

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO CRÍTICO
PERTENECIENTE A LA BASE AERONAVAL CONCÓN

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Cristian Sebastián Villagra Escobar

Profesor Guía:

Ing. Andrés Eduardo Aránguiz Garrido

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de título a mis padres Erika y Sixto, a mi hermana Karla, a mis abuelos, a mis segundos padres Rodolfo y Evelyn y a Solange, por estar presente en este largo camino y por brindarme la constante motivación para completar este desafío. Doy las gracias a Dios por darme la fuerza y la perseverancia para seguir adelante a pesar de las dificultades.

RESUMEN

KEYWORDS: MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD – EQUIPOS AEROPORTUARIOS

El presente trabajo de título, nace ante la necesidad de contar con un plan de mantenimiento preventivo, para el equipo aeroportuario crítico, perteneciente a la Base Aeronaval Concón, con el objetivo de brindar seguridad a las operaciones aéreas, que desarrollan aeronaves tanto militares como civiles, en el aeródromo Viña del Mar, cuya administración está a cargo de la Armada de Chile.

Para mitigar las fallas recurrentes, que pueda presentar el equipo crítico, se emplean las herramientas, del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), el cual otorga los lineamientos necesarios, para establecer las acciones de mantenimiento, acorde a cada modo de falla del equipo, considerando las consecuencias que pueda generar el modo de falla.

Para determinar el equipo crítico, se utilizó la matriz cualitativa de riesgo, en la cual se analizaron todos los equipos aeroportuarios pertenecientes a las Base Aeronaval Concón, de acuerdo a cuantificación de criterios, considerando el impacto que provoca, una falla de cada uno de los equipos, en las operaciones aéreas. El resultado de este análisis, arrojó como el equipo crítico, al carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500. Mediante un análisis de los sistemas y fallas del carro, se obtiene que el subsistema que implica un mayor tiempo de reparación y alta frecuencia de fallas, corresponde al motor, en cual será objeto de análisis, para establecer el plan de mantenimiento preventivo.

Mediante un análisis funcional del motor, se pudo obtener, los modos y efectos, de las distintas fallas que puede presentar el motor, las cuales son la base para establecer, los costos asociados y las tareas de mantenimiento, adecuadas para cada modo de falla, a través de la hoja de decisión del RCM.

Al término de este estudio, se logró cumplir con los objetivos propuestos, siendo fundamental, establecer las tareas de mantenimiento, para cada modo de falla del motor, mediante instructivos de mantenimiento, los cuales contienen la planificación, programación y check list, con el objetivo de asegurar, de que cada tarea propuesta, se realice de acuerdo a los procedimientos establecidos en la planificación.

ÍNDICE

RESUMEN	
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES GENERALES	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	5
1.1.1. Funciones del servicio de plataforma	7
1.1.2. Función del servicio de seguridad, salvamento y extinción de incendio	10
1.2. MARCO GENERAL	11
1.3. PROBLEMÁTICA	12
1.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	13
1.4.1. Jerarquización de equipos de acuerdo a su criticidad	17
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL EQUIPO CRÍTICO	20
2.1. DEFINICIÓN DE LA INTENSIÓN DE DISEÑO	22
2.2. ANÁLISIS FUNCIONAL	30
2.2.1. Selección de sistema crítico	31
2.2.2. Análisis funcional del subsistema motor	32
2.3. ANÁLISIS DE MODOS, EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS	34
2.3.1. Número de prioridad de riesgo NPR.	37
2.3.2. Jerarquización de modos de fallas	38
CAPITULO 3: TAREAS DE MANTENIMIENTO	40
3.1. DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM	41
3.2. HOJA DE DECISIÓN DE RCM	43
3.2.1. Hoja de decisión del motor Caterpillar 1693TA	46
3.3. INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	49
3.3.1. Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.Q	50
3.4. COSTOS ESTIMADOS ASOCIADOS A CADA MODO DE FALLA	51
3.4.1. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.Q. Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	51

3.4.2.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.A. Boquilla de los inyectores obstruida	52
3.4.3.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.C. Filtro de aire obstruido	53
3.4.4.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.K. Batería en corto circuito.	54
3.4.5.	Costos estimados asociados al mantenimiento de 4500 hrs. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.	55
3.4.6.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.O. Eje cortado del turbocompresor	56
3.4.7.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.D. Filtros de diésel obstruidos.	56
3.4.8.	Costos estimados asociados al mantenimiento de 800 hrs. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500	57
3.4.9.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.A. Resistencia cortada de las bujías incandescentes	58
3.5.	PROPUESTA DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		63
BIBLIOGRAFÍA		65
ANEXOS		66
ANEXO A: EQUIPOS AEROPORTUARIOS PERTENECIENTES AL DEPARTAMENTO AERÓDROMO DE LA BASE AERONAVAL CONCÓN		67
ANEXO B: DIAGRAMAS DE FUNCIONES DEL SERVICIO QUE PRESTA EL DEPARTAMENTO AERÓDROMO		69
ANEXO C: CATEGORÍA DEL AEROPUERTO Y VEHÍCULOS		71
ANEXO E: INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO		81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Ubicación geográfica de la Base Aeronaval Concón	4
Figura 1-2.	Aeronave de la Base Aeronaval Concón	6
Figura 1-3.	Organigrama Departamento Aeródromo	7
Figura 1-4.	Tractado de aeronave	7
Figura 1-5.	Equipo de suministro de poder auxiliar	8
Figura 1-6.	Recepción y despacho de aeronaves	9
Figura 1-7.	Estación de combustible	9
Figura 1-8.	Mantenimiento reactivo a carro tractado Tug GT35D	13
Figura 1-9.	Carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500	19
Figura 2-1.	Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y susefectos y criticidad	21
Figura 2-2.	Carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500	22
Figura 2-3.	Sistema chasis del carro Oshkosh M1500	25
Figura 2-4.	Sistema de combustible del carro Oshkosh M1500	29
Figura 2-5.	Sistemas y subsistemas del carro Oshkosh M1500	30
Figura 2-6.	Priorización de sistemas/subsistemas mediante gráfico Jack Knife	32
Figura 2-7.	Norma NRF-018-PEMEX	38
Figura 3-1.	Diagrama de decisión RCM	43
Figura 3-2.	Registro de consecuencias de falla	44
Figura 3-3.	Consecuencias de falla	44
Figura 3-4.	Consecuencias de falla	45
Figura 3-5.	Secuencia de actividades para el modo de falla 1.1.q.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Frecuencia de falla	14
Tabla 1-2.	Impacto operacional	15
Tabla 1-3.	Flexibilidad operacional	15
Tabla 1-4.	Costos de mantenimiento	16
Tabla 1-5.	Impacto de seguridad y medio ambiente	16
Tabla 1-6.	Jerarquización de los equipos	18
Tabla 1-7.	Ubicación de equipos en la matriz de riesgo mediante numeración	19

Tabla 2-1.	Análisis SIPOC del subsistema motor	32
Tabla 2-2.	Análisis de modos y efectos de falla del subsistema motor	35
Tabla 2-3.	Jerarquización de modos de falla del subsistema motor en base al NPR	37
Tabla 2-4.	Matriz de riesgo	38
Tabla 2-5.	Jerarquización de los modos de fallas	39
Tabla 3-1.	Hoja de decisión del motor Caterpillar	47
Tabla 3-2.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.Q	52
Tabla 3-3.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.A	53
Tabla 3-4.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.C	54
Tabla 3-5.	Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.K	54
Tabla 3-6.	Costos estimados asociados a la mantención de 4.500 hr	55
Tabla 3-7.	Costos asociados al modo de fallas 1.1.O	56
Tabla 3-8.	Costos estimados asociados al modo de fallas 1.2.D	57
Tabla 3-9.	Costos estimados asociados a los modos de falla 1.1.H. y 1.1.J	57
Tabla 3-10.	Costos asociados a al modo de falla 1.1.A	58
Tabla 3-11.	Propuesta de frecuencia de mantenimiento	60
Tabla 3-12.	Actividades preventivas	61
Tabla 3-13.	Actividades reactivas/reacondicionamiento	62

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA:

DGAC	: Dirección General de Aeronáutica Civil
FMECA	: Análisis de modos, efectos y criticidad de fallas
GSS	: Global Stiker Standar
HH	: Horas Hombre
ISO	: Organización Internacional de Normalización
IVA	: Impuesto al Valor Agregado
MTTR	: Tiempo Medio Para Reparar
NRF	: Normas de Referencia Federal
OACI	: Organización de Aviación Civil Internacional
PDI	: Policía de Investigaciones de Chile
RCM	: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
RFF	: Salvamento y Extinción de Incendios
RPN	: Número Prioridad de Riesgo
SAE	: Sociedad de Ingenieros Automotrices
SAG	: Servicio Agrícola y Ganadero
SCVM	: Aeródromo Viña del Mar
SIPOC	: Proveedores, Entradas, Procesos y Clientes
SSEI	: Seguridad Salvamento y Extinción de Incendios
UPA	: Unidad de Poder Auxiliar
US\$	: Dólar estadounidense
V	: Voltio

SIMBOLOGÍAS:

°C	: Grados Celsius
Ah	: Amperio Hora
gpm	: Galón por minuto
hr.	: Hora
l	: Litro
m ³	: Metro cúbico
m ³ /min	: Metro cúbico por minuto

l/min	: Litro por minuto
min	: Minuto
N·m	: Newton metro
psi	: Libra por pulgada cuadrada
rpm	: Revolución por minuto
VAC	: Voltaje de Corriente Alterna

INTRODUCCIÓN

Dentro de una organización, el mantenimiento es la base, para asegurar su continuidad a través del paso del tiempo, considerándose las actividades que en ella se desarrollan, destinadas a producir bienes o servicios. Ante lo cual es necesario establecer estrategias que permitan la operatividad de los equipos y maquinarias.

Disponer de un plan de mantenimiento preventivo para el equipo crítico perteneciente a la Base Aeronaval Concón, tiene por objetivo mitigar las fallas recurrentes, que ponen en riesgo la integridad y operatividad de las aeronaves tanto militares como civiles que se desarrollan en el aeródromo Viña del Mar, mediante herramientas del RCM, lo cual permite realizar lo establecido por la Organización de Aeronáutica Civil (OACI) de contar con planes de mantenimiento preventivo para equipos de salvamento y extinción de incendios.

La Base Aeronaval Concón es la única entidad militar a nivel nacional que tiene la responsabilidad de un aeródromo de uso público, en este caso del aeródromo Viña del Mar, a diferencia de los demás aeródromos nacionales que son administrados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Para que las operaciones aéreas que se llevan a cabo en el aeródromo Viña del Mar y se desarrollen de forma segura, la Base Aeronaval Concón, cuenta con el departamento aeródromo, el cual está compuesto por personal y medios terrestres, para actuar de forma rápida ante algún accidente de aviación que ocurra en el aeródromo o en sus inmediaciones.

Para desarrollar el plan de mantenimiento al equipo crítico del departamento aeródromo, es necesario realizar un estudio sobre las funciones del servicio, el cual permitirá analizar los equipos terrestres destinados a cumplir con el servicio, considerando la criticidad que representan para el normal funcionamiento de las operaciones aéreas.

Al establecer el equipo crítico, se analiza funcionalmente y a través de sus fallas recurrentes, poder determinar a qué componente es necesario realizar un estudio, para determinar las causas de falla mediante, el análisis de modos, efecto y criticidad de fallas.

El análisis de las fallas del equipo permite realizar las tareas de mantenimiento, mediante el diagrama de decisión de RCM, lo cual permite la evaluación técnica-economía de implementación de la propuesta de acciones de mantenimiento específicamente para los modos de fallas críticos y semi-críticos del motor Caterpillar 1693TA.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar plan de mantenimiento preventivo a equipo crítico perteneciente a la Base Aeronaval Concón, a través de herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para la mitigación de fallas recurrentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las funciones del servicio, para determinación de equipo crítico, mediante matriz cualitativa de riesgo;
- Analizar funcionalmente el equipo crítico, para jerarquización de fallas recurrentes y determinación de las causas, mediante análisis de modos, efectos y criticidad de fallas
- Generar tareas de mantenimiento a equipo crítico, mediante diagrama de decisión del RCM, para evaluación técnica-económica de implementación de la propuesta, basándose en los modos de falla críticos y semi-críticos.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

La Base Aeronaval de Concón perteneciente a la Armada de Chile, se encuentra ubicada en la ruta 64 camino internacional sin número, sector Torquemada Comuna de Concón, ver Figura 1-1, tiene como función, brindar apoyo a las operaciones aéreas, que realizan tanto aviones como helicópteros, militares y civiles.

Para que las operaciones aéreas tanto militares como civiles, se desarrollen de forma segura en el aeródromo Viña del Mar, la Base Aeronaval Concón cuenta con el departamento aeródromo, conformado por el servicio de plataforma, cuya función es prestar apoyo en los requerimientos de las aeronaves y el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendio (SSEI), es salvar vidas en caso de accidentes o incidentes de aviación.

A través de normas internacionales, se establece los requerimientos mínimos necesarios en cuanto a equipos aeroportuarios, con que el Departamento Aeródromo debe contar, para que las operaciones aéreas se desarrollen de forma segura. Es esta la razón por la cual nace la necesidad de establecer una jerarquización de equipos aeroportuarios en cuanto a su criticidad, para crear tareas de mantenimiento mediante herramientas del RCM, con el objetivo de no afectar las operaciones aéreas.



Fuente: Google Maps

Figura 1-1. Ubicación geográfica de la Base Aeronaval Concón

1.1. **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO**

Las funciones de Departamento Aeródromo de la Base Aeronaval Concón, permiten el desarrollo seguro de las operaciones aéreas que se desarrollan en el aeródromo Viña del Mar. Estas funciones son:

- Remolque de aeronaves
 - Recepción y despacho de aeronaves
 - Suministro de poder auxiliar de tierra
 - Suministro de combustible
 - Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendio (SSEI)
- Aeródromo Viña del Mar (SCVM)

Un aeródromo es un terreno que cuenta con una pista y con instalaciones necesarias para el aterrizaje y despegue de aeronaves, es más pequeño que un aeropuerto, existen aeródromos militares y civiles, de uso público y privado. En el caso del aeródromo Viña del Mar, es el único a nivel nacional que es de uso público administrado por una institución militar (Armada de Chile), a diferencia de los demás aeródromos que son administrados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Para que las operaciones aéreas se desarrollen de forma segura, la Base Aeronaval Concón, presta los servicios de plataforma y Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendio (SSEI), bajo la constante supervisión de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

- Base Aeronaval Concón

La Base Aeronaval Concón, está conformada por reparticiones que prestan apoyo logístico a las operaciones aéreas, cuyas aeronaves, ver Figura 1-2, están divididas en los siguientes escuadrones: Escuadrón de aviones de instrucción tanto para pilotos y mecánicos, escuadrón de aviones de propósitos generales, destinado para cumplir operaciones de aero-evacuación médica, patrullaje marítimo, traslado de personal y lanzamiento de cargas y paracaídas, escuadrón de exploración aeromarítima, conformado por aviones para patrullaje marítimo y aero-evacuaciones medidas, escuadrón de helicópteros de propósitos generales, desempeña la labor de salvaguardar la vida humana en el mar, transporte y policía marítima, el escuadrón de helicópteros de

ataque, tiene como función apoyar las operaciones de los buques de la Armada de Chile, como así también transporte de tropas y servicio de búsqueda y rescate marítimo.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-2. Aeronave de la Base Aeronaval Concón

- Base Aeronaval

Es una repartición dentro del complejo de la Base Aeronaval Concón, cuya función es brindar apoyo logístico a las operaciones aéreas, contando con las instalaciones necesarias para efectuar mantenimiento a las aeronaves. Bajo su mando se encuentra el Departamento Aeródromo.

- Departamento Aeródromo

El Departamento Aeródromo es el encargado de administrar y dirigir de forma segura las operaciones aéreas, que desarrollan aeronaves militares como civiles, en el aeródromo Viña del Mar, otorgando seguridad a la tripulación y a las aeronaves, así también es el encargado de administrar y mantener la infraestructura y los equipos.

El departamento aeródromo está formado por 25 personas actualmente, los operadores forman parte del servicio de Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendio y del servicio de plataforma. El servicio de plataforma, comprende lo relacionado a movimientos de aeronaves y a cubrir necesidades propias de las operaciones aéreas ver Anexo B: Aeronave en vuelo y aeronave estacionada. Al ocurrir un accidente de aviación, todos los operadores forman parte del SSEI, para concurrir al lugar del accidente lo más rápido posible, utilizando los medios terrestres. La estructura organizativa de este departamento es de tipo jerárquica ver Figura 1-3.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-3. Organigrama Departamento Aeródromo

1.1.1. Funciones del servicio de plataforma

- Tractado de aeronaves

Tractar consiste en desplazar de un lugar a otro una aeronave, utilizando un medio terrestre, ver Figura 1-4.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-4. Tractado de aeronave

Para efectuar el desplazamiento de aeronaves, el Departamento Aeródromo cuenta con equipos, como se muestran en el Anexo A: Equipos de tractado de aeronaves. Estos equipos son dos Carros de Tractado marca Tug, uno modelo GT35D fabricado el año 2012 y otro modelo MC-244 fabricado el año 1995, actualmente este último carro de tractado se encuentra de baja, en la espera de la llegada de un repuesto.

- Suministro de poder auxiliar de tierra

Suministrar poder auxiliar de tierra, consiste en energizar la aeronave mediante una unidad externa, para efectuar pruebas de sistemas y puesta en marcha de motores, ver Figura 1-5.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-5. Equipo de suministro de poder auxiliar

Para efectuar el suministro de poder auxiliar a las aeronaves, el departamento aeródromo cuenta con equipos, como se muestran en el Anexo A: Equipos de suministro de poder auxiliar. Estos equipos son las Unidades de Poder Auxiliar de tierra (UPA), actualmente se cuenta con cuatro equipos, estos son: Hobart 90CU420, Hobart 90CU24P5, Hobart 4400 y Arvico 28-2000. Dependiendo de la característica de la aeronave será el UPA que se utilizará para proveer poder.

- Recepción y despacho de aeronaves

Los operadores de plataforma son los encargados de despachar una aeronave para el despegue y recibirla una vez que aterriza, con el objetivo de velar por la seguridad de las operaciones y serán los encargados de direccionar los movimientos de la aeronave, ver Figura 1-6.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-6. Recepción y despacho de aeronaves

Para efectuar la recepción y despacho de aeronaves, el Departamento Aeródromo cuenta equipos, como se muestran en el Anexo A: Equipos para desplazamiento de operadores de plataforma. Actualmente los tres carros eléctricos marca Ezgo se encuentran de baja, en la espera de la llegada de repuesto. La camioneta marca Nissan es la que se utiliza a diario para traslado de los operadores ya sea en la plataforma militar, como así también para dirigir movimientos de las aeronaves civiles que utilizan la plataforma civil del Aeródromo Viña del Mar.

- Suministro de combustible

El almacenaje, recepción y suministro de combustible para las aeronaves pertenecientes a la Base Aeronaval, es otorgado por los operadores de plataforma, para lo cual cuenta con una estación de combustible, ver Figura 1-7.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-7. Estación de combustible

Para efectuar reaprovisionamiento de combustible a las aeronaves, el Departamento Aeródromo cuenta con equipos, como se muestran en el Anexo A: Equipos de suministro de Combustible. Estos equipos son dos camiones de combustible, uno marca Mercedes - Benz fabricado el año 2015 y otro marca Chevrolet fabricado el año 2010. Actualmente este último camión de combustible se encuentra de baja, debido a fuga de combustible por el estanque.

1.1.2. Función del servicio de seguridad, salvamento y extinción de incendio

Según lo establecido en el manual de servicios de aeropuertos, Capítulo 1, el objetivo principal del servicio de salvamento y extinción de incendio es el de salvar vidas en caso de accidentes o incidentes que ocurran en un aeropuerto o sus inmediaciones.

En relación al párrafo anterior, la Base Aeronaval, cuenta con el servicio de Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendio (SSEI), con el objetivo de brindar resguardo a las operaciones aéreas militares y civiles. Cabe destacar que el aeródromo Viña del Mar no es considerado un aeropuerto, ya que no cuenta con servicio gubernamentales, como lo es: el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Policía de Investigaciones (PDI) y Aduana, pero se rige por las normas emitidas por la Organización Internacional de Aeronáutica Civil (OACI) y nacionales emitidas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Para asignar una categoría al SSEI, la DGAC en base a lo estipulado por la OACI en el manual de servicio de aeropuerto, recopila antecedentes de movimientos de aeronaves (despegue y aterrizaje), basándose en las características de la pista del Aeródromo Viña del Mar, esta permite el aterrizaje de aeronaves de uso civil (Airbus A320 y Boeing 737-900ER) y militares (P-3 Orión y C-130 Hércules), se asignó la categoría cinco al SSEI considerando las dimensiones de las aeronaves mencionadas anteriormente, ver Anexo C: Categoría del aeropuerto para salvamento y extinción de incendio. Al asignar la categoría cinco al SSEI de la Base Aeronaval, la OACI establece el número mínimo de equipos de salvamento y extinción de incendio con que se debe contar, para mantener la categoría, ver Anexo C: Número mínimo de vehículos, al no cumplir con el número mínimo de vehículos, el SSEI dejará la categoría y el Aeródromo Viña del Mar no contará con este servicio. En caso de algún accidente o incidente de aviación, concurrirá al lugar Bomberos de Viña del Mar Concón en conjunto con la Unidad de Rescate, el tiempo de reacción se extenderá y se comprometerá la vida de los ocupantes. El Departamento Aeródromo de la Base Aeronaval, para prestar el servicio de seguridad, salvamento y extinción de incendio cuenta con equipos, como se muestra en el

Anexo A: Equipos de salvamento y extinción de incendio. Los equipos son dos carros bomba aeroportuario marca Oshkosh, uno modelo M1500 fabricado el año 1974 y otro modelo Global Striker Standard fabricado el año 2017. Actualmente el Departamento Aeródromo cuenta con este último camión para mantener la categoría cinco de SSEI ya que el carro modelo M1500 se encuentra de baja en la espera de repuestos.

1.2. **MARCO GENERAL**

En relación a lo descrito anteriormente, la OACI, estipula que el SSEI en este caso dependiente del Departamento Aeródromo de la Base Aeronaval, debe establecer plan de mantenimiento preventivo a sus equipos de salvamento y extinción de incendio, siendo la base para mantener la categoría cinco. Actualmente el mantenimiento que se efectúa a los equipos del Departamento Aeródromo, se realiza, por una parte, por los mismos operarios (mantenimiento preventivo y reactivo) y por empresas externas.

El mantenimiento que se efectúa a los camiones de combustible, es realizado por empresas externas, a través del proceso de licitación, lo mismo ocurre para las Unidades de Poder Auxiliar y la camioneta. El rango de tiempo que puede llegar a durar una licitación para mantenimiento o solución de una falla, es de dos meses a un año, causando que el equipo se encuentre de baja durante este rango de tiempo al presentar una falla.

Los operarios del equipo de carro de remolque y carro eléctrico, son los encargados de efectuar el mantenimiento, debido problemas administrativos que se pueden generar al solicitar la compra de repuestos y consumos, el tiempo promedio en generar la solicitud de compra y la recepción del repuesto o consumo, es de dos meses. En caso de presentarse una falla que impida el funcionamiento normal del equipo, se licitará la reparación, aumentando con esto el tiempo de baja del equipo. En relación a lo descrito, el mantenimiento que se efectúa actualmente es el reactivo.

A través del proceso de licitación, empresas externas efectuaban el mantenimiento y solución de discrepancias del carro bomba aeroportuario Oshkosh modelo M1500. Con el paso de los años y el constante uso, el equipo se deteriora rápidamente, aumentando las discrepancias y con ello las revisiones, lo cual generaba un gran costo para el Departamento Aeródromo, ante lo cual se considera que el mantenimiento reactivo lo efectuarán los operarios del equipo y la solución de discrepancias se externalizará a empresas, dado la antigüedad del equipo, la cantidad de

discrepancias aumento y el tiempo en que el equipo se encontraba de baja aumento considerablemente, impidiendo con ello contar con la categoría cinco del servicio de seguridad, salvamento y extinción de incendio, mientras el equipo se encontraba de baja. Por esta razón, se dispone la adquisición de compra de un nuevo carro bomba aeroportuario. En el mes de febrero del presente año, el Departamento Aeródromo adquiere un nuevo carro bomba aeroportuario marca Oshkosh modelo Global Striker Standard año 2017. El mantenimiento lo realizará la empresa Oshkosh por motivo de encontrarse el carro en garantía.

1.3. **PROBLEMÁTICA**

El mantenimiento que efectúan los operarios a los equipos descritos anteriormente es el reactivo, ya que no existe un plan de mantenimiento establecido y los problemas administrativos al momento de solicitar la compra de algún repuesto o licitar externamente a una empresa la solución de alguna discrepancia, prolonga el tiempo en que el equipo se encuentre de baja, afectando directamente al funcionamiento normal de las operaciones aéreas que se desarrollan en el Aeródromo Viña del Mar.

Actualmente el carro bomba Oshkosh modelo M1500, se encuentra de baja, en espera que se licite externamente la reparación. El carro Oshkosh Global Striker Standard, otorga la categoría cinco al SSEI siendo de vital importancia que se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, para que el SSEI no pierda la categoría y no afecte la seguridad de las operaciones aéreas.

El mantenimiento reactivo que se efectúa a los carros de tractado y al carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500, provoca que el equipo se encuentre de baja, mientras se genera la solicitud de compra de repuestos o consumos, interfiriendo en las operaciones aéreas. Actualmente el carro de tractado Tug MC-244, se encuentra en espera de repuestos, realizando todos los movimientos de aeronaves el carro TugGT35D, significando un aumento acelerado de horas de funcionamiento y con ello las intervenciones de mantenimiento, por ejemplo, el cambio de neumáticos, ver Figura 1-8. El Departamento Aeródromo no cuenta con almacenes de repuestos, ante lo cual debe generar una solicitud de compra, prolongando el tiempo de baja del equipo.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 1-8. Mantenimiento reactivo a carro tratado Tug GT35D

1.4. **ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS**

Para determinar el equipo crítico del Departamento Aeródromo, se utilizará la matriz cualitativa de riesgo, los factores que se utilizarán serán: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto de seguridad y medio ambiente, los cuales se describen a continuación.

- Frecuencia de fallas: corresponde a la cantidad de fallas de un equipo, durante el periodo de tiempo de un año.
- Impacto operacional: es el efecto que causa la falla del equipo, sobre el servicio del Departamento Aeródromo.
- Flexibilidad operacional: es la capacidad de realizar un cambio rápido de un equipo o repuesto, al contar con uno de respaldo o disponible, para continuar con el servicio.
- Costos de mantenimiento: son todos los costos relacionados con el mantenimiento de un equipo.
- Impacto de seguridad y medio ambiente: es la forma en que la falla de un equipo, puede afectar a las personas, instalaciones y al medio ambiente.

Los factores mencionados anteriormente fueron diseñados de acuerdo a historiales de mantenimiento de cada equipo y la cuantificación de sus criterios, en relación al impacto que provoca una falla de un equipo en las operaciones aéreas. Para determinar la criticidad de los equipos se utilizarán las siguientes fórmulas:

- A. Criticidad = frecuencia de fallas x consecuencia
- B. Consecuencia = (impacto operacional x flexibilidad operacional) + costos de mantenimiento + impacto de seguridad y medio ambiente

Para realizar la cuantificación de cada criterio, se consideró el estudio previo de cada factor, este estudio se detalla a continuación.

- Frecuencia de fallas

Para poder realizar el estudio de fallas de cada equipo, se realizó la búsqueda de información en los historiales de mantenimiento, con la ayuda y la experiencia del mecánico encargado del control y gestión del mantenimiento del Departamento Aeródromo. La cuantificación de los criterios en este factor, se asignó de manera lógica, en relación a la cantidad de fallas, mientras mayor sean las fallas, su cuantificación respectiva será mayor, ver en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Frecuencia de falla

FRECUENCIA DE FALLA	
Mayor a 6 fallas/año	4
De 4-6 fallas/año	3
De 1-3 fallas/año	2
Mínimo de 1 falla/año	1

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

- Impacto operacional

La cuantificación de los criterios, se desarrolló de acuerdo al impacto que genera una falla sobre el servicio que presta el Departamento Aeródromo, para que las operaciones aéreas en el Aeródromo Viña del Mar se desarrollen de forma segura. El estudio de impacto, se llevó a cabo mediante simulación de falla de un equipo, asignando un valor de cuantificación mayor, cuando se genera la parada inmediata del servicio, ver Tabla1-2.

Tabla 1-2. Impacto operacional

IMPACTO OPERACIONAL	
Parada inmediata del servicio	5
Parada de la unidad asistencial	4
Impacto a nivel de funciones o calidad del servicio	3
Repercute a costos operacionales o adicionales	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

- Flexibilidad operacional

Para determinar la cuantificación de los criterios de flexibilidad operacional, ver Tabla 1-3, se realizó un estudio sobre la capacidad con que cuenta el departamento aeródromo para solucionar una falla de unos de los equipos, considerando la posibilidad de contar con repuesto de respaldo o disponible y opción de equipo de respaldo para cubrir el equipo que se encuentra de baja, asignando un valor de cuantificación mayor, cuando una falla genera que el servicio no se pueda otorgar y el equipo no se pueda recuperar.

Tabla 1-3. Flexibilidad operacional

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de servicio y no hay forma de recuperarlo	3
Función de repuesto disponible o respaldo	2
Hay opción de equipo disponible	1

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

- Costos de mantenimiento

Los datos establecidos en los criterios de costos de mantenimiento, fueron otorgados por el mecánico encargado del control y gestión del mantenimiento del Departamento Aeródromo, mediante recopilación de facturas de los costos de

mantenimiento. Para cuantificar estos criterios, se jerarquizaron los costos, asignándose un valor de cuantificación mayor al criterio que representa el mayor costo, ver tabla 1-4.

Tabla 1-4. Costos de mantenimiento

COSTOS DE MANTENIMIENTO	
De 10.000.001 a 20.000.000 pesos chilenos	3
De 3.000.001 a 10.000.000 pesos chilenos	2
De 0 a 3.000.000 pesos chilenos	1

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

- Impacto de seguridad y medio ambiente

Para realizar los criterios de impacto de seguridad y medio ambiente, se analizó las consecuencias, tanto humanas como ambientales, que provocaría una falla en un equipo, ver Tabla 1-5. La cuantificación de criterios se estableció con números en orden descendente, asignándose el número mayor al criterio en el cual se ve afectada la seguridad humana, en caso de ocurrir un accidente de aviación.

Tabla 1-5. Impacto de seguridad y medio ambiente

IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	
Afecta la seguridad humana en caso de accidente	6
Afecta la seguridad de las operaciones aéreas	5
Afecta al medio ambiente produciendo daños severos	4
Provoca daños menores a los operadores o al personal interno	3
Provoca daños controlados al medio ambiente	2
No provoca ningún daño a las personas o al medio ambiente	1

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

1.4.1. Jerarquización de equipos de acuerdo a su criticidad

Para jerarquizar los equipos de acuerdo a su criticidad se utilizará la matriz de riesgo, la cual depende de los factores de frecuencia de fallas y consecuencia de fallas, ver Tabla 1-8, lo que permite determinar a través de colores, si es el equipo a estudiar es crítico (rojo), semi crítico (amarillo) o no crítico (verde).

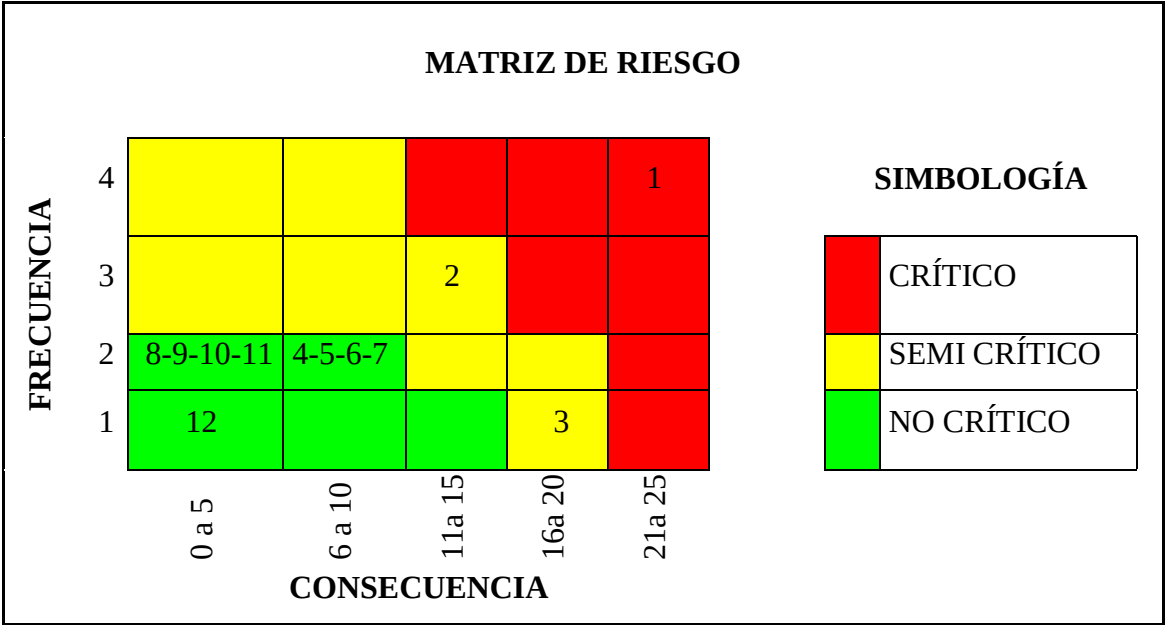
Considerando desde la Tabla 1-1, hasta la Tabla 1-5, se elaboró la tabla de jerarquización de los equipos, ver Tabla 1-6, y la tabla de ubicación de equipos en la matriz de riesgo mediante numeración, ver Tabla 1-7. Permite establecer que el equipo crítico a evaluar será el carro de bomba aeroportuario marca Oshkosh M1500, ver Figura 1-9.

Tabla 1-6. Jerarquización de los equipos

JERARQUIZACIÓN DE LOS EQUIPOS								
EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE	IMPACTO SHA	CONSECUENCIA	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
1.- OSHKOSH M1500	4	5	3	3	6	24	96	CRÍTICO
2.-NISSAN TERRANO	3	2	3	1	5	12	36	SEMI CRÍTICO
3.-OSHKOSH G.S.S.	1	4	3	1	6	19	19	SEMI CRÍTICO
4.-CHEVROLET 1223	2	4	1	2	2	8	16	NO CRÍTICO
5.-TUG MC-244	2	3	1	2	3	8	16	NO CRÍTICO
6.-MERCEDES BENZ 2330	2	4	1	2	2	8	16	NO CRÍTICO
7.-TUG GT35D	2	3	1	2	3	8	16	NO CRÍTICO
8.-HOBART 90CU420	2	3	1	1	1	5	10	NO CRÍTICO
9.-HOBART 90CU24P5	2	3	1	1	1	5	10	NO CRÍTICO
10.-EZGO WORKHORSE	2	2	1	1	1	4	8	NO CRÍTICO
11.-ARVICO 28-2000DC	2	2	1	1	1	4	8	NO CRÍTICO
12.-HOBART 4400	1	3	1	1	1	5	5	NO CRÍTICO

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

Tabla 1-7. Ubicación de equipos en la matriz de riesgo mediante numeración



Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016



Fuente: Base Aeronaval Concón

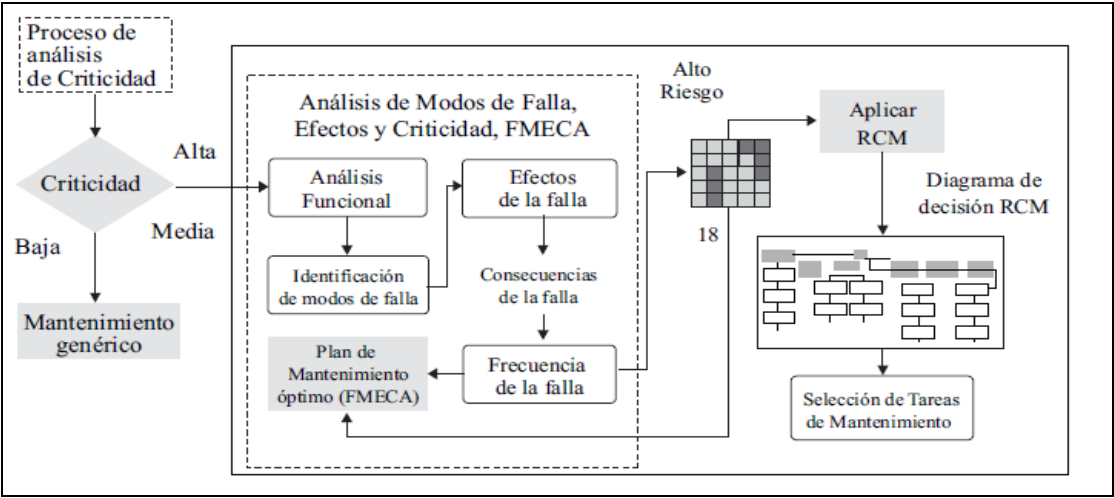
Figura 1-9. Carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL EQUIPO CRÍTICO

2. ANÁLISIS DEL EQUIPO CRÍTICO

En relación a la jerarquización de los equipos, se pudo determinar que el equipo crítico es el carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500, el cual será objeto de estudio, con el objetivo de jerarquizar sus fallas recurrentes y través de modos, efectos y criticidad de estas, poder determinar las causas, para contar con este equipo, en caso de falla del carro actualmente utilizado (Oshkosh G.S.S.) y no intervenir en las operaciones aéreas que se realizan en el Aeródromo Viña del Mar, al poder mantener la categoría cinco en SSEI de la Base Aeronaval Concón.

Basándose en las herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ver Figura 2-1, una vez determinado el equipo crítico, corresponde realizar el análisis de modos, efectos y criticidad de fallas (FMECA), el cual se subdivide en el análisis funcional del equipo en relación a sus sistemas, del cual se identificarán los modos de falla, estos modos de falla se jerarquizarán en relación a la cantidad de fallas y a su tiempo medio de reparación (MTTR) de subsistemas o sistemas, utilizando el gráfico Jack Knife para dicho propósito, para realizar el FMECA enfocado en el subsistema o sistema que se encuentre en el cuadrante crítico-agudo del gráfico Jack Knife.



Fuente: Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ) vol. 25 núm. 1, 2010

Figura 2-1. Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos y criticidad

2.1. DEFINICIÓN DE LA INTENSIÓN DE DISEÑO

El carro Oshkosh M1500, ver Figura 2-2, está diseñado para transportar y suministrar agua o espuma en situaciones de incendio de aeronaves y para el rescate de personal atrapado. El sistema de extinción de incendios es independiente, ya que no se requiere de fuentes externas de agentes extintores (agua y espuma), estos son transportados en estanques de almacenamiento instalados dentro de la carrocería del carro. Los agentes extintores pueden ser entregados a través de cualquiera de las dos torres montadas en la cabina o la línea manual individual o simultáneamente.

El carro está equipado de un motor diésel, el cual proporciona la energía para el funcionamiento del tren de la impulsión y del engranaje corriente, así como las bombas de la lucha contra incendio. El sistema eléctrico de 24 V suministra energía para el funcionamiento de equipos eléctricos y accesorios. La estructura es de aluminio y está aislada para evitar la pérdida de calor durante la operación de invierno y evitar que el agua se congele en el sistema de lucha contra incendios. Para los propósitos mencionados, el carro se divide en los siguientes sistemas y subsistemas.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura 2-2. Carro bomba aeroportuario Oshkosh M1500

- Cabina y carrocería

La cabina de los operadores y la carrocería del carro son fabricadas de aluminio y están aislados para evitar la pérdida de calor, durante el funcionamiento en climas fríos. Este aislamiento sirve también para proteger del calor a los operadores del carro y a los componentes. La cabina proporciona asientos para una tripulación de cuatro personas y contiene todos los instrumentos y controles necesarios para monitorearlos

parámetros de funcionamiento del carro, durante las operaciones de traslado y de lucha contra incendios. En la cabina se encuentra el montaje para las dos torretas de descarga de agente extintor y para el carrete de la línea de mano, las cuales se detallan en el sistema de extinción de incendio. El asiento del operador puede moverse en el pasillo, para operar la torreta del techo.

- Chasis

El chasis del carro está constituido por un motor diésel, de potencia adecuada para proporcionar movilidad, mediante seis ruedas. La línea de accionamiento consta de un divisor de potencia, transmisión de velocidad, caja de transferencia, eje delantero y eje tándem trasero, ver Figura 2-3.

El motor es diésel, marca Caterpillar, modelo 1693TA, es de cuatro ciclos, con seis cilindros en línea, turbo cargado y enfriado, se encuentra montado en la parte trasera del chasis. A través de transmisiones por correa y conexiones mecánicas, el motor suministra la potencia para conducir y manejar todos los accesorios del carro. El sistema de refrigeración del motor está compuesto por: enfriador de refrigerante, ventilador, bomba de refrigerante, calentador de refrigerante y termostato. El refrigerante circula desde la bomba, la cual tiene dos salidas, una hacia el enfriador de aceite y otra salida hacia el enfriador de aire, desde el enfriador de aire el refrigerante ingresa al motor, donde extrae calor de los cilindros y se devuelve al radiador por medio de la bomba de agua. La bomba de agua es accionada por correa desde la polea del cigüeñal del motor. El ventilador de refrigeración del motor está montado en un eje en la parte delantera del motor, el cual es accionado por una correa, cuyo objetivo es descargar aire de refrigeración al enfriador de refrigerante, el termostato instalado en la camisa de agua del motor regula el flujo de agua a través del motor para proporcionar calentamientos rápidos y evitar el exceso de enfriamiento, mediante un estanque de expansión se evita la pérdida de refrigerante y permite el llenado correcto de este. El calentador de refrigerante, el cual se conecta a 220 V alternos, mantiene la temperatura del refrigerante entre 82 y 93°C para ayudar a la partida del motor en clima frío. El compresor de aire es impulsado por el motor, el cual recibe refrigerante a través de un tubo que está conectado al colector de refrigerante, el refrigerante regresa a través de un tubo desde el compresor de aire a la culata del motor.

El turbocompresor es un compresor de aire con turbina, que cumple la misma función que un compresor. La turbina es impulsada por los gases de descarga del motor, el impulsor del turbocompresor comprime el aire de admisión y fuerza este aire presurizado a un caudal de 30,58 m³/min a las cámaras de combustión, donde se mezcla

con el combustible atomizado por los inyectores y por medio de las bujías incandescentes generar la combustión. El sistema de lubricación del motor, está compuesto por estanque (cárter de aceite), una bomba de aceite, el enfriador de aceite y el filtro de aceite. La bomba de aceite extrae el aceite del cárter, lo envía al enfriador de aceite, al filtro de aceite, luego al turbocompresor y luego al colector de aceite. El colector de aceite, dirige el aceite hacia: los rodamientos, el árbol de levas, los engranajes del árbol de levas (transmisión), a los pistones por medio de orificios de pulverización y a los rodamientos de las bielas.

El divisor de potencia va unido al motor y sirve para dividir el accionamiento del motor en tres accionamientos separados: el accionamiento de la bomba de agua, el accionamiento de la bomba de espuma y el accionamiento principal a la transmisión del carro, en cada accionamiento de cada una de las bombas se incorpora un embrague separado accionado por aire para desconectar las bombas cuando no están en funcionamiento y por medio de un embrague de modulación permite accionar la transmisión.

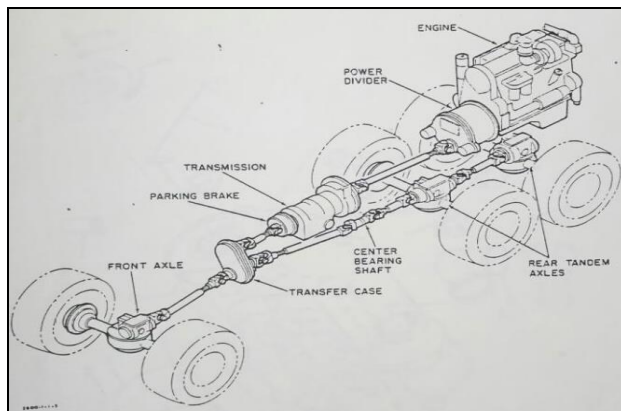
La transmisión es de tipo automática de seis velocidades. La transmisión, utiliza engranajes y embragues de disco accionados y refrigerados por aceite. La transmisión es controlada por el operador desde un control de cambio en la cabina. En la parte trasera de la transmisión se encuentra el freno de estacionamiento, de tipo de zapata, accionado por presión de aire, el cual se detalla en el sistema de frenos.

La caja de transferencia va instalada a continuación de la transmisión y sirve para proporcionar dos salidas simultaneas de eje, una para el eje delantero y otra para el eje trasero. Mediante un bloqueo diferencial accionado por aire, permite al operador corregir las diferencias de velocidades entre los ejes, para proporcionar un par completo a todos los ejes simultáneamente, en condiciones en las que una rueda o eje pierden tracción y tienden a girar, por ejemplo, al momento de realizar un giro rápido.

El eje delantero es un engranaje hipoide, el cual soporta el diferencial que va montado en la parte superior de la carcasa, para permitir al operador del carro anular o bloquear la acción diferencial, al proporcionar un par completo en ambas ruedas bajo condiciones de tracción. El eje es suspendido del marco por una suspensión de resortes de lámina semi-elípticos que se montan en la parte superior del muelle y se fijan por medio de pernos al chasis.

Los ejes traseros son un conjunto de dos ejes en tándem como una unidad. Los ejes son engranajes hipoides, muy similares al eje delantero. El eje delantero del conjunto en tándem es impulsado desde la caja de transferencia por un eje. La potencia se transmite desde el eje delantero a la parte trasera por un eje de transmisión corto. Los diferenciales incorporados en cada eje, permiten diferencias de velocidades en las

ruedas, un diferencial montado en la unidad de accionamiento entre ejes, permite diferentes velocidades entre ejes, cuando se realiza una vuelta o se opera en terreno irregular. Esta acción diferencial puede ser bloqueada por el operador del carro, cuando las condiciones de tracción requieran una aplicación de potencia total a todas las ruedas. La suspensión trasera es de tipo goma maciza y suspensión de barra, para reducir la reacción del chasis ante golpes y terrenos irregulares. Las gomas son montadas entre los soportes de chasis y la suspensión de barra.



Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurpose Oshkosh M1500

Figura 2-3. Sistema chasis del carro Oshkosh M1500

- Sistema de aire

El sistema de aire está compuesto por: un compresor que es impulsado por el motor, tres estanques de almacenamiento de presión de aire, válvulas y tuberías para suministrar y controlar los mecanismos operados por aire en el carro, como se muestra en el Anexo D: Sistema de aire. El aire, desde el compresor, fluye desde la válvula de seguridad a un depósito, donde la presión se eleva hasta un nivel suficiente para el funcionamiento seguro del sistema de freno, una vez que se alcanza esta presión, se abre un regulador de presión en el sistema, el cual permite presurizar los depósitos restantes. Los componentes o sistemas que requieren presión de aire son los siguientes:

- a. Frenos de servicio;
- b. Transmisión;
- c. Freno de estacionamiento;
- d. Limpiaparabrisas;
- e. Embrague de bombas de agua y espuma;

- f. Embrague modulado;
- g. Carrete de manguera de la línea de mano;
- h. Bloqueo del diferencial.

- Sistema de frenos

Los frenos de servicio, son un sistema neumático-hidráulico, la presión de aire se utiliza para proporcionar un aumento de potencia para el esfuerzo de frenado del operador del carro. Los sistemas de freno de los ejes delantero y trasero están separados de modo que una falla en un sistema no genere la pérdida completa de la acción de frenado. Los elementos principales del sistema de frenos son: la válvula de pedal, los grupos de potencia y los cilindros de las ruedas, como se muestra en el Anexo D: Sistema de frenos. La válvula de pedal, montada en la cabina, es un conjunto de dos válvulas de control de aire en una sola carcasa. El control de ambas válvulas, se realiza presionando el pedal. Cuando se presiona el pedal, la presión de aire se transmite simultáneamente a través de circuitos separados a los grupos delanteros y traseros. La cantidad o el grado de esta presión de aire se determina por el esfuerzo de frenado aplicado en el pedal. Los grupos de potencia son cilindros de aire, montados en un cilindro maestro hidráulico. La presión de aire aplicada al grupo de potencia hace que el pistón del cilindro de aire se mueva actuando el cilindro maestro. La presión hidráulica del cilindro maestro en el grupo de potencia se transmite a los cilindros, donde hace que los pistones del cilindro de cada rueda se extiendan y permitan que las zapatas de freno entren en contacto con los tambores giratorios.

El freno de estacionamiento, permite que el carro este detenido, sin la acción del pedal de freno de servicio. El freno de estacionamiento es de tambor, montado en el eje de salida de la transmisión. Una cámara de aire conectada a la palanca de accionamiento del freno permite el funcionamiento a distancia, esta cámara es a prueba de fallas, en caso de pérdida de presión de aire en el sistema de frenos, permite que un muelle grande incorporado en la cámara aplique el freno de estacionamiento automáticamente, permitiendo que las zapatas entren en contacto con el tambor giratorio. El mando del freno de estacionamiento es independiente del mando de freno de servicio.

- Sistema de dirección

El sistema de dirección consta de un volante, montado al lado izquierdo de la cabina, visto desde la parte trasera del motor, frente al asiento de operador y un eje de

conexión, que se conecta en el piso de la cabina a una caja de dirección. Mediante una bomba de paleta, montada en el motor diésel, modelo V20F, cuya capacidad de descarga es de 11 gpm (42 l/min app.) a 1200 rpm. del motor, proporciona la presión del líquido hidráulico de 100 psi necesaria para la asistencia de potencia, como se muestra en el anexo D: Sistema de dirección. El movimiento del volante en cualquier dirección, acciona una válvula interna en la caja de dirección, la cual admite presión hidráulica, para asistir el esfuerzo de dirección del operador, cuando el motor está en funcionamiento. Desde la caja de dirección, el movimiento se transmite a las ruedas delanteras, mediante una articulación de dirección (biela) ubicada a la salida de la caja de dirección, la cual une la caja de dirección a la varilla central, la cual recibe el movimiento de la caja de dirección y lo transmite a los terminales de dirección, los cuales son uniones de tipo rotula, cuya función es unirse a la rueda y permitir su dirección.

- Sistema de extinción de incendio

El sistema de extinción de incendios consiste en el almacenamiento de agentes extintores e instalaciones de redes de tuberías. El almacenamiento es por medio de estanques de espuma y agua, contruidos de fibra de vidrio, ubicados en la parte central del carro. Los estanques son dos compartimientos separados, con capacidades de 1.500 galones (5.678,2 l app.) de agua y 180 galones (681,4 l app.) de concentrado de espuma, para lo cual se cuenta con dos bombas, una para agua y la otra para la espuma. Las tuberías proporcionan la entrega de agua o espuma a la torreta de descarga montada en el techo, a la línea de mano y a la torreta de parachoques, simultánea o individualmente, como se muestra en el Anexo D: Sistema de extinción de incendio.

La bomba de agua es de tipo centrífuga de una sola etapa, marca Waterous Co., modelo CHD4, con capacidad de descarga de 1.200 gpm (4.542,5 l/min) a 240 psi. La bomba de espuma es de tipo centrífuga de una sola etapa, marca Waterous Co., modelo CP-1, con capacidad de descarga de 80 gpm (303 l/min) a 185 psi. Estas dos bombas van montadas en el divisor de potencia. Las válvulas y tuberías permiten que el sistema funcione en distintas condiciones climáticas para extinción de incendio. El regulador de presión y válvulas de alivio, se instalan en el sistema para mantener la presión de funcionamiento. La espuma y el agua se transportan a cada uno de los puntos de descarga a través de líneas separadas y se mezclan en los inductores de Venturi antes de la descarga.

La torreta de techo es una torreta de descarga de mezcla agua-espuma, accionada manualmente y operada por medio de un motor eléctrico. La capacidad de

descarga es de 750 gpm (2.839,1 l/min) a 245 psi. La torreta puede dirigir la mezcla a cualquier punto dentro de un arco de 210 grados alrededor de la línea central del camión, elevado a 60° por encima de la horizontal. El asiento delantero derecho, se pliega para formar una plataforma sobre la cual se apoya el operador de la torreta.

La torreta de parachoques es operada hidráulicamente para el control de elevación de dirección, se encuentra montada en la parte delantera de la cabina. Un interruptor de dos vías en el lado de la válvula de control permite la selección del agente (espuma o agua). La capacidad de descarga de la torreta es de 200 gpm (757,1 l/min) a 225 psi. La boquilla puede dirigirse a 85° a cualquier lado del centro, a una elevación de 45° por encima de la horizontal o una depresión de 28° por debajo de la horizontal, con un alcance máximo efectivo de 200 pies (60,1 metros).

La línea de mano es de 1 1/4 pulgadas de diámetro, con una longitud de 150 pies (46 m), montada en un carrete en la parte delantera del carro, al lado izquierdo, en un compartimiento atrás de la cabina. La línea de mano tiene una capacidad de descarga de mezcla agua-espuma de 95 gpm (360 l/min) a 100 psi.

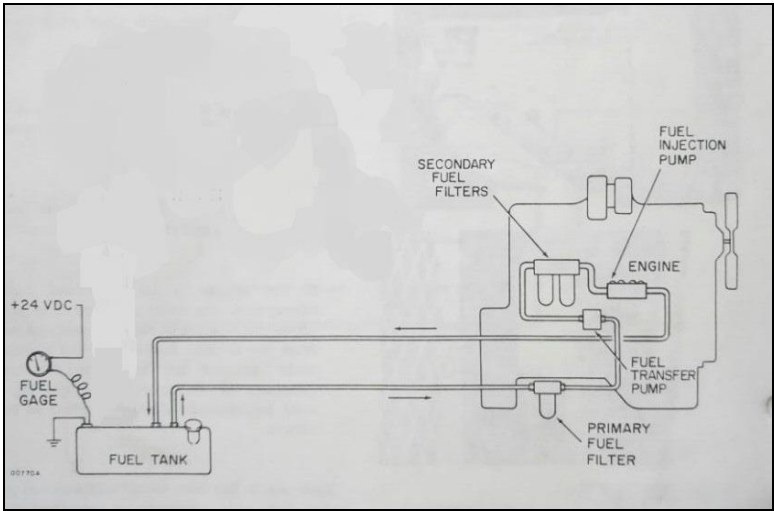
- Sistema eléctrico

El sistema eléctrico funciona con 24 V, los cuales son suministrado por dos baterías de 12 V, conectadas en serie-paralelo. Mediante un alternador de 28 V movido por el motor suministra la corriente para mantener la carga de la batería mientras el motor, está funcionando. La corriente desde el alternador se rectifica internamente y la salida del alternador es controlada por un regulador de voltaje, en relación a los requisitos del sistema. Los componentes de accionamiento eléctrico y los accesorios del carro son: faros, luces traseras, reflectores de focos de señales direccionales, iluminación interior y de compartimiento de la cabina, motor de arranque del motor, luz de emergencia, sirena. Todos los circuitos principales están protegidos contra sobrecargas por disyuntores de rearme automático, agrupados en un panel ubicado en la cabina.

- Sistema de combustible

Los componentes del sistema de combustible son: un estanque de combustible de 40 galones de capacidad (151,42 l app.) ubicado en el lado izquierdo del carro, en el centro del chasis, tuberías, válvulas para entregar el combustible al motor del carro, ver Figura 2-4. En el motor, el diésel pasa a través del filtro primario, el cual es succionado desde el estanque mediante una bomba de transferencia la envía un caudal de 2,04 m³/min, luego el diésel pasa al filtro secundario, para llegar a la bomba de inyección de

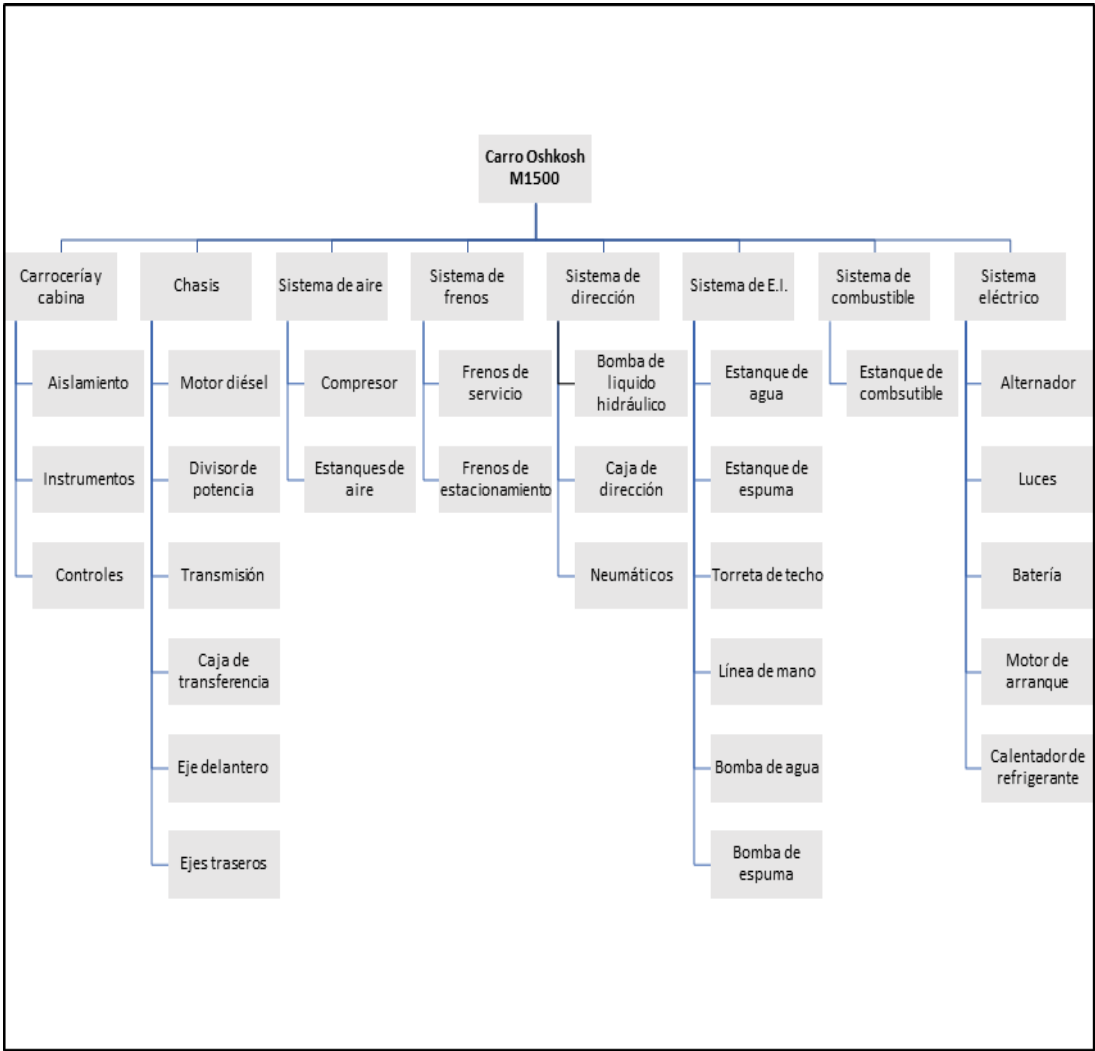
combustible. Dentro de la bomba de inyección, se encuentran las bombas tipo émbolo, una para cada cilindro, las cuales proveen de cantidad exacta de combustible, en relación a los requerimientos del motor. El sistema genera una presión entre 20 a 30 psi de diésel para ser entregado a los inyectores.



Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura 2-4. Sistema de combustible del carro Oshkosh M1500

En relación a la descripción de los sistemas del carro Oshkosh M1500, se diseñó un diagrama de bloque para identificar los sistemas y subsistemas, ver Figura 2-5.



Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurpose Oshkosh M1500

Figura 2-5. Sistemas y subsistemas del carro Oshkosh M1500

2.2. ANÁLISIS FUNCIONAL

Para realizar el análisis funcional, se obtuvo información en el historial del carro, sobre las fallas que el carro ha tenido desde el mes de enero del año 2015 hasta el mes de septiembre del año 2017, ver Anexo D: Cantidad de fallas y tiempo medio de detención. Con el objetivo de organizar las fallas en los sistemas mencionados en la definición de la intención de diseño, en conjunto con el tiempo en el componente que fallo estuvo detenido, cantidad de falla en el transcurso de tiempo mencionado y los costos asociados para la reparación. Con toda esta información, se ordenan todas las fallas en relación a sistema o subsistemas, para poder jerarquizar mediante el uso del gráfico Jack Knife que subsistema o sistema representa ser agudo-crítico para el funcionamiento del carro.

2.2.1. Selección de sistema crítico

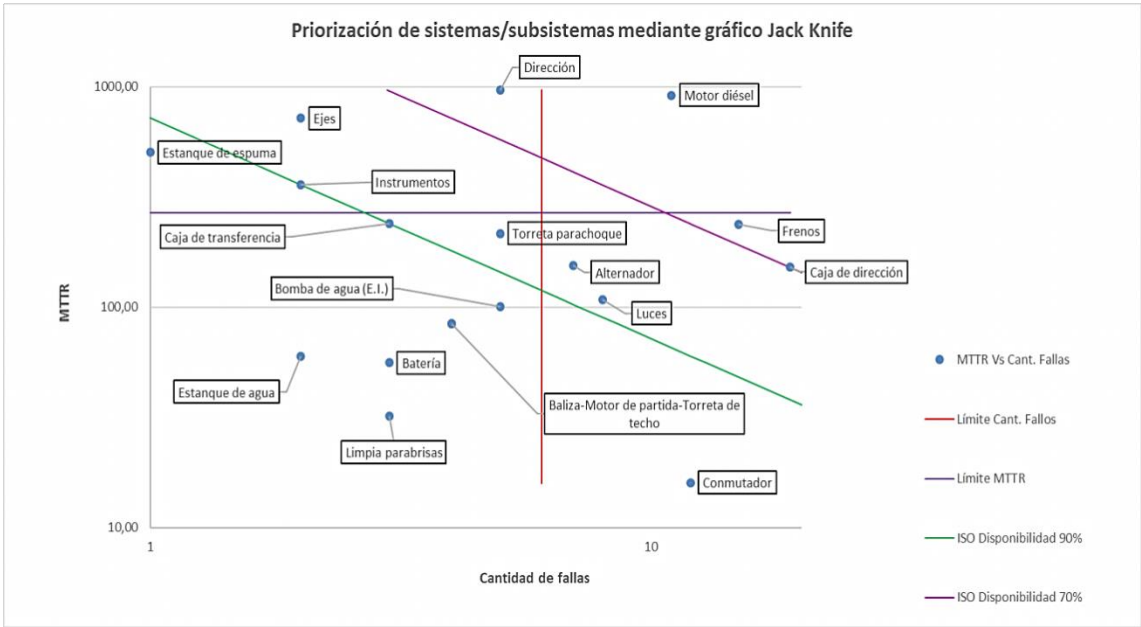
Para priorizar los sistemas, se utilizará el gráfico Jack Knife, ver Figura 2-5, el cual permite priorizar el sistema o subsistema, en relación a métodos de dispersión logarítmica, basándose en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y la cantidad de fallas del equipo, ver Anexo D: Análisis de cantidad de fallas y MTTR, para poder clasificar las causas que provocan la detención del equipo, para lo cual el gráfico se divide en 4 cuadrantes.

- Primer cuadrante (zona crónica-aguda): se representan las fallas agudas-crónicas, extenso tiempo de reparación y alta frecuencia.
- Segundo cuadrante (zona aguda): se representan las fallas agudas, fallas controladas pero el tiempo de reparación es extenso.
- Tercer cuadrante (zona bajo control): se representan las fallas controladas, el tiempo de reparación es corto y baja frecuencia.
- Cuarto cuadrante (zona crónica): se representan las fallas crónicas, el tiempo de reparación es corto, pero tiene alta frecuencia.

Para poder realizar el análisis de las fallas en el gráfico, se utilizaron las curvas ISO de disponibilidad de 90 y 70 % con el objetivo de poder tener una representación de las fallas que causan las pérdidas del 90 y 70 % de la disponibilidad del carro.

El MTTR, es el tiempo que lleva reparar una falla, se puede calcular utilizando la duración total de horas en que el sistema o subsistema estuvo detenido, dividido por la cantidad total de fallas.

$$MTTR = \frac{\text{Duración total en horas}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{\sum \Delta T}{\sum FF}$$



Fuente: elaboración propia utilizando apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Andrés Aránguiz, 2017

Figura 2-6. Priorización de sistemas/subsistemas mediante gráfico Jack Knife

Al analizar el gráfico Jack Knife de la Figura 2-5, se representan los sistemas o subsistemas del carro aeroportuario Oshkosh M1500, en relación a zonas de criticidad, se puede observar que el subsistema motor, perteneciente al sistema chasis, se encuentra en el primer cuadrante agudo-crónico, el cual será objeto a estudio para poder realizar el FMECA. Las curvas de disponibilidad del 90 y 70 % permiten determinar que las fallas del subsistema motor representan el mayor tiempo de reparación y una alta frecuencia, a diferencia de las fallas del estanque de agua, batería y limpia parabrisas que se encuentran en la zona de control, donde el tiempo para efectuar la reparación de las fallas es corto, siendo este bajo el promedio y la razón de parada del carro es de menos importancia en relación a las demás.

2.2.2. Análisis funcional del subsistema motor

Para realizar el análisis funcional del subsistema motor, se utilizará la herramienta SIPOC, de la abreviación de las iniciales de las palabras en inglés de: Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Output (salidas) y customers (clientes), para identificar los elementos que participan en el funcionamiento del motor y de qué forma están conectados, para identificar a los clientes que tiene que satisfacer el motor, lo que permitirá identificar la función primaria y como las

secundarias, para reconocer los modos de fallas, ver Tabla 2-1.Tabla 2-1. Análisis SIPOC del subsistema motor

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Bomba de transferencia de combustible	Caudal de combustible de 2,04 m³/min	Transformar la energía química generada por la combustión de la mezcla aire-combustible en energía mecánica	Velocidad entre el rango de 600 a 2.100 rpm	Divisor de potencia
Turbocompresor	Caudal de aire de 30,58 m³/min		Caudal de gases de descarga de 77,02 m³/min	Turbocompresor
Bujías incandescentes	Temperatura de la cámara de combustión entre 700 a 1.000°C			Accesorios del motor

Fuente: Engine HP & Exhaust Flow Guide-Donalson ; Manual de instrucción: truck, fire fighting, multipurpose Oshkosh M1500

El análisis SIPOC del subsistema motor, permite identificar la función primaria como las secundarias. Las cuales son la base para realizar el análisis de modos, efectos y criticidad de fallas (FMECA).

- Función primaria: transformar la energía química en energía mecánica, mediante combustión de la mezcla de caudal de aire de 30,58 y 2,04 m³/min de combustible a una temperatura de la cámara de combustión entre los 700 y 1000°C para transmitir velocidades a no menos de 600 a 2.100 rpm al divisor de potencia, a los accesorios del motor y los gases de descarga a un caudal no menor a 77 m³/min para el funcionamiento del turbocompresor.
- Funciones secundarias: mantener la hermeticidad entre el aceite y los gases de la cámara de combustión; mantener la hermeticidad de presión en la cámara de combustión; mantener la hermeticidad entre el aceite y el líquido refrigerante.

2.3. **ANÁLISIS DE MODOS, EFECTOS Y CRITICIDAD DE FALLAS**

Para realizar en análisis de modos, efectos y criticidad de fallas, se utilizará la herramienta de análisis de modos, efectos y criticidad de fallas FMECA, las cuales se describen a continuación, para poder identificar las causas de pérdida de una función, ya sea primaria o secundaria del motor Caterpillar 1693TA, las cuales se mencionaron como resultado del análisis SIPOC. Para determinar la criticidad de las fallas, se utilizará el número de prioridad de riesgo RPN, basándose en la norma SAE J1739, como se muestra en el Anexo D: Norma SAE J1739, para poder jerarquizar en base a los criterios de severidad, ocurrencia y detección de fallas.

- Un modo de falla es una causa o una posible manera en que un sistema o activo pierde la capacidad de realizar su función, afectando al proceso siguiente.
- Un efecto de falla corresponde a los síntomas previos a una pérdida de una función, los síntomas son generados por la forma en que una falla se manifiesta, señalando que un modo de falla está ocurriendo o está a punto de suceder.

En base a las definiciones anteriores, se diseñó el FMECA correspondiente al subsistema motor diésel Caterpillar 1693TA. Ver Tabla 2-2. Análisis del modos y efectos del subsistema motor.

Tabla 2-2. Análisis de modos y efectos de falla del subsistema motor

Funciones primarias y secundarias	Falla funcional	Modo de Falla	Efectos de falla
Transformar la energía química en energía mecánica, mediante combustión de la mezcla de caudal de aire de 30,58 y 2,04 m³/min de diésel a una temperatura de la cámara de combustión entre los 700 y 1.000°C para transmitir velocidades a no menos de 600 a 2.100 rpm al divisor de potencia, a los accesorios del motor y los gases de descarga a un caudal no menor a 77 m³/min para el funcionamiento del turbocompresor	1 Motor no transmite velocidad	a Resistencia cortada de las bujías incandescente	1 Aumento de la temperatuta de la resistencia
		b Cebador de la bomba de transferencia de diésel trabado	1 Presencia de aire en el sistema de combustible
			2 Válvula de aspiración desgastada
		c Líneas de diésel rotas	1 Fugas de diésel
		d Eje cortado de la bomba de transferencia	1 Grietas en el eje
		e Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de transferencia	1 Grietas en los dientes
			2 Aumento de vibraciones
			3 Ruido
		f Sellos rotos de la bomba de transferencia	1 Fuga de diésel
		g Sellos rotos de la bomba de inyección	1 Fuga de diésel
		h Solenoide con falla del motor de partida	1 Sonidos de clicks
		i Dientes de eje bendix quebrados del motor de partida	1 Grietas en los dientes
			2 Aumento de vibraciones
			3 Ruido
		j Colector desgastado del motor de partida	1 Rayas en el colector
			2 Superficie porosa
		k Batería en corto circuito	1 Bajo nivel de electrolito
		l Correa cortada del alternador	1 Grietas en la correa
			2 Ruidos en la correa
		m Filtros de diésel obstruidos	1 Partículas solidas en las capas del los filtros
		n Eje cortado de la bomba de inyección	1 Grietas en el eje
		ñ Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de inyección	1 Grietas en los dientes
			2 Aumento de vibraciones
			3 Ruido
		o Eje cortado del turbocompresor	1 Grietas en el eje
		p Varilla empujadora de los inyectores rota	1 Grietas en la varilla empujadora
		q Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	1 Partículas solidas en los orificios

Tabla 2-2. Análisis de modos y efectos de falla del subsistema motor (continuación)

Funciones primarias y secundarias		Falla funcional		Modo de Falla		Efectos de falla	
1	Transformar la energía química en energía mecánica, mediante combustión de la mezcla de caudal de aire de 30,58 y 2,04 m³/min de diésel a una temperatura de la cámara de combustión entre los 700 y 1.000°C para transmitir velocidades a no menos de 600 a 2.100 rpm al divisor de potencia, a los accesorios del motor y los gases de descarga a un caudal no menor a 77 m³/min para el funcionamiento del turbocompresor	2	Las rpm no se estabilizan	a	Boquilla de los inyectores obstruida	1	Carbóncillo impregnado
				2	Exceso de humo negro por la descarga de gases		
				b	Sellos rotos de la bomba de inyección	1	Fuga de diésel
				c	Filtro de aire obstruidos	1	Partículas sólidas en las capas del los filtro
				d	Filtros de diésel obstruidos	1	Partículas sólidas en las capas del los filtro
				e	Resortes rotos del gobernador de la bomba de inyección	1	Grietas en los resortes
				2	Ruidos internos		
				f	Ejes rotos del gobernador de la bomba de inyección	1	Grietas en los ejes
		2	Ruidos internos				
		g	Varilla de mando cortada del gobernador de la bomba de inyección	1	Grietas en la varilla		
		3	Motor se detiene de imprevisto	a	Líneas de diésel rotas	1	Fugas de diésel
				b	Eje cortado del turbocompresor	1	Grietas en el eje
				c	Ducto roto de descarga de gases de descarga al turbocompresor	1	Fuga de gases de descarga de la combustión
				d	Eje cortado de la bomba de transferencia	1	Grietas en el eje
e	Eje cortado de la bomba de inyección			1	Grietas en el eje		
f	Boquilla de los inyectores diésel tapados			1	Carbóncillo impregnado		
2	Mantener la hermeticidad entre el aceite y los gases de la cámara de combustión	1	Exceso de humo azul por el escape	a	Anillos rotos de los pistones	1	Grietas en los anillos
				2	Pistones rayados		
				3	Recamara rayada		
		b	Retenes de aceite rotos de las válvulas de admision y escape	1	Fuga de aceite		
		c	Retén de aceite roto del turbocompresor	1	Fuga de aceite		
3	Mantener la hermeticidad de presión en la cámara de combustión	1	Pérdida de presión de combustión por las válvulas de admisión y escape	a	Resorte roto de las válvulas de admisión y escape	1	Grietas en los resortes
				b	Asiento de válvulas desgastado	1	Sonido de golpe
4	Mantener la hermeticidad entre el aceite y el líquido refrigerante	1	Humo blanco por el tubo de escape	a	Empaquetadura de culata rota	1	Fuga de líquido refrigerante
				b	Sellos rotos de las camisas flotantes de la cámara de combustión	1	Fuga de líquido refrigerante

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Andrés Aránguiz, 2017

2.3.1. Número de prioridad de riesgo NPR.

Para determinar la criticidad de los modos de fallas, del análisis FMEA del subsistema motor, se utilizará el número de prioridad de riesgo, basándose en la norma SAE J1739, ver Anexo D: Norma SAE J1739, para asignar un valor correspondiente a cada criterio, lo que permitirá jerarquizar los modos de fallas utilizando los criterios de severidad, ocurrencia y detección de fallas. Ver Tabla 2-3. Jerarquización de modos de falla del subsistema motor en base al NPR.

$$\text{NPR} = \text{Severidad} \times \text{ocurrencia} \times \text{detección}$$

Tabla 2-3. Jerarquización de modos de falla del subsistema motor en base al NPR

Modo de Falla		Análisis de criticidad (NPR)			
		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	Número de prioridad de riesgo
1.1.a.	Resistencia cortada de las bujías incandescente	8	2	4	64
1.1.b.	Cebador de la bomba de transferencia de diésel trabado	8	2	2	32
1.1.c.	Líneas de diésel rotas	8	5	1	40
1.1.d.	Eje cortado de la bomba de transferencia	8	2	3	48
1.1.e.	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de transferencia	8	3	5	120
1.1.f.	Sellos rotos de la bomba de transferencia	8	3	2	48
1.1.g.	Sellos rotos de la bomba de inyección	8	3	2	48
1.1.h.	Selenoide con falla del motor de partida	8	4	6	192
1.1.i.	Dientes de eje bendix quebrados del motor de partida	8	3	3	72
1.1.j.	Colector desgastado del motor de partida	8	4	3	96
1.1.k.	Batería en corto circuito	8	6	3	144
1.1.l.	Correa cortada del alternador	8	6	2	96
1.1.m.	Filtros de diésel obstruidos	8	3	3	72
1.1.n.	Eje cortado de la bomba de inyección	8	4	2	64
1.1.ñ.	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de inyección	8	4	5	160
1.1.o.	Eje cortado del turbocompresor	8	5	4	160
1.1.p.	Varilla empujadora de los inyectores rota	8	2	2	32
1.1.q.	Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	8	5	7	280
1.2.a.	Boquilla de los inyectores obstruida	7	6	5	210
1.2.b.	Sellos rotos de la bomba de inyección	8	3	2	48
1.2.c.	Filtro de aire obstruidos	6	4	7	168
1.2.d.	Filtros de diésel obstruidos	6	5	5	150
1.2.e.	Resortes rotos del gobernador de la bomba de inyección	7	2	5	70
1.2.f.	Ejes rotos del gobernador de la bomba de inyección	7	3	5	105
1.2.g.	Varilla de mando cortada del gobernador de la bomba de inyección	8	2	2	32
1.3.a.	Líneas de diésel rotas	8	5	1	40
1.3.b.	Eje cortado del turbocompresor	8	5	4	160
1.3.c.	Ducto roto de descarga de gases de descarga al turbocompresor	7	4	2	56
1.3.d.	Eje cortado de la bomba de transferencia	8	2	3	48
1.3.e.	Eje cortado de la bomba de inyección	8	4	2	64
1.3.f.	Boquilla de los inyectores diésel tapados	8	4	6	192
2.1.a.	Anillos rotos de los pistones	5	5	4	100
2.1.b.	Retenes de aceite rotos de las válvulas de admision y escape	6	4	4	96
2.1.c.	Retén de aceite roto del turbocompresor	7	3	3	63
3.1.a.	Resorte roto de las válvulas de admisión y escape	6	2	3	36
3.1.b.	Asiento de válvulas desgastado	5	4	3	60
4.1.a.	Empaquetadura de culata rota	7	3	3	63
4.1.b.	Sellos rotos de las camisas flotantes de la cámara de combustión	7	5	4	140

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Andrés Aránguiz, 2017.

2.3.2. Jerarquización de modos de fallas

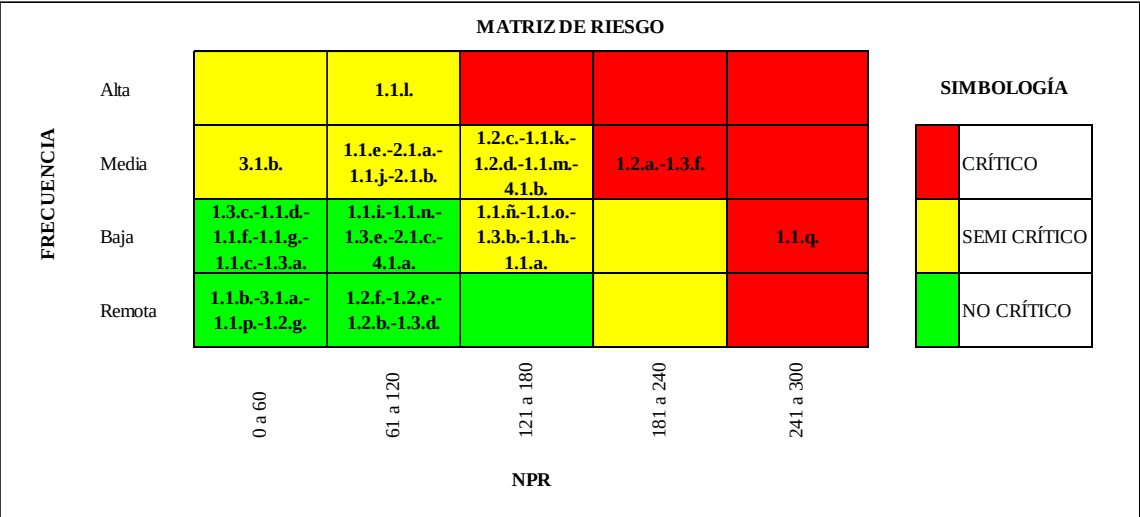
Para jerarquizar los modos de fallas del subsistema motor de acuerdo a su criticidad se utilizará la matriz de riesgo, ver Tabla 2-4, la cual depende de los factores de frecuencia de fallas y NPR, para asignar valores a la frecuencia de falla se utilizará la norma NRF-018-PEMEX-2007 estudios de riesgo rev. 0, de fecha 05-enero-2008, de Petróleos Mexicanos, ver Figura 2-6, la categoría se asignó en conjunto con los mecánicos del Departamento Aeródromo, en base a su experiencia y para asignar valores a la consecuencia de fallas, se utilizará el NPR correspondiente a cada modo de fallas como se muestra en la Tabla 2-4, lo que permite determinar a través de colores, si es el modo de falla a estudiar es crítico (rojo), semi crítico (amarillo) o no crítico (verde).

Categoría	Cuantitativo	Cualitativo
ALTA	>1 en 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años
MEDIA	1 en 10 años a 1 en 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones
BAJA	1 en 100 años a 1 en 1000 años	Conceivable; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar
REMOTA	<1 en 1000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra

Fuente: NRF-018-PEMEX-2007 ESTUDIOS DE RIESGO Rev. 0, de fecha 05-Enero-2008, de Petróleos Mexicanos.

Figura 2-7. Norma NRF-018-PEMEX

Tabla 2-4. Matriz de riesgo



Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Carlos Baldi, 2016

Considerando la Tabla 2-2, y la Tabla 2-4, se elaboró la tabla de jerarquización de los modos de fallas del subsistema motor, ver Tabla 2-5, para comprender la forma en que un modo de falla afecta al motor.

Tabla 2-5. Jerarquización de los modos de fallas

JERARQUIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLAS				
Modo de falla		NPR	Frecuencia	Jerarquización
1.1.q.	Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	280	Baja	Crítico
1.2.a.	Boquilla de los inyectores obstruida	210	Media	Crítico
1.3.f.	Boquilla de los inyectores diésel tapados	192	Media	Crítico
1.2.c.	Filtro de aire obstruidos	168	Media	Semi crítico
1.1.k.	Batería en corto circuito	144	Media	Semi crítico
1.1.ñ.	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de inyección	160	Baja	Semi crítico
1.1.o.	Eje cortado del turbocompresor	160	Baja	Semi crítico
1.3.b.	Eje cortado del turbocompresor	160	Baja	Semi crítico
1.2.d.	Filtros de diésel obstruidos	150	Media	Semi crítico
1.1.m.	Filtros de diésel obstruidos	150	Media	Semi crítico
1.1.h.	Solenoides con falla del motor de partida	144	Baja	Semi crítico
4.1.b.	Sellos rotos de las camisas flotantes de la cámara de combustión	140	Media	Semi crítico
1.1.a.	Resistencia cortada de las bujías incandescente	128	Baja	Semi crítico
1.1.e.	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de transferencia	120	Media	Semi crítico
2.1.a.	Anillos rotos de los pistones	100	Media	Semi crítico
1.1.j.	Colector desgastado del motor de partida	96	Media	Semi crítico
2.1.b.	Retenes de aceite rotos de las válvulas de admisión y escape	96	Media	Semi crítico
3.1.b.	Asiento de válvulas desgastado	60	Media	Semi crítico
1.2.f.	Ejes rotos del gobernador de la bomba de inyección	105	Remota	No crítico
1.1.l.	Correa cortada del alternador	96	Baja	No crítico
1.1.i.	Dientes de eje bendix quebrados del motor de partida	72	Baja	No crítico
1.2.e.	Resortes rotos del gobernador de la bomba de inyección	70	Remota	No crítico
1.1.n.	Eje cortado de la bomba de inyección	64	Baja	No crítico
1.3.e.	Eje cortado de la bomba de inyección	64	Baja	No crítico
2.1.c.	Retén de aceite roto del turbocompresor	63	Baja	No crítico
4.1.a.	Empaquetadura de culata rota	63	Baja	No crítico
1.3.c.	Ducto roto de descarga de gases de descarga al turbocompresor	56	Baja	No crítico
1.1.d.	Eje cortado de la bomba de transferencia	48	Baja	No crítico
1.1.f.	Sellos rotos de la bomba de transferencia	48	Baja	No crítico
1.1.g.	Sellos rotos de la bomba de inyección	48	Baja	No crítico
1.2.b.	Sellos rotos de la bomba de inyección	48	Baja	No crítico
1.3.d.	Eje cortado de la bomba de transferencia	48	Baja	No crítico
1.1.c.	Líneas de diésel rotas	40	Baja	No crítico
1.3.a.	Líneas de diésel rotas	40	Baja	No crítico
3.1.a.	Resorte roto de las válvulas de admisión y escape	36	Remota	No crítico
1.1.b.	Cebador de la bomba de transferencia de diésel trabado	32	Remota	No crítico
1.1.p.	Varilla empujadora de los inyectores rota	32	Remota	No crítico
1.2.g.	Varilla de mando cortada del gobernador de la bomba de inyección	32	Remota	No crítico

Fuente: Apuntes de Gestión del mantenimiento industrial - Andrés Aránguiz, 2017

CAPITULO 3: TAREAS DE MANTENIMIENTO

3. **TAREAS DE MANTENIMIENTO**

Considerando la jerarquización de los distintos modos de fallas del motor Caterpillar modelo 1693TA, se lleva a cabo el estudio de los modos de falla, utilizando el diagrama de decisión del RCM, el cual permitirá determinar la tarea de mantenimiento adecuada. Estas tareas permitirán la creación de planificaciones de mantenimiento, pautas de trabajo y check lists, además se considera el estudio económico de las tareas de mantenimiento para propuesta de su implementación.

3.1. **DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM**

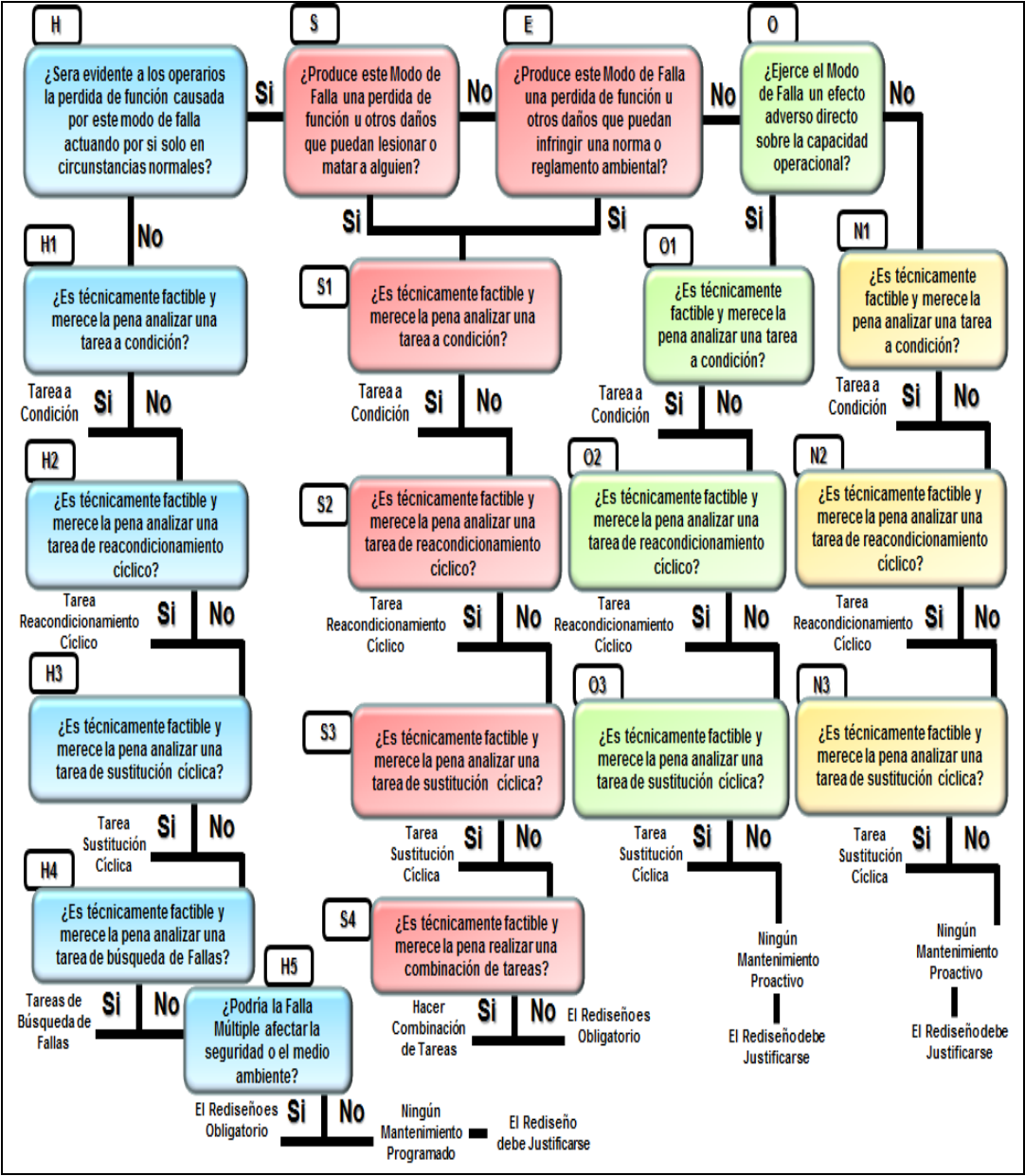
El diagrama de decisión del RCM, permite determinar una tarea específica, a cada modo de falla, para que esta se pueda aplicar, considera las consecuencias que puede generar el modo de falla, estas consecuencias pueden ser: de fallo oculto, para la seguridad o el medio ambiente, operacionales y no operacionales, las cuales se detallan a continuación

- Consecuencia de fallo oculto: estos modos de falla no representan un impacto directo en el equipo, pero pueden generar múltiples fallas, ya que no son evidentes cuando el equipo opera normalmente, pudiendo generar consecuencias catastróficas. Generalmente, esta consecuencia está asociada a sistemas de protección.
- Consecuencias para la seguridad o el medio ambiente: estos modos de falla es posible que causen algún daño o incluso la muerte de alguna persona, así también pueden generar un daño al medio ambiente,
- Consecuencias operacionales: estos modos de falla afectan directamente sobre la producción, en este caso afecta sobre la calidad de servicio que otorga el Departamento Aeródromo.
- Consecuencias no operacionales: estos modos de falla no afectan en la seguridad ni en el servicio, solo se asocian a los costos de reparación.

Para generar las tareas de mantenimiento, el diagrama de decisión del RCM expone distintas tareas, considerando las consecuencias mencionadas anteriormente, estas tareas son: tarea a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico, tarea de sustitución cíclica, tarea de búsqueda de fallas, tarea de rediseño y ningún mantenimiento preventivo, las cuales se detallan a continuación.

- Tarea a condición: consiste en verificar si existe la presencia de fallas potenciales, que generen algún tipo de advertencia que indique que esta por ocurrir, para poder evitar que se genere una falla funcional así evitar sus consecuencias.
- Tarea de reacondicionamiento cíclico: consiste en reacondicionar o reparar de un conjunto de un equipo, sin importar la condición en que se encuentre.
- Tarea de sustitución cíclica: consiste en sustituir un componente antes que cumpla su edad definida, sin importar la condición en que se encuentre.
- Tarea de búsqueda de fallas: consiste en inspeccionar las funciones de un equipo constantemente, para determinar si ha fallado y por ende continúa desempeñando su función. se emplea en dispositivos de seguridad.
- Tarea de rediseño: consiste en realizar cambios en las capacidades de un sistema, incluyendo modificaciones al equipo y procedimientos.
- Ningún mantenimiento preventivo: consiste en dejar en funcionamiento un equipo o componente, hasta que la falla ocurra, una vez que ocurre la falla se interviene el equipo o componente para repararlo. Solo es válido, cuando no se puede encontrar una tarea cíclica o proactiva para el modo de falla.

Una vez detallado cada consecuencia que puede generar un modo de falla y las opciones de tareas que se pueden optar para poder mitigar el modo de falla y sus consecuencias, se puede interpretar el diagrama de decisión del RCM, el cual otorga los lineamientos en base a múltiples interrogantes para identificar la tarea. Ver Figura 3-1.

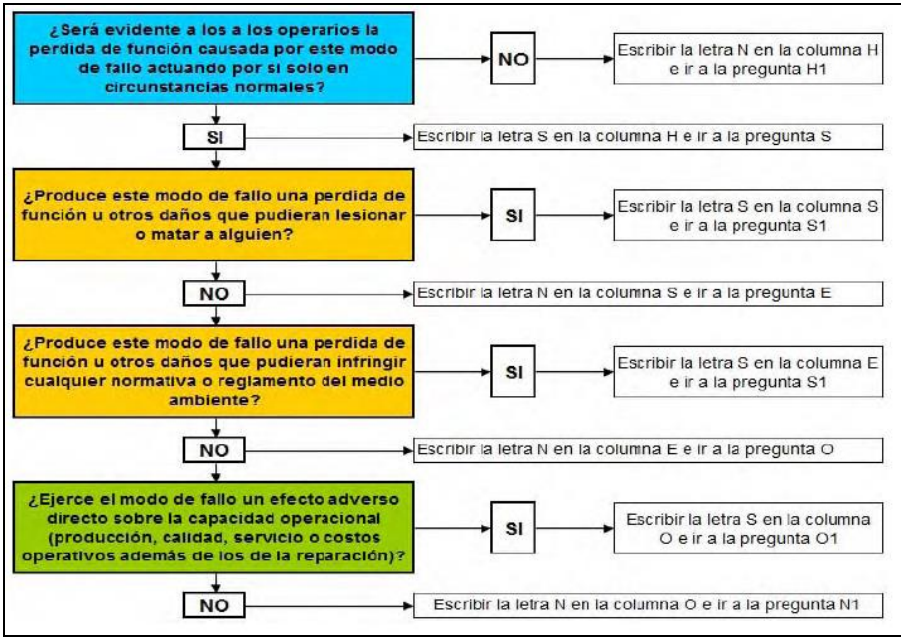


Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, John Moubray-2004

Figura 3-1. Diagrama de decisión RCM

3.2. HOJA DE DECISIÓN DE RCM

La hoja de decisión de RCM permite identificar las respuestas del diagrama de decisión. Se divide en 16 columnas, las columnas F, FF y MF, representan la Función, Falla Funcional y Modo de Falla respectivamente, entregando referencia de información. Las columnas H, S, E, O y N, representan la evaluación de las consecuencias de: fallo oculto, para la seguridad y el medio ambiente, operacionales y no operacionales respectivamente, las cuales permiten registrar las respuestas a las preguntas del diagrama de decisión correspondiente a cada modo de fallas. Ver Figura 3-2.



Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, John Moubray-2004

Figura 3-2. Registro de consecuencias de falla

Las respuestas de cada modo de falla se registran en la hoja de decisión, lo que permite ubicar cada modo de falla en una categoría, priorizando las consecuencias ambientales sobre las consecuencias costos operacionales. Ver Figura 3-3.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	MF	H	S	E	O	
3	A	1	N				Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva (predictiva o preventiva) debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.
5	B	2	S	S			Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.
2	C	4	S	N	S		Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir el riesgo a un nivel tolerable de esta falla por sí sola.
1	A	5	S	N	N	S	Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.
1	B	3	S	N	N	N	Consecuencias no operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.

Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, John Moubray-2004

Figura 3-3. Consecuencias de falla

Desde la octava hasta la décima columna, son utilizadas para representar si se ha seleccionado una tarea proactiva.

- La columna H1-S1-E1-O1-N1 se utiliza para registrar si se logró encontrar una tarea a condición adecuada para predecir el modo de falla y así poder evitar sus consecuencias.
- La columna H2-S2-E2-O2-N2 se utiliza para registrar si se encontró una tarea de reacondicionamiento cíclico adecuado, para poder evitar la falla.
- La columna H3-S3-E3-O3-N3 se utiliza para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para evitar la falla.

Las columnas H4, H5 y S4 se utilizan para registrar las respuestas a las preguntas a falta de. Estas preguntas solo se realizarán, si en la búsqueda de respuestas a las preguntas anteriores de factibilidad técnica de las tareas proactivas fueron negativas. Ver Figura 3-4.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"		
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4
3	A	1	N				N	N	N	S		
¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla? Registrar "Si" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable												
4	B	4	N				N	N	N	N	S	
4	C	2	N				N	N	N	N	N	
¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente? Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es "No". Si la respuesta a esta pregunta es "Si", el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es "No", la acción "a falta de" es no realizar mantenimiento preventivo, pero el rediseño puede ser deseable.												
5	B	2	S	S			N	N	N		S	
2	A	5	S	S			N	N	N		N	
¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas? Responder "Si", si una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es "No", el rediseño es obligatorio.												
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N			
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N			
En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.												

Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, John Moubray-2004

Figura 3-4. Consecuencias de falla

3.2.1. Hoja de decisión del motor Caterpillar 1693TA

Considerando la jerarquización de los modos de falla representados en la Tabla 2-5, se pudo determinar que modos de falla son críticos, semi-críticos y no críticos, para el estudio se consideran los modos de falla críticos y semi-críticos, los cuales se representan en la hoja de decisión, ver Tabla 3-1, donde se muestran las respuestas asociadas al análisis realizado en el diagrama de decisión, lo que permite determinar una tarea propuesta, el intervalo y quién realizará la tarea. Considerando el análisis de modos, efectos y criticidad de fallas del motor Caterpillar, se representan para distintas fallas funcionales, mismos modos de fallas como lo son: el modo de falla 1.1.o. es igual al modo de falla 1.3.b., representándose en la hoja de decisión el modo de falla 1.1.o., el modo de falla 1.2.d. es igual al modo de falla 1.1.m., considerándose en la hoja de decisión, el modo de falla 1.2.d.

En relación a los modos de falla en que se externaliza el mantenimiento, como es el caso de la empresa EMD Ingeniería Diésel y bobinados Miguel Soto, son las empresas que han realizado mantenciones a equipos del Departamento Aeródromo. La empresa EMD Ingeniería Diésel ubicada en el barrio industrial Lajarilla, parcela 693, Viña del Mar, realiza las mantenciones al motor Caterpillar que involucren desmontar secciones mayores del motor, ya que el Departamento Aeródromo no cuenta con bancos de prueba necesarios para realizar ajustes que involucren a ciertas actividades de mantenimiento.

La empresa bobinados Miguel Soto, ubicada en la calle Carlos Ibáñez del Campo 2495, Viña del Mar, realiza las mantenciones ya sean preventivas o reactivas a componentes eléctricos de los equipos del Departamento Aeródromo, ya que cuentan con bancos de prueba necesarios para realizar pruebas a los componentes.

Tabla 3-1. Hoja de decisión del motor Caterpillar

Equipo			Motor diésel marca Caterpillar, modelo 1693TA							Auditor :				Fecha :	Hoja N°			
Sistema							N° Sub-sistema			Facilitador :				Fecha :	de			
Referencia de información			Evaluación de la consecuencia				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta				Intervalo Inicial (hr)	A realizarse por
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	1	q	S	N	N	S	N	S					Calibración de inyectores				2.000	EMD
1	2	a	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de inyectores				500	Mecánico
1	3	f	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de inyectores				500	Mecánico
1	2	c	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de elemento filtro de aire				200	Mecánico
1	1	k	S	N	N	S	S						Revisar niveles de la batería				100	Mecánico
1	1	ñ	S	N	N	S	N	S					Cambio de componetes de la bomba de inyección				4.500	EMD
1	1	o	S	N	N	S	S						Inspección de eje de turbocompresor				250	Mecánico

Fuente: Elaboración propia basado en el libro RCM II

Tabla 3-1. Hoja de decisión del motor Caterpillar(continuación)

Equipo			Motor diésel marca Caterpillar, modelo 1693TA							Auditor :				Fecha :	Hoja N°			
Sistema							N° Sub-sistema			Facilitador :				Fecha :	de			
Referencia de información			Evaluación de la consecuencia				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta				Intervalo Inicial (hr)	A realizarse por
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	2	d	S	N	N	S	N	N	S				Realizar inspección y limpieza de elemento filtro de diésel primario y cambio de filtros secundarios				250	Mecánico
1	1	h	S	N	N	S	N	S					Cambio de componentes del motor de partida				800	Bobinados Miguel Soto
4	1	b	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar sellos de las camisas flotantes				4.500	EMD
1	1	a	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar de bujías incandescentes				2.000	Electricista
1	1	e	S	N	N	S	N	S					Cambio de componetes de la bomba de transferencia				4.500	EMD
2	1	a	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de anillos de los pistones				4.500	EMD
1	1	j	S	N	N	S	N	S					Cambio de componentes del motor de partida				800	Bobinados Miguel Soto
2	1	b	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de retenes de válvulas				4.500	EMD
3	1	b	S	N	N	S	N	S					Ajuste de válvulas				4.500	EMD

Fuente: Elaboración propia basado en el libro RCM II

3.3. **INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO**

Para cada tarea propuesta por la hoja de decisión del RCM, se creó un instructivo de mantenimiento, el cual está compuesto por una planificación de trabajo, una pauta de trabajo y una check list, con el objetivo de asegurar de que la tarea propuesta se realice de acuerdo a los procedimientos establecidos, las cuales se detallan a continuación:

- Planificación de trabajo: permite identificar las tareas de una actividad de mantenimiento, en la cual se establecen los plazos, las personas que realizarán el trabajo, designa a los responsables, los recursos a utilizar y las instrucciones de seguridad para ejecutar el trabajo.
- Pauta de trabajo: establece las actividades de mantenimiento, en la cual se registra quien será el ejecutor de la actividad, registrando el nombre, la firma y la fecha en que se llevó a cabo la actividad. Permite tener un control en que todas las actividades de mantenimiento se realicen.
- Check list: corresponde a la lista de verificación, la cual permite confirmar que las actividades se realizaron. Para lo cual, el supervisor es el responsable de velar de que cada actividad de mantenimiento se realizó de acuerdo a la planificación de trabajo.

Los instructivos de mantenimiento, se confeccionaron, en base a los apuntes de la asignatura, de Gestión del mantenimiento industrial impartida por el profesor Ing. Andrés Aránguiz, como se puede ver en el instructivo para el modo de falla 1.1.q. Las tareas de mantenimiento para el modo de falla 1.2.a. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.2.a., donde la tarea propuesta es la misma que para el modo de falla 1.3.f., representándose solo un programa de tareas de mantenimiento para el modo de falla 1.2.a. La tarea propuesta para el modo de falla 1.2.a., se llevó a cabo, con el objetivo de realizar la planificación, pauta de trabajo y check list, como se puede ver en el anexo del instructivo, en la cual se cumplieron las tareas de mantenimiento, las horas-hombre planificadas para dicha acción de mantenimiento preventivo. El instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.2.c. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.2.c., el instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.k. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.k., el instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.o. se muestra en el Anexo E: instructivo de

mantenimiento para el modo de falla 1.1.o., el instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.2.d. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.2.d., el instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.h. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.h., donde la tarea propuesta, es la misma que para el modo de falla 1.1.j., representándose solo un instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.h., el instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.a. se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.a. Para los modos de falla 1.1.ñ., 4.1.b., 1.1.e., 2.1.a., 2.1.b., 3.1.b., se considera que la empresa EMD ingeniería diésel, realizará el mantenimiento programado al motor cada 4.500 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

Para los modos de falla 1.1.h. y 1.1.j., se considera que la empresa bobinados Miguel Soto, realizará el mantenimiento programado al motor de partida, cada 800 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500 solo se considera en el instructivo de mantenimiento el desmonte y montaje del motor de partida, por parte de los mecánicos pertenecientes al Departamento Aeródromo.

3.3.1. Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.Q

El instructivo de mantenimiento correspondiente al modo de falla 1.1.Q. se basa en la planificación de trabajo, ver Figura 3-5, donde se representa la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo, pauta de trabajo y check list, como se muestra en el Anexo E: Instructivo de mantenimiento para el modo de falla 1.1.Q. Los mecánicos del Departamento Aeródromo, realizarán el desmonte y montaje de los inyectores, para posteriormente enviarlos a la empresa EMD Ingeniería diésel, para la calibración de estos.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1 Aplicación de freno de estacionamiento.
 - 5.2 Poner en marcha motor
 - 5.3 Desconexión de bornes de la batería.
 - 5.4 Desconexión de cables de las bujías incandescentes.
 - 5.5 Desmonte de las líneas de diésel de los inyectores.
 - 5.6 Desmonte de tapa de las válvulas.
 - 5.7 Desmontar tuerca retenedora de los inyectores.
 - 5.8 Desmontar los inyectores
 - 5.9 Montar los inyectores calibrados en el cuerpo.
 - 5.10 Montar tuerca retenedora.
 - 5.11 Montar empaquetadura y tapa de válvulas.
 - 5.12 Montar cables a los bornes de las baterías.
 - 5.13 Limpieza de la zona de trabajo.
 - 5.14 Efectuar puesta en marcha del motor.

Fuente: Caterpillar diésel truckengine

Figura 3-5. Secuencia de actividades para el modo de falla 1.1.q.

3.4. **COSTOS ESTIMADOS ASOCIADOS A CADA MODO DE FALLA**

Para establecer los costos estimados asociados a cada modo de falla, se realizó la cotización de repuestos y acciones de mantenimiento, en las empresas externas mencionadas anteriormente y en el comercio local de Viña del Mar. Se considera el valor del US\$ correspondiente al día 03 de diciembre de 2017, el cual corresponde a \$649,35 pesos chilenos. En todos los costos mencionados, está incluido el IVA.

3.4.1. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.Q. Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-2, corresponde a la cotización de calibración de inyectores, como así también, de repuestos asociados a los inyectores en la empresa EMD Ingeniería Diésel. Los costos directos para el Departamento Aeródromo, corresponde a las HH de los mecánicos que realizarán el desmonte y montaje de los inyectores calibrados, considerándose la supervisión del trabajo, por parte de un supervisor del Departamento Aeródromo y los repuestos a utilizar, para lo cual se considera contar con inyectores calibrados en el pañol de abastecimiento y repuestos necesarios para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-2. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.Q

Empresa EMD					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Calibración de inyectores		6 unidades	\$ 46,20	\$ 277,20
2	Boquilla de inyector	7S-1059	6 unidades	\$ 36,65	\$ 219,90
3	Cuerpo de inyector	5M-2853	6 unidades	\$ 44,28	\$ 265,68
4	Tuerca de inyector	5M-2852	6 unidades	\$ 42,81	\$ 256,86
5	Empaquetadura tapa de válvulas		1 unidad	\$ 59,29	\$ 59,29
				Total EMD	\$ 1.078,93
Departamento aeródromo					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
6	Mecánico automotriz		3 HH	\$ 6,30	\$ 18,90
7	Mecánico electricista		3 HH	\$ 6,30	\$ 18,90
8	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
9	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
10	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
11	Alcohol etílico técnico		2 litros	\$ 2,77	\$ 5,54
13	Guantes de nitrilo		12 guantes	\$ 0,08	\$ 0,96
				Total Depto.	\$ 62,59
				Total	\$ 1.141,52

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.2. Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.A. Boquilla de los inyectores obstruida

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-3., son muy similares a los costos del modo de falla 1.1.Q., ya que se relacionan en que los inyectores generan ambos modos de falla, se diferencian en las HH de mecánicos del departamento aeródromo, necesarias para ejecutar la acción de mantenimiento, donde se considera, la supervisión del trabajo, por parte de un supervisor del departamento aeródromo y los repuestos a utilizar. Para los costos relacionados con alguna falla de los inyectores, se estima que todos los inyectores se encuentren descalibrados o presenten alguna falla, para lo cual, se realizó la cotización de calibración y repuestos de los inyectores, en la empresa EMD Ingeniería Diésel.

Tabla 3-3. Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.A

Empresa EMD					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Calibración de inyectores		6 unidades	\$ 46,20	\$ 277,20
2	Boquilla de inyector	7S-1059	6 unidades	\$ 36,65	\$ 219,90
3	Cuerpo de inyector	5M-2853	6 unidades	\$ 44,28	\$ 265,68
4	Tuerca de inyector	5M-2852	6 unidades	\$ 42,81	\$ 256,86
5	Empaquetadura tapa de válvulas		1 unidad	\$ 59,29	\$ 59,29
				Total EMD	\$ 1.078,93
Departamento aeródromo					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
6	Mecánico automotriz		4 HH	\$ 6,30	\$ 25,20
7	Mecánico electricista		4 HH	\$ 6,30	\$ 25,20
8	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
9	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
10	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
11	Alcohol etílico técnico		2 litros	\$ 2,77	\$ 5,54
13	Guantes de nitrilo		8 guantes	\$ 0,08	\$ 0,64
				Total Depto.	\$ 74,87
				Total	\$ 1.153,80

Fuente: Elaboración propia en base a cotización

3.4.3. Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.C. Filtro de aire obstruido

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-4, corresponde a limpieza de elemento de filtro de aire, para cual se realizó la cotización del filtro de aire y la empaquetadura de la tapa del alojamiento del filtro de aire, en el comercio local de Viña del Mar. Los costos directos para el Departamento Aeródromo, corresponden a las HH de los mecánicos pertenecientes al Departamento Aeródromo, los cuales realizarán la limpieza del elemento filtro de aire, considerándose las HH de un supervisor del trabajo, perteneciente Departamento Aeródromo y los repuestos a utilizar. Se considera en los costos estimados, que durante el mantenimiento se encuentre el filtro dañado y se efectuó el cambio por un filtro nuevo. Para lo cual, se considera contar con filtros de aire y empaquetadura del filtro de aire, en el pañol de abastecimiento y repuestos necesarios, para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-4. Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.c.

Comercio local					
N°	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Filtro de aire	4L-9853	1 unidad	\$ 189,93	\$ 189,93
2	Empaquetadura filtro de aire	5L-1189	1 unidad	\$ 40,34	\$ 40,34
				Total Comercio	\$ 230,27
Departamento aeródromo					
N°	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
3	Mecánico automotriz		1 HH	\$ 6,30	\$ 25,20
4	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
5	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
6	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
7	Alcohol etílico técnico		1 litros	\$ 2,77	\$ 2,77
8	Guantes de nitrilo		8 guantes	\$ 0,08	\$ 0,64
				Total Depto.	\$ 46,90
				Total	\$ 277,17

Fuente: Elaboración propia en base a cotización

3.4.4. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.K. Batería en corto circuito.

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo ver Tabla 3-5, corresponde a la mantención de las baterías, para lo cual se consideró la cotización del costo estimado de una batería, en el comercio local de Viña del Mar. Los costos directos para el Departamento Aeródromo, corresponden a las HH de los mecánicos del Departamento Aeródromo, los cuales realizarán la acción de mantenimiento, considerándose las HH de un supervisor del trabajo y los repuestos. Se considera contar con baterías, en el pañol de abastecimiento y repuestos necesarios, para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-5. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.K.

Comercio local					
N°	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Batería 12 Voltios 200 Ah		2 unidad	\$ 304,77	\$ 609,54
				Total Comercio	\$ 609,54
Departamento aeródromo					
N°	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
2	Mecánico electricista		2 HH	\$ 6,30	\$ 12,60
3	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
4	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
5	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
6	Alcohol etílico técnico		1 litros	\$ 2,77	\$ 2,77
7	Agua destilada para baterías		6 litros	\$ 2,75	\$ 16,50
8	Espanja scotch-brite		1 paquete	\$ 1,47	\$ 1,47
9	Mascara modelo 1200		1 unidad	\$ 34,81	\$ 34,81
10	Filtro para acido sulfúrico		1 paquete	\$ 15,06	\$ 15,06
11	Guantes de nitrilo		8 unidades	\$ 0,08	\$ 0,64
12	Buzo overrail 4510		2 unidades	\$ 3,92	\$ 7,84
13	Lentes de protección		2 unidades	\$ 8,16	\$ 16,32
14	Vaselina solida		100 gramos	\$ 11,91	\$ 1,19
				Total Depto.	\$ 127,49
				Total	\$ 737,03

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.5. Costos estimados asociados al mantenimiento de 4500 hrs. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

Los costos estimados a estos modos de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-6, corresponden al mantenimiento programado al motor, correspondiente a 4.500 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500 para lo cual, se externaliza el mantenimiento, a la empresa EMD Ingeniería Diésel, considerando los costos de desmonte, montaje del motor y las pruebas operacionales, por parte de dicha empresa. Los costos directos para el Departamento Aeródromo, corresponde a las HH de un supervisor, que estará presente en el desmonte, montaje y pruebas operacionales del motor. Las tareas propuestas a los modos de falla son: al modo de fallas 1.1.Ñ., corresponde el cambio de componentes de la bomba de inyección de diésel, al modo de falla 1.1.E., corresponde el cambio de componentes de la bomba de transferencia., al modo de falla 4.1.B., corresponde el cambio de sellos de las camisas flotantes, al modo de falla 2.1.A., corresponde el cambio de anillos de los pistones, al modo de falla 2.1.B., corresponde al cambio de retenes de las válvulas y al modo de fallas 3.1.B., corresponde el ajuste de las válvulas.

El tiempo, en que en carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500 se encontrará de baja, para efectuar el mantenimiento de 4.500 hr. de operación, corresponde a 34 días hábiles, de los cuales 2 días de consideran para el desmonte del motor, 30 días para efectuar el mantenimiento por la empresa EMD Ingeniería Diésel y 2 días para efectuar el montaje del motor y efectuar pruebas operacionales, donde se considera que durante el desmonte y el montaje del motor un supervisor del departamento aeródromo estará presente, mientras la empresa EMD Ingeniería Diésel, realiza los trabajos, dando como resultado un total de 28 HH.

Tabla 3-6. Costos estimados asociados a la mantención de 4.500 hr

Empresa EMD					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Desmonte de motor			\$ 5.822,01	\$ 5.822,01
2	Cambio de componentes bomba inyección			\$ 13.136,83	\$ 13.136,83
3	Cambio de sellos de las camisas		6 unidades	\$ 1.958,45	\$ 11.750,67
4	Cambio de anillos de pistones		6 unidades	\$ 2.500,04	\$ 15.000,23
5	Cambio de retenes de válvulas		12 unidades	\$ 603,21	\$ 7.238,47
6	Ajuste de válvulas		12 unidades	\$ 154,01	\$ 1.848,12
7	Cambio de componentes bomba transferencia			\$ 8.563,36	\$ 8.563,36
8	Montaje de motor			\$ 2.447,89	\$ 2.447,89
				Total EMD	\$ 65.807,58
Departamento aeródromo					
Nº	Repuesto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
9	Supervisor		28 HH	\$ 10,23	\$ 286,44
				Total Depto.	\$ 286,44
				Total	\$ 66.094,02

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.6. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.O. Eje cortado del turbocompresor

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-7, corresponden a la inspección del turbocompresor. Los costos directos corresponden a las HH de los mecánicos del Departamento Aeródromo, los cuales realizarán la inspección del turbocompresor, las HH de un supervisor del trabajo y los repuestos a utilizar. Se considera la cotización, de reparación del turbocompresor, en la empresa EMD Ingeniería Diésel, en la cual se incluye el desmonte y montaje del turbocompresor, por parte de la empresa mencionada anteriormente, además de contar con repuestos en el pañol de abastecimiento, para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-7. Costos asociados al modo de fallas 1.1.O.

Empresa EMD					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Desmonte de turbocompresor			\$ 385,03	\$ 385,03
2	Kit componentes turbocompresor		1 kit	\$ 4.282,70	\$ 4.282,70
3	Instalación turbocompresor			\$ 600,43	\$ 600,43
				Total EMD	\$ 5.268,16
Departamento aeródromo					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
4	Mecánico automotriz		1 HH	\$ 6,30	\$ 6,30
5	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
6	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
7	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
8	Alcohol etílico técnico		1 litros	\$ 2,77	\$ 2,77
9	Esponja scotch-brite		2 paquetes	\$ 1,47	\$ 2,94
10	WD-40		1 unidad	\$ 7,06	\$ 7,06
11	Guantes de nitrilo		8 unidades	\$ 0,08	\$ 0,64
				Total Depto.	\$ 38,00
				Total	\$ 5.306,16

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.7. Costos estimados asociados al modo de falla 1.2.D. Filtros de diésel obstruidos.

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-8, corresponden al cambio del filtro primario y secundarios de diésel, para lo cual se consideró la cotización de los costos de los filtros, en el comercio local de Viña del Mar. Se consideran las HH de los mecánicos del Departamento Aeródromo, los cuales realizarán el cambio de los filtros, las HH de un supervisor del trabajo y los repuestos a utilizar. Se considera contar con filtros nuevos, en el pañol de abastecimiento y repuestos necesarios, para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-8. Costos estimados asociados al modo de fallas 1.2.D.

Comercio local					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Filtro diésel primario	LFF-8010	1 unidad	\$ 79,49	\$ 79,49
2	Filtro diésel secundario	1P-2299	2 unidades	\$ 55,31	\$ 110,62
				Total Comercio	\$ 190,11
Departamento aeródromo					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
3	Mecánico automotriz		1 HH	\$ 6,30	\$ 6,30
4	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
6	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
7	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
8	Alcohol etílico técnico		1 litro	\$ 2,77	\$ 2,77
11	Guantes de nitrilo		8 unidades	\$ 0,08	\$ 0,64
				Total Depto.	\$ 28
				Total	218,11

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.8. Costos estimados asociados al mantenimiento de 800 hrs. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Los costos estimados a estos modos de falla, para el Departamento Aeródromo, ver Tabla 3-9, corresponden al mantenimiento programado, al motor de partida, cada 800 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500 para lo cual, se externaliza el mantenimiento a la empresa bobinados Miguel Soto, considerándose que la armadura, los bujes, los carbones y el solenoide, se encuentren con alguna falla. Los costos directos corresponden a las HH de los mecánicos del Departamento Aeródromo, los cuales realizarán el desmonte y montaje del motor de partida, las HH de un supervisor del trabajo y los repuestos a utilizar. Se considera contar con repuestos necesarios, para ejecutar la acción de mantenimiento, en el pañol de abastecimiento.

Tabla 3-9. Costos estimados asociados a los modos de falla 1.1.H. y 1.1.J.

Bobinados Miguel Soto					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Cambio de armadura	7M-0323	1 unidad	\$ 224,07	\$ 224,07
2	Cambio de buje	7F-3506	1 unidad	\$ 70,53	\$ 70,53
3	Cambio de carbones		5 unidades	\$ 6,47	\$ 32,35
4	Cambio de solenoide	4M-1812	1 unidad	\$ 81,62	\$ 81,62
				Total B.M.S.	\$ 408,57
Departamento aeródromo					
N°	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
3	Mecánico automotriz		2 HH	\$ 6,30	\$ 12,60
3	Mecánico electricista		2 HH	\$ 6,30	\$ 12,60
4	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
6	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
7	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
8	Alcohol etílico técnico		1 litros	\$ 2,77	\$ 2,77
11	Guantes de nitrilo		12 unidades	\$ 0,08	\$ 0,96
				Total Depto.	\$ 47,22
				Total	\$ 455,79

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.4.9. Costos estimados asociados al modo de falla 1.1.A. Resistencia cortada de las bujías incandescentes

Los costos estimados a este modo de falla, para el Departamento Aeródromo, ver tabla 3-10, corresponden al cambio de las bujías incandescentes, para lo cual se considera la cotización de las bujías incandescentes y la empaquetadura de la tapa de las válvulas, en el comercio local de Viña del Mar. Los costos directos corresponden a las HH de los mecánicos que efectuarán el reemplazo de las bujías, las HH de un supervisor del trabajo y los repuestos a utilizar. Se considera contar con bujías incandescentes nuevas, en el pañol de abastecimiento y repuestos necesarios, para ejecutar la acción de mantenimiento.

Tabla 3-10. Costos asociados a al modo de falla 1.1.A

Comercio local					
Nº	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
1	Bujía incandescente	1P-7912	6 unidades	\$ 81,21	\$ 517,26
2	Empaquetadura tapa de válvulas		1 unidad	\$ 59,29	\$ 59,29
				Total Comercio	\$ 576,55
Departamento aeródromo					
Nº	Producto, servicio o personal	Número de parte	Cantidad o HH	Costo unitario US\$	Costo US\$
3	Mecánico automotriz		2 HH	\$ 6,30	\$ 12,60
4	Mecánico electricista		2 HH	\$ 6,30	\$ 12,60
5	Supervisor		1 HH	\$ 10,23	\$ 10,23
6	Paño Wypall x 75 plus		1 rollo	\$ 5,94	\$ 5,94
7	Paño algodón retazo		1 paquete	\$ 2,12	\$ 2,12
8	Alcohol etílico técnico		1 litros	\$ 2,77	\$ 2,77
9	Limpia contactos electricos		1 unidad	\$ 7,09	\$ 7,09
10	Antigripante		1 unidad	\$ 74,33	\$ 74,33
				Total Depto.	\$ 242,76
				Total	\$ 819,31

Fuente: elaboración propia en base a cotización

3.5. PROPUESTA DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

Considerando los datos obtenidos a partir de la hoja de decisión de RCM y los programas de tareas de mantenimiento, se confeccionó la propuesta de frecuencia de mantenimiento, en la cual de detalla, que tipo de acción de mantenimiento corresponde realizar al motor Caterpillar 1693TA en relación a las horas de funcionamiento del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500, ver Tabla 3-11.

Para los distintos modos de fallas que se representan en la hoja de decisión de RCM, se confeccionaron las actividades tanto preventivas como reactivas o de

reacondicionamiento como es el caso de la calibración de inyectores, de la bomba de transferencia de diésel y de la bomba de inyección de diésel, con el objetivo de establecer quién será el ejecutor de la actividad. Se considera un stock de repuestos, que será responsabilidad del departamento de abastecimiento, gestionar la compra de estos y mantener un stock constante en caso de realizar una acción de mantenimiento preventivo, ver Tabla 3-12, como reactivo o de reacondicionamiento, ver Tabla 3-13.

Tabla 3-11. Propuesta de frecuencia de mantenimiento

Propuesta de frecuencia de mantenimiento al motor diesel Caterpillar 1693TA									
N°	Acción de mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento							
		100 hrs.	200 hrs.	250 hrs.	400 hrs.	500 hrs.	800 hrs	2000 hrs.	4500 hrs.
1	Revisar niveles de las baterías	x							
2	Realizar limpieza de elemento filtro de aire		x						
3	Realizar cambio de elemento filtro de diésel primario y secundarios			x					
4	Inspección de eje de turbocompresor				x				
5	Limpieza e inspección de inyectores					x			
6	Cambiar de componentes del motor de partida						x		
7	Calibración de inyectores							x	
8	Cambiar bujías incandescentes							x	
9	Cambiar de componetes de la bomba de inyección								x
10	Cambiar sellos de las camisas flotantes								x
11	Cambiar de componetes de la bomba de transferencia								x
12	Cambiar anillos de los pistones								x
13	Cambiar de retenes de válvulas								x
14	Ajuste de válvulas								x

Fuente: elaboración propia en base a hoja de decisión de RCM

Tabla 3-12. Actividades preventivas

Plan de mantención al motor diésel Caterpillar 1693TA																	
Tipo de equipo	Modos de falla																
Sistema: Chasis	Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	Boquilla de los inyectores obstruida	Boquilla de los inyectores diésel tapados	Filtro de aire obstruidos	Batería en corto circuito	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de inyección	Eje cortado del turbocompresor	Filtros de diésel obstruidos	Solenoides con falla del motor de partida	Sellos rotos de las camisas flotantes de la cámara de combustión	Resistencia cortada de las bujías incandescentes	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de transferencia	Anillos rotos de los pistones	Colector desgastado del motor de partida	Retenes de aceite rotos de las válvulas de admisión y escape	Asiento de válvulas desgastado	Ejecutor
Actividad preventiva																	
Limpieza de inyectores		x	x														Mecánico automotriz
Inspección visual de inyectores		x	x														Mecánico automotriz
Inspección de nivel de electrolito					x												Mecánico electricista
Limpieza de los bornes					x												Mecánico electricista
Inspección visual a filtro de aire				x													Mecánico automotriz
Limpieza de filtro de aire				x													Mecánico automotriz
Cambio de componentes de la bomba de inyección						x											EMD
Inspección de eje del turbocompresor							x										Mecánico automotriz
Cambio de filtros secundarios de diésel								x									Mecánico automotriz
Cambio de filtro primario de diésel								x									Mecánico automotriz
Cambio de componentes del motor de partida									x					x			Bobinados M.S.
Cambio de sellos de las camisas flotantes										x							EMD
Cambio de bujías incandescentes											x						Mecánico electricista
Cambio de componentes de la bomba de transferencia												x					EMD
Cambio de anillos de los pistones													x				EMD
Cambio de carbones del motor de partida														x			Bobinados M.S.
Cambio de retenes de válvulas de admisión y escape															x		EMD
Ajuste de válvulas de admisión y escape																x	EMD

Fuente: elaboración propia en base a hoja de decisión de RCM

Tabla 3-13. Actividades reactivas/reacondicionamiento

Tipo de equipo	Modos de falla																
Sistema: Chasis	Orificio de alimentación de la tobera de los inyectores obstruida	Boquilla de los inyectores obstruida	Boquilla de los inyectores diésel tapados	Filtro de aire obstruidos	Batería en corto circuito	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de inyección	Eje cortado del turbocompresor	Filtros de diésel obstruidos	Solenoides con falla del motor de partida	Sellos rotos de las camisas flotantes de la cámara de combustión	Resistencia cortada de las bujías incandescentes	Dientes quebrados de engranaje del eje de la bomba de transferencia	Anillos rotos de los pistones	Colector desgastado del motor de partida	Retenes de aceite rotos de las válvulas de admisión y escape	Asiento de válvulas desgastado	Ejecutor
Actividad reactiva/reacondicionamiento																	
Calibración	x	x	x														EMD
Cambio de inyectores	x	x	x														Mecánico automotriz
Cambio de filtro de aire				x													Mecánico automotriz
Cambio de batería					x												Mecánico electricista
Cambio de filtro primario de diésel								x									Mecánico automotriz
Cambio de filtros secundarios de diésel								x									Mecánico automotriz
Cambio de sellos de las camisas flotantes										x							EMD
Cambio de bujías incandescentes											x						Mecánico electricista
Reparación de la bomba de transferencia												x					EMD
Cambio de anillos de los pistones													x				EMD
Cambio de componentes del motor de partida														x			Bobinados M.S.
Cambio de carbones del motor de partida														x			Bobinados M.S.
Cambio de retenes de válvulas de admisión y escape															x		EMD
Reparación de la bomba de inyección						x											EMD
Reparación del turbocompresor							x										EMD
Cambio de solenoide del motor de partida									x								Bobinados M.S.
Ajuste de válvulas de admisión y escape																x	EMD
Mantener en stock inyectores calibrados	x	x	x														Depto. abastecimiento
Mantener en stock batería					x												Depto. abastecimiento
Mantener en stock filtro de aire				x													Depto. abastecimiento
Mantener en stock filtro de diésel primario								x									Depto. abastecimiento
Mantener en stock filtro de diésel secundario								x									Depto. abastecimiento
Mantener en stock bujías incandescentes											x						Depto. abastecimiento

Fuente: elaboración propia en base a hoja de decisión de RCM

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mantenimiento constituye una actividad propia de toda organización, para mantener los recursos materiales, tanto equipos como maquinaria e instalaciones, en óptimas condiciones, para que realicen las funciones por las cuales fueron adquiridos, a pesar del tiempo de operación.

El desarrollo de este trabajo de título, permitió determinar el equipo crítico perteneciente a la Base Aeronaval Concón, mediante la utilización de la matriz cualitativa de riesgo, en la cual se consideraron, los factores de: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto de seguridad y medio ambiente, en relación al impacto que provoca una falla de los equipos, en las operaciones aéreas que se realizan en el Aeródromo Viña del Mar, arrojando como el equipo crítico, al carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

Se consideraron, el historial de mantenimiento y todos los sistemas del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500 para realizar la jerarquización de las fallas del carro, lo cual permitió organizar las fallas, en relación a los sistemas o subsistemas. Para jerarquizar las fallas, se utilizó el gráfico Jack Knife, representando como el subsistema agudo-crónico al motor Caterpillar 1693TA.

Para determinar las funciones del motor, se realizó un análisis funcional, utilizando la herramienta SIPOC, la cual permitió identificar los elementos que intervienen en el funcionamiento del motor, para definir tanto la función primaria, como las secundarias, para reconocer los distintos modos de fallas que puede presentar el subsistema motor.

Para identificar, las posibles causas de pérdida, ya sea de la función primaria o secundarias del motor, se utilizó la herramienta de análisis de modos, efectos y criticidad de fallas FMECA, en la cual se analizó la criticidad de los modos de fallas, mediante el Número de Prioridad de Riesgo NPR, para jerarquizar los modos de fallas, en base a los criterios de severidad, ocurrencia y detectabilidad de fallas. El estudio se basó, en los modos de fallas críticos y semi-críticos.

Considerando los modos de fallas críticos y semi-críticos, se utilizó el diagrama de decisión RCM, para establecer las tareas propuestas a cada modo de falla, utilizando la hoja de decisión de RCM, la cual permitió establecer los costos y los instructivos de mantenimiento correspondiente a cada modo de falla, los cuales contienen la planificación, programación y check list, de cada tarea propuesta, para asegurar que se realice de acuerdo a los procedimientos establecidos en la planificación.

Se recomienda realizar este tipo de análisis, para establecer el mantenimiento preventivo, a otros equipos aeroportuarios pertenecientes al Departamento Aeródromo de la Base Aeronaval Concón, para tener un registro, control de las actividades y de los costos asociados en las actividades de mantenimiento.

Manteniendo un orden en la planificación de mantenimiento e información de los equipos, permitirá la aplicación de un sistema de mantenimiento preventivo, para el desarrollo de los servicios que otorga el Departamento Aeródromo y principalmente una mejor optimización de los recursos para el funcionamiento de dicho departamento.

BIBLIOGRAFÍA

ARÁNGUIZ Garrido Andrés. Apuntes de Mantenimiento Industrial. Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial. III Semestre. Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Viña del Mar. Chile.

ARÁNGUIZ Garrido Andrés. Apuntes de Proyecto de Título. Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial. IV Semestre. Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Viña del Mar. Chile.

BALDI González Carlos. Apuntes de Gestión del Mantenimiento. Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial. IV Semestre. Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Viña del Mar. Chile.

CANADA. Organización de Aviación Civil Internacional. Doc 9137-AN/898 Manual de Servicios de Aeropuerto. Montréal, Quebec, Canada: Organización de Aviación Civil Internacional. 2015. Parte 1. ISBN 978-92-9249-880-1.

CATERPILLAR. Manual de Operación y Mantenimiento 1693 TruckEngine [en línea]. <https://sis.cat.com/sisweb/sisweb/techdoc_print_page.jsp?returnurl=/sisweb/sisweb/productsearch/productheaderinfoframeset.jsp&called...> [consulta: 11 diciembre 2017].

DONALDSON. Engine Horsepower & Exhaust Flow Guide [en línea]. <<http://www.asia.donaldson.com/en/exhaust/support/datalibrary/1053747.pdf>> [consulta: 11 diciembre 2017].

SII. Servicio de Impuestos Internos, Dólar Observado [en línea] <http://www.sii.cl/valores_y_fechas/dolar/dolar2017.htm> [consulta: 03 diciembre 2017].

ANEXOS

**ANEXO A: EQUIPOS AEROPORTUARIOS PERTENECIENTES AL
DEPARTAMENTO AERÓDROMO DE LA BASE AERONAVAL
CONCÓN**

Tabla A-1. Equipos de tractado de aeronaves

Equipo	Marca	Modelo	Año fabricación	Cantidad
Carro de tractado	Tug	MC-244	1995	01
Carro de tractado	Tug	GT35D	2012	01

Fuente: Base Aeronaval Concón

Tabla A-2. Equipos de suministro de poder auxiliar

Equipo	Marca	Modelo	Año fabricación	Cantidad
U.P.A.	Arvico	28-2000DC	2002	01
U.P.A.	Hobart	90CU24P5	2010	01
U.P.A.	Hobart	90CU420	2011	01
U.P.A.	Hobart	4400	2017	01

Fuente: Base Aeronaval Concón

Tabla A-3. Equipos para desplazamiento de operadores línea

Equipo	Marca	Modelo	Año fabricación	Cantidad
Carro eléctrico	Ezgo	Workhorse 1000	1999	03
Camioneta	NISSAN	Terrano	2010	01

Fuente: Base Aeronaval Concón

Tabla A-4. Equipos de suministro de Combustible

Equipo	Marca	Modelo	Año fabricación	Cantidad
Camión de combustible	Chevrolet	1223	2010	01
Camión de combustible	Mercedes-Benz	2330	2015	01

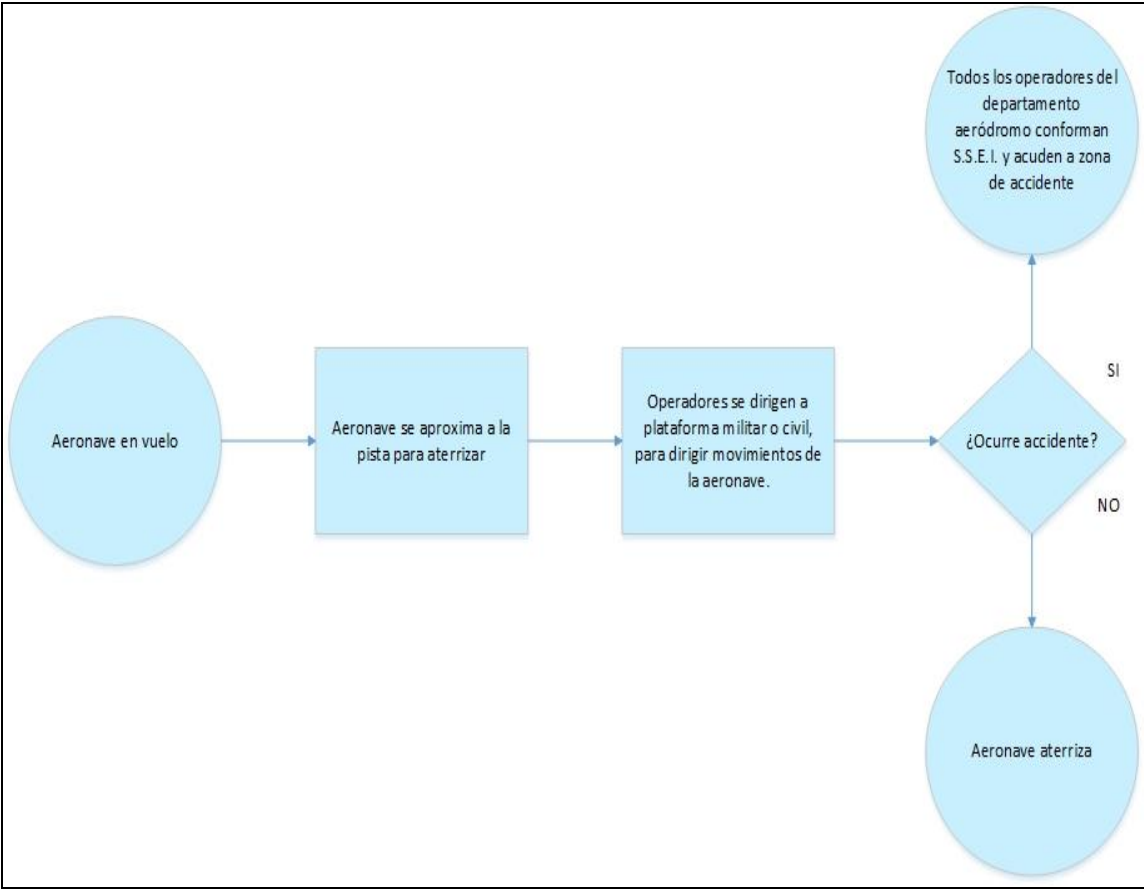
Fuente: Base Aeronaval Concón

Tabla A-5. Equipos de salvamento y extinción de incendio

Equipo	Marca	Modelo	Año fabricación	Cantidad
Carro Bomba aeroportuario	Oshkosh	M1500	1974	01
Carro Bomba aeroportuario	Oshkosh	Global Striker Standard	2017	01

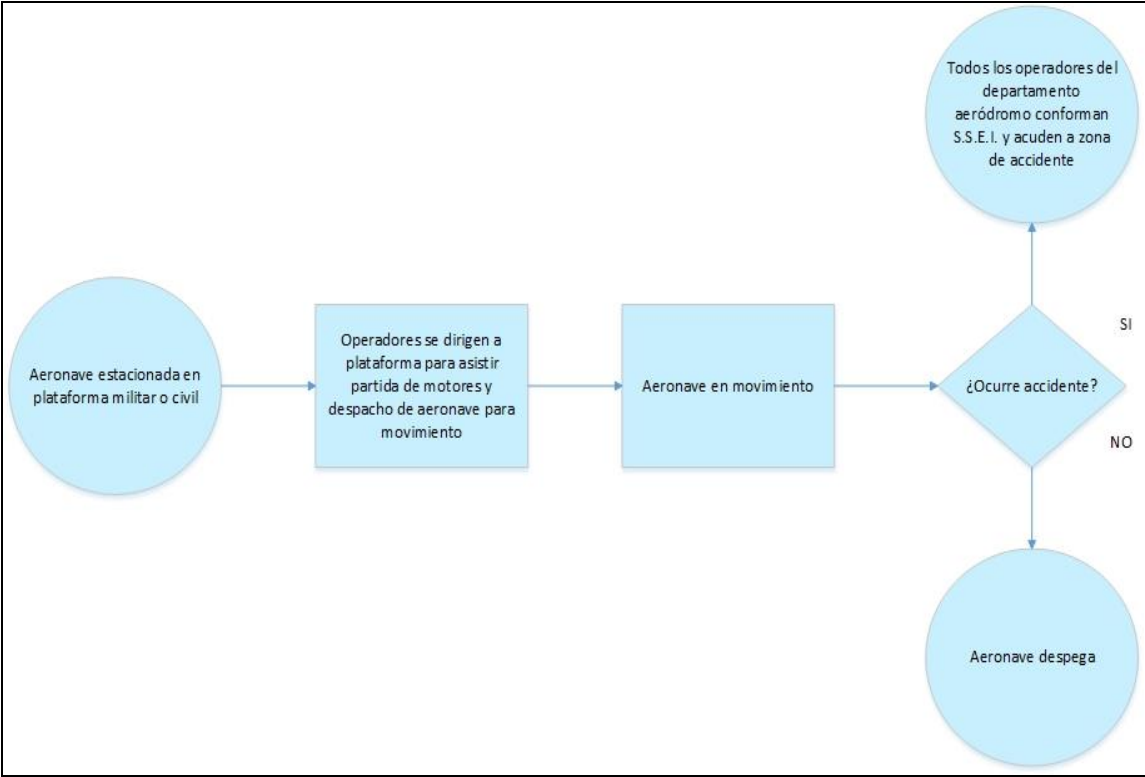
Fuente: Base Aeronaval Concón

ANEXO B: DIAGRAMAS DE FUNCIONES DEL SERVICIO QUE PRESTA EL DEPARTAMENTO AERÓDROMO



Fuente: Base Aeronaval Concón

Diagrama B-1. Aeronave en vuelo



Fuente: Base Aeronaval Concón

Diagrama B-2. Aeronave estacionada

ANEXO C: CATEGORÍA DEL AEROPUERTO Y VEHÍCULOS

Tabla C-1. Categoría del aeropuerto para salvamento y extinción de incendios

Tabla 2-1. Categoría del aeropuerto para salvamento y extinción de incendios		
<i>Categoría del aeropuerto</i>	<i>Longitud total del avión</i>	<i>Anchura máxima del fuselaje</i>
(1)	(2)	(3)
1	0 a 9 m, exclusive	2 m
2	9 m a 12 m, exclusive	2 m
3	12 m a 18 m, exclusive	3 m
4	18 m a 24 m, exclusive	4 m
5	24 m a 28 m, exclusive	4 m
6	28 m a 39 m, exclusive	5 m
7	39 m a 49 m, exclusive	5 m
8	49 m a 61 m, exclusive	7 m
9	61 m a 76 m, exclusive	7 m
10	76 m a 90 m, exclusive	8 m

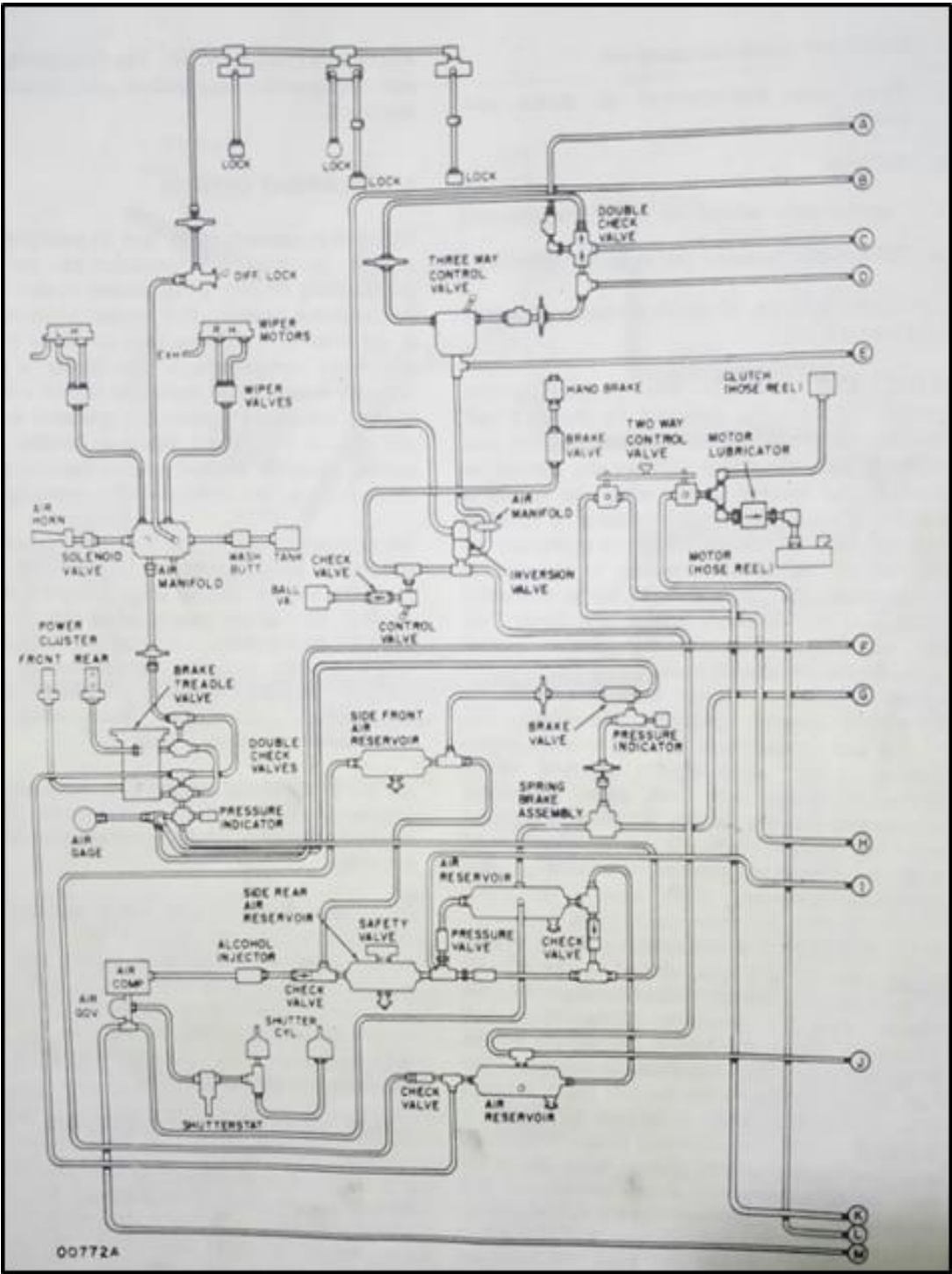
Fuente: OACI Manual de Servicios de Aeropuertos

Tabla C-2. Número mínimo de vehículos

Tabla 2-5. Número mínimo de vehículos	
<i>Categoría del aeropuerto</i>	<i>Vehículos RFF</i>
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	2
7	2
8	3
9	3
10	3

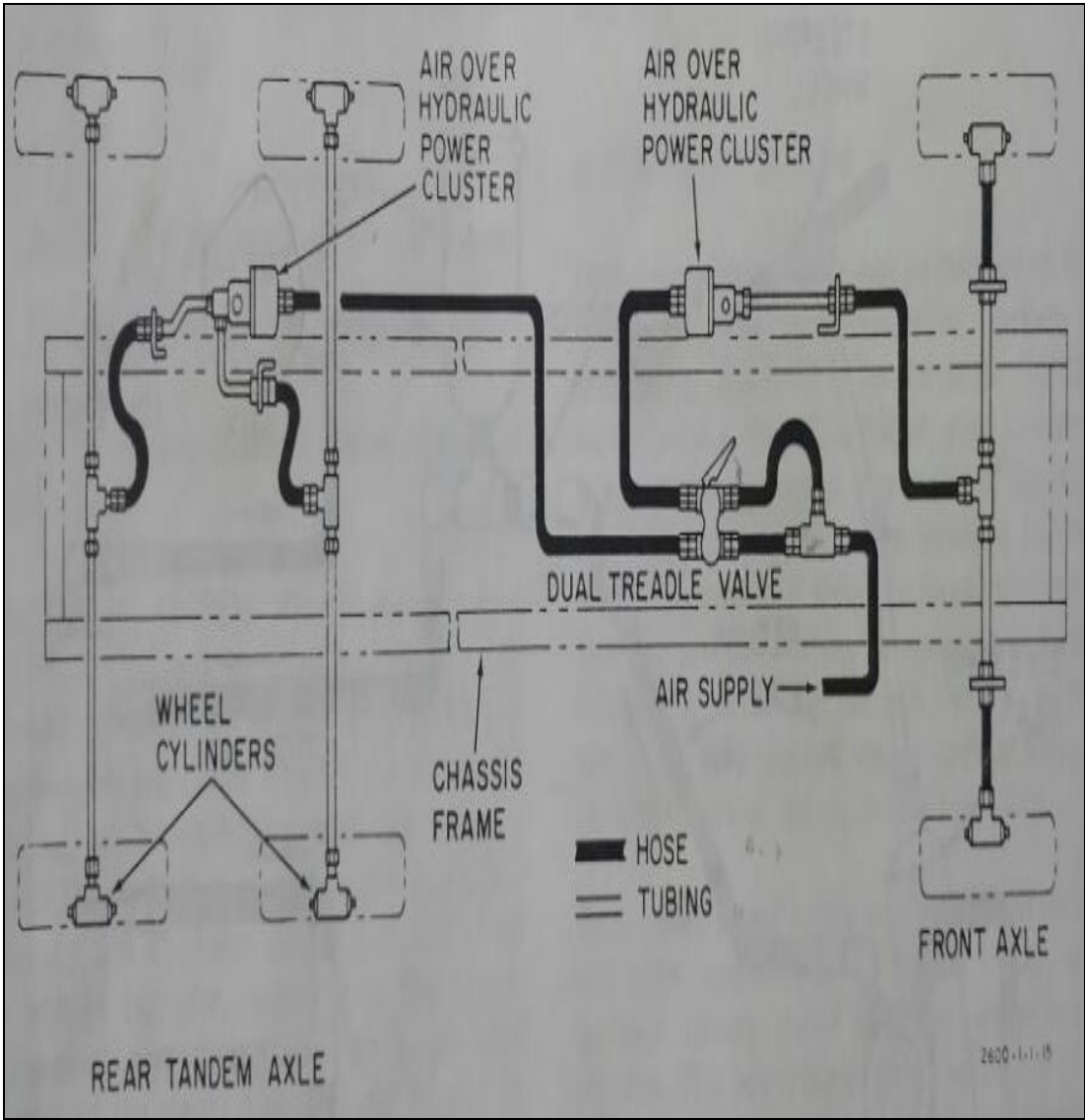
Fuente: OACI Manual de Servicios de Aeropuertos

ANEXO D: SISTEMAS, ANÁLISIS DE FALLAS Y NORMA SAE J1739



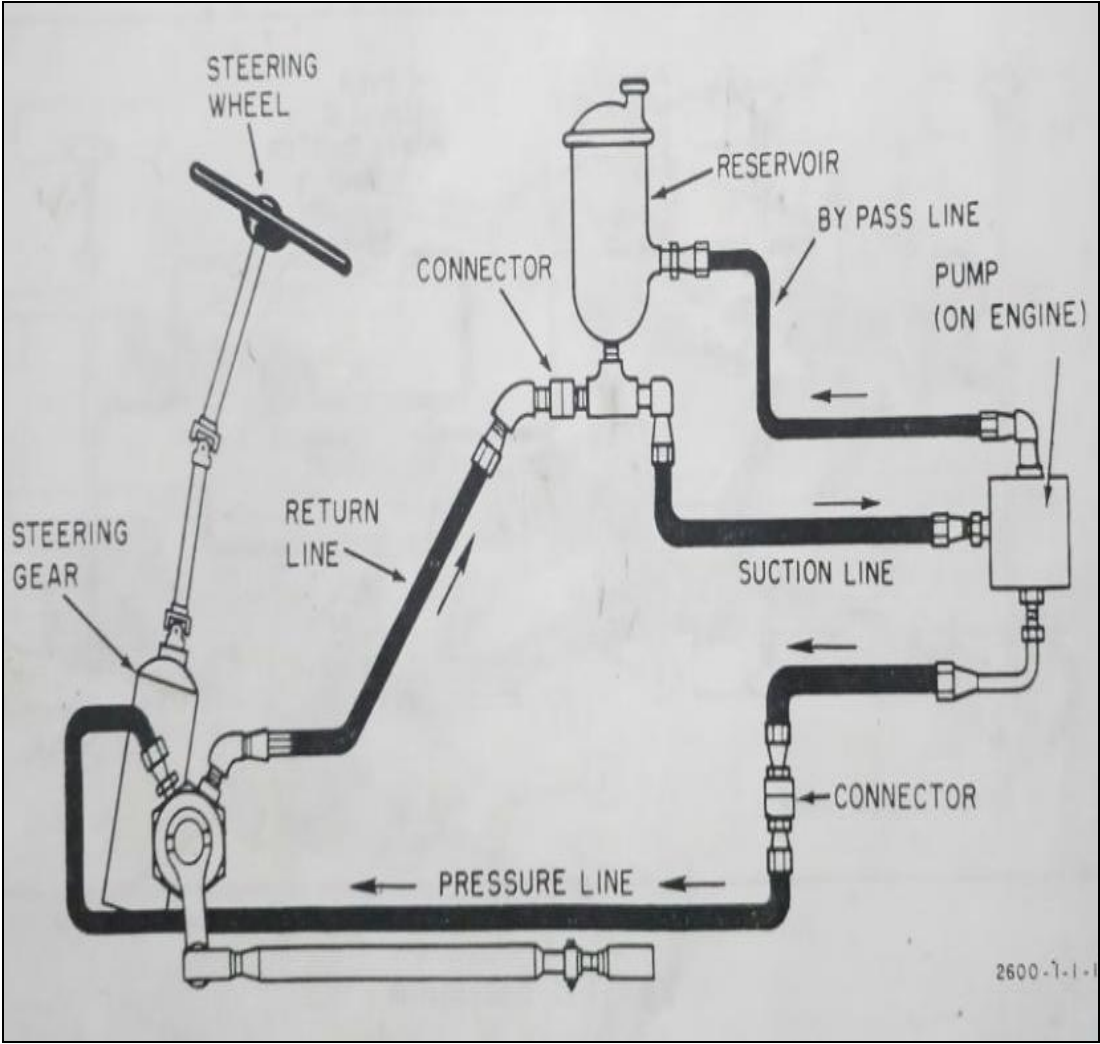
Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura D-1. Sistema de aire



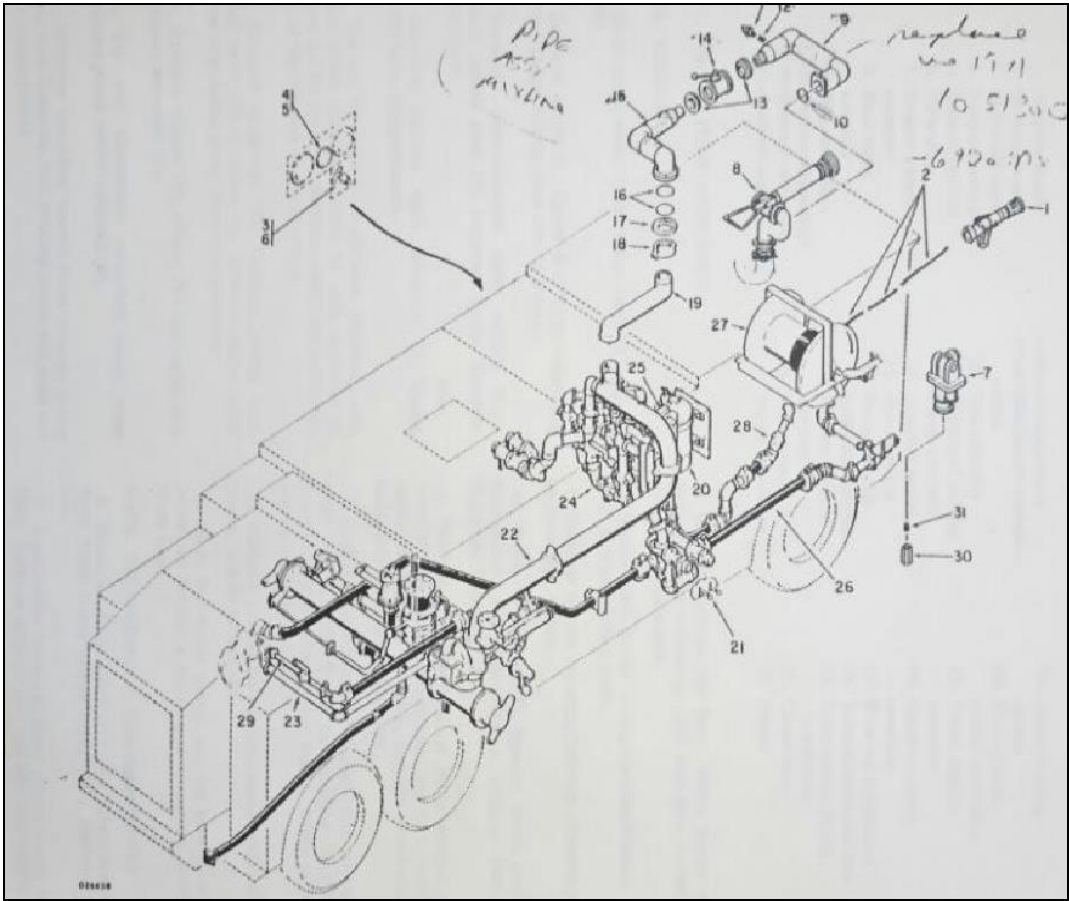
Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura D-2. Sistema de frenos



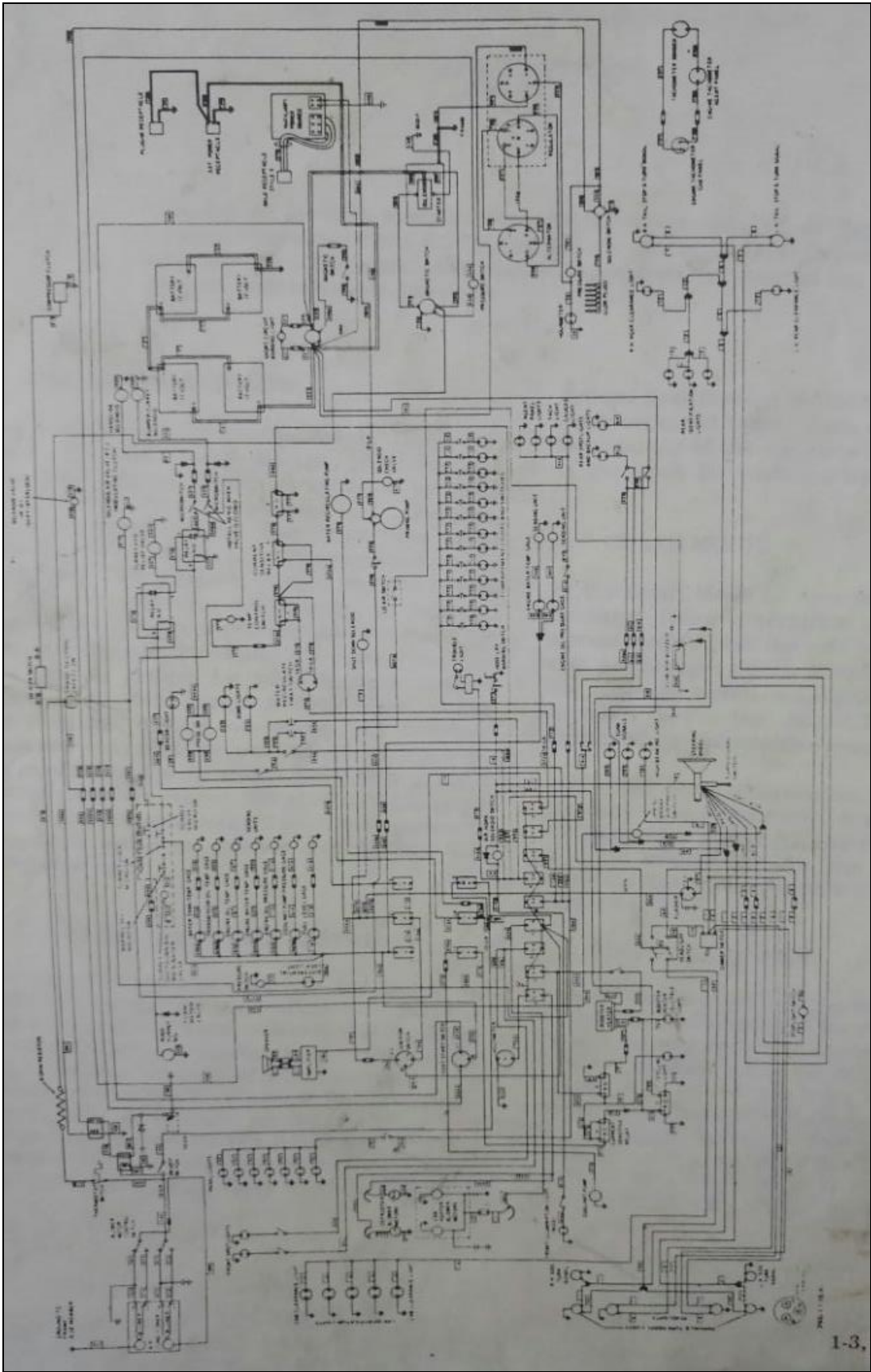
Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura D-3. Sistema de dirección



Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura D-4. Sistema de extinción de incendio



Fuente: Manual de instrucción: truck, firefighting, multipurposeOshkosh M1500

Figura D-5. Sistema eléctrico

Tabla D-1. Cantidad de fallas y tiempo medio de detención

Falla	Tiempo medio de detención (días)	Cantidad de fallas	Sistema/Subsistema	Costo + IVA
Pérdida de aire en el motor limpia parabrisas	4	3	Limpia parabrisas	\$ 2.150.000
Aternador no carga las baterías	45	7	Alternador	\$ 1.250.000
Falla en motor eléctrico de la baliza	14	4	Baliza	\$ 67.000
Corrosión en bornes de batería	7	3	Batería	\$ 15.000
Fuga de agua desde la bomba de agua	7	4	Bomba de agua (E.I.)	\$ 230.000
Corte de abrazadera de conexión entre bomba de agua y torreta de techo	14	1	Bomba de agua (E.I.)	\$ 380.000
Falla de instrumento de rpm del motor	30	2	Instrumentos	\$ 67.000
Sobre presión en caja de dirección	90	7	Caja de dirección	\$ 1.850.000
Fuga de líquido hidráulico desde la caja de dirección	30	12	Caja de dirección	\$ 680.000
Exceso de vibraciones en eje cardan hacia tren trasero	30	3	Caja de transferencia	\$ 570.000
Conmutador no cambia de conexión serie a paralelo	8	12	Conmutador	\$ 240.000
Desgaste de neumáticos	180	3	Dirección	\$ 4.680.000
Pernos cortados de dirección	21	2	Dirección	\$ 320.000
Aceite emulsionado de diferencial de eje delantero y eje tándem	60	2	Ejes	\$ 12.300.000
Fuga de agua desde tapa de registro del estanque de agua	5	2	Estanque de agua	\$ 140.000
Circuito de espuma tapado por solidificación de espuma	21	1	Estanque de espuma	\$ 180.000
Fuga de líquido hidráulico desde cilindro maestro hidráulico	14	2	Frenos	\$ 365.000
Fuga de líquido de frenos	45	10	Frenos	\$ 380.000
Desgaste de balatas	90	3	Frenos	\$ 650.000
Falla en silvines de posición	7	1	Luces	\$ 21.000
Falla de ampolletas en general	1	3	Luces	\$ 3.000
Falla en luces busca camino	14	2	Luces	\$ 64.000
Falla en luz frontal	14	2	Luces	\$ 67.000
Motor de partida no se acciona	14	4	Motor de partida	\$ 610.000
Fuga de agua desde la bomba de agua del motor	30	5	Motor diésel	\$ 370.000
Fuga de aceite del motor	240	1	Motor diésel	\$ 8.560.000
Correa cortada del ventilador del motor	7	2	Motor diésel	\$ 44.000
Falla en el calentador del refrigerante del motor	90	1	Motor diésel	\$ 1.200.000
Filtro diésel del motor con presencia de agua	7	1	Motor diésel	\$ 73.000
Obturación del radiador del motor	45	1	Motor diésel	\$ 7.860.000
Falla del motor eléctrico de la torreta de techo	14	4	Torreta de techo	\$ 52.000
Fuga de líquido hidráulico desde la torreta del parachoques	45	5	Torreta parachoque	\$ 1.500.000

Fuente: Base Aeronaval Concón

Tabla D-2. Análisis de cantidad de fallas y MTTR

Sistemas/sub sistema	Duración (hr.)	Costo	Cant. de fallas	%Tiempo	% Tiempo Acu.	MTTR	Lím Cant.	Lím MTTR	Disp. Iso 90 %	Disp. Iso 70 %
Motor diésel	10.056	\$ 18.107.000	11	33,71	33,71	914,18	6,05	267,79	720	2872,03
Dirección	4.824	\$ 5.000.000	5	16,17	49,88	964,80	6,05	267,79	720	2872,03
Frenos	3.576	\$ 1.395.000	15	11,99	61,87	238,40	6,05	267,79	720	2872,03
Caja de dirección	2.880	\$ 2.530.000	19	9,65	71,52	151,58	6,05	267,79	720	2872,03
Ejes	1.440	\$ 12.300.000	2	4,83	76,35	720,00	6,05	267,79	720	2872,03
Alternador	1.080	\$ 1.250.000	7	3,62	79,97	154,29	6,05	267,79	720	2872,03
Torreta parachoque	1.080	\$ 1.500.000	5	3,62	83,59	216,00	6,05	267,79	720	2872,03
Luces	864	\$ 155.000	8	2,90	86,49	108,00	6,05	267,79	720	2872,03
Instrumentos	720	\$ 67.000	2	2,41	88,90	360,00	6,05	267,79	720	2872,03
Caja de transferencia	720	\$ 570.000	3	2,41	91,31	240,00	6,05	267,79	720	2872,03
Bomba de agua (E.L.)	504	\$ 610.000	5	1,69	93,00	100,80	6,05	267,79	720	2872,03
Estanque de espuma	504	\$ 180.000	1	1,69	94,69	504,00	6,05	267,79	720	2872,03
Baliza	336	\$ 67.000	4	1,13	95,82	84,00	6,05	267,79	720	2872,03
Motor de partida	336	\$ 610.000	4	1,13	96,94	84,00	6,05	267,79	720	2872,03
Torreta de techo	336	\$ 52.000	4	1,13	98,07	84,00	6,05	267,79	720	2872,03
Conmutador	192	\$ 240.000	12	0,64	98,71	16,00	6,05	267,79	720	2872,03
Batería	168	\$ 15.000	3	0,56	99,28	56,00	6,05	267,79	720	2872,03
Estanque de agua	120	\$ 140.000	2	0,40	99,68	60,00	6,05	267,79	720	2872,03
Limpia parabrisas	96	\$ 2.150.000	3	0,32	100,00	32,00	6,05	267,79	720	2872,03
Total	29.832	\$ 46.938.000	115							

MTTR	ISO_DISP_88 ,9 %/MTTR
16,00	45,00
32,00	22,50
56,00	12,86
60,00	12,00
84,00	8,57
84,00	8,57
84,00	8,57
100,80	7,14
108,00	6,67
151,58	4,75
154,29	4,67
216,00	3,33
238,40	3,02
240,00	3,00
360,00	2,00
504,00	1,43
720,00	1,00
914,18	0,79
964,80	0,75

MTTR	ISO_DISP_70 %/MTTR
16,00	179,50
32,00	89,75
56,00	51,29
60,00	47,87
84,00	34,19
84,00	34,19
84,00	34,19
100,80	28,49
108,00	26,59
151,58	18,95
154,29	18,61
216,00	13,30
238,40	12,05
240,00	11,97
360,00	7,98
504,00	5,70
720,00	3,99
914,18	3,14
964,80	2,98

Fuente: Apuntes de gestión del mantenimiento industrial- Andrés Aránguiz 2017

Tabla D-3. Norma SAE J1739

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las pérdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperables. El cliente experimenta insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos	1

Fuente: Potential Mode and Effects Analysis (FMEA) - Second edition, february-1995

Probabilidad de falla	Posible tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Potential Mode and Effects Analysis (FMEA) - Second edition, february-1995

Detección	Criterios: Probabilidad de detección de un modo de falla	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Fuente: Potential Mode and Effects Analysis (FMEA) - Second edition, february-1995

ANEXO E: INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.2.A.

Planificación de mantención de los inyectores del motor Caterpillar 1693TA.

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Desmonte de inyectores.
 - 1.2. Limpieza de inyectores.
 - 1.3. Inspección de inyectores.
2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
- C. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendors o especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

Inspección de boquilla del inyector. Si se consideró en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor, este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Abrir compartimiento de las baterías. Ver Figura E-1.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-1. Compartimiento de las baterías

- 4.4. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.
- 4.5. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.

- 4.6. Verificar el cable de sujeción de la cubierta del motor.
- 4.7. Abrir la cubierta del motor.
- 4.8. Desmontar el perfil metálico diagonal del lado derecho (visto desde la parte trasera del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500) desde el compartimiento del motor. Ver Figura E-2.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-2. Perfil metálico diagonal

- 4.9. Desmontar las líneas del estanque auxiliar de líquido refrigerante, para el enfriador de líquido refrigerante. Posteriormente desmontar el estanque auxiliar de refrigerante. Ver Figura E-3.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-3. Estanque auxiliar de refrigerante

- 4.10. Desmontar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor. Ver Figura E-4.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-4. Ducto de descarga de gases

4.11. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor. Ver Figura E-5.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-150

Figura E-5. Ducto de admisión de aire

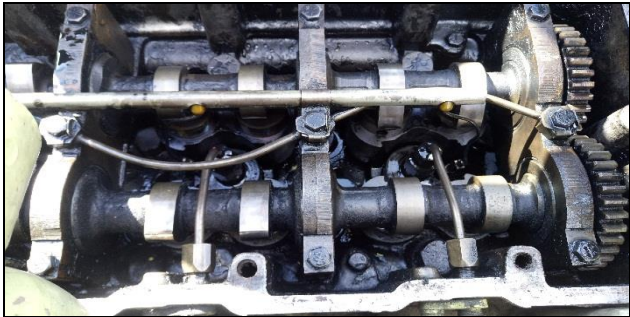
- 4.12. Limpiar la tapa de las válvulas del motor.
- 4.13. Desmontar los pernos de sujeción de la tapa de las válvulas del motor. Ver Figura E-6.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-6. Tapa de las válvulas

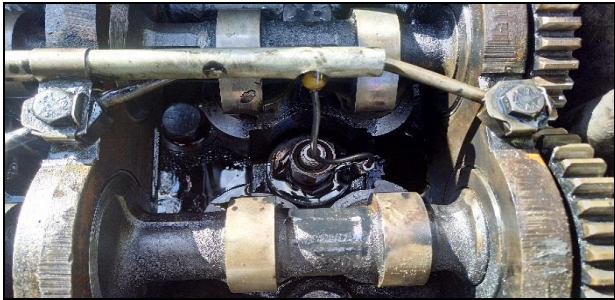
- 4.14. Desmontar la tapa de las válvulas y la empaquetadura.
- 4.15. Soltar y desmontar las líneas de alimentación de diésel, para cada inyector.
Ver Figura E-7.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-7. Línea de alimentación de diésel

- 4.16. Soltar y desmontar la tuerca retenedora de cada inyector. Ver Figura E-8.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-8. Tuerca retenedora del inyector

4.17. Desmontar cada inyector. Ver Figura E-9.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-9. Desmonte de inyector

4.18. Colocar un tapón plástico en el cuerpo de cada inyector.

4.19. Introducir los inyectores en la máquina de ultra-sonido. Los inyectores deben quedar sumergidos en la solución limpiadora, sin que ningún inyector este en contacto con las paredes internas de la máquina de ultra-sonido. Ver Figura E-10.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del taller de mantenimiento

Figura E-10. Máquina de ultra-sonido

4.20. Configurar la máquina de ultra-sonido en modo limpieza por un tiempo de 20 minutos.

4.21. Sacar los inyectores de la máquina de ultra sonido y dejarlos sobre una bandeja limpia.

- 4.22. Secar los inyectores a través de una pistola neumática a una presión no superior a 30 psi.
 - 4.23. Inspeccionar visualmente la boquilla de cada inyector por posibles grietas.
 - 4.24. Antes de montar los inyectores, limpiar las herramientas a utilizar.
 - 4.25. Desmontar los tapones del cuerpo de los inyectores.
 - 4.26. Montar cada inyector en el cuerpo del motor.
 - 4.27. Instalar cada tuerca retenedora y apretar a un par de torsión de 135 a 150 N · m.
 - 4.28. Instalar y apretar cada línea de alimentación de diésel de los inyectores.
 - 4.29. Instalar la empaquetadura nueva de la tapa de las válvulas.
 - 4.30. Instalar la tapa de válvulas y apretar los pernos de sujeción.
 - 4.31. Montar el estanque auxiliar de refrigerante y sus respectivas líneas.
 - 4.32. Montar el perfil metálico diagonal del lado derecho del compartimiento del motor.
 - 4.33. Instalar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor.
 - 4.34. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 4.35. Inspeccionar que todas las herramientas se encuentren en su lugar en la caja de herramientas.
 - 4.36. Cerrar la cubierta del motor.
 - 4.37. Limpiar la zona de trabajo.
 - 4.38. Conectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
 - 4.39. Conectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.
 - 4.40. Cerrar compartimiento de las baterías.
 - 4.41. Efectuar la puesta en marcha del motor para verificar parámetros y posibles anomalías.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
- 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desconectar los cables de los bornes de las baterías.
 - 5.3. Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.4. Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.5. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.6. Desmontar la tapa de las válvulas del motor.
 - 5.7. Desmontar las líneas de alimentación de diésel de los inyectores.
 - 5.8. Desmontar la tuerca retenedora de los inyectores.

- 5.9. Desmontar los inyectores.
 - 5.10. Limpiar los inyectores en la máquina de ultra sonido.
 - 5.11. Secar los inyectores.
 - 5.12. Inspeccionar la boquilla de cada inyector.
 - 5.13. Montar los inyectores en el cuerpo del motor.
 - 5.14. Montar la tuerca retenedora de cada inyector.
 - 5.15. Montar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.
 - 5.16. Montar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.17. Montar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.18. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.19. Montar las abrazaderas de los cables a los bornes de las baterías.
 - 5.20. Limpiar la zona de trabajo.
 - 5.21. Efectuar puesta en marcha del motor.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?,
¿cuáles y como se evitarán?
- 6.1. No aplica.
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
- 7.1. Verificar las herramientas.
 - 7.2. Verificar repuestos en el pañol.
 - 7.3. Retirar repuestos del pañol.
 - 7.4. Verificar existencia inyectores calibrados en el pañol.
 - 7.5. Verificar que la máquina de ultra sonido contenga la solución limpiadora.
 - 7.6. Verificar la presión en la red neumática.
8. ¿Cuándo se debe realizar?
- 8.1. Cada 1.000 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.
9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?
- 9.1. No aplica.
10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
- 10.1. No aplica.

11. Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo

11.1. No aplica.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- | | | |
|-------|---|--------------|
| 12.1. | Paño Wypall x 75 plus. | 20 unidades. |
| 12.2. | Paño algodón retazo. | 15 unidades. |
| 12.3. | Alcohol etílico técnico. | 2 litros. |
| 12.4. | Guantes de nitrilo. | 4 pares. |
| 12.5. | Empaquetadura de vellumoide de 1/32 de pulgada de grosor, para la tapa de las válvulas. | 1 unidad. |
| 12.6. | Inyectores calibrados. | 6 unidades. |

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- 13.1. Llaves punta corona fraccionarias.
- 13.2. Dados fraccionarios, conexión 3/8 de pulgada.
- 13.3. Juego de llave allen fraccionarias.
- 13.4. Llave de chicharra conexión 3/8 de pulgada.
- 13.5. Llave de torque.

14. ¿Qué equipos se necesitan?

- 14.1. Máquina de ultrasonido.
- 14.2. Pistola neumática.

15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- 15.1. Mecánico automotriz.
- 15.2. Mecánico electricista.

16. ¿Qué servicios se requieren contratar?

No aplica.

17. ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

- 17.1. Mecánicos del Departamento Aeródromo.

18. ¿Quién será el responsable del trabajo?

18.1. Jefe de departamento

18.2. Supervisor

18.3. Jefe de taller

19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.

20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

20.1. Tiempo disponible: 4 horas.

- Inicio
- Término

21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

21.1. Horario administrativo.

22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo

22.1. Mantenición a inyectores : 2 mecánicos + 1 supervisor.

23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

23.1. No aplica.

24. ¿Qué pruebas se realizarán?

25. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

25.1. Puesta en marcha : Mecánicos del Departamento Aeródromo.

26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(whatif)?

26.1. ¿Qué pasa si se encuentran grietas en las boquillas de los inyectores de diésel?

- Cambiar él o los inyectores de diésel, por unos calibrados.
- Verificar que existen inyectores calibrados de recambio en el pañol.
- Enviar los inyectores a reparación y calibración.

26.2. ¿Qué pasa si la empaquetadura de la tapa de los inyectores está dañada?

- Cambiar empaquetadura.

- Verificar que exista repuesto.

26.3. ¿Qué pasa si durante la puesta en marcha hay presencia de exceso de humo negro por el escape?

- Realizar procedimiento para detectar que inyector esta obstruido internamente.
- Verificar que existen inyectores calibrados en el pañol.
- Cambiar inyector obstruido por uno calibrado.
- Enviar inyector con falla a calibración.

27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

- Pauta de trabajo.
- Check list del supervisor.

28. Instrucciones de seguridad

- 28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.
- 28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor esté en la posición desconectada.
- 28.4. Antes de iniciar los trabajos, se debe desconectar los cables de los bornes de las baterías.
- 28.5. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.6. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.
- 28.7. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.8. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.9. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.10. En trabajos donde dos mecánicos trabajarán en conjunto, se debe coordinar los movimientos para no ocasionar algún accidente.
- 28.11. Antes de desmontar las líneas de diésel, colocar bandeja metálica debajo del motor, para contener el diésel remanente de las líneas.

- 28.12. Utilizar guantes de nitrilo para efectuar el desmonte de líneas de diésel y los inyectores.
- 28.13. Al destapar la tapa de los inyectores, tenga precaución con los líquidos contenidos al interior.
- 28.14. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.15. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de diésel sobre el motor.
- 28.16. Al desmontar los inyectores y las líneas de diésel, colocar tapones
- 28.17. Verificar que regulador de presión de aire de la pistola neumática se encuentre en buenas condiciones.
- 28.18. Al efectuar la limpieza de los inyectores utilizar guantes de nitrilo.
- 28.19. Para montar los inyectores, el supervisor debe estar presente en todo momento.
- 28.20. El supervisor debe aplicar el par de torque a la tuerca de retención.
- 28.21. El supervisor debe inspeccionar la instalación de la tapa de las válvulas y aprete de las líneas de diésel.
- 28.22. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.
- 28.23. Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.
- 28.24. Verificar correcto montaje de los cables de los bornes de las baterías.

29. Temas pendientes

- 29.1. Revisar consumos en pañol.

30. Referencias

- 30.1. No aplica.

Pauta de Trabajo - Mantenición a los inyectores

Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento	Mecánico automotriz			
2	Desconectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
3	Abrir cubierta del motor	Mecánico automotriz			
4	Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante	Mecánico automotriz			
5	Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
6	Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico automotriz			
7	Desmontar la tapa de las válvulas	Mecánico automotriz			
8	Desmontar la líneas de diésel y desconectarlas de cada inyector	Mecánico automotriz			
9	Soltar la tuerca retenedora de cada inyector	Mecánico automotriz			
10	Desmontar cada inyector	Mecánico automotriz			
11	Limpiar los inyectores en la máquina de ultrasonido	Mecánico automotriz			
12	Inspeccionar visualmente la boquilla de cada inyector	Supervisor			
13	Montar los inyectores	Mecánico automotriz			
14	Instalar la tuerca retenedora de cada inyector	Mecánico automotriz			
15	Apretar tuerca a un par de torsión de 135 a 150 N · m	Supervisor			
16	Montar las líneas de alimentación de diésel.	Mecánico automotriz			
17	Instalar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.	Mecánico automotriz			
18	Verificar el aprete de los pernos de la tapa de las válvulas	Supervisor			
19	Montar estanque auxiliar de refrigerante	Mecánico automotriz			
20	Instalar ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
21	Montar ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico automotriz			
22	Conectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
23	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
24	Verificar parametros de operación	Supervisor			
25	Detener el motor	Mecánico automotriz			
26					
27					

Supervisor

Firma

Jefe de departamento

Firma

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo

Check list limpieza e inspección de inyectores: Motor Caterpillar 1693TA

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar la boquilla de cada inyector	☐	☐
2	Verificar montaje de cada inyector	☐	☐
3	Verificar par de torsión de las tuercas de retención	☐	☐
4	Verificar aprete de los pernos de la tapa de las válvulas	☐	☐
5	Verificar la instalación de estanque auxiliar de refrigerante	☐	☐
6	Verificar la instalacion de ducto de descarga gases de las válvulas	☐	☐
7	Verificar la instalación de ducto de admisión de aire del turbocompresor	☐	☐
8	Verificar la instalación de los cables de las baterías	☐	☐
9	Verificar parámetros de funcionamiento	☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
15		☐	☐
16		☐	☐
17		☐	☐

Observaciones:

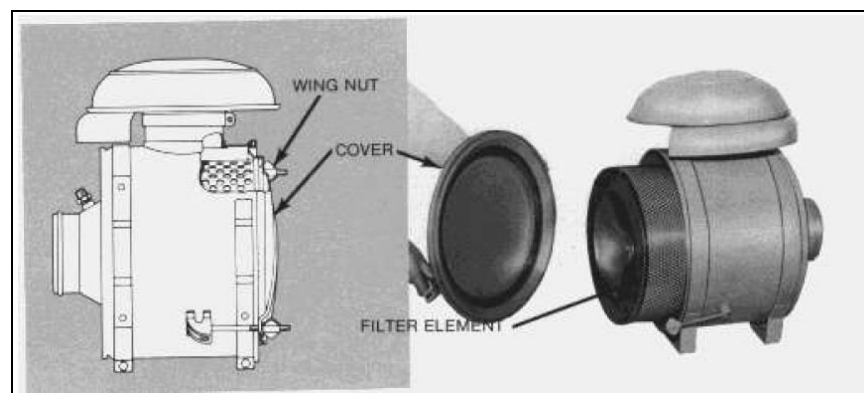
Supervisor

Fecha

Firma

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.2.C.**Planificación de mantención del filtro de aire de motor Caterpillar 1693TA**

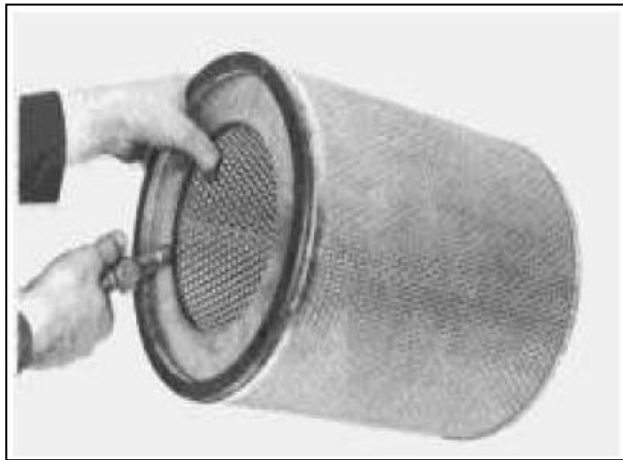
1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Desmonte de filtro de aire.
 - 1.2. Limpieza de filtro de aire.
 - 1.3. Inspección de filtro de aire.
2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendedores o especialistas para esta actividad?,¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1. Inspección de la superficie del filtro de aire. Si se consideró en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Verificar el cable de sujeción de la cubierta del motor.
 - 4.4. Abrir cubierta del motor.
 - 4.5. Soltar y retirar las tuercas mariposa del alojamiento del filtro de aire.
 - 4.6. Retirar la cubierta del alojamiento del filtro.
 - 4.7. Retirar el elemento filtro de aire. Ver Figura E-11.



Fuente: Caterpillar diésel truck engine

Figura E-11. Alojamiento del filtro de aire

- 4.8. Inspeccionar el filtro de aire, por posibles grietas.
- 4.9. Limpiar el filtro de aire. Ver Figura E-12.
- 4.10. Para limpiar el filtro de aire, utilizar aire limpio y seco a una presión que no exceda los 30 psi.



Fuente: Caterpillar diésel truckengine

Figura E-12. Limpieza del filtro de aire

- 4.11. Instalar filtro de aire en el alojamiento.
 - 4.12. Montar una empaquetadura nueva en la tapa del alojamiento del filtro.
 - 4.13. Montar tapa del alojamiento.
 - 4.1.4. Apretar tuercas mariposas del alojamiento.
 - 4.1.5. Poner en marcha el motor y verificar parámetros de funcionamiento.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
- 5.1. Aplicar freno de estacionamiento del carro.
 - 5.2. Desmontar filtro de aire desde el alojamiento.
 - 5.3. Inspeccionar el filtro de aire.
 - 5.4. Limpiar con aire el filtro de aire.
 - 5.5. Montar el filtro de aire en el alojamiento.
 - 5.6. Montar cubierta del alojamiento del filtro de aire.
 - 5.7. Limpieza de la zona de trabajo.

5.8. Poner en marcha el motor.

6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?

6.1. No aplica.

7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

7.1. Verificar las herramientas.

7.2. Verificar los consumos en el pañol.

7.3. Retirar los consumos del pañol.

7.4. Verificar existencia del filtro de aire en el pañol.

7.5. Verificar existencia de la empaquetadura del filtro de aire.

7.6. Verificar la presión en la red neumática.

8. ¿Cuándo se debe realizar?

8.1. Cada 200 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

9.1. No aplica.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

10.1. No aplica

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1. No aplica.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

12.1. Paño Wypall x 75 plus.	20 unidades.
12.2. Paño algodón retazo.	15 unidades.
12.3. Alcohol etílico técnico.	1 litro.
12.4. Guantes de nitrilo.	4 pares.
12.5. Filtro de aire.	1 unidad.
12.6. Empaquetadura de la tapa del filtro de aire.	1 unidad.

13. ¿Qué herramientas se necesitan?
- 13.1. Alicates boca plana.
14. ¿Qué equipos se necesitan?
- 14.1. Pistola neumática.
15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?
- 15.1. Mecánico automotriz.
16. ¿Qué servicios se requieren contratar?
- 16.1. No aplica.
17. ¿Quién o quienes realizarán el trabajo?
- 17.1. Mecánicos del Departamento Aeródromo.
18. ¿Quién será el responsable del trabajo?
- 18.1. Jefe de departamento.
- 18.2. Supervisor.
- 18.3. Jefe de taller.
19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?
- 19.1. Entregando a los mecánicos formularios de planificación, pautas de trabajo, check list.
20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?
- 20.1. Tiempo Disponible: 1 hora.
- Inicio :
 - Término :
21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?
- 21.1. Horario administrativo.
22. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

22.1. Mantenición a filtro de aire : 1 Mecánicos + 1 supervisor.

23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

23.1. No aplica.

24. ¿Qué pruebas se realizarán?

24.1. Puesta en marcha del motor.

25. ¿Quién o quienes realizarán las pruebas?

25.1. Puesta en marcha : Mecánicos

26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(what if)?

26.1. ¿Qué pasa si se encuentran grietas en el filtro de aire?

- Cambiar el filtro de aire.
- Verificar la existencia del filtro de aire en el pañol.

26.2. ¿Qué pasa si la empaquetadura está dañada?

- Cambiar la empaquetadura.
- Verificar la existencia de la empaquetadura en el pañol.

27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

27.1. Pauta de trabajo.

27.2. Check list del supervisor.

28. Instrucciones de seguridad

28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.

28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.

28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.

28.4. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.

- 28.5. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.
- 28.6. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.7. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.8. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.9. Utilizar guantes de nitrilo para efectuar el desmonte del filtro de aire.
- 28.10. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.11. El supervisor debe inspeccionar la instalación de la tapa del alojamiento y apreté de las tuercas mariposas.
- 28.12. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.
- 28.13. No poner en funcionamiento el motor sin un filtro de aire instalado.
- 28.14. No poner en funcionamiento el motor con un filtro de aire dañado.
- 28.15. No efectuar la limpieza e inspección del filtro de aire con el motor en marcha.
- 28.16. No golpee el filtro de aire para quitar el polvo.
- 28.17. Verificar que regulador de presión de aire de la pistola neumática se encuentre en buenas condiciones.
- 28.18. Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.

29. Temas pendientes

- 29.1. Revisar repuestos en pañol.

30. Referencias

- 30.1. No aplica.

Pauta de Trabajo - Mantención a filtro de aire

Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento del carro	Mecánico automotriz			
2	Soltar y retirar las tuercas del alojamiento del filtro de aire	Mecánico automotriz			
3	Retirar la cubierta del alojamiento del filtro	Mecánico automotriz			
4	Retirar el elemento filtro de aire	Mecánico automotriz			
5	Inspeccionar el filtro de aire	Supervisor			
6	Limpiar el filtro de aire	Mecánico automotriz			
7	Instalar filtro de aire en el alojamiento	Mecánico automotriz			
8	Inspeccionar montaje del filtro de aire	Supervisor			
9	Instalar tuercas del alojamiento del filtro de aire	Mecánico automotriz			
10	Inspeccionar aprete de las tuercas alojamiento	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
11	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
12	Verificar parametros de operación	Supervisor			
13	Detener el motor	Mecánico automotriz			
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Supervisor Firma

Jefe de departamento Firma

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo

Check list limpieza e inspección de filtro de aire: Motor Caterpillar 1693TA

Item	Actividad	Si	No
1	Inspeccionar cuerpo de elemento filtro	☐	☐
2	Verificar limpieza de filtro	☐	☐
3	Verificar instalación de filtro	☐	☐
4	Verificar instalación de tapa de alojamiento	☐	☐
5	Verificar aprete de las tuercas mariposas	☐	☐
8	Verificar parámetros de funcionamiento	☐	☐
9		☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
15		☐	☐
16		☐	☐
17		☐	☐

Observaciones:

Supervisor

Fecha

Firma

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.1.K.

Planificación de mantención a las baterías

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Inspección de niveles de las baterías (solo para baterías de plomo-ácido).
 - 1.2. Inspección del cuerpo de las baterías.
2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendors o especialistas para esta actividad?, ¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1. Inspección del cuerpo de las baterías. Si se consideró en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Abrir compartimiento de las baterías. Ver Figura E-13.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-12. Alojamiento de las baterías

- 4.4. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.
- 4.5. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
- 4.6. Desconectar las sujeciones de las baterías.

- 4.7. Retirar las baterías y déjelas en el lugar de trabajo.
- 4.8. Medir voltaje de las baterías (debe estar entre 12,4 voltios o más), utilizando un multímetro.
- 4.9. Inspeccionar el cuerpo de las baterías por posibles grietas.
- 4.10. Limpiar el cuerpo de las baterías.
- 4.11. Inspeccionar los bornes de las baterías.
- 4.12. Limpiar los bornes de las baterías, utilizando esponja scotch-brite, y las abrazaderas del cable.

4.1. Para baterías de plomo-ácido.

- 4.1.1. Inspeccionar los niveles de las baterías.
- 4.1.2. Inspeccionar nivel del electrolito, este debe estar en la marca full (lleno) de las baterías.
- 4.1.3. Si se encuentra el nivel bajo la marca full, añadir agua destilada hasta llegar a la marca full.
- 4.1.4. Retirar las tapas de abertura de llenado.
- 4.1.5. Añadir agua destilada hasta la marca full.
- 4.1.6. Instalar las tapas de llenado.

4.2. Para baterías de libre mantenimiento.

- 4.2.1. Verificar visor de nivel de electrolito se encuentre de color verde. Color verde indica batería totalmente cargada, color negro indica batería descargada y el color blanco es un indicador de nivel insuficiente de electrolito. Ver Figura E-14.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-14. Visor de nivel de electrolito

- 4.2.2. Una vez realizada las inspecciones a las baterías, medir voltaje de las baterías.
 - 4.2.3. Limpiar compartimiento de montaje de las baterías en el carro.
 - 4.2.4. Montar las baterías en el carro.
 - 4.2.5. Conectar las sujeciones de las baterías.
 - 4.2.6. Conectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
 - 4.2.7. Conectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.
 - 4.2.8. Aplicar una capa de vaselina a los conectores de los cables.
 - 4.2.9. Cerrar compartimiento de las baterías.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1 Aplicar freno de estacionamiento del carro.
 - 5.2 Desconectar las abrazaderas de los cables desde los bornes de las baterías
Desconectar cables de los bornes de las baterías.
 - 5.3 Desmontar las baterías.
 - 5.4 Inspeccionar el cuerpo, los bornes, los niveles y el voltaje de cada batería.
 - 5.5 Limpiar el cuerpo, los bornes y rellenar con agua destilada, para las baterías de plomo-acido. Para las baterías de libre mantenimiento limpiar el cuerpo, los bornes e inspeccionar color del visor de nivel del electrolito.
 - 5.6 Limpiar el compartimiento de montaje de las baterías en el carro.
 - 5.7 Montar las baterías en el carro.
 - 5.8 Conectar las abrazaderas de los cables a los bornes de las baterías.
 - 5.9 Limpiar la zona de trabajo.
 6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
 - 6.1 No aplica.
 7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
 - 7.1 Verificar los repuestos en pañol.
 - 7.2 Verificar existencia de baterías en el pañol.
 - 7.3 Retirar los consumos del pañol.
 8. ¿Cuándo se debe realizar

Cada 100 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?
9.1 No aplica.
10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
10.1 No aplica.
11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?
11.1 No aplica.
12. ¿Qué repuestos se necesitan?

12.1	Paño Wypall x 75 plus.	20 unidades.
12.2	Paño algodón retazo.	15 unidades.
12.3	Alcohol etílico técnico.	1 litro.
12.4	Agua destilada para baterías.	6 litros.
12.5	Esponja scotch-brite.	1 paquete (3 unidades)
12.6	Máscara de protección personal, modelo 6200.	1 unidad.
12.7	Filtro para ácido sulfúrico.	2 unidades.
12.8	Guantes de nitrilo.	8 unidades.
12.9	Buzo overrail 4510.	2 unidades.
12.10	Lentes de protección personal.	2 unidades.
12.11	Vaselina solida	100 gramos.
12.12	Batería 12V 200Ah	2 unidades.
13. ¿Qué herramientas se necesitan?
13.1 Llaves punta corona fraccionarias.
13.2 Dados pulgadas, conexión 3/8 de pulgada.
13.3 Llave de chicharra conexión 3/8 de pulgada.
14. ¿Qué equipos se necesitan?
14.1 Cargador de batería.
14.2 Multímetro.
15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- 15.1 Mecánico electricista.
16. ¿Qué servicios se requieren contratar?
- 16.1 No aplica.
17. ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?
- 17.1 Mecánico electricista del departamento aeródromo.
18. ¿Quién será el responsable del trabajo?
- 18.1 Jefe de departamento :
- 18.2 Supervisor :
- 18.3 Jefe de taller :
19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?
- 19.1 Entregando al mecánico, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.
20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?
- 20.1 Tiempo disponible: 2 hr.
- Inicio :
 - Término :
21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?
- 21.1 Horario administrativo.
22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo
- 22.1 Mantenición a las baterías: 1 Mecánico electricista + 1 supervisor.
23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
- 23.1 No aplica.
24. ¿Qué pruebas se realizarán?
- 24.1 Medición de voltaje de las baterías.
25. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?
- 25.1 Mecánico electricista.

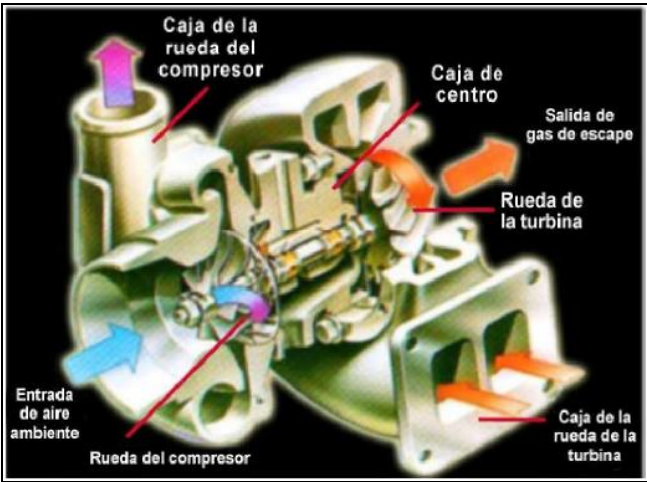
26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(whatif)?
- 26.1 ¿Qué pasa si se encuentran grietas en la batería?
- Cambiar la batería.
 - Verificar la existencia de baterías en el pañol
- 26.2 ¿Qué pasa si los bornes están desgastados?
- Cambiar la batería.
 - Verificar la existencia de baterías en el pañol.
- 26.3 ¿Qué pasa si el voltaje de las baterías después del mantenimiento está bajo 12,4 V?
- Cargar la batería, en carga lenta. La tasa de carga debe ser la recomendada por el fabricante o a 37 amperes aproximadamente. El voltaje de carga no debe exceder los 16 V. El tiempo de carga para una batería totalmente descargada es de aproximadamente 8 horas.
27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?
- Pauta de trabajo.
- 27.1 Check list del supervisor.
28. Instrucciones de Seguridad
- 28.1 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.
- 28.2 Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3 Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
- 28.4 Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.5 Utilizar máscara de protección personal con filtros para ácido sulfúrico, guantes de nitrilo, protección visual y ropa de protección.
- 28.6 Antes de desconectar los cables de las baterías, verificar que se encuentren marcados los bornes en relación a la polaridad.
- 28.7 Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.8 Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.9 Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite y grasa.
- 28.10 Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.

29. Temas pendientes
- 29.1 Revisar repuestos en bodega.
30. Referencias
- 30.1 No aplica.

Pauta de Trabajo - Mantenición de las baterías					
Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar freno de estacionamiento	Mecánico electricista			
2	Desconectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
3	Desconectar las sujeciones de las baterías	Mecánico electricista			
4	Retirar las baterías	Mecánico electricista			
5	Medir voltaje de las baterías	Mecánico electricista			
6	Voltaje de las baterías debe estar entre 12.4 volt o más.	Supervisor			
7	Inspeccionar el cuerpo de las baterías	Mecánico electricista			
8	Inspeccionar los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
9	Limpiar los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
10	Aplicar una capa de vaselina a los bornes	Mecánico electricista			
11	Inspeccionar los niveles de las baterías	Mecánico electricista			
12	Medir voltaje de las baterías	Supervisor			
11	Limpiar compartimiento de las baterías	Mecánico electricista			
12	Montar las baterías en el carro	Mecánico electricista			
13	Conectar las sujeciones a las baterías	Mecánico electricista			
14	Verificar correcto montaje de las baterías	Supervisor			
15					
16					
17					
18					
19					
Supervisor Firma					
Jefe de departamento Firma					

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.1.O.**Planificación de mantención de turbocompresor del motor Caterpillar 1693TA**

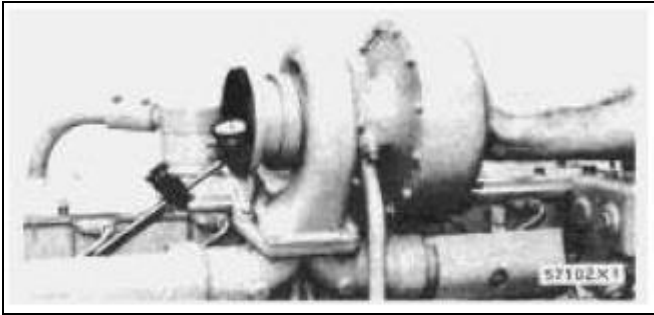
1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1 Inspección de ductos de descarga y admisión.
 - 1.2 Inspección del impulsor del compresor.
2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendors o especialistas para esta actividad? , ¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1 Inspección de ductos de descarga y admisión, inspección de impulsor del compresor. Si se consideraron en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Desconectar el ducto de descarga de gases del turbocompresor.
 - 4.4. Desconectar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 4.5. Inspeccionar visualmente los ductos, por presencia de aceite.
 - 4.6. Limpiar el interior de los ductos.
 - 4.7. Girar el conjunto del compresor y la rueda de la turbina con la mano. Ver Figura E-15.



Fuente: www.es.scribd.com/document/362301811/Curso-de-Motores

Figura E-15. Esquema del turbocompresor

4.8. Inspeccionar el juego axial del conjunto compresor. Ver Figura E-16.



Fuente: Caterpillar diésel truckengine

Figura E-16. Inspección del turbocompresor

- 4.9. Inspeccionar el cuerpo del turbocompresor.
 - 4.10. Conectar el ducto de descarga de gases.
 - 4.11. Conectar el ducto de admisión de aire.
 - 4.12. Poner en marcha el motor y verificar parámetros de funcionamiento.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
- 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desmontar los ductos de descarga y admisión.
 - 5.3. Inspeccionar y limpiar los ductos.

- 5.4. Inspeccionar el juego axial del conjunto compresor.
 - 5.5. Inspeccionar el cuerpo del turbocompresor.
 - 5.6. Conectar los ductos de descarga y admisión.
 - 5.7. Limpiar la zona de trabajo.
 - 5.8. Poner en marcha el motor.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
- 6.1. No aplica.
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
- 7.1. Verificar las herramientas.
 - 7.2. Verificar repuestos en el pañol.
 - 7.3. Retirar repuestos del pañol.
8. ¿Cuándo se debe realizar?
- 8.1. Cada 400 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500
9. El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, ¿cuáles?
- 9.1. No aplica.
10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
- 10.1. No aplica.
11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?
- 11.1. No aplica.
12. ¿Qué repuestos se necesitan?
- | | | |
|-------|----------------------------|--------------|
| 12.1. | Paño Wypall x 75- plus. | 20 unidades. |
| 12.2. | Paño algodón retazo | 15 unidades. |
| 12.3. | Alcohol etílico técnico. | 1 litro. |
| 12.4. | Esponja scotch-brite. | 2 paquetes. |
| 12.5. | WD-40 grande x 311 gramos. | 1 unidad. |
| 12.6. | Guantes de nitrilo- | 8 unidades. |

13. ¿Qué herramientas se necesitan?
- 13.1. Desatornillador cabeza plana.
 - 13.2. Desatornillador cabeza Phillips.
 - 13.3. Alicata boca plana.
 - 13.4. Dados fraccionarios, conexión 3/8 de pulgada.
 - 13.5. Llave de chicharra, conexión 3/8 de pulgada.
14. ¿Qué equipos se necesitan?
- 14.1. No aplica.
15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?
- 15.1. Mecánico automotriz.
16. ¿Qué servicios se requieren contratar?
- 16.1. Se requiere contratar el servicio de desmonte, reparación e instalación del turbocompresor, a la empresa EMD Ingeniería Diésel, al encontrarse alguna falla del turbocompresor durante la inspección.
17. ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?
- 17.1. Mecánicos del Departamento Aeródromo.
18. ¿Quién será el responsable del trabajo?
- 18.1. Jefe de departamento
 - 18.2. Supervisor
 - 18.3. Jefe de taller
19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?
- 19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.
20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?
- 20.1. Tiempo disponible: 2 horas
 - Inicio :
 - Término :

21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?
 - 21.1. Horario administrativo.

22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo.
 - 22.1. Mantención a turbocompresor : 1 Mecánicos + 1 supervisor.

23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
 - 23.1. El trabajo de desmonte, reparación e instalación del turbocompresor, se recepcionará a través del informe técnico de la empresa EMD ingeniería diésel.

24. ¿Qué pruebas se realizarán?
 - 24.1. Puesta en marcha del motor.

25. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?
 - 25.1. Puesta en marcha : Mecánicos

26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(whatif)?
 - 26.1. ¿Qué pasa si se encuentra un excesivo juego axial del conjunto del compresor?
 - Enviar el turbocompresor a reparación.
 - 26.2. ¿Qué pasa si se encuentra un exceso de aceite en los ductos?
 - Enviar el turbocompresor a reparación.
 - Limpiar ductos.
 - 26.3. ¿Qué pasa si encuentra corrosión en el cuerpo del turbocompresor?
 - Remover la corrosión con esponja abrasiva y WD-40.
 - Limpiar con paños de algodón y alcohol etílico.

27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?
 - 27.1. Pauta de trabajo.
 - 27.2. Check list del supervisor.

28. Instrucciones de seguridad
 - 28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.

- 28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
- 28.4. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.5. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.
- 28.6. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.7. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.8. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.9 Utilizar guantes de nitrilo, para efectuar el desmonte del turbocompresor.
- 28.10 Antes de desmontar el turbocompresor, colocar bandeja metálica debajo del motor, para contener el aceite en caso que hubiera en los ductos.
- 28.11. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.12. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de aceite sobre el motor.
- 28.13. El supervisor debe verificar el correcto montaje de los ductos de descarga y admisión.
- 28.14. En caso de cambiar el turbocompresor, el supervisor debe inspeccionar el correcto montaje.
- 28.15. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.
- 28.16. Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.

29. Temas pendientes:

- 29.1. Revisar repuestos en pañol.

30. Referencias:

- 30.1. No aplica.

Pauta de Trabajo - Mantenición de turbocompresor					
Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento	Mecánico automotriz			
2	Desconectar el ducto de descarga de gases	Mecánico automotriz			
3	Desconectar el ducto de admisión de aire	Mecánico automotriz			
4	Inspeccionar visualmente los ductos	Mecánico automotriz			
5	Girar el conjunto del compresor y la rueda de la turbina	Mecánico automotriz			
6	Inspeccionar el juego axial del conjunto compresor	Supervisor			
7	Inspeccionar el cuerpo del turbocompresor	Supervisor			
8	Conectar el ducto de descarga de gases	Mecánico automotriz			
9	Conectar el ducto de admisión de aire	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
10	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
11	Verificar los parametros de operación	Supervisor			
12	Detener el motor	Mecánico automotriz			
13					
14					
15					
16					
17					
Supervisor Firma					
Jefe de departamento Firma					

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo
Check list inspección de turbocompresor: Motor Caterpillar 1693TA

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar los ductos de descarga y admisión	☐	☐
2	Verificar el juego axial del conjunto del turbocompresor	☐	☐
3	Verificar la corrosión en el cuerpo del turbocompresor	☐	☐
4	Verificar la instalación de ductos de descarga y admisión	☐	☐
8	Verificar los parámetros de funcionamiento del motor	☐	☐
9	_____	☐	☐
10	_____	☐	☐
11	_____	☐	☐
12	_____	☐	☐
13	_____	☐	☐
14	_____	☐	☐
15	_____	☐	☐
16	_____	☐	☐
17	_____	☐	☐

Observaciones:

Supervisor _____

Fecha _____

Firma _____

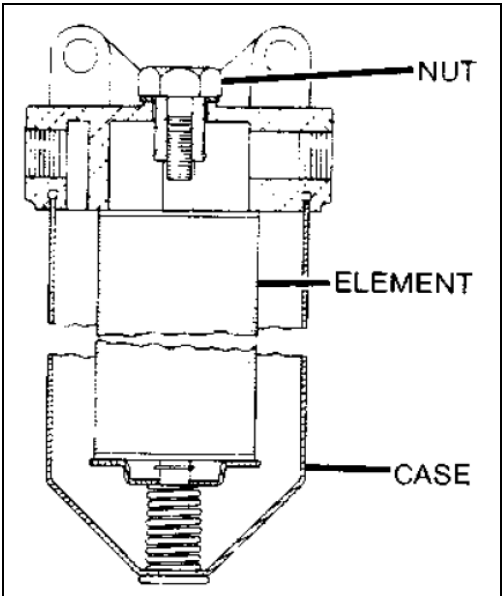
INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.2.D.**Planificación mantención de filtros de diésel de motor Caterpillar 1693TA**

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1 Desmonte de los filtros de diésel.
 - 1.2 Cambio del filtro diésel primario.
 - 1.3 Cambio de los filtros secundarios.

2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1 Cambio cíclico por horas de funcionamiento.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendedores o especialistas para esta actividad?
¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1 Cambio de filtro primario y secundario. Si se consideran en el alcance del trabajo.

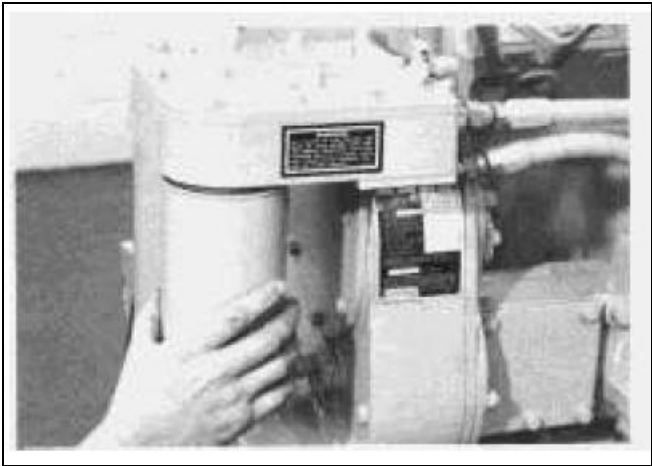
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1 Verificar que el interruptor de partida del motor este en posición desconectada.
 - 4.2 Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3 Verificar el cable de sujeción de la cubierta del motor.
 - 4.4 Abrir la cubierta del motor.
 - 4.5 Filtro de combustible primario
 - 4.5.1.Drenar el separador de agua del filtro primario.
 - 4.5.2. Soltar la tuerca en la tapa del filtro.
 - 4.5.3 Desmontar el filtro primario. Ver Figura E-17.
 - 4.5.4. Cambiar el filtro primario.
 - 4.5.5. Montar un filtro primario nuevo.
 - 4.5.6. Apretar la tuerca de la tapa del filtro.



Fuente: Caterpillar diésel truck engine

Figura E-17. Filtro de diésel primario

- 4.6. Filtros de diésel secundarios.
- 4.6.1. Soltar los filtros secundarios con la mano y desmontar. Ver Figura E-18.



Fuente: Caterpillar diésel truck engine

Figura E-18. Filtros de diésel secundarios

- 4.6.2. Limpiar las superficies de sellado en la base de los filtros.
- 4.6.3. Lubricar con diésel la junta de los filtros nuevos. Ver Figura E-19.

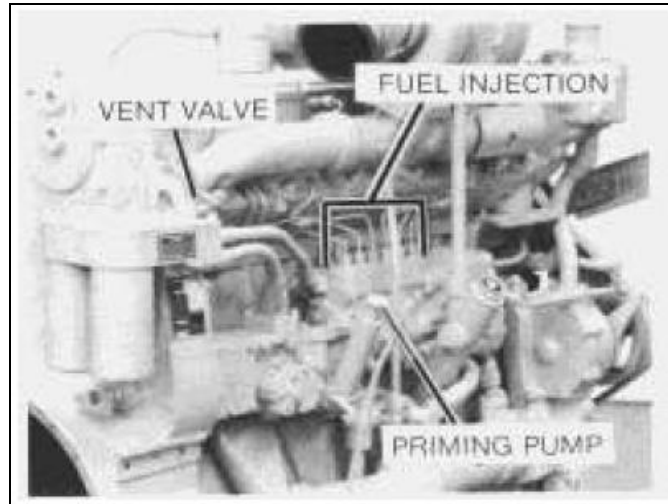


Fuente: Caterpillar diésel truck engine

Figura E-19. Empaquetadura del filtro de diésel secundario

- 4.6.4. Montar los filtros secundarios y apretar con la mano.
- 4.6.5. Una vez instalados los filtros cebar el sistema de diésel.

- 4.7. Cebado del sistema de diésel
 - 4.7.1. Abrir la válvula de ventilación de los filtros secundarios, ubicada en la carcasa de los filtros (ventvalve).
 - 4.7.2. Soltar la perilla del cebador de diésel (priming pump)
 - 4.7.3. Accionar y soltar el émbolo del cebador hasta que el flujo de combustible en la válvula de ventilación sea continuo y libre de aire.
 - 4.7.4. Cerrar la válvula de ventilación.
 - 4.7.5. Dejar el cebador en la posición de cierre.
 - 4.7.6. Soltar cada tuerca de la línea de diésel desde la bomba de inyección (una tuerca a la vez)
 - 4.7.7. Accionar y soltar el émbolo del cebador hasta que el diésel fluya desde la conexión de las líneas de diésel.
 - 4.7.8. Apretar cada tuerca de las líneas de diésel.
 - 4.7.9. Repetir los pasos 6.7.6. - 6.7.7. - 6.7.8., para cada una de las líneas de diésel desde la bomba de inyección. Ver Figura E-20.
 - 4.7.10. Bloquee la perilla del cebador en la posición de cierre.



Fuente: Caterpillar diésel truck engine

Figura E-20. Cebado del sistema de diésel

- 4.8. Poner en marcha el motor y verificar parámetros de funcionamiento.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desmontar el filtro primario de diésel.
 - 5.3. Inspeccionar el filtro primario.
 - 5.4. Limpiar el filtro primario de diésel.
 - 5.5. Montar el filtro primario de diésel nuevo.
 - 5.6. Desmontar los filtros secundarios.
 - 5.7. Cambiar filtros secundarios por unos filtros nuevos.
 - 5.8. Cebbar el sistema de diésel.
 - 5.9. Limpiar la zona de trabajo.
 - 5.10. Poner en marcha el motor.

6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
 - 6.1. No aplica.

7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

- 7.1. Verificar las herramientas.
- 7.2. Verificar los repuestos en el pañol.
- 7.3. Retirar los repuestos del pañol.
- 7.4. Verificar existencia del filtro primario y secundarios en pañol.

8 ¿Cuándo se debe realizar?

- 8.1. Cada 250 hr. de operación del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500.

9 El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

- 9.1. No aplica.

10 ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

- 10.1. No aplica.

11 ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

- 11.1. No aplica.

12 ¿Qué repuestos se necesitan?

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| 14.1. Paño Wypall x 75 plus. | : 20 unidades. |
| 14.2. Paño algodón retazo. | : 15 unidades. |
| 14.3. Alcohol etílico técnico. | : 1 litro. |
| 14.4. Guantes de nitrilo. | : 8 unidades. |
| 14.5. Filtro primario de diésel. | : 1 unidad. |
| 14.6. Filtro secundario de diésel. | : 2 unidades |

13 ¿Qué herramientas se necesitan?

- 15.1. Llaves punta corona fraccionarias.
- 15.2. Dados pulgadas, conexión 3/8 de pulgada.
- 15.3. Llave de chicharra, conexión 3/8 de pulgada.

14 ¿Qué equipos se necesitan?

- 14.1. No aplica.

15 Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- 15.1. Mecánico automotriz.

16 ¿Qué servicios se requieren contratar?

16.1. No aplica.

17 ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

17.1. Mecánicos del departamento aeródromo.

18 ¿Quién será el responsable del trabajo?

18.1. Jefe de departamento :

18.2. Supervisor :

18.3. Jefe de taller :

19 ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.

20 ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

20.1. Tiempo disponible: 1 hora.

20.2. Inicio :

20.3. Término :

21 ¿En qué horario se realizará el trabajo?

21.1. Horario administrativo.

22 ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

22.1. Mantenición a filtros de diésel : 1 Mecánicos + 1 supervisor.

23 ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

23.1. No aplica.

24 ¿Qué pruebas se realizarán?

24.1. Puesta en marcha del motor.

25 ¿Quién o quienes realizarán las pruebas?

25.1. Puesta en marcha : Mecánicos

26 Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(what if)?

28.1. ¿Qué pasa si se no se encuentran el filtro primario o secundarios en pañol?

- Inspeccionar el filtro primario y secundarios.
- Limpiar los filtros con una pistola neumática a una presión de aire de 30 psi.
- Gestionar la adquisición de filtros primarios y secundarios.

27 ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

27.1. Pauta de Trabajo.

27.2. Check list del supervisor.

28 Instrucciones de Seguridad

- 28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.
- 28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
- 28.4. Antes de iniciar los trabajos, se debe desconectar los cables de los bornes de las baterías.
- 28.5. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.6. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.
- 28.7. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.8. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.9. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.10. Utilizar guantes de nitrilo para efectuar el desmonte de los filtros.
- 28.11. Antes de desmontar los filtros, colocar bandeja metálica debajo del motor, para contener el diésel remanente de los filtros.
- 28.12. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.13. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de diésel sobre el motor.
- 28.14. El supervisor debe verificar el correcto montaje de los filtros.
- 28.15. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.

- 28.16. Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.

29 Temas pendientes

- 29.1. Revisar repuestos en pañol.

30 Referencias

- 30.1. No aplica

Pauta de Trabajo - Cambio de filtros de diésel					
Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento del carro	Mecánico automotriz			
2	Drenar el separador de agua del filtro primario	Mecánico automotriz			
4	Soltar la tuerca en la tapa del filtro primario	Mecánico automotriz			
5	Desmontar el filtro primario de diésel	Mecánico automotriz			
6	Cambiar el filtro primario de diésel	Mecánico automotriz			
7	Montar un filtro primario de diésel nuevo	Mecánico automotriz			
8	Apretar tuerca de la tapa del filtro primario	Mecánico automotriz			
9	Verificar la instalación de filtro primario	Supervisor			
10	Desmontar los filtros secundarios de diésel	Mecánico automotriz			
11	Limpiar las superficies de sellado en la base de los filtros	Mecánico automotriz			
12	Lubricar con diésel la junta de los filtros secundarios nuevos	Mecánico automotriz			
13	Montar los filtros secundarios	Mecánico automotriz			
14	Verificar instalación de los filtros secundarios	Supervisor			
15	Cebar el sistema de diésel	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
16	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
17	Verificar parametros de operación	Supervisor			
18	Detener el motor	Mecánico automotriz			
19					
20					
21					
Supervisor Firma		Jefe de departamento		Firma	

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo
Check list cambio de filtros de diésel: Motor Caterpillar 1693TA

Item	Actividad	Si	No
1	Inspeccionar el montaje del filtro primario de diésel	☐	☐
2	Verificar el aprete de la tuerca del filtro primario	☐	☐
3	Verificar la instalación de filtros secundarios de diésel	☐	☐
4	Verificar el cebado del sistema de diésel	☐	☐
5	Verificar el aprete de tuerca de líneas de diésel	☐	☐
8		☐	☐
9		☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
15		☐	☐
16		☐	☐
17		☐	☐
Observaciones:			
		Supervisor	
		Fecha	
		Firma	

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.1.H.**Planificación mantención de motor de partida de motor Caterpillar 1693TA.**

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Inspección del motor de partida.
 - 1.2. Cambio de los carbones.
2. ¿Por qué se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendedores o especialistas para esta actividad? , ¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1. Inspección de colector de la armadura. Si se consideran en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías
 - 4.4. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
 - 4.5. Desconectar el cable positivo del solenoide, que proveniente de las baterías.
 - 4.6. Desconectar el cable positivo del solenoide, que proveniente del interruptor de partida. Ver Figura E-21.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-21. Solenoide del motor de partida

- 4.7. Desconectar el cable negativo del motor de partida.
- 4.8. Soltar y desmontar las cuatro tuercas de sujeción del motor de partida.
Ver Figura E-22.
- 4.9. Enviar el motor de partida, a la empresa bobinados Miguel Soto, para inspección de los componentes y cambio de los carbones. Una vez terminada la inspección, coordinar con la empresa, para retirar el motor de partida.



Fuente: Base Aeronaval Concón

Figura E-22. Motor de partida

- 4.10. Montar las cuatro tuercas de sujeción del motor de partida.
 - 4.11. Conectar el cable negativo del motor de partida.
 - 4.12. Conectar el cable positivo del solenoide que proviene del interruptor de partida.
 - 4.13. Conectar el cable positivo del solenoide que proviene de las baterías.
 - 4.14. Conectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
 - 4.15. Conectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.
 - 4.16. Efectuar puesta en marcha del motor para verificar parámetros de funcionamiento.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desconectar las abrazaderas de los cables desde los bornes de las baterías.
 - 5.3. Desconectar los cables del solenoide.
 - 5.4. Desconectar el cable negativo del motor de partida.
 - 5.5. Soltar y desmontar las cuatro tuercas de sujeción del motor de partida.
 - 5.6. Montar las cuatro tuercas de sujeción del motor de partida.
 - 5.7. Conectar el cable negativo del motor de partida.
 - 5.8. Conectar los cables del solenoide.
 - 5.9. Montar las abrazaderas de los cables a los bornes de las baterías.
 - 5.10. Limpiar la zona de trabajo.
 - 5.11. Efectuar puesta en marcha del motor.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
 - 6.1. En inspecciones anteriores no se verifica el eje de la armadura, ante lo cual se planifica la mantención del motor de partida a una empresa externa, en donde realizarán las pruebas al motor de partida.
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
 - 7.1. Verificar las herramientas.
 - 7.2. Verificar los repuestos en el pañol.
 - 7.3. Retirar los repuestos del pañol.
8. ¿Cuándo se debe realizar?
 - 8.1. Cada 800 hr . de operación del carro.

9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?
- 9.1. No aplica.
10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
- 10.1. No aplica.
11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?
11. .No aplica.
12. ¿Qué repuestos se necesitan?
- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 12.1. Paño Wypall x 75 plus. | 20 unidades. |
| 12.2. Paño algodón retazo. | 15 unidades. |
| 12.3. Alcohol etílico técnico. | 1 litros. |
| 12.4. Guantes de nitrilo. | 12 unidades. |
13. ¿Qué herramientas se necesitan?
- 13.1. Llaves punta corona fraccionarias.
- 13.2. Dados fraccionarios, conexión 3/8 de pulgada.
- 13.3. Desatornillador, cabeza plana.
- 13.4. Desatornillador, cabeza phillips.
- 13.5. Llave de chicharra conexión 3/8 de pulgada.
14. ¿Qué equipos se necesitan?
- 14.1. No aplica.
15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?
- 15.1. Mecánico electricista.
- 15.2. Mecánico automotriz.
16. ¿Qué servicios se requieren contratar?
- 16.1. Servicio de mantención al motor de partida.

17. ¿Quién o quienes realizarán el trabajo?
 - 17.1. Servicio de mantención a motor de partida: Bobinados Miguel Soto.
18. ¿Quién será el responsable del trabajo?
 - 18.1. Jefe de departamento
 - 18.2. Supervisor
 - 18.3. Jefe de taller
19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?
 - 19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list, para el desmonte y montaje del motor de partida.
20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?
 - 20.1. Tiempo disponible: 2 días hábiles para efectuar el cambio de componentes del motor de partida por parte de la empresa bobinados Miguel Soto y 2 horas para efectuar el desmonte y montaje del motor de partida por parte de los mecánicos del departamento aeródromo.
 - Inicio :
 - Término :
21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?
 - 21.1. Horario administrativo.
22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo
 - 22.1. Mantención a motor de partida : 2 mecánicos + 1 supervisor.
23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
 - 23.1. Mantención a motor de partida: informe técnico de bobinados Miguel Soto.
24. ¿Qué pruebas se realizarán?
 - 24.1. Puesta en marcha del motor.
25. ¿Quién o quienes realizarán las pruebas?

- 25.1. Puesta en marcha del motor : Mecánicos del departamento aeródromo.
26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(whatif)?
- 26.1. ¿Qué pasa si el cable de las baterías se encuentra cortado?
- Reparar el cable.
- 26.2. ¿Qué pasa si los cables del motor de partida se encuentran cortados?
- Reparar el cable.
27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?
- 27.1. Pauta de Trabajo.
- 27.2. Check list del supervisor.
28. Instrucciones de Seguridad
- 28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.
- 28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
- 28.4. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.5. Verificar que la zona de trabajo se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.6. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.7. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.8. Utilizar guantes de nitrilo para efectuar el desmonte del motor de partida.
- 28.9. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.10. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de aceite sobre el motor de partida.
- 28.11. El supervisor debe verificar el correcto montaje de los tornillos del motor de partida.

28.12. El supervisor debe verificar el correcto montaje de los cables del motor de partida.

28.13. El supervisor debe verificar el correcto montaje de los cables de las baterías.

28.14. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.

28.1.5 Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.

29. Temas pendientes

29.1. Revisar repuestos en pañol.

30. Referencias

30.1. No aplica.

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo			
Check list mantenimiento de motor de partida: Motor Caterpillar 1693TA			
Item	Actividad	Si	No
1	Verificar el aprete de las tuercas de sujeción del motor de partida	☐	☐
2	Verificar el montaje de los cables del motor de partida	☐	☐
3	Verificar el montaje de los cables de la solenoide	☐	☐
4	Verificar el montaje de las abrazaderas de los cable de las baterías	☐	☐
5		☐	☐
6		☐	☐
7		☐	☐
8		☐	☐
9		☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
15		☐	☐
16		☐	☐
17		☐	☐
Observaciones:			
		Supervisor	_____
		Fecha	_____
		Firma	_____

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.1.A.**Planificación de cambio de bujías incandescentes de motor Caterpillar 1693TA**

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Cambio de bujías incandescentes.
2. ¿Porque se debe realizar?
 - 2.1. Cambio por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendarse o especialistas para esta actividad? , ¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1. No aplica
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Abrir compartimiento de las baterías. Ver Figura E-23.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-23. Habitación de las baterías

- 4.4. Desconectar el cable del borne negativo de las baterías.

- 4.5. Desconectar el cable del borne positivo de las baterías.
- 4.6. Verificar cable de sujeción de la cubierta del motor.
- 4.7. Abrir cubierta del motor.
- 4.8. Desmontar el perfil metálico diagonal del lado derecho del motor (visto desde la parte trasera del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500) desde el compartimiento del motor. Ver Figura E-24.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-24. Perfil metálico diagonal

- 4.9. Desmontar las líneas del estanque auxiliar de líquido refrigerante, para el enfriador de líquido refrigerante. Posteriormente desmontar el estanque auxiliar de refrigerante. Ver Figura E-25.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-25 Ubicación de estanque auxiliar de refrigerante

- 4.10. Desconectar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor. Ver Figura E-26.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-26. Ducto de descarga de gases

- 4.11. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor. Ver Figura E-27.



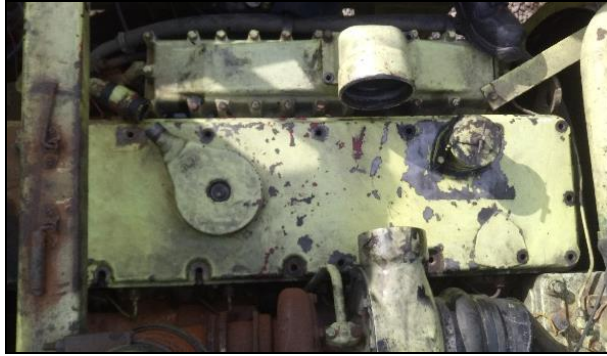
Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-27. Ducto del turbocompresor

4.1.2. Limpiar la tapa de las válvulas del motor.

4.13. Desmontar los pernos de sujeción de la tapa de las válvulas del motor.

Ver Figura E-28.



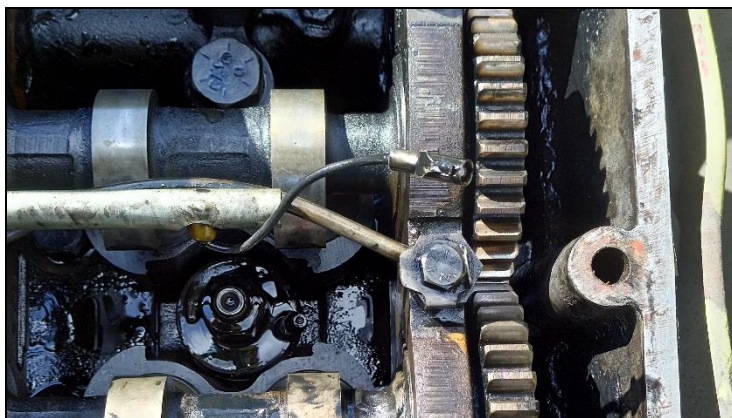
Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-28. Tapa de las válvulas del motor

4.14. Desmontar la tapa de las válvulas y la empaquetadura.

4.15. Desmontar cable de alimentación cada una de las bujías incandescentes.

Ver Figura E-29.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-29. Cable de alimentación de la bujía incandescente

4.16. Desmontar cada bujía incandescente. Ver Figura E-30.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-30. Bujía incandescente

- 4.17. Aplicar antigripante en la rosca de cada una de las bujías incandescentes.
- 4.18. Montar cada bujía incandescente nueva en el cuerpo del motor.
- 4.19. Apretar cada una de las bujías incandescentes a un par de torsión de 14 a 16 N · m .
- 4.20. Conectar el cable de alimentación de cada una de las bujías incandescentes.
- 4.21. Instalar la empaquetadura nueva de la tapa de las válvulas.
- 4.22. Instalar la tapa de las válvulas y apretar los pernos de sujeción.
- 4.23. Montar el estanque auxiliar de refrigerante y sus respectivas líneas.
- 4.24. Montar el perfil metálico diagonal del lado derecho del compartimiento del motor.
- 4.25. Instalar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor.
- 4.26. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
- 4.27. Inspeccionar que todas las herramientas se encuentren en su lugar en la caja de herramientas.
- 4.28. Cerrar cubierta del motor.
- 4.29. Limpiar la zona de trabajo.
- 4.30. Conectar el cable del borne positivo de las baterías.
- 4.31. Conectar el cable del borne negativo de las baterías.
- 4.32. Cerrar el compartimiento de las baterías.

- 4.33. Efectuar puesta en marcha del motor para verificar parámetros de funcionamiento.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desconectar los cables de los bornes de las baterías.
 - 5.3. Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.4. Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.5. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.6. Desmontar la tapa de las válvulas del motor.
 - 5.7. Desmontar el cable de alimentación de cada una de las bujías incandescentes.
 - 5.8. Desmontar cada bujía incandescente.
 - 5.9. Montar las bujías incandescentes nuevas en el cuerpo del motor.
 - 5.10. Montar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.
 - 5.11. Montar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.12. Montar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.13. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.14. Montar las abrazaderas de los cables a los bornes de las baterías.
 - 5.15. Limpiar la zona de trabajo.
 - 5.16. Efectuar la puesta en marcha del motor.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
 - 6.1. No aplica.
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
 - 7.1. Verificar las herramientas.
 - 7.2. Verificar los repuestos en pañol.
 - 7.3. Retirar los repuestos de pañol.
 - 7.4. Verificar existencia de las bujías incandescentes en pañol.
8. ¿Cuándo se debe realizar?
 - 8.1. Cada 2.000 hr. de operación del carro.

9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

9.1. Depende de la actividad de mantenimiento, de cambio de los inyectores de diésel, para calibración.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

10.1. No aplica.

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1. Cambio de inyectores para calibración.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- | | |
|---|--------------|
| 12.1. Paño Wypall x 75 plus. | 20 unidades. |
| 12.2. Paño algodón retazo. | 15 unidades. |
| 12.3. Alcohol etílico técnico. | 1 litro. |
| 12.4. Limpia contactos eléctricos 400 ml. | 1 unidad. |
| 12.5. Antigripante para altas temperaturas. | 1 unidad |
| 12.6. Bujía incandescente. | 6 unidades. |

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- 13.1. Llaves punta corona, fraccionarias.
- 13.2. Dados pulgadas, conexión 3/8 de pulgada.
- 13.3. Llave de chicharra, conexión 3/8 de pulgada.
- 13.4. Llave de torque.

14. ¿Qué equipos se necesitan

14.1 No aplica.

15. ¿Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?

- 15.1. Mecánico electricista.
- 15.2. Mecánico automotriz.

16. ¿Qué servicios se requieren contratar?
 - 16.1. No aplica.
17. ¿Quién o quienes realizarán el trabajo?
 - 17.1. Mecánicos del departamento aeródromo.
18. ¿Quién será el responsable del trabajo?
 - 18.1. Jefe de departamento
 - 18.2. Supervisor
 - 18.3. Jefe de taller
19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?
 - 19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.
20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?
 - 20.1. Tiempo disponible: 2 hr.
 - Inicio
 - Termino
21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?
 - 21.1. Horario administrativo.
22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo
 - 22.1. Cambio de bujías incandescentes : 2 Mecánicos + 1 supervisor.
23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
 - 23.1. No aplica.
24. ¿Qué pruebas se realizarán?
 - 24.1. Puesta en marcha del motor.
25. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?
 - 25.1. Puesta en marcha del motor : Mecánico electricista.

26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(what if)?
- 26.1. ¿Qué pasa si se el cable de las baterías se encuentra cortado?
- Reparar cable.
- 26.2. ¿Qué pasa si el cable de la bujía incandescente se encuentra cortado?
- Reparar cable.
- 26.3. ¿Qué pasa si la conexión del cable a la bujía incandescente está sucia?
- Aplicar limpia contactos a la conexión.
27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?
- 27.1. Pauta de trabajo.
- 27.2. Check list del supervisor.
28. Instrucciones de seguridad
- 28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.
- 28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
- 28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
- 28.4. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.
- 28.5. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.
- 28.6. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
- 28.7. Antes de iniciar el cambio de las bujías incandescentes, el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
- 28.8. Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
- 28.9. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
- 28.10. Para montar una bujía incandescente el supervisor debe aplicar el par de torsión.
- 28.11. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.
- 28.12., Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar, una vez terminado el trabajo.

29. Temas pendientes

29.1. Revisar repuestos en pañol.

30. Referencias

30.1. No aplica.

Pauta de Trabajo - Cambio de bujías incandescentes

Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento	Mecánico electricista			
2	Desconectar las abrazaderas de los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
3	Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante	Mecánico automotriz			
4	Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
5	Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico automotriz			
6	Desmontar la tapa de las válvulas	Mecánico automotriz			
7	Desmontar el cable de alimentación de cada bujía	Mecánico electricista			
8	Desmontar cada bujía incandescente	Mecánico electricista			
9	Montar las bujías incandescentes nuevas	Mecánico electricista			
10	Apretar la bujía nueva a un par de torsión de 14 a 16 N·m	Supervisor			
11	Montar el cable de alimentación de cada bujía	Mecánico electricista			
12	Conectar las abrazaderas de los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
13	Instalar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.	Mecánico automotriz			
14	Verificar el aprete de los pernos de la tapa de las válvulas	Supervisor			
15	Instalar ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
16	Montar ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico electricista			
17	Conectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
18	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
19	Verificar parametros de operación	Supervisor			
20	Detener el motor	Mecánico automotriz			
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					

SupervisorFirma

Jefe de departamentoFirma

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo			
Check list cambio de bujías incandescentes: Motor Caterpillar 1693TA			
Item	Actividad	Si	No
1	Verificar el montaje de las bujías incandescentes nuevas	☐	☐
2	Verificar la aplicación de antigripante en la rosca de las bujías	☐	☐
3	Verificar el par de torsión a las bujias incandescentes	☐	☐
4	Verificar estado de los cables de la conexión de las bujías incandescentes	☐	☐
5	Verificar la instalación de estanque auxiliar de refrigerante	☐	☐
6	Verificar la instalacion de ducto de descarga gases de las válvulas	☐	☐
7	Verificar la instalación de ducto de admisión de aire del turbocompresor	☐	☐
8	Verificar la instalación de las abrazaderas de los bornes de las baterías	☐	☐
9	Verificar los parámetros de funcionamiento	☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
Observaciones:			
		Supervisor	
		Fecha	
		Firma	

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL MODO DE FALLA 1.1.Q.**Planificación de trabajo para calibración de inyectores de motor Caterpillar 1693TA.**

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1. Calibración de inyectores.
2. ¿Por qué se debe realizar?
 - 2.1. Mantenimiento preventivo por horas de funcionamiento.
3. ¿Cuáles son las recomendaciones de los vendedores o especialistas para esta actividad?, ¿se consideraron en el alcance del trabajo?
 - 3.1. Calibración de inyectores por horas de funcionamiento. Si se considera en el alcance del trabajo.
4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?
 - 4.1. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.
 - 4.2. Aplicar el freno de estacionamiento del carro.
 - 4.3. Abrir el compartimiento de las baterías. Ver Figura E-31.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-31. Baterías

- 4.4. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne negativo de las baterías.

- 4.5. Desconectar la abrazadera del cable desde el borne positivo de las baterías.
- 4.6. Verificar el cable de sujeción de la cubierta del motor.
- 4.7. Abrir cubierta del motor.
- 4.8. Desmontar el perfil metálico diagonal del lado derecho (visto desde la parte trasera del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500) desde el compartimiento del motor. Ver Figura E-32.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-32. Perfil metálico

- 4.9. Desmontar las líneas del estanque auxiliar de líquido refrigerante. Posteriormente desmontar el estanque auxiliar de refrigerante. Ver Figura E-33.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-33. Línea de alimentación del estanque auxiliar

- 4.10. Desmontar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor. Ver Figura E-34.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-34. Ducto de descarga de gases de las válvulas

4.11. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor. Ver Figura E-35.



Fuente: Elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-35. Ducto de aire del turbocompresor

- 4.12. Limpiar la tapa de las válvulas del motor.
- 4.13. Desmontar los pernos de sujeción de la tapa de las válvulas del motor.
Ver Figura E-36.

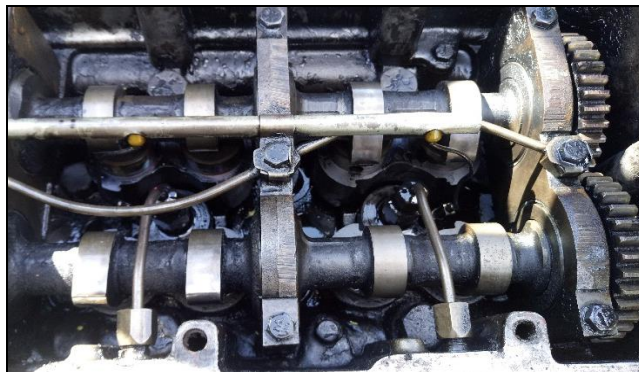


Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-36. Desmonte de la tapa de las válvulas

4.14. Desmontar la tapa de las válvulas y la empaquetadura.

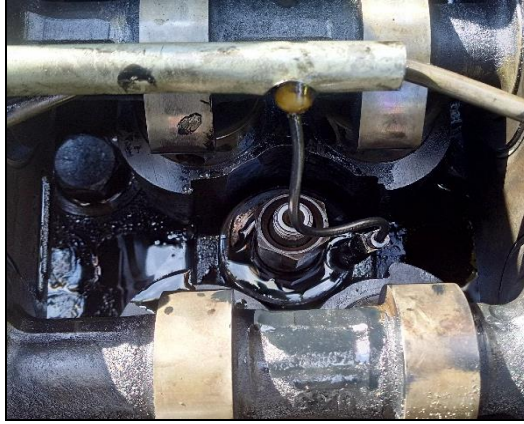
4.15. Soltar y desmontar las líneas de alimentación de diésel, para cada inyector. Ver Figura E-37.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-37. Líneas de alimentación de diésel

4.16. Soltar y desmontar la tuerca retenedora de cada inyector. Ver Figura E-38.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-38. Tuerca retenedora

4.17. Desmontar cada inyector. Ver Figura E-39.



Fuente: elaboración propia, fotografía del carro bomba aeroportuario Oshkosh M-1500

Figura E-39. Extracción de inyector

- 4.18. Montar los inyectores calibrados en el cuerpo del motor.
- 4.19. Instalar cada tuerca retenedora y apretar a un par de torsión de 135 a 150 N · m.
- 4.20. Instalar y apretar cada línea de alimentación de diésel de los inyectores.
- 4.21. Instalar la empaquetadura nueva de la tapa de las válvulas.
- 4.22. Instalar la tapa de las válvulas y apretar los pernos de sujeción.
- 4.23. Montar el estanque auxiliar de refrigerante y sus respectivas líneas.
- 4.24. Montar el perfil metálico diagonal del lado derecho del compartimiento del motor.

- 4.25. Instalar el ducto de descarga de los gases del compartimiento de las válvulas del motor.
 - 4.26. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 4.27. Inspeccionar que todas las herramientas se encuentren en su lugar en la caja de herramientas.
 - 4.28. Cerrar la cubierta del motor.
 - 4.29. Limpiar la zona de trabajo.
 - 4.30. Conectar la abrazadera del cable al borne positivo de cada batería.
 - 4.31. Conectar la abrazadera del cable al borne negativo de cada batería.
 - 4.32. Cerrar el compartimiento de las baterías.
 - 4.33. Efectuar la puesta en marcha del motor para verificar parámetros y posibles anomalías.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
- 5.1. Aplicar el freno de estacionamiento.
 - 5.2. Desconectar las abrazaderas de los cables desde los bornes de las baterías.
 - 5.3. Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.4. Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.5. Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.6. Desmontar la tapa de las válvulas del motor.
 - 5.7. Desmontar las líneas de alimentación de diésel de los inyectores.
 - 5.8. Desmontar la tuerca retenedora de los inyectores.
 - 5.9. Desmontar los inyectores.
 - 5.10. Montar los inyectores calibrados en el cuerpo del motor.
 - 5.11. Montar la tuerca retenedora de cada inyector.
 - 5.12. Montar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.
 - 5.13. Montar el estanque auxiliar de refrigerante.
 - 5.14. Montar el ducto de descarga de gases de las válvulas.
 - 5.15. Montar el ducto de admisión de aire del turbocompresor.
 - 5.16. Montar las abrazaderas de los cables a los bornes de las baterías.
 - 5.17. Efectuar puesta en marcha del motor.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y como se evitarán?
- 6.1. No aplica.
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
- 7.1. Verificar las herramientas.

- 7.2. Verificar los repuestos en el pañol.
- 7.3. Retirar los repuestos de pañol.
- 7.4. Verificar existencia de inyectores calibrados en pañol.

8. ¿Cuándo se debe realizar?

- 8.1. Cada 2000 hrs. de operación del carro.

9. El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

- 9.1. No aplica.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

- 10.1. El término de este trabajo, afecta el inicio del trabajo de cambio de las bujías incandescentes.

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

- 11.1. Cambio de las bujías incandescentes.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- | | |
|---|--------------|
| 12.1. Paño Wypall x 75 plus. | 20 unidades. |
| 12.2. Paño algodón retazo. | 15 unidades |
| 12.3. Alcohol etílico técnico. | 2 litros. |
| 12.4. Guantes de nitrilo. | 6 pares. |
| 12.5. Empaquetadura de vellumoiide de 1/32 | |
| 12.6. de pulgada de grosor, para la tapa de las | |
| 12.7. válvulas. | 1 unidad. |
| 12.8. Inyectores calibrados. | 6 unidades. |

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- 13.1. Llaves punta corona fraccionarias.
- 13.2. Dados fraccionarios, conexión 3/8 de pulgada.
- 13.3. Llave de chicharra, conexión 3/8 de pulgada.

13.4. Llave de torque

14. ¿Qué equipos se necesitan?

14.1. No aplica.

15. Indique (seleccione) ¿qué competencias técnicas requiere el trabajo?

15.1. Mecánico automotriz

15.2. Mecánico electricista.

16. ¿Qué servicios se requieren contratar?

16.1. Servicio de calibración de inyectores

17. ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

17.1. Servicio de calibración de inyectores: Empresa EMD Ingeniería Diésel.

18. ¿Quién será el responsable del trabajo?

18.1. Jefe de departamento

18.2. Supervisor

18.3. Jefe de taller

19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

19.1. Entregando a los mecánicos, formularios de planificación, pautas de trabajo y check list.

20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo? 20.1. Tiempo disponible: 4 días hábiles para efectuar la calibración de los inyectores por parte de la empresa EMD Ingeniería Diésel y 3 horas para efectuar el cambio de inyectores por parte de los mecánicos del departamento aeródromo.

Inicio

Término

21. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

21.1. Horario administrativo.

22. Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo

22.1. Cambio de inyectores : 2 mecánicos + 1 supervisor.

23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

23.1. Calibración de inyectores: informe técnico de EMD Ingeniería diésel.

24. ¿Qué pruebas se realizarán?

24.1. Puesta en marcha del motor.

25. ¿Quién o quienes realizarán las pruebas?

25.1. Puesta en marcha del motor : Mecánicos del Departamento Aeródromo.

26. Realice un análisis de riesgo de esta actividad ¿(what if)?

26.1. ¿Qué pasa si no hay existencia de empaquetadura de válvulas en el pañol?

- Inspeccionar empaquetadura de válvulas que se desmontó y si no se encuentra ninguna anomalía, montar la empaquetadura.

27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

27.1. Pauta de trabajo.

27.2. Check list del supervisor.

28. Instrucciones de seguridad

28.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe desconectar el carro de la fuente de 220 VAC.

28.2. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.

28.3. Verificar que el interruptor de partida del motor este en la posición desconectada.

28.4. Antes de iniciar los trabajos, se debe verificar que el motor se encuentre frío, es decir que no haya puesto en marcha con anterioridad.

28.5. Antes de iniciar los trabajos, se debe desconectar los cables de los bornes de las baterías.

28.6. Antes de iniciar el trabajo informe al supervisor sobre los trabajos a realizar.

28.7. Verificar que los cables de sujeción de la tapa del motor se encuentren en buenas condiciones.

- 28.8. Verificar que la estructura de trabajo del carro se encuentre limpia, sin la presencia de aceite, diésel y objetos que obstruyan el libre paso.
 - 28.9. Antes de iniciar el mantenimiento el supervisor debe estudiar, planificar y capacitar al personal que realizara esta actividad.
 - 28.10 Tenga precaución, puede que al iniciar el mantenimiento existan superficies calientes.
 - 28.11. En trabajos donde dos mecánicos trabajarán en conjunto, se debe coordinar los movimientos para no ocasionar algún accidente.
 - 28.12. Antes de desmontar las líneas de diésel, colocar bandeja metálica debajo del motor, para contener el diésel remanente de las líneas.
 - 28.13. Utilizar guantes de nitrilo para efectuar el desmonte de líneas de diésel y los inyectores.
 - 28.14. Al destapar la tapa de los inyectores, tenga precaución con los líquidos contenidos al interior.
 - 28.15. Al remover cualquier componente, este se debe dejar en una caja.
 - 28.16. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de diésel sobre el motor.
 - 28.17. Al desmontar los inyectores y las líneas de diésel, colocar tapones.
 - 28.28. Para montar los inyectores calibrados, el supervisor debe estar presente en todo momento.
 - 28.29. El supervisor debe aplicar el par de torque a la tuerca de retención.
 - 28.30 El supervisor debe inspeccionar la instalación de la tapa de las válvulas y apreté de las líneas de diésel.
 - 28.31. Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa y diésel.
 - 28.32. Inspección de la caja de herramientas de que todas las herramientas se encuentren en su lugar.
 - 28.33. Verificar correcto montaje de los cables de los bornes de las baterías.
- 29. Temas pendientes
 - 29.1. Revisar repuestos en pañol.
- 30. Referencias
 - 30.1. No aplica.

Pauta de Trabajo - Cambio de los inyectores

Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Aplicar el freno de estacionamiento	Mecánico automotriz			
2	Desconectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico electricista			
3	Abrir la cubierta del motor	Mecánico automotriz			
4	Desmontar el estanque auxiliar de refrigerante	Mecánico automotriz			
5	Desmontar el ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
6	Desmontar el ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico automotriz			
7	Desmontar la tapa de las válvulas	Mecánico automotriz			
8	Desmontar la líneas de diésel y desconectarlas de cada inyector	Mecánico automotriz			
9	Soltar la tuerca retenedora de cada inyector	Mecánico automotriz			
10	Desmontar cada inyector	Mecánico automotriz			
11	Montar los inyectores calibrados	Mecánico automotriz			
12	Instalar la tuerca retenedora de cada inyector	Mecánico automotriz			
13	Apretar tuerca a un par de torsión de 135 a 150 N · m	Supervisor			
14	Montar las líneas de alimentación de diésel.	Mecánico automotriz			
15	Instalar la empaquetadura y la tapa de las válvulas.	Mecánico automotriz			
16	Verificar el aprete de los pernos de la tapa de las válvulas	Supervisor			
17	Montar estanque auxiliar de refrigerante	Mecánico automotriz			
18	Instalar ducto de descarga de gases de las válvulas	Mecánico automotriz			
19	Montar ducto de admisión de aire del turbocompresor	Mecánico automotriz			
20	Conectar los cables de los bornes de las baterías	Mecánico automotriz			
	Pruebas operacionales				
21	Poner en marcha el motor	Mecánico automotriz			
22	Verificar los parametros de operación	Supervisor			
23	Detener el motor	Mecánico automotriz			

Supervisor Firma

Jefe de departamento Firma

Base Aeronaval Concón - Departamento aeródromo

Check list limpieza e inspección de inyectores: Motor Caterpillar 1693TA

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar montaje de los inyectores calibrados	☐	☐
2	Verificar par de torsión de las tuercas de retención	☐	☐
3	Verificar aprete de los pernos de la tapa de las válvulas	☐	☐
4	Verificar la instalación de estanque auxiliar de refrigerante	☐	☐
5	Verificar la instalacion de ducto de descarga gases de las válvulas	☐	☐
6	Verificar la instalación de ducto de admisión de aire del turbocompresor	☐	☐
7	Verificar la instalación de los cables de las baterías	☐	☐
8	Verificar parámetros de funcionamiento	☐	☐
9		☐	☐
10		☐	☐
11		☐	☐
12		☐	☐
13		☐	☐
14		☐	☐
15		☐	☐
16		☐	☐
17		☐	☐

Observaciones:

Supervisor

Fecha

Firma