



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO


ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT
DIESEL Y CUMMINS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE
FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR.**

AUTOR: ING. GARY PARTIDAS

TUTOR: ING. IVAN TURMERO MSc.

PUERTO ORDAZ, 23 DE OCTUBRE DEL 2015



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT
DIESEL Y CUMMINS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE
FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR.**



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT DIESEL Y CUMMINS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR.

ING. Gary Partidas

Proyecto de Grado presentado ante la Dirección de Investigación y Postgrado del Vicerrectorado Puerto Ordaz como parte de los requisitos para optar al Título Académico de Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

TUTOR: ING. IVAN TURMERO MSc.

PUERTO ORDAZ, 23 DE OCTUBRE DE 2015

Partidas Uribe, Gary Youssef

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT DIESEL Y CUMMINS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR.

142 paginas

Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnico “Antonio José de Sucre”.
Vicerrectorado Puerto Ordaz. Dirección de Investigación y Postgrado.
Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Tutor: Ing. Iván Turmero MSc.

Bibliografía Pág. 140

1. Mantenimiento. 2 MCC. 3. Motores. 4. Remolcadores. 4. PDV Marina.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

ACTA DE EVALUACIÓN

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado presentado por el ciudadano: **Ing. Gary Partidas** portador de la Cédula de Identidad **Nº 13.846.529** para optar al grado de: **Especialista Profesional en Gerencia de Mantenimiento**. Titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT DIESEL Y CUMMINS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR**, considero que dicho trabajo reúne los requerimientos y méritos suficientes para ser sometido a la EVALUACIÓN por parte del Jurado Examinador.

En la Ciudad de Puerto Ordaz 23 de octubre del 2015

MSc Ing. Iván J. Turmero Astros

C. I : 6.042.713



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscribimos, Miembros del jurado Evaluador designado por la Comisión de Estudios de Postgrado de la Dirección de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado de Puerto Ordaz, para examinar el Trabajo de Grado presentado por el ciudadano: **Ing. Gary Partidas** portador de la Cédula de Identidad **Nº 13.846.529** Titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTORES PRINCIPALES DETROIT DIESEL Y CUMMINGS EN LAS EMBARCACIONES DE LA GERENCIA DE FLOTA REMOLCADORES DE PDV MARINA EN CIUDAD BOLÍVAR**, para optar al Grado de: Especialista Profesional en **Gerencia de Mantenimiento**, consideramos que dicho Trabajo de Grado cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos: **APROBADO**.

En la ciudad de Puerto Ordaz 23 de Octubre del 2015

Presidente

Miembro Principal

Miembro Principal

Dedicatoria:

A mis padres,

Jesús Partidas

Yemile Uribe

Esposa,

Jhoandrys Jayo

Hijo,

Fabio Partidas

AGRADECIMIENTOS

A dios por estar siempre a mi lado, otorgándome vida, salud fortaleza para salir adelante.

A todo el personal de PDV Marina y empresas que prestan servicio a nuestra filiar.

Por último y no menos importante a todas aquellas personas que han confiado en mí y han sido apoyo en algún momento, alentándome a seguir cada día en el camino del éxito.

Gary Partidas (Octubre, 2015). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit diesel y cummins en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de Pdv Marina en Ciudad Bolívar. Trabajo de grado. Universidad Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Vicerrectorado Puerto Ordaz dirección de investigación y postgrado. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Tutor: Ing. Iván Turmero MSc.

RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como propósito la elaboración del diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit Diésel y Cummins en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de PDV Marina. Con el fin de dar respuesta a las fallas que ocurren en los motores. Gracias a este estudio se ahorrarán altos costos por reparaciones imprevistas en los motores diesel. Se tomó como muestra de estudio los motores principales de siete remolcadores. El estudio fue desarrollado como una investigación no experimental de tipo aplicado. Ya que se planteó un modelo a seguir para la corrección de las fallas en los equipos. En él trabajó se abarcaron las siguientes acciones: a) Se revisaron las referencias bibliográficas y documentos técnicos, referidos a los motores. B) Se estableció el funcionamiento de cada parte de los motores. c) Se analizó un historial de falla de los motores perteneciente a los siete remolcadores, durante los años 2012 y 2013, para identificar las diferentes fallas y organizarlas utilizando el análisis y efecto de fallas (AMEF). d) Se determinó el impacto real de cada falla según el análisis modo y efecto de falla (AMEF). e) Se evaluaron diferentes alternativas de mantenimiento para evitar fallas en estos equipos. f) Se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para prevenir el alto índice de las fallas en los motores diesel. g) Se establecieron indicadores de gestión para realizar el seguimiento en los equipos. El estudio se desarrolló en la Gerencia Flota Remolcadores en Ciudad Bolívar, la cual, es la encargada de mantener en operación los remolcadores de la flota fluvial garantizando el funcionamiento de los motores en los remolcadores para obtener la mayor disponibilidad, y baja mantenibilidad.

Palabras claves: 1). Mantenimiento. 2) MCC. 3). Motores. 4). Remolcadores. 5). PDV Marina.

ÍNDICE

CAPÍTULOS

Página

ACTA DE EVALUACIÓN	v
ACTA DE APROBACIÓN	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
I EL PROBLEMA	3
1 Objetivos	7
1.1 Objetivo General	7
1.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Definición de Variables	8
1.4 Justificación	9
1.5 Limitaciones	9
1.6 Alcance	10

II	MARCO TEÓRICO	11
	2.1 PDV Marina	11
	2.2 Un Remolcador	11
	2.3 El MCC	13
	2.4 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	14
	2.5 Modos de falla	16
	2.6 Efecto de Falla	17
	2.7 Consecuencia de las Fallas	18
	2.8 Tareas de mantenimiento o acciones de prevención	19
	2.9 Acciones a “Falta de “	20
	2.10 Fallos Funcionales	21
	2.11 Parámetros estadísticos de Mantenimiento	26
	2.11.1 Disponibilidad	26
	2.11.1.1 Disponibilidad Alcanzada	27
	2.11.1.2 Disponibilidad Inherente	27
	2.11.1.3 Disponibilidad Operacional	28
	2.11.2 confiabilidad	28
	2.11.3 Mantenibilidad	29
	2.12 Herramientas estadísticas para el análisis de Fallas	30

2.12.1 Diagrama Causa efecto	30
2.13 Análisis del modo de fallas y efecto (AMEF)	31
2.13.1 Objetivo del AMEF	31
2.13.2 Generación del AMEF	31
2.14 análisis del Árbol de Falla	32
2.14.1 Descripción del método	32
2.14.2 Desarrollo del Árbol	33
2.14.3 Explotación del Árbol	34
2.14.4 Evaluación Cualitativa	34
2.15 Mantenimiento	35
2.16 Mantenimiento Correctivo	37
2.17 Mantenimiento Preventivo	38
2.18 Política de mantenimiento	40
2.19 Partes de un Motor Diesel y sus Funciones	42
2.19.1 El bloque	42
2.19.2 El Cigüeñal	43
2.19.3 La Culata	44
2.19.4 Los Pistones	45
2.19.5 Las Camisas	46

2.19.6 Segmentos (Anillos)	47
2.19.7 Las Bielas	48
2.19.8 Los Cojinetes	49
2.19.9 Las Válvulas	50
2.19.10 Árbol de Levas	50
2.19.11 Engranajes de Distribución	51
2.19.12 Bomba de Aceite	52
2.19.13 Bomba de Agua	52
2.19.14 Amortiguadores	53
2.20 Parámetros estadísticos de Estudio	54
2.20.1 Puerto Miranda	54
2.20.2 Río Manapiare	54
2.20.3 Embarcación Capitán Rudy	54
2.20.4 Embarcación san Gabriel	54
2.20.5 Embarcación Atamaica	55
2.20.6 23 de Enero I	55
2.20.7 Embarcación 23 de enero II	55
2.20.8 Criterios para la Disponibilidad de motores y embarcaciones	56

III	DISEÑO METODOLÓGICO	66
	3.1 Tipo de estudio	66
	3.2 Muestra	67
	3.2.1 Embarcación Puerto Miranda	68
	3.2.2 Embarcación Río Manapiare	68
	3.2.3 Embarcación Capitán Rudy	69
	3.2.4 Embarcación San Gabriel	70
	3.2.5 Embarcación Atamaica	70
	3.2.6 Embarcación 23 de Enero I	71
	3.2.7 Embarcación 23 de Enero II	71
	3.3 Instrumentos	72
	3.3.1 Recolección de información	72
	3.3.2 Inspección	72
	3.3.3 Datos históricos	72
	3.3.4 Diagramas de Paretos	73
	3.3.5 Análisis AMEF.	73
	3.4 Materiales e instrumentos para la investigación	73
	3.5 Procedimiento para la Recolección	73
	3.6 Preguntas de Investigación	74

IV	RESULTADOS	76
	4.1 Análisis de referencia Bibliográfica	76
	4.2 Recopilación de información	76
	4.3 Inspección motores	81
	4.4 Recopilación, análisis de datos históricos de Fallas	85
	4.5 Elaboración de diagramas de Pareto	90
	4.6 Elaboración del Árbol de falla	103
	4.7 Elaboración de tablas de análisis de falla (AMEF)	113
	4.8 Diseño de un plan de Mantenimiento centrado en Confiabilidad	120
	4.8.1 Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo	120
	4.8.2 Programa de Control del Plan de Mantenimiento	129
	4.8.3 Acciones complementarias del Plan de mantenimiento	130
	4.8.4 Acciones de tipo Preventivo	131
	4.9 Indicadores de Gestión para el Seguimiento y control del plan de Mantenimiento	133
	CONCLUSIONES.....	136
	RECOMENDACIONES.....	138
	BIBLIOGRAFÍA.....	140
	ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Página
1	Remolcador Río Manapiare	12
2	Diagrama Operacional del transporte de Combustible PDV Marina.	12
3	Representación gráfica del Árbol de Falla	32
4	Símbolos para el árbol de falla	33
5	Bloque de un motor Detroit diesel 8V Serie 71	42
6	Cigüeñal	43
7	Culata o Cámara	44
8	Pistones	45
9	Camisas	46
10	Anillos	47
11	Bielas	48
12	Cojinetes	49
13	Válvulas	50
14	Levas	51

15	Tren de Engranajes	51
16	Bomba de aceite	52
17	Bomba de agua	53
18	Amortiguadores	53
19	Remolcador Puerto Miranda	69
20	Remolcador Río Manapiare y Motores	69
21	Remolcador Capitán Rudy	70
22	Remolcador San Gabriel	71
23	Remolcador Atamaica	71
24	Remolcador 23 de Enero I	72
25	Remolcador 23 de Enero II	72
26	Árbol de Fallas, Sistema de Combustible	105
27	Árbol de Fallas, Sistema de lubricación	106
28	Árbol de Fallas, Sistema de Admisión	107
29	Árbol de Fallas, Sistema de enfriamiento	108
30	Árbol de Fallas, Sistema de equipos eléctricos	109

31	Árbol de Fallas, Sistema de escape	110
32	Árbol de Fallas, Instrumentos	111
33	Árbol de Fallas, Instrumentos	112
34	Flujo de selección de las actividades de mantenimiento	120

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Página
1	Variables	8
2	Falla Funcional	23
3	Factores de Detección	23
4	Factores de Ocurrencia	24
5	Factores de Severidad	25
6	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero I (2012)	57
7	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero II (2012)	58

8	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Atamaica (2012)	59
9	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador San Gabriel. (2012)	60
10	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Cap. Rudy (2012)	60
11	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Puerto Miranda (2012)	61
12	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Rio Manapiare. (2012)	61
13	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero I (2013)	62
14	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero II (2013)	62
15	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Atamaica (2013)	63

16	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador San Gabriel. (2013)	63
17	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Cap. Rudy (2013)	64
18	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Puerto Miranda (2013)	65
19	Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Rio Manapiare. (2013)	65
20	Información técnica en el Remolcador Rio Manapiare	77
21	Información técnica del Remolcador Puerto Miranda	77
22	Información técnica en el remolcador Capitán Rudy	78
23	Información técnica del remolcador Atamaica	78
24	Información técnica en el Remolcador 23 de Enero I	79
25	Información técnica en el remolcador 23 de Enero II	79
26	Información técnica del remolcador San Gabriel	80
27	Inspección en el Remolcador Río Manapiare	81

28	Inspección en el Remolcador Puerto Miranda	82
29	Inspección en el Remolcador Capitán Rudy	82
30	Inspección en el Remolcador 23 de Enero I	83
31	Inspección en el Remolcador 23 de Enero II	83
32	Inspección en el Remolcador Atamaica	84
33	Inspección en el Remolcador Sal Gabriel	84
34	Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial, primer semestre 2012	86
35	Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial Segundo semestre año 2012	87
36	Reporte de falas de los remolcadores Flota Fluvial primer semestre 2013	88
37	Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial Segundo semestre año 2013	89
38	Disponibilidad de los remolcadores Flota Fluvial año 2012	90
39	Disponibilidad Operativa en porcentaje 2012 de los motores en las embarcaciones de PDV Marina	93
40	Disponibilidad de los remolcadores Flota Fluvial año 2013	95
41	Disponibilidad Operativa en porcentaje 2013 de los motores en las embarcaciones de PDV Marina	99

42	Análisis Foda Motores propios	101
43	Análisis Foda Motores Empresa privada	102
44	AMEF, Sistema de Combustible	113
45	AMEF, Sistema de Admisión de Aire	114
46	AMEF, Equipos Eléctricos	115
47	AMEF, Sistema de Enfriamiento	116
48	AMEF, Sistema De escape	117
49	AMEF, Instrumentos	118
50	Plan de Mantenimiento Preventivo 250 horas	123
51	Plan de Mantenimiento Preventivo 500 horas	124
52	Plan de Mantenimiento Preventivo 1.000 horas	125
53	Plan de Mantenimiento Preventivo 2.000 horas	126
54	Plan de Mantenimiento Correctivo 5.000 horas	127
55	Plan de Mantenimiento Correctivo 10.000 horas	128
56	Formato modelo para actividades Programadas vs. Planificadas para el Plan de Mantenimiento.	129
57	Acciones complementarias del Plan de Mantenimiento	130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO		Página
1	Días/Año/Off hire Remolcador como consecuencia de los motores en las embarcaciones año 2012	90
2	Horas/Off hire año 2012	91
3	Horas /Off Hire /On Hire/ On Hire Programado año 2012	92
4	Disponibilidad año 2012	94
5	Días /Año/Off Hire Año 2013	96
6	Horas/ Off Hire año 2013	97
7	On Hire Programado Año 2013 / Off Hire/ On Hire	98
8	Disponibilidad año 2013	99

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tuvo como propósito el diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit Diésel y Cummins, en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de PDV Marina propias y fletadas en Ciudad Bolívar. Se establecieron actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los motores, tomando en cuenta las posibles causas que originaran las fallas en los motores.

El MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o Reliability Centered Maintenance, RCM por sus siglas en inglés), es un proceso desarrollado durante los años 60 y 70, con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. Es usado para determinar lo que debe ser hecho para asegurar que cualquier recurso físico o sistema continúe prestando el servicio.

Este trabajo se estructuro de los de la siguiente forma:

Capítulo I: Se expuso el problema objeto del Trabajo. En el capítulo II: Se presentó el marco teórico y se detallaron los aspectos relevantes de la literatura consultada. En el Capítulo III: Se explicó el diseño metodológico para realizar el estudio. En el capítulo IV: Se presentaron los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto, así mismo, basado en la metodología de RCM teniendo como propósito el diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit y Cummins de las embarcaciones de PDV Marina, luego se muestra la propuesta del plan de mantenimiento, finalmente se dan a conocer la conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Con la elaboración de este trabajo se buscó plantear propuestas para minimizar las fallas y en consecuencia mejorar la calidad operativa de los motores principales de las embarcaciones propias y fletadas, bajando los costos de transporte por las paradas no deseadas. El mismo se realizó en el muelle de Ciudad Bolívar.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

En el capítulo a continuación se expuso el problema, el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis, además de la delimitación y justificación de la investigación realizada a los motores principales Detroit Diésel y Cummins perteneciente a los remolcadores de la gerencia de flota Remolcadores de PDV marina.

1.1 Planteamiento del Problema

PDV Marina es la filial de Petróleos de Venezuela S.A, que se encarga de la distribución y transporte marítimo de los hidrocarburos y sus derivados. Fundada el 29 de noviembre de 1990, esta filial de PDVSA nació con la intención de convertirse en la empresa naviera de Petróleos de Venezuela y manejar parte del negocio del transporte de la industria petrolera venezolana.

En la actualidad la orientación estratégica de PDV Marina busca la reducción de los costos de operación, el logro de una mayor productividad y modernización de la flota, y la captura de negocios no convencionales. Para lograrlo, estudian esquemas de asociación que permitan avanzar hacia nuevos niveles de eficiencia, en la búsqueda de incremento en los volúmenes de tonelaje de la flota y en la calidad de la misma.

Por decreto presidencial se promulgo la nacionalización del transporte fluvial de combustible en el eje Orinoco-Apure, durante el año 2009. Absorbiendo el transporte de combustible PDVSA, la cual, designo su filiar naviera PDV Marina, para que se encargara de todo el desarrollo logística y modernización de la flota actual de remolcadores y gabarras planas previstas para el año 2016.

Su principal ente contratante es la filial Comercio y Suministro Oriente, quien posee dos plantas de distribución una en Ciudad Bolívar, (Puerto de carga) y la otra en Puerto Ayacucho, (Puerto de descarga).

1.1.2 Situación Actual:

Actualmente Pdv Marina con el fin de cumplir con el transporte fluvial en el estado Amazonas tiene fletadas 5 embarcaciones (Remolcadores y gabarras planas) las cuales se encargan del transporte fluvial de combustible desde Ciudad Bolívar hasta el estado Amazonas y posee operativo 2 remolcadores propios, los cuales serán sometidos al estudio de este proyecto. Estos remolcadores y gabarras zarpan cargados de combustible gasolinas y Diésel desde Ciudad Bolívar y duran 6 días navegando río arriba hasta Puerto Ayacucho, luego bajan sin carga durante 3 días. Al producirse alguna falla en los motores de las embarcaciones, se afectarían los tiempos de entrega del combustible, generando retrasos y afectación a las comunidades del alto Orinoco.

Estas embarcaciones son:

Capitán Rudy, San Gabriel, Atamaica, 23 de Enero I, 23 de Enero II, Puerto Miranda y Río Manapiare.

Actualmente existe un plan de mantenimiento correctivo adaptado a las condiciones de funcionamiento de los motores principales de las embarcaciones, por lo que las sustituciones o reparaciones surgen como correctivo, y en muchos casos, como paliativo para corregir las fallas. Se instalan partes y repuestos recuperados de otros sistemas. Con el plan existente, los problemas se resuelven por medio de las experiencias del personal de mantenimiento, es decir, se reacciona cuando ocurre una falla (se aplica mantenimiento correctivo), lo que conlleva a que dicho sistema presente fallas repetitivas.

La situación antes descrita conlleva a dar repuesta al siguiente planeamiento problemático: El aumento de una serie de fallas dentro de los sistemas de los motores Diésel principales de las embarcaciones, como lo son: El Sistema de combustión, reguladores, sistema de admisión de aire, sistema de lubricación, sistema de enfriamiento, sistema de escape, equipos eléctrico, instrumentos y sistemas de protección, dentro de estos sistemas, fallas continuas de cámaras dañadas, inyectores, recalentamientos, enfriadores de aceite, bomba de agua, bomba de aceite, fallas en los escapes, desalineación del equipo, desgaste de conchas de bielas, conchas de cojinetes, fallas de lubricación y eléctricas, las cuales obligan a que se generen paradas de transporte innecesarias y costos por concepto de mantenimiento afectando a la población del estado Amazonas por los retrasos en las entregas del combustible.

Con el fin de evitar pérdidas en dólares por concepto de paradas imprevista se tiene previsto un diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para corregir anticipadamente las fallas generadas en los motores de las embarcaciones propias y fletadas.

Este estudio es importante porque permitió optimizar, estandarizar las variables que harán posible una buena gestión de mantenimiento basado en MCC además, proveerá los datos certeros, oportunos y necesarios para la rápida toma de decisiones a cualquier nivel, estará enfocado en análisis de fallas y la planificación del mantenimiento para los equipos antes mencionados. El estudio se desarrolló con intención de ubicar los orígenes de las diversas fallas de los motores. Se enfocó como una investigación no experimental de tipo aplicada o tecnológica ya que permitió elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para minimizar las fallas. Para el cual se utilizó un registro de fallas del 01 de enero del 2012 a 31 de diciembre 2013.

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizó los principios de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC). Las ventajas del MCC serán aplicadas al sistema de mantenimiento correctivo existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario desde un 70% a 40%. Si el MCC se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programado sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales. Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender por todo el personal involucrado, permitiéndoles saber que pueden y que no pueden esperar de esta aplicación y quien debe hacer que para conseguirlo. La disposición de nuevos dispositivos de seguridad, la revisión sistemática de las consecuencias de cada falla.

El producto final de este proyecto es el diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores Detroit diésel y Cummins, en las embarcaciones de la gerencia de flota remolcadores de PDV Marina en Ciudad Bolívar.

Por otra parte, el actual sistema de mantenimiento preventivo aplicado a los motores de las embarcaciones fluviales propias y fletadas, no surgió de un estudio metodológico del desempeño histórico del equipo, si no de la experiencia acumulada del personal encargado de su mantenimiento, lo cual conlleva a la ejecución de secciones de mantenimiento y verificación innecesarias, que muchas veces obstaculizan el normal desempeño de las operaciones de despacho.

OBJETIVOS

1. Objetivo General.

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit Diésel y Cummins en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de PDV Marina en Ciudad Bolívar.

1.2. Objetivos Específicos.

1.2.1. Analizar las referencias bibliográficas, documentación teórica, técnicas, referidas al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

1.2.2. Recolectar la información técnica contenida en manuales, revistas y actualizaciones de motores Detroit diésel y Cummins de las embarcaciones consideradas en el estudio.

1.2.3. Inspeccionar los motores principales en la sala de máquinas de las embarcaciones.

1.2.4. Recolectar y analizar los datos históricos de fallas, comportamiento de los motores principales Detroit diésel y Cummins de las embarcaciones de la Gerencia de Flota Fluvial en los reportes de operaciones en el lapso comprendido **01/01/2012** (8760 horas) al **31/12/2013** (8760 horas).

1.2.5. Elaborar diagramas de Pareto para determinar cuáles equipos, componentes tienen mayor impacto en la disponibilidad operacional de los motores en las embarcaciones y la creación de la matriz FODA.

1.2.6. Elaborar un Árbol de Falla para cada uno de los subsistemas de motores diésel de las embarcaciones.

1.2.7. Elaborar tablas de análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (AMEF) para los motores de las embarcaciones.

1.2.8. Diseñar un plan de mantenimiento y acciones centrado en confiabilidad para los motores principales Detroit diésel y Cummins en las embarcaciones de la Flota remolcadores de PDV Marina.

1.2.9. Establecer los indicadores de gestión para el seguimiento y control del plan de mantenimiento de los motores principales de las embarcaciones.

1.3 Definición de Variables.

Las variables contempladas en este estudio serán enfocadas al transporte de combustible desde Ciudad Bolívar Hasta Puerto Ayacucho.

Tabla 1 Variables

DEFINICIÓN NOMINAL	DEFINICIÓN REAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
	DIMENSIONES	INDICADORES
MEJORAS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	DEMANDA POTENCIAL EN PLANTA PUERTO AYACUCHO, VOLUMEN,CAPACIDAD	N° DE DESPACHOS DE CARGA DE GABARRAS DURANTE DOS AÑOS DE G91, G95 Y DIESEL.
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	DISPONIBILIDAD DE PRODUCTO G91 G95 DIESEL, CALIDAD DE SERVICIO	RECLAMOS DECANTIDAD
		DEMORA EN LA ENTREGA

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Justificación.

El siguiente estudio permitió establecer mejores prácticas de mantenimiento para los motores principales Detroit Diésel y Cummins, adscritos a la Gerencia de Flota Remolcadores de Pdv Marina, tomar decisiones en cuanto a operación y frecuencia de mantenimiento, lo cual mejora los índices de confiabilidad en el transporte de combustible en el eje fluvial. A través de dicho estudio se disminuyen los tiempos de reparación, mantenimientos correctivos y retrasos no deseados, se prolonga la vida útil de los equipos e incrementando la seguridad tanto de las personas como la de los equipos a bordo de las embarcaciones.

Este estudio contribuyó a bajar los problemas presentados en los motores de las embarcaciones. Lo cual tenían como consecuencia, una baja en la distribución del combustible en el estado Amazonas y el alto Orinoco por fallas en los motores principales de las embarcación trayendo la indisponibilidad de los remolcadores, bajando los inventarios de combustible almacenados en la Planta de distribución comercio y suministro de Puerto Ayacucho y la utilización esporádica del transporte del combustible por vía terrestre generando altos costos, desgaste de las unidades.

1.5 Limitaciones.

La limitación más resaltante de esta investigación fue la dificultad para la obtención de datos, debido a la falta de cultura en la recolección de dicha información sobre reparaciones, inspecciones y registros de fallas, sumado a la falta de personal en el departamento de Mantenimiento. Los datos de registros de fallas se tomaron a partir de enero 2012 al diciembre 2013 fecha desde la cual existe un levantamiento de información estadístico y algunos registros de fallas.

1.6 Alcance.

La investigación se enmarco en el diseño de un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit Diésel y Cummins de las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de Pdv Marina, filiar de PDVSA. Ubicada Operacionalmente en Ciudad Bolívar, estado Bolívar, La misma, permitió determinar qué tareas de mantenimiento son las más efectivas, mejorando así la funcionabilidad del sistema, relacionado con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallas y minimizando el costo de mantenimiento.

Aunque esta investigación se realizó en las embarcaciones fluviales en el eje Orinoco-Apuré, la metodología aplicada puede ser utilizada en otras unidades operacionales de PDVSA acuática.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PDV Marina.

Es la filial de Petróleos de Venezuela, S.A., que se encarga de la distribución y transporte marítimo de los hidrocarburos y sus derivados. Fundada el 29 de noviembre de 1990, esta filial de PDVSA nació con la intención de convertirse en la empresa naviera de Petróleos de Venezuela y manejar parte del negocio del transporte de la industria petrolera venezolana.

En la actualidad la orientación estratégica de PDV Marina busca la reducción de los costos de operación, el logro de una mayor productividad y modernización de la flota, y la captura de negocios no convencionales. Para lograrlo, estudian esquemas de asociación que permitan avanzar hacia nuevos niveles de eficiencia, en la búsqueda de incremento en los volúmenes de tonelaje de la flota y en la calidad de la misma. ⁽¹⁾

La sede de Operaciones de la Gerencia Flota Fluvial está ubicada en Ciudad Bolívar Su principal ente contratante es la filial Comercio y Suministro Oriente, quien posee dos plantas de distribución una en Ciudad Bolívar, (Puerto de carga) y la otra en Puerto Ayacucho, (Puerto de descarga).

2.2 Un remolcador.

Es una embarcación utilizada para ayudar a la maniobra de otras embarcaciones, principalmente empujar a dichos barcos o similares en puertos de mar abierto o a través de ríos. En la Gerencia Flota Fluvial de Remolcadores, se utilizan con el fin de trasladar gabarras planas llenas de combustible desde Ciudad Bolívar hasta Puerto Ayacucho. ⁽²⁾ (Ver figura 1)



Figura 1 Remolcador Rio Manapiare Fuente Partidas (2012))

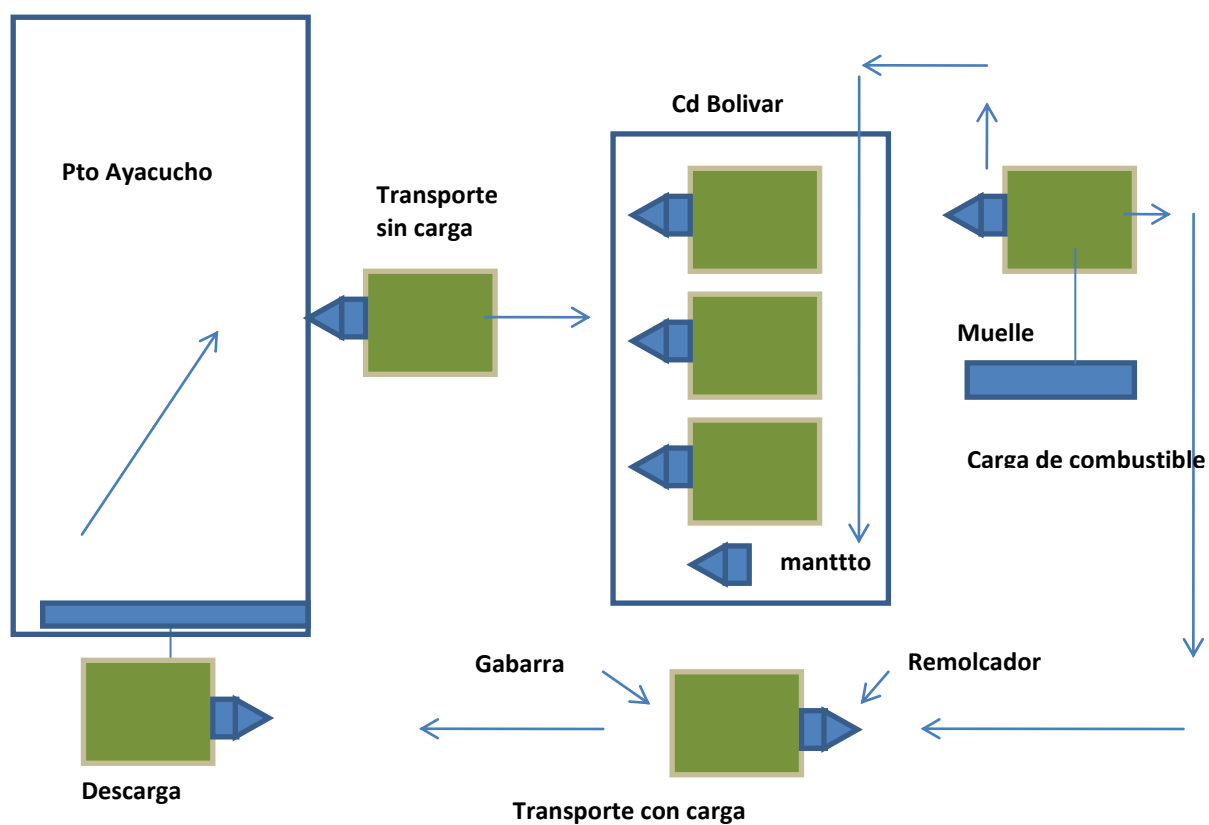


Figura 2 Diagrama Operacional del Transporte de Combustible Pdv Marina

Fuente:Elaboración propia (2011)

2.3 El MCC (RCM):

Ha conducido al desarrollo de numerosos derivados. Algunos de éstos son refinamientos y optimizaciones hechas al proceso RCM original. Sin embargo, también han surgido derivados menos rigurosos, la mayoría de los cuales son propuestas para “abreviar” el proceso básico de formulación de una estrategia de mantenimiento.

Según Moubray (1991) “Cualquier proceso RCM debe asegurar que se respondan satisfactoriamente todas las siguientes siete preguntas y en esa misma secuencia” (p.25).

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en su actual contexto operativo (funciones)?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional (modos de falla)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de la falla)?
5. ¿En qué forma es importante cada falla (consecuencias de la falla)?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de labores)?
7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

Para dar una respuesta “satisfactoria” a cada una de las anteriores preguntas, la siguiente información debe ser obtenida, y las siguientes decisiones deben ser tomadas. Toda la información y las decisiones deben ser documentadas en forma tal que estén disponibles y aceptables para el propietario o usuario del recurso”. ⁽³⁾

Gránela (1999) presentó un trabajo, donde se explica:

La aplicación de los pasos de la estrategia RCM al sistema de floculación de una planta de tratamiento de agua, en Cuba; luego de un análisis de confiabilidad realizado a partir de la información recopilada sobre la historia de fallas. Como resultado se incrementaron las tareas de mantenimiento BC (Basados en Condición), y disminuyeron las decisiones de FHF (Funcionamiento Hasta el Fallo), añadiéndose una tarea de PDF (Prueba de Detección de Falla). Se alcanzó una reducción de las horas – hombre requeridas por las actividades de mantenimiento preventivo. El RCM demostró sus potencialidades para garantizar, luego de un análisis sistemático, que cualquier activo físico continuará cumpliendo las funciones operacionales para las cuales fue diseñado y fabricado.(p.56) ⁽⁴⁾

2.4 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

En el 2004 **ER&M** ⁽⁵⁾, señala que MCC es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función, en el contexto operacional presente.

En otras palabras el MCC o RCM (por sus siglas en inglés Reliability Centred Maintenance), es un proceso en el cual se busca determinar que hacer para que un activo físico, continúe realizando lo que los usuarios quieren que haga, en el actual contexto operacional. Generalmente se aplica a equipos o sistemas críticos para la producción, seguridad o ambiente, con altos costos de mantenimiento y si no se confía en el mantenimiento existente.

Aladon (2005) señala lo siguiente:

“El MCC se presenta como un enfoque del mantenimiento que combina armoniosamente prácticas y estrategias correctivas, preventivas y predictivas, con la finalidad de maximizar la vida de los activos y asegurar el cumplimiento de sus funciones. Su implementación puede considerarse como un proceso en el que se determinan los requerimientos de mantenimiento de los activos, teniendo en cuenta su contexto operacional”.⁽⁶⁾

El método del MCC, plantea 7 preguntas básicas, o pasos a seguir:

- ¿Cuáles son las funciones del activo, en su actual contexto operacional?.
- ¿Cuáles son las fallas funcionales?
- ¿Cuáles son los modos de falla?
- ¿Cuál es el efecto de falla?
- ¿Qué importancia tiene la falla?
- ¿Qué puede planearse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no se puede prevenir la falla?

Las cuatro primeras preguntas, corresponden a lo que se conoce como Análisis de Modos y efectos de Falla (AMEF), y las restantes tres, sería lo que es la lógica de decisiones de MCC.

Latino (2005)⁽⁷⁾ expresa, precisamente porque no suceden con frecuencia (las fallas esporádicas), aún cuando su costo puede ser muy alto, éste se amortiza a través de varios años. Por otro lado, las fallas crónicas de que hemos venido hablando, se caracterizan por un costo relativamente bajo pero son bastante frecuentes. Son tan pequeñas que a menudo pasan desapercibidas, pero si acumulamos eso (p.66).

Las causas de cualquier falla pueden ubicarse en una de las categorías siguientes: Defectos de diseño, defectos de materiales, manufactura o procesos de fabricación defectuosos, ensamblaje o instalación defectuosos, imprevisiones en las condiciones de servicio, mantenimiento deficiente, malas operaciones.

2.5 Modos de Falla.

Moubray (1991) ⁽³⁾ define como “falla toda condición de operación de cualquier equipo o componente que este fuera de un estándar definido, esto implica, que no necesariamente el equipo o componente se haya roto para dejar de cumplir sus funciones. (p.77).

Martin (2000) ⁽⁸⁾, expone que los modos de falla son las condiciones que rodean al equipo o componente antes de presentarse la falla. Definiéndolo de otra manera. ” El modo de falla es la identificación del mecanismo o cambio de condición que experimenta cualquier equipo o componente antes de detectarse su pérdida de potencial.”

Para definir cuáles son los modos de falla de un equipo o componentes en particular se deben estudiar dos cosas, la primera es analizar por diversas técnicas disponibles, las fallas o interrupciones que hayan existido, de no contar con esa información, se pueden hacer otros análisis que se pueden sintetizar con las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las funciones?, ¿De qué forma pueden fallar?, ¿Qué causa que fallen?, ¿Qué sucede cuando fallan?, ¿Qué ocurre si fallan?, ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?, ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?.

2.6 Efectos de Falla.

Moubray (1991) ⁽³⁾ Consiste en hacer un listado de información con los eventos secuenciales que ocurren cuando un modo de falla se da. Esta descripción debe contener toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla y tareas de mantenimiento, debe describirse como si no estuviera haciéndose algo para prevenirlos y debe considerarse que el resto de los dispositivos y procedimientos operacionales funcionan o se llevan a cabo. La descripción de un efecto de falla debe contener ⁽³⁾:

¿Qué evidencias hay de que ocurrió la falla (si la hay)?

¿De qué manera afecta la seguridad y el ambiente (si es que la representa)?

¿De qué manera afecta la producción o las operaciones (si las afecta)?

1. ¿Es necesario parar el proceso?
2. ¿Hay impacto en la calidad?
3. ¿Hay impacto en el servicio al cliente?
4. ¿Se producen daños a otros sistemas?

¿Qué daños físicos ocasiona la falla (si los hay)?

¿Qué debe hacerse para reparar la falla?

Los efectos de las fallas deben registrarse, lo cual permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto que nivel de mantenimiento sería necesario. El proceso del RCM de responder sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes para mejorar el funcionamiento, la seguridad, también elimina errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

2.7 Consecuencias de las fallas.

Las consecuencias de las fallas consisten en preguntarse cómo y cuánto importa cada falla. La razón de esto es que las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. El RCM, clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

El primer grupo: Es el de las consecuencias de las fallas no evidentes, es decir, las fallas que no son evidentes y tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que se tratan las fallas no evidentes, primero reconociéndolas como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y, finalmente, adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a sus mantenimiento.

El segundo grupo: Consiste en las consecuencias en la seguridad y el medio ambiente ya que una falla que tiene consecuencias sobre la seguridad si puede físicamente afectar a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente y pone a la persona por encima de la producción.

El tercer grupo: Son las consecuencias operacionales que son las fallas que tienen consecuencias operacionales y afectan a la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto necesita gastar en tratar de prevenirlas.

El cuarto grupo: Son las de consecuencias que no son operacionales. Estas fallas evidentes que entran dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad, ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

2.8 Tareas de mantenimiento o acciones de prevención de fallas.

El RCM reconoce las categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

Las tareas a condición representa la necesidad continua de prevenir ciertos tipos de fallas, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las tareas de reacondicionamiento cíclico consiste en que los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla. Una gran ventaja del RCM, es el modo en proveer criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) que tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto y si fuera si para definir la frecuencia con que se hace y quien debe hacerlo. El RCM ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son

técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción adecuada como se describe en el séptimo paso.

2.9 Acciones a “falta de”.

Además de preguntar si las tareas son significativas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

Una acción sistemática que signifique prevenir la falla de una función no evidente solo valdrá la pena si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas, las cuales consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de falla que reduzca el riesgo de falla a un nivel aceptable, entonces la acción *a falta de* secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en si mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo a un nivel aceptable, el componente debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto periodo de tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo periodo de tiempo. Si no es justificable, la decisión definitiva inicial “*a falta de*” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático. Si

esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión a falta de secundaria sería rediseñar de nuevo.

De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática, si el costo de la misma durante un periodo de tiempo, es menor que el de la reparación durante el mismo periodo. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de arriba-abajo significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesiten realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También significa que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

2.10 Fallos Funcionales.

En relación al fallo funcional Parra (2005)⁽⁹⁾, señala:

Un Fallo funcional es definido como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente. (p. 78).

De lo anterior se puede decir que el no cumplimiento de una determinada función por parte de un activo en su contexto operacional, se puede definir como fallo funcional.

En el proceso de implantación del MCC, el grupo de trabajo debe comprender que el objetivo básico del mantenimiento es preservar los activos en un estado que estos puedan cumplir con sus funciones básicas. Esto significa que los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo podrán ser determinados si sus funciones están claramente definidas y comprendidas. Para poder cumplir con ello se deberá:

- Definir y diferenciar los distintos tipos de funciones según el MCC.
- Aclarar los estándares de ejecución (operacionales) de cada activo.
- Registrar los estándares de ejecución esperados asociados a cada función.

Una gran cantidad de esfuerzo y tiempo puede ser ahorrado si el estándar de ejecución esperado es definido de forma precisa y si todo el personal relacionado con el mantenimiento (personal de operaciones y mantenimiento) conoce este estándar de ejecución. El estándar de ejecución esperado deberá ser definido claramente para cada función de cada activo con respecto a su contexto operacional, a partir del análisis y la aprobación de todos los integrantes del grupo de trabajo MCC (principalmente por el personal de operaciones, mantenimiento e instalaciones).

Sobre el fallo funciona Cantariño (2005)⁽¹⁰⁾ expresa lo siguiente:

Los diferentes fallos funcionales pueden incidir sobre una función de forma parcial o total. La pérdida total de una función ocurre cuando un activo se detiene por completo de forma inesperada, la pérdida parcial de una función ocurre cuando el activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado. A cada falla funcional identificada se le debe atribuir sus causas potenciales y efectos potenciales sobre el equipo (Ver Tabla 1), de acuerdo al conocimiento y experiencia que tenga el grupo multidisciplinario de trabajo acerca del modo de fallas del equipo.(p. 33).

Tabla 2: Falla Funcional

N°	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	N°	CAUSA
1	Transferir agua desde Tanque A hasta tanque B a no menos de 800 Lts/min.	A	No transfiere nada de agua	1	Falla rodamiento
				2	Impeler trabado
				3	Falla acople
				4	Falla motor
			Transfiere menos de 800 Lts/min.	5	Válvula cerrada
				1	Impeler desgastado
				2	Succión parcialmente bloqueada
		B			

Fuente: Cantariño (2005)

Adicionalmente cada causa se le deberán asignar unos factores de Detección, de ocurrencia y de severidad, esto con el fin de jerarquizar dichas fallas (Respectivamente Ver Tablas 3, 4 y 5).

Tabla 3: Factores de Detección (D)

DETECCIÓN	PUNTOS	COMENTARIO	OBSERVACIONES
Certera	1	Método de detección probado y disponible	Si el valor cae entre dos valores elegir el mayor
Muy Alta	2	Método de detección probado y disponible	Si el equipos de trabajo presenta discordancia siga estos consejos:
Alta	3	Posibilidad de simular o modelar	1.- Si el desacuerdo es en categorías adyacente, trabaje con el promedio de los números
Moderadamente Alta	4	Posibilidad de ensayos en prototipos	2.- Si el desacuerdo es en categorías no adyacentes debe tratar de lograrse un consenso
Media	5	Ensayos en la producción misma	
Baja	6	Ensayos en sistemas de producción similares	
Leve	7	Ensayos sobre productos y prototipos	
Muy Leve	8	Ensayos de durabilidad en componentes	
Remota	9	Técnicas poco confiables	
Casi imposible	10	Ninguna técnica disponible	

Fuente: Cantariño (2005)

Tabla 4: Factores de Ocurrencia (O)

OCURRENCIA	PUNTOS	COMENTARIO	OBSERVACIONES
Certera	10	La falla ocurre casi siempre	Si el valor cae entre dos valores elegir el
Muy Alta	9	Muy alto número de fallas	Si el Equipo de trabajo presenta discordancias siga estos consejos:
Alta	8	Alto número de fallas	1.- Si el desacuerdo es en categorías adyacentes, trabaje con el promedio de los números
Moderadamente Alta	7	Ocurrencia de fallas moderada	2.- Si el desacuerdo es en categorías no adyacentes de tratar de lograrse un consenso
Media	6	Medianamente ocurren fallas	
Baja	5	Ocasionalmente ocurren fallas	
Leve	4	Pocas veces ocurren fallas	
Muy Leve	3	Muy pocas veces ocurren fallas	
Remota	2	Rara vez ocurren fallas	
Casi imposible	1	Nunca ha ocurrido	

Fuente: Cantariño (2005)

Tabla 5: Factores de Severidad (S)

SEVERIDAD	PUNTOS	COMENTARIO	OBSERVACIONES
Sin efectos	1	No hay Efectos	Si el valor cae entre dos valores elegir el mayor
Muy leve	2	Efecto marginal	Si el equipo de trabajo presenta discordancias siga estos consejos
Leve efecto	3	Leve efecto en la producción (rendimiento)	1. Si el desacuerdo es en categorías adyacentes, trabaje con el promedio de los números
Menor	4	Menor efecto en la producción (rendimiento)	2. Si el desacuerdo es en categorías adyacentes de tratar de lograrse un consenso
Moderado	5	Moderado efecto en la producción (rendimiento)	
Significante	6	Falla parcial, degradación del producto	
Mayor	7	Producto severamente afectado con sistema en función segura	
Extrema	8	Producto y sistema inoperable	
Seria	9	Riesgo potencial, Producto y sistema inoperable	
Riesgo	10	Falla súbita con efecto en la seguridad. Fuera de norma	

Fuente: Cantariño (2005)

Fórmula para obtener la falla funcional más crítica del sistema:

$$Falla \text{ más crítica} = S * O * D$$

2.11 Parámetros estadísticos de Mantenimiento:

2.11. 1 Disponibilidad

Prando (1996)⁽¹¹⁾ define como:

“La Característica de un equipo, instalación, línea de fabricación que expresa su habilidad para operar sin problemas.”. (p.17)

La Disponibilidad se relaciona con la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está bien y listo para operar. Ésta es frecuentemente expresada como (tiempo en servicio)/(tiempo en servicio + tiempo en parada) con muchas variantes. El tiempo en servicio y el tiempo en parada son dos condiciones excluyentes. EL tiempo en servicio se refiere a la capacidad para desempeñar la tarea y el tiempo de parada se refiere a cuando este no esté en capacidad de desempeñar tal tarea. Además, la Disponibilidad puede ser el producto de varios términos diferentes, tales como:

$$D = D_{\text{hardware}} * D_{\text{software}} * D_{\text{humano}} * D_{\text{interfaces}} * D_{\text{proceso}}$$

La disponibilidad está determinada por al menos tres factores principales:

1. Incremento del tiempo para fallar.
2. Decremento de las paradas por reparaciones o Mantenimiento programado.
3. Cumplimiento de los dos anteriores de una manera costo-efectivo.

A medida que la disponibilidad crece, la capacidad para producir se incrementa, porque el equipo estará en servicio un mayor porcentaje de tiempo.

La disponibilidad se describe en términos cuantitativos como: tiempo en línea, tiempo de factor de corrida, falta de paradas, y un buen número de términos operativos coloquiales. Aunque muchos equipos no están en operación permanente, los Departamentos de Producción quieren que estén disponibles por lo menos una cantidad específica de tiempo con el fin de completar sus tareas, por lo que se necesita un mínimo valor de disponibilidad.

2.11.1.1 Disponibilidad Alcanzada.

Tal como es vista por el Departamento de Mantenimiento, (incluye tanto el Mantenimiento Correctivo como el Preventivo, pero no incluye demoras en suministros y demoras administrativas), y es definida como:

$$Da = \frac{TMEM}{TMEM + TMAM}$$

Dónde:

Da = Disponibilidad alcanzada , TMEM = Tiempo medio entre mantenimientos
y TMAM = Tiempo medio del activo en mantenimiento

2.11.1.2 Disponibilidad Inherente.

Tal como es vista por el personal de Mantenimiento (excluye las paradas por Mantenimientos Preventivos, demoras en suministros, y demoras administrativas), y es definida como:

$$Di = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

Dónde:

Di = Disponibilidad inherente, TMEF = Tiempo medio entre fallas y TMDR = Tiempo medio de reparación

2.11.1.3 Disponibilidad Operacional, tal como es vista por el usuario, y es definida como:

$$Do = \frac{TMEM}{TMEM + TDT}$$

Dónde:

Do = Disponibilidad Operacional , TMEM = Tiempo medio entre mantenimientos
y TDT = Tiempo medio de paro.

2.11.2 Confiabilidad

Prando (1996)⁽¹¹⁾ la define como:

“La probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado” (p 45).

La **Confiabilidad** se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado. Cuando el número de fallas por unidad de tiempo, es decir, la tasa de fallas, es constante, la distribución del tiempo entre fallas es exponencial y es posible entonces predecir la confiabilidad basándonos en la distribución exponencial. Cuando esto no sucede, cabe aplicar alternativamente la distribución de Weibull u otras distribuciones de probabilidad. La distribución exponencial tiene un amplio uso por su relativa sencillez y porque en gran cantidad de casos, el activo en su conjunto presenta una tasa de fallas (λ) constante, independientemente del modelo (o los modelos) de fallo que presenten sus partes componentes individualmente. Cuando el principal mecanismo de fallo es el desgaste, la distribución exponencial no resulta válida.

La fórmula de distribución exponencial de la confiabilidad:

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

Donde: $R(t)$ = Probabilidad de funcionamiento libre de fallas

e = Número de Euler (= 2718)

λ = Tasa de fallo (se supone constante para este caso)

TMEF = Tiempo medio entre fallas

t = Período especificado de funcionamiento libre de fallas

2.11.3 Mantenibilidad

Knezevic (1996)⁽¹²⁾, la expresa como:

“La característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica” (p.25)

La **Mantenibilidad** tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento, o en que tanto tiempo se toma en lograr (fácil y rápido) las acciones de mantenimiento, en relación con los datos. Los datos incluyen el mantenimiento (todas las acciones necesarias para mantener un componente como tal, o restablecerlo a una condición específica) realizado por personal calificado, que usa procedimientos y recursos predeterminados, para cada nivel de mantenimiento establecido. Las características de mantenibilidad son usualmente determinadas por el diseño del equipo, el cual establece los procedimientos de mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación. El índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio para reparar (TMPR) y es un límite para el tiempo máximo de reparación.

La mantenibilidad es frecuentemente expresada como:

$$M(t) = 1 - e^{-t/TMPR} = 1 - e^{-\mu t}$$

Donde: $M(t)$ = Probabilidad de reparar en un tiempo determinado

e = Número de Euler (= 2718)

μ = Constante de tasa de mantenimiento

$TMPR$ = Tiempo medio para reparar

t = Período especificado de funcionamiento libre de fallas

2.12 Herramientas estadísticas para el análisis de fallas:

2.12.1 Diagrama causa efecto:

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad.

Según Chiavenato (2001)⁽¹³⁾, el Diagrama de causa y efecto (o espina de pescado) “es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra” (p.66).

Se usa para: visualizar en equipo, las causas principales y secundarias de un problema; ampliar la visión de las posibles causas de un problema enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones; analizar procesos en búsqueda de mejoras; modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones - muchas veces - sencillas y baratas; educar sobre la comprensión de un problema.

2.13 Análisis del modo de fallas y efectos (AMEF).

El AMEF es una técnica sistemática para identificar y analizar fallas. Cada componente de un sistema se somete a un conjunto de preguntas y el analista las responde indicando el efecto de cada modo de falla sobre el sistema, proponiendo posibles medios para minimizar esos efectos. Luego, la posibilidad de cada falla se usa para estimar la probabilidad de falla de todo el sistema.

2.13.1 Objetivos del AMEF.

Los objetivos que se logran con la aplicación de la metodología de análisis de fallas, sus efectos y consecuencias son los siguientes: a) Revisión sistemática del modo de falla del componente, b) Determinar el efecto que la falla tiene sobre otras partes del sistema, c) Calcular la probabilidad de falla. d) Establecer programas de pruebas, e) Determinar como reducir la tasa de fallas del sistema y f) Identificar y reducir los efectos adversos que puedan ocurrir por la falla.

2.13.2 Generación del AMEF.

La identificación de la falla se simplifica si se usa una serie de palabras guías, aplicadas en forma sistemática ,sección por sección, línea por línea para revelar situaciones no adecuadas o desviaciones de los valores de las variables fuera de los límites de aceptación. Las palabras guías utilizadas son las siguientes: a) NO: NO hay flujo, temperatura, fuerza, etc., cuando lo normal es que exista, b) MAS DE: Cuando hay exceso de flujo, temperatura, etc., con respecto a lo normal, c) MENOS DE: Cuando falta flujo, presión, etc., con respecto a lo normal, d) PARTE DE: Cuando hay cambio en la composición, e) MÁS QUE: Cuando se toman en cuenta impurezas, otras fases etc. y f) OTRAS: Cuando se toman en cuenta aspectos que no pertenecen a la operación normal como paradas arranques, suministros, etc..

2.14 Análisis del Árbol de falla.

2.14.1 Descripción del método.

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos. Seguidamente, de manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado", ya sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen. (Ver figura 3)

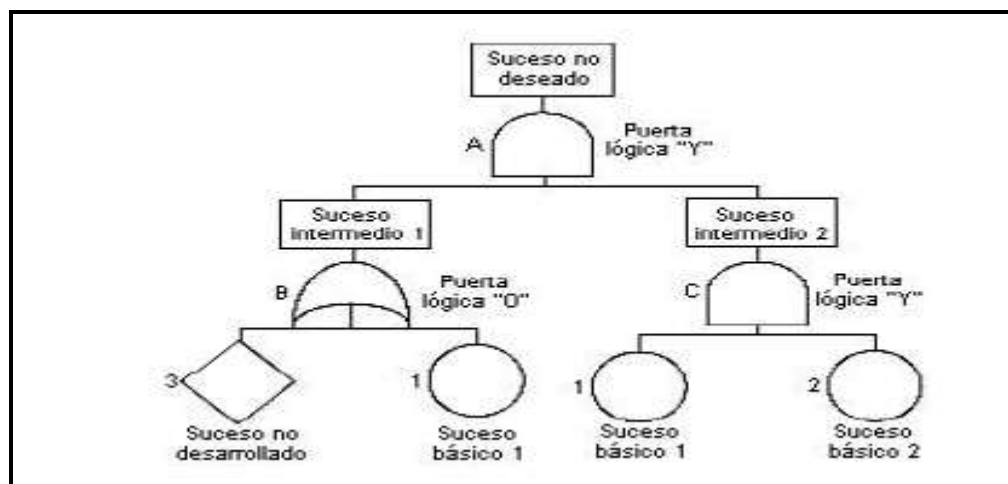






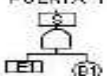






Figura 3 : Representación gráfica del Árbol de falla.

Fuente : SIAFA. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo,
España.

Los nodos de las diferentes puertas y los "sucesos básicos o no desarrollados" deben estar claramente identificados. Estos "sucesos básicos o no desarrollados" que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol se caracterizan por los siguientes aspectos: Son independientes entre ellos. Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

2.14.2 Desarrollo del árbol.

Prefijado el "evento que se pretende evitar" en el sistema a analizar, se procede descendiendo escalón a escalón a través de los sucesos inmediatos o sucesos intermedios hasta alcanzar los sucesos básicos o no desarrollados que generan las situaciones que, concatenadas, contribuyen a la aparición del "suceso no deseado". Para la representación gráfica de los árboles de fallas y con el fin de normalizar y universalizar la representación se han elegido ciertos símbolos que se representan en la **figura 4**.

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	PUERTA "Y"  El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).
	PUERTA "O"  El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

Fuente: SIAFA, Análisis probabilístico de riesgo: Metodología del(Árbol de Fallas y errores) Figura 4 : Símbolos utilizados para la presentación del árbol de falla

Para la resolución de árboles de fallas se realizan los siguientes pasos:

Identificación de todas las puertas lógicas y sucesos básicos.

- Resolución de todas las puertas en sus sucesos básicos.
- Eliminación de los sucesos repetidos en los conjuntos de fallo: aplicación de la propiedad de impotente del álgebra de Boole.
- Eliminación de los conjuntos de fallo que contengan a su vez conjuntos de fallo más pequeños, es decir, determinación de entre todas las combinaciones posibles, los conjuntos mínimos de fallo: aplicación de la ley de absorción del álgebra de Boole.

2.14.3 Explotación del Árbol.

La explotación de un árbol de fallas puede limitarse a un tratamiento "cualitativo" o acceder a un segundo nivel de análisis a través de la "cuantificación" cuando existen fuentes de datos relativas a las tasas de fallo de los distintos componentes.

2.14.4 Evaluación Cualitativa.

Consiste en analizar el árbol sobre el plano de su estructura lógica para poder determinar las combinaciones mínimas de sucesos básicos que hagan que se produzca el suceso no deseado o evento que se pretende evitar (noción de "conjunto mínimo de fallas"). Además, la estructura lógica de un árbol de fallas permite utilizar el álgebra de Boole, traduciendo esta estructura a ecuaciones lógicas. Para ello se expone muy brevemente tal sistema de equivalencia lógica:

- Una puerta "O" equivale a un signo "+", no de adición sino de unión en teoría de conjuntos.
- Una puerta "Y" equivale a un signo "." equivalente a la intersección.

2.15 Mantenimiento.

La Norma COVENIN 2500 (1993) define al mantenimiento como “el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado”; este conjunto de acciones implica tareas tales como limpieza, lubricaciones, ajustes, cambio programado de piezas, inspecciones, reparaciones, entre otras, que son llevadas a cabo sobre los equipos y maquinarias a fin de garantizar su operatividad durante el tiempo que sea requerido. ⁽¹⁴⁾

La definición de mantenimiento señalada en la Norma Venezolana establece dos orientaciones, a saber:

- La conservación del estado operativo de los sistemas productivos,
- La restauración a la condición operativa después que el mismo ha sufrido una paralización no programada; todo esto con la finalidad que el sistema pueda seguir cumpliendo con su función dentro del proceso productivo de la organización

Knezevic (1996) ⁽¹²⁾ establece que “el mantenimiento es el conjunto de tareas realizadas por el usuario para mantener la funcionalidad del sistema durante su vida operativa” (p.59)

El autor define sistema como un equipo o bien productivo o un componente formado por varias partes en un equipo de mayor complejidad. ⁽¹³⁾

Para Duffaa y Otros (2002)⁽¹⁵⁾. Definen el mantenimiento como “la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que pueda realizar las funciones designadas” (p 34).

Señalan que el mantenimiento es un elemento importante en la calidad de los productos y puede utilizarse para incrementar la ventaja competitiva de una empresa; esto se logra a través de la reducción del tiempo de paradas no programadas, aumentando la calidad y productividad, y reduciendo el tiempo de entrega de los productos al mercado.

Estos autores consideran que el mantenimiento es un sistema integrado por una serie de actividades o procesos que se realizan en paralelo con las tareas del sistema productivo. Las entradas en este sistema están formadas por el personal, repuestos, gestión, herramientas, equipos a mantener, entre otros, y las salidas por la entrega de equipos y maquinarias en buen estado de funcionamiento, que satisfagan las necesidades de producción establecidas.

Los beneficios que arroja la buena práctica del mantenimiento señalados por estos autores comprenden: la reducción de costos, incremento de la productividad y la disponibilidad de equipos confiables y seguros para lograr la entrega de productos a los clientes.

Según Milano (2005)⁽¹⁶⁾. Define el mantenimiento como “todas aquellas labores que realiza el usuario durante la vida operativa de los equipos o sistemas para lograr que estén en estado de funcionamiento o para volverlos a ese estado” (p.70).

Resalta el autor que este conjunto de tareas es conocido como “proceso de mantenimiento”, donde la entrada al mismo está formada por el equipo o sistema cuyo funcionamiento debe ser conservado, y la salida, por el equipo o sistema en estado de funcionamiento adecuado o satisfactorio. El mantenimiento se puede agrupar o clasificar según las estrategias de mantenimiento generales que consideran tanto el momento en el cual se producen las fallas como el momento de ejecución de las tareas de conservación y reparación.

La estrategia “basada en las fallas”, donde las labores correctivas se realizan para recuperar la funcionalidad del equipo o sistema, se puede describir como de reparación o no programado. Otra de las estrategias definidas por el autor es la “basada en la vida del equipo o sistema”, donde se establece la realización de las tareas de mantenimiento preventivos a frecuencias o intervalos fijos durante la vida operativa del equipo o sistema.

La estrategia más atractiva a juicio del autor es la “basada en la condición”, donde señala que las acciones de mantenimiento estarán justificadas según el estado real del equipo o sistema, mediante el control de ciertos parámetros físicos y operativos.

Las estrategias definidas anteriormente dan origen a los tipos de mantenimiento aplicados en las organizaciones. Los tipos más importantes se definen seguidamente.

2.16 Mantenimiento Correctivo.

Este tipo de mantenimiento es definido en la Norma COVENIN 3049 (1993)⁽¹⁷⁾. Como aquel donde las actividades de mantenimiento están “encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de manera integral a mediano plazo” (p. 88).

La norma define que las actividades más comunes en este mantenimiento son la modificación de elementos de las máquinas, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Resalta la norma que este tipo de mantenimiento debe ser planificado y programado en el tiempo para que su aplicación sea efectiva y evite realmente las paradas injustificadas.

En la Norma COVENIN 3049 (1993)⁽¹⁷⁾. También se define el Mantenimiento por Avería o Reparación como la “atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de paradas”.⁽²¹⁾ Resalta la norma que la atención de las fallas bajo este tipo de mantenimiento debe ser inmediata dado que los costos de “parada” se incrementan considerablemente.

Es necesario diferenciar los dos tipos de mantenimiento mencionados anteriormente porque comúnmente se utilizan indistintamente en las empresas;

esto lo podemos observar en la definición que ofrece Duffua y Otros (2002)⁽¹⁸⁾ cuando definen el Mantenimiento Correctivo como “aquel que solo se aplica cuando el equipo es incapaz de seguir operando, no es planeado y se realiza cuando el costo de aplicación de otro tipo de mantenimiento es más costoso”.

Ávila (1987)⁽¹⁹⁾ establece que la característica principal de este mantenimiento es la corrección de las fallas a medida que se presentan, ya sea por “síntomas” perceptibles o por la parada inesperada del equipo o instalación. Resalta el autor que en la práctica este mantenimiento es el más generalizado dado que requiere menos conocimiento y organización para su aplicación.

Navas (2006)⁽²⁰⁾ incluye las dos orientaciones del Mantenimiento Correctivo cuando lo define como reparaciones que ameritan detener el proceso de producción de una máquina, teniendo estas correcciones dos orígenes: (1) reparaciones surgidas del mantenimiento preventivo o predictivo como consecuencia de la detección de una falla parcial o intermitente, y (2) reparaciones derivadas de una falla total imprevista.

2.17 Mantenimiento Preventivo.

Resaltan los autores que este tipo de mantenimiento puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo o sistema.

La Norma COVENIN 3049 (1993) define este mantenimiento como aquel “que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras” . Igualmente establece que el objetivo de este mantenimiento es “adelantarse” a la aparición de o “predecir” la presencia de la falla.⁽²⁰⁾

En esta definición podemos visualizar dos orientaciones del mantenimiento preventivo, la primera, dirigida a evitar la ocurrencia de un paro no programado, y la segunda, dirigida a estimar el momento en que pudiera ocurrir este paro.

En la primera orientación se aplican acciones de mantenimiento como lubricaciones, ajustes, limpieza, inspecciones periódicas, entre otras. En la segunda, se realizan análisis estadísticos de tiempo de vida y confiabilidad, entre otras. Aquí se estudian la duración de cada pieza, equipo o sistemas y la ocurrencia de fallas en los mismos.

Duffuaa y otros. (2002) ⁽¹⁸⁾ Establecen que el mantenimiento preventivo es “una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un equipo”

La definición anterior es apoyada por Navas (2006) ⁽²⁰⁾. Quien define el mantenimiento preventivo como aquel “que se planea y programa con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos de mantenimiento”. Las actividades básicas de este tipo de mantenimiento, señaladas por el autor, son:

- Inspección periódica los activos y del equipo de la planta para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de la producción o depreciación perjudicial.
- Conservar la planta para anular dichos defectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aún en su etapa incipiente.

Entre las razones por las cuales este tipo de mantenimiento es mejor que el correctivo, tenemos:

- La frecuencia de fallas pueden reducirse mediante una adecuada lubricación, ajuste, limpieza e inspecciones periódicas.
- Si la falla no puede evitarse, la inspección y la medición pueden ayudar a reducir la severidad de las fallas.
- Puede detectarse el síntoma de una falla inminente.

- Hay diferencias importantes en costos entre las intervenciones no planeadas y las planeadas, incluyendo en la calidad del trabajo realizado.

2.18 Políticas de Mantenimiento.

KNEZEVIC, J (1996) ⁽²¹⁾ establece 5 políticas aplicables en la gestión del mantenimiento en cualquier organización. La aplicación de estas políticas depende de dos factores fundamentales, a saber, el Tiempo Hasta el Fallo (duración) y el Tiempo Para el Mantenimiento (TPM). A continuación se esbozan cada una de ellas:

1. Política de Mantenimiento Basada en la Ocurrencia del Fallo (Failure-based Maintenance, FBM), en donde las tareas de mantenimiento se inician al momento de producirse el fallo, es decir la presentación de anomalías en la funcionalidad del equipo.
2. Política de Mantenimiento Basada en la Vida del Sistema (Life-based Maintenance, LBM), donde se establecen tareas de mantenimiento preventivo a intervalos fijos predeterminados durante la vida operativa del sistema.
3. Política de Mantenimiento Basada en la Inspección (Inspection-based Maintenance, IBM), donde se realizan inspecciones en el elemento o sistema a intervalos fijos de tiempos de operación hasta que se requiera la ejecución de una tarea de mantenimiento preventivo.
4. Política de Mantenimiento Basada en el Examen (Examination-based Maintenance, EBM) donde se realizan tareas de mantenimiento condicional en forma de exámenes, según la condición observada en el elemento o sistema, hasta que se necesite la ejecución de una acción de mantenimiento preventivo.

5. Política de Mantenimiento Basada en la Oportunidad (Opportunity-based Maintenance, OBM) donde se lleva a cabo un mantenimiento correctivo sobre el elemento averiado, así como tareas de mantenimiento preventivo en los elementos restante del grupo de elemento asignado.

2.19 Partes del motor Diésel y sus Funciones.

2.19.1 El Bloque.

Es la estructura básica del motor, en el mismo van alojados los cilindros, cigüeñal, árbol de levas, etc. Todas las demás partes del motor se montan en él. Generalmente son de fundición de hierro o aluminio. (Ver figura 5). Pueden llevar los cilindros en línea o en forma de V. Lleva una serie de aberturas o alojamientos donde se insertan los cilindros, varillas de empuje del mecanismo de válvulas, conductos del refrigerante, los ejes de levas, apoyos de los cojinetes de bancada y en la parte superior lleva unos taladros donde se sujeta el conjunto de culata. ⁽²²⁾

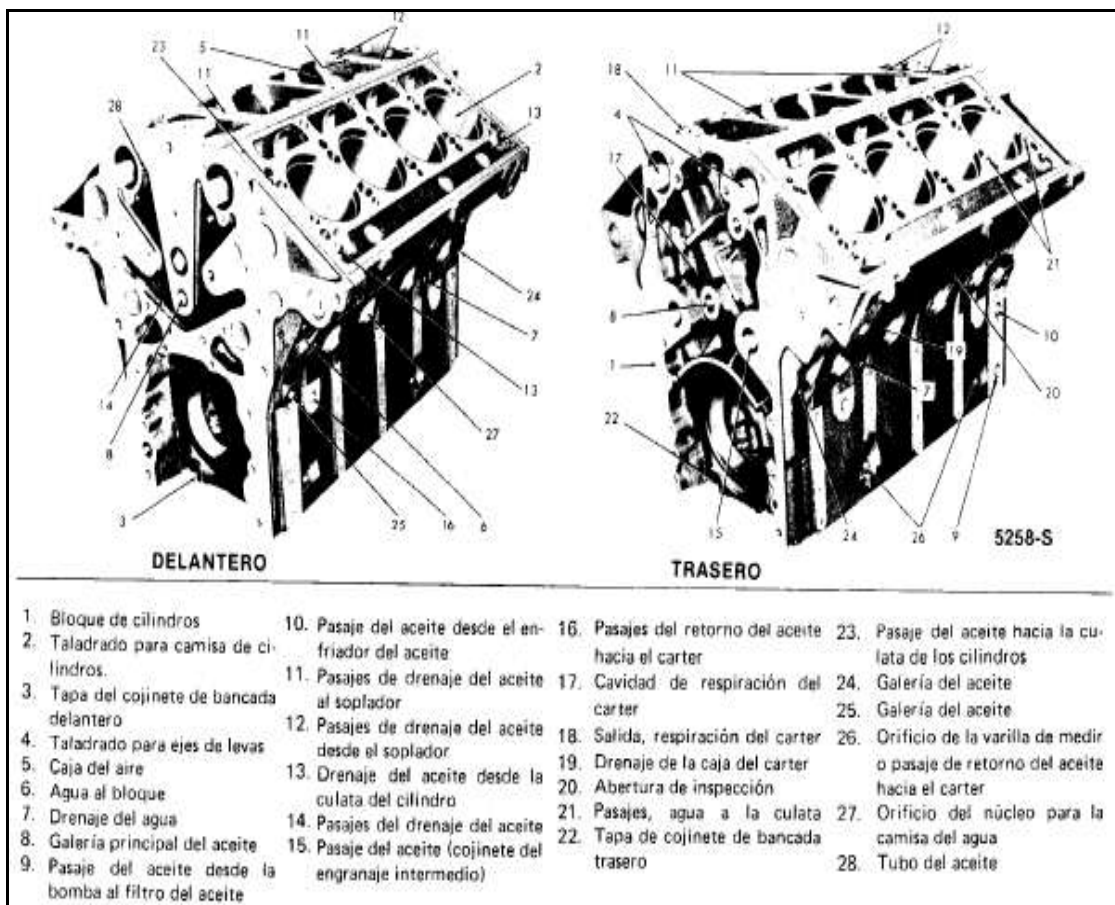


Figura: 5 Bloque de un motor Detroit Diesel 8V serie 71

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.19

2.19.2 El Cigüeñal

Es el componente mecánico que cambia el movimiento alternativo en movimiento rotativo. (Ver figura 6). Está montado en el bloque en los cojinetes principales los cuales están lubricados. Se puede considerar como una serie de pequeñas manivelas, una por cada pistón. El radio del cigüeñal determina la distancia que la biela y el pistón puede moverse. Dos veces este radio es la carrera del pistón. ⁽²²⁾

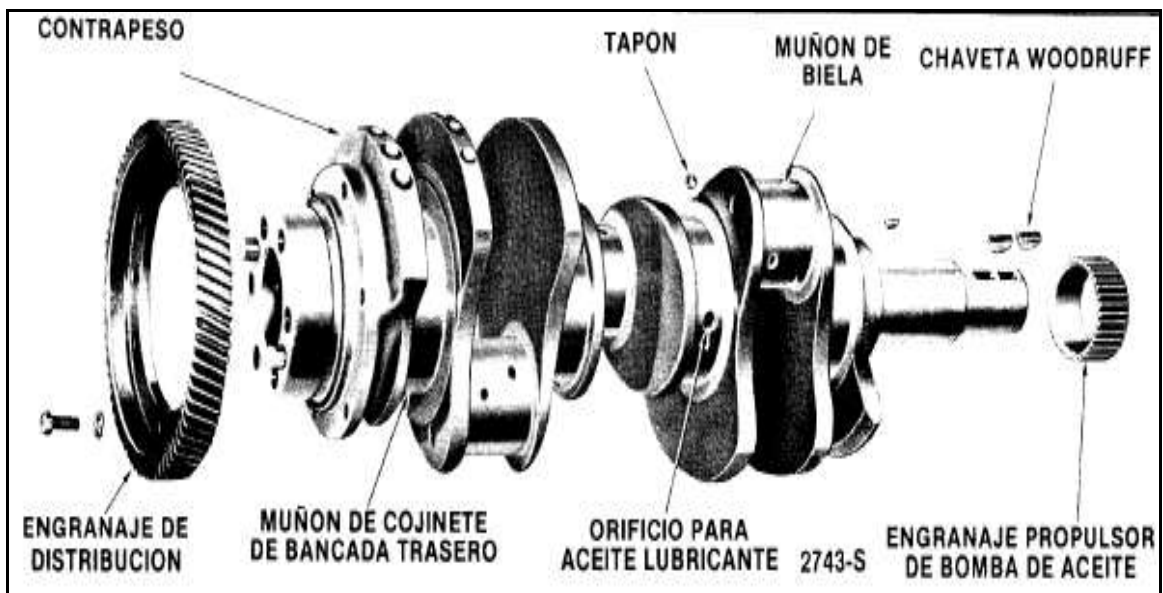


Figura: 6 Cigüeñal

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.71

2.19.3 La Culata

Es el elemento del motor que cierra los cilindros por la parte superior. Pueden ser de fundición de hierro o aluminio. (Ver figura 7). Sirve de soporte para otros elementos del motor como son: Válvulas, balancines, inyectores, etc. Lleva los orificios de los tornillos de apriete entre la culata y el bloque, además de los de entrada de aire por las válvulas de admisión, salida de gases por las válvulas de escape, entrada de combustible por los inyectores, paso de varillas de empujadores del árbol de balancines, pasos de agua entre el bloque y la culata para refrigerar, etc. Entre la culata y el bloque del motor se monta una junta que queda prensada entre las dos a la que llamamos habitualmente junta de culata.⁽²²⁾

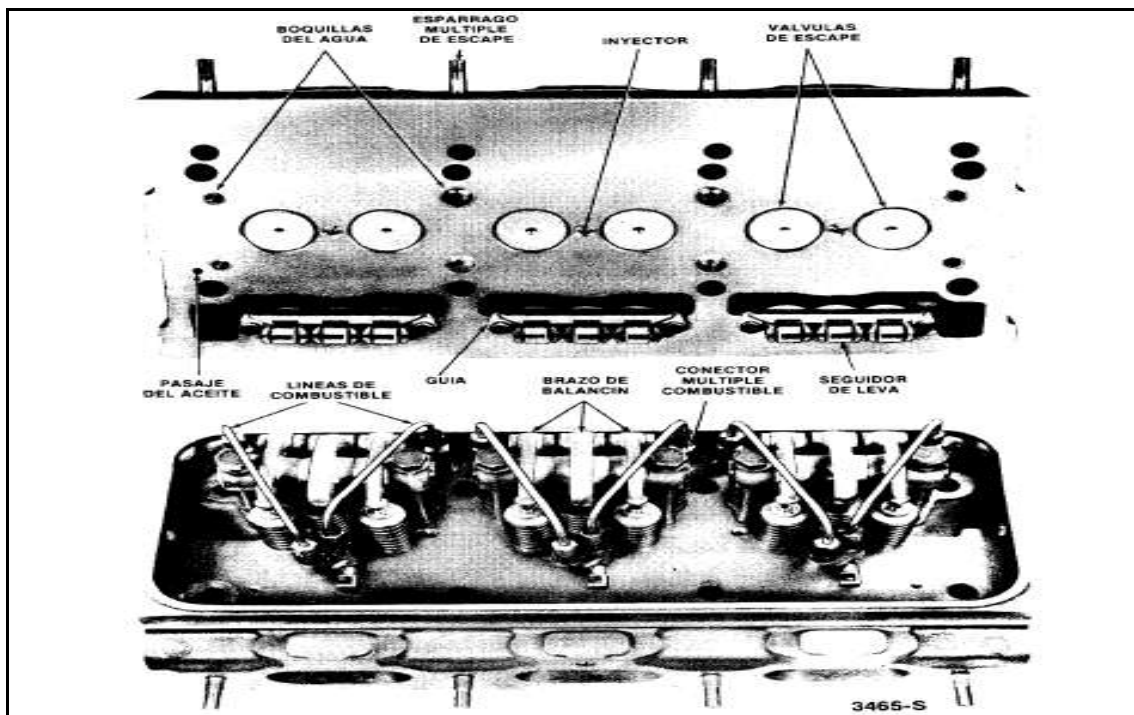


Figura: 7 Culata o camara

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.37

2.19.4 Los Pistones

Un pistón es un embolo cilíndrico que sube y baja deslizándose por el interior de un cilindro del motor. (Ver figura 8). Son generalmente de aluminio, cada uno tiene por lo general de dos a cuatro segmentos. El segmento superior es el de compresión, diseñado para evitar fugas de gases. El segmento inferior es el de engrase y está diseñado para limpiar las paredes del cilindro de aceite cuando el pistón realiza su carrera descendente. Cualquier otro segmento puede ser de compresión o de engrase, dependiendo del diseño del fabricante. Llevan en su centro un bulón que sirve de unión entre el pistón y la biela. ⁽²²⁾

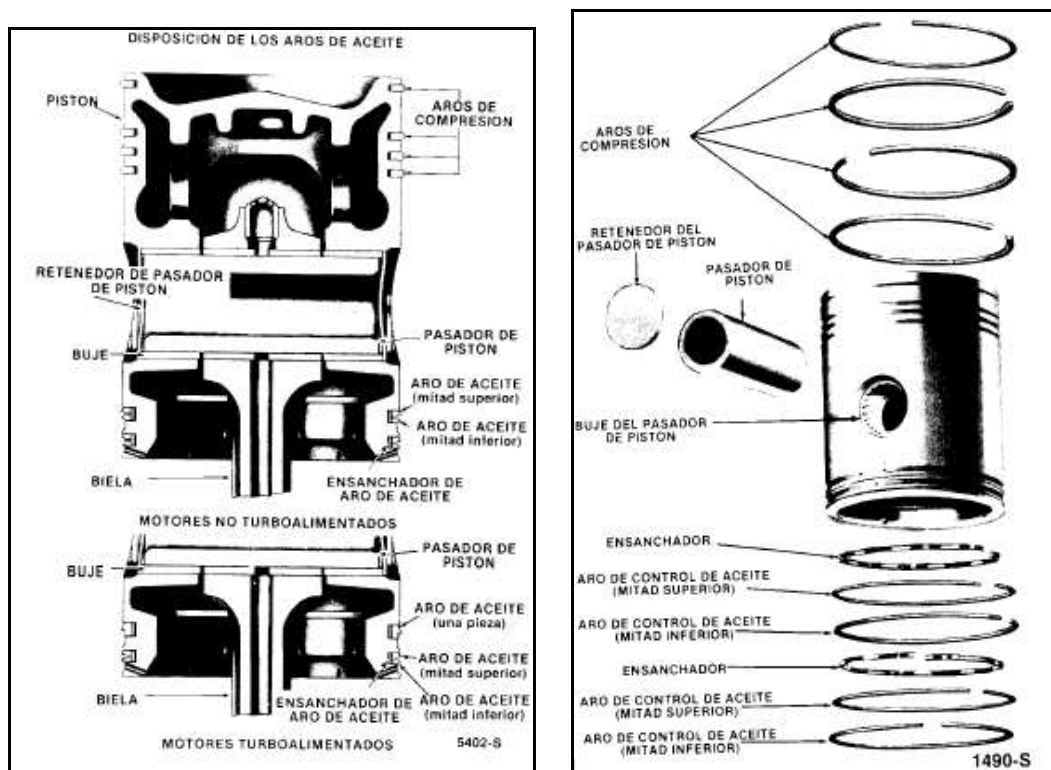


Figura: 8 Piston

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.120

2.19.5 Las Camisas

Son los cilindros por cuyo interior circulan los pistones. Suelen ser de hierro fundido y tienen la superficie interior endurecida por inducción y pulida. Normalmente suelen ser intercambiables para poder reconstruir el motor colocando unas nuevas, aunque en algunos casos pueden venir mecanizadas directamente en el bloque en cuyo caso su reparación es más complicada. ⁽²²⁾

Las camisas recambiables cuando son de tipo húmedo, es decir en motores refrigerados por líquido, suelen tener unas ranuras en el fondo donde insertar unos anillos tóricos de goma para cerrar las cámaras de refrigeración, y en su parte superior una pestaña que se inserta en un rebaje del bloque para asegurar su perfecto asentamiento. (Ver figura 9)

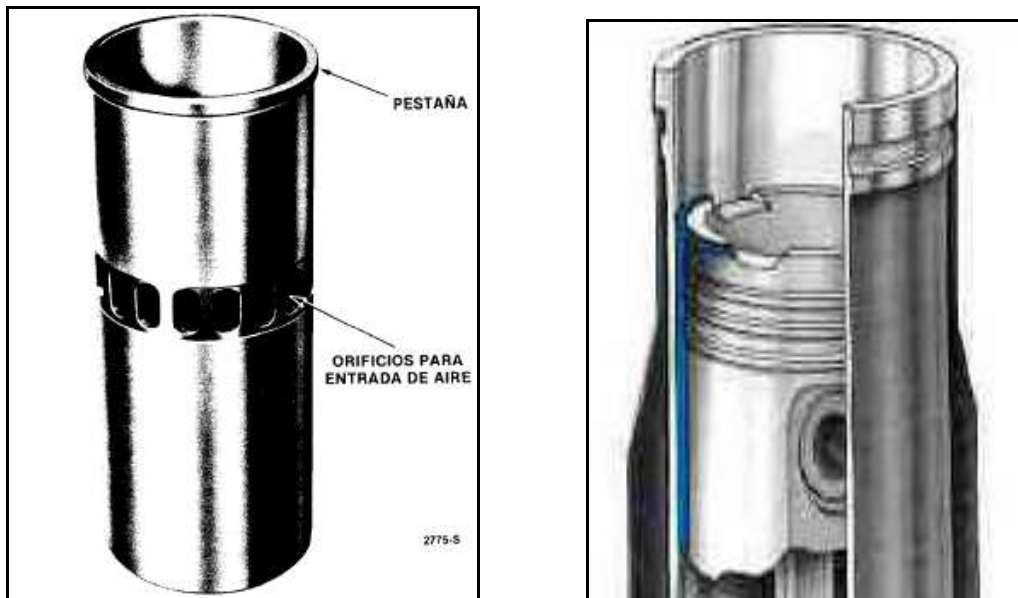


Figura: 9 Camisa

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.141

2.19.6 Segmentos (Anillos)

Son piezas circulares metálicas, auto tensadas, que se montan en las ranuras de los pistones para servir de cierre hermético móvil entre la cámara de combustión y el cárter del cigüeñal. Dicho cierre lo hacen entre las paredes de las camisas y los pistones, de forma que los conjuntos de pistón y biela conviertan la expansión de los gases de combustión en trabajo útil para hacer girar el cigüeñal. El pistón no toca las paredes de los cilindros. (Ver figura 10). Este efecto de cierre debe darse en condiciones variables de velocidad y aceleración. Por tanto los segmentos realizan tres funciones:

- Cierran herméticamente la cámara de combustión.
- Sirven de control para la película de aceite existente en las paredes de la camisa.
- Contribuye a la disipación de calor, para que pase del pistón a la camisa.



Figura: 10 Anillos

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.123

2.19.7 Las Bielas

Las bielas son las que conectan el pistón y el cigüeñal, transmitiendo la fuerza de uno al otro. Tienen dos casquillos para poder girar libremente alrededor del cigüeñal y del bulón que las conecta al pistón. (Ver figura 11). La biela debe absorber las fuerzas dinámicas necesarias para poner el pistón en movimiento y pararlo al principio y final de cada carrera. Asimismo la biela transmite la fuerza generada en la carrera de explosión al cigüeñal. ⁽²²⁾

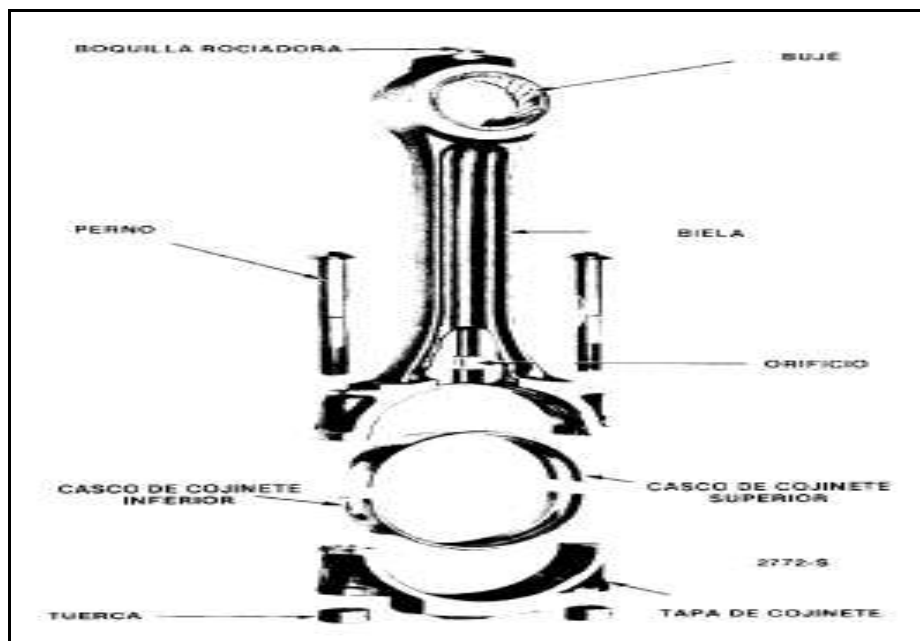


Figura: 11 Biela

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.129

2.19.8 Los Cojinetes

Se puede definir como un apoyo para una muñequilla. Debe ser lo suficientemente robusto para resistir los esfuerzos a que estará sometido en la carrera de explosión. Los cojinetes de bancada van lubricados a presión y llevan un orificio en su mitad superior, por el que se efectúa el suministro de aceite procedente de un conducto de lubricación del bloque.⁽²²⁾

Lleva una ranura que sirve para repartir el aceite mejor y más rápidamente por la superficie de trabajo del cojinete. También llevan unas lengüetas que encajan en las ranuras correspondientes del bloque las tapas de los cojinetes. Dichas lengüetas alinean los cojinetes e impiden que se corran hacia adelante o hacia atrás por efectos de las fuerzas de empuje creadas. La mitad inferior correspondiente a la tapa es lisa. (Ver figura 12).

Además de los de bancada, todos los motores llevan un cojinete de empuje que evita el juego axial en los extremos del cigüeñal.

Otro tipo de cojinete es el usado en los ejes compensadores; es de forma de casquillo, de una sola pieza. El orificio de aceite coincide con el conducto de lubricación del bloque.



Figura: 12 Cojinete

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.87

2.19.9 Las Válvulas

Las válvulas abren y cierran las lumbreras de admisión y escape en el momento oportuno de cada ciclo. (Ver figura 13). La de admisión suele ser de mayor tamaño que la de escape. En una válvula hay que distinguir las siguientes partes:

- Pie de válvula.
- Vástago.

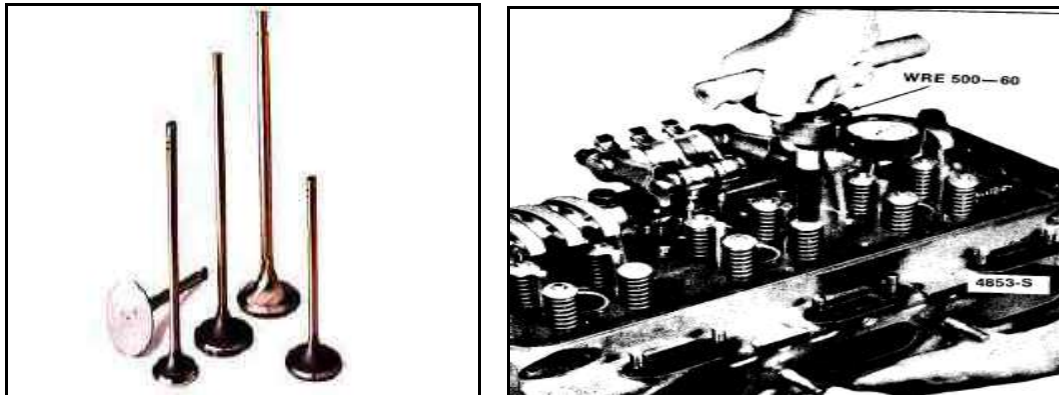


Figura: 13 Válvulas

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.67

2.19.10 Rotador de válvulas árbol de levas

Cuyo dispositivo hace girar la válvula unos cuantos grados cada vez que ésta se abre. Tiene por objeto alargar la vida de la válvula haciendo que su desgaste sea más uniforme y reduciendo la acumulación de suciedad en la cara de la válvula y el asiento y entre el vástago y la guía. ⁽²²⁾

Para abrir las válvulas se utiliza un árbol de levas que va sincronizado con la distribución del motor y cuya velocidad de giro es la mitad que la del cigüeñal; por tanto, el diámetro de su engranaje será Eje de balancines de un motor diésel de un diámetro doble que el del cigüeñal. Asimismo, según su situación varía el mecanismo empujador de las válvulas. (Ver figura 14)



Figura: 14 Levas

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.160

2.19.11 Engranajes de Distribución

Conduce los accesorios y mantienen la rotación del cigüeñal, árbol de levas, eje de leva de la bomba de inyección ejes compensadores en la relación correcta de desmultiplicación. ⁽²²⁾

El engranaje del cigüeñal es el engranaje motriz para todos los demás que componen el tren de distribución, por lo que deben de estar sincronizados entre si, de forma que coincidan las marcas que llevan cada uno de ellos. (Ver figura 15).

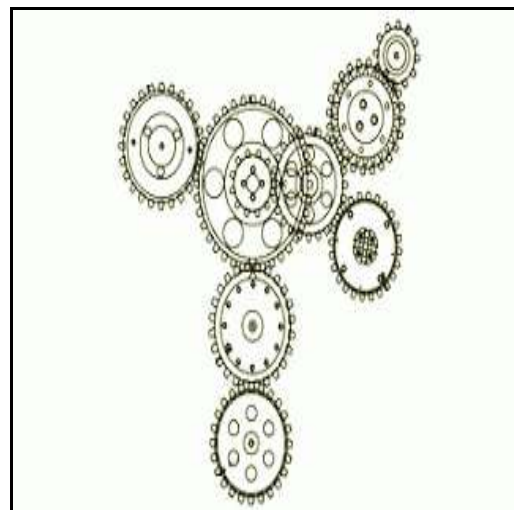
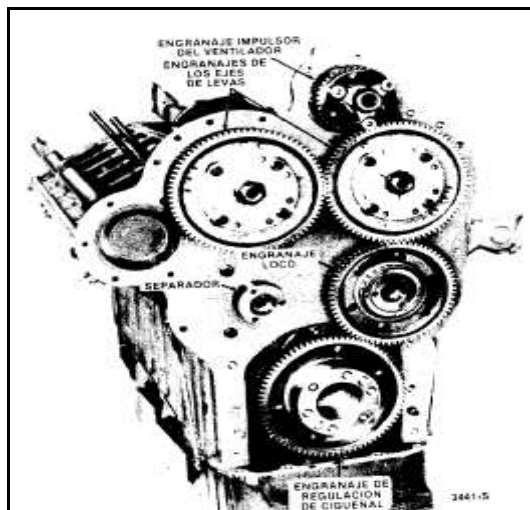


Figura: 15 Tren de engranajes

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.149

2.19.12 Bomba de aceite

Está localizada en el fondo del motor en el cárter del aceite. Su misión es bombear aceite para lubricar cojinetes y partes móviles del motor. (Ver figura 16). La bomba es mandada por un engranaje, desde el eje de levas hace circular el aceite a través de pequeños conductos en el bloque.⁽²²⁾

El flujo principal del aceite es para el cigüeñal, que tiene unos taladros que dirigen el lubricante a los cojinetes de biela y a los cojinetes principales. Aceite lubricante es también salpicado sobre las paredes del cilindro por debajo del pistón.

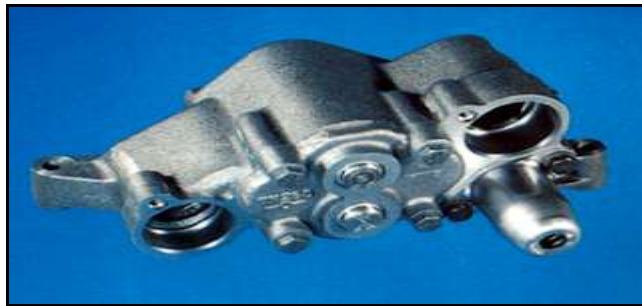


Figura: 16 Bomba de Aceite

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.42

2.19.13 Bomba de agua

Es la encargada, en los motores refrigerados por líquido, de hacer circular el refrigerante a través del bloque del motor, culata, radiador etc. (Ver figura 17)

La circulación de refrigerante a través del radiador trasfiere el calor del motor al aire que circula entre las celdas del radiador. Un ventilador movido por el propio motor hace circular el aire a través del radiador.⁽²²⁾



Figura: 17 Bomba de Aceite

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.38

2.19.14 Amortiguadores

En todos los motores se producen las vibraciones torsionales, por la torsión momentánea debida a la fuerza desarrollada en la carrera de explosión y su recuperación en el resto del ciclo. (Ver figura 18). Aunque el volante se diseña con suficiente tamaño y masa, para que su inercia mantenga un giro uniforme, absorbiendo energía en los impulsos giratorios y devolviéndola en el resto del ciclo; Hay dos tipos de amortiguadores o dampers: El primero utiliza como material amortiguador el caucho. Los cambios de par del cigüeñal son absorbidos por él y la energía es disipada en forma de calor. Por ello, El amortiguador tipo viscoso consta esencialmente de una corona pesada, alojada en una carcasa fijada a un extremo del cigüeñal, pudiéndose mover libremente dentro de ella al estar suspendida en un fluido (silicona). ⁽²²⁾



Figura: 18 Dampers

Fuente : Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71. p.125

2. 20 Parámetros estadísticos de estudio.

Para ellos explicamos la terminología utilizada para entender las operaciones en las embarcaciones de la Flota Fluvial. Así como también, como se llevara el control de la disponibilidad en las embarcaciones propias y fletadas.

El estudio se centra en los motores principales de cada embarcación:

2. 20.1 Puerto Miranda:

Posee 2 motores principales Detroit diésel 12 V serie 71.

MB = Motor de Babor.

ME= Motor de estribor.

2. 20.2 Río Manapiare:

Posee 2 motores principales Detroit diésel 8 V serie 71.

MB = Motor de Babor.

ME= Motor de estribor.

2. 20.3 Embarcación Capitán Rudy:

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.

MB = Motor de Babor.

MC= Motor Central.

ME= Motor de estribor.

2. 20.4 Embarcación San Gabriel:

Posee 2 motores principales Cummins diésel 6 en línea.

MB = Motor de Babor.

ME= Motor de estribor.

2. 20.5 Embarcación Atamaica:

Posee 2 motores principales Cu69mmins diésel 6 en línea.

MB = Motor de Babor.

ME= Motor de estribor.

2. 20.6 23 de Enero I

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.

MB = Motor de Babor.

MC= Motor Central.

ME= Motor de estribor.

2. 20.7 Embarcación 23 de enero II

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.

MB = Motor de Babor.

MC= Motor Central.

ME= Motor de estribor.

Todos los motores de cada unidad constituyen la población u universo de estudio para la investigación planteada.

Criterio:

Cuando se registra una falla correctiva que afecta la operatividad total de un motor, el mismo queda Fuera de servicio.

Cada embarcación cuenta entre dos y tres motores propulsores, al fallar uno, la embarcación (X), presenta una indisponibilidad= OFF para navegar, debido a que no cuenta con la potencia y propulsión diseñada para la embarcación.

2. 20.8 Criterios para la Disponibilidad de motores y embarcaciones:

Embarcaciones con dos Motores:

Si MB= ON y ME = ON entonces la Embarcación (x)= ON (Disponible).

Si MB= OFF y ME = ON entonces la Embarcación (x)= OFF (Indisponible).

Si MB= ON y ME = OFF entonces la Embarcación (x)= OFF (Indisponible).

Si MB= OFF y ME = OFF entonces Embarcación (x)= OFF (Indisponible).

Embarcaciones con tres Motores:

Si MB= ON y MC= ON y ME = ON / la Embarcación (x)= ON (Disponible).

Si MB= OFF y MC= OFF y ME = OFF / la Embarcación (x)= OFF (Indisponible).

Cualquier combinación donde falle un motor por mantenimiento correctivo o dos motores simultáneos, automáticamente la Embarcación (X)= OFF, motivada a que no cuenta con la potencia y propulsión diseñada para la embarcación.

En el caso de las embarcaciones propias este criterio mantiene el control de la disponibilidad. (ON-OFF).

En el caso de embarcaciones Fletadas, al quedar la embarcación (x)= ON, se entiende que el flete pagado para esa embarcación se mantiene.

En el caso de embarcaciones Fletadas, al quedar la embarcación (x)= OFF, no se reconoce el pago de ese flete, por razones de indisponibilidad en perjuicio de PDV Marina.

2.21.1 Tablas de reporte de fallas por remolcador 2012

A continuación se presentan los reportes operacionales, con indisponibilidad de equipos en el año 2012. (Ver tablas 6 a la 12).

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	23 DE ENERO I (MB)	01//01//2012	01//01//2012	06:00	15:00	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
2	23 DE ENERO I (MB)	14//01//2012	14//01//2012	08:00	19:00	CUMMINS 6L	CAMARA FISURADA, PROBLEMAS DEL TURBO, CALIBRACIÓN DE INYECTORES
3	23 DE ENERO I (MC)	19//01//2012	19//01//2012	09:00	21:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS DE COMBUSTIÓN, RECALENTAMIENTO, AGUA EN EL ACEITE, CHEQUEO DE ARRANQUE Y ALTERNADOR
4	23 DE ENERO I (MB)	22//01//2012	22//01//2012	11:00	21:00	CUMMINS 6L	CAMBIO DE CAMARAS (CULATA) ,CALIBRACIÓN Y CHEQUEO
5	23 DE ENERO I (ME)	27//01//2012	27//01//2012	10:00	20:00	CUMMINS 6L	CAMBIO DE PISTON Y CAMISA NUMERO 2 , CALIBRACIÓN, FALLA DE INYECCIÓN, MANTENIMIENTO AL ARRANQUE , ALTERNADOR
6	23 DE ENERO I (MB)	08 //11//2012	12//11//2012	07:00	07:00	CUMMINS 6L	OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR M/E 23 de enero I , requiere de tres (03) días para realizar un mantenimiento mayor al motor de Estribor. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de todos los pistones para revisión y anillarlo .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de conchas de bielas y bancada para revisión .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión. Instalación de un After cooler al motor central.

Tabla N°6. Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero I Fuente: Reporte de operaciones 2012

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	23 DE ENERO II (MC)	07//01//2012	07//01//2012	11:00	19:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN, SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE (TURBO)
2	23 DE ENERO II (ME)	13//01//2012	13//01//2012	07:00	11:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO (BOMBA DE AGUA)
3	23 DE ENERO II (MB)	07 //06//2012	09 //06//2012	07:00	07:00	CUMMINS 6L	OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR
4	23 DE ENERO II (MC)	23//07//2012	27//07//2012	07:00	07:00	CUMMINS 6L	<p>M/E 23 de enero II , requiere de tres (05) días para realizar un mantenimiento mayor al motor de Estribor.</p> <p>El Mantenimiento Consiste:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de todos los pistones para revisión y anillarlo - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontaje de conchas de bielas y bancada para revisión - Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión. <p>Instalación de un After cooler al motor central.</p>

Tabla N°7 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero II

Fuente: Reporte de operaciones 2012

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	ATAMAICA (MB)	16//01//2012	16//01//2012	06:00	12:00	CUMMINS 6L	<p>M/E ATAMAICA , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
2	ATAMAICA (MB)	01 //06//2012	04//06//2012	07:00	07:00	CUMMINS 6L	<p>OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR M/E ATAMAICA, requiere de tres (03) dias para realizar un mantenimiento mayor al motor de BABOR.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de todos los pistones para revisión y anillarlo - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontaje de conchas de bielas y bancada para revisión - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión. <p>Instalación de un After cooler al motor central.</p>
3	ATAMAICA (ME)	23//07//2012	27//07//2012	10:00	10:00	CUMMINS 6L	<p>OVER HAUL AL MOTOR DE ESTRIBOR M/E ATAMAICA , requiere de tres (03) dias para realizar un mantenimiento mayor al motor de Estribor.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de todos los pistones para revisión y anillarlo - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontaje de conchas de bielas y bancada para revisión - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión. <p>Instalación de un After cooler al motor central.</p>
4	ATAMAICA (MB)	14//12//2012	17//12//2012	06:00	06:00	CUMMINS 6L	CAMBIO DE CAMARAS (CULATA) ,CALIBRACIÓN Y CHEQUEO

Tabla N°8 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Atamaica

Fuente: Reporte de operaciones 2012

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	SAN GABRIEL (MB)	02//01//2012	04//01//2012	06:00	06:00	CUMMINS 6L	M/E SAN GABRIEL , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisiòn.
2	SAN GABRIEL (MB)	26//01//2012	26//01//2012	11:00	15:00	CUMMINS 6L	FALLA EN ELSISTEMA DE ENFRIAMIENTO (BOMBA DE AGUA)
3	SAN GABRIEL (ME)	01//09//2012	04//09//2012	06:00	06:00	CUMMINS 6L	M/E SAN GABRIEL , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisiòn.
4	SAN GABRIEL (ME)	08//09//2012	08//09//2012	09:00	09:00	CUMMINS 6L	FALLA EN ELSISTEMA DE ENFRIAMIENTO (BOMBA DE AGUA)
5	SAN GABRIEL (ME)	31//08//2012	02//09//2012	08:00	08:00	CUMMINS 6L	el M/E San Gabriel , requerir de tres (03) días para realizar un mantenimiento mayor al motor de Estribor. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de todos los pistones para revisiòn y anillarlo .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de conchas de bielas y bancada para revisiòn .- Desmontajede bombas: Aguas, DO, Aceite, para revisiòn.

Tabla N°9 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador San Gabriel.

Fuente: Reporte de operaciones 2012

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	CAP RUDY (ME)	09//01//2012	09//01//2012	07:00	13:00	CUMMINS 6L	M/E CAP RUDY , requiere un mantenimiento en el motor de ESTRIBOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisiòn.
2	CAP RUDY (MC)	15//01//2012	15//01//2012	08:00	14:00	CUMMINS 6L	M/E CAP RUDY , requiere un mantenimiento en el motor CENTRAL. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisiòn.

Tabla N°10 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Cap. Rudy

Fuente: Reporte de operaciones 2012

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	PUERTO MIRANDA (ME)	11//01//2012	12//01//2012	09:00	09:00	ETROIT DIESEL 12	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
2	PUERTO MIRANDA (MB)	07//07//2012	14//07//2013	07:00	07:00	ETROIT DIESEL 12	PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE ENGRANAJES , SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE (SOPLADORES)
3	PUERTO MIRANDA (MB)	14//08//2012	17//08//2012	07:00	00:00	ETROIT DIESEL 12	M/E PUERTO MIRANDA , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las dos camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión.

Tabla N°11 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Puerto Miranda

Fuente: Reporte de operaciones 2012

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2012
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	RIO MANAPIARE (MB)	18//01//2012	18//01//2012	07:00	15:00	DETROIT DIESEL 8	M/E manapiare , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje del sitema de admisión, soplador, cambio de rodamientos.
2	RIO MANAPIARE (ME)	24//09//2012	17//10//2012	08:00	08:00	DETROIT DIESEL 8	M/E MANAPIARE , requiere un mantenimiento mayor del motor de ESTRIBOR . El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las dos camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión.

Tabla N°12 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Rio Manapiare.

Fuente: Reporte de operaciones 2012

2.22.2 Tablas de reporte de fallas por Remolcador 2013

A continuación se presentan los reportes operacionales, con indisponibilidad de equipos en el año 2013. (Ver tablas 13 a la 19).

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	23 DE ENERO I (MC)	05/01/2013	06/01/2013	06:00	15:00	CUMMINS 6L	FALLA EN MOTOR CENTRAL: FALLA DE ARRANQUE, DAÑO EN EL ENFRIADOR DE ACEITE
2	23 DE ENERO I (MB)	12/01/2013	12/01/2013	06:00	15:30	CUMMINS 6L	FALLA EN EL MOTOR BABOR: FALLA EN EL TURBO
3	23 DE ENERO I (ME)	09/02/2013	11/02/2013	07:00	16:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS DE COMBUSTIÓN, RECALENTAMIENTO, AGUA EN EL ACEITE, CHEQUEO DE ARRANQUE Y ALTERNADOR
4	23 DE ENERO I (MB)	25/02/2013	25/02/2013	09:00	17:30	CUMMINS 6L	FALLA DEL TURBO, CAMBIO DE ARRANQUE
5	23 DE ENERO I (MB)	18/03/2013	18/03/2013	07:00	12:00	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
6	23 DE ENERO I (MC)	14/04/2013	14/04/2013	06:00	11:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ARRANQUE Y CAMBIO DE CORREAS
7	23 DE ENERO I (MB)	25/06/2013	26/06/2013	09:00	00:00	CUMMINS 6L	CAMARA FISURADA, PROBLEMAS DEL TURBO, CALIBRACIÓN DE INYECTORES
8	23 DE ENERO I (ME)	09/09/2013	09/09/2013	08:00	17:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS DEL TURBO, CALIBRACIÓN DE INYECTORES
9	23 DE ENERO I (MC)	15/12/2013	15/12/2013	11:00	14:00	CUMMINS 6L	FALLA DE ARRANQUE CHEQUEO ELECTICO

Tabla N°13 . Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero I Fuente: Reporte de operaciones 2013

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	23 DE ENERO II (MB)	15/02/2013	15/02/2013	06:00	17:00	CUMMINS 6L	FALLA DEL ARRANQUE , CHEQUEO ELECTICO
2	23 DE ENERO II (MC)	18/03/2013	18/03/2013	11:00	18:00	CUMMINS 6L	FALLA EN ELSISTEMA DE ENFRIAMIENTO (BOMBA DE AGUA)
3	23 DE ENERO II (ME)	15/06/2013	16/06/2013	13:00	15:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS DEL TURBO, CALIBRACIÓN DE INYECTORES
4	23 DE ENERO II (MB)	19/08/2013	20/08/2013	06:00	14:30	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
5	23 DE ENERO II (MC)	27/11/2013	28/11/2013	15:00	15:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ENFRIADOR DE ACEITE

Tabla N°14 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador 23 de enero II

Fuente: Reporte de operaciones 2013

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	ATAMAICA (MB)	18/01/2013	18/01/2013	06:00	17:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ENFRIADOR DE ACEITE
2	ATAMAICA (ME)	15/03/2013	17/03/2013	06:00	06:00	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
3	ATAMAICA (ME)	28/03/2013	28/03/2013	08:00	14:00	CUMMINS 6L	FALLA EN LA BOMBA DE AGUA,SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
4	ATAMAICA (MB)	15/06/2013	15/06/2013	12:00	18:00	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
5	ATAMAICA (ME)	27/08/2013	27/08/2013	11:00	17:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ARRANQUE CHEQUEO ELECTRICO

Tabla N°15 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Atamaica

Fuente: Reporte de operaciones 2013

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	SAN GABRIEL (MB)	02/02/2013	02/02/2013	06:00	17:00	CUMMINS 6L	F/S. CAMARA DAÑADA , PROBLEMAS DE INYECCIÓN
2	SAN GABRIEL (ME)	15/03/2013	15/03/2013	05:00	12:00	CUMMINS 6L	FALLA EN ELSISTEMA DE ENFRIAMIENTO (BOMBA DE AGUA)
3	SAN GABRIEL (MB)	18/05/2013	21/05/2013	05:00	17:00	CUMMINS 6L	FALLA EN LA BOMBA DE ACEITE
4	SAN GABRIEL (ME)	14/07/2013	14/07/2013	05:00	17:00	CUMMINS 6L	PROBLEMAS DE INYECCIÓN
5	SAN GABRIEL(MB)	21/09/2013	21/09/2013	11:00	17:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ARRANQUE ,CHEQUEO ELECTRICO
6	SAN GABRIEL (ME)	22/12/2013	22/12/2013	06:00	12:00	CUMMINS 6L	FALLA EN EL ARRANQUE ,CHEQUEO ELECTRICO, FALLA DEL TURBO

Tabla N°16 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador San Gabriel.

Fuente: Reporte de operaciones 2013

N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DIA	DIA	24HORAS	24HORAS	TIPO DE MOTORES	TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
		DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL		REPORTADO
1	CAP RUDY (MC)	01/02/2013	03/02/2013	06:00	06:00	CUMMINS 6L	<p>M/C CAP RUDY , requiere un mantenimiento en el motor de ESTRIBOR.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
2	CAP RUDY (MB)	05/03/2013	05/03/2013	08:00	12:00	CUMMINS 6L	FALLA DEL ENFRIADOR DE ACEITE, MANTENIMIENTO
3	CAP RUDY (ME)	14/05/2013	16/05/2013	09:00	12:00	CUMMINS 6L	FALLA DEL TURBO, SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
4	CAP RUDY (MB)	17/08/2013	19/08/2013	09:00	17:00	CUMMINS 6L	<p>M/B CAP RUDY , requiere un mantenimiento en el motor de ESTRIBOR.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
5	CAP RUDY (ME)	18/10/2013	18/10/2013	14:00	18:00	CUMMINS 6L	FALLA DEL TURBO, SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
6	CAP RUDY (MC)	12/11/2013	14/11/2013	05:00	17:00	CUMMINS 6L	<p>M/C CAP RUDY , requiere un mantenimiento en el motor de ESTRIBOR.</p> <p>El Mantenimiento Consistes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje de las tres camaras para mantenimiento - Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. - Desmontajede bombas: Aguas, Aceite, para revisión.

Tabla N°17 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Cap. Rudy

Fuente: Reporte de operaciones 2013

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	PUERTO MIRANDA (ME)	30/05/2013	20/06/2014	05:00	15:00	DETROIT DIESEL 12 V	M/E PUERTO MIRANDA , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las dos camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
2	PUERTO MIRANDA (MB)	09/07/2013	18/07/2013	07:00	07:00	DETROIT DIESEL 12 V	PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE ENGRANAJES , SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE (SOPLADORES)
3	PUERTO MIRANDA (MB)	22/09/2013	15/10/2013	07:00	13:00	DETROIT DIESEL 12 V	M/E PUERTO MIRANDA , requiere un mantenimiento en el motor de BABOR. El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las dos camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
4	PUERTO MIRANDA (ME)	13/11/2013	31/12/2013	07:00	07:00	DETROIT DIESEL 12 V	OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR
5	PUERTO MIRANDA (ME)	13/11/2013	31/12/2014	00:00	07:00	DETROIT DIESEL 12 V	OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR

Tabla N°18 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Puerto Miranda

Fuente: Reporte de operaciones 2013

		DIA	DIA	24HORAS	24HORAS		TOMADO DEL REPORTE DE OPERACIONES 2013
N° DE EVENTO	REMOLCADOR FLUVIAL	DESDE	HASTA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIPO DE MOTORES	REPORTADO
1	RIO MANAPIARE (ME)	01/01/2013	15/02/2013	06:00	06:00	DETROIT DIESEL 8V	OVER HAUL AL MOTOR DE ESTRIBOR
2	RIO MANAPIARE (MB)	09/05/2013	18/05/2013	06:00	06:00	DETROIT DIESEL 8V	M/B MANAPIARE , requiere un mantenimiento mayor del motor de BABOR . El Mantenimiento Consistes: .- Desmontaje de las dos camaras para mantenimiento .- Desmontaje de inyectores para chequeo y mantenimiento. .- Desmontaje de bombas: Aguas, Aceite, para revisión.
3	RIO MANAPIARE (ME)	09/06/2013	09/06/2013	07:00	15:00	DETROIT DIESEL 8V	MANTENIMIENTO AL SISTEMA SOPLADOR, CAMBIO DE RODAMIENTOS
4	RIO MANAPIARE (ME)	30/08/2013	15/09/2013	06:00	18:00	DETROIT DIESEL 8V	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE AGUA,SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
5	RIO MANAPIARE (ME)	29/09/2013	15/10/2013	06:00	17:00	DETROIT DIESEL 8V	CAMBIO DE BOMBA DE ACEITE , TREN DE ENGRANAJES, CAMBIO DE ESTOPERAS
6	RIO MANAPIARE (MB)	21/12/2013	31/12/2014	07:00	07:00	DETROIT DIESEL 8V	OVER HAUL AL MOTOR DE BABOR

Tabla N°19 Reporte de fallas de los motores Principales en el Remolcador Rio Manapiare.

Fuente: Reporte de operaciones 2013

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo se explica cómo se realizó el estudio, se describe el tipo de investigación aplicado, el nivel y diseño de la misma, de igual manera se menciona la población, muestra, además de destacar la técnica y los instrumentos de recolección de datos. Finalmente se describen cada una de las fases que conllevaron al diseño del MCC.

3.1 Tipo de Estudio.

Este trabajo se desarrolló como una investigación no experimental de tipo aplicada. En este sentido Deán (2003) ⁽²³⁾ señala que:

“Con innovación tecnológica se designa la incorporación del conocimiento científico y tecnológico, propio o ajeno, con el objeto de crear o modificar un proceso productivo, un artefacto, una máquina, para cumplir un fin valioso para una sociedad. Con investigación tecnológica en las ciencias de la ingeniería se designa un ámbito de producción de conocimiento tecnológico validado, que incluye tanto el producto cognitivo, -teorías, técnicas, tecnologías, maquinarias, patentes, etc.- como las actividades que desarrollan los ingenieros para producir y validar dichos productos y conocimientos. ”. (Deán ,2003). ⁽²³⁾

De acuerdo a lo citado anteriormente, el presente trabajo es una investigación aplicada o tecnológica ya que mediante análisis de datos

estadísticos de las fallas de los motores, se diseñara un nuevo plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los mismos.

3.2 MUESTRA

Tapia (2000) ⁽²⁴⁾ presenta los conceptos básicos relacionados con la muestra:

“Universo o población: constituye la totalidad de un grupo de elementos u objetos que se quiere investigar, es el conjunto de todos los casos que concuerdan con lo que se pretende investigar. Muestra: es un subconjunto de la población o parte representativa. Unidad de la muestra: está constituida por uno o varios de los elementos de la población y que dentro de ella se delimitan con precisión”.

La población seleccionada para este trabajo fueron los motores principales pertenecientes a las 7 embarcaciones propias y fletadas de la Gerencia de flota Remolcadores de Pdv Marina.

Dicha muestra es del tipo No Probabilística, Intencionada. De acuerdo a Tapia (2000) ⁽²⁵⁾ :

Muestra no Probabilística:

Muestra dirigida, en donde la selección de elementos depende del criterio del investigador. Sus resultados son generalizables a la muestra en sí. No son generalizables a una población.

Muestra intencionada:

Este tipo de muestra exige un cierto conocimiento del universo, el investigador es el que escoge intencionalmente sus unidades de estudio.

3.2.1 Embarcación Puerto Miranda.

Posee 2 motores principales Detroit diésel 12 V serie 71.



Figura 19 Remolcador Puerto miranda

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.2 Embarcación Río Manapiare.

Posee 2 motores principales Detroit diésel 8 V serie 71.



Figura 20. Remolcador Río Manapiare

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.3 Embarcación Capitán Rudy.

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.



Figura 21. Remolcador Capitán Rudy

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.4 Embarcación San Gabriel.

Posee 2 motores principales Cummins diésel 6 en línea.



Figura 22. Remolcador San Gabriel

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.5 Embarcación Atamaica.

Posee 2 motores principales Cummins diésel 6 en línea.



Figura 23 .Remolcador Atamaica

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.6 Embarcación 23 de Enero I.

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.



Figura 24. Remolcador 23 de Enero I

Fuente Elaboración propia (2014)

3.2.7 Embarcación 23 de Enero II.

Posee 3 motores principales Cummins diésel 6 en línea.



Figura 25. Remolcador 23 de Enero II.

Fuente Elaboración propia (2014)

3.3 Instrumentos.

Uno de los pasos más importantes para evaluar una problemática es la selección adecuada de los instrumentos para la recopilación de información confiable, precisa y significativa que permitieran establecer con criterio las bases para el diseño de un sistema centrado en confiabilidad para los motores de las embarcaciones de la Gerencia de flota Remolcadores de Pdv marina.

En tal sentido Chávez (2000) ⁽²⁶⁾ Expone lo siguiente:

“Cuando hablamos de recolección de datos nos estamos refiriendo a información en conceptos. La recolección de datos se tiene que hacer con el concepto de medición, proceso mediante el cual se obtiene el dato, valor o respuesta para la variable que se investiga. La medición, etimológicamente viene del verbo medir y significa comparar una cantidad con su respectiva unidad con el fin de averiguar cuantas veces la segunda está contenida en la primera (Diccionario de la Real Academia Española).

De acuerdo a lo anterior, los instrumentos con los cuales se obtuvieron los datos, son los siguientes:

3.3.1 Recolección de la información técnica contenida en los manuales de los motores Detroit diésel y Cummins.

3.3.2 Se Inspecciono en sitio de cada una de las salas de máquinas de las embarcaciones, para verificar las condiciones actuales de los motores principales.

3.3.3 Se recolecto los datos históricos del comportamiento de los motores de las embarcaciones en el lapso comprendido entre el primero de enero del 2012 y el treinta y uno de diciembre de 2013, haciendo uso del reporte diario de

operaciones, donde se describe la operatividad y novedad de las embarcaciones.

3.3.4 Se realizaron los diagramas de Pareto y análisis cualitativo y cuantitativo.

3.3.5 Se realizó análisis AMEF, árbol de fallas.

3.4 Materiales e instrumentos para la investigación.

Entre los medios e instrumentos que facilitan, amplían y mejoran la tarea de investigación, se pueden nombrar los siguientes: Computadora, Impresora, Papel, Lápiz, Cinta Métrica, vernier, calculadora, cámara fotográfica, guantes, lentes, herramientas. Etc.

3.5 Procedimiento para la recolección y análisis de la información.

- Revisión de bibliografía disponible y análisis de la fuente de información para la definición de los elementos teóricos.
- Identificar las variables por medio de inspecciones con base a definir la situación actual y formulación del problema.
- Recoger información preliminar en forma directa a través de inspecciones y mediciones mediante visitas al área.
- Buscar información referente al marco teórico del proyecto por medio de (libros, manuales y guías), los cuales sirven de sustento en la realización del estudio.

- Analizar las causas de las fallas de los motores principales en los empujadores.
- Realizar formatos, y diseño de planes de mantenimiento de los sub sistemas en cada embarcación.
- Proponer soluciones e implementar mejoras para el correcto funcionamiento de los empujadores.

3.6 preguntas de investigación.

1. ¿Cuáles son las causas que originan las fallas más comunes de los motores Detroit diésel y Cummins en las embarcaciones en las embarcaciones?
2. ¿De qué forma se podría evitar las fallas de los motores Detroit diésel y cummins de la flota fluvial?
3. ¿Se puede establecer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) que disminuya las fallas en los motores Detroit diésel y cummins de las embarcaciones de la Gerencia Flota fluvial?

4. ¿Se pueden crear indicadores que contribuyan con el control de fallas de los motores principales de las embarcaciones?
5. ¿El comportamiento histórico de las fallas ocurridas en los equipos durante 2 años, es suficiente para el establecimiento de las metas y objetivos del mantenimiento predictivo?

CAPITULO IV

ANALISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos en el capítulo 1, para el diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los motores principales Detroit Diésel y Cummins en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de PDV Marina en Ciudad Bolívar.

Para el diseño del plan indicado en el párrafo anterior, es dar respuesta a las siete preguntas que formula el RCM, acerca de los activos o sistemas que se analizan (Motores principales Detroit Diésel y Cummins en las embarcaciones de la Gerencia de Flota Remolcadores de PDV Marina en Ciudad Bolívar.

4.1 Analizar las referencia bibliográfica, documentación teórica, técnicas, referidas al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Esta actividad sirvió para el desarrollo de los capítulos 1,2 y parte del capítulo 3, del presente trabajo.

4.2 Recopilación de información técnica contenida en manuales, revistas y actualizaciones de motores Detroit diésel y Cummins de las embarcaciones consideradas en el estudio.

Se realizó la verificación de la documentación técnica en cada embarcación de los motores en estudio, comparando los datos referidos en la patente de navegación de cada embarcación con los motores existentes. (Ver tablas de la 20 a la 26 respectivamente). Una vez concretada la información técnicamente tenemos:

Tabla 20: Información técnica en el Remolcador Rio Manapiare

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACIÓN	RIO MANAPIARE
MATRICULA	ARSL-0176
ESLORA	13,37 MTS
MANGA	3,10 MTS
PUNTAL	1,60 MTS
ARQUEO BRUTO	36.01
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	2X 300 HP= 600 HP
CANTIDAD DE MOTORES	2
MARCA	DETROIT DIESEL 8V SERIE 71
TIPO	2 CICLOS
NUMERO DE CILINDROS	8
DIAMETRO INTERNO	2,25 PULGADAS
CARRERA	5 PULGADAS (127 MM)
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	17 A 1
CILINDRADA TOTAL-PULGADAS CUBICAS	568 (9,32 LITROS)
NUMERO DE COJINETES DE BANCADA	5

Fuente : Documentación de la Embarcación Rio Manapiare.

Tabla 21: Información técnica en el Remolcador Puerto Miranda

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACIÓN	PUERTO MIRANDA
MATRICULA	ARSL-0181
ESLORA	16MTS
MANGA	4 MTS
PUNTAL	1,8 MTS
ARQUEO BRUTO	45.49
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	350 HP=260,99 kw= 700 HP
CANTIDAD DE MOTORES	2
MARCA	DETROIT DIESEL 12V 71 N
TIPO	2 CICLOS
NUMERO DE CILINDROS	12
DIAMETRO INTERNO	4,25 PULGADAS
CARRERA	5 PULGADAS (127 MM)
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	17 A 1
CILINDRADA TOTAL-PULGADAS CUBICAS	852 (13,97 LITROS)
NUMERO DE COJINETES DE BANCADA	7

FFuente : Documentación de la Embarcación Puerto Miranda.

Tabla 22: Información técnica en el Remolcador Capitán Rudy

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACIÓN	CAPITAN RUDY
MATRICULA	ABXI 7,418
ESLORA	22,95 MTS
MANGA	7,13 MTS
PUNTAL	1.58
ARQUEO BRUTO	149.84
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	3 X 300 HP
CANTIDAD DE MOTORES	3
MARCA	CUMMINS
TIPO	NT 855 / 1800 RPM
NUMERO DE CILINDROS	6 CILINDROS EN LINEA, 4 TIEMPOS DIESEL
DIAMETRO INTERNO	140MM
CARRERA	152 MM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	5,50 x 6,00 en Tiempo de combustible Presión del sistema (PT)

Fuente: Documentación de la embarcación Capitán Rudy

Tabla 23: Información técnica en el Remolcador Atamaica

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACIÓN	ATAMAICA
MATRICULA	ARSK-2748
ESLORA	17,15 MTS
MANGA	4,57 MTS
PUNTAL	1,95 MTS
ARQUEO BRUTO	46.71
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	600 HP= 2 X 300 HP
CANTIDAD DE MOTORES	2
MARCA	CUMMINS
TIPO	NT 855 / 1800 RPM
NUMERO DE CILINDROS	6 CILINDROS EN LINEA, 4 TIEMPOS DIESEL
DIAMETRO INTERNO	140MM
CARRERA	152 MM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	5,50 x 6,00 en Tiempo de combustible Presión del sistema (PT)

Fuente: Documentación de la embarcación Atamaica

Tabla 24: Información técnica en el Remolcador 23 de Enero I

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACION	23 DENERO I
MATRICULA	ABXI-7624
ESLORA	23,80 MTS
MANGA	5,55 MTS
PUNTAL	1,75 MTS
ARQUEO BRUTO	141.14
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	3 X 300 HP= 900 HP
CANTIDAD DE MOTORES	3
MARCA	CUMMINS
TIPO	NT 855 / 1800 RPM
NUMERO DE CILINDROS	6 CILINDROS EN LINEA, 4 TIEMPOS DIESEL
DIAMETRO INTERNO	140MM
CARRERA	152 MM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	5,50 x 6,00 en Tiempo de combustible Presión del sistema (PT)

Fuente: Documentación de la embarcación 23 de Enero I

Tabla 25: Información técnica en el Remolcador 23 de Enero II

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACIÓN	23 DENERO II
MATRICULA	ABXI-7625
ESLORA	23,80 MTS
MANGA	5,40 MTS
PUNTAL	1,75 MTS
ARQUEO BRUTO	60.23
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	3 X 300 HP = 900 HP
CANTIDAD DE MOTORES	3
MARCA	CUMINIS
TIPO	NT 855 / 1800 RPM
NUMERO DE CILINDROS	6 CILINDROS EN LINEA, 4 TIEMPOS DIESEL
DIAMETRO INTERNO	140MM
CARRERA	152 MM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	5,50 x 6,00 en Tiempo de combustible Presión del sistema (PT)

Fuente: Documentación de la embarcación 23 de Enero II

Tabla 26: Información técnica en el Remolcador San Gabriel

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
EMBARCACION	SAN GABRIEL
MATRICULA	ARSK-2747
ESLORA	14,50 MTS
MANGA	5 MTS
PUNTAL	1,50 MTS
ARQUEO BRUTO	54.35
POTENCIA DE LA EMBARCACIÓN	600 HP
CANTIDAD DE MOTORES	2
MARCA	CUMMINS
TIPO	NT 855 / 1800 RPM
NUMERO DE CILINDROS	6 CILINDROS EN LINEA, 4 TIEMPOS DIESEL
DIAMETRO INTERNO	140MM
CARRERA	152 MM
RELACIÓN DE COMPRESIÓN (NOMINAL)(MOTOR STANDARD)	5,50 x 6,00 en Tiempo de combustible Presión del sistema (PT)

Fuente: Documentación de la embarcación San Gabriel

4.3 Inspección de los motores principales en la sala de máquinas de las embarcaciones.

A continuación se presenta el detalle en tablas de estas inspecciones en cada remolcador y las características de los motores. (Ver tablas de la 27 a la 33 respectivamente).

Tabla 27: Inspección en el Remolcador Rio Manapiare

INSPECCIÓN	RIO MANAPIARE
MOTORES DETROIT DIESEL 8V SERIE 71	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 2 MOTORES BIEN DE PINTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA SOBRE EL MOTOR
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTA LOBULOS GIRATORIOS,POR SER MOTORES DE ADMISIÓN NATURAL
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 4 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS,UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 2 TUBERIAS DE 4" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSIÓN DE LOS GASES DE CADA CILINDRO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 2 CAJAS ALLISON DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 450.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 28: Inspección en el Remolcador Puerto Miranda

INSPECCIÓN	PUERTO MIRANDA
MOTORES DETROIT DIESEL 12V SERIE 71	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 2 MOTORES BIEN DE PNTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA SOBRE EL MOTOR
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTA LOBULOS GIRATORIOS,POR SER MOTORES DE ADMISIÓN NATURAL
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 4 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS,UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 2 TUBERIAS DE 4" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DE CADA CILINDRO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 2 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 600.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 29: Inspección en el Remolcador Capitán Rudy

INSPECCIÓN	CAPITAN RUDY
MOTORES CUMMINS NT 855 / 1800 RPM	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 3 MOTORES BIEN DE PNTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA EN LA PARTE LATERAL IZQUIERDA
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTAN SISTEMA DE ADMISIÓN CON TURBO INCORPORADO.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO ABIERTO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 6 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS, CADA MOTOR UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 1 TUBERIAS DE 6" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DECADA CILINDRO A LA SALIDA DEL TURBO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 3 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 900.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 30: Inspección en el Remolcador 23 de Enero I

INSPECCIÓN	23 DEENERO I
MOTORES CUMMINS NT 855 / 1800 RPM	
PINTURA	LOS 3 MOTORES SE ENCUENTRAN BIEN DE PNTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA EN LA PARTE LATERAL IZQUIERDA
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTAN SISTEMA DE ADMISIÓN CON TURBO INCORPORADO.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 6 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS, CADA MOTOR UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 1 TUBERIAS DE 6" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DECADA CILINDRO A LA SALIDA DEL TURBO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 3 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 900.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 31: Inspección en el Remolcador 23 de Enero II

INSPECCIÓN	23 DEENERO II
MOTORES CUMMINS NT 855 / 1800 RPM	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 3 MOTORES , REQUIEREN PINTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA EN LA PARTE LATERAL IZQUIERDA
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTAN SISTEMA DE ADMISIÓN CON TURBO INCORPORADO.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 6 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS, CADA MOTOR UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 1 TUBERIAS DE 6" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DECADA CILINDRO A LA SALIDA DEL TURBO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 3 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 900.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 32: Inspección en el Remolcador Atamaica

INSPECCIÓN	ATAMAICA
MOTORES CUMMINS NT 855 / 1800 RPM	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 2 MOTORES. REQUIEREN PINTURA ACTUALMENTE
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA EN LA PARTE LATERAL IZQUIERDA
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTAN SISTEMA DE ADMISIÓN CON TURBO INCORPORADO.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 4 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS, CADA MOTOR UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 1 TUBERIAS DE 6" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DECADA CILINDRO A LA SALIDA DEL TURBO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 2 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 900.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 33: Inspección en el Remolcador San Gabriel

INSPECCIÓN	SAN GABRIEL
MOTORES CUMMINS NT 855 / 1800 RPM	
PINTURA	SE ENCUENTRAN LOS 2 MOTORES. REQUIEREN PINTURA
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES	LOS MOTORES POSEEN BOMBA DE COMBUSTIBLE TIPO MECANICA EN LA PARTE LATERAL IZQUIERDA
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PRESENTA BOMBA DE ACEITE EN LA PARTE BAJA DEL CARTEL DE MOTOR
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	PRESENTAN SISTEMA DE ADMISIÓN CON TURBO INCORPORADO.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PRESENTA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON BOMBA CENTRIFUGA. EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN ES DEL TIPO CERRADO.
EQUIPOS ELECTRICOS	PRESENTA 4 BATERIAS DE TIPO 8D , CADA UNA DE 1450 AMPERIOS, CADA MOTOR UN ALTERNADOR DE 24 VOLTIOS Y UN ARRANQUE DE 24 VOLTIOS
SISTEMA DE ESCAPE	CADA MOTOR PRESENTA 1 TUBERIAS DE 6" DE DIAMETRO PARA LA EXPULSÓN DE LOS GASES DECADA CILINDRO A LA SALIDA DEL TURBO
INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN	CADA MOTOR CONTIENE LOS EQUIPOS PARA MEDIR: PRESIÓN,TEMPERATURA,AMPERAJE,VOLTIMETRO,RPM Y HOROMETRO EN BUENAS CONDICIONES
TIPO DE CAJA	POSEE 2 CAJAS TWIN DISC DE RELACIÓN 3:1
CAPACIDAD DE EMPUJE DEL REMOLCADOR	PUEDE EMPUJAR GABARRAS PLANAS CON UNA CAPACIDAD DE 900.000 LITRO DE COMBUSTIBLE

Fuente: Partidas (2014)

4.4 Recolectar y analizar los datos históricos de fallas, comportamiento de los motores principales Detroit diésel y Cummins de las embarcaciones de la Gerencia Flota Fluvial en los reportes de operaciones, para el lapso comprendido 01/01/2012 (8760 horas) al 31/12/2013 (8760 horas).

4.4.1 Parámetros estadísticos de estudio:

Para ello se explicó en el capítulo 2, la terminología utilizada para entender las operaciones en las embarcaciones de la Flota Fluvial.

Cualquier combinación donde falle un motor por mantenimiento correctivo, automáticamente la Embarcación (X)= OFF, motivada a que no cuenta con la potencia y propulsión diseñada para la embarcación.

En el caso de las embarcaciones propias este criterio mantiene el control de la disponibilidad. (ON-OFF).

En el caso de embarcaciones Fletadas, al quedar la embarcación (x)= ON, se entiende que el flete pagado para esa embarcación se mantiene.

En el caso de embarcaciones Fletadas, al quedar la embarcación (x)= OFF, no se reconoce el pago de ese flete, por razones de indisponibilidad en perjuicio de PDV Marina.

Tomando en cuenta lo planteado, se estudió la data Operacional existente durante los años 2012 y 2013. A partir de la misma, se generaron las fallas de los motores y por consecuencia repercuten en la disponibilidad en los remolcadores. (Ver tablas de la 34 a la 37 respectivamente).

A continuación se presentan las tablas de disponibilidad reflejada en los remolcadores durante los años 2012 y 2013.

Tabla 34 Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial, primer semestre año 2012.

[illegible]

Fuente: Disponibilidad Operacional 2012

Tabla 35 Reporte de fallas de los remolcadores Flota fluvial Segundo semestre año 2012.

[illegible]

Fuente: Disponibilidad Operacional 2012

Tabla 36 Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial primer semestre año 2013.

[illegible]

Fuente: Disponibilidad Operacional 2013

Tabla 37 Reporte de fallas de los remolcadores Flota Fluvial Segundo semestre año 2013.

[illegible]

Fuente: Disponibilidad Operacional 2013

4.5 Elaboración de diagrama de Pareto para determinar cuáles equipos, componentes tienen mayor impacto en la disponibilidad operacional de los motores principales en las embarcaciones y la creación de la matriz FODA.

4.5.1 A continuación se realizó un estudio estadístico de las fallas en los motores reflejado en la disponibilidad del sistema en cada remolcador en el año 2012. (Ver tabla 38).

Tabla 38 Disponibilidad de los remolcadores Flota fluvial año 2012

OPERATIVIDAD DE EQUIPOS	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO
	23 DE ENERO I	23 DE ENERO II	ATAMAICA	SAN GABRIEL	CAPTAN RUDY	PUERTO MIRANDA	MANAPIARE
DÍAS DEL AÑO	365	365	365	365	365	365	365
HORAS AL AÑO (horas)	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
DÍAS/AÑO/OFF HIRE (días)	12	8	11	12	3	13	24
HORAS /AÑO/ OFF HIRE (horas)	289	198	270	292	62	312	584
DÍAS/AÑO/ ON HIRE (días)	353	357	354	353	362	352	341
HORAS/ AÑO/ ON HIRE (horas)	8,471	8,562	8,490	8,468	8,698	8,448	8,176

Fuente Elaboración propia (2014)

Luego de obtener la disponibilidad del sistema, se realizan los gráficos de barra para ver las condiciones del sistema (Ver gráfico 1).

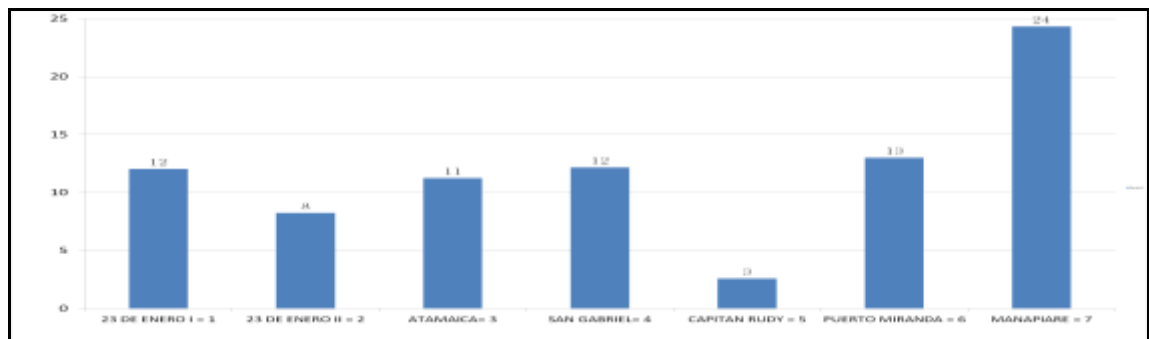


Gráfico 1 Días/Año/Off hire Remolcador como consecuencia de los motores en las embarcaciones año 2012

Fuente Elaboración propia (2014)

Se puede observar, la cantidad de días fuera de servicio de las embarcaciones en estudio, parámetros tomados de los reportes de operaciones del año 2012, cada falla funcional de los motores afecta su disponibilidad, por lo tanto influyen en la disponibilidad de cada embarcación como lo observamos en el grafico 1.

En esta grafica se observa la mayor indisponibilidad la presentan los motores en las embarcaciones propias de PDV Marina, afectando la disponibilidad de los remolcadores Puerto miranda con 13 días y Rio Manapiare con 24 días. La menor disponibilidad en días fue para el Remolcador Rudy con 3 días fuera de servicio durante el año 2012.

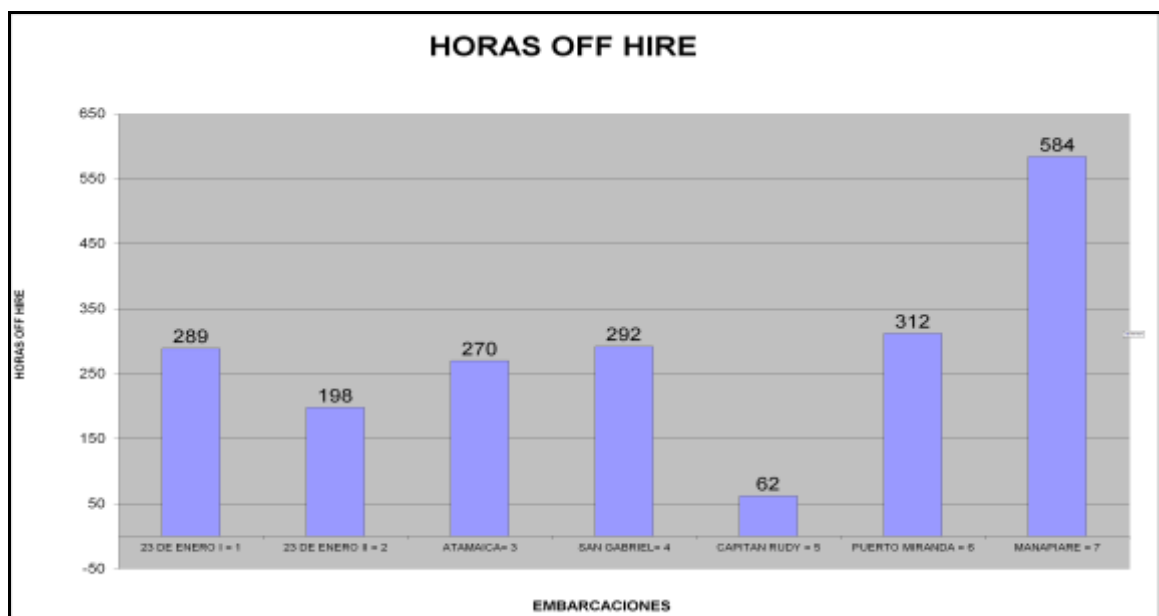


Gráfico: 2 Horas/Off hire año 2012

Fuente Elaboración propia (2014)

Se observa, la cantidad de horas fuera de servicio de las embarcaciones en estudio por fallas en los motores, parámetros tomados de los reportes de operaciones del año 2012. (Ver gráfico 2).

En esta grafica se observa, la mayor indisponibilidad en horas de las embarcaciones propias de PDV Marina, afectando la disponibilidad de los remolcadores Puerto Miranda con 312 horas y Rio Manapiare con 584 horas. La menor indisponibilidad fue para el Remolcador Rudy con 62 horas, durante el año 2012.

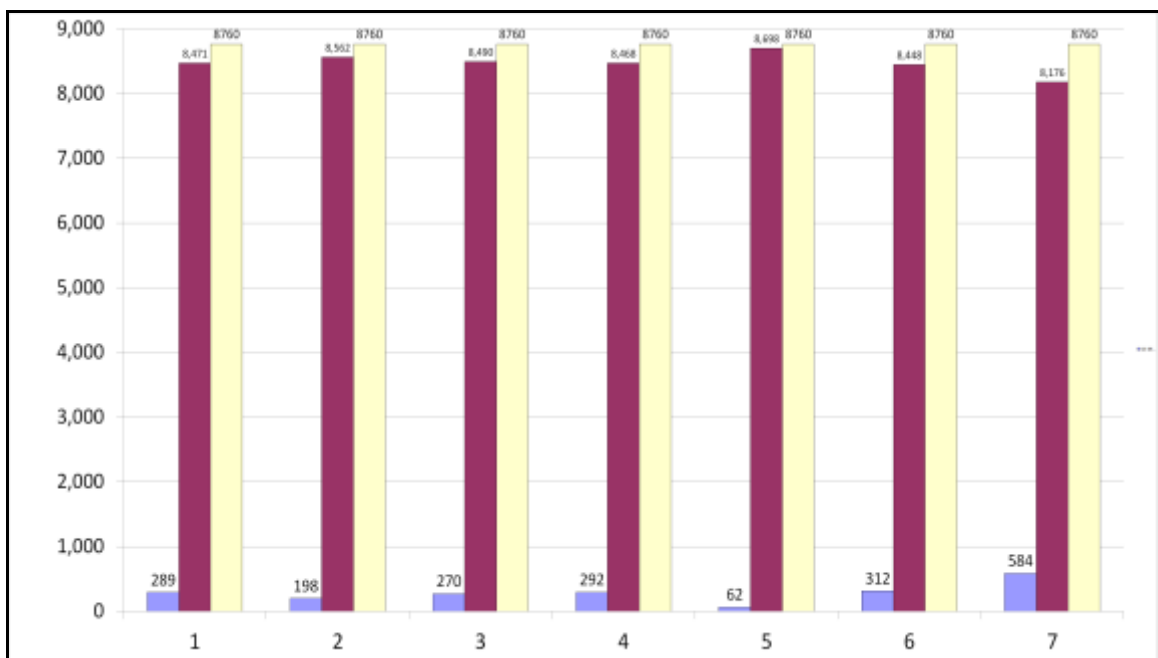


Gráfico: 3 Horas /Off Hire /On Hire/ On Hire Programado año 2012

Fuente Elaboración propia (2014)

Se puede observar la cantidad de horas fuera de servicio de los motores imputable a cada embarcación, horas de Operatividad de los motores en cada embarcación y las horas programadas durante todo un año en servicio, es decir 8760 horas. (Ver grafico 3).

Para este gráfico, se observa la mayor disponibilidad la obtuvo el remolcador Rudy (remolcador Fletado), ya que su indisponibilidad anual fue de 62 horas, mientras que la mayor indisponibilidad la obtuvo el remolcador Rio Manapiare con 584 horas (Remolcador propio).

Una vez conocidos todos los parámetros de estudio, procedemos al cálculo de la disponibilidad de los motores en cada embarcación para el año 2012. (Ver tabla 39).

MTBF= Tiempo medio entre falla en horas y días.

λ = Tasa de fallas

MTTR= Tiempo medio de Reparación.

μ = Tasa de reparación.

D = Disponibilidad de los motores en cada embarcación.

Tabla: 39 Disponibilidad Operativa en porcentaje 2012 de los motores en las embarcaciones de PDV Marina

		23 DE ENERO II	23 DE ENERO II	ATAMACA	SAN GABRIEL	CAPTAN RUDY	PUERTO MIRANDA	MANAPIARE
AÑO 2012	Total horas paradas*MTTR	289	199	270	292	62	312	584
	Total de fallas	6	4	5	5	3	3	2
	Total horas año	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	Total horas disponibles	8471	8562	8490	8468	8698	8448	8176
	MTBF (horas)*MTTR, TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	1463.00	2196.00	1752.00	1752.00	2920.00	2920.00	4388.00
	MTBF (días)	60.83	91.25	73.00	73.00	121.67	121.67	182.58
	λ (Tasa de Fallas)	0.0007	0.0005	0.0006	0.0006	0.0003	0.0003	0.0002
	MTTR (horas)	48.17	49.50	54.00	58.40	20.67	104.00	292.00
	MTTR (días)	2.01	2.06	2.25	2.43	0.86	4.33	12.17
	μ (tasa de reparación)	0.0208	0.0202	0.0165	0.0171	0.0484	0.0096	0.0034
	Disponibilidad	96.81%	97.79%	97.81%	96.77%	99.30%	96.86%	93.79%

Fuente: Elaboración propia (2014)

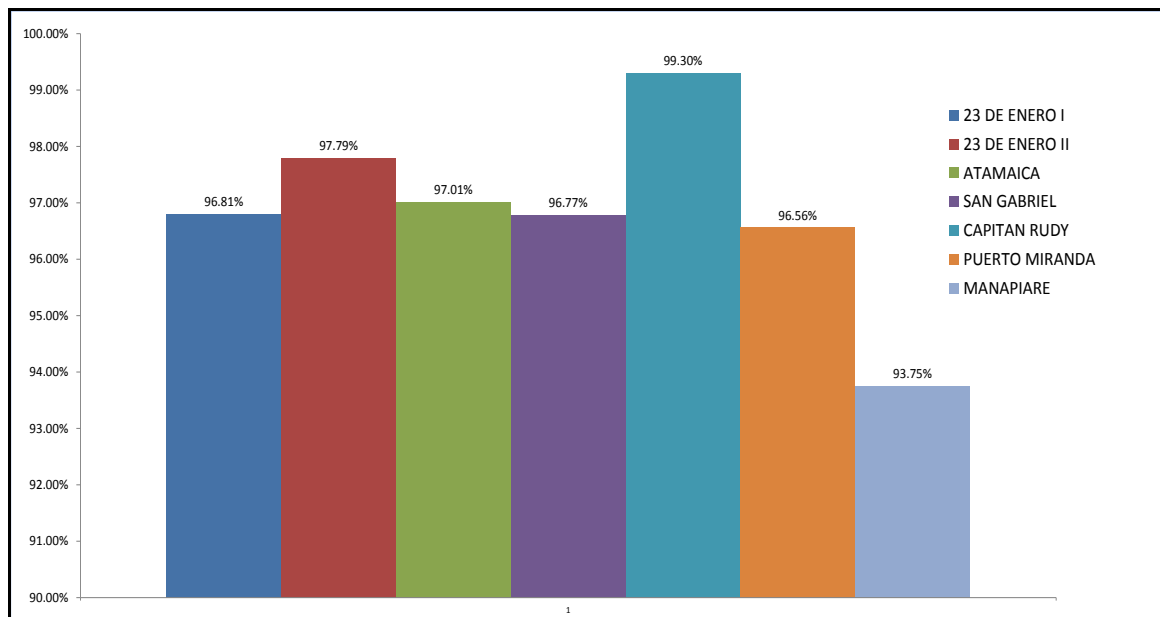


Gráfico: 4 Disponibilidad año 2012

Fuente Elaboración propia (2014)

Para el análisis del grafico anterior partimos de lo siguiente:

Dado que la confiabilidad + (no-confiabilidad) = 1

Para los resultados de confiabilidad, definir el tiempo de servicio es muy importante en la obtención de respuestas valederas. Se debe notar en el grafico que una alta disponibilidad aumenta la confiabilidad para tiempos de corrida de un año o más, requiere una alta confiabilidad inherente (por ejemplo, un gran tiempo medio para fallar); frecuentemente no se logra una alta confiabilidad inherente, debido a errores de operación y de mantenimiento. Esto lo podemos observar en la gráfica anterior con el remolcador Rio Manapiare, el cual tuvo solo 2 fallas en todo, un tiempo medio para reparar MTBF= 4380 horas y un tiempo medio de reparación de MTTR= 292 horas, Por consiguiente su Disponibilidad Operacional fue de 93,75 %. Mientras que para los motores en

el Remolcador Rudy tuvo 2 fallas en el año pero con tiempo medio para reparar de MTTR=20.67 horas y su Disponibilidad Operacional fue de 99,30 %.

La **Mantenibilidad** tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento, o en que tanto tiempo se toma en lograr (fácil y rápido) las acciones de mantenimiento, en relación con los datos. Los datos incluyen el mantenimiento (todas las acciones necesarias para mantener un componente como tal, o restablecerlo a una condición específica) realizado por personal calificado, que usa procedimientos y recursos predeterminados, para cada nivel de mantenimiento establecido. Las características de mantenibilidad son usualmente determinadas por el diseño del equipo, el cual establece los procedimientos de mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación. El índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio para reparar (MTTR) y es un límite para el tiempo máximo de reparación.

4.5.2 A continuación se realizó el estudio estadístico de las fallas en los motores reflejado en la disponibilidad del sistema en cada remolcador en el año 2013. (Ver tabla 40)

Tabla 40 Disponibilidad de los remolcadores Flota fluvial año 2013

OPERATIVIDAD DE EQUIPOS	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO
	23 DE ENERO I = 1	23 DE ENERO II = 2	ATAUVAICA = 3	SAN GABRIEL = 4	CAPTAN RUDY = 5	PUERTO MIRANDA = 6	MANAPIARE = 7
DÍAS DEL AÑO	365	365	365	365	365	365	365
HORAS AL AÑO (horas)	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
DÍAS/AÑO OFF HIRE (días)	11	6	5	6	11	106	112
HORAS/AÑO OFF HIRE (horas)	160	136	126	146	271	2,544	2,688
DÍAS/AÑO ON HIRE (días)	354	359	360	359	354	259	253
HORAS/AÑO ON HIRE (horas)	8,501	8,625	8,634	8,615	8,489	6,216	6,077

Fuente Elaboración propia (2014)

Tabla N° Disponibilidad de los remolcadores Flota fluvial año 2013.

Luego de obtener la disponibilidad el sistema en el año 2013, se realizan los gráficos de barra para ver las condiciones del sistema

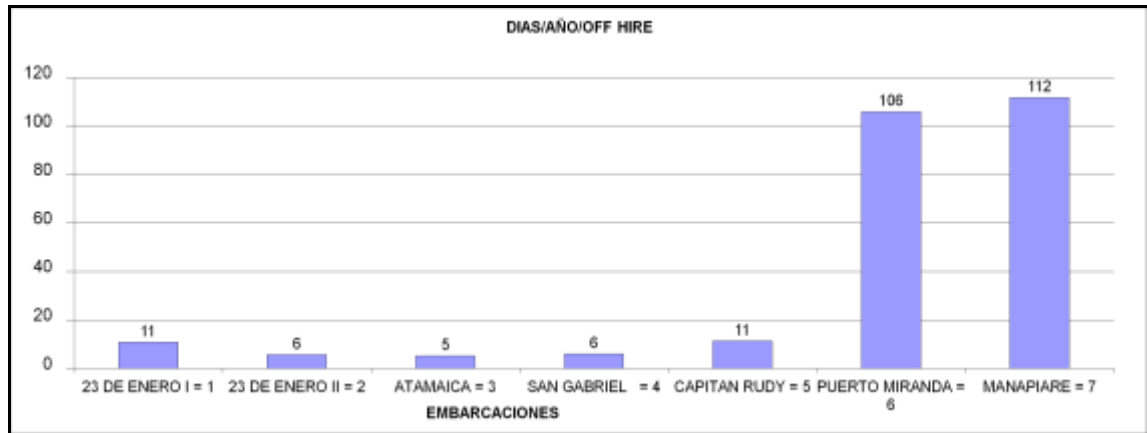


Gráfico: 5 Días /Año/Off Hire Año 2013

Fuente Elaboración propia (2014)

Se puede observar, la cantidad de días fuera de servicio de las embarcaciones en estudio. (Ver gráfico 5). Parámetros tomados de los reportes de operaciones del año 2013, cada falla funcional de los motores afecta su disponibilidad, por lo tanto influyen en la disponibilidad de cada embarcación como lo observamos en la figura anterior.

En el grafico 5, se observa la mayor indisponibilidad la presentan los motores en las embarcaciones propias de PDV Marina, afectando la disponibilidad de los remolcadores Puerto miranda con 106 días y Rio Manapiare con 112 días. La menor disponibilidad en días fue para el Remolcador Atamaica con 5 días fuera de servicio durante el año 2013.

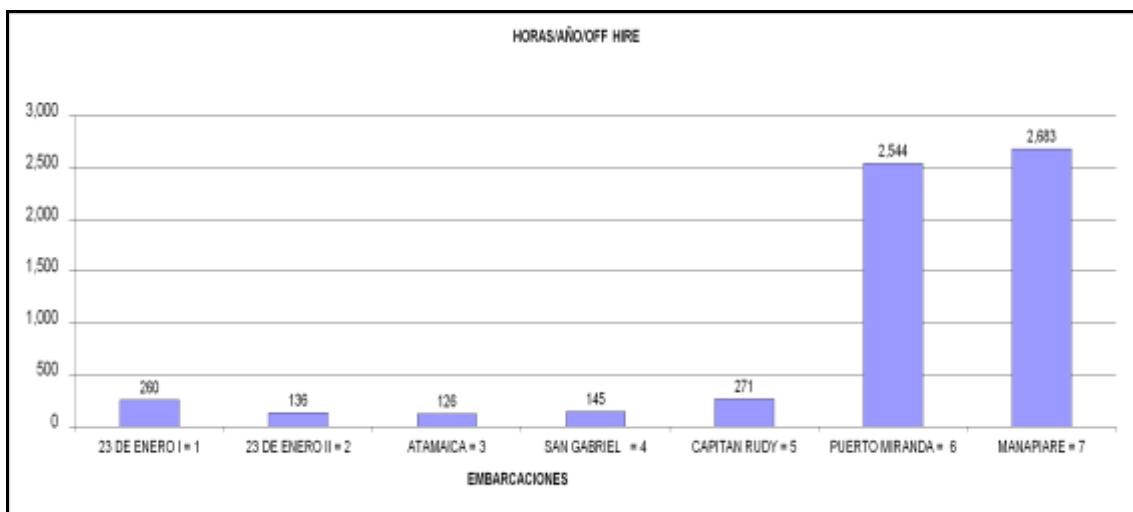


Gráfico: 6 Horas/ Off Hire año 2013

Fuente Elaboración propia (2014)

Se puede observar en el gráfico 6, la cantidad de horas fuera de servicio de los motores en estudio, parámetros tomados de los reportes de operaciones del año 2013.

En esta gráfica se observa, la mayor indisponibilidad en horas de las embarcaciones propias de PDV Marina, afectando la disponibilidad de los remolcadores Puerto Miranda con 2.544 horas y Río Manapiare con 2.683 horas. La menor indisponibilidad fue para el Remolcador Rudy con 62 horas, durante el año 2012.

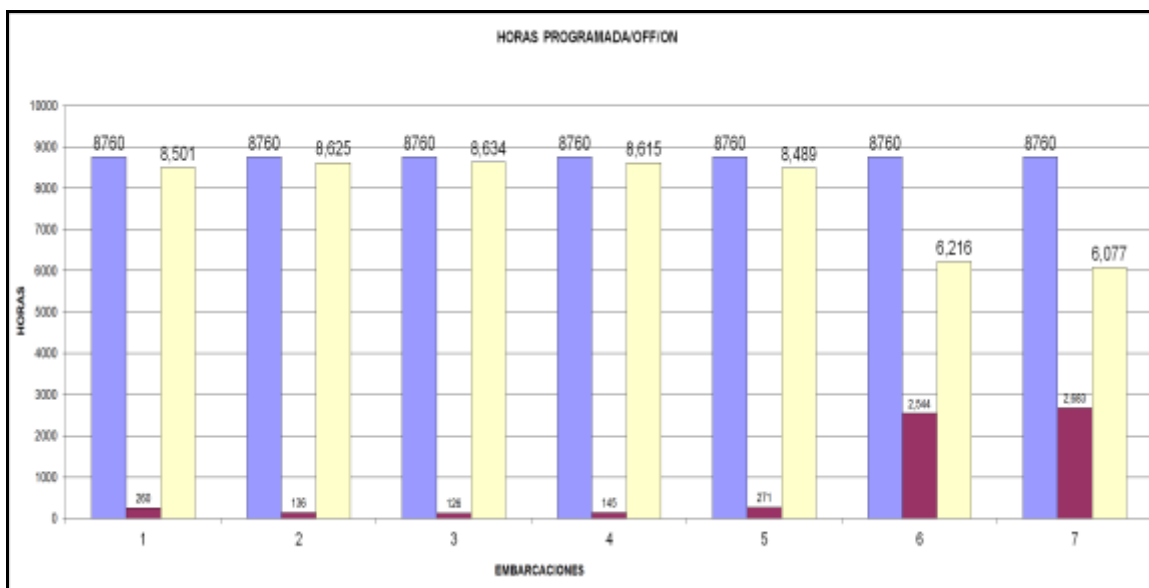


Gráfico: 7 On Hire Programado Año 2013/Off hire /On Hire

Fuente Elaboración propia (2014)

Se puede observar en el gráfico 7, la cantidad de horas fuera de servicio de los motores imputable a cada embarcación, horas de Operatividad de los motores en cada embarcación y las horas programadas durante todo un año en servicio, es decir 8760 horas.

Para este gráfico, se observa la mayor disponibilidad la obtuvo el remolcador Atamaica (remolcador Fletado), ya que su indisponibilidad anual fue de 126 horas, mientras que la mayor indisponibilidad la obtuvo el remolcador Rio Manapiare con 2683 horas (Remolcador propio).

Una vez conocidos todos los parámetros de estudio, procedemos al cálculo de la disponibilidad de los motores en cada embarcación para el año 2013 de la misma forma que en el año 2012. (Ver tabla 41).

Tabla:41 Disponibilidad Operativa en porcentaje 2013 de los motores en las embarcaciones de PDV Marina.

		23 DE ENERO I	23 DE ENERO II	ATAMAICA	SAN GABRIEL	CAPTAN RUDY	PUERTO MIRANDA	MANAPIARE
AÑO 2013	Total horas paradas	290	136	126	145	271	2,644	2,683
	Total de fallos	9	5	5	6	6	5	6
	Total horas año	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	Total horas disponibles	8500.5	8624.5	8634	8615	8489	6216	6077
	MTBF (horas)	973.33	1752.00	1752.00	1480.00	1480.00	1752.00	1480.00
	MTBF (días)	40.58	73.00	73.00	60.83	60.83	73.00	60.83
	λ (Tasa de Fallos)	0.0010	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0006	0.0007
	MTTR (horas)	28.83	27.10	25.20	24.17	45.17	508.80	447.17
	MTTR (días)	1.20	1.13	1.05	1.01	1.88	21.20	18.63
	μ (tasa de reparación)	0.0347	0.0369	0.0397	0.0414	0.0221	0.0020	0.0022
	Disponibilidad	97.12%	98.44%	98.58%	98.37%	97.00%	77.49%	76.55%

Fuente: Elaboración propia (2014).

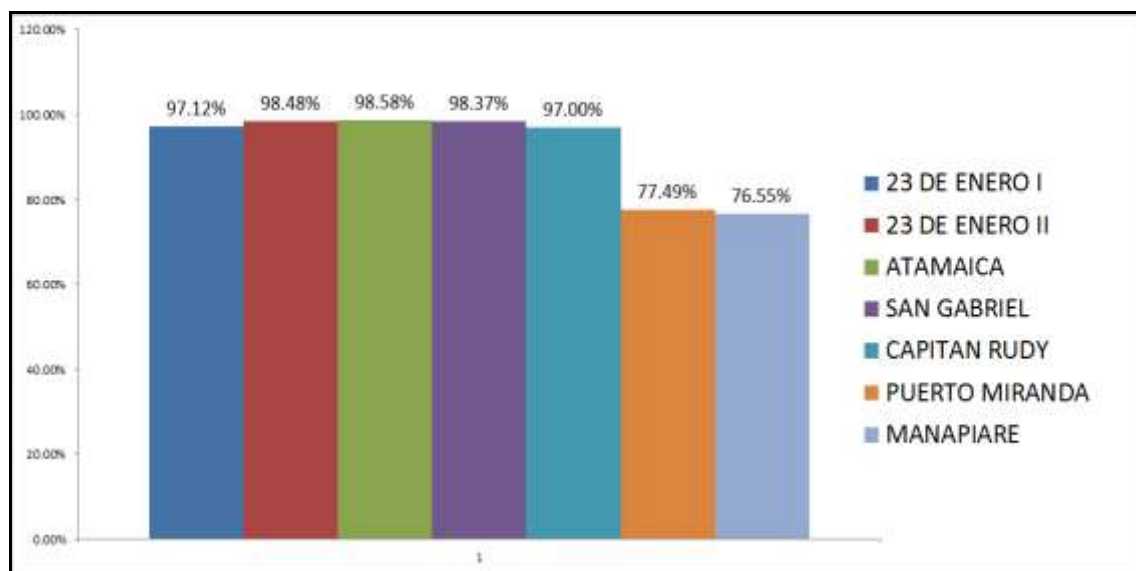


Gráfico: 8 Disponibilidad año 2013

Fuente: Elaboración propia (2014)

Para el análisis del grafico 8, partimos de lo siguiente:

Dado que la confiabilidad + (no-confiabilidad) = 1

Podemos observar en la gráfica anterior el remolcador Rio Manapiare, tuvo 6 fallas, un tiempo medio para reparar MTBF= 1460 horas y un tiempo medio de reparación de MTTR= 447 horas, Por consiguiente su Disponibilidad Operacional fue de 76,55 %. Mientras que para los motores en el Remolcador Atamaica tuvo 5 fallas en el año pero con tiempo medio para reparar de MTTR=25.00 horas y su Disponibilidad Operacional fue de 98,58 %

4.5.3 Creación de la Matriz (FODA):

Luego de observar las fallas existentes en los motores de las embarcaciones tanto propias y fletadas, realizamos un estudio para ver cuáles son las variables cualitativas y cuantitativas que influyen en la disponibilidad de los motores de las embarcaciones. (Ver tablas 42 y 43 respectivamente). Las cuales resumen la situación que afecta el mantenimiento a tiempo de los motores en la Gerencia Flota:

Tablas:42 Analisis Foda Motores propios.

 PDVSA PDV MARINA		GERENCIA FLOTA FLUVIA FODA PDV MARINA	
Caso: Remolcadores Propios de PDV Marina (Motores propios)		DESCRIPCIÓN	
FORTALEZA		DESCRIPCIÓN	
Personal con experiencia en el manejo y funcionamiento de los equipos		El personal que labora en el área de mantenimiento conoce el funcionamiento. Dominan los procedimientos de trabajo y los aplican de manera correcta en los motores, además, tiene experiencia en el manejo de las fallas y sus causas.	
Disposición por parte del personal a asumir nuevos retos que conlleven a mejorar su dinámica de trabajo.		El personal muestra disciplina a la hora de realizar sus actividades y están motivados a adquirir nuevos conocimientos.	
Feed-Back entre el personal de diversas disciplinas.		El personal de mantenimiento está conformado por un grupo multidisciplinario que mantiene una buena comunicación permitiendo que exista complementariedad y apoyo en sus diversas actividades.	
Dispone de los recursos económicos para la implementación de una filosofía de mantenimiento actual.		La empresa dispone de los recursos económicos necesarios para implementar una nueva filosofía de gestión de activos (asesoría externa, capacitación, adquisición de nuevos equipos, etc.)	
Capacitación continua del personal.		Varias veces por año, el personal recibe capacitación externa referente a su área de conocimiento.	
Buen ambiente laboral, procesos técnicos y administrativos de calidad.		La empresa cuenta con las mejores condiciones laborales.	
Mercado único, en el eje Fluvial del Río Orinoco.		Se encarga del transporte de Combustible desde Ciudad Bolívar Hasta Puerto Ayacucho.	
DEBILIDADES		DESCRIPCIÓN	
Se maneja un historial de falla de los equipos mínimo.		La Superintendencia no dispone de un registro de las fallas acontecidas a los equipos, por tanto, no pueden definirse de forma clara el Tiempo promedio entre fallas (TPEF), el Tiempo promedio fuera de servicio (TPFS) y el Tiempo promedio para reparar (TPRR).	
El mantenimiento preventivo es tomado en cuenta pero con poco personal.		Aunque el personal tiene conocimientos relacionados con las técnicas predictivas, son en algunas oportunidades difíciles de cumplir por la falta de caja chica y trámites burocrático.	
Por no disponer del personal y los equipos necesarios en la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo, requiere del apoyo de la Gerencia Técnica de PDV Marina.		Se apoya el departamento de Mantenimiento, con los inspectores de la Gerencia Fluvial, cuando existen mantenimientos correctivos no programados.	
Carencia de un sistema de indicadores de la gestión de mantenimiento.		No se hace uso de ningún indicador que permita recolectar la información necesaria a fin de medir la gestión de mantenimiento. • El desempeño es apreciado de forma cualitativa y personal.	
Predomina la aplicación de mantenimiento reactivo.		Debido a la desorganización existente por falta de una estructura en los Remolcadores propios, la mayoría del mantenimiento aplicado a los motores es reactivo, esto es reflejado en los costos generados por los mantenimientos correctivos.	
El poco mantenimiento preventivo se realiza a intervalos fijos.		La frecuencia de ejecución de actividades es concebida de forma estática.	
No existe una planificación conjunta entre los departamentos de mantenimiento y procura para la ejecución de las acciones de mantenimiento.		Los departamentos realizan sus programaciones de forma independiente, lo que en muchas oportunidades ha causado la postergación de actividades necesarias para el buen funcionamiento de los equipos.	
No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.		Las acciones son planificadas de forma arbitraria, es decir, sin un orden específico que establezca su prioridad de ejecución.	
Los tiempos de espera por identificación de fallas están presente en alto grado.		Por la falta de personal, las actividades son engorrosas y tardan.	
No se cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación.		Falta de una estructura completa en la Gerencia Fluvial.	
• Desconocimiento en el manejo y cuidado de las unidades por parte de los capitanes.		Se realizan charlas, pero algunas veces existen problemas.	
Carencia de Estimador de Costos.		Estimador en la gerencia, limita las funciones y recarga más el personal de la Gerencia Fluvial.	
Inicio de los procesos de procura a través de Bariven.		No es posible la compra de repuestos, ya que PDVSA se apoya en su filial BARIVEN, quien realiza las compras Nacionales e Internacionales, las descripciones de cargo limitan las acciones de compra del personal de mantenimiento.	
OPORTUNIDADES		DESCRIPCIÓN	
Políticas internas de PDVSA que van en búsqueda de la Confiabilidad Operacional mediante la implantación de filosofías actuales de mantenimiento.		La empresa procura alcanzar altos estándares en materia operacional y de mantenimiento, que le permitan posicionarse a la par de las grandes corporaciones mundiales.	
A través de la implantación del SAP-PM permitirá sistematizar procedimientos para garantizar el ciclo de vida útil de activos. Actualización de la estructura de la Superintendencia de Mantenimiento ajustada a las nuevas necesidades. Integración con las comunidades producto de la nueva Visión Social Gubernamental. Adecuación de instalaciones adaptada a las nuevas necesidades.		- Adiestrar al personal en la utilización del SAP-PM. - Mantener un stock adecuado de herramientas y repuestos. - Crear un plan de formación profesional para el personal. - Crear políticas de apoyo para el desarrollo de las comunidades.	
Existe una gran necesidad del transporte de combustible.		PDV Marina, se encarga de satisfacer la necesidad de la planta de transporte de combustible.	
AMENAZAS		DESCRIPCIÓN	
Depende de un proceso de procura externo.		Bariven es la Gerencia encargada de llevar a cabo todos los procesos de procura. • La Superintendencia en cuestión depende de los lineamientos, reglamentaciones y procesos de la gerencia antes mencionada para el suministro de repuestos y equipos.	
Aumento de precios en los combustibles y lubricantes.		El aumento de los lubricante para los mantenimientos.	
Aumento de precio de repuestos para los motores.		Aumento del costo de repuestos.	
Conflictos gremiales.		PDV Marina se rige por contrato colectivo, esto en algunas oportunidades resalta.	

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tablas: 43 Analisis Foda Motores Empresa Privada.



PDVSA

PDV MARINA

GERENCIA FLOTA FLUVIA

FODA PDV MARINA

Caso: Remolcadores Fletados de PDV Marina (Motores Empresa Privada)

FORTALEZA	DESCRIPCIÓN
Personal con experiencia en el manejo y funcionamiento de los equipos	El personal que labora en el área de mantenimiento conoce el funcionamiento Dominan los procedimientos de trabajo y los aplican de manera correcta en los motores, además, tiene experiencia en el manejo de las fallas y sus causas
Disposición por parte del personal a asumir nuevos retos	El personal muestra disciplina a la hora de realizar sus actividades y están motivados a adquirir nuevos conocimientos.
que conlleven a mejorar su dinámica de trabajo	El personal de mantenimiento está conformado por un grupo multidisciplinario que mantiene una buena comunicación permitiendo que exista complementariedad y apoyo en sus diversas actividades
Feed-Back entre el personal de diversas disciplinas	La empresa dispone de los recursos económicos necesarios para implementar una nueva filosofía de gestión de activos (asesoría externa, capacitación, adquisición de nuevos equipos, etc.)
Dispone de los recursos económicos para la implementación de una filosofía de Mantenimiento.	Varias veces por año, el personal recibe capacitación externa referente a su área de conocimiento
Capacitación continua del personal	Las compra de repuestos , se dan de una manera más rapida y menos burocraticas.
Tiene un departamento propio de Contratación.	Poseen la infraestructura y clima organizacional completo.
Estan ubicados en la Zona Ciudad Bolivar	Personal cumpliendo sus actividades Operacionales.
Posee un departamento de Operaciones	Personal cumpliendo sus funciones de Mantenimiento.
Posee un departamento de Mantenimiento	Por ser embarcaciones fletadas posee la capacidad de inversión en las operaciones y mantenimientos requeridos en los motores
Grandes recursos financieros	Ejecutado periodicamente .
El mantenimiento es planificado	
DEBILIDADES	DESCRIPCIÓN
Poseen contratos de mantenimiento por tiempos	PDV Marina realiza la contratación de embarcaciones por perios anuales.
Depositos de resuduos	No cuentan con depositos para residuos oleosos.
El personal es tercerizado	Las empresas realizan una tercerización ,pero estan en vias del ingreso
OPORTUNIDADES	DESCRIPCION
Prestan servicio a la Estatal PDV Marina	Cumplen con lo requerido para el transopрте de combustible.
AMENAZAS	DESCRIPCION
Dependen de la contratación anual	
Aumento de precios en los combustibles y lubricantes.	
Aumento de precio de repuestos para los motores	


Fuente: Elaboración propia (2014)

4.6. Elaboración del Árbol de Falla de cada uno de los subsistemas de los motores diésel de las embarcaciones.

Mediante la aplicación del Árbol de Fallas se determinaron las causas primarias del modo de falla seleccionada para los motores Diesel en estudio.

La frecuencia en la cual ocurren las causas primarias obtenidas en el árbol de fallas se obtuvieron de los reportes de fallas de Operación de los Años 2012 y 2013.

A continuación se presentaran los arboles de cada sistema en los motores diesel. (Ver figuras de la 26 a la 33 respectivamente).

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y REGULADORES				

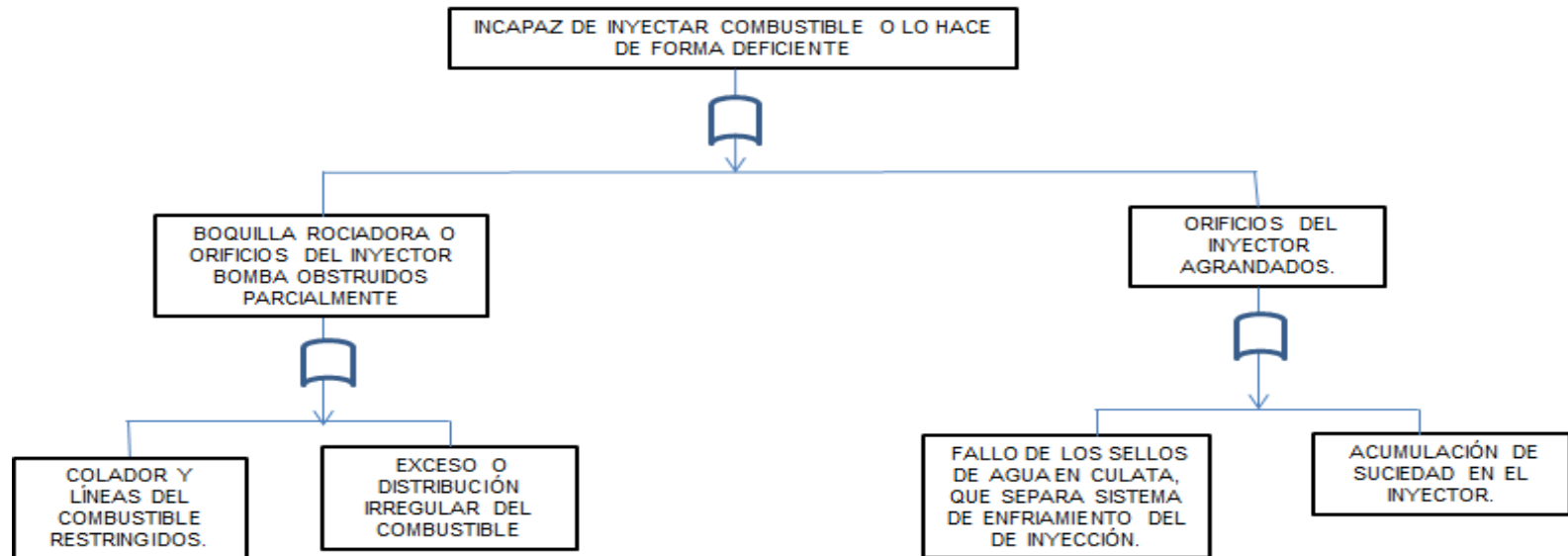
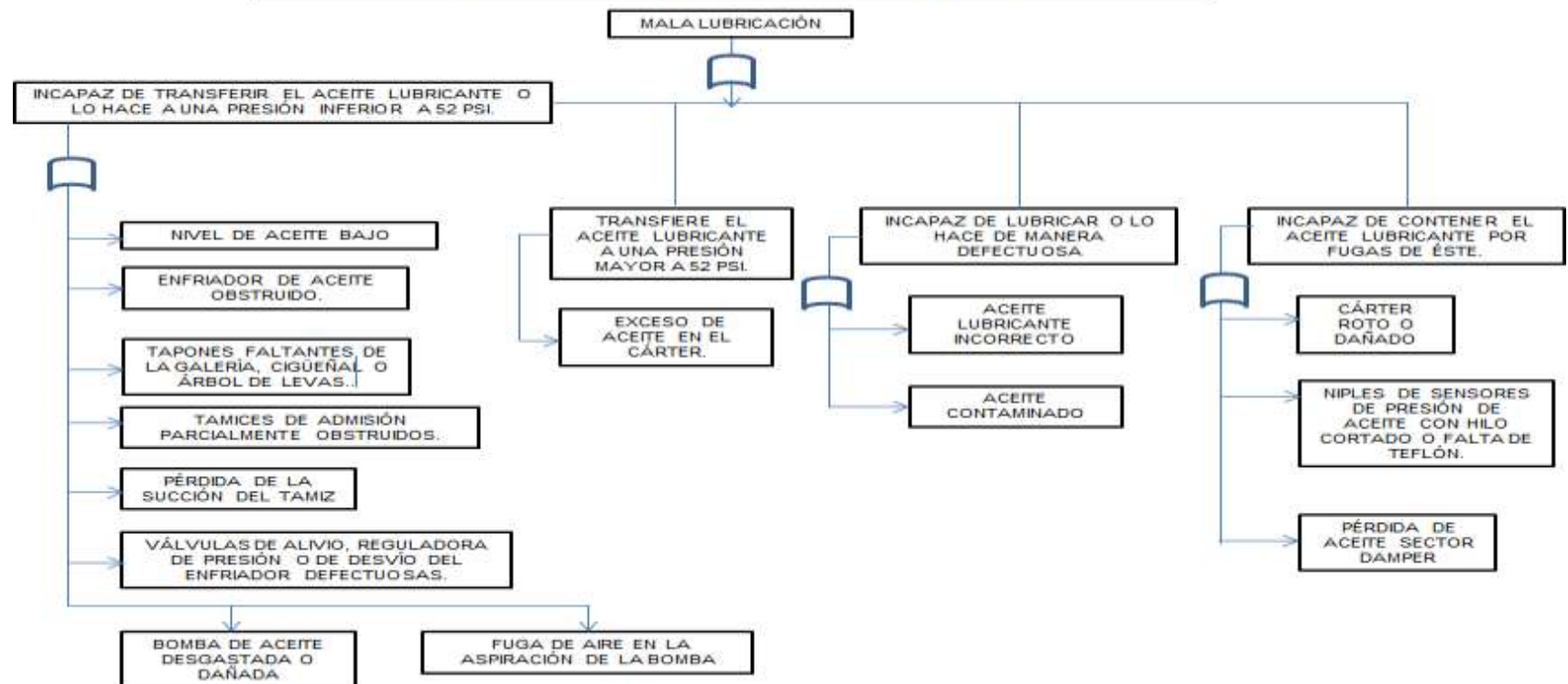


Figura: 26 Árbol de Fallas, Sistema de Combustible


Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
			SISTEMA DE LUBRICACIÓN	



FiFigura : 27 Árbol de Fallas, Sistema de Lubricación

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-----------------------------------	-------------	---------------

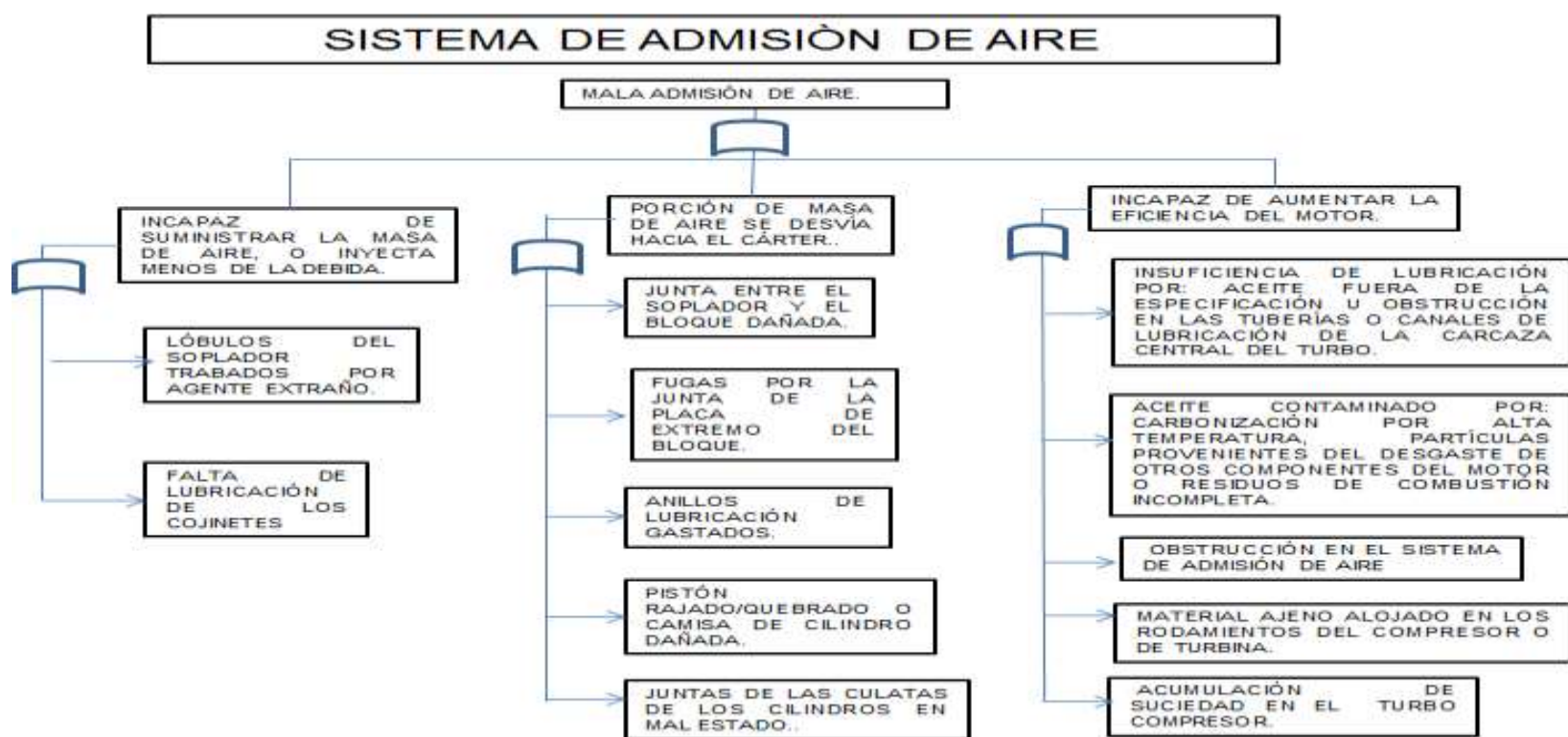



Figura: 28 Árbol de Fallas, Sistema de Admisión de Aire

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-----------------------------------	-------------	---------------

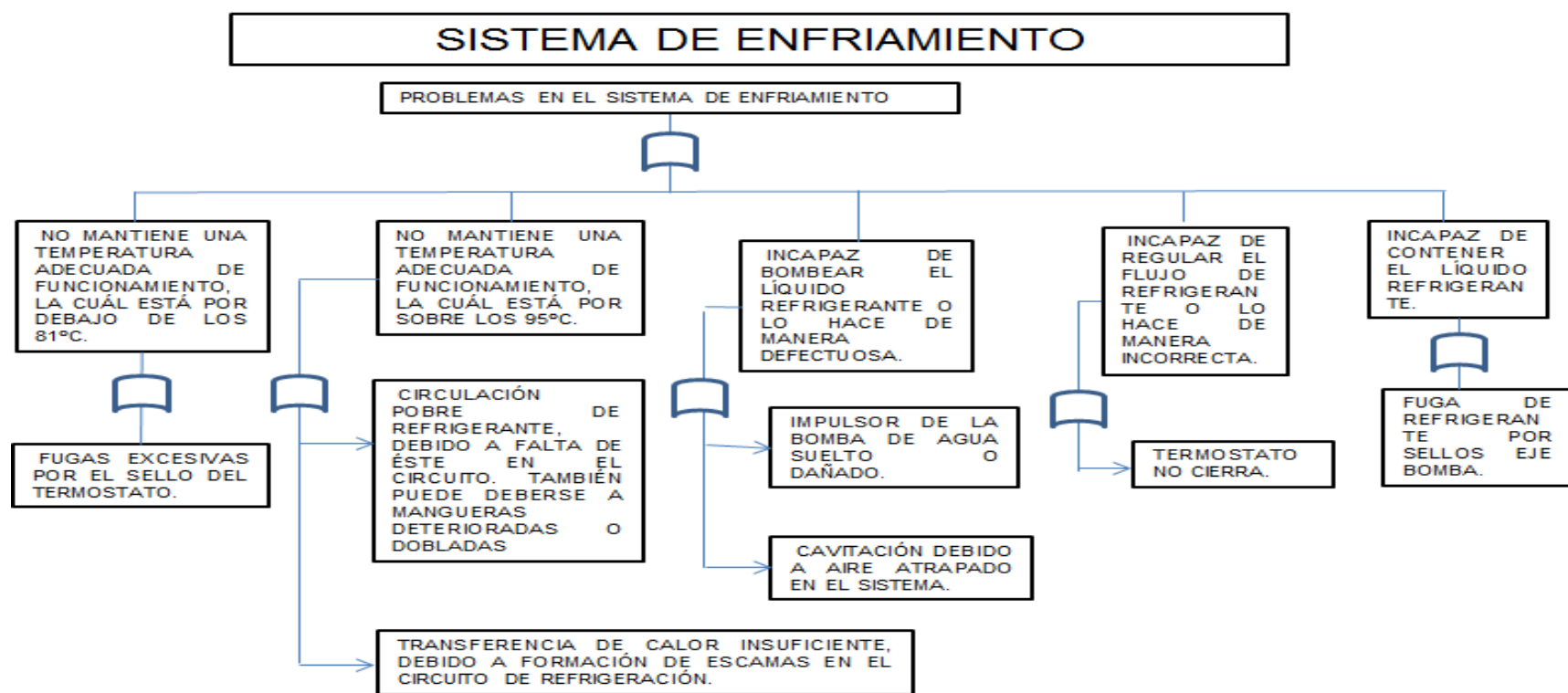



Figura: 29 Árbol de Fallas, Sistema de Enfriamiento

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-----------------------------------	------	--------

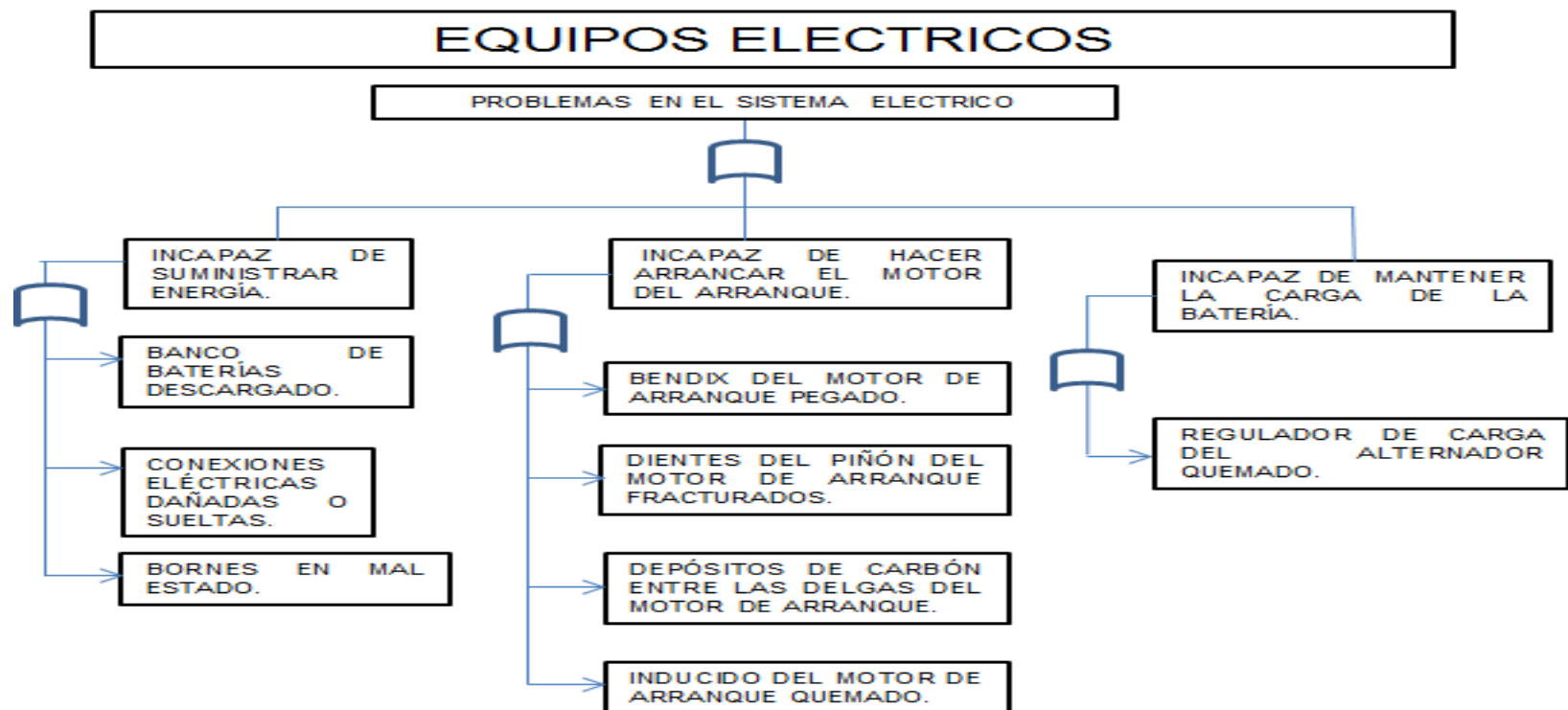



Figura: 30 Árbol de Fallas, Equipos Eléctricos

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-----------------------------------	------	--------

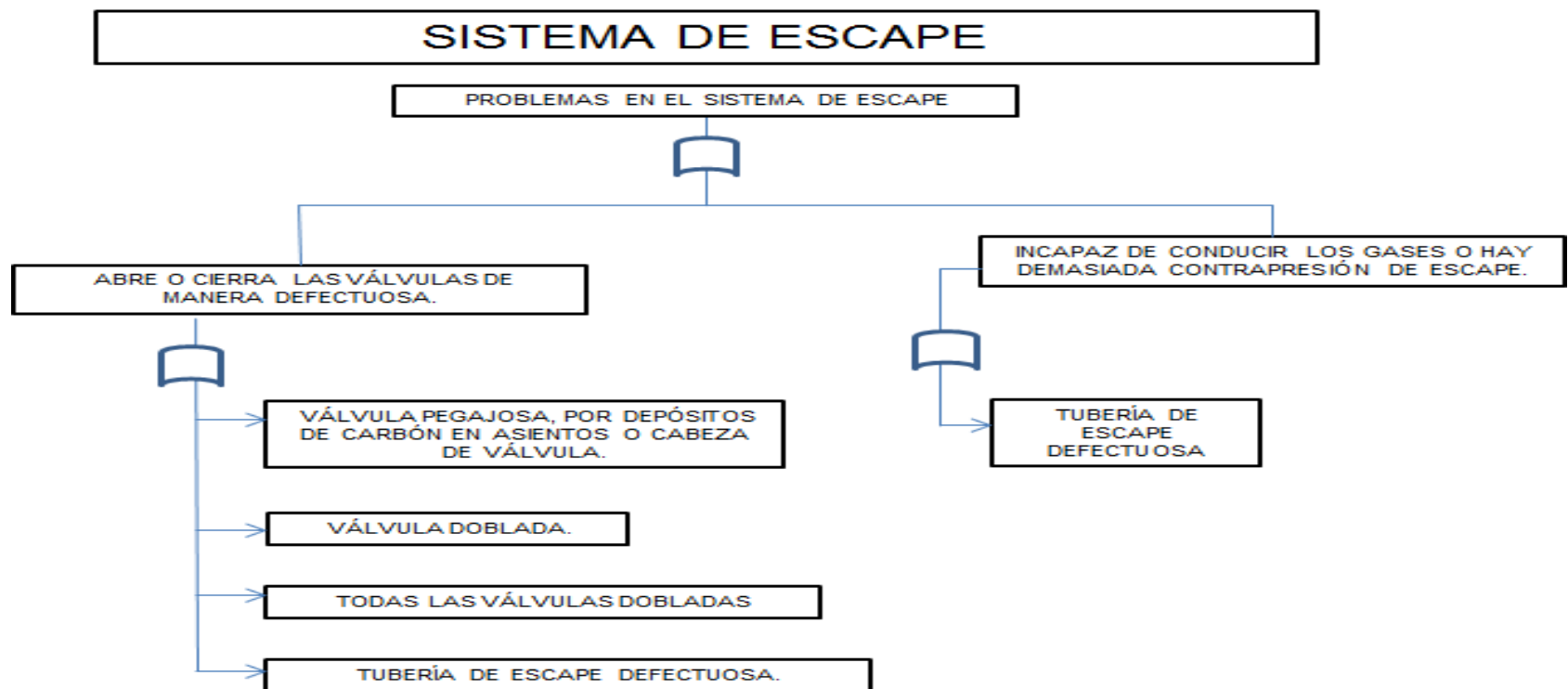



Figura: 31 Árbol de Fallas, Sistema de Escape

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-------------------------------	-------------	---------------

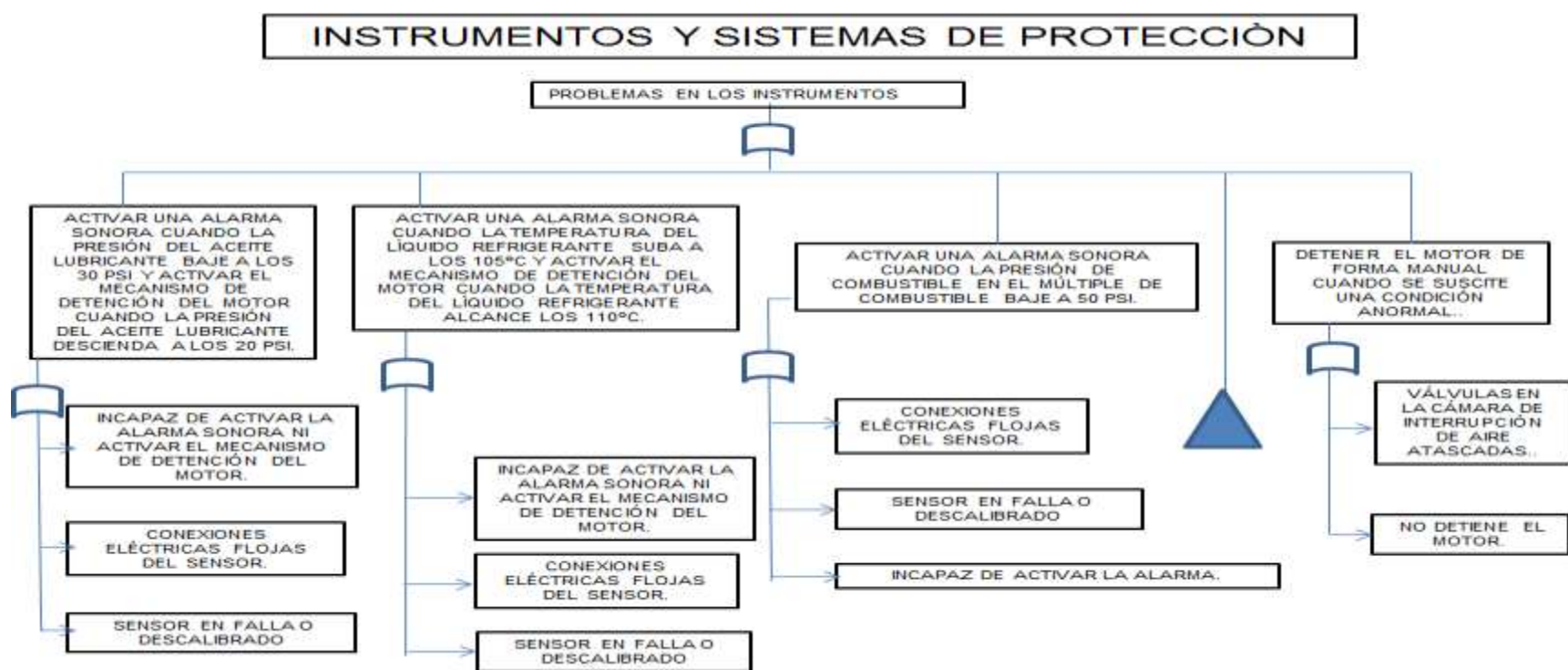



Figura: 32 Árbol de Fallas, Instrumentos

Fuente Elaboración propia (2014)

	ÁRBOL LÓGICO DE POSIBLES FALLAS	EQUIPO: MOTORES DIESEL	PAG:	FECHA:
---	--	-----------------------------------	-------------	---------------

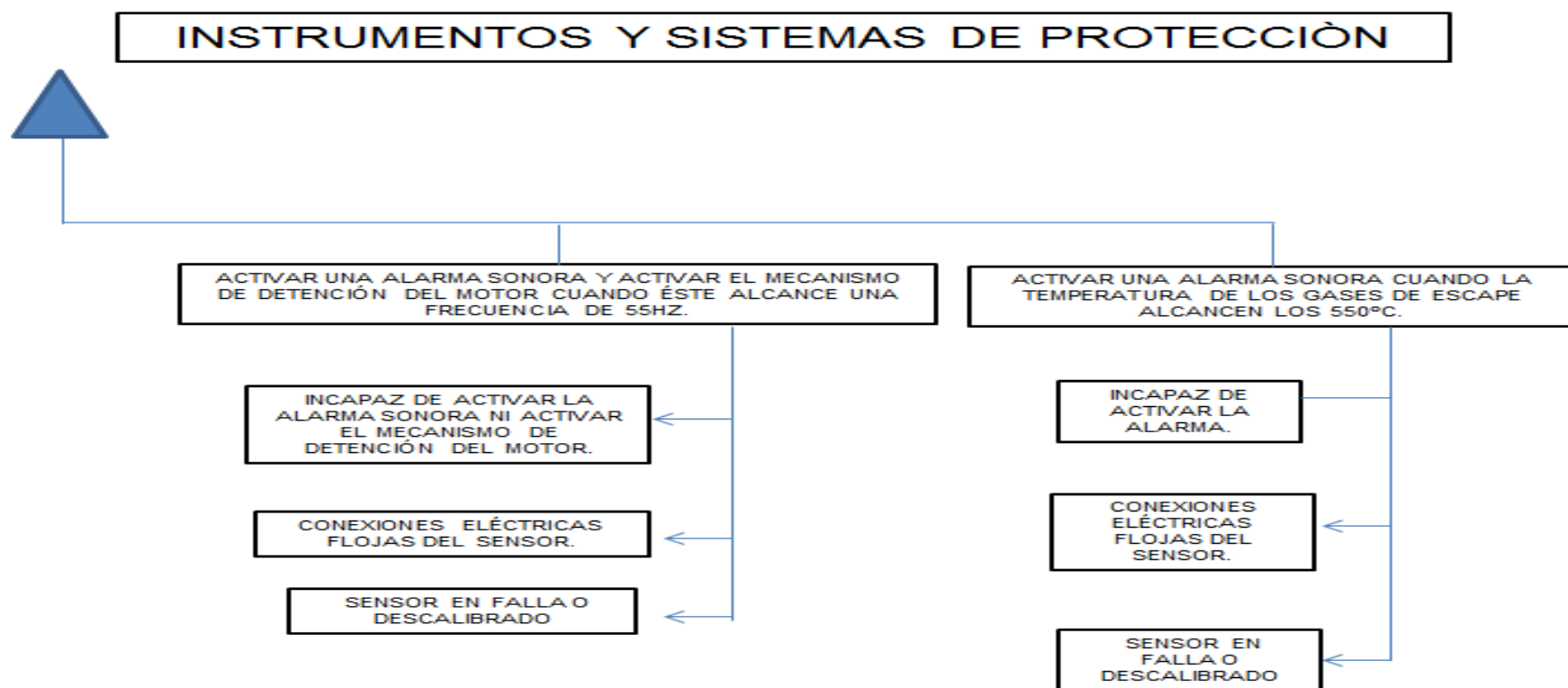


Figura: 33 Árbol de Fallas, Instrumentos


Fuente Elaboración propia (2014)

4.7. Elaboración de tablas de análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (AMEF) para los motores principales de las embarcaciones.

Para este estudio se reunió el personal de Operaciones y Mantenimiento de PDV Marina, conformando un equipo de trabajo, así como también el equipo de trabajo de las empresas fletadas, compartiendo experiencias y recogiendo las mejores prácticas y sucesos afrontados en los mantenimientos de cada uno de los remolcadores en estudio.


A continuación se realizó un análisis utilizando la herramienta Excel, donde se puede observar cada una de los sistemas que constituyen un motor diesel. Su definición, función, modo de falla, efecto de falla, método de detección, acciones preventivas y un nivel de criticidad aplicado por el grupo evaluador enfocado a la experiencia vivida en el mantenimiento de los equipos. (Ver tablas desde la 44 a la 49 respectivamente).

Tablas: 44 AMEF, Sistema de Combustible

<div>  <div> GERENCIA FLOTA FLUVIAL ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF) </div> <div> PREPARADO POR : APROBADO POR: </div> </div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		SISTEMA DE LUBRICACIÓN		Se encarga de lubricar y al mismo tiempo sirve de refrigerante de los elementos de un motor. El sistema de lubricación consiste de la bomba de aceite, el enfriador de aceite, filtros de aceite, válvulas de derivación en el enfriador de aceite y válvulas reguladoras de la presión en la bomba del aceite lubricante y en las canalizaciones principales del aceite del bloque de cilindros. En el funcionamiento de este sistema el aceite es aspirado desde el cárter a través del tamiz de admisión y dirigido a la bomba del aceite donde es sometido a presión. El aceite luego pasa a una galería corta en el bloque de cilindros y después a los filtros de aceite. Al mismo tiempo el aceite se dirige de la bomba a una válvula resorte de alivio de la presión montada en la bomba de aceite. Esta válvula descarga el exceso de aceite cuando la presión de la bomba excede los 100 psi Del filtro de aceite, éste regresa al bloque de cilindros donde un pasaje lo lleva al enfriador de aceite. Luego este es redirigido a un pasaje perforado verticalmente en el bloque de cilindros a la galería principal de aceite.								
ITEM	FUNCION	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCIÓN	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Transferir el aceite lubricante desde el cárter hacia los filtros de aceite lubricante.	1	Incapaz de transferir el aceite lubricante o lo hace a una presión inferior a 52 psi.	1	Nivel de aceite bajo.	Pérdida de lubricación de elementos móviles del motor. Sobrecalentamiento del motor.	VISUAL	Rellene con aceite hasta el nivel de la varilla medidora. Tiempo de trabajo: 30 minutos.	7	3	5	105
				2	Enfriador de aceite obstruido.	El enfriador de aceite obstruido se manifiesta por temperatura excesivamente alta del aceite lubricante.	VISUAL	Si hay alta temperatura del aceite, verifique funcionamiento del sistema de enfriamiento del motor. Remueva y limpie el núcleo del enfriador de aceite. Tiempo de trabajo: 1 día.	5	2	4	40
				3	Tapones faltantes de la galería, cigüeñal o árbol de levas.	Baja presión de aceite, circulación pobre dentro del motor. Sobrecalentamiento.	VISUAL	Verificación interna. Inspección.	8	2	8	128
				4	Tamices de admisión parcialmente obstruidos.	Baja presión de aceite. Circulación pobre. Sobrecalentamiento.	VISUAL	Remueva y limpie el cárter y el tamiz de admisión del aceite. Cambie los filtros del aceite.	5	3	7	105
				5	Pérdida de la succión del tamiz	No hay aspiración de aceite. Oriente o alargue tubería del tamiz de succión del aceite lubricante.	VISUAL	Oriento o alargue tubería del tamiz de succión del aceite lubricante. Complete nivel de aceite	4	2	9	72
				6	Bomba de aceite desgastada o dañada	Pobre circulación de aceite y presión baja de éste.	VISUAL	Reemplace o repare la bomba.	10	7	7	490
				7	Fuga de aire en la aspiración de la bomba	Pérdida en la presión de aceite.	VISUAL	Desarme la tubería e instale juntas nuevas. Tiempo de trabajo: 4 hrs.	3	3	9	81
				8	Válvulas de alivio, reguladora de presión o de desvío del enfriador defectuosas.	Pérdida en la presión del aceite.	VISUAL	Reemplace la o las válvulas defectuosas.	4	4	5	80
2	Lubricar elementos del motor	1	Transfiere el aceite lubricante a una presión mayor a 52 psi.	1	Exceso de aceite en el cárter.	Alto consumo de aceite lubricante. El aceite puede pasarse al interior de los cilindros produciéndose la quema de éste. Presencia de humo negro.	VISUAL	Retire el aceite excedente del cárter. Tiempo de trabajo: 30 min.	7	3	6	126
		2	Incapaz de lubricar o lo hace de manera defectuosa	1	Aceite lubricante incorrecto	Sobrecalentamiento del motor, ya que éste no lubricará correctamente los componentes que tienen roce y se producirá un desgaste excesivo.	VISUAL	Viscosidad inadecuada del tipo de aceite, verifique aceite requerido según el fabricante y reemplace.	7	4	4	112
				2	Aceite contaminado	Buje central del eje armónico se sale de su posición debido a esto baja la presión de aceite produciéndose un desgaste interno. Pérdida de potencia y torque.	VISUAL	Buje central del eje armónico se sale de su posición debido a esto baja la presión de aceite produciéndose un desgaste interno. Pérdida de potencia y torque.	10	3	3	90
3	Contener el aceite lubricante	1	Incapaz de contener el aceite lubricante por fugas de éste.	1	Cárter roto o dañado	Pérdida de aceite proporcional al daño del cárter.	VISUAL	Falta de lubricación debido a la disminución de aceite y a la baja de presión. Reemplazar el cárter	10	1	10	100
				2	Niples de sensores de presión de aceite con hilo cortado o falta de teflón.	Pérdida de aceite por este sector, la cual es mínima.	VISUAL	Cambiar niple de sensor o agregar teflón en hilo para sellar. Tiempo de trabajo: 30 minutos.	8	2	8	128
				3	Pérdida de aceite sector damper	Fuga de aceite por interior de la masa del cigüeñal. Revise tapón del cigüeñal. Limpie de las partes involucradas en el montaje. Instale	VISUAL	Revise tapón del cigüeñal. Limpie de las partes involucradas en el montaje. Instale tapón con Loctite 515. Tiempo de trabajo 4 hrs. (cambio de sellos delanteros).	9	7	6	378


Fuente Elaboración propia (2014)

Tablas: 45 AMEF, Sistema de Admisión de Aire.

<div>  <div> GERENCIA FLOTA FLUVIAL ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF) </div> <div> PREPARADO POR : APROBADO POR: </div> </div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE		<p>Es el encargado de suministrar el aire fresco necesario para una combustión eficiente, y barrer todos los gases quemados del interior de los cilindros. El sistema de admisión de aire consta principalmente de dos elementos: el soplador o blower y el turboalimentador. Funcionamiento. En el sistema de admisión de aire, se fuerza una carga de aire desde el exterior a través de un turboalimentador, que lo comprime y lo entrega a un depurador de aire, donde es tomado por los lóbulos del rotor del soplador o blower donde nuevamente es comprimido y llevado al lado de descarga de éste mismo. El Turboalimentador está montado en la brida de salida de escape del múltiple de escape del motor. Después de haber arrancado el motor, los gases de escape que fluyen del motor y pasan por la caja de la turbina hacen girar la rueda y el eje de la turbina. La rueda del compresor, la cual está montada en el extremo opuesto del eje de la rueda de la turbina, gira con la rueda de la turbina. La rueda del compresor aspira el aire ambiente a la caja del compresor, comprime el aire y lo entrega al soplador del motor. La carga continua de aire fresco del soplador entra a la cámara de aire del bloque de cilindros y barre pasando por los orificios de admisión de las camisas de los cilindros (lumbreras). El ángulo de las lumbreras crea un movimiento uniforme de remolino en el aire de admisión a medida que entra en los cilindros. Este movimiento persiste durante la carrera de compresión y facilita el barrido y la combustión. Durante la operación el turboalimentador obedece las demandas de carga del motor reaccionando al flujo de los gases de escape del motor. A medida que aumenta la potencia del motor, aumenta el flujo de gases de escape y la velocidad y el rendimiento del conjunto giratorio aumenta proporcionalmente, haciendo ingresar mas aire al motor.</p>								
ITEM	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODOS DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCIÓN	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Suministrar una masa de aire comprimida al interior de los cilindros.	1	Incapaz de suministrar la masa de aire, o inyecta menos de la debida.	1	Lóbulos del soplador trabados por agente extraño.	Poca masa de aire al interior de los cilindros, muy poca potencia debido a mezcla muy pobre. Revisar y desarmar el soplador. Si se ha	VISUAL	Revisar y desarmar el soplador. Si se ha producido ralladura en los lóbulos, éstos deben ser reemplazados.	6	2	9	108
				2	Falta de lubricación de los cojinetes	Soplador funciona forzado y no proporciona la masa de aire debida. Pérdida de potencia.	VISUAL	Verificar rodamientos, lubricación . Cambio de Rodamientos.	9	7	5	315
		2	Porción de masa de aire se desvía hacia el cárter.	1	Junta entre el soplador y el bloque dañada.	Alta presión de cárter.	VISUAL	Cambie la junta. Tiempo de trabajo: Alrededor de 4 horas.	7	4	3	84
				2	Fugas por la junta de la placa de extremo del bloque.	Alta presión de cárter. Reemplace la junta de la placa de extremo. Tiempo de trabajo: Alrededor de 5 hrs.	VISUAL	Reemplace la junta de la placa de extremo. Tiempo de trabajo: Alrededor de 5 hrs.	5	1	4	20
				3	Anillos de lubricación gastados.	Alta presión de cárter. Compresión baja. Pérdida de potencia. Aire pasa desde la cámara de combustión al cárter produciendo un aumento de	VISUAL	. Reemplace juego de anillos. Revise estado de aceite. Tiempo de trabajo 1 día	9	8	6	432
				4	Pistón rajado/quebrado o camisa de cilindro dañada.	Alta presión de cárter. Compresión baja. Pérdida de potencia.	VISUAL	Reemplace kit completo (pistón, anillos camisa de cilindro.). Tiempo de trabajo:	6	3	4	72
				5	Juntas de las culatas de los cilindros en mal estado.	Pérdida de potencia.	VISUAL	Verifique compresión de cada cilindro y reemplace la junta del cilindro que presenta problemas. Tiempo de trabajo: 5 hrs.	9	7	4	252
2	Aumentar la eficiencia del motor.	1	Incapaz de aumentar la eficiencia del motor.	1	Insuficiencia de Lubricación por: aceite fuera de la especificación u obstrucción en las tuberías o canales de lubricación de la	Se producen desgaste en elementos como: bujes radiales y de apoyo; cuello del eje, alojamientos de los bujes radiales en la carcasa central.	VISUAL	Enviar turbo a reparación . Instalar Turbo nuevo. Tiempo de recambio 4 horas.	8	7	5	280
				2	Acetite contaminado por: carbonización por alta temperatura, partículas provenientes del desgaste de otros componentes	Se producen ralladuras y desgaste en: bujes radiales, cuellos del eje, bujes de apoyo y collarín, desbalanceo y/o ruptura de componentes del turbo. Se	VISUAL	Enviar turbo a reparación . Instalar Turbo nuevo. Tiempo de recambio 4 horas.	8	3	3	72
				3	Obstrucción en el sistema de admisión de aire	Pérdida de potencia del motor. Limpie el conjunto de admisión de aire. Tiempo de Trabajo no más de 3 horas.	VISUAL	Limpie el conjunto de admisión de aire. Tiempo de Trabajo no más de 3 horas.	5	4	2	40
				4	Material ajeno alojado en los rodamientos del compresor o de turbina.	Turbo funciona incorrectamente o no lo hace. Verifique si el elemento ajeno dañó los alabes del compresor o de la turbina.	VISUAL	Reemplácelas por unas nuevas. Tiempo de trabajo 3 horas.	9	4	3	108
				5	Acumulación de suciedad en el turbo compresor.	Pérdida de potencia del motor.	VISUAL	Limpie el compresor y sus elementos. Tiempo de trabajo 2 horas.	9	5	4	180


Fuente Elaboración propia (2014)

Tablas: 46 AMEF, Equipos Eléctricos

<div><div><div><div>PDVSA</div><div>PDV MARINA</div></div></div><div><div>GERENCIA FLOTA FLUVIAL</div><div>ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF)</div></div><div><div>PREPARADO POR :</div><div>APROBADO POR:</div></div></div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		EQUIPOS ELECTRICOS		El sistema eléctrico de un motor consiste principalmente de un motor de arranque, un alternador de carga de baterías y baterías. La batería de plomo y ácido es un dispositivo electroquímico para la conversión de energía química en eléctrica. Las funciones de la batería son: es la fuente de electricidad para arrancar el motor; sirve para estabilizar el voltaje del sistema eléctrico y puede por tiempo limitado, suplir corriente cuando los requerimientos eléctricos excedan la capacidad del generador. Hay dos motores de arranque fig. 2.14, montados en el cárter del volante. Al cerrarse el circuito de partida, un piñón impulsor en el eje del inducido de cada motor de arranque engrana con los dientes de la corona del volante del motor para girar el cigüeñal. Cuando el motor arranca, es necesario desengranar los piñones impulsores; con ayuda de un embrague; y así evitar la velocidad excesiva del inducido y el daño a los motores de arranque. El alternador está incluido en el sistema eléctrico como fuente de corriente eléctrica para mantener la carga de la batería y suplir corriente suficiente para los demás requerimientos eléctricos, que no excedan la capacidad determinada del generador.								
ITEM	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCION	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Proveer la fuente de energía para arrancar el motor y suplir los requerimientos	1	Incapaz de suministrar energía.	1	Banco de Baterías descargado.	Motor no parte.	VISUAL	Tiempo de cambio de las baterías: No más de 20 minutos.	9	8	6	432
				2	Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Motor no parte. Reemplazar o reparar las conexiones eléctricas.	VISUAL	Reemplazar o reparar las conexiones eléctricas, esto incluye cable y terminales. Tiempo de trabajo: Alrededor de 2 horas.	9	7	6	378
				3	Bornes en mal estado.	Motor no parte.	VISUAL	Cambiar todos los bornes de las baterías. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	9	9	7	567
			Incapaz de hacer arrancar el motor.	1	Bendix del motor de arranque pegado.	Motor no parte.	VISUAL	Enviar arranque a reparación empresa Atlas Copco. Instalar arranque de repuesto. Tiempo de recambio: No más de 2 horas.	8	8	7	448
				2	Dientes del piñón del motor de arranque fracturados.	Dependiendo del grado de fractura es posible que no alcancen a engranar correctamente los dientes y el volante no alcance la inercia necesaria para	VISUAL	Enviar arranque a reparación empresa Atlas Copco. Instalar arranque de repuesto. Tiempo de recambio: No más de 2 horas.	5	5	5	125
				3	Depósitos de carbón en motor de arranque.	Pérdida de fuerza del motor de arranque. Con ello no gira a la velocidad necesaria para arrancar el motor.	VISUAL	Enviar arranque a reparación. Instalar arranque de repuesto. Tiempo de recambio: No más de 2 horas.	9	7	5	315
				4	Inducido del motor de arranque quemado.	Motor de arranque no gira.	VISUAL	Enviar arranque a reparación. Instalar arranque de repuesto. Tiempo de recambio: No más de 2 horas.	6	6	5	180
2	Mantener la carga de la batería.	1	Incapaz de mantener la carga de la batería.	1	Regulador de carga del alternador quemado.	Batería no cargará, el sistema de protección se encuentra inoperativo debido a la falta de electricidad.	VISUAL	Reemplazar regulador de carga por uno nuevo. Tiempo de recambio: No más de 1 hora.	8	8	5	320

Fuente Elaboración propia (2014)

Tablas: 47 AMEF, Sistema de Enfriamiento

<div><div><div><div><div>PDVSA</div><div>PDV MARINA</div></div></div><div><div>GERENCIA FLOTA FLUVIAL</div><div>ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF)</div></div><div><div>PREPARADO POR :</div><div>APROBADO POR:</div></div></div></div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		<p>Para la refrigeración del motor se utiliza agua potable en sistemas cerrados o agua del río en los sistema abiertos, con una temperatura ambiente. El agua circula dentro del motor, es impulsada mediante una bomba centrífuga y transfiere su energía calórica al agua . Los elementos principales de este sistema son: bomba de agua, termostatos, múltiples de agua e intercambiador de calor.Funcionamiento</p> <p>El agua es sacada por medio de la bomba de agua fresca del intercambiador de calor y es forzado a través del enfriador del aceite del motor, el bloque de cilindros, las culatas, el múltiple de escape y los múltiples de agua a las cajas del termostato. Una conexión de desvío desde las cajas del termostato al lado de la entrada de la bomba de agua permite la circulación del agua por el motor mientras que los termostatos están cerrados. Cuando se abren los termostatos, el agua puede fluir por el intercambiador de calor y luego, después de haber sido refrigerado, a la bomba de agua fresca del motor para su recirculación. A temperaturas del agua aproximadamente de menos de 77°C, las válvulas del termostato permanecen cerradas, bloqueando el flujo del refrigerante por el intercambiador de calor. El refrigerante luego se desvía y no pasa por el intercambiador de calor y fluye regresando por la bomba del agua al enfriador de aceite, el bloque de cilindros, las culatas y otra vez por las cajas de los termostatos. A medida que la temperatura del refrigerante sube a másde 77°C, las válvulas de los termostatos comienzan a abrirse, permitiendo que algo de refrigerante pase hacia abajo por el intercambiador de calor donde se enfría el refrigerante y luego es circulado por la bomba de agua al motor. A medida que a temperatura sigue subiendo, esto permite que más agua pase por el termostato. Cuando la temperatura llega a aproximadamente a los 85°C, las válvulas de los termostatos están completamente abiertas, dejando que la mayor parte del agua circule por el intercambiador de calor, y de este modo regulen la temperatura del agua.</p>								
ITEM	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCIÓN	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Mantener una temperatura adecuada de funcionamiento del motor y del líquido	1	No mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento, la cual está por debajo de los	1	Fugas excesivas por el sello del termostato.	Presencia de humo blanco. Motor no logra alcanzar su potencia nominal.	VISUAL	Reemplace los sellos del termostato. Tiempo de trabajo: No más de 2 hrs.	7	5	2	70
		2	No mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento, la cual está por sobre los 95°C.	1	Circulación pobre de refrigerante, debido a falta de éste en el circuito. También puede deberse a mangueras deterioradas o	Alta temperatura de refrigerante, lo que provocará un calor excesivo del motor. Con ello la película de aceite lubricante se adelgazará en exceso.	VISUAL	Verificar bomba de agua en los sistemas cerrados. En sistemas abiertos realizar limpieza de filtro de toma de agua de fondo.	8	4	5	160
				2	Transferencia de calor insuficiente, debido a formación de escamas en el circuito de refrigeración.	Alta temperatura de refrigerante. Las escamas y depósitos pueden ocasionar fallas en el sistema de enfriamiento si aíslan el refrigerante	VISUAL	En los sistemas cerrados, verificar y garantizar cambio de agua del circuito cada 3000 horas, en los sistemas abiertos, se debe verificar los filtros de la toma de fondo y realizar mantenimiento rutinario cada 1000 horas de servicio.	9	5	6	270
2	Bombear el líquido refrigerante por los enfriadores de aceite, el bloque de cilindros.	1	Incapaz de bombear el líquido refrigerante o lo hace de manera defectuosa.	1	Impulsor de la bomba de agua suelto o dañado.	Poca circulación de refrigerante por las partes del motor. Esto provocará un sobrecalentamiento del motor.	VISUAL	Apriete el impulsor o reemplace si se encontrase deteriorado. Tiempo de trabajo: 3 hrs.	9	8	4	288
				2	Cavitación debido a aire atrapado en el sistema.	La cavitación es ocasionada por burbujas de aire que colapsan en el exterior de las paredes de las camisas de los cilindros durante la combustión.	VISUAL	Realizar espurgo del sistema con el motor prendido hasta vedrificar la eliminación de aire en el sistema. Cada 1000 horas	9	9	6	486
3	Regular el flujo del refrigerante proveniente de los múltiples de agua y recircularlo por	1	Incapaz de regular el flujo de refrigerante o lo hace de manera incorrecta.	1	Termostato no cierra.	Funcionamiento con temperatura baja de refrigerante, ya que aunque este bajo los 81 °C igual circulará por el intercambiador de calor. Poca	VISUAL	Remueva, inspeccione y compruebe el termostato. Instale uno nuevo su fuese necesas	8	8	5	320
4	Contener el líquido refrigerante.	1	Incapaz de contener el líquido refrigerante.	1	Fuga de refrigerante por sellos eje bomba.	Baja de nivel de refrigerante lo que produce un aumento de temperatura debido a la despresurización del sistema.	VISUAL	En los sistemas cerrados verificar el nivel óptimo de agua del sistema. En los sistemas abiertos verificar sellos de la bomba de agua desgastados por sedimentos del río Orinoco, Reemplaze.	8	9	6	432


Fuente: Elaboración propia (2014)

Tablas: 48 AMEF, Sistema de Escape

<div>  <div> GERENCIA FLOTA FLUVIAL ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF) </div> <div> PREPARADO POR : APROBADO POR: </div> </div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		SISTEMA DE ESCAPE		El sistema de escape de un motor es el encargado de conducir los gases quemados producto de la combustión desde el interior de los cilindros hasta el exterior. Los gases quemados son expulsados por el pistón en su carrera ascendente y salen a través de las válvulas de escape y de ahí al múltiple de escape. Cada cilindro tiene cuatro válvulas de escape. A cada lado del motor se usan dos múltiples de escape. Un solo adaptador en forma de "Y" conecta los múltiples a la tubería de escape para cada banda del motor.								
ITEM	FUNCION	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODULO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCION	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Abrir y cerrar las canalizaciones (válvulas de escape) por donde escapan los	1	Abre o cierra las válvulas de manera defectuosa.	1	Válvula pegajosa, por depósitos de carbón en asientos o cabeza de válvula.	Debido a que las válvulas no asientan bien se produce una pérdida de compresión. Esto lleva a una pérdida de potencia.	VISUAL	Limpie las válvulas, guías e insertos con combustible. Tiempo de trabajo: 1 día.	8	7	6	336
				2	Válvula doblada.	Determine si existe contacto entre la cabeza de válvula y el pistón. Posibles daños en la guía e inserto de la válvula, la culata de cilindro o el	VISUAL	Reemplace las válvulas dobladas. Tiempo de trabajo: 1 día.	5	4	3	60
				3	Todas las válvulas dobladas	Pérdida considerable de potencia, ya que todas las válvulas asientan incorrectamente.	VISUAL	Verifique y corrija si existe una sincronización incorrecta del tren de engranajes. Tiempo de trabajo: 1 día.	4	3	3	36
2	Conducir todos los gases quemados a un punto situado fuera de la sala de generación.	1	Incapaz de conducir los gases o hay demasiada contrapresión de escape.	1	Tubería de escape defectuosa	Alta presión de cárter. Pérdida de potencia.	VISUAL	Revisar tubería de escape y cambiar o reparar según corresponda.	9	8	5	360

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tablas: 49 AMEF, Instrumentos

<div>  <div> GERENCIA FLOTA FLUVIAL ANALISIS DE MODOS EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS (AMEF) </div> <div> PREPARADO POR : POR: </div> <div> APROBADO </div> </div>												
EQUIPO		SISTEMA		DEFINICIÓN								
MOTORES DETROIT DIESEL 8V-12V Y CUMMINS NT 300		INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN		Los sistemas de protección del motor sirven para advertir al operador que hay condiciones anormales de funcionamiento. Los sistemas de protección los podemos dividir en dos grupos: alarma y detención.								
ITEM	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	ITEM	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	MEDIOS DE DETECCIÓN	ACCIONES PREVENTIVAS	SEV	OCUR	DET	CRITICIDAD
1	Activar una alarma sonora cuando la presión del aceite lubricante baje a los 30 psi y activar el mecanismo de detención del motor cuando la presión del aceite lubricante descienda a los 20 psi.	1	Incapaz de activar la alarma sonora ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	Al descender la presión de aceite lubricante bajo los 20 psi, habrá una lubricación pobre o no lubricación de los elementos móviles, lo que llevará a un aumento de temperatura de éstos y desgaste o rotura prematuro.	VISUAL	Reemplace o repare cableado eléctrico. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	7	5	5	175
				2	Sensor en falla o descalibrado	Al descender la presión de aceite lubricante bajo los 20 psi, habrá una lubricación pobre o no lubricación de los elementos móviles, lo que llevará a un aumento de temperatura de éstos y desgaste o rotura prematuro.	VISUAL	Cambie sensor por uno nuevo. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	8	6	6	288
2	Activar una alarma sonora cuando la temperatura del líquido refrigerante suba a los 105°C y activar el mecanismo de detención del motor cuando la temperatura del líquido refrigerante alcance los 110°C.	1	Incapaz de activar la alarma sonora ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	Al aumentar la temperatura del refrigerante por sobre los 110°C se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros.	VISUAL	Repare o reemplace cableado eléctrico. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	9	5	5	225
				2	Sensor en falla o descalibrado	Al aumentar la temperatura del refrigerante por sobre los 110°C se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros.	VISUAL	Cambie sensor por uno nuevo. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	8	6	6	288
3	Activar una alarma sonora y activar el mecanismo de detención del motor cuando éste alcance una frecuencia de 55Hz.	1	A Incapaz de activar la alarma sonora ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	El aumento de la frecuencia del motor se debe a un problema de la inyección de combustible o a la motorización del generador en la cogeneración. Esto puede provocar una desincronización de las partes móviles y graves daños internos al motor.	VISUAL	Repare o reemplace cableado eléctrico. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora	6	6	5	180
				2	Sensor en falla o descalibrado	El aumento de la frecuencia del motor se debe a un problema de la inyección o a la motorización del generador en la cogeneración. Esto puede provocar una desincronización de las partes móviles y graves daños internos al motor.	VISUAL	Repare o reemplace sensor. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora	5	5	4	100
4	Activar una alarma sonora cuando la temperatura de los gases de escape alcancen los 550°C.	1	Incapaz de activar la alarma.	1	Termocuplas dañadas o en falla.	Al aumentar la temperatura de los gases de escape, éstos pueden dañar los alabes del conjunto turboalimentador, lo que se traduciría en una pérdida de potencia por malfuncionamiento del turboalimentador.	VISUAL	Repare o reemplace termocuplas.	9	8	4	288
5	Activar una alarma sonora cuando la presión de combustible en el múltiple de combustible baje a 50 psi.	1	Incapaz de activar la alarma.	1	Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Funcionamiento irregular del motor, puede haber vibración excesiva, pérdida de potencia o apagamiento.	VISUAL	Reemplace o repare cableado eléctrico. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	10	7	4	280
				2	Sensor dañado o descalibrado.	Funcionamiento irregular del motor, puede haber vibración excesiva, pérdida de potencia o apagamiento.	VISUAL	Cambie el sensor por uno nuevo. Tiempo de trabajo: No más de 1 hora.	7	4	4	112
6	Detener el motor de forma manual cuando se suscite una condición anormal.	1	No detiene el motor.		1 Válvulas en la cámara de interrupción de aire atascadas.	No detiene el motor.	VISUAL	Si se suscita una condición anormal de malfuncionamiento, el motor puede resultar seriamente dañado.	7	7	3	147

Fuente: Elaboración propia (2014)

4.8. Diseñar un plan de mantenimiento y acciones centrado en confiabilidad para los motores principales detroit diésel, cummins en las embarcaciones de la Flota Remolcadores de PDV Marina y un plan de acción.

A continuación se presenta el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los motores de las embarcaciones de la Flota Fluvial de PDV Marina. El plan está constituido por tres partes, las cuales se muestran a continuación:

4.8.1 Plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

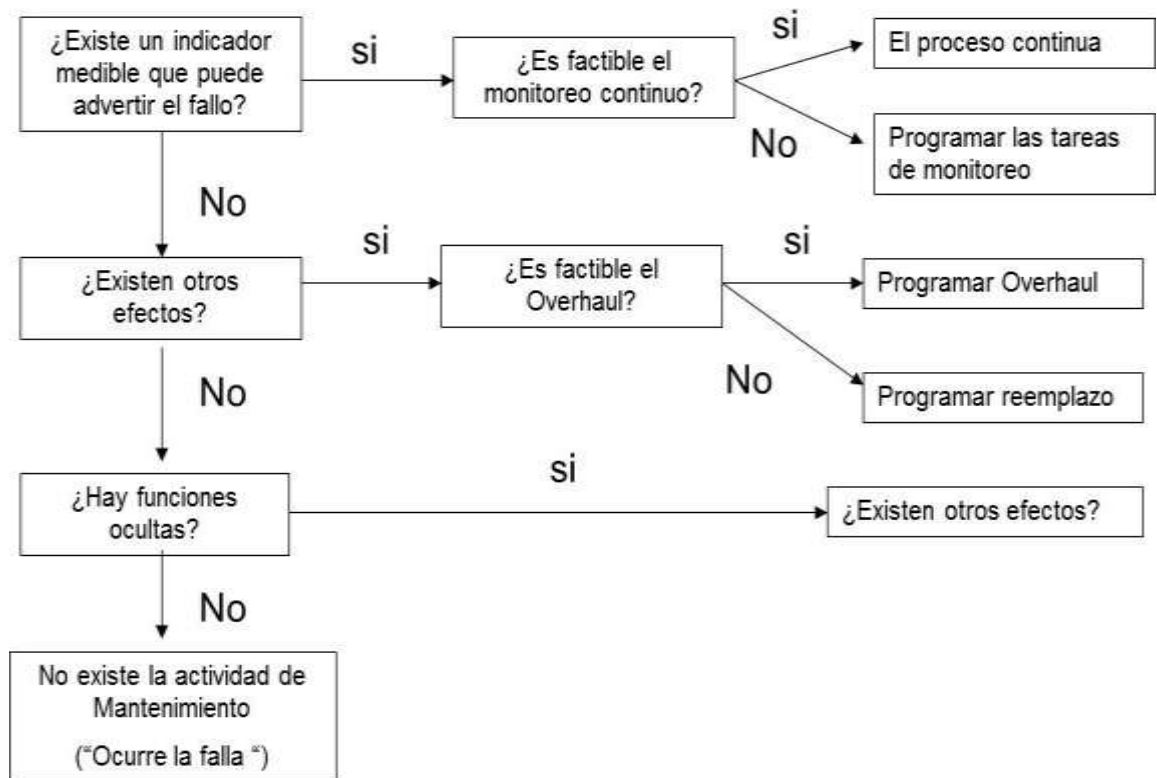
4.8.2 Programa de control del plan de mantenimiento.

4.8.3 Acciones complementarias del plan de mantenimiento.

4.8.1 Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

El Plan de mantenimiento para los motores diesel se muestra a continuación, se explica el método de selección de la actividad de mantenimiento para cada falla según las horas de servicio en los motores:

En principio una vez identificadas las consecuencias por cada modo de fallas el personal de operaciones y mantenimiento identificó el tipo de actividad de mantenimiento apoyados en el árbol lógico de decisión del MCC para nuestro caso.



Fuente: Gerardo Murillo Rocha Facultad Nacional de Ingeniería
Universidad Técnica de Oruro – Bolivia

Figura 34: Flujograma de selección de las actividades de mantenimiento

Una vez identificada la tarea de mantenimiento adecuada para cada modo de falla asociado a los motores detroit diésel y cummins, se estableció la frecuencia de ejecución de las distintas acciones seleccionadas.

En base a la figura **34** el MCC clasifica las actividades de mantenimiento a ejecutar en dos grandes grupos, las actividades preventivas. (Ver tabla desde la 50 a la 53 respectivamente). Las correctivas, estas últimas, tomadas en cuenta únicamente de no existir una actividad efectiva de mantenimiento preventivo. Para nuestro estudio, se considera los Over Haul, es decir mantenimientos correctivos para las 5.000 horas y 10.000 horas de servicio o por alguna falla súbita en el sistema. (Ver tabla 54 y 55 respectivamente).

La frecuencia de las tareas de mantenimiento fueron establecidas en base a las experiencias del grupo de trabajo, personal de Operaciones y Mantenimiento de la Gerencia Fluvial, prácticas y recomendaciones de fabricantes, sin embargo estas deben ser ajustadas una vez se aplique el plan.

La aplicación del MCC no se concluye hasta que las tareas de mantenimiento producto del análisis, hayan sido implantadas y se ejecuten según el plan.


Para efectuar cada actividad de ejecución en el mantenimiento de los motores se requiere:

Un técnico mecánico, un asistente mecánico, un técnico electricista y un motorista, un Supervisor de Mantenimiento y Operaciones. Para poder cumplir con la cantidad de tareas. Se recomienda llevar el control del tiempo de ejecución de las actividades.

Se planteo mediante la Utilización de la Herramienta Excel, las tablas creadas para llevar el programa de cada motor en cada unidad, con el fin de estandarizar los mantenimientos programados según las horas de servicio de los motores.

Las actividades de mantenimiento definidas en este estudio de MCC se deberán cargar como operaciones en órdenes SAP-PM o SAP-MC (Mantenimiento Preventivo y Correctivo).

Tabla 50: Plan de Mantenimiento Preventivo 250 horas

 PDVSA PDV MARINA		GERENCIA FLOTA FLUVIAL					
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PDV MARINA FRECUENCIA 250 HORAS DE SERVICIO MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300					

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tablas: 51 Plan de Mantenimiento Preventivo 500 horas



GERENCIA FLOTA FLUVIAL

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PDV MARINA
FRECUENCIA 500 HORAS DE SERVICIO
MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO		RECURSOS						DURACIÓN DE
CODIGO	ACTIVIDAD	PERSONAL				MATERIALES /INSUMOS	REPUESTOS	LA ACTIVIDAD
		TM	AM	TE	M			
FLUV-B1	CAMBIAR ACEITE Y FILTROS		X		X	TRAPOS /HERRAMIENTAS/ENVASES	LUBRICANTES/ FILTROS	25 MINUTOS
FLUV-B2	CAMBIO FILTROS PRIMARIO Y Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE		X		X	CAMBIAR FILTRO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE	FILTROS	20 MINUTOS
FLUV-B3	VERIFICAR ENFRIADOR DE ACEITE		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	25 MINUTOS
FLUV-B4	VERIFICACIÓN DE CAMARAS (CALIBRACIÓN DE BALANCINES)	X			X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-B5	VERIFICACIÓN DE INYECTORES(ACCIONAMIENTO)	X			X	HERRAMIENTAS	INYECTORES	15 MINUTOS
FLUV-B6	LIMPIEZA DEL SOPLADOR		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-B7	LIMPIEZA DE LUMBRERAS Y RESPIRADEROS		X		X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-B8	VERIFICACIÓN DE VIBRACIONES (REVISAR ANCLAJE DEL MOTOR)	X			X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-B9	VERIFICACIÓN DE MANGUERAS Y CONEXIONES DE LOS SISTEMAS		X		X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	NO APLICA	20 MINUTOS
FLUV-B10	CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE RACOR 2020				X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-B11	INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE			X	X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-B12	INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN			X	X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	TEMPERATURA, PRESIÓN DE ACEITE, VOL	10 MINUTOS
FLUV-B13	LIMPIEZA GENERAL				X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS

LEYENDA: TM: TECNICO MECANICO AM: ASISTENTE MECANICO TM: TECNICO ELECTRICISTA M: MOTORISTA

Fuente: Elaboración propia (2014).

Tablas: 52 Plan de Mantenimiento Preventivo 1000



GERENCIA FLOTA FLUVIAL

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PDV MARINA
FRECUENCIA 1000 HORAS DE SERVICIO
MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO		RECURSOS						DURACIÓN DE
CODIGO	ACTIVIDAD	PERSONAL				MATERIALES /INSUMOS	REPUESTOS	LA ACTIVIDAD
		TM	AM	TE	M			
FLUV-C1	CAMBIAR ACEITE Y FILTROS		X		X	TRAPOS /HERRAMIENTAS/ENVASES	LUBRICANTES/ FILTROS	25 MINUTOS
FLUV-C2	CAMBIO FILTROS PRIMARIO Y Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE		X		X	CAMBIAR FILTRO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE	FILTROS	20 MINUTOS
FLUV-C3	VERIFICAR ENFRIADOR DE ACEITE		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	25 MINUTOS
FLUV-C4	VERIFICACIÓN DE CAMARAS (CALIBRACIÓN DE BALANCINES)	X			X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-C5	VERIFICACIÓN DE INYECTORES(ACCIONAMIENTO)	X			X	HERRAMIENTAS	INYECTORES	15 MINUTOS
FLUV-C6	LIMPIEZA DEL SOPLADOR		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-C7	VERIFICAR BOMBA DE AGUA		X		X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-C8	VERIFICACIÓN DEL ALTERNADO			X	X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-C9	VERIFICACIÓN DE MANGUERAS Y CONEXIONES DE LOS SISTEMAS		X		X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	NO APLICA	20 MINUTOS
FLUV-C10	VERIFICACIÓN DE BOMBA DE COMBUSTIBLE		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-C11	INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE			X	X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-C12	INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN			X	X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	TEMPERATURA, PRESIÓN DE ACEITE, VOL	10 MINUTOS
FLUV-C13	LIMPIEZA GENERAL				X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS

LEYENDA: TM: TECNICO MECANICO AM: ASISTENTE MECANICO TE: TECNICO ELECTRICISTA M: MOTORISTA

Fuente: Elaboración propia (2014).

Tablas: 53 Plan Mantenimiento Preventivo 2000



GERENCIA FLOTA FLUVIAL

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PDV MARINA
FRECUENCIA 2000 HORAS DE SERVICIO
MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO		RECURSOS						DURACIÓN DE
CODIGO	ACTIVIDAD	PERSONAL				MATERIALES /INSUMOS	REPUESTOS	LA ACTIVIDAD
		TM	AM	TE	M			
FLUV-D1	CAMBIAR ACEITE Y FILTROS		X		X	TRAPOS /HERRAMIENTAS/ENVASES	LUBRICANTES/ FILTROS	25 MINUTOS
FLUV-D2	CAMBIO FILTROS PRIMARIO Y Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE		X		X	CAMBIAR FILTRO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE	FILTROS	20 MINUTOS
FLUV-D3	VERIFICAR ENFRIADOR DE ACEITE		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	25 MINUTOS
FLUV-D4	VERIFICACIÓN DE CAMARAS (CALIBRACIÓN DE BALANCINES)	X			X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-D5	VERIFICACIÓN DE INYECTORES(CAMBIO DE SER NECESARIO)	X			X	HERRAMIENTAS	INYECTORES	15 MINUTOS
FLUV-D6	MANTENIMIENTO SOPLADOR O TURBO COMPRESOR		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-D7	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE AGUA		X		X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-D8	VERIFICACIÓN DEL ALTERNADO			X	X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	10 MINUTOS
FLUV-D9	VERIFICACIÓN DE MANGUERAS Y CONEXIONES DE LOS SISTEMAS		X		X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	NO APLICA	20 MINUTOS
FLUV-D10	VERIFICACIÓN DE BOMBA DE COMBUSTIBLE		X		X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-D11	VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA BOMBA DE ACEITE	X	X		X	HERRAMIENTAS	BOMBA DE ACEITE	10 HORAS
FLUV-D12	INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE			X	X	HERRAMIENTAS	NO APLICA	15 MINUTOS
FLUV-D13	INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN			X	X	HERRAMIENTAS/ TRAPOS, SOLVENTE	TEMPERATURA, PRESIÓN DE ACEITE, VOL	10 MINUTOS
FLUV-D14	LIMPIEZA GENERAL				X	SOLVENTE 7 TRAPO	NO APLICA	15 MINUTOS

LEYENDA: TM: TECNICO MECANICO AM: ASISTENTE MECANICO TM: TECNICO ELECTRICISTA M: MOTORISTA

Fuente: Elaboración propia (2014).

Tablas: 54 Plan de Mantenimiento Correctivo 5000



GERENCIA FLOTA FLUVIAL

PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PDV MARINA
FRECUENCIA 5000 HORAS DE SERVICIO
MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO		RECURSOS						DURACIÓN DE
CODIGO	ACTIVIDAD	PERSONAL				MATERIALES /INSUMOS	REPUESTOS	LA ACTIVIDAD
		TM	AM	TE	M			
FLUVC-1	CAMBIO DE SELLO DELANTERO Y TRACERO DEL MOTOR	X	X			HERRAMIENTAS	SELLOS	20 MINUTOS
FLUVC-2	INSTALACIÓN DE TOBERAS DE INYECTORES	X	X			HERRAMIENTAS	TOBERAS	12 HORAS
FLUVC-3	CAMBIO DE INYECTORES	X	X			HERRAMIENTAS	INYECTORES	6 HORAS
FLUVC-4	MANTENIMIENTO AL ALTERNADOR	X	X			HERRAMIENTAS	CARBONES	6 HORAS
FLUVC-5	MANTENIMIENTO AL SOPLADOR .(Kit de soplador)	X	X			HERRAMIENTAS	KIT SOPLADOR	12 HORAS
FLUVC-6	MANTENIMIENTO AL ENFRIADOR DE ACEITE	X	X			HERRAMIENTAS	EMPACADURAS	6 HORAS
FLUVC-7	CAMBIO DE BOMBA DE ACEITE	X	X			HERRAMIENTAS	BOMBA DE ACEITE	8 HORAS
FLUVC-8	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE AGUA .(reemplazo de impeler)	X	X			HERRAMIENTAS	BAMBA DE AGUA	5 HORAS
FLUVC-9	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE TRANSFERENCIA	X	X			HERRAMIENTAS	BOMBA DE TRANSFERENCIA	5 HORAS
FLUVC-10	VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERMOSTATO	X	X			HERRAMIENTAS	TERMOSTATO	2 HORAS
FLUVC-11	CAMBIO DE SENSORES DE MEDICIÓN	X	X			HERRAMIENTAS	SENSORES	2 HORAS
FLUVC-12	VERIFICACIÓN DE PERNOS DE LAS CAMARAS	X	X			HERRAMIENTAS	PERNOS	2 HORAS
FLUVC-13	CAMBIO DE FILTROS (aire, aceite y combustible) .	X	X			HERRAMIENTAS	FILTROS	4 HORAS
FLUVC-14	SUMINISTRO DE LUBRICANTES ESPECIALES (ACEITE 15W40)	X	X			HERRAMIENTAS	ACEITE	1 HORA
FLUVC-15	ARRANQUE INICIAL Y PRUEBAS DEL MOTOR	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	12 HORAS
FLUVC-16	ENTREGA DE INFORME	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	12 HORAS
FLUVC-17	LIMPIEZA DE TUBERÍAS DE INYECCIÓN	X	X			HERRAMIENTAS/SOLVENTE	NO APLICA	12 HORAS
FLUVC-18	CAMBIO DE KIT DE SELLOS DE LAS CAMARAS	X	X			HERRAMIENTAS	SELLOS	12 HORAS
FLUVC-19	VERIFICAR LA COMPRESIÓN DEL MOTOR	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVC-20	REEMPLAZO DE MANGUERAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVC-21	MANTENIMIENTO AL ARRANQUE	X	X			HERRAMIENTAS	ARRANQUE	5 HORAS
FLUVC-22	REVISIÓN DE DAMPER Y PERNOS	X	X			HERRAMIENTAS	PERNOS	1 HORA
FLUVC-23	REEMPLAZO DE CORREAS	X	X			HERRAMIENTAS	CORREAS	1 HORA
FLUVC-24	MANTENIMIENTO AL SISTEMA DEL GOBERNADOR	X	X			HERRAMIENTAS	TORNILLERÍA	2 HORAS

LEYENDA: TM: TECNICO MECANICO AM: ASISTENTE MECANICO TM: TECNICO ELECTRICISTA M: MOTORISTA

Fuente: Elaboración propia (2014).

Tablas: 55 Plan de Mantenimiento Correctivo 10.000

 PDVSA PDV MARINA		GERENCIA FLOTA FLUVIAL						
PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PDV MARINA FRECUENCIA 10000 HORAS DE SERVICIO MOTORES DETROIT DIESEL 8V- 12V Y CUMMINS NT 300								
DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO		RECURSOS						DURACIÓN DE
CODIGO	PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	PERSONAL				MATERIALES /INSUMOS	REPUESTOS	LA ACTIVIDAD
	ACTIVIDAD	TM	AM	TE	M			
FLUVCC-1	MANTENIMIENTO A LAS CAMARAS DE COMPRESOR	X	X			HERRAMIENTAS	JUEGO DE EMPACADURAS	12 HORA
FLUVCC-2	CAMBIO DE INYECTORES INYECTORES	X	X			HERRAMIENTAS	INYECTORES	5 HORA
FLUVCC-3	MANTENIMIENTO AL SOPLADOR	X	X			HERRAMIENTAS	KIT SOPLADOR	2 HORA
FLUVCC-4	CAMBIO DE KIT CILINDRO (PISTONES)	X	X			HERRAMIENTAS	KIT CINDROS	12 HORA
FLUVCC-5	CHEQUEAR INYECTORES.	X	X			HERRAMIENTAS	INYECTORES	5 HORA
FLUVCC-6	CHEQUEAR TUBOS INYECTORES.	X	X			HERRAMIENTAS	TORNILLERIA	1 HORA
FLUVCC-7	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE INYECCIÓN	X	X			HERRAMIENTAS	BOMBA	1 HORA
FLUVCC-8	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE TRANSFERENCIA	X	X			HERRAMIENTAS	BOMBA	1 HORA
FLUVCC-9	CAMBIO DE FILTROS PRIMARIO Y SECUNDARIO	X	X			HERRAMIENTAS	FILTROS	2 HORA
FLUVCC-10	CHEQUEAR LINEA SE SUCCION Y DESCARGA	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-11	CHEQUEAR SISTEMA DE EMFRIAMIENTO	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-12	CHEQUEAR MULTIPLE DE ADMISION	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-13	MANTENIMIENTO AL TURBO CARGADORES	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-14	CHEQUEAR MULTIPLO DE ESCAPE	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-15	CHEQUEAR ADAPTADOR DE ESCAPE	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-16	CHEQUEAR TUBERIAS DE ESCAPE	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-17	MANTENIMIENTO A LA BOMBA DE AGUA	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-18	CHEQUEO DE TANQUE DE AGUA DULCE	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-19	CHEQUEO DE TANQUE DE EXPACION	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-20	CAMBIO DE TERMOSTATO	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-21	CHEQUEO Y LIMPIEZA DE TOMA DE FONDO Y LINEAS	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-22	CHEQUEO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-23	MANTENIMIENTO AL ALTERNADOR	X	X			HERRAMIENTAS	CARBONES/ RODAMIENTOS	1 HORA
FLUVCC-24	MANTENIMIENTO DE ARRANQUE	X	X			HERRAMIENTAS	CARBONES/ BOCINAS/AUTOMATICO	2 HORAS
FLUVCC-25	CHEQUEO DE SENSOR DE RPM	X	X			HERRAMIENTAS	SENSORES	2 HORAS
FLUVCC-26	CHEQUEO DE SENSOR DE TEMPERATURAS	X	X			HERRAMIENTAS	SENSOR	1 HORA
FLUVCC-27	CHEQUEO DE SENSOR DE PRESION DE ACEITE	X	X			HERRAMIENTAS	SENSOR	1 HORA
FLUVCC-28	CHEQUEO DEL SENSOR DE APAGADO	X	X			HERRAMIENTAS	SENSOR	1 HORA
FLUVCC-29	CHEQUEO DE TABLERO DE CONTROL	X	X	X		HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-30	CAMBIO DE BOMBA DE ACEITE	X	X			HERRAMIENTAS	BOMBA DE ACEITE	1 HORA
FLUVCC-31	CHEQUEO DE CARTER	X	X			HERRAMIENTAS/DESENGRASANTE	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-32	CHEQUEO DE TUBERIAS DE SUCCION Y DESCARGA	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-33	CAMBIO DE SELLO Y CAMISAS DELANTERAS	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
FLUVCC-34	CHEQUEO DE VALVULAS REGULADORAS DE PRESION	X	X			HERRAMIENTAS	NO APLICA	1 HORA
LEYENDA: TM: TECNICO MECANICO AM: ASISTENTE MECANICO TE: TECNICO ELECTRICISTA M: MOTORISTA								

Fuente: Elaboración propia (2014).

4.8.2 Programa de Control del Plan de Mantenimiento.

Para llevar el control de las actividades, se propone realizar el cronograma del plan por sistema en una hoja de cálculo (Excel). (Ver tabla 56). La cual servirá para realizar la programación semanal y diaria a los departamentos de Mantenimiento y Operación. Para determinar el porcentaje de cumplimiento mensual, se divide el total de las actividades ejecutadas entre las actividades planificadas y se multiplica por cien (100).

$$\% \text{ de Cumplimiento} = (\text{Actividades Ejecutadas} / \text{Actividades Planificadas}) \times 100.$$

Tabla: 56 Formato modelo para actividades Programadas vs. Planificadas para el plan de Mantenimiento.

FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
FRECUENCIA 250 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 500 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 1000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 2000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 5000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 10000 HORAS DE SERVICIO												
TOTAL FRECUENCIA PLANIFICADA												
FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
FRECUENCIA 250 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 500 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 1000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 2000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 5000 HORAS DE SERVICIO												
FRECUENCIA 10000 HORAS DE SERVICIO												
TOTAL % FRECUENCIA CUMPLIDA												

Fuente: Elaboración propia (2014)

4.8.3 Acciones Complementarias del Plan de Mantenimiento

A continuación se listan acciones a considerar para la correcta ejecución del plan de mantenimiento propuesto para garantizar la disponibilidad de los motores en las embarcaciones de la Flota Fluvial de PDV Marina. (Ver tabla 57).

Tablas: 57 Acciones complementarias del Plan de Mantenimiento.

ESTRATEGIA	ACTIVIDAD	DURACIÓN	RESPONSABLE
IMPLANTAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUE GARANTICE LA ENTREGA OPORTUNA DE LOS REMOLCADORES DE LA FLOTA FLUVIAL EN CIUDAD BOLÍVAR	ESTUDIAR LOS REGISTROS DE FALLAS (FALLA DE CADA FUNCIÓN, MODOS DE FALLA Y EFECTOS DE FALLAS).	CADA 250 HORAS DE SERVICIO	JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
	ELABORAR LA PROGRAMACIÓN MENSUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS REMOLCADORES EN LA FLOTA FLUVIAL	MENSUAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
	ANALIZAR LAS TAREAS PROPUESTAS PARA IDENTIFICAR LA NECESIDADES DE RECURSOS, INCLUIDO LA MANO DE OBRA, REPUESTOS, ETC.		JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
EVALUAR Y SELECCIONAR A LOS PROVEEDORES PARA REALIZAR LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS	ANALIZAR A LOS PROVEEDORES DE ACUERDO A SU TIEMPO DE ENTREGA, CONDICIONES DE PAGO Y GARANTÍA Y CALIDAD DE LA MERCANCÍA.	MENSUAL	SUPERINTENDENCIA DE CONTRATACIÓN DE PDV MARINA
ESTUDIAR OTRAS OPCIONES DE REPUESTOS	ANALIZAR LOS REGISTROS DE UTILIZACIÓN DE MATERIALES Y REPUESTOS PARA DETERMINAR LA ADQUISICIÓN DE REPUESTOS SUSTITUTOS.	MENSUAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ MECÁNICOS/DEPARTAMENTO DE CONTRATACIÓN PDV MARINA
IMPLANTAR INDICADORES DE GESTIÓN	LLEVAR ORDENES DE TRABAJO SOBRE LAS AVERÍAS Y MANTENIMIENTO REALIZADOS A LOS MOTORES DE LOS REMOLCADORES ESPECIFICANDO DETALLADAMENTE LAS ACCIONES LLEVADAS A CABO COMO EL CONTROL DE TIEMPO EMPLEADO, MATERIALES UTILIZADOS, COSTO DE REPUESTO, MANO DE OBRA Y HORA	MENSUAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
ESTABLECER POLÍTICAS DE INVENTARIOS	ACTUALIZAR Y DETERMINAR NIVELES DE INVENTARIOS QUE PERMITAN LLEVAR UN CONTROL DE LOS REPUESTOS UTILIZADOS.	TRIMESTRAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ANALISTA DE MANTENIMIENTO
EVALUAR LA POSICIÓN ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO CONSIDERANDO LA ESTRUCTURA DE LOS COSTOS	ANALIZAR LOS COSTOS GENERADOS POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRESUPUESTO AJUSTADO A SUS NECESIDADES QUE SIRVA PARA DISTRIBUIR ADECUADAMENTE LOS RECURSOS APORTADOS POR LA EMPRESA	SEMESTRAL	JEFE DE OPERACIONES/JEFE DE MANTENIMIENTO/DEPARTAMENTO DE FINANZAS DE PDV MARINA.
ADOPTAR POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL	REALIZAR CHARLAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES GERENCIALES Y OPERATIVAS.	MENSUAL	GERENCIA DE FLUVIAL/ SUPERINTENDENCIA
	REALIZAR ESTUDIOS QUE PERMITAN ESPECIFICAR LAS NECESIDADES REALES DE MANTENIMIENTO.	MENSUAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ MECÁNICOS/ ANALISTA DE MANTENIMIENTO
	DISTRIBUIR Y COORDINAR LAS TAREAS ENTRE LOS OPERARIOS DE ACUERDO AL CARGO QUE DESEMPEÑAN Y SU ESPECIALIZACIÓN.	ANUAL	
INCENTIVAR AL PERSONAL	LLEVAR PROGRAMAS DE INCENTIVO AL PERSONAL A TRAVÉS DE BONIFICACIONES ESPECIALES POR METAS CUMPLIDAS.	SEMESTRAL	GERENCIA/SUPERINTENDENCIA/JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
FORMAR Y CAPACITAR AL PERSONAL	DESARROLLAR PROGRAMAS DE FORMACIÓN DEL PERSONAL QUE PERMITAN MEJORAR SUS CAPACIDADES, CONOCIMIENTOS Y NUEVAS TÉCNICAS.	SEMESTRAL	JEFE DE OPERACIONES/DPTO. RRHH
CREAR CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN A LOS CAPITANES Y MOTORISTAS PARA EL ADECUADO USO Y MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES EN LOS REMOLCADORES	EDUCAR A LOS CAPITANES CON RESPECTO A LAS TÉCNICAS DE INSPECCIÓN DE LAS UNIDADES Y LAS BUENAS ACTITUDES DEL ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES.	TRIMESTRAL	JEFE DE OPERACIONES/JEFE DE MANTENIMIENTO
	DICTAR CHARLA Y DAR ASESORÍA A LOS CAPITANES PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.	TRIMESTRAL	JEFE DE OPERACIONES/JEFE DE MANTENIMIENTO
APLICAR PROGRAMAS DE INSPECCIÓN	SUPERVISAR Estrictamente el cumplimiento de actividades para evaluar el rendimiento y operatividad del departamento.	SEMANAL	JEFE DE MANTENIMIENTO/ PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO.

4.8.4 Otras acciones de tipo preventivo que pueden garantizar el cumplimiento de los planes según las horas de servicio de los Motores Detroit Diesel y Cummins de la flota remolcadores de PDV marina:

El alcance consiste, pero sin limitarse a ello, al suministro de los materiales, equipos y mano de obra necesarios para el Mantenimiento Preventivo en los Motores de la Flota Remolcadores de Pdv Marina en Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Cumpliendo con las siguientes actividades:

- Servicio y Calibración de los Inyectores.
- Servicio y Calibración de la Bomba de Inyección.
- Suministro e Instalación de turbos y Reemplazo de kit.
- Servicio, ajuste y Calibración de las válvulas de inyectores
- Servicio / mantenimiento del after cooler.
- Suministro e Instalación de correas del motor
- Suministro e instalación de correas de la bomba de agua
- Suministro e instalación de flexible para el sistema de escape
- Suministro e Instalación de mangueras periféricas
- Servicio / reparación del motor-arranque
- Servicio / reparación del motor-alternador
- Prueba y Pintura del Motor.
- Cambio de goma del filtro de aire y admisión al turbo.
- Cambio de correa de la bomba de agua.
- Cambio de estopera del drive.
- Cambio de empacaduras de las cámaras.
- Cambio de abrazadera del turbo.

- Cambio de goma intermedio turbo y admisión.
- Instalación de Flexible del tubo de escape de 5 pulgadas
- Instalación de Silenciador grande toma de 5 pulgadas
- Instalación de Codo de escape 90° de 5 pulgadas
- Servicio por bajar inyectores, instalar, calibrar válvulas e inyectores y prueba de carga
- Cambio de mangueras flexibles periféricas.
- Cambio de tornillería de los múltiples y tapas.

Todo ello de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricante de cada modelo en los motores de estudio, donde se establecen los requisitos generales y particulares para la ejecución del servicio según la normativa de la industria y cónsone con los requisitos de las distintos Remolcadores de la Flota Fluvial de Pdv Marina en Ciudad Bolívar.

4.9. Establecer los Indicadores de gestión para el seguimiento y control del plan de mantenimiento.

En la actualidad en la Gerencia de remolcadores flota fluvial, no se llevan indicadores operacionales, por tal motivo, se proponen los siguientes ya que no se contaba con datos en los años anteriores para su aplicación.

Para llevar una mejor gestión en la flota propia y fletada se establecen los indicadores acorde a los trabajos rutinarios de los motores en cada embarcación:

4.9.1 Indicadores de Planificación:

- 4.9.1.1 Trabajos Terminados/ Trabajo Ejecutados
- 4.9.1.2 Horas hombre programadas/ Horas hombres Reales
- 4.9.1.3 Horas hombre Extras de Mantenimiento/ Horas hombre totales de mantenimiento.

4.9.2 Indicadores de Eficiencia de Mantenimiento:

4.9.2.1 TTR (Tiempo para Reparar, Expresado en horas): Se obtendrá de la diferencia entre las fechas-horas de las columnas DESDE y HASTA para cada modo de fallo de cada componente.

4.9.2.2 MTTR (tiempo promedio para reparar) = Tiempo para reparar (TTR) / N° total de intervenciones de Mantto.

4.9.2.3 M(t) (Mantenibilidad, expresada en porcentaje): Se obtiene de la siguiente expresión:

$$M(t) = 1 - e^{-t/MTTR}$$

Donde e es el número de Euler.

t es el tiempo establecido como meta de reparación (8 horas), y MTTR es el valor de los MTTR de cada modo de fallo de cada componente.

4.9.3 Indicadores de Confiabilidad:

4.9.3.1 MTBF (Tiempo Promedio entre Fallas)= total horas de Operación/ n° total de Fallas.

4.9.3.2 R(t) (confiabilidad, expresada en porcentaje). Se obtiene de la siguiente expresión:

$$R(t) = e^{-t/MTBF}$$

Donde e es el numero de Euler.

t es el tiempo considerado de reparación (8 horas), y MTBF es el valor promedio de los MTBF de cada modo de fallo de cada componente.

4.9.4 Indicadores de Disponibilidad:

4.9.4.1 Da (Disponibilidad alcanzada, expresada en porcentaje). Se obtiene del cociente entre MTBF(Numerador) y el(MTBF) sumado al MTTR (ambos en el denominador), para cada modo de fallos, por cada componente.

$$Da = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde :

Da= Disponibilidad alcanzada.

MTBF= Tiempo medio entre mantenimientos

MTTR= Tiempo medio del activo en mantenimiento

CONCLUSIONES

Luego de realizar el análisis de las operaciones de los remolcadores en la gerencia flota fluvial, se aplicaron diferentes conocimientos técnicos y estadísticos, los cuales ayudaron al desarrollo de los objetivos planteados, generando así, un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para los motores principales detroit diésel y cummins en las embarcaciones de la Gerencia de flota remolcadores de PDV Marina en Ciudad Bolívar. Gracias a este estudio podemos concluir lo siguiente:

1. El MCC se presenta como un enfoque del mantenimiento que combina armoniosamente prácticas y estrategias correctivas, preventivas y predictivas, con la finalidad de maximizar la vida de los activos y asegurar el cumplimiento de sus funciones. es la eliminación de las tareas innecesarias o reducción en la frecuencia de las mismas y el aumento en las tareas preventivas, esto implica un incremento en la confiabilidad y disponibilidad de los motores.
2. El personal que labora en el área de mantenimiento conoce el funcionamiento, dominan los procedimientos de trabajo y los aplican de manera correcta en los motores, además, tiene experiencia en el manejo de las fallas y sus causas.
3. Se pudo demostrar que el árbol de fallas es un método deductivo para determinar las diferentes fallas que pueden existir en cada sub conjunto de los motores diesel.
4. Según el análisis AMEF, el personal de operaciones y mantenimiento determino que la mayor criticidad en el sistema de lubricación fue de 490, la cual represento fallas en la bomba de aceite recomendando una mayor inspección de este equipo. En el sistema de admisión la mayor criticidad fue de 432, está representado por desgaste de los anillos. En el

sistema de equipos eléctricos la mayor criticidad fue para 567, representada por la falla en los bornes de baterías. En el sistema de enfriamiento la mayor criticidad fue de 486, representada por la cavitación debido al aire atrapado en el sistema. En el sistema de escape la mayor criticidad fue de 360, representada por fallas en las tuberías de escape. En el sistema de instrumentos y medición la mayor criticidad fue de 288, está representada por falla en los sensores.

5. La Confiabilidad de los motores en los remolcadores Puerto Miranda y Rio Manapiare (Flota propia), aumento, al reducir la frecuencia de las fallas en el año 2014 luego de la aplicación del MCC.
6. El programa de implantación de MCC es un proceso dinámico de mejoramiento continuo que amerita revisión y actualización de todas las etapas del proceso: Planificación, análisis, implantación, ejecución, comunicación de resultados y control de gestión.
7. Según el estudio realizado los motores pertenecientes a la flota propia de PDV Marina, representan periodos de baja confiabilidad (muchas fallas) y buena mantenibilidad. Los motores en las embarcaciones fletadas son equipos de mayor confiabilidad y menor mantenibilidad.
8. Con el resultado del estudio se tiene mayor disponibilidad de los motores diesel y una menor rata de falla. Esto se aprecia más en los remolcadores fletados, Una vez aplicado de manera efectiva el MCC, la flota propia aumento su disponibilidad.

RECOMENDACIONES

Para lograr una alta disponibilidad en los motores de las embarcaciones se requieren muchas acciones de mantenimiento, estas deben ser realizadas rápidamente para minimizar las paradas en los motores. A continuación se realizaron las siguientes recomendaciones:

1. En las mesas de trabajo que se realizaron se recomendó aplicar los mantenimiento preventivo a las motores diesel estableciendo el plan de mantenimiento preventivo cada 250 horas de servicio.
2. Una mejor forma de resolver los problemas es reducir el número de fallas. Una alta confiabilidad (pocas fallas) y una alta mantenibilidad (tiempos predecibles de mantenimiento), son la clave de un sistema altamente efectivo.
3. Establecer reuniones con el personal de Mantenimiento de PDV Marina, informándoles la importancia de las inspecciones en las embarcaciones, con la finalidad de involucrar en el sistema de mantenimiento a los motoristas y capitanes, para mejorar la disponibilidad operativa de los motores y las embarcaciones.
4. Coordinar con el personal de Recursos Humanos de PDV Marina, un plan de entrenamiento y formación del personal de mantenimiento en el proceso RCM.
5. Realizar los enlaces necesarios con el departamento de contratación en PDV Marina, los cuales, garanticen la contratación de empresas especializadas en mantenimiento de motores, garantizando los repuestos de forma oportuna.

6. Crear un almacén central para el almacenamiento de motores y accesorios de los motores Diesel requeridos en las reparaciones rutinarias.
7. Fortalecer la cultura y unificar criterios en cuanto a la captura y suministro de data confiable, así como, optimar el uso de las técnicas de procesamiento de datos utilizadas actualmente.
8. Tomar en consideración los modos de fallas más recurrentes, como base para el cálculo de los niveles adecuados de existencia de cada uno de los repuestos, estableciendo máximos y mínimos y reservas de aseguramiento que deben tenerse en almacén para cubrir las actividades de mantenimiento correctivo con el mínimo impacto a las operaciones y a la producción.
9. Motivar al personal que ejecuta las labores de mantenimiento a través de charlas, y programas innovadores de mantenimiento para crear una cultura sobre mantenibilidad de los equipos resaltando la importancia de ésta y el impacto en la Seguridad, Higiene, Ambiente y Calidad.
10. Para mejorar la mantenibilidad en los motores de las embarcaciones propias de PDV Marina, se debe optimizar los equipos, implementar procedimientos de control de trabajo, verificar la vida útil de cada motor, implementar la actualización de los motores por unos de mayor confiabilidad operacional, mejorando métodos de ubicación de fallas, equipos de prueba, disponibilidad de repuestos y herramientas de trabajo.

11. Evitar la alta rotación de la línea Gerencial, la cual, dificulta el avance del análisis y solo se traduce en un mayor número de reuniones y pérdida de motivación.
12. Realizar reuniones de intercambio con otros equipos de análisis de MCC crea sinergia y mejora el proceso de implantación.
13. Llevar indicadores tales como: Tiempo para Reparar, tiempo promedio para reparar, Tiempo Promedio entre Fallas. Así como índices probabilísticos del comportamiento de las fallas: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de equipos.
14. Implementar de manera obligatoria los indicadores de gestión para el seguimiento y control del plan de mantenimiento para la flota remolcadora de PDV Marina.

BIBLIOGRAFIA

- (1) www.pdvsa.com. PDV Marina (2014)
- (2) Partidas G. (2011). Mantenimiento Fluvial.
- (3) MOUBRAY, J. (1991). Reliability Centered Maintenance.
- (4) GRANELA, H.(1999). Experiencias en la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales Cuba - Universidad Central de Las Villas.
- (5) Engineering, Reliability and Management (2004). Optimización del Mantenimiento. Pág 48.
- (6) ALADON Ltd (2001). Introducción al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Disponible en:
<http://www.strategictechnologiesinc.com/ANEXO%20I.pdf> [5 de enero de 2014].
- (7) LATINO Charle J (2003). Eliminando Fallas Crónicas puede reducirse el costo de mantenimiento hasta en un 60%. Estados Unidos. Disponible en:
<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/fallas.asp> [12 de Enero de 2014].
- (8) Dr. Hugo Granela Martín (2000). Experiencias en la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales. Disponible en:
<http://www.datastream.net/latinamerica/infostream/adjuntos/Congresos/Pon.%20Hugo%20EDITADA.doc>
- (9) Carlos Parra (2005). Implantación del Mantenimiento centrado en la confiabilidad en un sistema de producción. Universidad de Sevilla, Sevilla – España.

(10) CANTARIÑO, J (2005). Mantenimiento Predictivo. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. UNEXPO-Puerto Ordaz. [Archivo electrónico]

(11) PRANDO, R. (1996). Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida.

(11) PRANDO, R. Ob. Cit. (1996).

(12) KNEZEVIC, J. (1996). **Mantenibilidad.**

(13) CHIAVENATO (2001), Ibidem. Pág. 43

(14) COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1993, Enero). Mantenimiento. "Definiciones". Caracas: Comité Técnico de Normalización CT-3. Pág. 1.

(15) DUFFUAA, S; RAOUF, A Y DIXON, J. (2002). Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control. Editorial LIMUSA, S.A de C.V Grupo Noriega Editores. México, D.F. Pág. 29

(16) MILANO, T. (2005). Planificación y Gestión del Mantenimiento Industrial. Un Enfoque Estratégico y Operativo. Editorial PANAPO de Venezuela, C.A. Caracas, Venezuela. Pág. 15.

(17) COVENIN 3049. (1993, Enero). Ob. Cit. Pág. 2.

(18) DUFFUAA, S; RAOUF, A Y DIXON, J. (2002). Ob. Cit. Pág. 33.

(19) ÁVILA, R. (1987). Fundamentos del Mantenimiento. Guías Económicas Técnicas y Administrativas. Editorial LIMUSA, S.A de C.V. México, D.F.

(20) NAVA, J. (2006). Teoría de Mantenimiento. Definiciones y Organización. Consejo de publicaciones Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

(21) KNEZEVIC, J. (1996). Ob. Cit.

(22) Detroit Diésel (1974). Manual de servicio V 71.

(23) DEAN, R. (S/F). La investigación tecnológica en las ciencias de la ingeniería y la innovación tecnológica.

(24) TAPIA, M. (2000). APUNTES “Metodología de Investigación”.

(25) TAPIA, M. (2000). Ibidem.

(26) CHÁVEZ DE PAZ, D. (S/F). Conceptos Y Técnicas de Recolección de Datos