3. RECOPIACION Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION	60
3.1 EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL	60
3.1.2 Procesos evaluados	61
3.1.3 Resultado de la evaluación	62
3.1.3.1 Estrategia corporativa	62
3.1.3.2 Administración y organización	63
3.1.3.3 Planeación y programación	63
3.1.3.4 Técnicas de mantenimiento	63
3.1.3.5 Medidas de desempeño	64
3.1.3.6 Tecnología de la información y uso	64
3.1.3.7 Involucramiento de los empleados	64
3.1.3.8 Análisis de confiabilidad	65
3.1.3.9 Análisis de proceso	65
3.1.3.10 Información sobre la infraestructura y las instalaciones	65
3.2 RESULTADA DE LA EVALUACIÓN DEL PROBLEMA	66
3.2.1 Fortalezas del departamento de mantenimiento	67
3.2.2 Debilidades del departamento de mantenimiento	67
3.2.3 Acciones de mejora para el programa de mantenimiento	67

4. PROGRAMA DE MANTNEIMIENTO BASADO EN RCM	68
4.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS	68
4.2 ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS	85
4.2.1 Resultado del análisis de criticidad	98
4.3 HOJA DE RCM	99
4.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	106
5. CONCLUSIONES	112
6. BIBLIOGRAFIA	113

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Astilleros de Naviera Fluvial Colombiana S.A	20
Figura 2. Organigrama de la vicepresidencia técnica y de ingeniería	21
Figura 3 Diagrama de barras del indicador de disponibilidad de los Remolcadores	24
Figura # 4: Posiciones para tomas de análisis de vibraciones	36
Figura # 5: Posiciones para tomas de análisis de vibraciones	36
Figura # 6 Equipos para medir vibraciones (sensores de desplazamiento)	37
Figura # 7 Equipos para medir vibraciones (sensores de velocidad)	38
Figura # 8 Equipos para medir vibraciones (sensores de aceleración)	39
Figura # 9 Equipos para medir vibraciones (medidor tipo lápiz)	40
Figura # 10 Equipos para medir vibraciones (colector de vibraciones)	40
Figura # 11 Drenaje de aceite de un motor CAT	41
Figura # 12 Espectro infrarrojo	45
Figura # 13 Rodamiento recalentado	46
Figura # 14 Cámara termografica	47
Figura # 15 Cámara termografia	47
Figura # 16 Modelos de fallas a través de la historia	50
Figura # 17 Patrones e falla industria aeronáutica	52
Figura # 18 Modelo e análisis básico de criticidad	54
Figura # 19 Diagrama de decisiones del RCM	58
Figura # 20 Remolcador Luis Fernando	68
Figura # 21 Remolcador Humberto Muñoz R	70
Figura # 22 Remolcador Doña María	72
Figura # 23 Remolcador Alfonso Montilla	73
Figura # 24 Remolcador Catalina	75
Figura # 25 Remolcador Cancharazo	76

Figura # 26 Remolcador Doña Leonor	78
Figura # 27 Remolcador Francisco Estrada	79
Figura # 28 Remolcador Galeras	81
Figura # 29 Remolcador Sotara	82
Figura # 30 Remolcador Toledo	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla # 1. Variables a Monitorear	30
Tabla # 2. Resumen de la norma de severidad de vibración ISO 2372	35
Tabla # 3 Partículas por millón en motores de diferentes fabricantes	44
Tabla # 4 Evaluación cuantitativa de la matriz de la excelencia de Mantenimiento	61
Tabla # 5 Calificación de la evaluación del la matriz de la excelencia de mantenimiento	62
Tabla # 6 Resultado de la evaluación estratégica corporativa	62
Tabla # 7 Resultado de la evaluación de la administración y organización	63
Tabla # 8 Resultado de la evaluación de la planeación y programación	63
Tabla # 9 Resultado de la evaluación de las técnicas de mantenimiento	63
Tabla # 10 Resultado de la evaluación de las medidas de desempeño	64
Tabla # 11 Resultado de la evaluación de la tecnología de la información y uso	64
Tabla # 12 Resultado de la evaluación del involucramiento de los empleados	64
Tabla # 13 Resultado de la evaluación del análisis de confiabilidad	65
Tabla # 14 Resultado de la evaluación del análisis de proceso	65
Tabla # 15 Resultado de la evaluación de la información sobre la infraestructura e instalaciones	65
Tabla # 16 Resultado de la evaluación de la situación actual del programa de mantenimiento	66
Tabla # 17 Equipos instalados en el remolcador Luis Fernando	68
Tabla # 18 Equipos instalados en el remolcador Humberto Muñoz R	70
Tabla # 19 Equipos instalados en el remolcador Doña María	72
Tabla # 20 Equipos instalados en el remolcador Alfonso Montilla	74
Tabla # 21 Equipos instalados en el remolcador Catalina	75
Tabla # 22 Equipos instalados en el remolcador Cancharazo	77

Tabla # 23 Equipos instalados en el remolcador Doña Leonor	78
Tabla # 24 Equipos instalados en el remolcador Francisco Estrada	80
Tabla # 25 Equipos instalados en el remolcador Galeras	81
Tabla # 26 Equipos instalados en el remolcador Sotara	83
Tabla # 27 Equipos instalados en el remolcador Toledo	84
Tabla # 28 factores a ser evaluados en el análisis de criticidad	86
Tabla # 29 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Luis Fernando	87
Tabla # 30 Matriz de criticidad remolcador Luis Fernando	87
Tabla # 31 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Humberto Muñoz R	88
Tabla # 32 Matriz de criticidad remolcador Humberto Muñoz R	88
Tabla # 33 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Doña María	89
Tabla # 34 Matriz de criticidad remolcador Doña María	89
Tabla # 35 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Alfonso Montilla	90
Tabla # 36 Matriz de criticidad remolcador Alfonso Montilla	90
Tabla # 37 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Catalina	91
Tabla # 38 Matriz de criticidad remolcador Catalina	91
Tabla # 39 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Cancharazo	92
Tabla # 40 Matriz de criticidad remolcador Cancharazo	92
Tabla # 41 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Doña Leonor	93
Tabla # 42 Matriz de criticidad remolcador Doña Leonor	93
Tabla # 43 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Francisco Estrada	94
Tabla # 44 Matriz de criticidad remolcador Francisco Estrada	94
Tabla # 45 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Galeras	95
Tabla # 46 Matriz de criticidad remolcador Galeras	95
Tabla # 47 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Sotara	96
Tabla # 48 Matriz de criticidad remolcador Sotara	96
Tabla # 49 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Toledo	97
Tabla # 50 Matriz de criticidad remolcador Toledo	97
Tabla # 51 Tareas proactivas a realizar	106

RESUMEN

Título:

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA RCM PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE LOS REMOLCADORES DE LA EMPRESA NAVIERA FLUVIAL DOLOMBIANA S.A

Autor:

Javier Eduardo Vargas Martínez

Palabras claves:

Mantenimiento, remolcadores, vibración, termografía, lubricantes, motores, reductores.

Descripción:

Con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los remolcadores de la empresa Naviera Fluvial Colombiana S.A. se plantea un programa de mantenimiento preventivo y predictivo basado en los lineamientos del RCM.

El primer paso que se llevo a cabo fue una evaluación del programa de mantenimiento actual que se maneja en la vicepresidencia técnica y de ingeniería, identificando de esta forma las condiciones actuales frente a las empresas de clase mundo.

Una vez identificado el estado actual del programa de mantenimiento de los remolcadores, se realiza un análisis de criticidad a todos los equipos que intervienen en la correcta operación de los remolcadores, donde se identifica a los motores propulsores y a los reductores como los equipos críticos para la correcta operación. A través de la metodología del RCM se analizaron los modos de falla y sus consecuencias realizando un diagrama de decisión, del cual se plantearon tareas a condición para mejorar la prestación del mantenimiento.

Las tareas predictivas que se obtuvieron del análisis de RCM son análisis de vibraciones, análisis de aceite, termografía e inspección visual.

Por último se plantea la conformación de un grupo interdisciplinario integrado por diferentes trabajadores del área de mantenimiento como del área de operaciones para los análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

* Monografía

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización En Gerencia De Mantenimiento. Director: Ing. Jaime Rodríguez O. Ingeniero Mecánico

SUMARY

Title:

MODEL OF MAINTENANCE BASED IN RCM METHODOLOGY FOR CRITICAL EQUIPMENT TUGBOATS OF THE NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

Author:

Javier Eduardo Vargas Martinez

Keywords:

Maintenance, Tugboats, vibration, thermography, lubricants, engines

Description:

In order to increase the availability of tugboats Naviera Fluvial Colombiana S.A program poses a preventive and predictive maintenance program based on the guidelines of the RCM.

The first step was carried out an evaluation of the current maintenance program that is handled in the engineering and technical vice presidency, thus identified current conditions against world class companies.

After identifying the current status of the tugboats maintenance program, an analysis of criticality to all teams involved in the correct operation of the tugboats, which identifies the propulsion engines and gearboxes as a critical equipment correct operation. Through the RCM methodology analyzed failure modes and consequences making a decisions diagram, which raised duties on condition to improve the delivery of maintenance.

The predictive tasks that were obtained from the RCM analysis are vibrations analysis, oil analysis, termography and visual inspections.

Finally there is the formation of an interdisciplinary group composed of different workers in the maintenance area as the area of operations for the analysis of reliability centered maintenance.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director Jaime Rodríguez O. Mechanical Engineer.

INTRODUCCION

En la industria del transporte fluvial en Colombia la disponibilidad de las embarcaciones es de suma importancia para la prestación del servicio, para mantener una alta disponibilidad es necesario tener un buen programa de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, pero dada las exigencias actuales estos programas de mantenimiento no son suficientes, ahora hay que ir mas allá, es por eso que hay que implementar modelos predictivos para anticiparnos a cualquier posible falla.

La operabilidad en la industria del transporte por el río Magdalena es de suma importancia, debido a que son pocas las empresas que prestan este servicio y las que existen tienen flotas pequeñas y con equipos muchas veces reconstruidos de 5 años en adelante, por exigencias de los clientes se están realizando inversiones en la modernización de la flota, con esto se busca mejorar la prestación del servicio y con la adquisición de equipos nuevos se hace necesario la implementación de las nuevas teorías del mantenimiento.

Con una buena implementación e interpretación de un programa predictivo podemos identificar de forma temprana posibles fallas en los equipos de carácter crítico para una buena operación de los mismos, de esta forma aumentamos la confiabilidad de los equipos y se evitan las paradas por daños imprevistos, reducimos los costos de mantenimiento, aumentando la satisfacción tanto del cliente interno como del cliente externo.

1. NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

1.1. Reseña histórica.

Naviera Fluvial Colombiana fue fundada en 1920 y desde esa fecha ha estado vinculada al transporte fluvial de carga por el río Magdalena y se ha mantenido como la mayor empresa de transporte fluvial del país, esto gracias al crecimiento sostenido de su capacidad y a la continua adopción de importantes innovaciones de orden tecnológico y operativo.

Apenas fundada, fue pionera en la utilización de combustóleo en vez de leña como combustible de las calderas propulsoras de los buques fluviales o vapores, al tiempo impulsó el transporte fluvial de pasajeros en los celebres “expresos” entre los cuales se destacaron El Atlántico, El Medellín y El David Arango.

Posteriormente Naviera lideró la construcción de los primeros remolcadores fluviales propulsados mediante motores diesel y hélices en reemplazo de las calderas y las ruedas de paletas usadas hasta entonces. Recientemente ya en la década de los 90 fue la primera en usar hélices de acero inoxidable y resinas epoxicas en los sistemas propulsores de sus remolcadores.

Este proceso de constante modernización e innovación permite a Naviera utilizar hoy los equipos más eficientes y las técnicas más avanzadas en la administración, operación y mantenimiento de su flota fluvial. Es así como la empresa Naviera puede poner hoy a disposición de sus clientes la mayor infraestructura de transporte fluvial disponible en Colombia, compuesta fundamentalmente por equipos para el transporte de la carga, modernos, confiables y seguros, un

Astillero técnicamente operado para garantizar el mantenimiento del equipo de transporte y un talento humano competente y con la mayor experiencia en Colombia prestando este servicio.

La empresa Naviera Fluvial Colombiana, posee y opera la flota de mayor capacidad disponible en Colombia, la cual esta conformada por trece remolcadores de tráfico con una potencia individual de ochocientos cincuenta a dos mil trescientos caballos de fuerza y noventa y un planchones con una capacidad que va desde cuatrocientos hasta mil trescientas toneladas cada uno.

Su infraestructura tecnológica cuenta además con tres remolcadores para operación en puerto con potencias entre doscientos y cuatrocientos caballos de fuerza. Con estas embarcaciones Naviera puede operar simultáneamente hasta trece convoys, conformados típicamente por un remolcador y seis planchones, con una capacidad máxima que varía entre tres mil quinientos y nueve mil toneladas por convoy.

Sus planchones ofrecen gran flexibilidad para transportar una amplia variedad de cargas. Estas embarcaciones pueden movilizar indistintamente, líquidos a granel en sus tanques internos o carga en general sobre la cubierta. Además varios planchones han sido especialmente reforzados para el transporte de carga extremadamente pesada y de grandes dimensiones.

Con esta flota Naviera transporta actualmente mas de un millón cien mil toneladas de hidrocarburos entre Barrancabermeja y Cartagena y puede movilizar adicionalmente, mas de quinientas mil toneladas de cargas varias como fertilizantes, carbón, abonos, contenedores, tubería, cemento entre otros.

Como ejecutor de las decisiones que adopta la junta directiva se encuentra el presidente, a quien se le atribuye entre otras, la de fungir como representante legal de la sociedad.

El presidente recibe el apoyo de cuatro vicepresidencias: comercial, de operaciones, administrativa, técnica y de ingeniería para la administración y proyección estratégica de la Naviera.

1.1.1 Infraestructura.

Naviera Fluvial Colombiana S.A. Cuenta con una infraestructura técnica y locativa, de sistemas y telecomunicaciones, adecuadas para asegurar la ejecución de las actividades relacionadas con la prestación del servicio de transporte fluvial de carga por el río Magdalena, el canal del dique y la bahía de Cartagena.

Esta infraestructura que incluye remolcadores, botes, edificaciones, herramientas, tecnología de información y comunicación se gestiona y se mantiene teniendo en cuenta, las necesidades y expectativas de nuestros clientes. Por lo tanto la alta dirección asigna los recursos que garantizan el desarrollo de las tareas de mantenimiento y mejoramiento continuo de las condiciones de calidad, funcionalidad, disponibilidad y seguridad de esta infraestructura.

1.1.1.1 OFICINA CENTRAL NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

Núcleo principal de la empresa en esta se encuentra la presidencia y dos vicepresidencias, la comercial y administrativa, en este lugar es donde se realiza la planeación estratégica a nivel gerencial de las metas propuestas para cada año.

1.1.1.2 Astillero.

Naviera también se destaca por ser la única empresa de transporte fluvial del país que cuenta con astillero propio, en estas instalaciones ubicadas en Barranquilla es donde se realizan las reparaciones y construcciones de remolcadores y planchones, esto permite atender con prontitud las necesidades de la flota sin depender de entidades particulares.

Para reparaciones que se deben hacer fuera del agua, el astillero cuenta con una troja y con dos arrastraderos que permiten levantar y reparar dos remolcadores y cuatro planchones simultáneamente.

Así mismo, se cuenta con talleres de mecánica diesel, electricidad, hélices, maquinas, herramientas y carpintería.

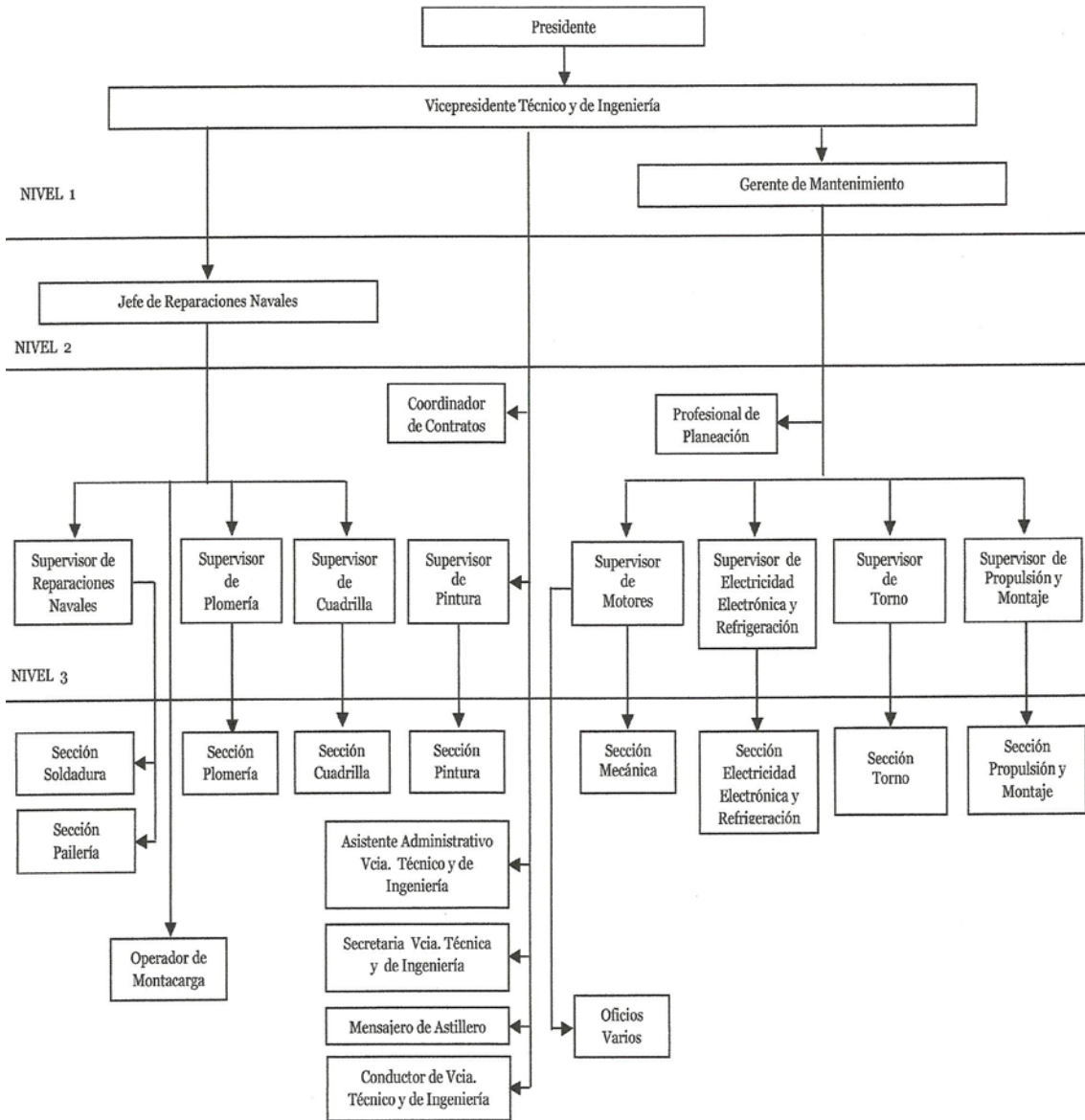
Figura 1 (Astilleros de Naviera Fluvial Colombiana S.A).



Fuente: NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

Figura 2 Organigrama de la vicepresidencia técnica y de ingeniería

VICEPRESIDENCIA TECNICA Y DE INGENIERIA



Fuente: NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

1.1.2 PROCESOS DE TRANSPORTE FLUVIAL. La empresa Naviera fluvial Colombiana S.A cuenta con una vicepresidencia comercial la cual se encarga de gestionar con los potenciales clientes el servicio de transporte de carga mixta por el rio magdalena para esta gestión la empresa cuenta con una vicepresidencia de transporte la cual posee tres puntos estratégicos a los largo de la ruta de que se cubre el principal se encuentra en Barrancabermeja, donde está el vicepresidente de operaciones, en la ciudad de Cartagena, en esta sede esta el gerente de operaciones el cual se encarga de coordinar la operación propiamente dicha de todos los remolcadores, el gerente de mantenimiento también tiene entre sus funciones coordinar con la vicepresidencia técnica y de ingeniería la entrega de los equipos para la realización de los mantenimientos preventivos y correctivos y por ultimo en la ciudad de barranquilla se encuentra el coordinador de operaciones el cual es un enlace entre la gerencia de operaciones y la vicepresidencia comercial para los cargues con nuevos clientes.

1.1.2.1 CAPACIDAD DE LA FLOTA.

La empresa actualmente cuenta con una flota de 14 remolcadores con diferentes capacidades de remolques entre los cuales se encuentra el remolcador Humberto Muños R que es en la actualidad el remolcador mas grande que transita en el rio Magdalena y fue construido en las instalaciones del astillero de la empresa y cuenta con una capacidad remolcadora de 2500 toneladas y cuenta con tecnología de punta para su funcionamiento, en total la capacidad remolcadora de la empresa se encuentra alrededor de unas 27.000 toneladas, para poder prestar este servicio la Naviera Fluvial Colombiana cuenta con 96 botes tipo planchón todos ellos de propiedad de la empresa.

1.2 PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA.

La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento con personal calificado entre técnicos e ingenieros donde hay una mezcla de experiencia y juventud, esta vicepresidencia se apoya principalmente en dos departamentos el

de de reparaciones electromecánicas y de refrigeración y el departamento de reparaciones navales.

1.2.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRO MECANICO

En este departamento es manejado por el gerente de mantenimiento que tiene a su cargo al profesional de planeación, los talleres de reparación de motores, el taller de torno y el taller de electricidad, electrónica y refrigeración. Cada uno de estos talleres cuenta con un supervisor que cuenta con más de 20 años de experiencia en su campo, con este departamento se realizan los mantenimientos programados y correctivos de los diferentes equipos que se encuentran en los remolcadores.

1.2.2 DEPARTAMENTO DE REPARACIONES NAVALES.

La cabeza visible de este departamento es el jefe de reparaciones navales el cual cuenta con un equipos de trabajo de cinco supervisores entre los que se encuentran 3 ingenieros mecánicos y dos técnicos de mucha experiencia en la parte de construcciones navales, este departamento también se apoya en el taller de plomería el cual se encarga de las reparaciones y montajes de las diferentes tuberías que se encuentran a bordo de un remolcador. La principal función de este departamento es apoyar en las reparaciones que deben llevarse a cabo en el casco y en la súper estructura de los remolcadores, para esto se apoya en la contratación de 8 empresas especializados en pailería y soldadura para llevar a cabo sus actividades.

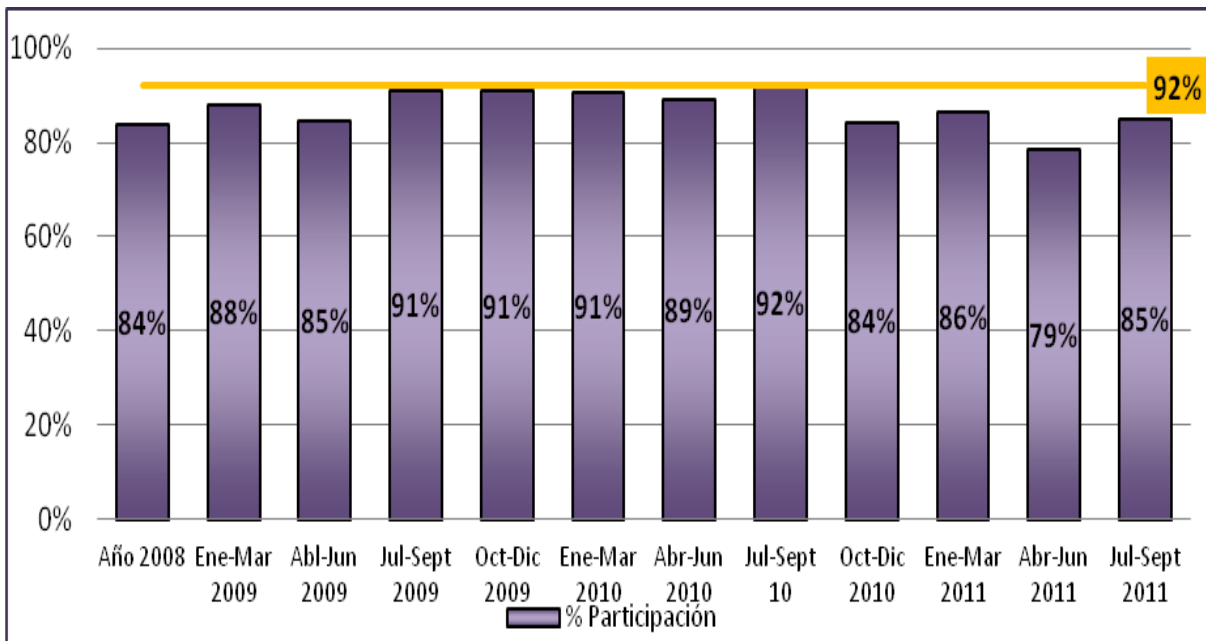
1.2.3 DEPARTEMENTO DE LIMPIEZA Y PINTURA.

Este departamento es el encargado de realizar la limpieza mecánica y la protección con pinturas navales a los remolcadores y a los botes, este departamento cuenta con un supervisor jefe y y cuatro inspectores de pintura que se encargan de revisar los trabajos del personal contratista asignado para estas labores.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Mejorar la disponibilidad de la flota teniendo en cuenta que se encuentra en un porcentaje de aproximadamente el 86% lo cual es aceptable, pero no es el rendimiento mas optimo teniendo en cuenta que el fallo en cualquiera de los equipos críticos (motores, reductores, plantas eléctricas, hélices, timonería o ejes de propulsión) de cualquiera de los remolcadores se traduce en una parada de aproximadamente 6 días mientras el remolcador llega a astillero los supervisores realizan el diagnostico de la falla, se piden los repuestos y se realiza la reparación. Por consiguiente todo esto repercute en paradas no programadas de la flota, en la insatisfacción del cliente y en gran medida en la facturación del servicio.

Figura 3 Diagrama de barras del indicador de disponibilidad de remolcadores



Fuente: NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de los remolcadores de la empresa Naviera Fluvial Colombiana S.A, para aumentar la disponibilidad de la flota.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Identificar los equipos críticos para la correcta operación de los remolcadores
- Identificar los tipos de fallas por los cuales los remolcadores deben parar su operación.
- Determinar los procedimientos de mantenimiento requeridos para prevenir las fallas identificadas.
- Crear directrices de confiabilidad para las labores de mantenimiento de los remolcadores.
- Crear frecuencia de medición y recolección de datos de los equipos de los remolcadores.
- Recomendar grupo de análisis de los datos obtenidos por las mediciones hechas.

1.5 JUSTIFICACION.

El programa de mantenimiento preventivo en los equipos de los remolcadores de la empresa Naviera Fluvial Colombiana S.A se basa en las horas trabajadas por los equipos y otras por la inspección visual realizada por los maquinista, con esta investigación se busca alargar el tiempo de trabajo de los remolcadores con un buen monitoreo de ciertas variables como las vibraciones, análisis de aceites, termografía entre otras, y alargar los periodos de mantenimiento.

Otro de los beneficios que se alcanzaran es la poca o no permanencia de los remolcadores en el astillero lo cual repercutirá en una reducción de los costos de mantenimiento y reparaciones por causa de fallas imprevistas, y un aumento en la disponibilidad para la operación.

Con esta investigación se busca alcanzar una disponibilidad de la flota del 92% al 96% que son las metas propuestas en los indicadores de la vicepresidencia técnica y de ingeniería

2. MARCO TEORICO

2.1 Evolución del mantenimiento.

El mantenimiento de un equipo es sumamente importante ya que desarrollando unas buenas prácticas de mantenimiento aseguramos la longevidad de la maquina y aseguramos su operación atreves del tiempo y como resultado final llegamos a la satisfacción de nuestros clientes ya sean internos o externos, en la industria fluvial el mantenimiento de la flota, más exactamente de los quipos críticos de la misma es de vital importancia ya que un fallo de estos ocasiona un tiempo de no operación y las consecuencias que esto trae para el cliente son muy significativas. Teniendo todo esto en cuenta podemos empezar con las teorías básicas de mantenimiento.

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene o se restablece a un estado en el que pueda realizarlas funciones designadas¹.

Teniendo esto en cuenta podemos decir que el mantenimiento es la parte vital para que las maquinas o equipos sigan con una vida útil durante un largo periodo de tiempo.

Atravez de la historia el mantenimiento ha ido evolucionando y las teorías de mantenimiento han ido cambiando, en los primeros sistemas de mantenimiento, las averías que se presentaban en los equipos se resolvían con mantenimiento correctivo.

Lo que nos lleva a definir lo que es un mantenimiento correctivo.

¹ DUFFUAA Salih O., RAOUF A. y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México, Limusa Wiley S.A. 2004. 42p

2.1.1 Mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento solo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando, existen dos formas para este tipo de mantenimiento, el programado y el no programado, el no programado es el que se realiza la reparación inmediatamente después de que ocurre la falla y el programado es aquel en el cual se tiene organizado repuestos, mano de obra, materiales e información acerca de la reparación que se va a llevar a cabo.

El mantenimiento correctivo como base de un programa de mantenimiento de una empresa tiene algunas ventajas:

- ✓ No genera costos fijos
- ✓ No es necesario programar ni prever alguna actividad
- ✓ Solo se gasta dinero cuando se tiene claro que es necesario hacerlo
- ✓ A corto plazo puede ofrecer un buen resultado
- ✓ Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto

Por estas razones algunas empresas se dedican a realizar mantenimientos correctivos en vez de preventivos o predictivos. No obstante se les olvida que el correctivo también tiene grandes desventajas:

- ✓ Problemas de producción
- ✓ Paradas inesperadas
- ✓ Corta vida de equipos
- ✓ Gran stock de repuestos

Difícil mente las ventajas de aplicar solo mantenimiento correctivo en una empresa pueden superar las desventajas que este puede llegar a presentar en la misma².

2.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo se define como aquel que se realiza a intervalos predeterminados de tiempo y pretende reducir la probabilidad de fallo de una condición del equipo por debajo de los niveles de aceptabilidad requeridos³

² IBID, 33p

³ IBID, 43p

Este tipo de mantenimiento es de tipo programado y se realiza la programación basados en tiempos de operación, en este se aprovecha para revisar o monitorear sistemas y subsistemas, cambiar partes, revisar lubricantes, correas o poleas según sea el caso.

Este modelo de mantenimiento presenta ciertas ventajas en la empresa donde se esté implementado tal como:

- ✓ Reduce las fallas y tiempos muertos de los equipos
- ✓ Mejora la utilización de los recursos
- ✓ Reduce los niveles de inventarios
- ✓ Incrementa la vida útil de los equipos
- ✓ Mejora los índices de producción
- ✓ Disminuye los costos de mantenimiento

Para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo hay que conocer exactamente las necesidades de la empresa y tener buena información sobre la maquinaria que esta posee, en otras palabras tener el historial de funcionamiento de las mismas por lo menos de uno o dos años antes de la implementación del programa, para de esta forma crear las rutinas necesarias para el mantenimiento preventivo de los equipos.

2.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El mantenimiento predictivo es aquel con el cual se busca predecir fallas futuras mediante el monitoreo de ciertas variables de operación de los equipos, y así saber que componente está próximo a fallar de tal forma que se pueda tomar la acción de reemplazarlo antes de que pase y así disminuir el tiempo muerto del equipo y alargar la vida útil del componente.

VARIABLES COMO LAS QUE SE MUESTRAN CONTINUACIÓN EN LA TABLA 1

Tabla 1. Variables a Monitorear

TEMPERATURA	CONCENTRACION	POSICION MECANICA
PRESION	FUNCION ELECTRICA	DESPLAZAMIENTO
MOVIMIENTO MECANICO	CARACTERISTICAS ELECTRICAS	TIEMPO
IMPULSO , CHOQUE	FUNCION Y SECUENCIAL	DESCARGAS
ULTRA SONIDO	CONDICION DE ACEITES	COMPOSICION
ACELERACION	HUMEDAD	FUNCION MECANICA
DESACELERACION	TENSION, DEFORMACION	SECUENCIA ELECTRICA
ACCION CICLICA	VIBRACIONES	CARRACTERISTICAS ELECTRO MAGNETICAS
GRADO DE CAMBIO	SONIDO, RUIDO	OTROS

Fuente: Borrás Pinilla Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga Grupo de investigación ingeniería mecánica –UIS Marzo 2011 pag 67

La aplicación de un programa de mantenimiento predictivo en una empresa tiene varias ventajas para la misma aunque su principal desventaja es el alto costo inicial de implementación que es el factor principal por el cual las empresas no realizan este tipo de monitoreo. Entre las ventajas del mantenimiento predictivo encontramos: disminución de inventarios, mano de obra, tiempo medio entre fallas, mejora la calidad del mantenimiento entre otras. ⁴

2.2 MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICION.

El mantenimiento basado en la condición esta relacionado con la monitorización de la maquina en su operación para llevar a cabo esta filosofía de mantenimiento hay que implementar un programa de adquisición de datos periódicamente y tener conocimiento de cuáles son los parámetros que se quieren medir ya que a todas las maquinas no todas las pruebas son necesarias, los parámetros basados en la condición que generalmente se miden en los diversos tipos de quipos es: Análisis de vibraciones, Administración de la lubricación, Emisiones acústicas, termografía infrarroja, Monitoreo de la temperatura, Medición de flujo por ultrasonido, Registro

⁴ BORRÁS Pinilla Carlos, Principios de Mantenimiento , Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2011, 67p

electrónico de variables en proceso, Partículas magnéticas, análisis de corrientes en motores entre otros.

Prácticamente cualquier parámetro de operación de una maquina que pueda ser medido y monitoreado con exactitud en el tiempo de operación es una herramienta para el mantenimiento basado en condición. Con algunos de estos parámetros se pueden conseguir detecciones más tempranas de los problemas de una maquina que con otros.

Independientemente del parámetro o los parámetros que se escojan para monitorear las condiciones de una maquina se debe tener en cuenta las siguientes normas: confiabilidad, exactitud, precisión y sobre todo trazabilidad.

El mantenimiento basado en condición tiene varios pasos entre los que se encuentran:

Detención, este paso consiste en la recolección de datos periódicamente y realizar la comparación con los datos históricos que se tienen de los equipos, también se compara con las recomendaciones de los fabricantes para saber que tan lejos estamos de los parámetros óptimos de operación.

Análisis. En esta etapa se analiza toda la información recolectada para poder determinar el estado de la maquina si se ha realizado análisis de vibraciones se interpretan los espectros tomados para tener un diagnostico del estado del equipo, y si este presenta problemas a través de esto empezar a buscar la causa raíz de los problemas que se estén presentando.

Corrección. En este punto ya tenemos identificado el problema y se procede a realizar las reparaciones o ajustes necesarios, con una detención temprana del problema, estos trabajos cuando están identificados las reparaciones pueden hacerse de forma que no afecten el proceso productivo de la empresa.

Verificación. Una vez se han efectuado las reparaciones necesarias el ingeniero de mantenimiento debe verificar que el equipo haya regresado a un estado óptimo de operación en el mejor de los casos a un estado lo más cercano posible al estado inicial de la maquina y de esta forma asegurarse que en la reparación no se introdujeron nuevos problemas.

En la implementación de este programa de mantenimiento basado en condición es importante tener en cuenta cuales son los equipos que se van a monitorear ya que no a todos los equipos es rentable incluirlos en este plan de mantenimiento, ya que correrlos a falla es mas rentable para la empresa que gastar en repararlos.

Para la escogencia de los equipos es importante tener claro estas preguntas:

¿Cuál de las maquinas monitorear?

¿Qué tipo de monitoreo se realizara sobre las maquinas monitoreadas?

¿Qué medidas se llevaran acabo en las maquinas seleccionadas?

¿Con que frecuencia se realizara el monitoreo de estas maquinas?

¿Con que tipo de equipos se realizara el monitoreo con base en el estado de las maquinas?

Con la realización de estas preguntas se tiene asegurado tiene asegurado un buen programa de mantenimiento basado en condición.

2.2.1. ANALISIS DE VIBRACIONES MECANICAS.

La vibración mecánica de una maquina es el movimiento de vaivén de los componentes mecánicos a medida que reaccionan a las fuerzas internas o externas⁵.

- Características de las vibraciones mecánicas.

Las características de una vibración simple son las magnitudes mediante el monitoreo de ellas la vibración puede ser medida, estas son: Amplitud, frecuencia y fase.

El método general de mantenimiento predictivo por vibraciones mecánicas tiene el objetivo final de asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas a través de la vigilancia continua de los niveles de vibración en las mismas, siendo estos últimos, los indicadores de su condición; y se ejecuta sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas. Este método considera de antemano que la empresa industrial opera con la suficiente disciplina tecnológica en su maquinaria, esto es: el usuario debe observar las normas de utilización del fabricante. De aquí

⁵ QUALITY Manual SKF Latin Trade S.A, Análisis de Vibraciones Nivel 1 ISO 18436 WI202, 2010, 31p

se desprende la importancia de la conducta de buenas prácticas de operadores y demás personal técnico en la industria.

La revisión periódica por análisis de vibraciones se pueden tomar como un excelente indicador del estado de las maquinas, para llegar a esta conclusión hay que tener en cuenta ciertos principios tales como:

1. Toda máquina en correcto estado de operación tiene un cierto nivel de vibraciones y ruidos, debido a los pequeños defectos de fabricación. Esto puede considerarse como el patrón de referencia, nivel base característico o estado básico de esa máquina en su funcionamiento satisfactorio.
2. Cualquier defecto en una máquina, incluso en fase inicial, lleva asociado un incremento en el nivel de vibración perfectamente detectable mediante la medición.
3. Cada defecto, aún en fase inicial, lleva asociado cambios específicos en las Vibraciones que produce (espectros), lo cual permite su identificación.

La implementación de programas de análisis de vibraciones mecánicas se obtiene grandes beneficios como los mencionados a continuación.

- a. detección precoz e identificación de defectos sin necesidad de parar ni desmontar la máquina;
- b. seguir la evolución del defecto en el transcurso del tiempo hasta que este se convierta en un peligro;
- c. programación, con suficiente tiempo, del suministro del repuesto y la mano de obra para acometer la reparación particular;
- d. programación de la parada para corrección dentro de un tiempo muerto o parada rutinaria del proceso productivo;
- e. reducción del tiempo de reparación, ya que se tienen perfectamente identificados los elementos desgastados, averiados o, en general, posibles a fallar;
- f. reducción de costos e incremento de la producción por disminución del número de paradas y tiempos muertos;
- g. permite una selección satisfactoria de las condiciones de operación de la máquina;

h. funcionamiento más seguro de la planta y toma de decisiones más precisas por parte del departamento de mantenimiento de la empresa industrial.

Metodología para la toma de datos de vibración

Para llevar a cabo la medición de vibraciones a unos equipos hay que seguir los siguientes pasos: captación, acondicionamiento de la señal, medición e interpretación y análisis de los espectros obtenidos.

Captación: este paso es de vital importancia ya que si no se coloca el sensor de vibraciones, ya sea este un velocímetro, un medidor de desplazamiento o un acelerómetro en la posición, el eje correcto y adherido de forma firme no se podrá tener un dato que sea fiable para ser analizado.

Acondicionamiento: este paso consiste es la adecuación de la interface del sensor con el transductores o colector de datos.

Medición o interpretación de los datos obtenidos: este paso consiste en la valoración de las características de la vibración (amplitud, frecuencia y fase) para esto hay que tener en cuenta en que variable se desea medir si en desplazamiento, velocidad o aceleración con esta variable identificada el analista puede hacer un análisis detallado del estado de la maquina y así emitir todas las recomendaciones necesarias para escoger las tareas de mantenimiento necesarias para llevar el equipo a un estado optimo de operación.

Normas de severidad de vibratoria.

Cuando se quiere implementar un programa de análisis de vibraciones es de vital importancia saber con cual tratado vamos a trabajar ya que existen varias de ellas dependiendo de lo que se quiera evaluar y de los objetivos que se persigan, estos tratados generalmente son conocidos como cartas o normas de severidad de vibraciones, los cuales son publicados por grandes organizaciones de ingeniería especializados en estos temas entre las que encontramos:

API American Petroleum Institute

AGMA American Gear Manufacturers Association

NEMA National Electric Manufacturers Association

ANSI American National Standards Institute

ISO International Standard Organization

VDI Asociación Alemana de Ingenieros

Entre las principales normas que utilizadas se encuentra la **ISO 2372**, esta norma aplica para vibraciones mecánicas en maquinas que operan a velocidades entre 600 y 1200 ciclos por minutos, esta es equivalente a la **VDI 2056** estas normas clasifican las maquinas en varios grupos dependiendo de la potencia que manejan y así mismo las clasifican en diferentes tipos de severidad de vibraciones.

Las maquinas de clase 1 estas son maquinas generalmente pequeñas con motores de acople directo y una potencia de 15 Kw.

Clase 2 esta son maquinas consideradas de tamaño mediano que manejan una potencia entre 15 hasta 300 Kw. Generalmente con bases rígidas.

Las maquinas de la clase 3 estas están dentro del grupo de las maquinas consideradas grandes y con grandes masas en movimiento rotativo y con acople rígido estas manejan potencias de 300 Kw. en adelante.

Las maquinas de la clase cuatro son iguales alas de la clase 3 solo se diferencian en el tipo de acoples que en estas es flexible⁶.

Tabla #2. Resumen de la norma de severidad de vibración ISO 2372

Grupo de maquinas		Grados de evaluación Vrms (mm/s)			
VDI	ISO	Bueno	Aceptable	Tolerable	No aceptable
K	1	<0.7	0.7 a 1.8	1.8 a 4.5	> 4.5
M	2	<1.1	1.1 a 2.8	2.8 a 7.1	> 7.1
G	3	<1.8	1.8 a 4.5	4.5 a 11	> 11
T	4	<2.8	2.8 a 7.1	7.1 a 18	> 18

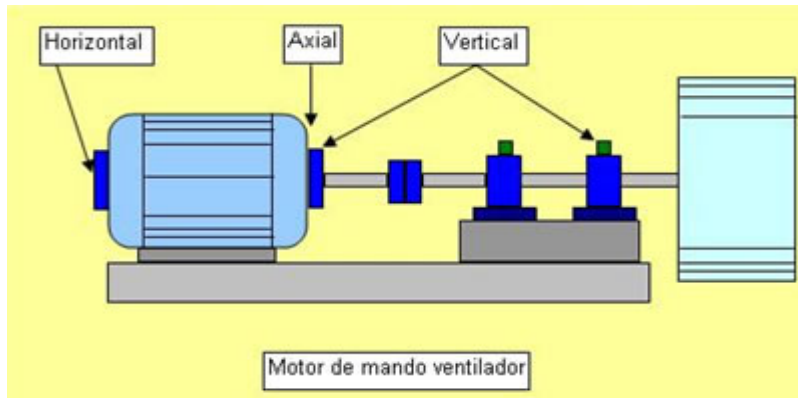
Fuente: García Castro Alfonso. Análisis De Vibraciones En Maquinas Diagnostico De Fallas Y Mantenimiento Predictivo. Escuela ingeniería mecánica –UIS 2011 pag 66

Para poder llevar a cabo las mediciones para el análisis de vibraciones es necesario conocer en que posición se va a colocar el sensor ya sea en el eje horizontal, vertical o axial, la recomendación es hacerlo en todos los ejes pero

⁶ GARCIA Castro Alfonso, Análisis de Vibraciones en Maquinas Diagnostico de Fallas y Mantenimiento Predictivo, Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2011, 64p

teniendo en cuenta que en algunos casos por seguridad no es posible, por lo menos deben tomarse en dos ejes.

Figura # 4: Posiciones para tomas de análisis de vibraciones



Fuente: <http://www.google.com.co>

Figura # 5: Posiciones para tomas de análisis de vibraciones



Fuente: <http://www.google.com.co>

Equipos utilizados para el análisis de vibraciones.

Los transductores o sensores de vibración convierten el movimiento mecánico en una señal eléctrica a escala, dependiendo de la precisión o el tipo de parámetro

que se quiera obtener existen 3 tipos de sensores para el análisis de vibraciones, para este trabajo encontramos los medidores o sondas de desplazamiento, los sensores de velocidad y los acelerómetros.

Las sondas de desplazamientos.

Como su nombre lo indica están diseñados para medir desplazamiento, estos instrumentos lo que hacen es registrar el movimiento de un eje de la maquina con respecto a su soporte o algún punto fijo en otras palabras miden la distancia relativa entre dos puntos, estos sensores tienen una muy buena respuesta a bajas frecuencias y una pobre sensibilidad a las altas frecuencias.

Figura # 6 Equipos para medir vibraciones (sensores de desplazamiento)



Fuente: Manual de vibraciones nivel 1 ISO 18436

Sensores de velocidad.

Los sensores de velocidad son los que se encargan de registrar el parámetro de la velocidad, en el pasado era el sensor más usado por su simplicidad y bajo costo de adquisición, pero debido a que son de mayor tamaño, su frecuencia natural muy baja y su poca confiabilidad han quedado obsoletos.

Figura # 7 Equipos para medir vibraciones (sensores de velocidad)



Fuente: Manual de vibraciones nivel 1 ISO 18436

Acelerómetros

Estos son los sensores más usados en la medición de vibraciones debido a su robustez, simplicidad y alta confiabilidad, como su nombre lo indica estos son usados para registrar aceleraciones, este tipo de sensores trabaja muy bien en altas y bajas frecuencias y tiene mayor resistencia a la temperatura que los demás, generalmente es usado para realizar análisis de vibraciones a maquinas rotativas que se soportan sobre rodamientos.

Figura # 8 Equipos para medir vibraciones (sensores de aceleración)



Fuente: Manual de vibraciones nivel 1 ISO 18436

Una vez escogido el sensor, el equipo que registra la medición se llama colector, de estos existen diferentes modelos los hay muy simples que solo miden un nivel Global de vibraciones, sin entregar mayor información acerca del problema o problemas que pueda presentar la maquina

Figura # 9 Equipos para medir vibraciones (medidor tipo lápiz)



Fuente: <http://www.google.com.co>

Existen otros colectores más completos, los cuales entregan una información más detallada de la medición, estos generalmente cuentan con una interface con un computador al cual pasan la información a un software que genera un espectro de las vibraciones obtenidas por el equipo

Figura # 10 Equipos para medir vibraciones (colector de vibraciones)



Fuente: <http://www.google.com.co>

2.2.2 ANALISIS DE LUBRICANTES.

Figura # 11 Drenaje de aceite de un motor CAT



Fuente: <http://latinamerica.cat.com>

El análisis de lubricantes es una herramienta fundamental en el mantenimiento ya que con este podemos monitorear la vida útil de los equipos en principal medida los motores de combustión interna, con esta herramienta podemos predecir problemas en los motores antes de que estos ocurran, evitando así grandes reparaciones o trabajos innecesarios, también podemos sacarle mejor provecho a los diferentes tipos de lubricantes que estemos usando.

Mejora el programa de mantenimiento, permite obtener el mayor rendimiento del lubricante, extendiendo los intervalos de drenaje o cambio de aceite, al determinar elementos contaminantes como: residuos metálicos del desgaste de piezas del motor, polvo, niveles de hollín, oxidación y azufre en el lubricante, presencia de agua o combustible.

En una empresa se utilizan diferentes tipos de grasas, lubricantes y aditivos para los diferentes tipos de equipos que esta poses, continuación una breve reseña de los lubricantes.

Lubricantes.

Se define como lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que pueda utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento.⁷

Aditivos.

Como aditivos lubricantes se entienden aquellos compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante y conferirle otras que no poseen y que son necesarias para cumplir su cometido.

Fundamentalmente, los aditivos persiguen los siguientes objetivos:

- 1.- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.
- 2.- Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- 3.- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.⁸

Los aceites en la actualidad tienen dos clasificaciones, según la viscosidad o el tipo de trabajo al que va a estar sometido.

Por su viscosidad: esta es la oposición que ejerce el aceite a fluir o a sufrir deformaciones tangenciales, este estándar fue establecido por la Society of Automotive Engineers (SAE) donde clasifican la viscosidad de esta manera 0W – 5W – 10W – 15W – 20W – 25W esta denominación es para aceites multigrados que funcionan en ambientes a baja temperatura, también se encuentran los multigrados que pueden funcionar en altas y en bajas temperaturas en estos encontramos lo 10W30, 15W40, 20W40 entre otros.

Por su tipo de trabajos

Este es seleccionado dependiendo del nivel de rendimiento que se espera del aceite, estos parámetros son certificados por American Petroleum Institute (API),

⁷ NÉDER Muñoz Carlos y Marín R. José. [Citado el 6 de Junio 2012]. Disponible en <<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1574/1/3122.pdf>>

⁸ IBID

Teniendo en cuenta estos aspectos para la selección de los aceites para los diferentes tipos de equipos lo que se busca al realizar el análisis de los aceites usados es identificar los diferentes componentes de desgastes encontrados en el. Las partículas metálicas encontradas en partes por millón que son encontradas en el aceite nos dan una idea de donde puede ser el desgaste en el equipo.

HIERRO (Fe).- Camisas de cilindros, engranajes, manivela o árbol de levas, pasadores de biela, bomba de aceite, tren de válvulas, compresor de aire, seguidor de levas.

COBRE (Cu).- Bujes ó cojinetes, turbo alimentador, regulador, bomba de aceite, pasador de biela, balancín, eje de rodillo de leva, compresor de aire, bomba de inyección de combustible, engranajes de sincronización ó engranaje intermedio, bomba de agua, mando de bomba de aceite, engranaje impulsor del medidor de servicio, cojinete de empuje, aditivos del aceite.

CROMO (Cr).- Cojinetes de rodillos / bolas, compresor de aire, anillos de pistón, válvulas de escape, cigüeñal.

ALUMINIO (Al).- Cojinetes de bancada, cojinete de biela, cojinete de árbol de levas, cojinete de balancín, cojinete de empuje de cigüeñal, soporte de balancín, cojinete de bomba de aceite, cojinete de engranaje de sincronización, pistones de compresores de aire, levantador de válvula de inyector de bomba de combustible, entrada de polvo (suelo arcilloso).

PLOMO (Pb).- Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela, revestimiento de cojinetes de árbol de levas, cojinetes del turbo alimentador.

MOLIBDENO (Mo).- Aros superiores (algunos motores), grasa con contenido de molibdeno.

SILICE (Si).- Entrada de tierra, grasa con contenido de sílice, aditivo antiespumante.

SODIO (Na).- Escape del enfriador, entrada de agua, condensación, aditivo del aceite.

Cuando se realiza un análisis de aceites generalmente las pruebas que se le realizan: Análisis de desgaste, pruebas físico- químicas, análisis del estado de aceite.⁹

Tabla # 3 Partículas por millón en motores de diferentes fabricantes

Partículas	Caterpillar	Cummins	Detroit
Hierro	100 ppm	84 ppm	150 ppm
Cobre	45 ppm	20 ppm	90 ppm
Plomo	100ppm	100 ppm	No especifica
Aluminio	15 ppm	15 ppm	No especifica
Cromo	15 ppm	15 ppm	No especifica
Estaño	20 ppm	20 ppm	No especifica
Sodio	40 ppm	20 ppm	50 ppm
Boro	20 ppm	25 ppm	20 ppm
Silicio	10 ppm	15 ppm	No especifica
Viscosidad	+ 20 % a – 10%	± 1 grado SAE o 4 CST del nuevo a 100° C	+40% a -15%
Agua	0.25 % Max	0.20 % máx.	0.30% máx.
TBN	1.0 KOH/g min.	2.0 KOH/g min. 50% del original o igual al TAN	1.0 KOH/g min.
Combustible	5 % Max	5 % máx.	2.5% máx.
Glicol	0.1 % Max	0.1 % máx.	0.1% Max.

Fuente: Benlloch María José, Los Lubricantes, Barcelona – España, Ediciones CEAC, 1990

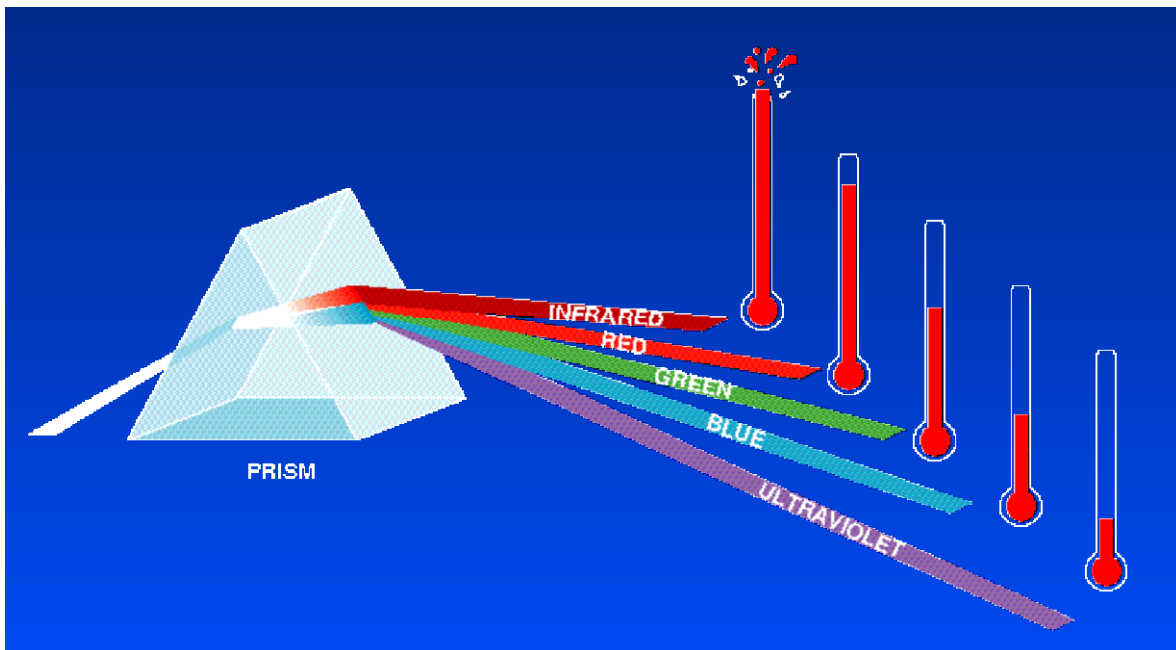
2.2.3 TERMOGRAFIA. Esta es una técnica que se utiliza para medir las diferentes temperaturas superficiales que se presentan en los equipos mediante la radiación infrarroja, con esta técnica se pueden detectar focos de calor inusuales en componentes eléctricos, rodamientos , desgaste del refractario de un horno, sobrecalentamiento en componentes de turbinas, Sobrecalentamiento de

⁹ IBID

cojinetes, sobrecalentamiento de motores, defectos en los Rodamientos, alineación de los ejes, estado de los Bobinados, calentamiento de escobillas, problemas de fricción

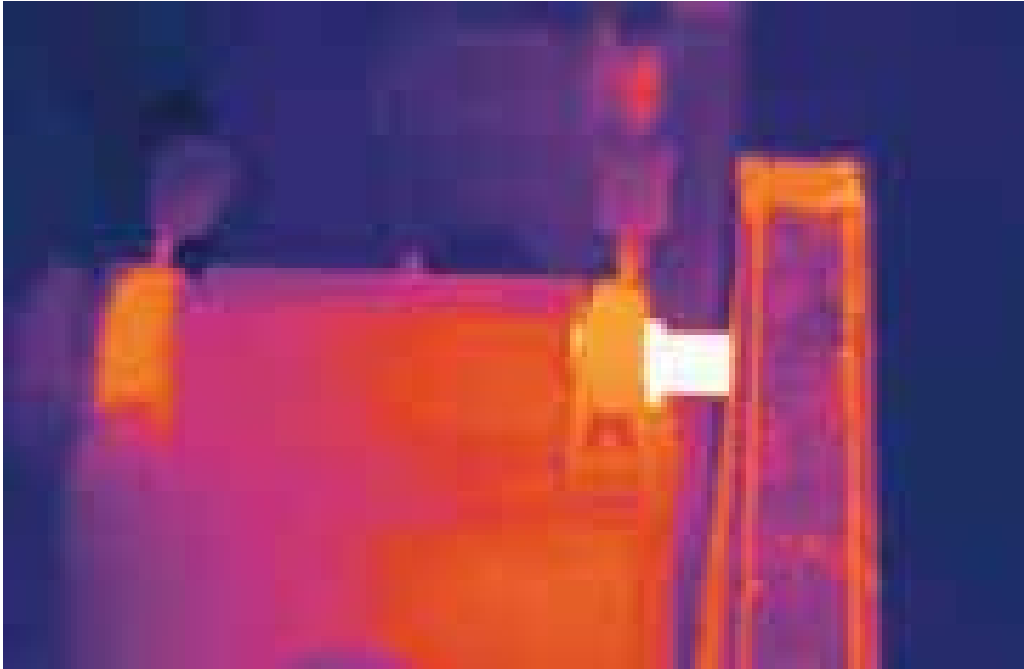
Mediante la implementación de esta técnica es posible detectar, sin tener contacto físico alguno con el equipo a analizar cualquier falla que se manifieste mediante la emisión de calor a través de medir los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo que nos es más que la escala usada para medir radiación de cualquier forma de energía.

Figura # 12 Espectro infrarrojo



Fuente: <http://www.google.com.co>

Figura # 13 Rodamiento recalentado



Fuente: <http://www.google.com.co>

En el ámbito del mantenimiento actual la termografía es una gran herramienta para los ingenieros de mantenimiento que permite detectar las variaciones de calor por muy pequeñas que sean, en general una falla electro mecánica antes de producirse se manifiesta generando un intercambio de calor, el calor se traduce habitualmente en una elevación de temperatura, la cual puede traducirse de muchas formas.

El empleo de la termografía tiene como ventajas: la disminución de las interrupciones en los procesos productivos y se controla la integridad del sistema que los alimenta y protege. El ahorro final depende del intervalo de tiempo en que se realice el mantenimiento predictivo.

Localización exacta y con suficiente antelación de los potenciales problemas mediante el incremento de temperatura Inmediatamente después de realizar el

mantenimiento predictivo ya se puede organizar la solución a los problemas detectados.

Disminución de las actuaciones de mantenimiento tradicional: las anomalías se predicen con suficiente antelación para que sean reparadas y no se llegue a producir una avería que supondría un considerable tiempo de reparación.

Disminución de las actuaciones de mantenimiento tradicional: las anomalías se predicen con suficiente antelación para que sean reparadas y no se llegue a producir una avería que supondría un considerable tiempo de reparación.

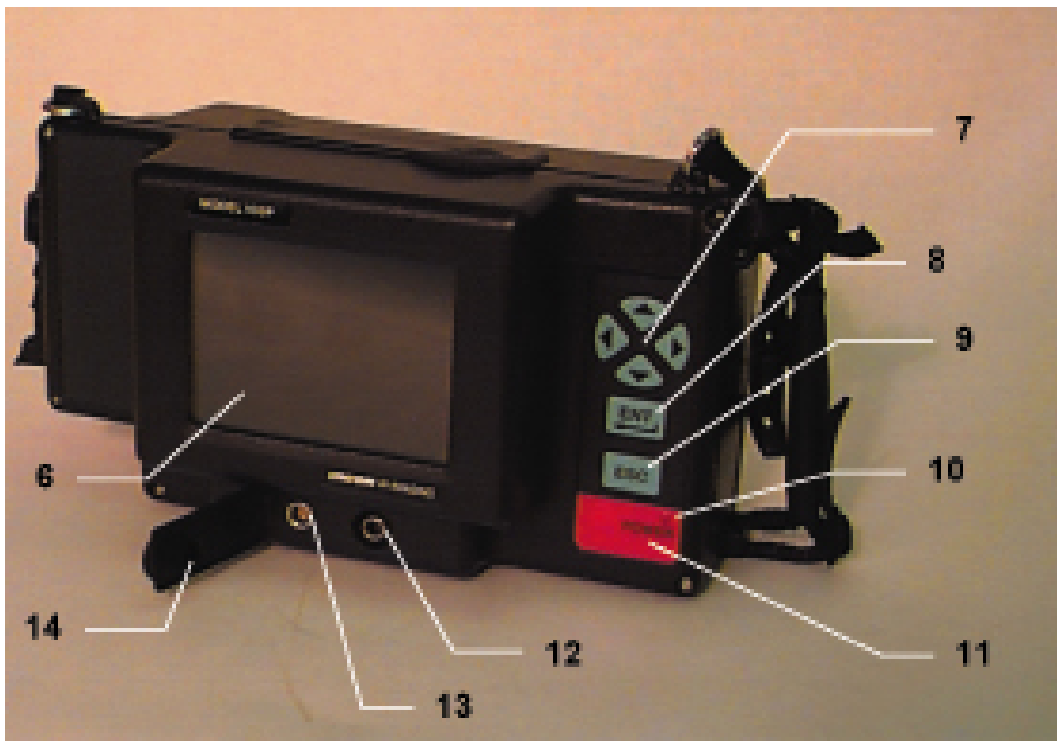
Se consigue una disminución del consumo de los equipos de calefacción/refrigeración actuando sobre las causas que originan pérdidas de frío o de calor. Se consigue, por tanto, un ahorro económico y un menor impacto sobre el medio ambiente.

Para las inspecciones termograficas se emplea cámaras especiales estas registran la intensidad de la radiación en la zona infrarroja del espectro electromagnético y la convierte en una imagen visible.

Figura # 14 Cámara termografía



Figura # 15 Cámara termografía



Fuente: <http://www.google.com.co>

1. Lente
2. Botón de Control
3. Botón Expulsión Tarjeta
4. Tarjeta de Memoria PCMCIA
5. Batería
6. Pantalla de 4"
7. Botones del Cursor
8. Botón de Entrar
9. Botón de Escape
10. Led de Encendido
11. Interruptor On / Off

- 12. Conector de Video
- 13. Conector Serial RS232
- 14. Protector Anti polvo

2.3 MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM).

El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM como se conoce en ingles es una metodología utilizada para asegurar que cualquier equipo continúe funcional en el tiempo.¹⁰

2.3.1 HISTORIA DEL RCM.

El mantenimiento ha tenido una evolución a través de la historia la cual podemos dividir en tres generaciones, la primera generación cubre un periodo entre la primera y la segunda guerra mundial, en esta época las maquinas eran sencillas y no se precisaba de personal calificado y avanzadas técnicas de mantenimiento para su conservación, se podría decir que el modo de trabajar con las maquinas era llevarlas a falla y después reemplazarlas.

Con el inicio de la segunda guerra mundial las cosas cambiaron drásticamente las necesidades de tener fábricas más productivas se incrementaron, se desarrollo la aviación para fines bélicos y esto llevo a mejorar las técnicas de mantenimiento empleado, para los años sesenta se entra en la idea de que las fallas se podían y se debían prevenir lo que dio como resultado el concepto de mantenimiento programado, lo que se basaba en la revisión de las maquinas a intervalos fijos de tiempo.

La tercera generación se desprende de los años setenta donde se cambia la forma de pensar en las industrias y se empieza hablar de productos de calidad y seguridad y que para tener estos productos de calidad hay que tener maquinas en buenas condiciones de operación, entre las primeras industrias en empezar a utilizar conceptos nuevos de mantenimiento se encuentra la aviación comercial en 1978 la aviación comercial de los Estados unidos publico un estudio sobre

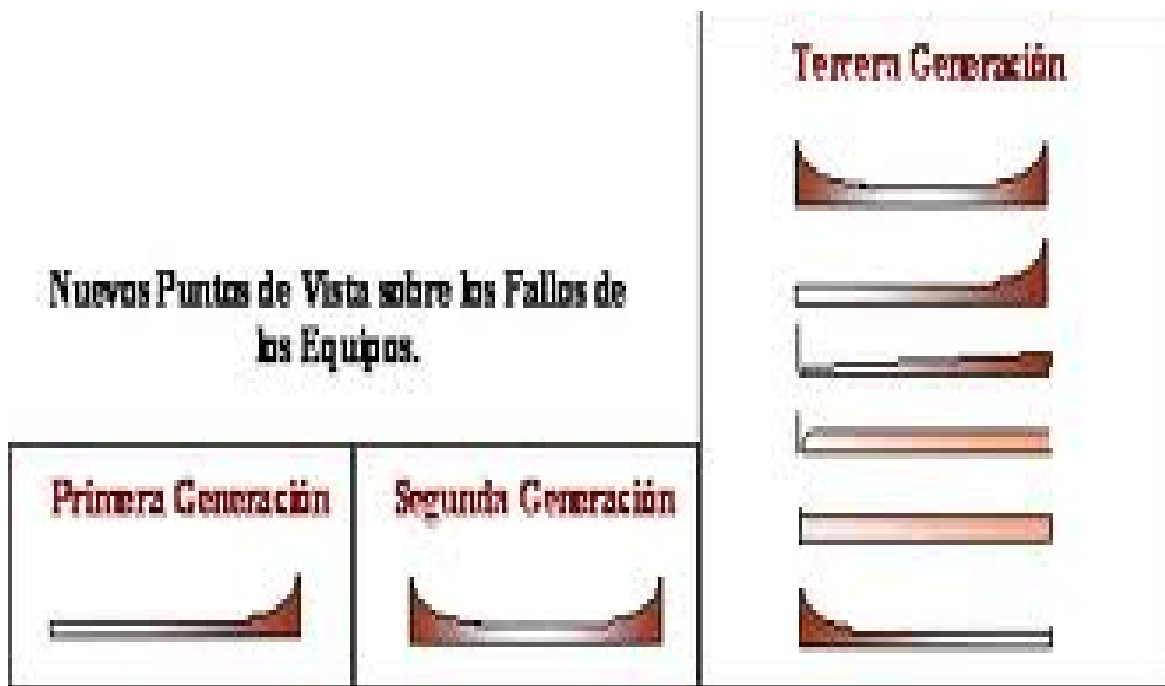
¹⁰ MOUBRAY Jhon. RCMII Reliability – Center Maintenance. New York: Industrial Press Inc. 1997. 7p

patrones de falla en los componentes de los aviones, cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenían en mantenimiento.

Con el punto de vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidad de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la segunda generación llevó a la creencia general de la "curva de la bañera".

En la actualidad se revela que no hay ocurrencia de un solo modelo de falla sino de seis diferentes

Figura # 16 Modelos de fallas a través de la historia



Fuente: Reliability-Center Maintenance RCM II, Jhon Moubray

Como se puede notar en la tercera generación las curvas muestran diferentes tipos de fallas, como se muestra en la figura # la probabilidad condicional de falla con relación a la edad operacional para una variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

El modelo A es conocido como la curva de la bañera, en la grafica se nota una gran probabilidad de falla infantil, luego hay un largo periodo de asentamiento y

luego entra en el periodo de desgaste donde la posibilidad de falla vuelve a incrementarse de manera gradual.

El modelo B este muestra una posibilidad constante de falla desde el arranque del componente para luego entrar en un periodo de desgaste donde la posibilidad de falla de incrementa significativamente.

El modelo C en este modelo la probabilidad de falla es ligeramente ascendente desde el inicio de su operación, en esta grafica no hay una zona de desgaste definida del equipo.

Modelo D en esta grafica se observa una muy baja probabilidad de falla al inicio de la vida de operación del equipo, luego presenta un ligero incremento en la posibilidad de falla, acá tampoco se logra observar una zona de desgaste definida.

Modelo E en este modelo la probabilidad de falla es constante en todo el periodo de operación de los equipos desde que inicia por primera.

Modelo F en este modelo plantea una probabilidad de falla infantil muy alta luego cae a una probabilidad constante o que haciende muy lentamente.

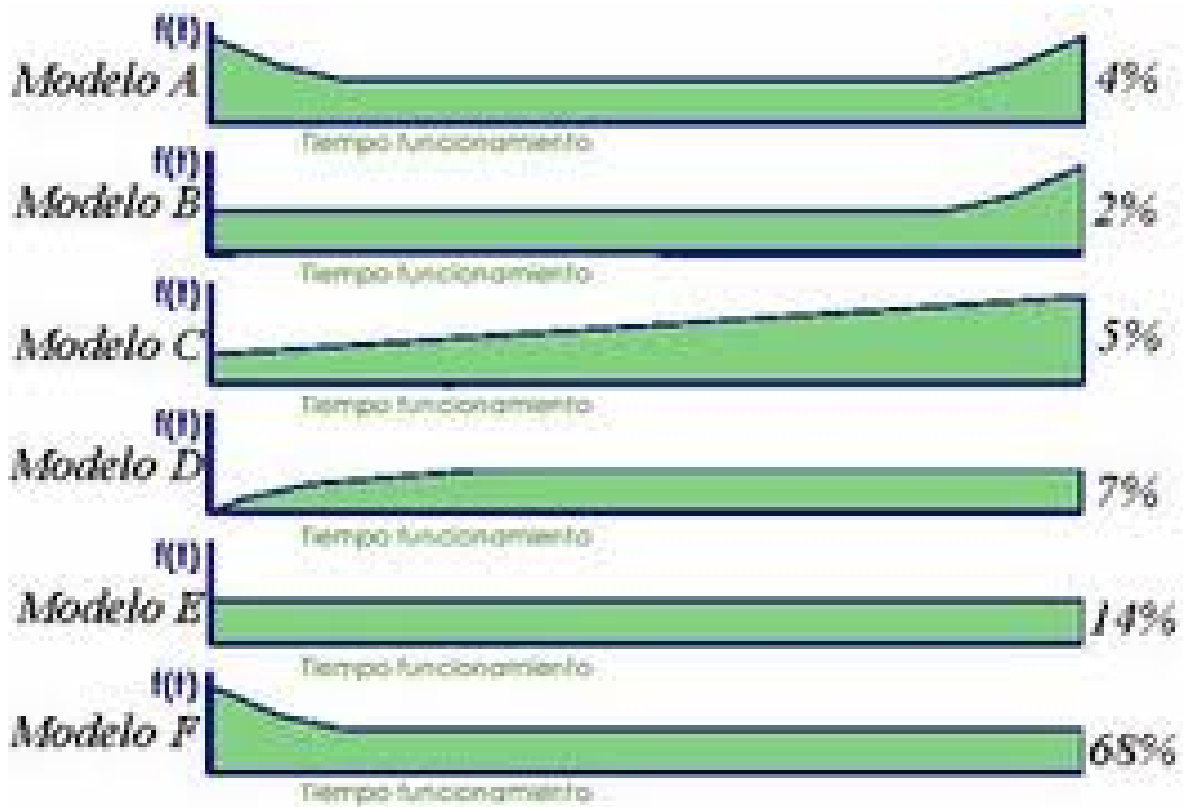
Los primeros en implementar estos modelos de falla como se dijo anteriormente fue la industria aeronáutica, los estudios hechos por la aviación civil arrojaron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2 % con el B, el 5% con el C, el 7 % con el D, el 14% con el E y el 68 % con el F.

En general los modelos de fallas dependen de la complejidad de los elementos, a medida que estos son más complejos encontramos cada vez mas modelos E y F.

Con la incursión de las estadísticas en los modelos de mantenimiento se dio el paso al mantenimiento centrado en la confiabilidad, se empezó a realizar análisis del comportamiento de las fallas en los diferentes componentes de los equipos para tener una mejor idea que por que se producen y más importante aun cuando pueden producirse las posibles fallas de los equipos, luego con la implementación de software de mantenimiento se afianzo en las grandes industrias el modelo de RCM ya que se logro llevar las historias de los equipos de una forma mas organizada y de fácil acceso a todo el personal interesado en ella. ¹¹

¹¹ IBID. 12 – 13 p

Figura # 17 Patrones e falla industria aeronáutica



Fuente: Reliability-Center Maintenance RCM II, Jhon Moubray

2.3.2 SIETE PREGUNTAS DEL RCM.

El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM como se conoce en ingles es una metodología utilizada para asegurar que cualquier equipo continúe funcional en el tiempo. Esto mediante el análisis histórico de ciertos parámetros desarrollado atreves de un proceso lógico que se ha formulado en 7 preguntas básicas.

1. Cuáles son las funciones o los parámetros de funcionamientos asociados con el equipo
2. De qué manera falla en el desarrollo de sus funciones
- 3.Cuál es la causa de cada falla funcional
4. Que sucede cuando ocurre cada falla.
5. Cual es grado de importancia de cada falla
6. Que se debe hacer para prevenir o predecir cada falla

7. Que debe hacerse si no se encuentra una tarea adecuada para dicha falla. Bajo este esquema se busca determinar con anticipación cualquier posible falla y hacer más preciso los mantenimientos preventivos que se realicen.¹²

2.3.3 ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

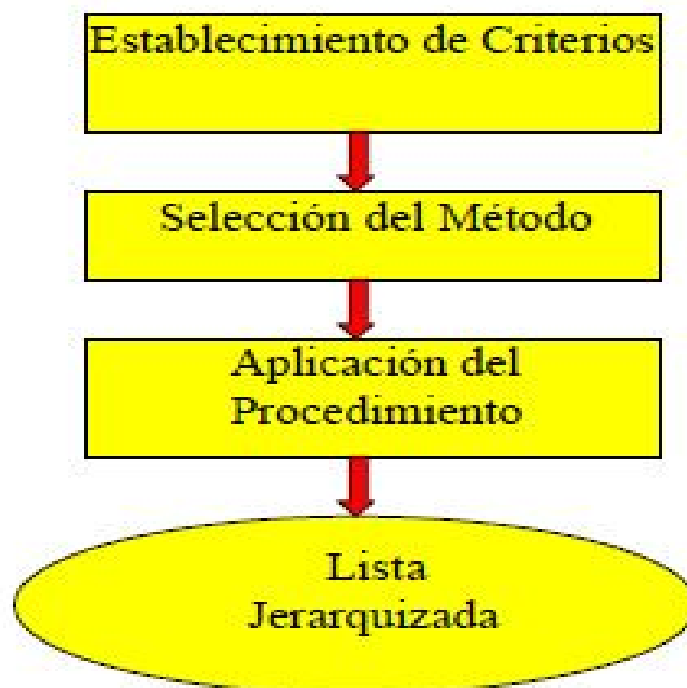
Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

¹² IBID. 7 p

Un modelo básico de análisis de criticidad, es equivalente al mostrado en la figura. El establecimiento de criterios se basa en los seis (6) criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

Figura # 18 Modelo e análisis básico de criticidad



Fuente: [www.confiableidad .net](http://www.confiableidad.net)

2.3.4 FUNCIONES DE LOS EQUIPOS.

Las funciones de los equipos, son los estándares que el ingeniero de operaciones espera que este cumpla cuando entre en funcionamiento, en el RCM definir las funciones básicas de operación es de vital importancia porque de esta manera se comienza a dar respuesta a la primera de las siete preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad, las funciones básicas de los equipos se puede dividir en dos categorías:

Funciones primarias, estas son fáciles de reconocer, esta es la razón de ser del equipo.

Funciones secundarias, estas son funciones adicionales que cumplen los equipos, estas se dividen en siete categorías.

1. Ecológica – integridad ambiental
2. Seguridad – integridad estructural
3. Confort
4. Apariencia
5. Eficiencia y economía
6. Funciones superfluas u otros.

2.3.5 FALLAS FUNCIONALES.

Estas son las fallas que cuando ocurren dejan a los equipos incapacitados para cumplir las tareas para las que se tiene programados o se consideran aceptables, las fallas funcionales se pueden dividir en: fallas totales o parciales, fallas de límites superiores o inferiores, fallas en instrumentos de medición o de indicadores y fallas según su operación.¹³

2.3.6 ANALISIS DE MODOS DE FALLAS.

Una vez identificadas las posibles fallas se procede a realizar un análisis de las mismas para identificar las posibles causas de estas, las cuales pueden ser por deterioro, errores humanos o por errores de diseño, teniendo esto en cuenta los modos de falla se pueden clasificar en tres grandes grupos.

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado, las cinco causas principales de esta pérdida de capacidad son:
 1. Deterioro
 2. Fallas de lubricación
 3. Polvo o suciedad
 4. Desarme
 5. Errores humanos

¹³ IBID. 50 p

- Cuando el funcionamiento deseado se eleva por encima de la capacidad inicial, este se presente cuando hay una sobrecarga ya sea deliberada o no de la capacidad del equipo cuando es puesto en servicio, esto hace que el activo falle de una de estas dos maneras.
 1. El funcionamiento deseado aumenta hasta que el equipo no puede responder a el
 2. El aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta el punto que se pierde la confiabilidad del equipo y este deja de ser útil
- Cuando desde su arranque el equipo no puede cumplir con las expectativas de funcionamiento que se esperan de él, generalmente este es un problema de diseño aunque es muy poco usual.

2.3.7 EFECTOS DE FALLAS.

Este es el hecho que sucede al producirse la falla, es decir lo que ocurre cuando sucede la falla, en los efectos de falla se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La evidencia de que produjo la falla
- Las maneras en que la falla es una amenaza para el medio ambiente o la seguridad
- La forma en que la falla afecta la producción
- Los daños físicos causados por estas
- Que debe hacerse para reparar dicha falla

2.3.8 CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.

Aquí se plantea de que manera afecta cada falla a la organización ya sea que afecten la producción, la calidad del producto, la integridad o seguridad del personal o al medio ambiente, con todo esto como referencia se establece que las consecuencias de fallas se dividen en cuatro grupos: consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales.

2.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO.

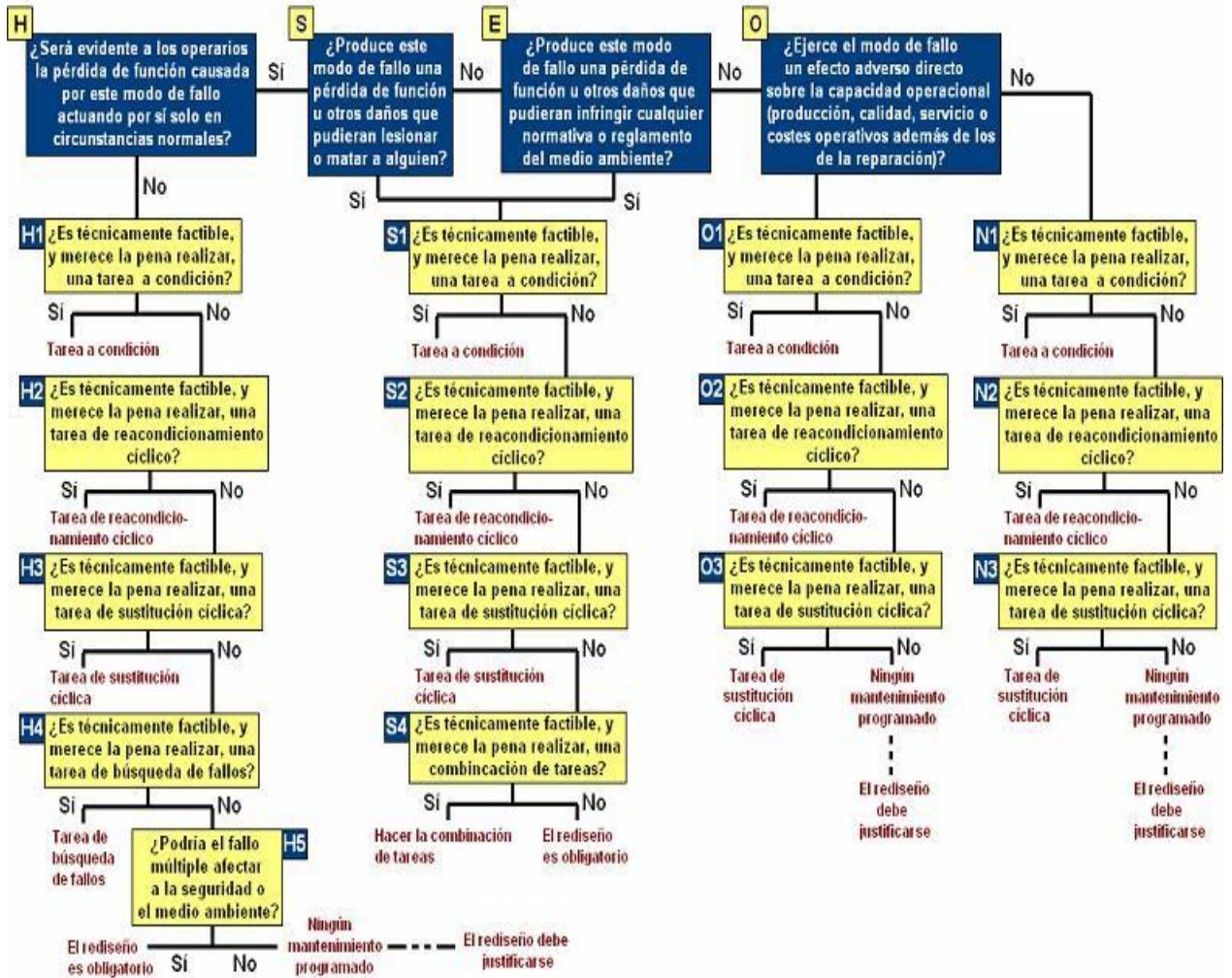
En este punto se da respuesta a las dos últimas preguntas básicas del RCM, ¿Que se debe hacer para prevenir o predecir cada falla? Y ¿Que debe hacerse si no se encuentra una tarea adecuada para dicha falla?, aquí determinaremos que acciones vamos a tomar con respecto a las fallas analizadas, estas acciones pueden dividirse en dos:

- Acciones proactivas: estas son las tareas que se llevan a cabo antes de que se presente la falla, son los programas comúnmente conocidos como mantenimientos preventivos y predictivos.
- Acciones a falta de: estas son las acciones tomados cuando atreves del los mantenimientos preventivos o predictivos no se puede encontrar una tarea efectiva para la eliminación de la falla es cuando surgen las opciones de rediseño, trabajo a rotura

Se dice que si una tarea proactiva reduce o elimina las consecuencias de la falla se puede determinar que es técnicamente factible.¹

Conociendo las fallas funcionales, los análisis de modos de fallas, los efectos y consecuencias de las fallas podemos determinar cuan es la mejor acción a tomar , si se va a realizar mantenimiento predictivos, se va a correr a falla o se programa el equipos para un rediseño, este tipo de acciones en RCM se toman ayudándonos del diagrama de decisiones del RCM y de esta forma determinamos de una manera más segura cuales son las tareas más adecuadas y el programa de mantenimiento que se debe tener para los equipos de la planta.

Figura # 19 Diagrama de decisiones del RCM



Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray

2.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.

En el transporte de carga fluvial por el río Magdalena tener una flota en óptimas condiciones es de vital importancia para el negocio y considerando que las condiciones ambientales afectan directamente el estado de la flota es importante manejar un buen programa de mantenimiento que tenga fuertes criterios de medición para asegurar que las actividades de mantenimiento que se realizan cumplen con altos estándares de calidad, teniendo esto en cuenta las mediciones que deben llevarse a cabo son:

Tiempo promedio entre paradas (Mean Time To Time between Shutdown MTBS).
Tiempo promedio para reparar (Mean Time To Repair MTTR). Disponibilidad de remolcadores (Availability of tugboats).

2.5.1 TIEMPO PROMEDIO ENTRE PARADAS.

Este indicador es de gran importancia ya que nos da una medida de la frecuencia de una falla, este se expresa en las horas de operación dividida entre el número de horas de parada del equipo.

$$\text{MTBS (horas)} = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero de fallas}}$$

Las horas de operación de los remolcadores se obtienen de los informes suministrados por los maquinistas de los remolcadores a la gerencia de mantenimiento y el número de fallas se obtiene del historial de órdenes de trabajo de los equipos.

2.5.2 TIEMPO PROMEDIO PARA REPARACIONES.

En este indicador se mide el tiempo que dura la reparación, este incluye el tiempo para analizar y diagnosticar, conseguir y cualquier otro imprevisto que surja durante la reparación repuestos definido como el tiempo muerto por reparación o de baja por reparación del equipo dividido entre el número de fallas.

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{Tiempo total de la reparación}}{\text{Numero de fallas}}$$

2.5.3 DISPONIBILIDAD DE REMOLCADORES.

Con este indicado se mide la capacidad de los remolcadores de estar a deposición para operaciones en el momento en que ellos lo requieran, este es más conocido como la disponibilidad operacional de los remolcadores, este se obtiene dividiendo la disponibilidad real en días entre la disponibilidad total (días al año)

$$X = \left(\frac{A}{B} \right) * 100$$

A = Disponibilidad real en días

B = Disponibilidad total en días

X = Disponibilidad de remolcadores

3. RECOPIACION Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

3.1 EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL.

En la actualidad el tipo de mantenimiento que se está aplicando a los equipos instalados en los remolcadores es un mantenimiento basado en el tiempo de operación de los mismos, a algunos de estos equipos se le realizan análisis de vibraciones y análisis de aceite los cuales la mayoría del tiempo solo se toman sin hacer un análisis confanzudo de los resultados para tomar decisiones basados en estos pruebas, este tipo de mantenimiento se acerca bastante al mantenimiento basado en condición pero sin llegar a serlo, para saber con exactitud en que punto se encuentra actualmente el programa de mantenimiento de la empresa se aplicara la Matriz De La Excelencia Del Mantenimiento que es una gran herramienta para diagnosticar de manera grafica y cuantitativa el estado actual de un programa de mantenimiento, con este método se busca determinar las fortalezas y las debilidades del programa que se emplea actualmente en la Naviera Fluvial Colombiana.

3.1.2 PROCESOS EVALUADOS.

- Estrategias de mantenimiento
- Administración y organización
- Planeación y programación
- Técnicas de mantenimiento
- Indicadores de desempeño
- Tecnología de información y uso
- Involucramiento de los empleados
- Análisis de confiabilidad
- Análisis de proceso
- Información sobre infraestructura y equipos

Tabla # 4 Evaluación cuantitativa de la matriz de la excelencia de mantenimiento

Niveles de clasificación	
Entre 0 y 10	Mantenimiento inocente
Entre 10 y 20	Mantenimiento insatisfactorio
Entre 20 y 60	Mantenimiento conciente
Entre 60 y 80	Mantenimiento de lo mejor en su clase
Entre 80 y 100	Mantenimiento clase mundial

Tabla # 5 Calificación de la evaluación del la matriz de la excelencia de mantenimiento

Puntaje de la evaluación
1.00 = Efectivamente implementado en todas las operaciones
0.75 = Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones
0.50 = Efectivamente implementado en algunas de las operaciones
0.25 = Efectivamente implementado en solo una operación
0.00 = No implementado

3.1.3 RESULTADO DE LA EVALUACION

3.1.3.1 ESTRATEGIA CORPORATIVA

Tabla #6 Resultado de la evaluación estratégica corporativa

1	Estrategia corporativa	Puntaje max	Evaluable (x)	Puntaje Auto evaluacion	Puntaje Ponderado Auto evaluacion
1.1	Estrategia corporativa gestion de activos	4	X	0,00	0,00
1.2	Plan de mejoramiento a largo plazo	3	X	0,00	0,00
1.3	plan estrategico de mejoramiento a un año	2	X	0,50	1,00
1.4	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	1	X	0,50	0,50
1.5	Mantenimientos reactivos (run to fail)	0	X	1,00	0,00
Sub Total		10			1,50

3.1.3.2 ADMINISTRACION Y ORGANIZACIÓN

Tabla # 7 Resultado de la evaluación de la administración y organización

2	Administracion y organización	Puntaje max	Evaluable (x)	Puntaje Auto evaluacion	Puntaje Ponderado Auto evaluacion
2.1	Organización de alto desempeño	4	X	0,00	0,00
2.2	Administracion y organización de mantenimiento ampliada (integrada) con proveedores de bienes y servicios externos	3	X	0,00	0,00
2.3	Estructura organizacional de mantenimiento integrada con logistica financiera, recurso humano, gerencia y demas areas de la compañía	2	X	0,00	0,00
2.4	Mantenimiento organizado como respuesta a la necesidad operativa del proceso productivo principal	1	X	1,00	1,00
2.5	Organización y administracion fundamental	0	X	1,00	0,00
Sub Total		10			1,00

3.1.3.3 PLANEACION Y PROGRAMACION

Tabla # 8 Resultado de la evaluación de la planeación y programación

3	Planeacion y programacion	puntaje max	Evaluable (x)	puntaje Auto evaluacion	puntaje ponderado Auto evaluacion
3.1	Ingenieria de mantenimiento y planeacion a largo plazo (3 años minimo)	4	X	0,50	2,00
3.2	Buena planeacion del trabajo, planeacion y soporte de ingenieria de mantenimiento implementado (preventivos con base en RCM, Analisis de falla, soporte tecnico)	3	X	0,00	0
3.3	Grupos de planeacion o ingenieria establecidos formalmente	2	X	0,00	0
3.4	Soportes para deteccion de fallas y programacion elemental (no balanceo y programacion no profunda)	1	X	0,00	0
3.5	No planeacion. La programacion es elemental y no existe la ingenieria de mantenimiento	0	X	0,00	0
Sub Total		10			2,00

3.1.3.4 TECNICAS DE MANTENIMIENTO

Tabla # 9 Resultado de la evaluación de las técnicas de mantenimiento

4	Técnicas de mantenimiento	puntaje max	Evaluable (x)	puntaje Auto evaluación	puntaje ponderado Auto evaluación
4.1	Todas las tácticas derivadas de un análisis estructurado CBM formal y dando resultados, PPMs con base en RCM/PMO	4	X	0,00	0,00
4.2	inspecciones basada en riesgos	3	X	0,00	0,00
4.3	Algo de CBM, algo de NDT y RBI	2	X	0,50	1,00
4.4	Inspecciones basadas en tiempo	1	X	1,00	1,00
4.5	Paradas anuales de inspección únicamente	0	X	0,00	0,00
	Sub total	10			2,00

3.1.3.5 MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Tabla # 10 Resultado de la evaluación de las medidas de desempeño

5	Medidas de desempeño	puntaje max	Evaluable (x)	puntaje Auto evaluación	puntaje ponderado Auto evaluación
5.1	Calculo de efectividad de equipos y de planta, benchmarking y excelente base de datos de costo implementada	4	X	0,00	0,00
5.2	MTBF/MTTR disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento muy estructurados gestionados	3	X	0,00	0,00
5.3	Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla, costos de mantenimiento disponibles	2	X	0,00	0,00
5.4	Algunos registros de falla y costos de mantenimiento no segregados	1	X	1,00	1,00
5.5	Ninguna aproximación sistemática a costos de mantenimiento y fallas de equipos	0	X	0,00	0,00
	Sub Total	10			1,00

3.1.3.6 TECNOLOGIA DE LA INFORMACION Y USO

Tabla # 11 Resultado de la evaluación de la tecnología de la información y uso

6	Tecnología de la información y su uso	puntaje max	Evaluable (x)	puntaje Auto evaluación	puntaje ponderado Auto evaluación
6.1	Base de datos totalmente ingresadas	4	X	0,00	0
6.2	CMMS- ERP convencional ligado a financiero y materiales	3	X	0,50	1,5
6.3	CMMS- ERP convencional no ligado a otros paquetes y dando resultados	2	X	1,00	2
6.4	Algunos programas y registros de repuestos	1	X	1,00	1
6.5	Manual y registro ad hoc	0	X	1,00	0
	Sub Total	10			4,5

3.1.3.7 INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS

Tabla # 12 Resultado de la evaluación de el involucramiento de los empleados

7	Involucramiento de los empleados	puntaje max	Evaluado (x)	puntaje Auto evaluacion	puntaje ponderado Auto evaluacion
7.1	Equipos de trabajos autonomos	4	X	0,00	0
7.2	Equipos de mejoramiento continuo formalmente creados y funcionando	3	X	0,00	0
7.3	Comites de mejoramiento ad hoc	2	X	0,00	0
7.4	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	1	X	1,00	1
7.5	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales	0	X	1,00	0
	Sub Total	10			1

3.1.3.8 ANALISIS DE CONFIABILIDAD

Tabla # 13 Resultado de la evaluación del análisis de confiabilidad

8	Analisis de confiabilidad	puntaje max	Evaluado (x)	puntaje Auto evaluacion	puntaje ponderado Auto evaluacion
8.1	Programa total de confiabilidad (prediccion y ajuste de estrategias de mantenimiento con base en estudios de confiabilidad)	4	X	0,00	0,00
8.2	Modelamiento de confiabilidad	3	X	0,00	0,00
8.3	Buena base de datos de falla, en uso y utilizacion de RCFA / PFMEA	2	X	0,00	0,00
8.4	Registro de fallas poco usados	1	X	1,00	1,00
8.5	No existe registro estructurado de fallas	0	X	1,00	0,00
	Sub Total	10			1,00

3.1.3.9 ANALISIS DE PROCESO

Tabla # 14 Resultado de la evaluación del análisis de proceso

9	Analisis de procesos	puntaje max	Evaluado (x)	puntaje Auto evaluacion	puntaje ponderado Auto evaluacion
9.1	Revision regular de los procesos de costos, tiempos y calidad. (tipo de certificacion ISO 9000 de los procesos de mantenimiento)	4	X	0,00	0,00
9.2	Algunas revisiones de los procesos administrativos de mantenimiento (estrategicos, tacticos y operativos)	3	X	0,25	0,75
9.3	Revisiones periodicas de procesos o procedimientos tecnicos y documentacion de los procesos administrativos	2	X	0,00	0,00
9.4	Procesos tecnicos (procedimientos) revisados por lo menos una vez	1	X	1,00	1,00
9.5	Procedimiento tecnicos y procesos administrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados (verbales o de conocimiento individual)	0	X	0,00	0,00
	Sub Total	10			1,75

3.1.3.10 INFORMACION SOBRE LA INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES

Tabla # 15 Resultado de la evaluación de la información sobre la infraestructura e instalaciones

10	Informacion sobre infraestructura e instalaciones	puntaje max	Evaluado (x)	puntaje Auto evaluacion	puntaje ponderado Auto evaluacion
10.1	Existe una unica fuente de informacion que contiene toda la infraestructura de equipos, componentes y las diferentes gerarquias necesarias para realizar la gestion de mantenimiento (si existen varias fuentes estan debidamente comunicadas via interfase)	4	X	1,00	4,00
10.2	La infraestructura de equipos y componentes esta debidamente estandarizada en las diferentes bases de datos con ayuda de las cueles se realiza la gestion del mantenimiento	3	X	1,00	3,00
10.3	Infraestructura gerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestion administrativa y tecnica	2	X	1,00	2,00
10.4	Se dispone de la infraestructura de equipos y componente debidamente estructurada en algun medio magnetico	1	X	1,00	1,00
10.5	No existe ningun registro de la infraestructura de equipos y componentes	0	X	1,00	0,00
Sub Total		10			10,00

3.1.4 RESULTADO DE LA EVALUACION

Tabla # 16 Resultado de la evaluación de la situación actual del programa de mantenimiento

TOTAL EVALUACION	100	X	25,75
-------------------------	------------	----------	--------------

Diagnostico de la situacion actual del programa de mantenimiento de Naviera Fluvial Colombiana S.A	Mantenimiento consiente
---	--------------------------------

Clase	Estrategia de mantenimiento	Administración y organización	Planeación y programación	Técnicas de mantenimiento	Medidas de desempeño	Tecnología de la información y uso	Involucramiento de los empleados	Análisis de confiabilidad	Análisis de procesos	Información sobre infraestructura e instalaciones
Clase mundo	Estrategia corporativa gestion de activos	Organización de alto desempeño	Ingeniería de mantenimiento y planeación a largo plazo mínimo 2 años	Todas las técnicas derivadas de un análisis estructural	Disponibilidad de equipos breakdown y excelente base de datos de costos	Dases de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo autónomos	Programa total de confiabilidad predicción y ajuste de estrategias de mantenimiento con base en estudios	Revisión regular de los procesos de costos, tiempos y calidad. Tipo de certificación ISO 9000 en alto	Cóbre una única fuente de información que contiene toda la infraestructura necesaria para la gestión de este
de lo mejor de su clase	Plan de mejoramiento a largo plazo	Administración y organización de mantenimiento ampliada con procedimientos de planes	Buena planeación y programación del trabajo y soporte de ingeniería de mantenimiento	CEM formal y datos resultados PPM con base en RCN inspecciones basadas en riesgo	MTBF/MTTR disponibilidad y costos de mantenimiento muy estructurados	CMMS y ERP conversacional ligeros a finanzas y materiales	Equipos de mejoramiento con base en estudios	Modelamiento de confiabilidad	Algunas revisiones a los procesos administrativos de este y operaciones	La infraestructura de equipos y componentes esta debidamente estandarizada en las diferentes bases de datos para este
Concreta	plan estrategico de mejoramiento a un año	Estructura organizacional de mantenimiento integrada con las demás areas de la compañía	Comite de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos	Algo de CDM y algo de MCI	Tiempos de parada con modo causa y elementos de falla, costos de mantenimiento disponibles	CMMS y ERP conversacional no ligado a otros pagares y datos resultados	Comites de mejoramiento ad hoc	Densa base de datos de falla en uso y utilizando RCFA / PPM/SA	Revisión periódica de los procesos o procedimientos revisados y documentación de los procesos administrativos	Infraestructura gerarquizada y clasificada de manera que permita realizar la gestión de este
Infraestructura	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	Mantenimiento integrado con operaciones	Soporte para detección de fallas y programacion	Inspecciones basadas en tiempo	Algunos registros de falla y costos de mantenimiento no estructurados	Algunos programas de registros y reportes	Algunas revisiones de mejoramiento en seguridad	Registros de falla poco actuales	Procesos técnicos y procedimientos revisados por lo menos una vez	Se dispone de la estructura de equipos y componentes debidamente estandarizada en medio magnetico
Insuficiente	Mantenimientos reactivos (run to fail)	Administración y organización funcional	No planeación, programación elemental de este ingeniería de mantenimiento	Pausas anuales de inspección única	ninguna optimización sistematiza e costos de mantenimiento	Manual y registro ad hoc	Solo revisiones con el personal para temas laborales o sociales	No existe registro estructurado de falla	Procesos técnicos y procedimientos administrativos de alto no documentados y nunca revisados	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes

3.2 RESULTADO DE LA EVALUACION DEL PROBLEMA.

La empresa Naviera Fluvial Colombiana S.A se encuentra en un nivel de mantenimiento inocente, pero consciente de sus fortalezas y debilidades, en la actualidad se cuenta con un programa de mantenimiento enfocado al correctivo y solo predictivo para un equipo específico. Los esfuerzos del departamento de mantenimiento deben estar enfocados en la mejora sustancial del proceso, como la implementación de un programa de mantenimiento basado en condición, mejorar el historial de registro de fallas, realizar análisis causa raíz, mejorar en la utilización del CMMS que posee en la actualidad, incluir como indicadores de mantenimiento los tiempos medios entre falla y tiempos medio entre reparaciones.

3.2.1 FORTALEZAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

El departamento de mantenimiento de la empresa cuenta con un personal con gran experiencia en su oficio, con el apoyo de personal capacitado en los mandos medios y con buena información para las tareas que se lleven a cabo.

3.2.2 DEBILIDADES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

La principal debilidad del departamento de mantenimiento es la falta de un programa serio de mantenimiento predictivo, sumado a una deficiente planeación de los mantenimiento que se realizan en el momento, generalmente se incurren en muchos re trabajos, lo cual se refleja en los tiempos de reparación y en los costos de las mismas. A un que se realizan análisis de vibraciones y análisis de aceites usados estos estudios no son tomados seriamente para hacer un análisis preciso de las causas del problema o dicho de otra forma esta información no se utiliza para hacer un análisis de causa raíz de los fallos en los equipos.

3.2.3 ACCIONES DE MEJORA PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Para tener una mejora significativa en la vicepresidencia técnica y de ingeniería de la empresa es recomendable realizar las siguientes acciones.

- Mejorar el programa de planeación de trabajos y proyectos
- Realizar análisis de criticidad a los equipos de la empresa
- Realizar estudio de modos y efectos de falla
- Mejorar la información que se maneja con el software CMMS
- Creación de tareas predictivas para equipos críticos
- Creación de grupo interdisciplinario para analizar tareas de mantenimiento
- Implementación de programa de mantenimiento basados en confiabilidad

4. PROGRAMA DE MANTNEIMIENTO BASADO EN RCM

4.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS

Figura # 20 Remolcador Luis Fernando



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 17 Equipos instalados en el remolcador Luis Fernando

EQUIPOS DEL REMOLCADOR LUIS FERNANDO	
RLF-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RLF-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RLF-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RLF-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RLF-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RLF-BA-RH1	BOMBA DE REACHIQUE #1

RLF-BA-RH2	BOMBA DE REACHIQUE #2
RLF-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RLF-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RLF-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RLF-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RLF-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RLF-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RLF-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RLF-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RLF-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RLF-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RLF-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RLF-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RLF-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RLF-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RLF-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RLF-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RLF-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RLF-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RLF-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RLF-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RLF-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RLF-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RLF-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 21 Remolcador Humberto Muñoz R



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 18 Equipos instalados en el remolcador Humberto Muñoz R

REMOLCADOR HUMBERTO MUÑOZ	
RHZ-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RHZ-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RHZ-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RHZ-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RHZ-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RHZ-BA-RH1	BOMBA DE REACHIQUE #1
RHZ-BA-RH2	BOMBA DE REACHIQUE #2
RHZ-BA-ST1	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#1
RHZ-BA-ST2	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#2
RHZ-BA-ST3	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#3
RHZ-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RHZ-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RHZ-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RHZ-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1

RHZ-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RHZ-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RHZ-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RHZ-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RHZ-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RHZ-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RHZ-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RHZ-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RHZ-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RHZ-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RHZ-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RHZ-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RHZ-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RHZ-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RHZ-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RHZ-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RHZ-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RHZ-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RHZ-PROP	SISTEMA PROPULSOR
RHZ-WCH-BBR	WINCHE BABOR
RHZ-WCH-STB	WINCHE ESTRIBOR

Figura # 22 Remolcador Doña María



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 19 Equipos instalados en el remolcador Doña Maria

REMOLCADOR DOÑA MARIA	
RDM-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RDM-BAC-DI	BOMBA DE ACHIQUE DIESEL
RDM-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RDM-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RDM-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RDM-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RDM-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RDM-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RDM-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RDM-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RDM-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RDM-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RDM-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RDM-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RDM-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RDM-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RDM-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR

RDM-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RDM-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RDM-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RDM-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RDM-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RDM-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RDM-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RDM-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RDM-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RDM-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RDM-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RDM-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RDM-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 23 Remolcador Alfonso Montilla



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 20 Equipos instalados en el remolcador Alfonso Montilla

REMOLCADOR ALFONSO MONTILLA	
RAM-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RAM-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RAM-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RAM-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RAM-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RAM-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RAM-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RAM-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RAM-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RAM-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RAM-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RAM-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RAM-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RAM-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RAM-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RAM-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RAM-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RAM-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RAM-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RAM-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RAM-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RAM-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RAM-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RAM-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RAM-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RAM-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RAM-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RAM-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 24 Remolcador Catalina



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 21 Equipos instalados en el remolcador Catalina

REMOLCADOR CATALINA	
RCT-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RCT-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RCT-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RCT-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RCT-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RCT-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RCT-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RCT-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RCT-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RCT-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RCT-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RCT-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RCT-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RCT-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RCT-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RCT-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RCT-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RCT-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RCT-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1

RCT-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RCT-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RCT-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RCT-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RCT-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RCT-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RCT-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RCT-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RCT-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 25 Remolcador Cancharazo



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 22 Equipos instalados en el remolcador Cancharazo

REMOLCADOR CANCHARAZO	
RCZ-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RCZ-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RCZ-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RCZ-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RCZ-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RCZ-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RCZ-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RCZ-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RCZ-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RCZ-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RCZ-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RCZ-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RCZ-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RCZ-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RCZ-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RCZ-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RCZ-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RCZ-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RCZ-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RCZ-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RCZ-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RCZ-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RCZ-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RCZ-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RCZ-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RCZ-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RCZ-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RCZ-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 26 Remolcador Doña Leonor



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 23 Equipos instalados en el remolcador Doña Leonor

REMOLCADOR DOÑA LEONOR	
RDL-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RDL-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RDL-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RDL-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RDL-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RDL-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RDL-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RDL-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RDL-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RDL-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RDL-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RDL-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RDL-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RDL-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RDL-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RDL-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RDL-MP-CTO-BBR	MOTOR PROPULSOR CENTRO BABOR

RDL-MP-CTO-STB	MOTOR PROPULSOR CENTRO ESTRIBOR
RDL-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RDL-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RDL-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RDL-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RDL-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RDL-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RDL-RD-CTO-BBR	REDUCTOR DE CENTRO BABOR
RDL-RD-CTO-STB	REDUCTOR DE CENTRO ESTRIBOR
RDL-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RDL-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RDL-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RDL-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RDL-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 27 Remolcador Francisco Estrada



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 24 Equipos instalados en el remolcador Francisco Estrada

REMOLCADOR FRANCISCO ESTRADA	
RFE-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RFE-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RFE-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RFE-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RFE-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RFE-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RFE-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RFE-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RFE-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RFE-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RFE-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RFE-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RFE-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RFE-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RFE-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RFE-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RFE-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RFE-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RFE-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RFE-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RFE-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RFE-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RFE-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RFE-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RFE-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RFE-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RFE-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RFE-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RFE-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 28 Remolcador Galeras



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 25 Equipos instalados en el remolcador Galeras

REMOLCADOR GALERAS	
RGL-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RGL-BAC-DI	BOMBA DE ACHIQUE DIESEL
RGL-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RGL-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RGL-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RGL-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RGL-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RGL-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RGL-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RGL-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RGL-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RGL-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RGL-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RGL-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RGL-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RGL-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY

RGL-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RGL-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RGL-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RGL-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RGL-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RGL-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RGL-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RGL-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RGL-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RGL-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RGL-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RGL-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RGL-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RGL-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 29 Remolcador Sotara



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 26 Equipos instalados en el remolcador Sotara

REMOLCADOR SOTARA	
RST-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RST-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RST-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RST-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RST-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO
RST-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RST-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RST-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RST-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RST-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RST-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RST-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RST-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RST-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RST-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RST-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR
RST-MP-CTO-BBR	MOTOR PROPULSOR CENTRO BABOR
RST-MP-CTO-STB	MOTOR PROPULSOR CENTRO ESTRIBOR
RST-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RST-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RST-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RST-ST-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RST-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RST-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RST-RD-CTO-BBR	REDUCTOR DE CENTRO BABOR
RST-RD-CTO-STB	REDUCTOR DE CENTRO ESTRIBOR
RST-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RST-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RST-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RST-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RST-PROP	SISTEMA PROPULSOR

Figura # 30 Remolcador Toledo



Fuente: Naviera Fluvial Colombiana S.A

Tabla # 27 Equipos instalados en el remolcador Toledo

REMOLCADOR TOLEDO	
RTD-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO
RTD-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS
RTD-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM
RTD-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION
RTD-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE
RTD-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1
RTD-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2
RTD-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO
RTD-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1
RTD-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RTD-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2
RTD-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE
RTD-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE
RTD-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY
RTD-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR

RTD-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO
RTD-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR
RTD-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1
RTD-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1
RTD-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2
RTDPE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2
RTD-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR
RTD-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO
RTD-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR
RTD-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO
RTD-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO
RTD-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA
RTD-PROP	SISTEMA PROPULSOR

4.2 ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.

El análisis de criticidad es una herramienta que nos permite determinar cuáles son los equipos que en un momento dado afectan al proceso de forma severa si tienen un fallo que los incapacite ya sea parcial o totalmente.

Para este análisis se utiliza un método semicuantitativo muy simple.

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencia de fallas

Consecuencia = (Impacto operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto + Impacto en la seguridad y el medio ambiente

Tabla # 28 factores a ser evaluados en el análisis de criticidad

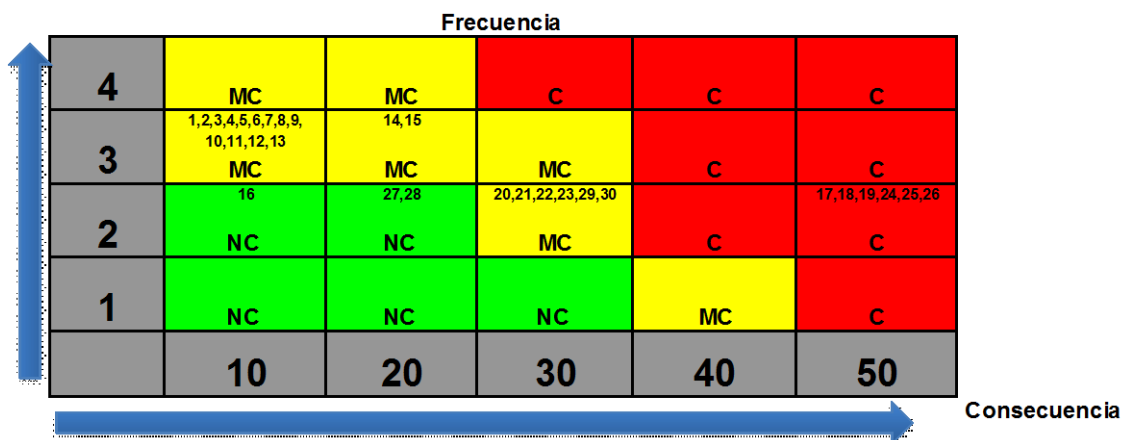
FACTORES PONDERADOS A SER EVALUADOS EN ANALISIS DE CRITICIDAD			
<u>Frecuencia de fallas</u>		<u>Costo de mtto</u>	
Pobre - mayor a dos fallas al años	4	Mayor o igual a 1.000.000	2
Promedio - de una a dos fallas al año	3	Menor a 1.000.000	1
Buena - de menos de 1 falla al año	2		
Exelente - cero fallas al año	1		
<u>Impacto en la operación</u>		<u>Impacto en la seguridad o el medio ambiente</u>	
Perdida total de la capacidad operatiba	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como internamente y requiere notificacion a entes externos a la organización	8
Parada del sistema influyendo en otros	7	Afecta al ambiente y a las instalaciones	7
Impacto en la calidad de la operación	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera efecto alguno en la operación	1	Provoca daños menores al ambiete o a la seguridad	3
		No provoca ningun daño a la seguridad humana o al medio ambiente	1
<u>Flexibilidad operacional</u>			
No existe opcion de operación y no hay funcion de repuesto	4		
Hay opcion de repuesto	2		
Repuesto disponible	1		

Remolcador Luis Fernando

Tabla # 29 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Luis Fernando

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RLF-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RLF-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RLF-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RLF-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RLF-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
6	RLF-BA-RH1	BOMBA DE REACHIQUE #1	3	1	2	1	1	4	12
7	RLF-BA-RH2	BOMBA DE REACHIQUE #2	3	1	2	1	1	4	12
8	RLF-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
9	RLF-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
10	RLF-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
11	RLF-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
12	RLF-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RLF-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
14	RLF-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
15	RLF-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
16	RLF-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
17	RLF-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	1	1	30	60
18	RLF-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	1	1	30	60
19	RLF-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	1	1	30	60
20	RLF-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RLF-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
22	RLF-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RLF-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
24	RLF-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	1	1	30	60
25	RLF-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	1	1	30	60
26	RLF-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	1	1	30	60
27	RLF-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
28	RLF-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
29	RLF-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	3	4	2	1	1	10	30
30	RLF-PROP	SISTEMA PROPULSOR	3	4	2	1	1	10	30

Tabla # 30 Matriz de criticidad remolcador Luis Fernando

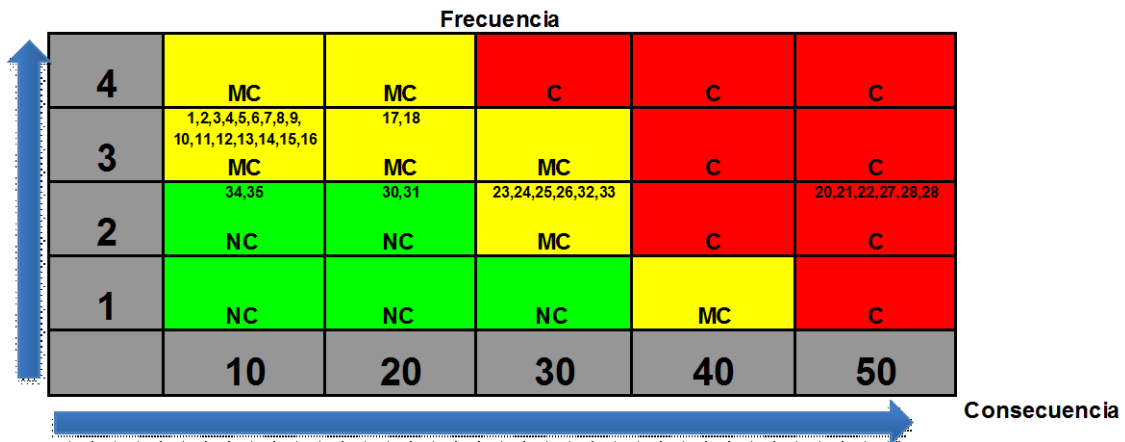


Remolcador Humberto Muños R

Tabla # 31 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Humberto Muñoz R

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RHZ-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RHZ-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RHZ-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RHZ-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RHZ-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
6	RHZ-BA-RH1	BOMBA DE REACHIQUE #1	3	1	2	1	1	4	12
7	RHZ-BA-RH2	BOMBA DE REACHIQUE #2	3	1	2	1	1	4	12
8	RHZ-BA-ST1	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#1	3	1	2	1	1	4	12
9	RHZ-BA-ST2	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#2	3	1	2	1	1	4	12
10	RHZ-BA-ST3	BOMBA DE REFRIGERACION STUFING BOX#3	3	1	2	1	1	4	12
11	RHZ-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
12	RHZ-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RHZ-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
14	RHZ-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
15	RHZ-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
16	RHZ-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
17	RHZ-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
18	RHZ-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
19	RHZ-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
20	RHZ-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
21	RHZ-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
22	RHZ-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
23	RHZ-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
24	RHZ-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
25	RHZ-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
26	RHZ-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
27	RHZ-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
28	RHZ-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
29	RHZ-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
30	RHZ-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
31	RHZ-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
32	RHZ-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
33	RHZ-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36
34	RHZ-WCH-BBR	WINCHE BABOR	2	1	2	1	1	4	8
35	RHZ-WCH-STB	WINCHE ESTRIBOR	2	1	2	1	1	4	8

Tabla # 32 Matriz de criticidad remolcador Humberto Muñoz R

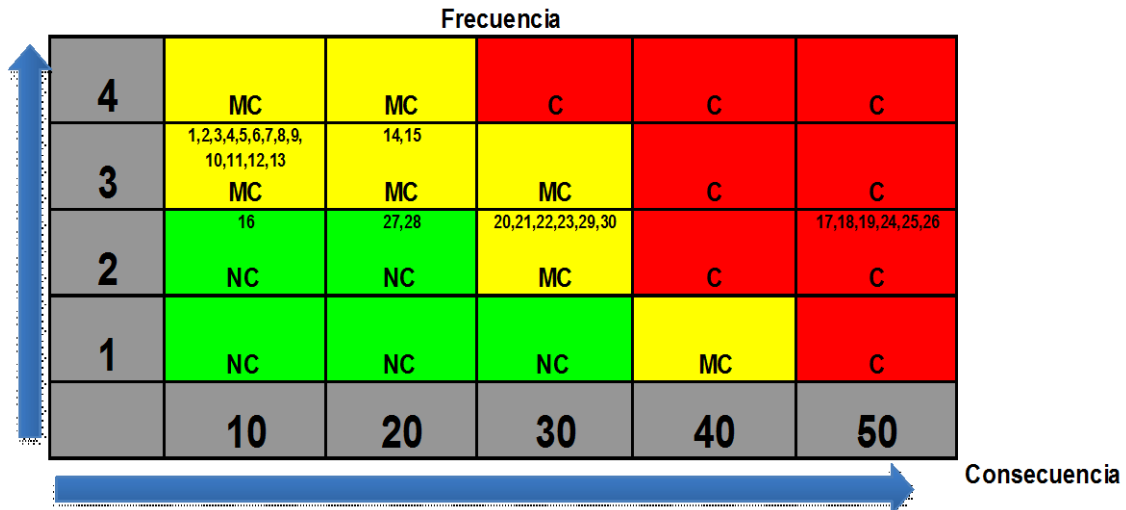


Remolcador Doña María

Tabla # 33 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Doña María

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RDM-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RDM-BA-DI	BOMBA DE ACHIQUE DIESEL	3	1	2	1	1	4	12
3	RDM-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
4	RDM-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONV OY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
5	RDM-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
6	RDM-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
7	RDM-BA-RH	BOMBA DE REA CHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
8	RDM-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
9	RDM-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
10	RDM-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
11	RDM-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
12	RDM-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RDM-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
14	RDM-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
15	RDM-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
16	RDM-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONV OY	2	1	2	2	1	5	10
17	RDM-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RDM-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
19	RDM-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
20	RDM-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RDM-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
22	RDM-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RDM-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
24	RDM-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RDM-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
26	RDM-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
27	RDM-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
28	RDM-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
29	RDM-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
30	RDM-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 34 Matriz de criticidad remolcador Doña María

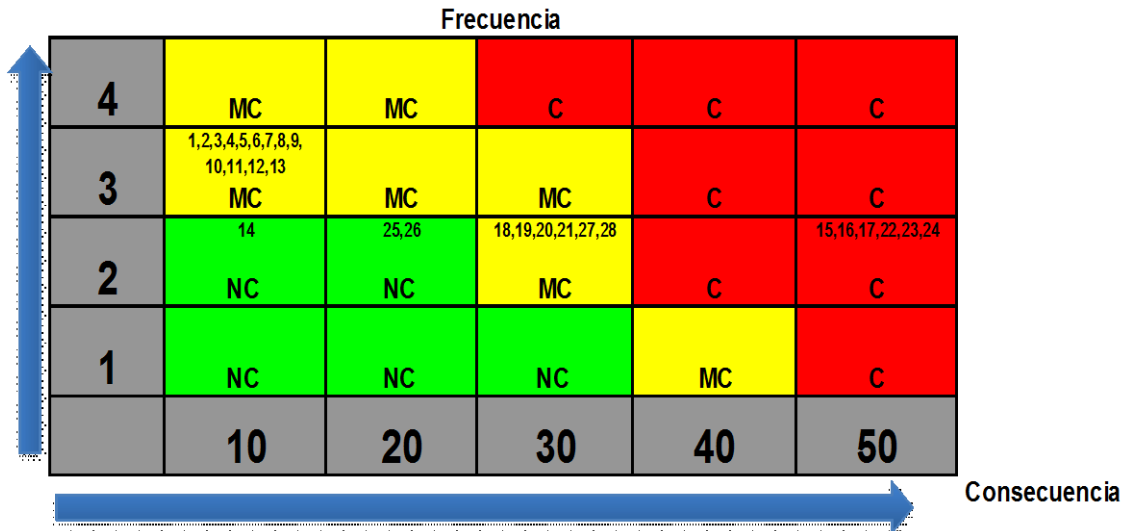


Remolcador Alfonso Montilla

Tabla # 35 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Alfonso Montilla

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto Operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RAM-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RAM-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RAM-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RAM-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RAM-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
6	RAM-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
7	RAM-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
8	RAM-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
9	RAM-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
10	RAM-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
11	RAM-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RAM-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
13	RAM-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RAM-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
15	RAM-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
16	RAM-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
17	RAM-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RAM-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
19	RAM-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
20	RAM-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
21	RAM-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
22	RAM-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
23	RAM-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
24	RAM-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RAM-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
26	RAM-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
27	RAM-TM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
28	RAM-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 36 Matriz de criticidad remolcador Alfonso Montilla

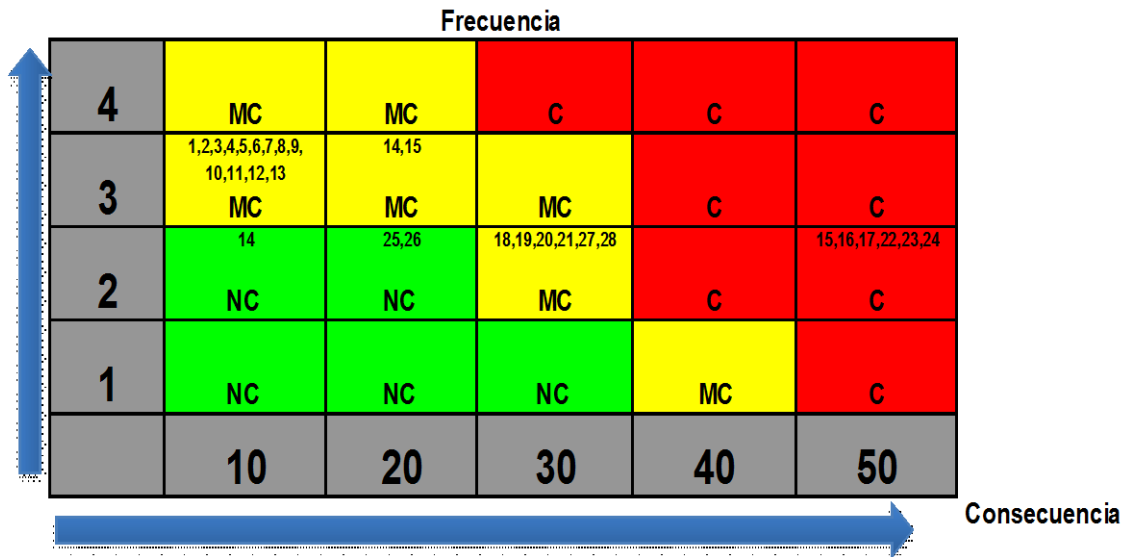


Remolcador Catalina

Tabla # 37 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Catalina

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RCT-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RCT-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RCT-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RCT-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RCT-BA-RH	BOMBA DE REA CHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
6	RCT-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
7	RCT-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
8	RCT-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
9	RCT-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
10	RCT-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
11	RCT-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RCT-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
13	RCT-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RCT-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
15	RCT-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
16	RCT-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
17	RCT-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RCT-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
19	RCT-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
20	RCT-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
21	RCT-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
22	RCT-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
23	RCT-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
24	RCT-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RCT-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
26	RCT-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
27	RCT-TM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
28	RCT-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 38 Matriz de criticidad remolcador Catalina

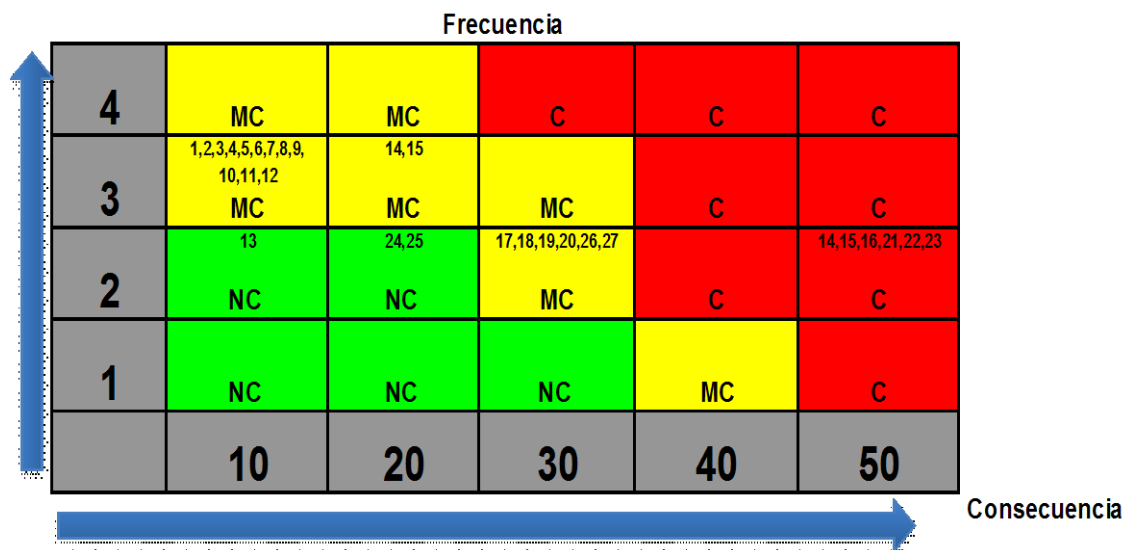


Remolcador Cancharazo

Tabla # 39 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Cancharazo

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RCZ-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RCZ-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RCZ-BA-CIC	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
4	RCZ-BA-RH	BOMBA DE REA CHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
5	RCZ-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
6	RCZ-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
7	RCZ-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
8	RCZ-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
9	RCZ-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
10	RCZ-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
11	RCZ-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
12	RCZ-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
13	RCZ-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONV OY	2	1	2	2	1	5	10
14	RCZ-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
15	RCZ-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
16	RCZ-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
17	RCZ-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
18	RCZ-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
19	RCZ-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
20	RCZ-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
21	RCZ-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
22	RCZ-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
23	RCZ-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
24	RCZ-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
25	RCZ-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
26	RCZ-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
27	RCZ-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 40 Matriz de criticidad remolcador Cancharazo

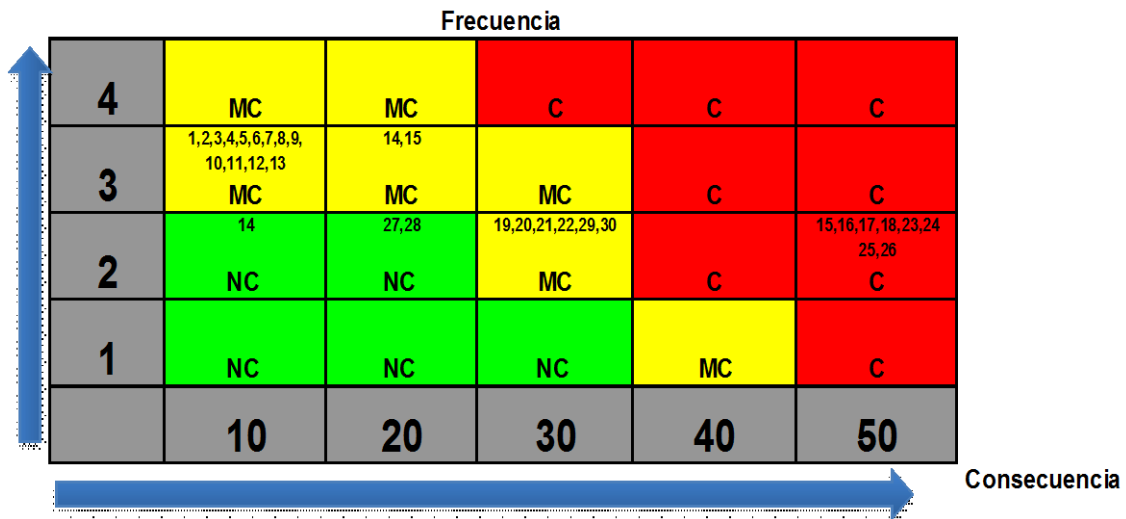


Remolcador Doña Leonor

Tabla # 41 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Doña Leonor

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RDL-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RDL-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RDL-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RDL-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RDL-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
6	RDL-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
7	RDL-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
8	RDL-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
9	RDL-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
10	RDL-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
11	RDL-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RDL-CA-G	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
13	RDL-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RDL-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
15	RDL-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
16	RDL-MP-CTO-BBR	MOTOR PROPULSOR CENTRO BABOR	2	7	4	2	1	31	62
17	RDL-MP-CTO-STB	MOTOR PROPULSOR CENTRO ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RDL-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
19	RDL-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
20	RDL-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RDL-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
22	RDL-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RDL-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
24	RDL-RD-CTO-BBR	REDUCTOR DE CENTRO BABOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RDL-RD-CTO-STB	REDUCTOR DE CENTRO ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
26	RDL-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
27	RDL-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
28	RDL-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
29	RDL-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
30	RDL-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 42 Matriz de criticidad remolcador Doña Leonor

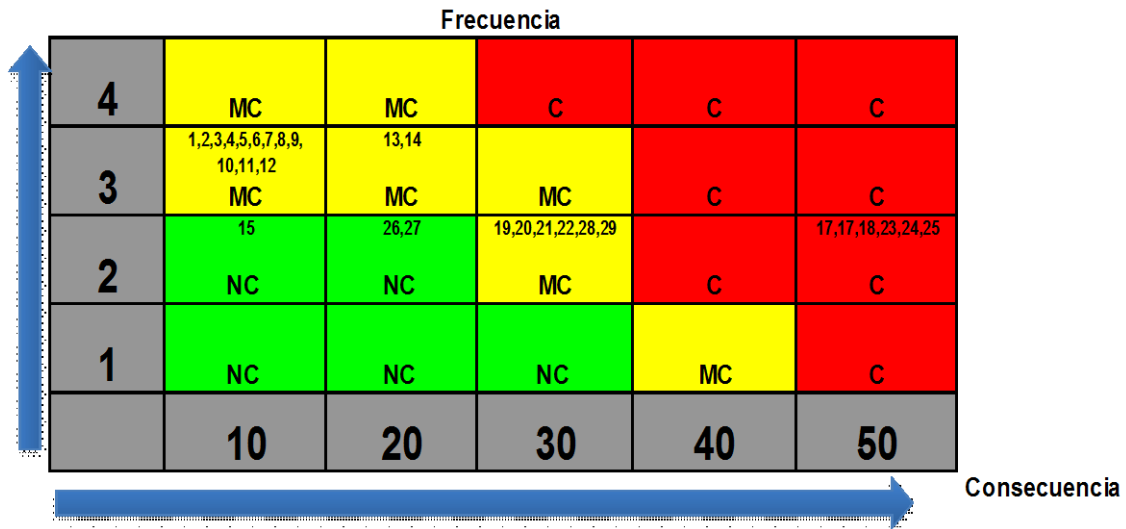


Remolcador Francisco Estrada

Tabla # 43 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Francisco Estrada

Item	Codigo	EQUIPO	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RFE-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RFE-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RFE-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RFE-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RFE-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
6	RFE-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
7	RFE-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
8	RFE-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
9	RFE-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
10	RFE-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
11	RFE-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RFE-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RFE-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RFE-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
15	RFE-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
16	RFE-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
17	RFE-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
18	RFE-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
19	RFE-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
20	RFE-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RFE-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
22	RFE-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RFE-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
24	RFE-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
25	RFE-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
26	RFE-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
27	RFE-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
28	RFE-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
29	RFE-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 44 Matriz de criticidad remolcador Francisco Estrada

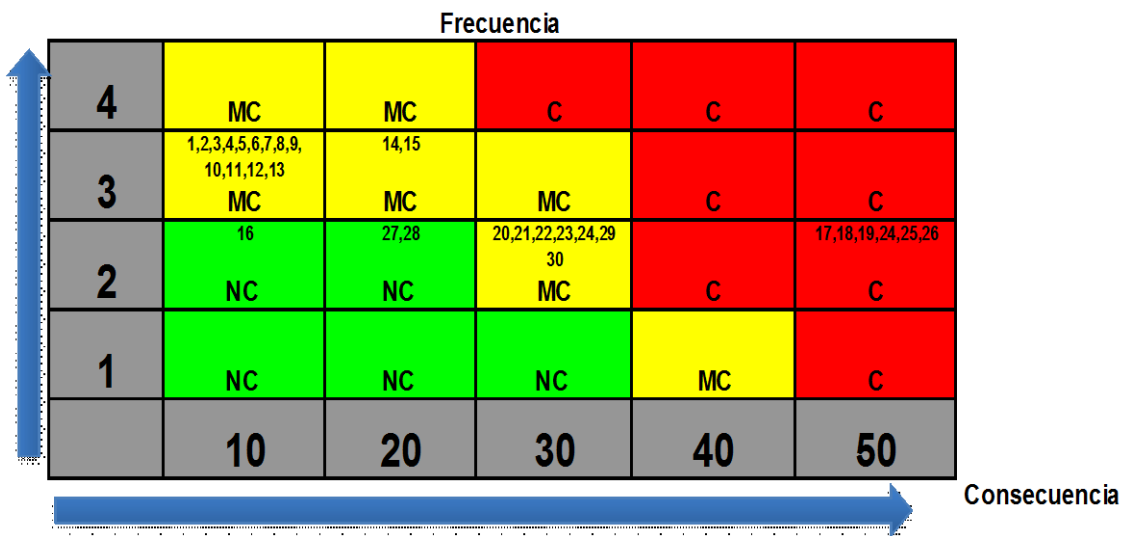


Remolcador Galeras

Tabla # 45 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Galeras

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RGL-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RGL-BA-DI	BOMBA DE ACHIQUE DIESEL	3	1	2	1	1	4	12
3	RGL-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
4	RGL-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
5	RGL-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
6	RGL-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
7	RGL-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
8	RGL-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
9	RGL-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
10	RGL-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
11	RGL-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
12	RGL-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RGL-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
14	RGL-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
15	RGL-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
16	RGL-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
17	RGL-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RGL-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
19	RGL-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
20	RGL-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RGL-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
22	RGL-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RGL-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
24	RGL-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RGL-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
26	RGL-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
27	RGL-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
28	RGL-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
29	RGL-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
30	RGL-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 46 Matriz de criticidad remolcador Galeras

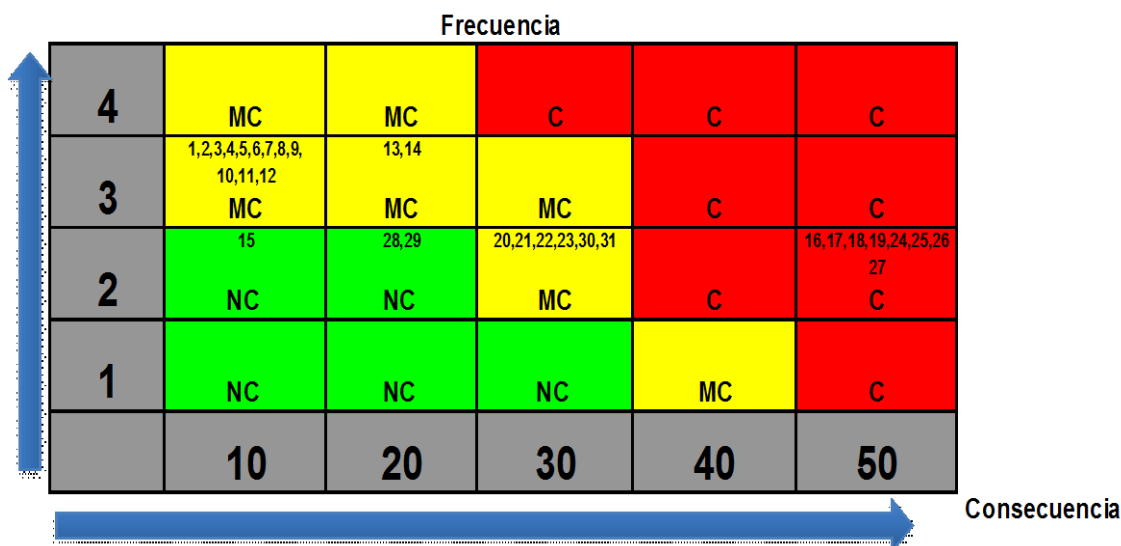


Remolcador Sotara

Tabla # 47 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Sotara

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Criticidad
1	RST-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RST-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RST-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RST-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RST-BA-HF	BOMBA EQUIPO HIDROFLO	3	1	2	1	1	4	12
6	RST-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
7	RST-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
8	RST-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
9	RST-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
10	RST-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
11	RST-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RST-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
13	RST-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RST-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
15	RST-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
16	RST-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
17	RST-MP-CTO-BBR	MOTOR PROPULSOR CENTRO BABOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RST-MP-CTO-STB	MOTOR PROPULSOR CENTRO ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
19	RST-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
20	RST-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
21	RST-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
22	RST-ST-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
23	RST-PE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
24	RST-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RST-RD-CTO-BBR	REDUCTOR DE CENTRO BABOR	2	7	4	2	1	31	62
26	RST-RD-CTO-STB	REDUCTOR DE CENTRO ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
27	RST-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
28	RST-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
29	RST-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
30	RST-TM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
31	RST-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 48 Matriz de criticidad remolcador Sotara

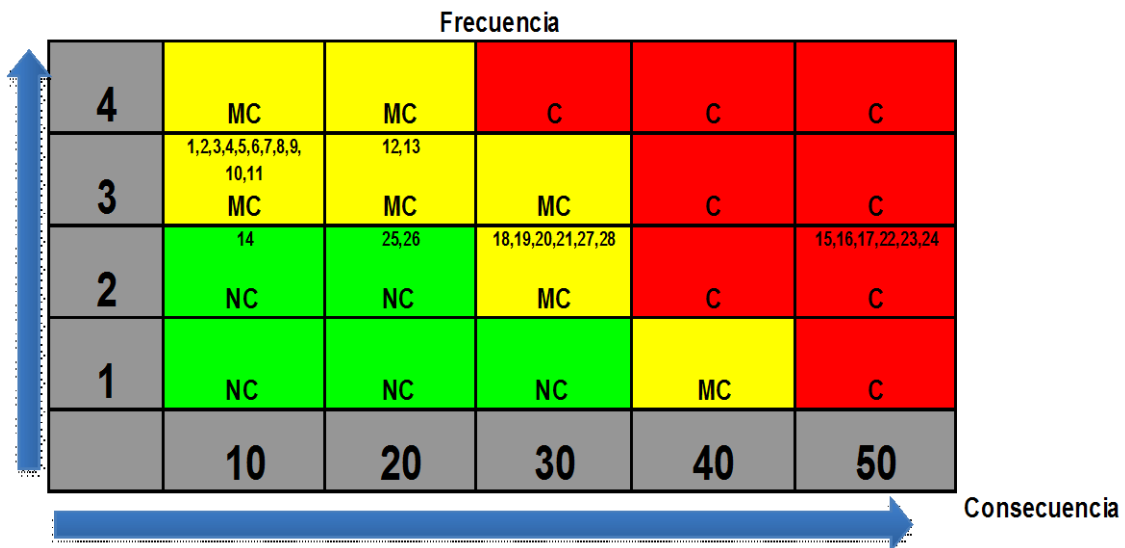


Remolcador Toledo

Tabla # 49 Análisis de criticidad equipos en el remolcador Toledo

Item	Codigo	Equipo	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mtto	Impacto en SHA	Consecuencia	Crticidad
1	RTD-BA-AC	BOMBA DE ACUEDUCTO	3	1	2	1	1	4	12
2	RTD-BA-CI	BOMBA CONTRA INCENDIOS	3	1	2	1	1	4	12
3	RTD-BA-CIC	BOMBA CONTRA INCENDIOS CONVOY 300 EPM	3	1	2	1	1	4	12
4	RTD-BA-FT	BOMBA DE FILTRACION	3	1	2	1	1	4	12
5	RTD-BA-RH	BOMBA DE REACHIQUE	3	1	2	1	1	4	12
6	RTD-BC-TR1	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #1	3	1	2	1	1	4	12
7	RTD-BC-TR2	BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE #2	3	1	2	1	1	4	12
8	RTD-CA-E	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO	3	1	2	1	1	4	12
9	RTD-CA-E1	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #1	3	1	2	1	1	4	12
10	RTD-CA-E2	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
11	RTD-CA-G	COMPRESOR DE AIRE ELECTRICO #2	3	1	2	1	1	4	12
12	RTD-CB-MC	MOTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
13	RTD-CB-RD	REDUCTOR DEL CABRESTANTE	3	1	4	2	1	7	21
14	RTD-MC-CIC	MOTOR PERKINS CONTRA INCENDIO CONVOY	2	1	2	2	1	5	10
15	RTD-MP-BBR	MOTOR PROPULSOR BABOR	2	7	4	2	1	31	62
16	RTD-MP-CTO	MOTOR PROPULSOR CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
17	RTD-MP-STB	MOTOR PROPULSOR ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
18	RTD-PE-GR1	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
19	RTD-PE-MC1	MOTOR PLANTA ELECTRICA #1	2	4	4	1	1	18	36
20	RTD-PE-GR2	GENERADOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
21	RTDPE-MC2	MOTOR PLANTA ELECTRICA #2	2	4	4	1	1	18	36
22	RTD-RD-BBR	REDUCTOR DE BABOR	2	7	4	2	1	31	62
23	RTD-RD-CTO	REDUCTOR DE CENTRO	2	7	4	2	1	31	62
24	RTD-RD-STB	REDUCTOR DE ESTRIBOR	2	7	4	2	1	31	62
25	RTD-SH-BH	BOMBA DE SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
26	RTD-SH-CH	CILINDRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	2	4	2	2	1	11	22
27	RTD-TIM	SISTEMA DE TIMONERIA	2	4	4	1	1	18	36
28	RTD-PROP	SISTEMA PROPULSOR	2	4	4	1	1	18	36

Tabla # 50 Matriz de criticidad remolcador Toledo



4.2.1 RESULTADO DEL ANALISIS DE CRITICIDAD.

Este estudio arroja que los equipos críticos para que los remolcadores puedan prestar una buena operación son los motores propulsores, los reductores ya que una avería en uno de estos equipos afecta seriamente la capacidad remolcadora de la embarcación, en la mayoría de los casos incurriendo en la venida del remolcador al astillero para una reparación.

Con las llegadas no programadas al astillero por cualquier problema no previsto el remolcador pierde aproximadamente 5 días de trabajo lo que se traduce en una pérdida económica para la empresa ya que dejan de moverse aproximadamente de seis a siete botes, esto quiere decir que se dejan de transportar un promedio de cincuenta mil barriles de producto lo que se traduce en un aproximado de trescientos cincuenta millones de pesos por viaje, los que es una suma considerable, teniendo en cuenta que de estas averías no programadas se presentan aproximadamente seis a siete durante el año afectando el indicador de disponibilidad de remolcadores por el cual es medido la vicepresidencia técnica y de ingeniería.

Hoja de RCM		Motor CAT 3508 B	
CF	FUNCION	CFE	FALLA FUNCIONAL
MP-00	Trasmitir potencia y movimiento al sistema propulsor de la embarcacion	MP-01	Apagado por bajo nivel de aceite
		MP-02	Apagado por bajo nivel de refrigerante
		MP-03	Altos niveles de vibracion
		MP-04	Apagado por baja presion de aceite
		MP-05	Bajas revoluciones del motor
		MP-06	Apagado por baja presion de combustible
		MP-07	Apagado por alta temperatura de aceite
		MP-08	Perdidas de potencia por baja presion en las camaras de combustion
		MP-09	Apagado por alta temperatura del motor
		MP-10	El motor no gira cuando se da contacto
		MP-11	El motor de arranque no gira
		MP-12	Refrigerante en el aceite
		MP-13	Demaciado humo blanco o azul
		MP-14	Falta de potencia
		MP-15	Temperatura de escape demasiado alta

HOJA DE RCM		MOTOR CAT 3508 B
CMF	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
MP-011	Fuga en bomba de aceite	El acoplamiento de los embragues se pone pesado y los platos de embrague pueden patinar o desacoplarse, los coginetes del eje no reciben lubricación a presión
MP-012	Fuga en guías de válvulas	Hay fuga de aceite hacia la zona de entrada y salida de gases de los cilindros, aumenta considerablemente el consumo de aceite
MP-013	Desgaste en anillos	en el desgaste de anillos se produce contaminación del aceite y durante el funcionamiento los contaminantes rayan las paredes de las camisas produciendo desgaste severo del motor
MP-014	Rotura de anillos	Ralladura de la camisa internamente produciendo desgaste excesivo
MP-015	Fuga de aceite por el carter	aumento considerable del consumo de aceite, se produce paro del motor por protección
MP-016	Falta de aceite suficiente	hay recalentamiento, aumento de la fricción por falta de lubricación, paro del motor por protección
MP-017	Desgaste en los cilindros	Paso de aceite a la cámara de combustión, aumento considerable del consumo de aceite, desgaste de pistones se debe realizar reparación
MP-021	Fugas en bomba de refrigerante	Recalentamiento del motor, alto consumo de refrigerante
MP-022	Evaporación por alta temperatura del motor	Paro del motor por protección
MP-023	Desgaste en sellos de culata	Paso de aceite a la cámara del refrigerante, aceite emulsionado, posibles deformaciones
MP-024	Rotura en el bloque del motor	Paso de aceite a la cámara del refrigerante, aceite emulsionado, posibles deformaciones
MP-025	Rotura en el tanque de refrigerante	Consumo excesivo de refrigerante, recalentamiento del motor, paro por protección
MP-026	Rotura en tubería de refrigerante	Consumo excesivo de refrigerante, recalentamiento del motor, paro por protección
MP-031	Amortiguador de vibraciones flojo	Excesiva vibración, posible desalineación y desbalanceo de la máquina, posibles daños en acoples, ejes y rodamientos
MP-032	Amortiguador de vibraciones defectuoso	Excesiva vibración, posible desalineación y desbalanceo de la máquina, posibles daños en acoples, ejes y rodamientos
MP-033	Amortiguador de vibraciones no son los indicados	Excesiva vibración, posible desalineación y desbalanceo de la máquina, posibles daños en acoples, ejes y rodamientos
MP-034	Equipo impulsado no está alineado	Excesiva vibración, posible desalineación y desbalanceo de la máquina, posibles daños en acoples, ejes y rodamientos
MP-035	Escape de explosiones o funcionamiento irregular	Aumento de la vibración, aumento del desgaste de partes internas
MP-036	Desgaste en partes internas	Aumento del consumo de aceite, consumo de combustible, se presentan alarmas de seguridad paro del motor por protección
MP-041	Fallas en la bomba de aceite	El acoplamiento de los embragues se pone pesado y los platos de embrague pueden patinar o desacoplarse, los coginetes del eje no reciben lubricación a presión
MP-042	Conductos de aceite obstruidos	Se obstruye el paso de aceite a las partes móviles, se produce fricción, recalentamiento, se genera una alarma y se detiene el motor por protección
MP-043	Aceite emulsionado	Paso de aceite a la cámara del refrigerante, aceite emulsionado, posibles deformaciones
MP-044	Filtro de aceite o enfriador de aceite sucio	posible obstrucción o paso de aceite contaminado produciendo desgaste prematuro en partes móviles, posible recalentamiento y paro del motor por protección
MP-045	Combustible en el aceite	Posible daño en anillos del pistón, problemas de desgaste de partes móviles
MP-046	Válvula de regulación de presión de aceite no cierra	Caida en la presión del aceite, se presenta alarma paro del motor por protección
MP-047	Defecto en manómetro de aceite	Computador no registra presión de aceite, se presenta alarma, paro del motor por protección
MP-051	Baja compresión en la cámara de combustión	no se presenta mezcla adecuada de aire combustible, alarma de bajas revoluciones
MP-061	Falla o defecto en la bomba de combustible	no se suministra la cantidad de combustible necesario, posible pérdida de potencia en el motor, disminuye el rendimiento del mismo
MP-062	Bajo nivel de combustible	Posible recalentamiento de algunas partes móviles, no llega suficiente combustible a los inyectores, posible alarma de emergencia
MP-063	Fuga en las tuberías de combustible	Alto consumo de combustible, pérdida de presión en la entrega alarma, paro del motor por protección
MP-064	Filtro de combustible obstruido	paso restringido del combustible alarma de cambio de filtros si no se cambia a tiempo se para el motor por protección
MP-071	Aceite de viscosidad inadecuada	Mala lubricación, aumento de la fricción, aumento de la temperatura, recalentamiento del motor, se presenta alarma, se detiene el motor por protección
MP-072	Desgaste en partes internas del motor	Juego excesivo en partes móviles, posible vibración por desbalanceo, pérdida de potencia del motor

HOJA DE RCM		MOTOR CAT 3508 B
CMF	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
MP-073	Fallas en el sistema de enfriamiento del aceite	Recalentamiento del aceite, aumento el consumo de aceite, se presenta alarma por alta temperatura, paro del motor por proteccion
MP-081	Desgaste en los anillos	En el desgaste de anillos se produce contaminacion del aceite y durante el funcionamiento los contaminantes rayan las paredes de las camisas produciendo desgaste cevero del motor
MP-082	Viscosidad inadecuada del aceite	Aumento del dsgaste de las partes mobiles, reduccion de la vida util
MP-083	Desgaste en acietos de las valvulas	Aumneto en la holgura del aciento mala combustion, posible perdida de potencia
MP-084	Desgaste en las guia de las valvulas	Holgura excesiva de las valvulas, posible rotura de las valvula, paro del motor
MP-085	Desgaste en vastagos de las valvulas	Posible rotura del vastago, paro del motor
MP-091	Alto nivel de aceite en el carter	El aceite no esta circulando bien, se aumenta la temperatura del motor , se presenta alarma y se para el motor por proteccion
MP-092	Presencia de aire en la bomba del sistema de refrigeracion	Mal funcionamiento de la bomba del refrigerante, aumento de la temperatura, se presenta alarma y se produce paro del motor por proteccion
MP-093	Desgaste interno del motor	Alto consumo de aceite, alto consumo de refrigerante, aumento de las vibraciones
MP-094	Bajo nivel de refrigerante en el motor	Recalentamiento del motor, se presenta alarma y se produce paro del motor por proteccion
MP-095	Bajo nivel de aceite en el motor	Recalentamiento del motor, gran desgaste de partes mobiles por friccion se presenta alarma y se produce paro del motor por proteccion
MP-101	La bateria tiene poca energia	Desgaste del banco de baterias, el motor no arranca
MP-102	Defecto en las conexiones o interruptores	No pasa corriente al motor de arranque, el motor no arranca
MP-103	Problemas en la solenoide del motor de arranque	No hace contanto el motor de arranque, el motro no arranca
MP-104	Problemas en el interruptor de la presion de aceite de la bomba de lubricacion	Baja presion de aceite, aumento de la temperatura, se presentan alarmas se detiene el motor por preteccion
MP-105	El cigüeñal no esta girando	No hay trasmision de potencia, paro de emergencia del motor, posible daño catastrofico
MP-111	La bateria tiene poca energia	Motor no enciende
MP-112	Defecto en las conexiones o interruptores	Motor no enciende
MP-113	Problemas en la solenoide del motro de arranque	No hace contanto el motor de arranque, el motro no arranca
MP-121	Falla en el nucleo del enfriador de aceite	Paso de refrigerante, posibles deformaciones y aumento del desgaste interno
MP-122	Falla de la junta de la culata de los cilindros	Paso de refrigerante, posibles deformaciones y aumento del desgaste interno
MP-123	Falla en la culata de cilindros	Paso de refrigerante, posibles deformaciones y aumento del desgaste interno
MP-124	Fallas o fisura en el bloque del motor	Daño catastrofico en el motor paro inminente
MP-125	falla en los sellos del revestimiento	Paso de refrigerante, posibles deformaciones y aumento del desgaste interno
MP-131	Demasiado aceite de lubricacion en el motor	Paso de aceite a la camara de combustion, se presenta humo blanco, posible perdida de potencia
MP-132	Fallas en el encendido	Motor presenta porblemas para arrancar
MP-133	Mala sincronizacion de la inyeccion de combustible	Gasto excesivo de combustible y aceite, baja potencia, golpeteo, posible daño de piezas internas
MP-134	Guias de valvulas gastadas	Holgura excesiva de las valvulas, posible rotura de las valvula, paro del motor
MP-135	Anillos de pintones gastados	En el desgaste de anillos se produce contaminacion del aceite y durante el funcionamiento los contaminantes rayan las paredes de las camisas produciendo desgaste cevero del motor
MP-141	Combustible de mala calidad	Problemas de buena combustion , formacion de acientos en valvulas y desgaste de pistones
MP-142	Baja presion de combustible	Posible fugas en el tanque o tuberias de combustible, bomba de combustible dañada paro del motro por proteccion
MP-143	Fugas en el sistema de admision de aire	Restriccion en filtros posibel perdida de potencia, mal funcionamiento
MP-144	Juego de valvulas incorrecto	Golpetoe y ruido excesivo
MP-145	Sincronizacion de la inyeccion de combustible incorrecta	Gasto excesivo de combustible o poca entrega del mismo mal funcionamiento del motor
MP-151	Sistema de admision de aire presenta fugas	Posibles obstrucciones en filtro de aire alarma por restriccion del filtros
MP-152	Sistema de escape presenta fuga	Mal funcionamiento del motor, recalentamiento de piezas
MP-153	Sistema de admision de aire se encuentra obstruido	Posibles obstrucciones en filtro de aire alarma por restriccion del filtros
MP-154	sistema de escapre se encuentra obstruido	Posibles obstrucciones en filtro de aire alarma por restriccion del filtros
MP-155	Sincronizacion de la inyeccion de combustible incorrecta	Gasto excesivo de combustible o poga entrega del mismo mal funcionamiento del motor

HOJA DE RCM										H1	H2	H3	MOTOR CAT 3508 B									
										S1	S2	S3										
										O1	O2	O3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TAREAS PROPUESTAS	INTERVALO	A REALIZAR							
MP-00	MP-01	MP-011	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-012	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-013	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-014	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-015	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-016	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-01	MP-017	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-021	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-022	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-023	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-024	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-025	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-02	MP-026	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-031	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-032	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-033	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-034	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-035	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-03	MP-036	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-041	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-042	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-043	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-044	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	Revisar cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-045	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-046	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-04	MP-047	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-05	MP-052	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-06	MP-061	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-06	MP-062	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-06	MP-063	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-06	MP-064	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-07	MP-071	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes							
MP-00	MP-07	MP-072	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de aceites , analisis de vibra	cada 250 horas y cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							

HOJA DE RCM													MOTOR CAT 3508 B			
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TAREAS PROPUESTAS	INTERVALO	A REALIZAR	
MP-00	MP-07	MP-073	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-08	MP-081	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-08	MP-082	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-08	MP-083	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-08	MP-084	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-08	MP-085	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-09	MP-091	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-09	MP-092	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-09	MP-093	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-09	MP-094	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-09	MP-095	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-10	MP-101	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-10	MP-102	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-10	MP-103	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-10	MP-104	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-10	MP-105	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-11	MP-111	S	N	N	S	S	S	S	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-11	MP-112	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-11	MP-113	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-12	MP-121	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-12	MP-122	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-12	MP-123	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-12	MP-124	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-12	MP-125	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar medicion de temperatura	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-13	MP-131	S	S	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-13	MP-132	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-13	MP-133	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion por compresion	2 veces por viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-13	MP-134	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-13	MP-135	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de aceites	cada 250 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-14	MP-141	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-14	MP-142	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-14	MP-143	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-14	MP-144	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-14	MP-145	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-15	MP-151	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-15	MP-152	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar medicion de temperatura	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-15	MP-153	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-15	MP-154	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes	
MP-00	MP-15	MP-155	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	al inicio del viaje	Maquinista y ayudantes	

Hoja de RCM		REDUCTOR TWIN DISC MG6650SC	
CF	FUNCION	CFF	FALLA FUNCIONAL
RD-00	Adaptacion de una alta velocidad y potencia de entrada, mediante varios pares de engranajes	RD-01	Baja presion del aceite principal
		RD-02	No hay presion de aceite en la valvula de control
		RD-03	Alta presion del aceite principal
		RD-04	Alta temperatura
		RD-05	Ruido excesivo
		RD-06	No llega aposicion neutral
		RD-07	Baja presion del aceite lubricante

HOJA DE RCM		REDUCTOR TWIN DISC MG6650 SC
CMF	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
RD-011	Desgaste en partes internas	Alta vibracion, exceso de ruido (golpeteo), desalineacion y desbalanceo
RD-012	Fallas en la bomba de aceite	Recalentamiento del sistema, posible desgaste en engranajes
RD-013	Conductos de aceite obstruidos	Recalentamiento del sistema, posible desgaste en engranajes
RD-021	Desgaste en la bomba de aceite	Mala lubricacion, recalentamiento de piezas, aumento de la temperatura
RD-022	Bajo nivel de aceite	Mala lubricacion, recalentamiento de piezas, aumento de la temperatura
RD-023	Fugas de aceite	Problemas en los sellos y/o drenajes de aceite
RD-031	Valvula reguladora atascada	No hay flujo uniforme de aceite, mala lubricacion, problemas de alta temperatura
RD-032	Mal funcionamiento de la valvula de alivio de aceite	No hay alivio de presion, problemas de alta temperatura
RD-041	Nivel de aceite innapropiado	Generalmete se presentan fugas y la lubricacion es deficiente si hay mucho aceite, si hay poco, hay mala lubricacion y aumento de temperatura, posibles desgastes
RD-042	Intercambiador de piñones defectuoso	Problemas de golpeteos, pueden presentarse roturas en los engranajes
RD-043	Falla de rodamientos	Aumento de la temperatura, problemas de vibracion, reduccion de vida util
RD-044	Fuga de aire en el lado de succion de la bomba	mal funcionamiento de la bomba, lubricacion pobre, aumento del desgaste en partes internas
RD-051	Falla de rodamientos	Aumento de la temperatura, problemas de vibracion, reduccion de vida util
RD-052	Daño o desgaste en el acople de entrada	Problemas de vibraciones, ruido excesivo, desalineacion y desbalanceo puede causar daños catastróficos en partes internas
RD-053	Daño o desgaste en engranajes	Problemas de vibraciones, ruido excesivo, desalineacion y desbalanceo puede causar daños catastróficos en partes internas
RD-054	Desalineacion	Problemas de vibraciones, ruido excesivo, desalineacion y desbalanceo puede causar daños catastróficos en partes internas
RD-061	Plato del clutch deformado	No engranan bien los piñones, posibles roturas de los mismos, daño catastrófico
RD-062	mal funcionamiento de la solenoide	Problemas en el funcionamiento de la valvula, afecta el clutch de forma que no engranan los piñones
RD-071	Flujo de la bomba de salida demasiado bajo	Mala lubricacion, recalentamiento de piezas, aumento de la temperatura
RD-072	Fuga de aire en el lado de succion de la bomba	Mala lubricacion, recalentamiento de piezas, aumento de la temperatura
RD-073	Filtros de la bomba de succion tapado	Mala lubricacion, recalentamiento de piezas, aumento de la temperatura

HOJA DE RCM										H1	H2	H3	REDUCTOR TWIN DISC MG6650 SC									
										S1	S2	S3										
										O1	O2	O3										
										N1	N2	N3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TAREAS PROPUESTAS	INTERVALO	A REALIZAR							
RD-00	RD-01	RD-011	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-01	RD-012	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-01	RD-013	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-02	RD-021	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones, analisis	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-02	RD-022	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-02	RD-023	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-03	RD-031	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-03	RD-032	S	S	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-04	RD-041	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar rutina de inspeccion visual	2 veces por turno	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-04	RD-042	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-04	RD-043	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-04	RD-044	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-05	RD-051	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-05	RD-052	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-05	RD-053	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-05	RD-054	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-06	RD-061	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 500 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-06	RD-062	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar analisis de vibraciones	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-07	RD-071	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-07	RD-072	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							
RD-00	RD-07	RD-073	S	N	N	N	S	S	N	N	N	N	Realizar medicion termografica periodicamente	cada 150 horas	Maquinista y ayudantes							

4.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Teniendo en cuenta el resultado del estudio mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) se define que el área donde se podría mejorar considerablemente la confiabilidad de los equipos críticos de los remolcadores es en el ajuste del programa de mantenimiento predictivo actual, apoyándose en los trabajos, verificaciones y monitoreos realizados por los maquinistas, apoyados por el personal del astillero.

Todo esto implementado y mejorando los programas de análisis de vibraciones, análisis de aceite, monitoreo de temperaturas de operación, revisión de compresión de los equipos.

Todo esto apoyado por un programa de tareas a condición a realizar según horómetro de operación.

Tabla # 51 Tareas proactivas a realizar

TIPO DE TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA (Hrs)
Condición	Inspección visual	12
Condición	Análisis de aceite	250
Condición	Análisis de vibraciones	500
Condición	Medición de compresión	150
Condición	Medición de temperatura	1

4.4.1 INSPECCION VISUAL.

Los maquinistas y ayudantes de maquinas al iniciar operación deben revisar todos los equipos de para el correcto arranque de los mismos, revisar niveles de líquidos refrigerantes, aceites, revisar para detectar posibles fugas, todo esto debe realizarse a todos los equipos involucrados en la operación del remolcador al inicio de la jornada y al finalizar, reparando cualquier avería menor que se presente durante la jornada, y tomando nota de todo lo encontrado durante el turno en el reporte diario de operación dando copia al capitán para ser anotada en la bitácora del viaje.

Si se presenta un problema mayor debe ser avisado al capitán y comunicado de forma inmediata al planeador de mantenimiento para programar los trabajos requeridos por parte del astillero.

4.4.2 ANÁLISIS DE ACEITES.

Cada dieciséis horas de operación el maquinista debe tomar la muestra del aceite usado a cada uno de los motores propulsores, reductores y motores de las plantas eléctricas, estos deben ser envasados de forma hermética, bien etiquetados donde se coloque el nombre del remolcador al que pertenecen, equipo, horas de operación que lleva hasta el momento y debe ser enviado entregado al ingeniero de operación que se encuentra presente en el remolcador para que este lo envíe al proveedor de aceite para su respectivo análisis.

El resultado del análisis es enviado a la gerencia de mantenimiento donde se realiza la interpretación de los resultados, generando acciones de mantenimiento predictivo o correctivo según sea el caso.

Durante el análisis de aceite la variable a monitorear son:

- Viscosidad
- Contenido de agua
- Oxidación/nitración
- Hollín
- TBN/TAN
- Mediciones de desgaste
 - ✓ Contenido de desgaste
 - ✓ Conteo de partículas por millón
 - ✓ Ferrografía

4.4.3 ANÁLISIS DE VIBRACIONES.

Cada quinientas horas de operación una empresa especializada debe realizar el análisis de vibraciones a todos los equipos en los remolcadores, generando un informe del estado de los equipos, el cual debe ser enviado a la gerencia de

mantenimiento para su interpretación y análisis, generando rutinas de mantenimiento preventivo o correctivo según sea el caso.

El maquinista debe contar con un medidor de vibraciones portátil para revisar de forma 50horas que los equipos estén operando en niveles de vibraciones aceptables y llenar un reporte donde se registren las mediciones obtenidas por cada equipos.

4.4.4 Medición de compresión.

Cada ciento cincuenta horas de operación el maquinista debe medir la compresión de los motores propulsores, ya que esto le genera un concepto del estado de desgaste en que se encuentran las piezas del motor. Para realizar esta operación el motor debe estar encendido a su temperatura normal de operación.

4.4.5 Grupo interdisciplinario para análisis por RCM.

Para llevar a cabo un buen programa de mantenimiento centrado en confiabilidad es recomendable tener un grupo formado por miembros del equipos de mantenimiento y del equipo de operaciones contando con la colaboración de un facilitador con amplio conocimiento del mantenimiento centrado en confiabilidad, este grupo debe definir los criterios de RCM de acuerdo a las parámetros establecidos por esta teoría (seguridad, protección del medio ambiente).

Este grupo estará enfocado en la búsqueda del mejoramiento continuo en las operaciones de mantenimiento de la flota, específicamente los remolcadores, estas acciones se dividen en dos partes:

1. Acciones reactivas: análisis de causa raíz, solución a problemas cotidianos
2. Acciones preactivas: análisis funcional de equipos, análisis de criticidad, interpretación de los análisis de vibraciones, interpretación de los análisis de aceites usados

Este grupo debe contar con personal idóneo y de experiencia tanto en el mantenimiento de los remolcadores como en la operación de los mismos.

Este grupo esta conformado por:

Facilitador: Gerente de mantenimiento, ingeniero mecánico con veinte años de experiencia en el mantenimiento de los equipos instalados en los remolcadores, conoce las capacidades de todo el personal a su cargo y del personal de operaciones que queda bajo su tutela una vez llega el remolcador al astillero. Tendrá las siguientes funciones:

- Organizar y dirigir todas las actividades del grupo RCM
- Velar por el cumplimiento del cronograma de actividades
- Escoger al personal que estará en el grupo
- Coordinar todo el material de apoyo a utilizar
- Identificar y gestionar las necesidades de adiestramiento del grupo
- Preparar los objetivos a seguir por el grupo

Planeador de mantenimiento: Tiene como funciones programar y planificar el mantenimiento preventivo de motores propulsores, reductores, equipos auxiliares, sistema de propulsión, timones, equipos de comunicación, de refrigeración y aire acondicionado. Igualmente, registrar en el programa MP2 la información de los materiales y servicios que se generan en las reparaciones navales parciales o generales eléctricas y mecánicas, la repotenciación de remolcadores y el mantenimiento o reparación de remolcadores. Es de vital importancia para el grupo ya que maneja el historial de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos instalados en los remolcadores.

Coordinador de mantenimiento: Ejecutar y revisar todas las labores de mantenimiento realizados por los técnicos y supervisores, seguimiento a las tareas estipuladas en las ordene de trabajo, manejo de repuestos, programación de tiempos de trabajo asignación de tareas al personal bajo su cargo.

Ingeniero de operaciones: Supervisar las actividades relacionadas con la operación y navegación en ruta y en muelles para el transporte de productos y mercancía solicitados por los clientes, asegurando el cumplimiento de la programación con eficiencia y calidad del servicio, tiene bajo su cargo durante el

viaje a la tripulación de operación de equipos (maquinista, ayudante de maquinas, timoneles y marineros), conoce la operación de los remolcadores y los equipos abordo.

Maquinistas: Conocimiento de motores de combustión interna y equipos auxiliares instalados en los remolcadores verificar el desempeño del sistema electromecánico de remolcador, mediante inspecciones, registros y reportes oportunos que ayuden a identificar incidencias con el fin de garantizar el funcionamiento de los remolcadores, cumpliendo con las especificaciones técnica y de calidad establecidas.

El maquinista debe apoyar en la identificación de problemas que se presentan en los equipos y presentar ideas para posibles soluciones.

Ayudante de maquinas: Conocimiento de motores de combustión interna y equipos auxiliares instalados en los remolcadores verificar el desempeño del sistema electromecánico de remolcador, apoyando al maquinista en la operación de los equipos y manejos de los mismos.

Supervisor de motores: Dirigir el proceso de mantenimiento y/o reparación de motores y sistemas necesarios para el funcionamiento de los remolcadores amplio conocimiento en los equipos instalados en los remolcadores (motores propulsores, reductores, bombas, rodamientos, plantas eléctricas, etc.)

Supervisor electricista: Coordinar y supervisar trabajos de las secciones de electricidad, refrigeración y electrónica, requeridos por los remolcadores, cumpliendo con las especificaciones técnicas, calidad y seguridad industrial, Asesora a los maquinistas de los remolcadores en medidas preventivas para el buen funcionamiento de los equipos a bordo de los remolcadores.

Técnico de propulsión: Ejecutar actividades de mantenimiento preventivo y/o reparación a componentes de motores y sistemas propulsores necesarios para el funcionamiento de los remolcadores, cumpliendo con la programación, los tiempos estipulados y las especificaciones técnicas y de calidad establecidas por el área cliente, entre las tareas que realiza se encuentran: desacople, desmonte, desarme revisión, cambio o reparación de piezas, de componentes o repuestos al sistema de propulsión (ejes intermedios, chumaceras, de cola y hélices) y sistema de timonería) de los remolcadores.

Técnico de plomería: Apoya en la construcción, instalación y mantenimiento de las diferentes tuberías que existen en los remolcadores (tubería de enfriamiento de motores, tuberías de combustible, tuberías de aire comprimido) las cuales intervienen en el buen funcionamiento de los motores propulsores.

Este es el personal recomendado para integrar el grupo de análisis para aplicación de RCM dada su vasta experiencia en la operación de los diferentes equipos instalados en los remolcadores.

5.0 CONCLUSIONES

- Con este trabajo se pudo determinar que la situación actual del departamento de mantenimiento de la empresa se encuentra en un nivel consiente bajo con respecto a los departamentos de mantenimiento de clase mundial.
- Con el estudio de criticidad se pudo identificar cuáles son los equipos que afectan directamente la capacidad remolcadora de las embarcaciones y con el análisis de modos de falla se obtuvo información precisa de las fallas en los motores y en los reductores.
- Con este trabajo se establecen bases para la implementación del RCM en el departamento de mantenimiento de Naviera Fluvial Colombiana.
- Con los resultados mostrados a la empresa se estableció la creación de un grupo de análisis que trabajara en el análisis de los modos de fallas de los equipos críticos de los remolcadores para luego pasar a los semi-criticos.
- Se determinaron las rutinas mínimas necesarias y las frecuencias a las que se deben llevar a cabo estas rutinas
- Se puede decir con certeza que el programa de mantenimiento preventivo y predictivo debe ser ajustado a eliminar o reducir las consecuencias de una falla mas que la falla misma.
- Se recomienda la capacitación del personal de maquinas y ayudantes de maquinas en las tareas de mantenimiento de los equipos instalados en los diferentes remolcadores para asegurar que en la operación ellos puedan prestar los primeros mantenimiento o determinar con seguridad si el equipo debe ser detenido para evitar un daño catastrófico
- Para asegurar un buen programa de mantenimiento centrado en confiabilidad también se evidencio que es necesario la implementación de indicadores de tiempo medio entre paradas (MTBS) y tiempo medio entre reparaciones (MTTR), para de esta forma tener datos exactos de confiabilidad de equipos.

BIBLIOGRAFIA

ARZUAGA Churio José Elías. Modelo de mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la Flota de Equipos de Oruga D11de La Empresa Minera DRUMMOND Ltda. Bucaramanga. 2011. Trabajo de Grado (Especialistas en Gerencia de Mantenimiento). Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 122p

BLANCO Silva Glamar, SILVA Marulanda John Jairo. Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo en Equipos Críticos de Barcos Pesqueros de la Flota Seatech International Inc. Bucaramanga. 2009. Trabajo de Grado (Especialistas en Gerencia de Mantenimiento). Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 139p

BORRÁS Pinilla Carlos, Principios de Mantenimiento, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011, 67p

DUFFUAA Salih O., RAOUF A. y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México, Limusa Wiley S.A. 2004. 33 – 42 – 43 p

GARCIA Castro Alfonso, Análisis de Vibraciones en Maquinas Diagnostico de Fallas y Mantenimiento Predictivo, Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2011, 64p

GARCIA Garrido Santiago. Mantenimiento Correctivo Organización y Gestión de la Reparación de Averías Disponible en
<<http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>>

Guía Básica a la Termografía. Disponible en.
http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf. <Articulo de Internet>

Mantenimiento Preventivo. Disponible en: www.mantenimientoplanificado.com
<Articulo de internet>

MOUBRAY John. RCMII Reliability – Center Maintenance. New York: Industrial Press Inc. 1997. 7- 12 – 13 – 50 p

NÉDER Muñoz Carlos y Marín R. José. Disponible en
<<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1574/1/3122.pdf>>

QUALITY Manual SKF Latin Trade S.A, Análisis de Vibraciones Nivel 1 ISO 18436 WI202, 2010, 31p

ROYO A. Jesús, RABANAQUE Gloria. Análisis de vibraciones e interpretación de datos. Disponible en. <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf> < Articulo de internet>

WIDMAN Richard. Interpretando el Reporte de Análisis de Aceite. Disponible en. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/w46.pdf>. <Articulo de internet>