

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A
FLOTA DE CAMIONES ELÉCTRICOS 795F AC CATERPILLAR, MINERA
LOS BRONCES**

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

Alumno:
Sergio Antonio Yevenes Bravo

Profesor Guía:
Ing. Carlos Baldi González

2018

RESUMEN

KEYWORDS: RCM – 795F AC – FAENA LOS BRONCES – CONFIABILIDAD – FMECA – RCM – HOJA DE DECISIONES.

El presente trabajo de título se basa en la necesidad de mejorar el actual plan de mantenimiento efectuado a la flota de camiones 795F AC y se procede complementándolo con un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Para llegar a desarrollar el RCM se precisa describir el contexto operacional del equipo a analizar (Camión Caterpillar 795 F AC), y se comienza por los orígenes del equipo, presentando la marca Caterpillar y su trayectoria hasta llegar a la descripción del camión 795F AC en donde se dan a conocer las características principales del equipo y una descripción de cada uno de sus sistemas, para luego abordar la problemática mediante el análisis de la disponibilidad de la flota de equipos mediante las herramientas de diagrama de Pareto y diagrama de Jack Knife e identificando los sistemas más críticos que se abordan más adelante en el desarrollo del RCM. Luego se sitúa al equipo en el proceso productivo de la minera de Los Bronces describiendo brevemente las etapas y procesos necesarios para la extracción y refinación del material.

Después de interioriza en el marco teórico del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) dando a conocer las bases del RCM y su historia, para empezar con el desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad del sistema más crítico en base a los análisis correspondientes realizados. Para la aplicación del RCM se da respuesta a 7 preguntas fundamentales comenzando por la función principal del sistema a analizar hasta las consecuencias de cada modo de falla, todo esto se logra respondiendo de la pregunta número 1 hasta la pregunta número 5 dando como resultado el Análisis de Modo de Falla (FMECA), además se complementa con el Numero de Prioridad de Riesgo (NPR).

Luego se responde a las dos últimas preguntas del RCM y confecciona la hoja de decisiones aplicando el diagrama de decisiones para cada uno de los modos de fallas, los cuales a su vez se clasifican en fallas totales y parciales, obteniendo las tareas a realizar para cada modo de falla, fijando los intervalos de ejecución y el responsable de cada tarea. Además se describe y asigna la cantidad de personal necesario, recursos y documentos adjuntos necesarios para cada tarea.

Y para fomentar la importancia de la aplicación del RCM se entrega un resumen de los costos asociados a algunas ordenes de trabajo considerando la detención

programada al aplicar un mantenimiento centrado en la confiabilidad y una falla inesperada.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA CATERPILLAR

- 1.1.1. Historia
- 1.1.2. Ubicación
- 1.1.3. Misión
- 1.1.4. Visión
- 1.1.5. Estrategia

1.2. CONTEXTO OPERACIONAL

- 1.2.1. Proceso productivo
- 1.2.2. Rutas de trabajo
- 1.2.3. Distancias recorridas
- 1.2.4. Velocidad máxima
- 1.2.5. Turnos de trabajo

1.3. PERFORACIÓN

1.4. PROCESO DE TRONADURA

1.5. Equipos de carguío y equipos de transporte

- 1.5.1. Equipos de carguío
- 1.5.2. Equipos de transporte
- 1.5.3. Proceso de chancado
- 1.5.4. Proceso de molienda
- 1.5.5. Flotación, Tranque “Las tórtolas”

1.6. PRODUCTO: CAMIÓN CATERPILLAR 795F AC

- 1.6.1. Especificaciones del Camión minero 795F AC
- 1.6.2. Tren de fuerza
- 1.6.3. Motor
- 1.6.4. Sistema de frenado
- 1.6.5. Estructuras
- 1.6.6. Distribución del peso

1.7. PROBLEMÁTICA

- 1.7.1. Diagrama de Pareto

- 1.7.2. Diagrama de dispersión “Jack Knife”
- 1.7.3. Análisis de los sistemas principales del motor diésel
- 1.7.3.1. Diagrama de Pareto

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

- 2.1. HISTORIA RCM**
- 2.2. MANTENIMIENTO Y RCM**
- 2.3. CAMIÓN “CATERPILLAR”, MODELO 795F AC**
- 2.4. 7 PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM**
 - 2.4.1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento en cada sistema?
 - 2.4.2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
 - 2.4.3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional
 - 2.4.4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
 - 2.4.5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
 - 2.4.6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
 - 2.4.6.1. Tareas de reacondicionamiento
 - 2.4.6.2. Sustitución cíclica
 - 2.4.6.3. Mantenimiento a condición
 - 2.4.7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?
 - 2.4.8. Número de prioridad de riesgo
 - 2.4.8.1. Severidad
 - 2.4.8.2. Ocurrencia
 - 2.4.8.3. Detección

CAPITULO 3: HOJA DE DECISIONES Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

- 3.1. PROCESO DE DECISIÓN DEL RCM**
- 3.2. HOJA DE DECISIONES**
- 3.3. PAUTAS DE MANTENIMIENTO**
 - 3.3.1. Pautas de mantenimiento
 - 3.3.2. Costos
 - 3.3.2.1. Costos versus beneficios

CONCLUSIÓN

ANEXOS

ANEXO A: FMECA

ANEXO B: HOJA DE DECISIONES

ANEXO C: ORDENES DE TRABAJO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Tractor de cadenas modelo Twenty

Figura 1-2. Primera motoniveladora

Figura 1-3. Mototraílla

Figura 1-4. Camión Caterpillar 769

Figura 1-5. Primer camión Caterpillar 797 de mando eléctrico

Figura 1-6. Proceso productivo Anglo American división Los Bronces

Figura 1-7. Rutas de transporte

Figura 1-8. Perforadora modelo Pit Viper 351

Figura 1-9. Modelos y capacidades de palas eléctricas

Figura 1-10. Retroexcavadora 416E Caterpillar de ruedas y Retroexcavadora 325C Caterpillar de oruga

Figura 1-11. Alcance de pala hidráulica

Figura 1-12. Cargador sobre neumáticos P & H L-2350

Figura 1-13. Chancadores primarios

Figura 1-14. Stockpile o Pila de carga

Figura 1-15. Proceso de molienda

Figura 1-16. Dimensiones de camión 795F de AC

Figura 1-17. Ubicación de componentes de camión 795F de AC

Figura 1-18. Motor diésel C175

Figura 2-1. Patrones de falla

Figura 3-1. Diagrama de decisiones

Figura 3-2. Hoja de decisiones

Figura 3-3. Orden de trabajo

Figura 3-4. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 1

Figura 3-5. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 2

Figura 3-6. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Baldes disponibles para diferentes modelos

Tabla 1-2. Equipos de transporte

Tabla 1-3. Gama de camiones mineros Caterpillar

Tabla 1-4. Distribución de peso del Camión Caterpillar 795F CA

Tabla 1-5. Sistemas de Camión Caterpillar 795F CA

Tabla 1-6. Prioridad de sistemas a mejorar

Tabla 1-7. Diagrama Jack Knife

Tabla 1-8. Sistemas de motor diésel

Tabla 2-1. Sistema de lubricación

Tabla 2-2. Análisis AMEF, ejemplo de “Fallas parcial”.

Tabla 2-3. Análisis AMEF, ejemplo de “Fallas total”.

Tabla 2-4. Análisis AMEF, Modo de falla, parcial.

Tabla 2-5. Análisis AMEF, Modo de falla, total.

Tabla 2-6. Análisis AMEF, Efecto de falla, parcial.

Tabla 2-7. Análisis AMEF, Efecto de falla, total.

Tabla 2-8. Análisis AMEF, Consecuencia de la falla, parcial.

Tabla 2-9. Análisis AMEF, Consecuencia de la falla, total.

Tabla 2-10. Niveles de prioridad de riesgo.

Tabla 2-11. FMECA y numero de prioridad de riesgo.

Tabla 3-1. Extracto de hoja de decisiones

Tabla 3-2. Gastos operativos y de mantenimiento

Tabla 3-3. Tabla 3-3. Utilidades $\frac{\text{Equipo}}{\text{Hora}}$

Tabla 3-4. Herramientas e Insumos OT 2.D.6. Cambio de turbo

Tabla 3-5. Valor Hora/Hombre (US\$)

Tabla 3-6. Perdidas asociadas a cada condición

ÍNDICE DE GRAFÍCOS

Grafico 1-1. Velocidad v/s Peso bruto, considerando fuerza de tracción y resistencia total.

Grafico 1-2. Diagrama de Pareto

Grafico 1-3. Distribución diagrama Jack Knife

Grafico 1-4. Diagrama Jack Knife y “Curvas ISO” DT 25, DT 50, DT 100, DT 250 Y DT 500.

Grafico 1-5. Diagrama de Pareto: Sub sistema “Motor diésel”

Grafico 2-1. Curva P-F

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

RCM	: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
KTPD	: Miles de toneladas diarias de tratamiento de mineral
US EPA	: Agencia de protección ambientas de los Estados Unidos
ARC	: Control de retardo automático
TMPR	: Tiempo medio para reparación
MTBF	: Tiempo Medio Entre Fallas
MTTR	: Tiempo Medio Entre Reparación
AMEF	: Análisis del Modo y Efecto de la Falla
NPR	: Numero de Prioridad de Riesgo
US\$	: Símbolo Dólar
F	: Función
FF	: Falla funcional
FM	: Modo de falla
S	: Severidad
O	: Ocurrencia
D	: Detección

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo abordará el proceso de mantenimiento de una flota de camiones eléctricos (11 activos), modelo “795F AC”, marca “Caterpillar”, pertenecientes a la minera Anglo American la cual realiza actualmente el proceso de mantenimiento de todos los equipos. La función principal del equipo es transportar el material producto del proceso de tronadura entre dos puntos de la manera más eficiente y eficaz posible de acuerdo a los requerimientos de operaciones.

Considerando que el actual plan de mantenimiento sitúa la disponibilidad de la flota en un 77,1% lo cual es bastante baja según lo esperado como mínimo por los inversionistas de Anglo American. La notable capacidad de carga de 313 ton, velocidad de desplazamiento y seguridad hacen de este equipo un buen elemento para la operación de la faena “Los Bronces”.

Para mejorar el actual plan de mantenimiento se complementará con un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, que se define como “Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”. Comenzando por un análisis de los diferentes sistemas del equipo para determinar el nivel de criticidad de cada uno, una vez determinada la prioridad de los equipos por los métodos correspondientes se procede a realizar el FMECA (Análisis de modos de falla, efectos y criticidad) y por último con el diagrama de decisiones se realiza la hoja de decisiones y procede con las tareas de mantenimiento y gastos asociados a cada tarea

OBETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Mejorar el plan de mantenimiento actual de la flota de camiones 795F AC, mediante un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, identificando la problemática y planteando nuevas actividades de mantenimiento en base a la utilización de la hoja de decisión, entregando los correspondientes procedimientos y los recursos necesarios asociados a cada tarea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el contexto operacional donde se encuentra inserto el activo, describiendo su función principal y secundarias para luego abordar la problemática del mismo e identificando los ítems sujetos a mantención
- Determinar los modos de fallas asociado a cada falla de los sistemas mas críticos con el fin de la creación de actividades de mantenimiento, mediante el análisis de los modos de falla y la hoja de decisiones.
- Generar pautas de mantenimiento mediante un software de administración del mantenimiento en donde se contemplan los procedimientos necesarios para la realización de cada una de las tareas incluyendo los recursos que se requieren para completarlas, permitiendo deducir el costo de las actividades.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

En el siguiente capítulo se presentará la empresa en donde se realizará el análisis, presentando los diversos aspectos de la empresa fabricante del equipo “Caterpillar” y de esta manera situar al lector en el contexto adecuado. Para lograr lo anterior se dará a conocer someramente el proceso productivo de la faena “Los Bronces”.

Luego de establecer el contexto se profundizará en el equipo propiamente tal dando a conocer sus diferentes aspectos y capacidades, para proceder a establecer las debilidades presentes en su plan de mantenimiento actual.

1.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA CATERPILLAR

1.1.1. Historia

Es una corporación de Estados Unidos, una de las más grandes a nivel mundial en la fabricación de maquinaria pesada en las industrias de construcción, minería, energía y motores, petróleo y gas, agricultura y forestal.

En sus comienzos antes de consolidar la empresa como “Caterpillar” se remonta al año 1886 con Benjamin Holt donde fabrica la primera cosechadora combinada en Stockton, California y en paralelo C.L. Best trabajando para su padre en 1891, hasta 1910 donde funda “C.L. Best Gas Traction Co.” Y en el mismo año Holt registra la marca comercial “Caterpillar”. En 1925 se fusionan las empresas de Holt y C.L. Best para conformar “Caterpillar Tractor Co.”. El primer equipo en producirse luego de unirse las empresas fue el tractor de cadenas modelo “Twenty” (ver figura 1-1) luego continúan innovando con la producción de su primera motoniveladora (ver figura 1-2) y consecutivamente mototraílla (ver figura 1-3) autopropulsada, cargador de cadenas integrado, Tractor D9 hasta la producción de su primer camión “Caterpillar 769” (ver figura 1-4).



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-1. Tractor de cadenas modelo Twenty



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-2. Primera motoniveladora



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-3. Mototraílla



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-4. Camión Caterpillar 769

De esta manera “Caterpillar” continua su crecimiento en producción de equipos y tecnologías, adquiriendo otras empresas a su paso y fortaleciendo la compañía. Ya en 1998 la empresa produce su primer camión de mando eléctrico más grande del mundo para esa fecha (ver figura 1-5).



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-5. Primer camión Caterpillar 797 de mando eléctrico

Tras mejorar la tecnología en el tren de impulsión de sus camiones lo implemento en el 2008 en su nuevo tractor D7E. Una de sus últimas y más grandes adquisiciones fue Bucyrus International, Inc. que se caracteriza por la producción de palas eléctricas para cargar mineral.

1.1.2. Ubicación

Con sede central en Peoria, Illinois, Estados Unidos. El alcance de la empresa es muy extenso abarcado más de 180 países y 300 productos. Y más de la mitad de las ventas se realizan fuera de Estados Unidos.

1.1.3. Misión

“Permitir el crecimiento económico a través del desarrollo energético y de infraestructuras, además de proporcionar soluciones que respalden a las comunidades y que protejan el planeta”

1.1.4. Visión

"Un mundo en el cual las necesidades básicas de las personas, como refugio, agua potable, servicios sanitarios, alimentación y energía confiable, se satisfacen de manera sostenible respecto del medio ambiente y una empresa que mejora la calidad del entorno y de las comunidades donde vivimos y trabajamos.”

1.1.5. Estrategia

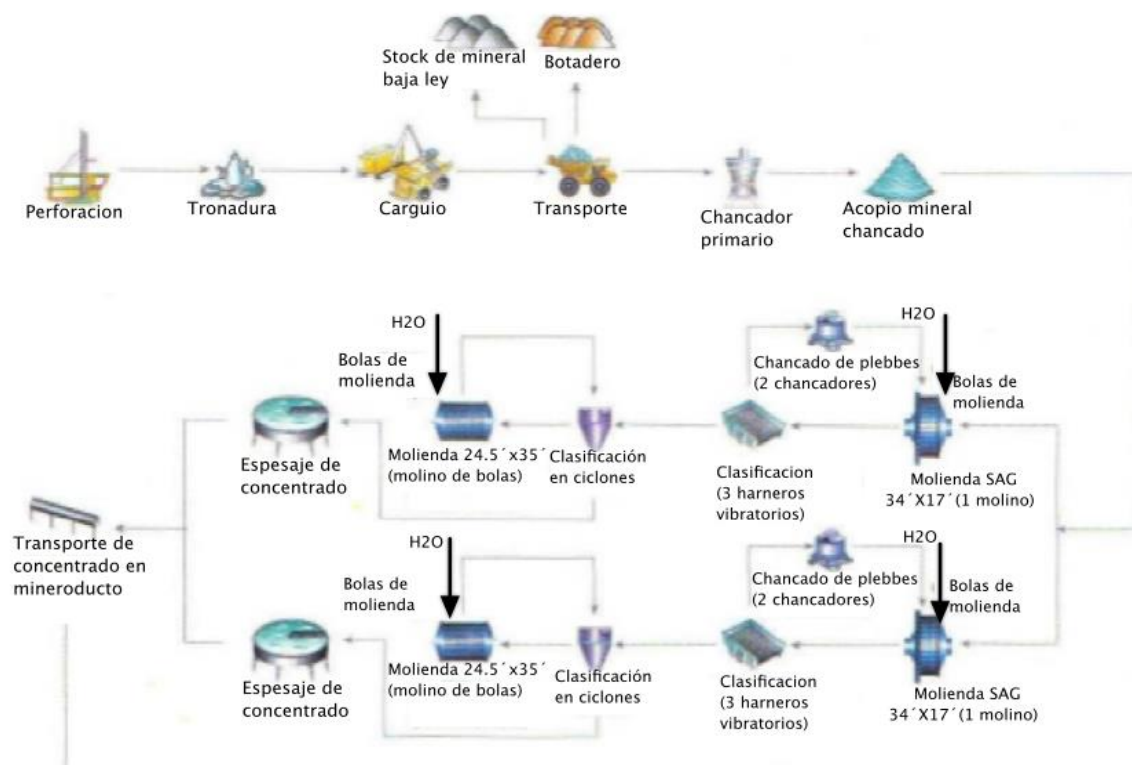
"Ofrecer ambientes laborales, productos, servicios y soluciones que permitan un uso eficiente y productivo de los recursos mientras nos esforzamos por conseguir nuestra visión”

1.2. CONTEXTO OPERACIONAL

1.2.2. Proceso productivo

Ubicada a 60 km de Santiago a una altura de 3.400 metros sobre el nivel del mar.

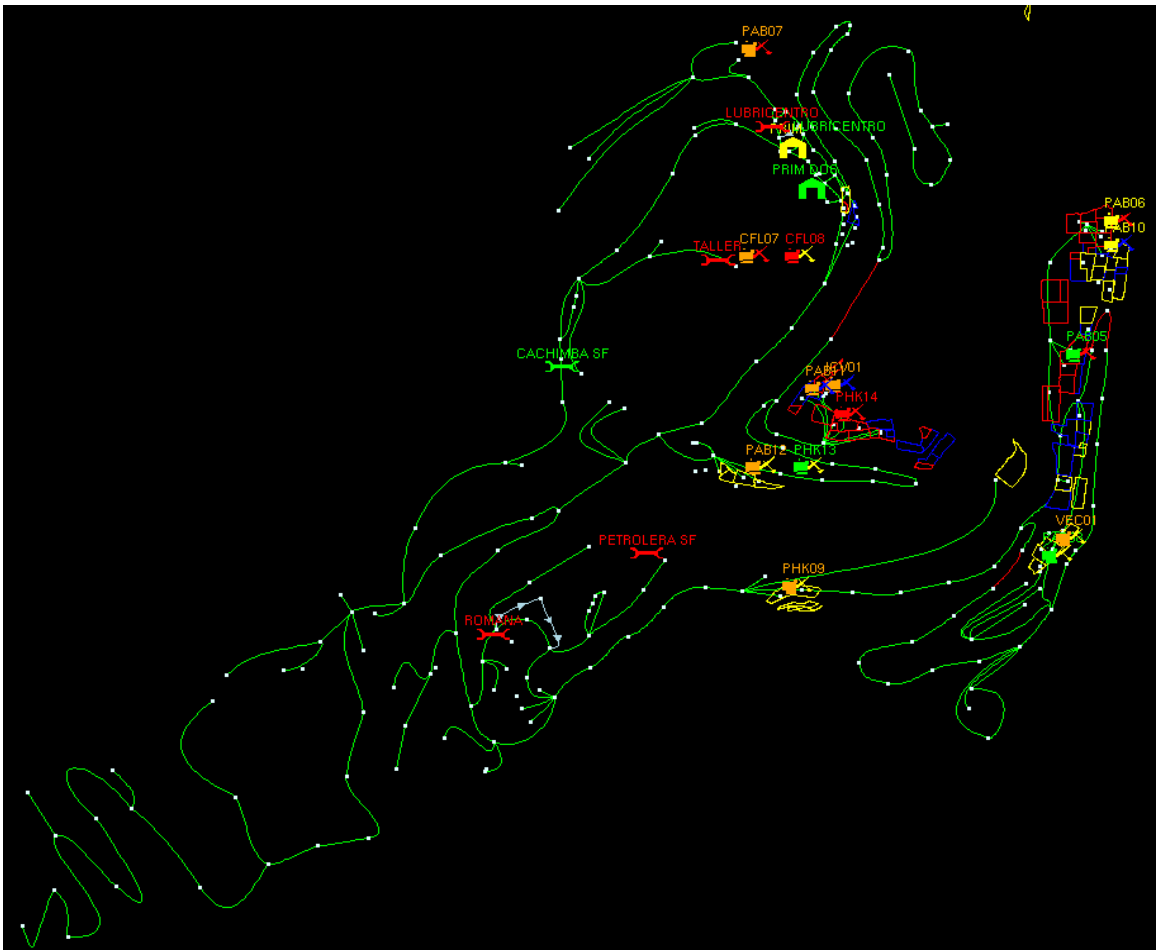
Una vez extraído el material es enviado a 56 km de forma hidráulica a través de un minero ducto hasta la planta “Las Tórtolas” que se encuentra en Colina, acá se obtiene el concentrado de cobre y molibdeno que posteriormente son enviados a la “Fundición de Chagres” (ver figura 1-6).



Fuente: Manual de minería chilena

Figura 1-6. Proceso productivo Anglo American división Los Bronces

1.2.3. Rutas de trabajo



Fuente: Sistema “Dispatch” de Anglo American

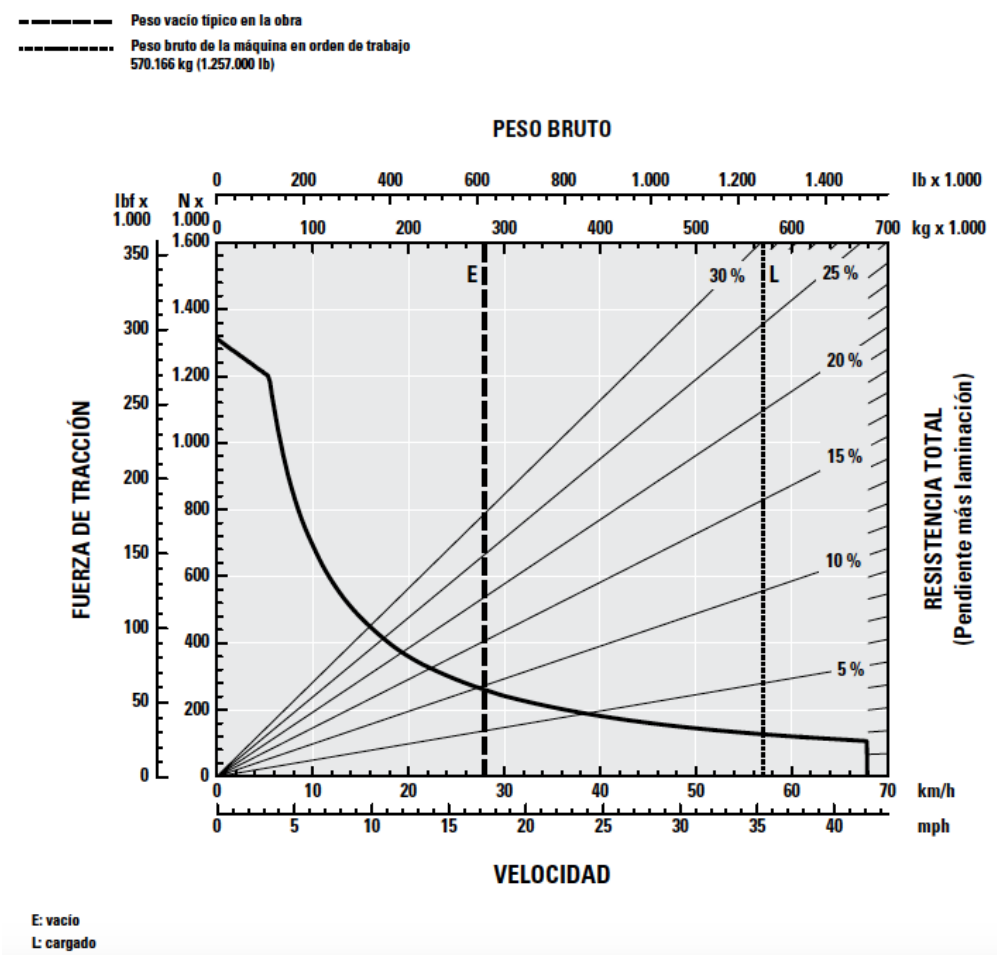
Figura 1-7. Rutas de transporte

La mina es del tipo a rajo abierto y las rutas de transito están cambiando constantemente debido a los lugares de extracción definidos previamente en la etapa de sondaje, por lo tanto se presenta un mapa actualizado a la fecha de 25/08/2017 que pertenece al sistema de monitoreo de los activos “DISPACH”, en donde se muestra las rutas y ubicaciones de los equipos de carguío (principalmente palas PABXX, PHKXX, y CFLXX), y donde se abastece al camión con material para ser transportado ya sea directamente a la planta de chancado primario o algún lugar de acopio (ver figura 1-7).

1.2.4. Distancias recorridas

Actualmente se encuentra en explotación la “Fase 5” desde donde se extrae el material para ser transportado hacia el “Chancador principal” que se encuentra a una distancia de 8,89 Km de distancia esta es la ruta principal de los camiones. Pero también se utiliza otra ruta desde “Infiernillo” hacia “Botadero Prisma” que tiene una distancia de 10,7 km y una pendiente promedio de 5° grados.

Las pendientes más agresivas llegan hasta los 9° grados, pero es por distancias muy pequeñas y se van mejorando constantemente en el trabajo vial. La carga sobre el motor diésel y generador varía dependiendo de la pendiente y carga bruta que transporte en ese momento el camión. La “fuerza de tracción” del equipo estará determinada por el “peso bruto” transportado y la “resistencia total” (pendiente del camino) las cuales están representadas mediante un gráfico con una curva característica al comportamiento del equipo en las diferentes condiciones (ver gráfico 1-1).



Fuente: www.caterpillar.com

Gráfico 1-1. Velocidad v/s Peso bruto, considerando fuerza de tracción y resistencia total.

1.2.5. Velocidad máxima

El equipo está diseñado para tener una velocidad máxima de 64 km/h, pero según el reglamento impuesto por la minera “Anglo American” en temporada de invierno debido a las condiciones climáticas adversas (15 de abril-15 de septiembre) como máximo mientras las condiciones lo permitan pueden desplazarse hasta 30 km/h.

Para todo el resto del año la velocidad máxima permitida es de 50 km/h, respetando el reglamento interno de conducción de la faena. Además, la velocidad está directamente relacionada con la pendiente y la carga que este transportando.

1.2.6. Turnos de trabajo

Los turnos de trabajo que se especificaran corresponden a personal (técnicos) de “Anglo American” división “Los Bronces”, ya que son los dueños de la flota de equipos y responsables de la mantención de los equipos.

A través de negociaciones con los sindicatos de trabajadores se ha llegado al acuerdo del siguiente sistema: “2 x 1” y a continuación “2 x 3”, significa lo siguiente.

2. “2 x 1”: -Trabajan en turnos de 12 horas desde 8:00 a 20:00 por dos días
 - 2.1. y descansan las otras 12 horas.
 - 2.2. -Descansan desde las 20:00 que finalizo su turno hasta las 20:00 del día siguiente.
3. “2 x 3”: -Trabajan en turnos de 12 horas desde 20:00 a 8:00 por dos días
 - 3.1. y descansan las otras 12 horas.
 - Luego descansan 3 días.

En términos más sencillos se otorga servicio a la flota las 24 horas todo el año a excepción de fechas importantes en donde se trabaja con menor solicitud de producción y la dotación de técnicos a la mitad, por ejemplo, en navidad.

El sistema de trabajo definió que tanto por desempeño como seguridad lo mas adecuado es trabajar de 2 personas por equipo como mínimo. Y en algunas ocasiones se asignan 1 o 2 personas más al grupo de trabajo.

El personal de Finning actualmente solo presta sus servicios dependiendo de las necesidades y solicitudes del cliente en este caso “Anglo American”.

1.3. PERFORACIÓN

El proceso de perforación del terreno comienza con los estudios previos de geología e ingeniería obtenidos de los sondajes de exploración para definir con precisión cada una de las fases que se necesitan para la extracción del mineral. En la etapa de exploración se comienza definiendo las características del lugar a explotar y como característica fundamental la calidad del mineral y su ubicación espacial, dicho de otra forma, se puede establecer la forma y concentración.

Luego de haber identificado la zona, el departamento de ingeniería planifica la extracción en el “Plan semanal de movimiento de la mina “. En primeria instancia se determina el tonelaje de material que se desea extraer de acuerdo al tipo de roca que se debe perforar. Dependiendo el tipo de roca a perforar, tamaño de fragmentación que se necesita para el primer proceso de chancado, el periodo de lluvia determinara el tipo de malla (Disposición espacial y separación de las perforaciones) dependiendo de los factores recién mencionados.



Fuente: www.atlascopco.com

Figura 1-8. Perforadora modelo Pit Viper 351

En esta faena en particular se utilizan mallas que van desde los 8m x 9,2m hasta 7,3 x 8,4m y para el caso de estériles mallas de 9,7m x 11,2m. Una vez completada la planificación de perforación se procede a comenzar con el proceso de perforación mediante un sistema de posicionamiento global GPS controlado por el Dispatch (Despacho o sala de control) observando los parámetros de ubicación, profundidad, tiempos, rendimiento, velocidad de perforación, uso del equipo y disponibilidad (ver figura 1-8).

1.4. PROCESO DE TRONADURA

Tronadura o voladura consiste en distribuir y sincronizar una carga explosiva en los agujeros hecho previamente en el proceso de perforación con el objetivo de fraccionar la roca a una granulometría determinada para poder insertarla en los procesos posteriores como el de chancado. Dependiendo del tamaño de la roca que se desea obtener es la cantidad de explosivos. En Chile el manejo de explosivos está a cargo de la empresa ENAEX.

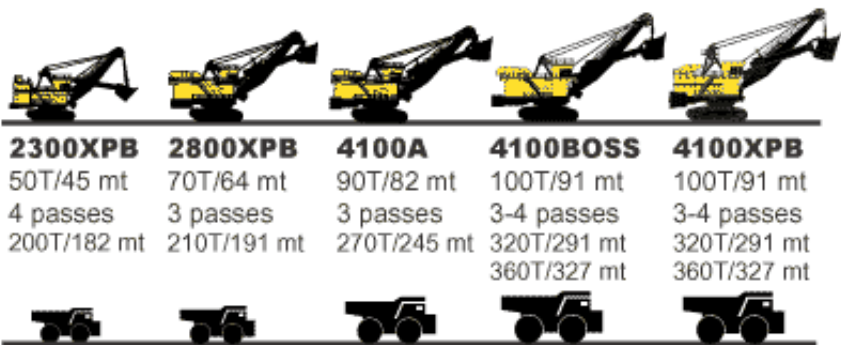
1.5. EQUIPOS DE CARGUÍO Y EQUIPOS DE TRANSPORTE

Tienen la función de tomar el material luego del proceso de tronadura y depositarlo en los equipos de transporte.

1.5.1. Equipos de carguío

➤ Palas eléctricas

Tienen un bajo costo por unidad de producción además poseen la capacidad de maniobrar grandes volúmenes de material. Se debe seleccionar adecuadamente la combinación del tipo de pala y el camión. Tiene dificultad para trabajar operando con varios equipos a la vez y su costo inicial de adquisición es más elevado que una pala hidráulica, pero el costo por energía eléctrica consumida es mucho menor que es costo del petróleo (ver figura 1-9 y Tabla 1-1).



Fuente: Apuntes de curso de explotación de minas

Figura 1-9. Modelos y capacidades de palas eléctricas

MODEL	Nominal payload capacity* (tons / tonnes)	Dipper capacity range (yd3 / m3)
1900	21 / 19.1	10-25 / 7.6-19.1
2100	25 / 22.7	14-28 / 10.7-21.4
2300XPB	50 / 45.4	26-48 / 19.9-36.7
2800XPB	65 / 59.0	33-70 / 25.2-53.5
4100A E-Plus	90 / 82	40-80 / 30.6-61.2
4100A/LR**	65 / 59.0	33-70 / 25.2-53.5
4100BOSS***	100 / 90.7	40-80 / 30.6-61.2
4100XPB	100 / 90.7	47-100 / 35.9-76.5

* To optimize the payload based on haul truck matching and application-specific requirements, contact your nearest P&H MinePro Services representative.
 ** Long Range model
 *** Oil sands model

Fuente: Apuntes de curso de explotación de minas

Tabla 1-1. Baldes disponibles para diferentes modelos

➤ Retroexcavadoras

Utilizadas para el manejo de trabajos pequeños se encuentran en modalidades sobre neumáticos o sobre orugas (ver imagen 1-10).

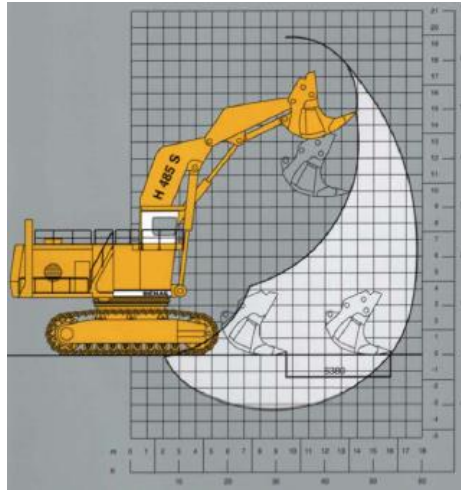


Fuente: www.finning.com

Figura 1-10. Retroexcavadora 416E Caterpillar de ruedas y Retroexcavadora 325C Caterpillar de oruga

➤ Palas hidráulicas

Tienen un mejor desplazamiento que las palas eléctricas, aunque ninguna de las dos está diseñada para desplazarse continuamente. Como se mencionó anteriormente tienen un costo levemente menor como inversión inicial, pero de mayor costo operacional (Costo de combustible). Y tienen un rango de capacidades de balde hasta 30 yd^3 (ver figura 1-11).



Fuente: Apuntes de curso de explotación de minas

Figura 1-11. Alcance de pala hidráulica

➤ Cargador frontal

Son una alternativa al uso de palas eléctricas o hidráulicas. Tiene grandes ventajas como la maniobrabilidad del equipo y su capacidad para mover material (ver figura 1-12).



Fuente: <https://mining.komatsu/es/home>

Figura 1-12. Cargador sobre neumáticos P & H L-2350

1.5.2. Equipos de transporte

Para lograr el objetivo existen estos medios (ver Tabla 1-2):

	Sin camino fijo	Con camino fijo
Unidad discreta	Camión, Camión bajo perfil y Camión articulado	Tren, Skip, Tranvía
Flujo continuo	Transporte de solidos	

Fuente: Apuntes de curso de explotación de minas

Tabla 1-2. Equipos de transporte

Para la faena de “Los bronces” compete solo algunos de los equipos antes mencionados

➤ Camión

Es la más utilizada tanto en minería a cielo abierto como en faenas subterráneas. Hay una gran variedad de equipos desde las 36,3 ton hasta 363 ton. Diseñados especialmente para trabajar en faenas con motores diésel de gran potencia y velocidades de desplazamiento cargados hasta los 80 km/h (ver tabla 1-3).

Modelo	Cap. Carga útil	Potencia Bruta	Velocidad Max. con carga
785C	136 ton	1082 kW	55 km/h
785D	143 ton	1082 kW	54,8 km/h
789D	181 ton	1566 kW	
793F	226,8 ton	1976 kW	60 km/h
794 AC	291 ton	2610 kW	60 km/h
795F AC	313 ton	2536 kW	64 km/h
797F	363 ton	2983 kW	67,6 km/h
MT4400D AC	221 ton	1864 kW	64 km/h

Fuente: www.finning.com

Tabla 1-3. Gama de camiones mineros Caterpillar

1.5.3. Proceso de chancado

Todo el material extraído debe ser ligeramente preparado para los procesos posteriores como es el chancado donde se tritura el material para obtener cierta granulometría aceptable por los procesos. El principal objetivo es realizar las reducciones de tamaño necesarias hasta obtener una granulometría adecuada que permita continuar con el proceso de lixiviación en pilas de manera adecuada.

Este proceso requiere un elevado consumo de energía y se calcula de manera experimental, rompiendo probetas de la roca en una máquina de impacto (kilopondios-m/cm). A continuación, se calcula el “índice de trabajo” (Work Index W_i), para obtener los kilovatios/t que se necesitan para triturar el material de entrada hasta una granulometría determinada.

La primera etapa es la del chancado primario tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral proveniente de la mina y se compone por el chancado primario y transporte de mineral grueso. El material es transportado en los camiones anteriormente mencionados de alto tonelaje para depositar el material en las dos tolvas a alimentación del chancador primario, cada una consta de una bahía para depositar el material. Para llegar a esta etapa se puede señalar por medio de 4 semáforos y coordinado por frecuencia radial (ver figura 1-13).



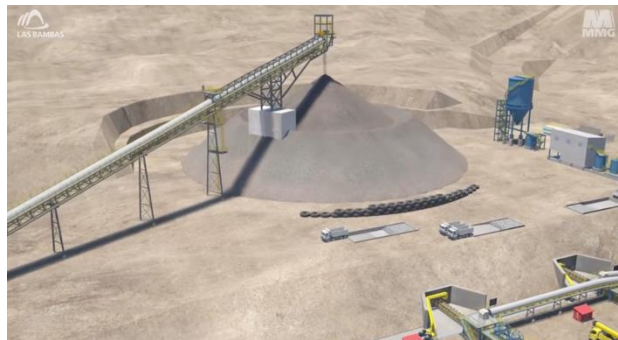
Fuente: MMG “Las bambas”

Figura 1-13. Chancadores primarios

Durante el proceso de depositar el material en las tolvas se suma sistema de supresión de polvo (spray de agua) para evitar contaminar con polución el ambiente y la salud de los trabajadores del área. Además, cada chancador cuenta con un pica rocas para moler las rocas de gran tamaño superior a la medida aceptable por el chancador. Luego el material triturado se almacena temporalmente en las tolvas de compensación. Para continuar hacia los “Alimentadores de placas” que llevan el material hacia la faja de

sacrificio y en su descarga cuenta con un electroimán para retirar cualquier trozo de metal que pueda dañar la correa transportadora y los componentes de los procesos posteriores y un colector de polvo.

Luego al pasar a la cinta transportadora de sacrificio cuenta con un sistema de pesaje para controlar el eficiente llenado y transporte del material en la cinta transportadora y están diseñadas para transportar material por largas distancias. Para terminar en el centro de acopio del material (Stockpile) (ver figura 1-14). La pila de acopio tiene el objetivo de mantener siempre material listo para la planta concentradora mientras se encuentra en mantenimiento el chancador primario.



Fuente: <https://mining.komatsu/es/home>

Figura 1-14. Stockpile o Pila de carga

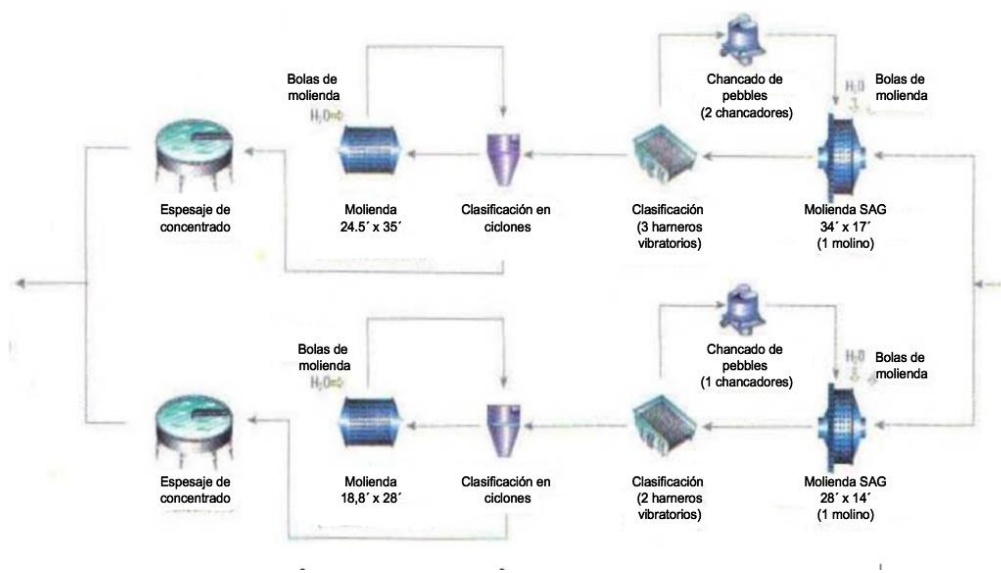
1.5.4. Proceso de molienda

El proceso de molienda comienza en el “stockpile” que van a alimentar el sistema de molienda húmeda con la finalidad de reducir aún más el tamaño del material ya que influye directamente en el proceso de flotación.

- Si fuera muy fino o demasiado grueso sera deficiente la flotacion. Ya que se pierde demasiado mineral en el relave.
- Cuando es demasiado grueso el material no alcanza a liberar los sulfuros importantes, terminando una parte importante del mineral en el relave final. Por otro lado, cuando es muy fino se produce exceso de lamas pero la consecuencia es la misma.

Luego de atravesar todo el proceso de molienda se espera reducir en un 80% el tamaño de las partículas (2" a 3" Pulg) hasta 190-200 micrones. La planta tiene una capacidad de 55 a 60 KTPD (miles de toneladas diarias de tratamiento de mineral). Consta de dos líneas cada una de ellas compuesta por una “Molienda SAG” de 34’ x 17’ del tipo húmedo para luego continuar a un sistema de 3 “Harneros vibratorios” para clasificar la granulología del material y en caso de no ser aceptable pasar por el “Chancador de pebbles” (2 chancadores) y retornarlo a la “Molienda SAG”.

Una vez terminado este ciclo pasa a la “Clasificación en ciclones” que tiene dos opciones; la primera es pasar directamente a el “Espesaje de concentrado” si el tamaño del material lo permite o la segunda opción es pasar al “Molino de bolas” sw 24,5’ x 35’ del tipo húmedo como se muestra en la (ver figura 1-15)



Fuente: Guía de ingeniería en operaciones mineras

Figura 1-15. Proceso de molienda

1.5.5. Flotación, Tanque “Las tórtolas”

Luego de pasar el material por el proceso de molienda es transportado por medio de un “Minero ducto” que consiste un ducto diseñado con tecnología avanzada y consta de 3 capas.

- Primera capa exterior de plástico (Polietileno)
- Capa intermedia-Tubo de acero
- Capa interna-Plástico grueso (HDPE) que es un Polietileno de alta densidad

Están ingresando Aprox. 2.400 ton/hr de pulpa hasta el circuito “Rougher” y se recupera Aprox. El 1% de material útil, todo el resto al tranque de relave. Donde el molido nuevamente y alimenta a columnas de limpieza. Luego se envía a la planta de molibdeno para separar el concentrado de cobre (29% a 32%) y molibdeno (50% a 51 % de Cu).

La capacidad de almacenamiento del tranque de relaves es de 1.000 mt, donde llegan los relaves de la flotación primaria y el relave final. El tranque de relaves consta con un sistema de captación y recirculación para infiltraciones de agua (es una cortina) de 14 pozos aguas abajo del muro del tranque.

1.6. PRODUCTO: CAMIÓN CATERPILLAR 795F AC

Dentro del proceso productivo de la faena el camión de extracción 795F AC cumple un papel primordial en transportar la carga y dar continuidad al proceso productivo. Y de esta manera cumplir con las expectativas del cliente en cuanto a producción y compromisos adquiridos con sus clientes.

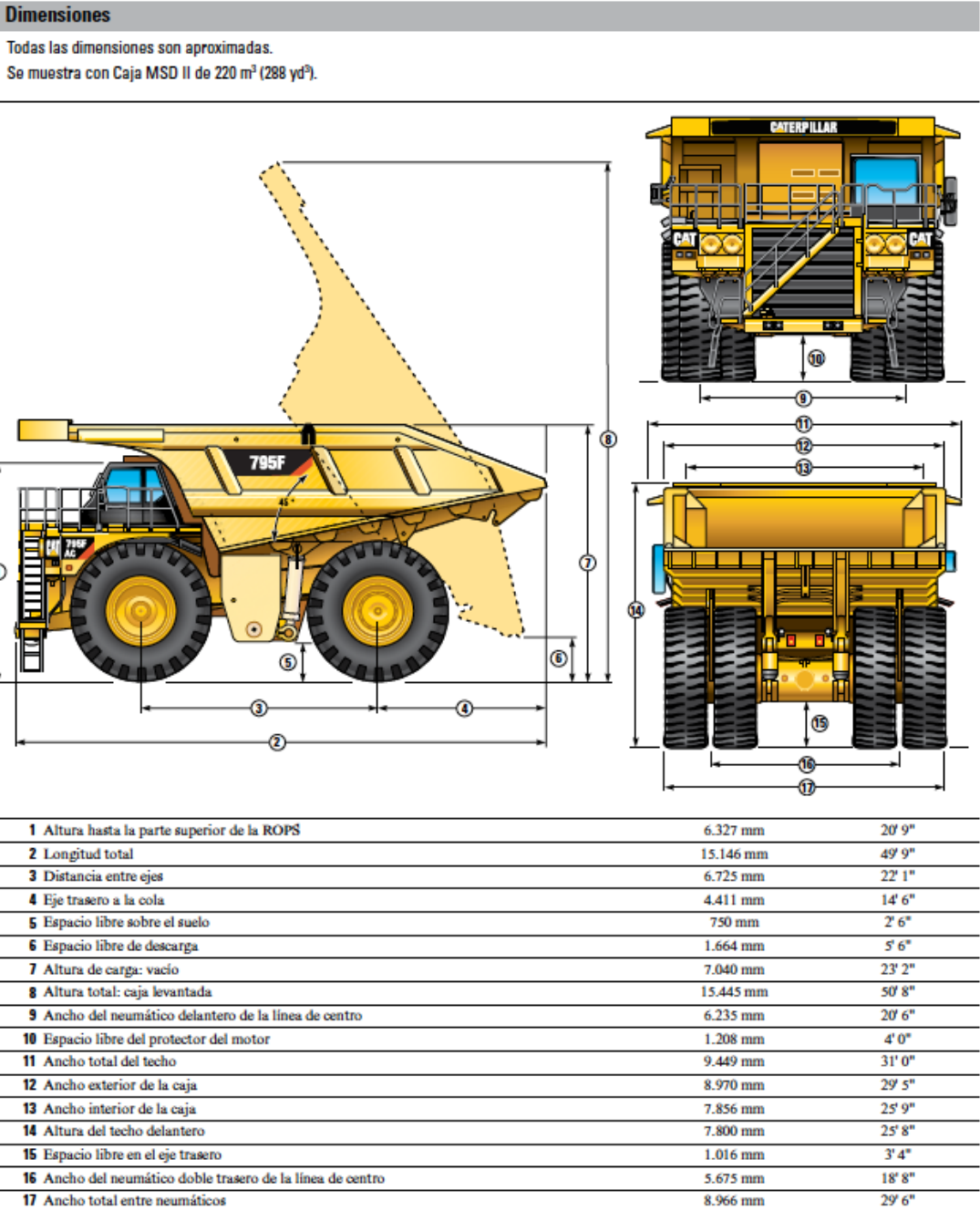
Es un vehículo todo terreno que fue diseñado especialmente para el transporte de material en minería o trabajos de gran envergadura en construcción. Tiene un diseño tradicional de dos ejes para distribuir todo el peso y solo algunos modelos en los años ´70 (350T Terex Titán y el 235T Wabco 3200/B).

El modelo “Caterpillar 795F AC” será objeto de análisis en los siguientes capítulos, tiene dos ejes y una de sus grandes características es la capacidad de carga útil. Además de su tecnología de vanguardia que hace mucho más comfortable la operación del equipo y segura para el operador.

A continuación, se dará a conocer el camión Caterpillar tanto sus dimensiones como capacidades y sus principales innovaciones respecto a modelos anteriores.

1.6.1. Especificaciones del Camión Minero 795F de CA

En la Figura 1-16 se muestran las dimensiones del camión 795F AC



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-16. Dimensiones de camión 795F de AC

1.6.2. Tren de fuerza

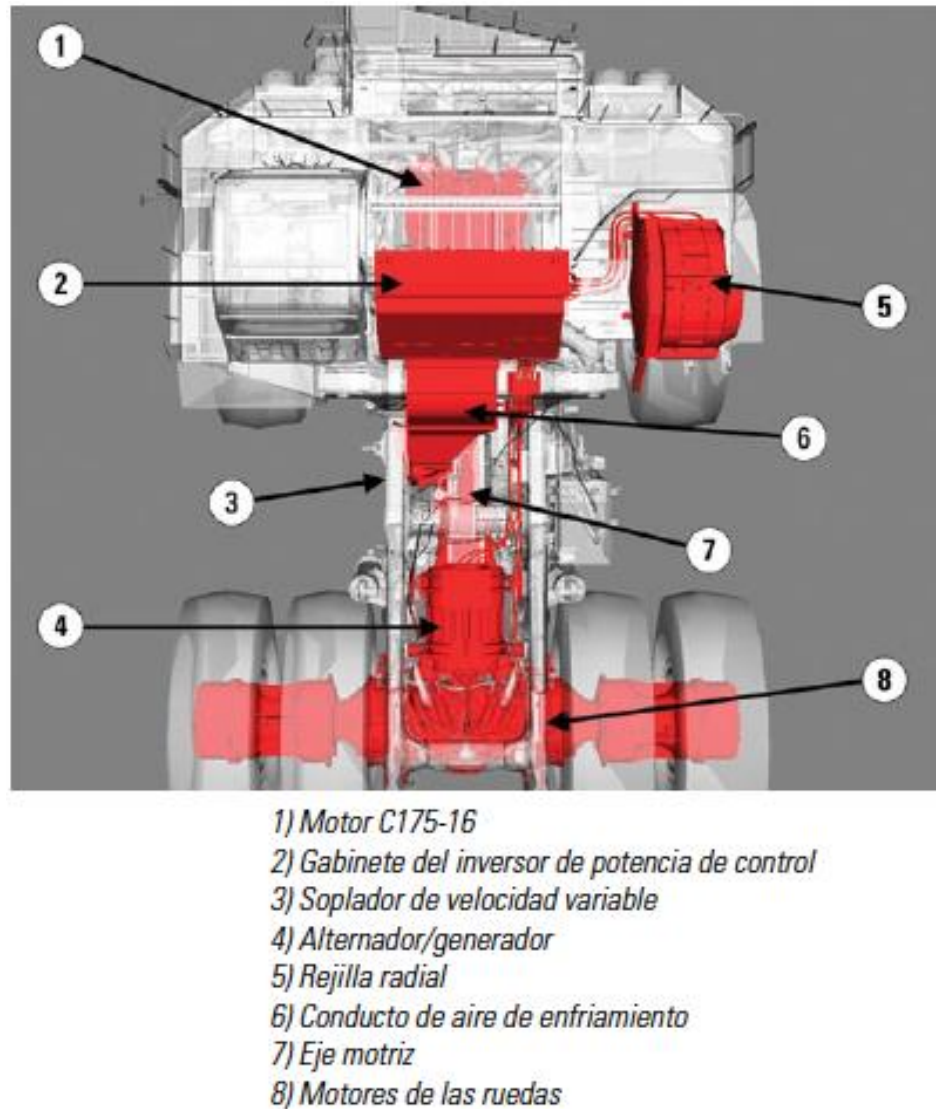
Cumple la función de transformar y transmitir la fuerza producida por el motor diésel hasta los mandos finales que son solidarios con los neumáticos permitiendo que el equipo se desplace.

Es del tipo mando eléctrico y su ventaja radica en la disminución de componentes y un mayor control de los sistemas. Algunos clientes prefieren esta modalidad dependiendo de la faena. Se definió un sistema modular para facilitar su intervención de tal manera que se puede acceder a sistema de motor, generador, rejillas y mandos finales de manera independiente.

El sistema de mando eléctrico otorga un mejor retardo, frenado y control del sistema. La modalidad de retardo dinámico está a la vanguardia de las tecnologías junto al control de tracción permanente con colaboración del freno delantero entregando confianza al operador.

- Alto voltaje (calor inferior): El mando de corriente alterna es un sistema de alto voltaje 2.600 voltios y de corriente baja. De esta manera genera menos calor otorgando mas vida util al componente.
- Mando eléctrico de corriente alterna Cat en propulsión: El equipo cuenta con un motor diesel modelo C175-16 que se acopla al generador mediante un acoplador de aislamiento. La alimentación de corriente alterna se rectifica a 2.600 voltios para comunicarse con el enlace de datos que funciona con corriente continua. Este enlace de corriente continua alimenta al inversor para que los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) tienen la función de transformar la señal de corriente continua a una corriente alterna trifásica y de esta forma alimentar los motores de tracción que se conectan al mando final por medio de una reducción doble y así recién transmitir en movimiento a las ruedas.
- Generador: Esta ubicado en el chasis del equipo parte posterior central y tiene un diseño trifásico con dos cojinetes. El sistema comun de excitación en los generadores es a través de escobillas, pero no en este sistema lo que facilita el mantenimiento.
- Inversor: Utiliza modulos de fase “transistores bipolares de puerta aislada” del fabricante “Mitsubishi electric”.
- Motores de tracción: De baja corriente y alto voltaje instalados en el eje trasero. Cada uno es de induccion de corriente alterna trifasica.

- **Rejilla radial:** De diseño radial se ubica en la parte delantera-superior-derecha ubicada de tal manera que proporcione la mejor visibilidad al operador por su costado derecho (ver figura 1-17).



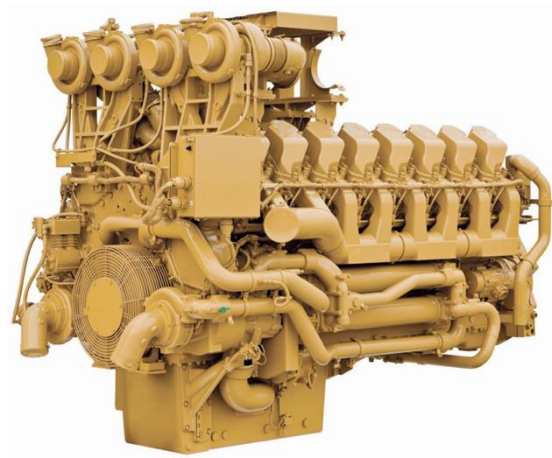
Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-17. Ubicación de componentes de camión 795F de AC

1.6.3. Motor

Es un motor del tipo combustión interna en donde se transforma la energía térmica en mecánica, para lo cual tiene un motor diésel, modelo C175-16 de 2536 kW de potencia bruta (ver imagen 1-18). Cuenta con 4 turbocompresores y pos enfriadores para aumentar la eficiencia del sistema y proporcionar el mejor rendimiento.

- Modelo de 16 cilindros en “V”, 4 tiempos de carrera larga.
- Cumple con los estandares impuestos por la “US EPA” (Agencia de proteccion ambientas de los Estados Unidos).
- Ventilador para el sistema del tren de fuerza es de velocidad variable permitiendo un uso adecuado de energia en el sistema.
- Esta diseñado para mantenciones a intervalos de tiempos largos lo que permite menor tiempo en taller.
- Utiliza en sus sistemas de combustible el “Common rail” o rlen común que es un sistema electronico y ya que el equipo es completamente caterpillar la comunicacion entre los subsistemas es optima. Asi se puede controlar el sistema de combustible de forma precisa y flexible para otorgar la potencia requerida, pero con el menor nivel de emisiones al medio ambiente.
- Su diseño es de tal manera de facilitar el acceso a los tecnicos.



Fuente: www.caterpillar.com

Figura 1-18. Motor diésel C175

1.6.4. Sistema de frenado

Tiene como objetivo disminuir la velocidad del vehículo dependiendo de las condiciones de operación, pendiente, carga, condiciones climáticas y como medida de seguridad cuando el equipo se encuentra detenido garantizando que no habrá un desplazamiento alguno.

- Retardo dinámico: Como se vio en el sistema de transmision se encuentran los motores electricos ubicados en el eje trasero y normalmente entrega movimiento hacia las ruedas, pero en condiciones de frenado se convierten en un generador disipando la energia producida en la rejilla radial.
La rejilla radial es capaz de disipar una potencia de 4,75 MW, permitiendo el mejor control de velocidad en aplicaciones prolongadas.
- Frenos: Como frenos de servicio el equipo esta equipado con los frenos del modelo 797 de tipo humedo para toda la gama de velocidades.
- Control de tracción: Para las situaciones de resbalamiento se acciona de manera automatica los frenos delanteros manteniendo el control del equipo.
- Control de retardo automatico (ARC): Se ajusta previamente en el tablero de control y se accionara cada vez que llegue a esa velocidad. El software de control de frenado controla la potencia disipada por las parrillas y en el caso eventual de exceder la potencia permitida se accionan los frenos de servicio. Si fuera frecuente se avisa a través de alarmas.
- Freno de estacionamiento: De accionamiento por resorte y desconecion hidraulica (enfriado por aceite).

1.6.5. Estructuras

- Cabina: Diseñada para evitar el ruido y la vibración. Y construida como una proyeccion del bastidor.
- Sistema de suspensión: Con el objetivo de disipar a energia producida por los desniveles del camino.
 - Cilindros delanteros: Ademas de cumplir su funcion principal también hace el rol de pasador maestro para el sistema de direccion.
 - Cilindro trasero: Absorbe la oscilacion del eje trasero asi como las cargas de torsión y flexión hacia el bastidor principal.
- Sistema de dirección: Utiliza el sistema de varilla que es uno de los mas sencillos pero eficiente y de bajo mantenimiento.

1.6.6. Distribución del peso

Distribución aproximada de pesos	
Eje delantero vacío	48%
Eje trasero vacío	52%
Eje delantero cargado	33%
Eje trasero cargado	67%

Fuente: www.caterpillar.com

Tabla 1-4. Distribucion de peso del Camión Caterpillar 795F AC

1.7. **PROBLEMÁTICA**

Para definir el área o sistemas a analizar hay diferentes métodos para llegar al mismo punto. Tales como:

1.7.1. Diagrama de Pareto

Se basa en una tendencia en la distribución de y que es representativa en diversos datos poblacionales. Obteniendo una regla “80/20”, que quiere decir que el 80% de las pérdidas se concentra en el 20% de los problemas.

Como primer paso para confeccionar el diagrama de Pareto se considera una flota de 11 camiones “Caterpillar 795F CA”, dentro de un periodo de 8 meses (tiempo suficiente para representar las diferentes condiciones de operación debido a las condiciones climáticas en la faena “Los Bronces”). Una vez que se conoce la cantidad de datos a utilizar se procede a clasificarlos por sistemas (ver tabla 1-5) en la columna de la izquierda, en la segunda y tercera columna se registran los tiempos en hora de la duración de la falla luego se expresa en porcentaje y al final un acumulado. Para ser expresado finalmente como “Indisponibilidad”

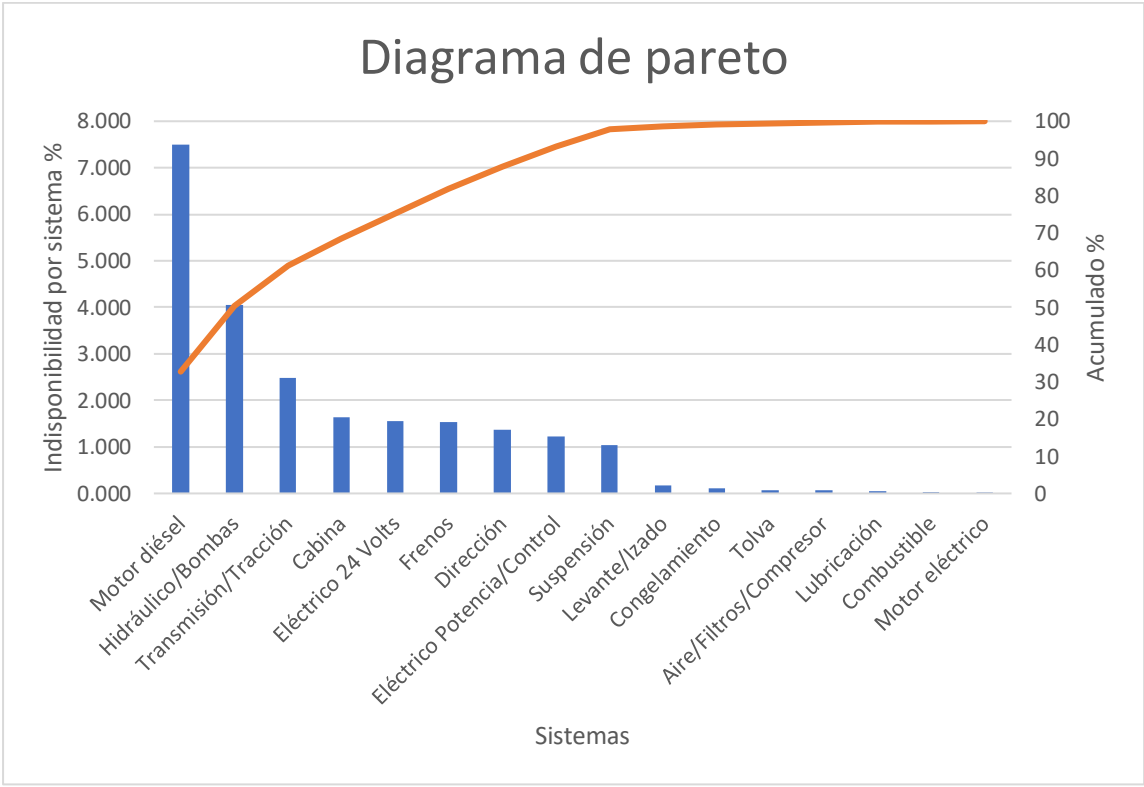
$$(100\% \text{ dispobilidad} - 77,1\% \text{ disponibilidad real} = \text{Indisponibilidad total})$$

Pareto Camión CAT 795F Desde:01/01/2017 Hasta:10/08/2017 Disponibilidad: 77,1%				
Sistema	Cantidad de horas	Porcentaje	Acumulado	Indisponibilidad por Sistema %
Motor diésel	1692,9	32,72	32,72	7,493
Hidráulico/Bombas	915,43	17,69	50,41	4,052
Transmisión/Tracción	559,34	10,81	61,22	2,476
Cabina	370,68	7,16	68,39	1,641
Eléctrico 24 Volts	352,2	6,81	75,19	1,559
Frenos	345,28	6,67	81,87	1,528
Dirección	309,72	5,99	87,85	1,371
Eléctrico Potencia/Control	278,03	5,37	93,23	1,231
Suspensión	236,9	4,58	97,81	1,049
Levante/Izado	40,54	0,78	98,59	0,179
Congelamiento	26,17	0,51	99,10	0,116
Tolva	15,34	0,30	99,39	0,068
Aire/Filtros/Compresor	14,37	0,28	99,67	0,064
Lubricación	10,02	0,19	99,86	0,044
Combustible	6,88	0,13	100,00	0,030
Motor eléctrico	0,18	0,00	100,00	0,001
Total	5173,98	100,00		22,9

Fuente: www.caterpillar.com

Tabla 1-5. Sistemas de Camión Caterpillar 795F CA

Una vez tabulados los datos y ordenados de mayor a menor se confecciona el gráfico de barras y se traza el acumulado resultando el diagrama de pareto.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1-2. Diagrama de Pareto

Según la premisa establecida por este sistema de diagrama 80/20, el 80% de la indisponibilidad es influenciada fuertemente debido al sistema de “Motor diésel” e “Hidráulico/Bombas” (ver gráfico 1-2) en orden decreciente.

Estos deberían ser los sistemas a mejorar para ver reflejada una mejor disponibilidad (ver tabla 1-6).

Sistema
Motor diésel
Hidráulico/Bombas

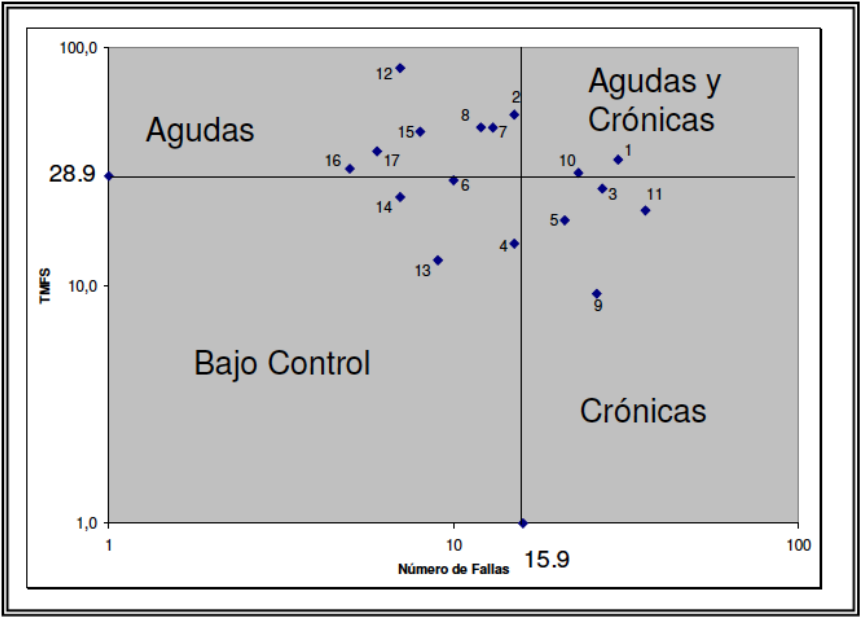
Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-6. Prioridad de sistemas a mejorar

1.7.2. Diagrama de dispersión “Jack Knife”

Es una opción u otro método para priorizar los planes de mantenimiento. Considerando valores de “TMPR” (tiempo medio para reparación) y numero de fallas como variables.

En este diagrama se divide en 4 cuadrantes como en un plano cartesiano quedando distribuida de la siguiente manera (ver gráfico 1-3).

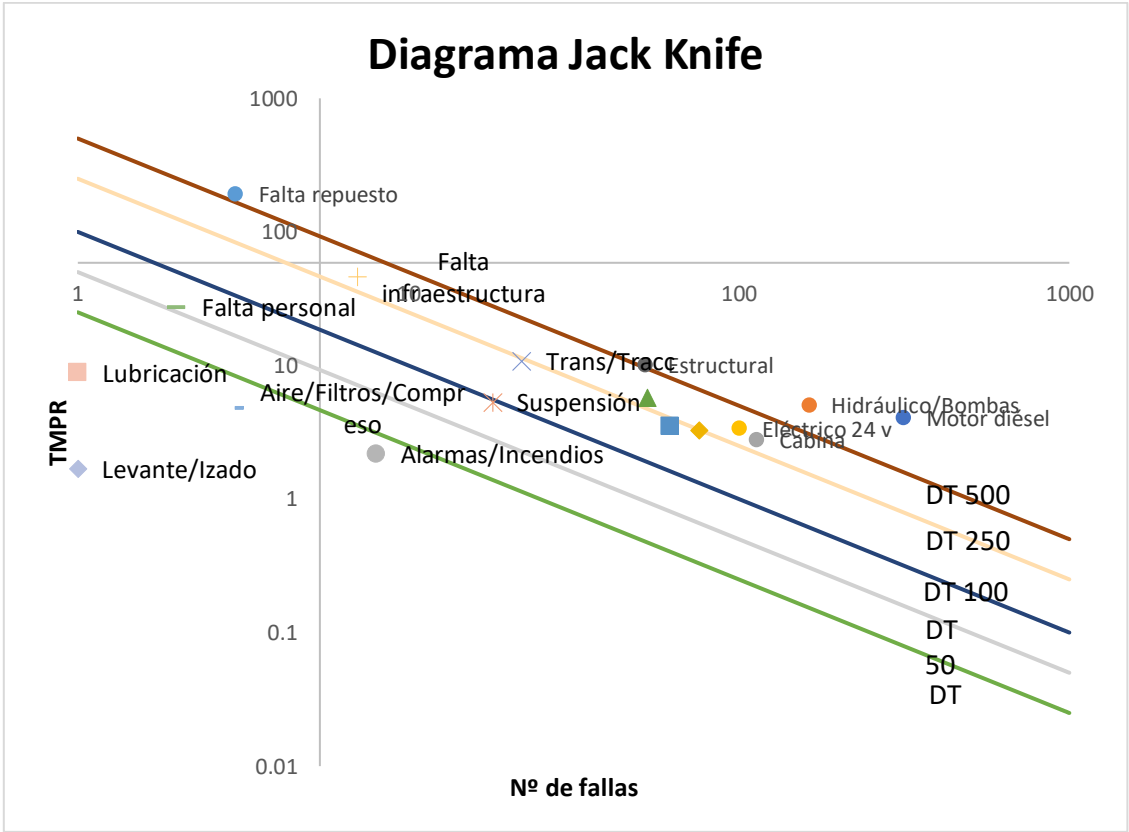


Fuente: www.caterpillar.com

Gráfico 1-3. Distribución diagrama Jack Knife

Aquellas fallas que tienen un tiempo medio de reparación demasiado largo son llamadas “Agudas” y también se encuentran las llamadas “Crónicas” que son las que presentan una frecuencia de falla muy alta.

A continuación, se presenta el diagrama “Jack Knife” de todos los sistemas del camión “Caterpillar 795F CA” en donde se presentan todos los sistemas y se determinan los límites tanto para “TMPR” como para “Numero de fallas” (ver gráfico 1-4).



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1-4. Diagrama Jack Knife y “Curvas ISO” DT 25, DT 50, DT 100, DT 250 Y DT 500.

De manera resumida se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 1-7) quedando clasificados según el cuadrante donde quedan ubicados al situarlos en el gráfico.

Sistemas	Horas MNP	Det. Npro.	TMPR	Lim. Cant. Fallas	Limite TMPR
Motor diesel	1287	314	4,1	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Hidraulico/Bombas	817,14	163	5,1	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Cabina	315,65	113	2,79	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Electrico 24 v	340,87	100	3,41	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Elec. Pot/control	247,73	76	3,26	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Frenos	217,75	62	3,51	CRÓNICO	BAJO CONTROL
Dirccion	306,12	53	5,78	BAJO CONTROL	AGUDO
Estructural	525,94	52	10,11	BAJO CONTROL	AGUDO
Trans./Tracc/Propel	236,17	22	10,74	BAJO CONTROL	AGUDO
Suspension	95,56	18	5,31	BAJO CONTROL	BAJO CONTROL
Aire/Filtros/Compreso	14,37	3	4,79	BAJO CONTROL	BAJO CONTROL
Levante/Izado	1,69	1	1,69	BAJO CONTROL	BAJO CONTROL
Lubricacion	8,81	1	8,81	BAJO CONTROL	AGUDO
Total	4414,8	5,4	58,71	58,71	5,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-7. Diagrama Jack Knife

Aunque en el primer cuadrante “Agudo y Crónico” no se encuentra ningún sistema del equipo que es lo deseable. Si varios sistemas se encuentran en el 2º y 4º cuadrante y el resto está “Bajo control”. Dependiendo del criterio a utilizar para enfocar los recursos se encuentran los enfoques de: Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad.

- Confiabilidad: Probabilidad que no ocurra una falla para una misión previamente establecida y otorgar un nivel de confianza.
- Disponibilidad: Probabilidad que un componente o equipo sujeto a mantenimiento cumpla su función en un tiempo determinado.
- Mantenibilidad: Probabilidad de que un componente o equipo que al presentar una falla se repare en un determinado tiempo.

En el caso de la flota de camiones Caterpillar se requiere aumentar la confiabilidad para lo cual ahí dos factores importantes a considerar como el MTTR y MTTF. Al discriminar entre los puntos “Crónicos” y “Agudos” se debe considerar la cantidad total de horas por sistema en detenciones no programadas ya que son las más significativas para la variabilidad de la disponibilidad. Las fallas crónicas como son recurrentes se puede establecer un plan de acción concreto al ser predecibles y las fallas agudas más significativas planes de contingencia para aminorar lo que más se pueda los tiempos de detención (MTTR).

1.7.3. Análisis de los sistemas principales del motor diésel

1.7.3.1. Diagrama de pareto

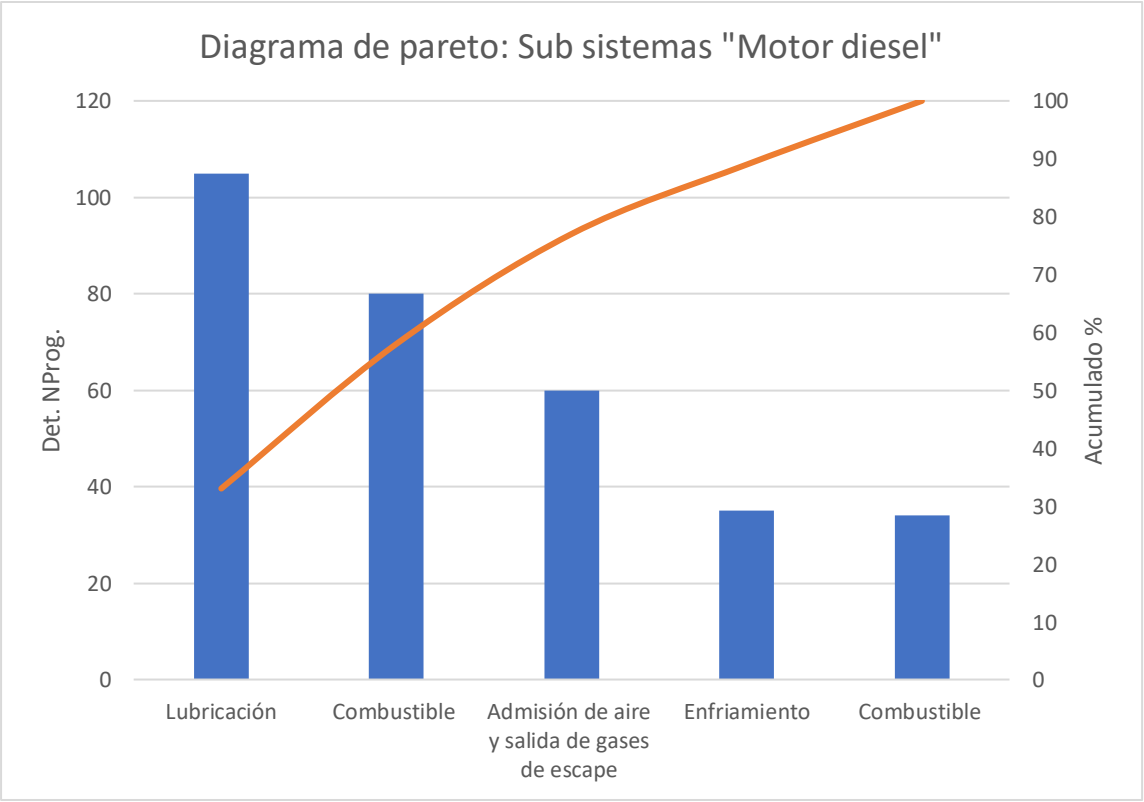
En el siguiente análisis se estudiará al detalle los sistemas principales del motor diésel (Tabla 1-8) con la finalidad de abarcar el estudio en detalle del sistema más crítico. Anteriormente se determinó que había 314 detenciones no programadas correspondientes a “motor diésel” en un intervalo de tiempo especificado y se distribuye de la siguiente manera (Tabla 1-7).

Sistema	Detenciones no programadas	Porcentaje	Acumulado
Lubricación	105	33	33
Combustible	80	25	58
Admisión de aire y salida de gases de escape	60	19	77
Enfriamiento	35	12	89
Combustible	34	11	100
Total	314	100	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-8. Sistemas de motor diésel

A continuación, se puede observar en el diagrama de pareto que la distribución de las fallas concentra el 80% en los tres primeros sistemas (Lubricación, Combustible y Admisión de aire y salida escape de gases) y sin duda el más crítico es el sub sistema de “Lubricación” (Gráfico 1-5).



Fuente: Elaboración propia

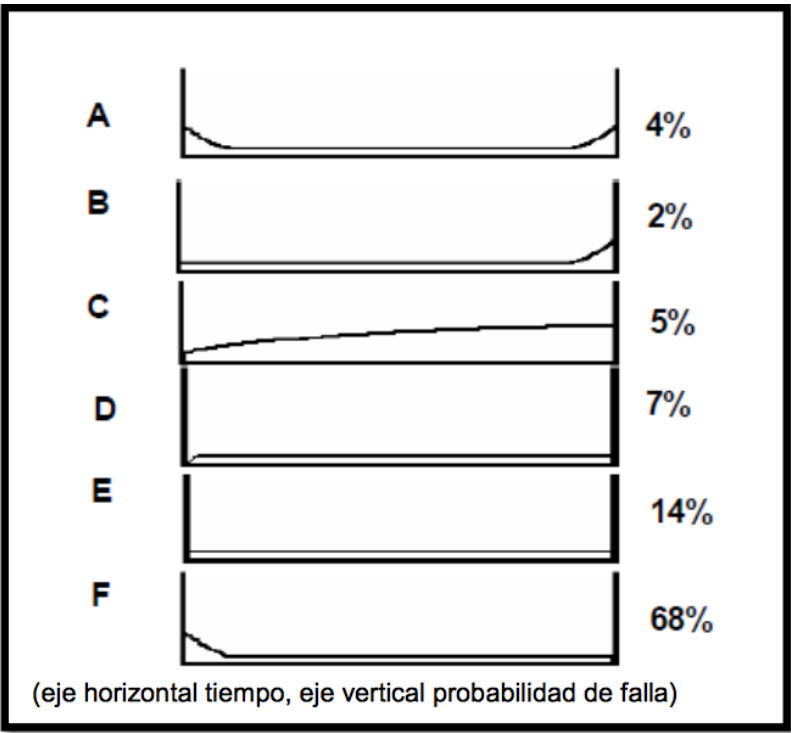
Gráfico 1-5. Diagrama de Pareto: Sub sistema “Motor diésel”

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA RCM

Mantenimiento centrado en la confiabilidad, es una técnica para la elaboración de un plan de mantenimiento que presenta varias ventajas. Tiene sus inicios en la industria de aviación civil norteamericana a finales de los años 50, debido a el considerable aumento en la tasa de accidentes aéreos, por cada millón de despegues había 60 accidentes debido a fallas en los equipos. Para solucionar el problema se creó los “Grupo de dirección de mantenimiento” constituido por representantes de las empresas de fabricantes, aerolíneas y la Administración Federal de Aviación (FAA). Como resultado de la investigación se publicó la “M.S.G-1: Evaluación del mantenimiento y desarrollo del programa” en 1968, luego se publicó “M.S.G-2: Planeación de programas de mantenimiento para fabricantes” en 1968.

El gobierno de Estados Unidos se interesó en este plan de mantenimiento encargando un estudio a Stanley Nowlan y Howard Heap empleados de United Airlines que resulto en “Reliability Centred Maintenance” (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), luego en 1980 se publicó “M.S.G-3:” Documento para la planeación de programas de mantenimiento para fabricantes/aerolíneas” donde se cambió el modelo antiguo de patrón de falla, dando a conocer 6 modelos:



Fuente: RCM II-John Moubray

Figura 2-1. Patrones de falla

- Modelo A: “Curva de la bañera”, representa en su primera etapa la mortalidad infantil tendiente a disminuir continuado por las fallas aleatorias y terminando con un envejecimiento o desgaste de manera creciente.
- Modelo B: Baja probabilidad de falla o poco ascendente que termina en una zona de desgaste.
- Modelo C: Probabilidad de falla con una leve pendiente positiva.
- Modelo D: Para un componente nuevo la probabilidad de falla es baja, para aumentar súbitamente hasta cierto nivel donde se mantendrá.
- Modelo E: Cuando se trata de fallas aleatorias la recta se mantiene constante.
- Modelo F: Alta en un comienzo debido a mortalidad infantil para luego disminuir y mantenerse casi constante con ligeros aumentos a lo largo de la vida útil.

Llegando a la conclusión que debido a los diferentes comportamientos de fallas no son predecibles.

2.2. MANTENIMIENTO Y RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería se deben realizar cosas para manejar un activo: Mantenimiento y a veces se necesita realizar modificaciones. Diversas literaturas tienen conceptos similares pero diferentes de “Mantenimiento”, Oxford lo define como “Causar que continúe”, Webster como “Conservar su estado existente”, Real academia de la lengua española “Conservar cada cosa en su ser”. Pero también se debe considerar el hecho de que en ocasiones se modifica el activo.

Todo activo físico que se encuentre en funcionamiento tiene por objetivo satisfacer las necesidades de alguien que quiere que haga algo (Cumplir su función específica). Una de las definiciones más completas de mantenimiento sería “Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga”.

Dependiendo del contexto operacional del activo van a ser diversos los requerimientos de los activos, llevando a la siguiente definición de RCM “Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.

2.3. CAMIÓN “CATERPILLAR”, MODELO 795F AC

El equipo a analizar es una parte primordial en el proceso de extracción y procesamiento del mineral en la faena de “Los Bronces”, perteneciente a “Anglo American”.

La función principal del equipo es transportar el material producto del proceso de tronadura entre dos puntos de la manera más eficiente y eficaz posible con una capacidad nominal de 313 Ton, una distancia promedio media de 7 Km a 19,4 Km/hr .

El estándar de Anglo American es mantener la disponibilidad sobre un 80% como mínimo y según los datos del último año se encuentra en un 71%. Debido a esto se necesita mejorar el plan actual de mantenimiento que se implementa en la flota de camiones “Caterpillar”. A continuación, se describen brevemente los subsistemas del activo.

2.4. 7 PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM

Las bases del RCM dan a conocer todos los fallos potenciales que podría tener una instalación, identificando las causas y planteando medidas preventivas dependiendo de la gravedad de cada falla. En el proceso se plantean una serie de preguntas que son claves en el proceso:

2.4.1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento en cada sistema?

“La definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”, (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997).

- Función principal

-Motor diésel

Transformar energía proveniente de combustible diésel en energía mecánica de acuerdo a los requerimientos del operador desde ralentí hasta las 1800 Rpm (2.536 kW o 3.400 HP) donde alcanza su máxima potencia.

Función principal de los sistemas del motor diésel

- **Combustible** (Código: 1): Transferir el combustible desde el estanque de combustible hasta la bomba de combustible de alta presión y presurizar el combustible antes de la inyección.
- **Enfriamiento** (Código: 2): Mantener la temperatura del refrigerante entre 70°C (158°F) Y 100°C (212°F).
- **Admisión de aire y de escape de gases** (Código: 3): Controlar la calidad y la cantidad de aire que está disponible para la combustión.
- **Eléctrico** (Código: 4): Monitorear y controlar los sistemas eléctricos del motor diésel.
- **Lubricación** (Código: 5): Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg²-123 lb/pulg². A su vez se subdivide en 3 componentes (Tabla 2-1).

Sistema de lubricación		
1	Ventilación de cárter	Indicar el nivel de desgaste de las unidades de fuerza del motor diésel comprendida entre 0,5-1 Psi
2	Lubricación hidrodinámica	Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg²-123 lb/pulg²
3	Control de contaminantes	Controlar la contaminación por partículas sólidas de origen externo o producidas por desgaste interno para preservar la vida útil de los componentes.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-1. Sistema de lubricación

2.4.2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

Se define falla funcional como:” La incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario” (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997), (Tabla 2-2 y Tabla 2-3).

Función	Falla funcional
1	A- El sistema no es capaz de señalar el desgaste de la unidad de fuerza dentro de los parámetros de presión establecidos (0,5 psi y 1 psi).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-2. Análisis AMEF, ejemplo de “Fallas parcial”.

Función	Falla funcional
2	B- El motor es detenido por el operador, debido que no puede alcanzar las RPM máxima (por reglamentación interna de Operación).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-3. Análisis AMEF, ejemplo de “Fallas total”.

Además, se realiza una diferenciación entre Fallas totales (Cubre la pérdida total de la función principal del sistema equipo a analizar) y Fallas parciales (No impiden cumplir el objetivo del sistema, pero si lo realiza bajo el estándar esperado). La tabla completa se encuentra en ANEXO A.

A continuación, se dan a conocer el listado completo de “Fallas funcionales” asociado solo al sistema de “Motor diésel” que será el analizado en el presente trabajo a profundidad.

2.4.3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

Modo de falla se define como “Cualquier evento que cause una falla funcional” (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997), (Tabla 2-2).

Dicho de otra manera, son las diferentes causas u origen de cada falla funcional. Consiste en un sustantivo y un verbo lo suficientemente detallado para seleccionar una estrategia adecuada al manejo de la falla (Tabla 2-4 y Tabla 2-5). La tabla completa se encuentra en ANEXO A.

Referencia de información		
F	FF	MF
1	A	2-Respiradero de cárter obstruido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-4. Análisis AMEF, Modo de falla, parcial.

Referencia de información		
F	FF	MF
2	B	4-Pistón defectuoso

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-5. Análisis AMEF, Modo de falla, total.

2.4.4. ¿Que sucede cuando ocurre cada falla?

En esta etapa del RCM se da a conocer que sucede cuando acontece cada modo de falla denominado “Efecto de falla”. El concepto más utilizado es “Los efectos de la falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla”, (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997).

. Se busca indicar la evidencia que vincula la falla como ruidos, fugas visibles, decoloración del metal, humo hasta condiciones particulares (Tabla 2-6 y Tabla 2-7), la tabla completa se encuentra en ANEXO A.

Referencia de información			Efecto de la falla
F	FF	FM	
1	A	2	Presión disminuida o inexistente a la salida del respiradero

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-6. Análisis AMEF, Efecto de falla, parcial.

Referencia de información			Efecto de la falla
F	FF	FM	
2	B	4	Perdida de potencia por desgaste interno del motor

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-7. Análisis AMEF, Efecto de falla, total.

2.4.5. ¿En qué sentido es importante cada falla?

“Se dimensiona el impacto en la organización de cada modo de falla y cada”, (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997).

impacto es diferente. Puede afectar a operaciones, calidad del producto, servicio al cliente hasta seguridad y medio ambiente. Cada uno de estos puntos tiene más o menos relevancia dependiendo el contexto de la organización (Tabla 2-8 y Tabla 2-9), la tabla completa se encuentra en ANEXO A.

.

Dependiendo del criterio de cada proceso se puede priorizar una consecuencia medio ambiental como grave en determinado medio ambiente como en otro priorizar calidad del producto requerida por el cliente. Estas son los principales tipos de consecuencias a considerar:

- Consecuencia de fallas ocultas: No tienen relación directa, pero podría producir una falla de consecuencias serias hasta catastrófica.

- Consecuencias ambientales y para la seguridad: Cuando se trasgrede alguna norma ambiental del entorno de trabajo y laboral cuando se produce daño a las personas.
- Consecuencias operacionales: Afecta la producción directamente.
- Consecuencias no operacionales: En esta categoría son considerados se considera los no catalogados en las 3 anteriores y que producen un gasto directo.

Referencia de información			Consecuencia de la falla
F	FF	FM	
1	A	2	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8. Análisis AMEF, Consecuencia de la falla, parcial.

Referencia de información			Consecuencia de la falla
F	FF	FM	
2	B	4	Cambio unidad de fuerza completa tiempo estimado 8 horas no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-9. Análisis AMEF, Consecuencia de la falla, total.

2.4.6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

Para responder a la pregunta número 6 del RCM y “prevenir o predecir” las fallas asociadas a cada modo de fallas se utilizan las tareas proactivas y tienen por finalidad realizar acciones antes de que el componente llegue a la falla.

- Reacondicionamiento cíclico
- Sustitución cíclica
- Mantenimiento a condición

Cada activo físico está diseñado para cumplir una función específica en la cual está sometido constantemente a esfuerzos para la cual está preparado pero que va desgastando el componente disminuyendo su resistencia al esfuerzo. Lo que conlleva a que el activo físico llegue inevitablemente a un estado de falla. La edad del activo como se ha explicado anteriormente en otros capítulos tiene directa relación con la probabilidad de falla dependiendo de la exposición al esfuerzo por cantidad producida, distancia recorrida, ciclos operacionales y tiempo de funcionamiento (Este último es el aplicado en nuestro activo). Aunque es muy difícil categorizar un activo físico en algún patrón de fallas debido a que su comportamiento es muy particular entre cada activo e incluso entre un mismo activo perteneciente a una flota.

2.4.6.1. Tareas de reacondicionamiento

Los modos de fallos representados en el conocido patrón de “La curva de la bañera” y en el patrón donde no existe mortalidad infantil y se mantiene estable a través de su vida útil hasta la zona de desgaste, estos patrones de falla es más probable que ocurran después de su vida útil. Mientras un activo físico llegue al límite de su vida útil lo más recomendado es tomar medidas para anticiparse a la falla, lo que implica restablecer la capacidad inicial y si se realiza a intervalos fijos independiente de la condición de la pieza se llama “reacondicionamiento cíclico”.

“El reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independiente de su condición en ese momento”, (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997).

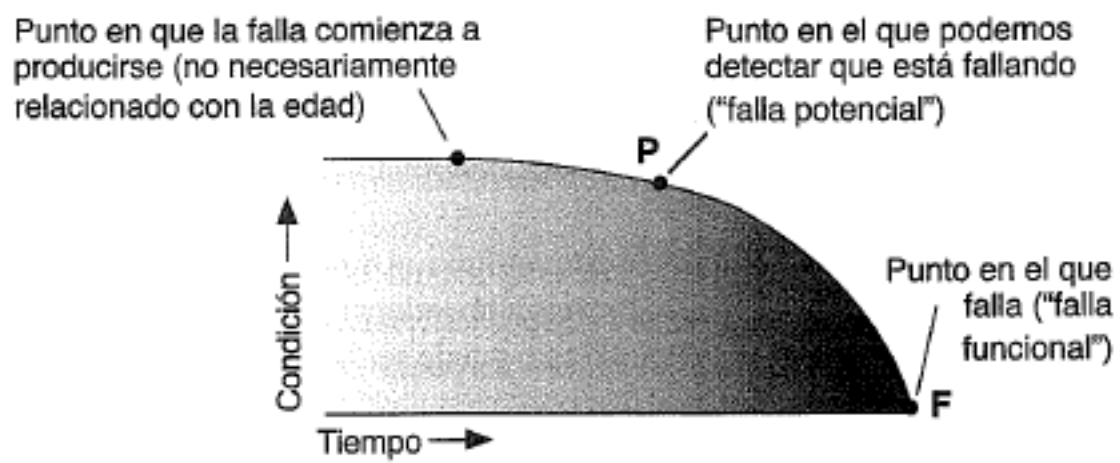
2.4.6.2. Sustitución cíclica

En muchos casos el reacondicionamiento cíclico es posible, pero es mucho más factible debido a la relación costo-eficiencia al cambiarlo por uno nuevo.

“Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independiente de su condición en ese momento”, (John Moubray, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 1997).

2.4.6.3. Mantenimiento a condición

Si se logra predecir que un componente está en el término de su vida útil antes de producirse la falla se podría prevenir una falla completa o minimizar las consecuencias. En el siguiente gráfico se puede apreciar la curva P-F, la cual grafica la condición en función del tiempo señalando el punto donde comienza a producirse una falla hasta el punto donde podemos detectar la falla P debido a síntomas o indicios hasta el punto donde se produce la falla funcional F.



Fuente: RCM II – John Moubray

Gráfico 2-1. Curva P-F

El punto “P” en un proceso en donde se puede detectar que está ocurriendo la falla se conoce como “Falla potencial”.

Existen diversos métodos para detectar si está ocurriendo una falla tales como; Alta temperatura de puntos específicos (medible con un pirómetro o parches que de acuerdo a la temperatura indica la medición), Vibraciones, fisuras, y presiones entre los métodos más utilizados.

Como un orden básico a priorizar en la aplicación de los métodos anteriormente mencionados en primer lugar se encuentra las “tareas a condición” y luego las “tareas de reacondicionamiento y de sustitución cíclica”

2.4.7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para responder la última pregunta del RCM se ha determinado que si no puede asignarse a un determinado modo de falla una tarea proactiva que sea factible técnicamente debe aplicarse una acción de acuerdo a las consecuencias de la falla.

- Al no encontrar una tarea proactiva para reducir el riesgo de falla múltiple asociada a una función oculta a un nivel tolerablemente bajo, es necesario realizar una “tarea de búsqueda de falla” de manera periódica. Si no se encuentra una “tarea de búsqueda de falla” apropiada debe aplicar un rediseño.
- Si no se puede asignar una tarea proactiva para reducir el riesgo de una falla que afecte la seguridad del medio ambiente a un nivel aceptable por obligación se debe rediseñar el componente o modificar el proceso.
- Si en un periodo de tiempo determinado no puede encontrarse una tarea proactiva que cueste menos y sus consecuencias son operacionales se opta por no realizar el mantenimiento programado. Si aun así el impacto operacional sigue siendo alto la segunda opción es el rediseño.
- Si en un periodo de tiempo determinado no puede encontrarse una tarea proactiva que cueste menos y sus consecuencias son no operacionales la decisión es no realizar el mantenimiento programado y si los costos de reparación son demasiados altos la segunda opción seguirá siendo el rediseño.

2.4.8. Número de prioridad de riesgo

Es una herramienta de trabajo para priorizar las actividades a realizar en mantenimiento, también llamado método SOD (Severidad, Ocurrencia y Detección). Cada una de estas categorías de medición se le otorga una escala de 1-10 como se muestra en la Tabla 2-6.

Intervalo	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)
9 a 10	Muy alta severidad	Muy alta probabilidad de ocurrencia	Prácticamente imposible de detectar
6 a 8	Inconveniente mayor	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
3 a 5	Inconveniente menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
1 a 2	Sin efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta capacidad de detección

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-10. Niveles de prioridad de riesgo.

El número de prioridad de riesgo es el producto de las tres clasificaciones mencionadas anteriormente, expresada de la siguiente forma.

$$RPN = S \times O \times D$$

Con un valor máximo de 1000.

2.4.8.1. Severidad (S)

Dependerá de varios factores entre ellos económico, seguridad, medio ambiente, calidad y producción.

2.4.8.2. Ocurrencia (O)

Es la probabilidad que una causa específica dé como resultado una falla

2.4.8.3. Detección (D)

Una manera de clasificar la probabilidad de encontrar una determinada falla.

Una vez comprendido la importancia de cada criterio de clasificación se implementa en el FMECA desarrollado en el ANEXO A, como se muestra en la Tabla 2-11.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Consecuencia de la falla	RPN			
				S	O	D	Total
1	A	2	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	3	2	1	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-11. FMECA y numero de prioridad de riesgo.

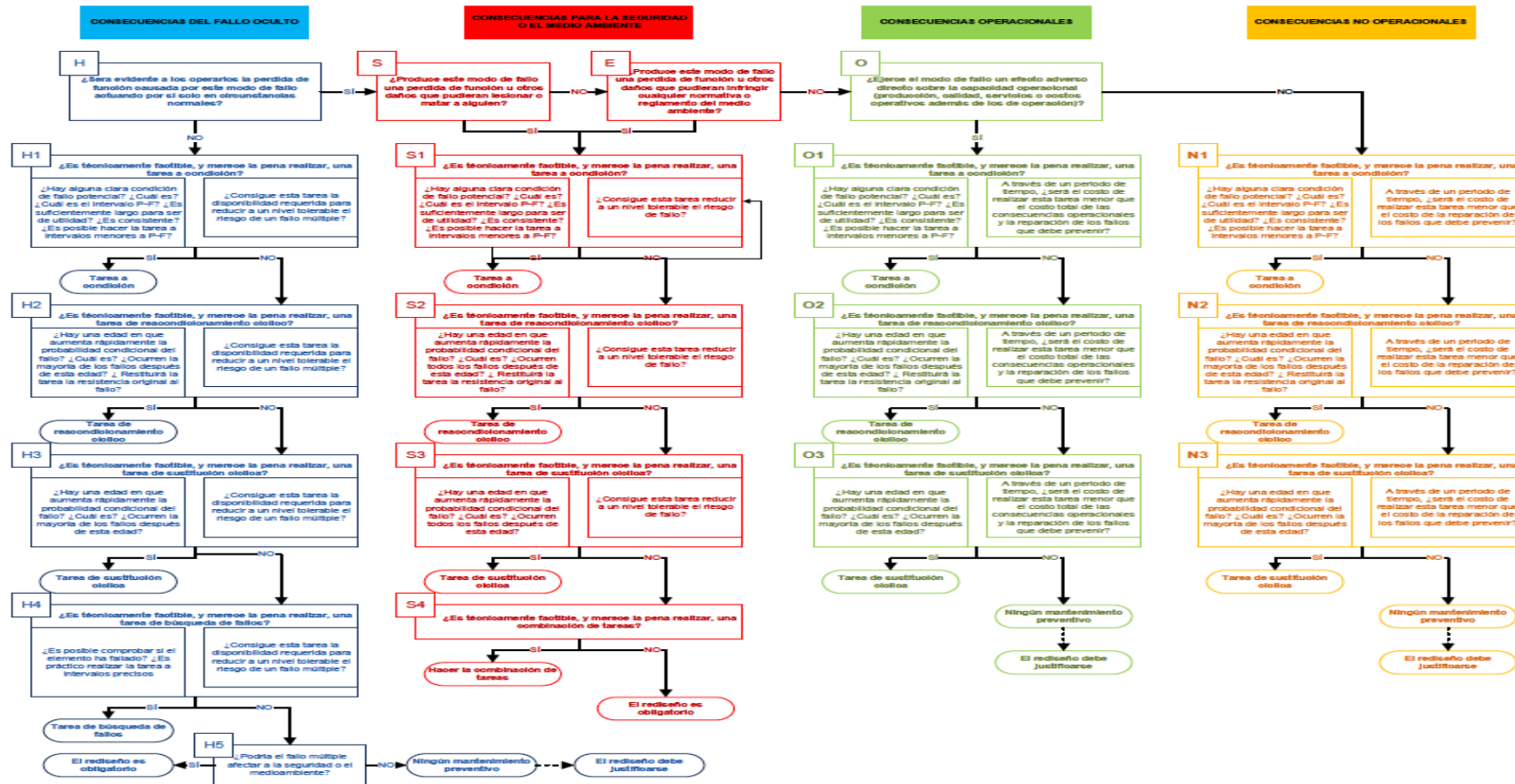
CAPITULO 3: HOJA DE DECISIONES Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

3.1. PROCESO DE DECISIÓN DEL RCM

En este capítulo se describirá el diagrama de decisiones del RCM el cual integra todos los procesos de decisión en una estructura única y se aplicará a cada uno de los modos de falla. Para proceder a confeccionar uno de los documentos más importantes del RCM la “Hoja de decisiones”, la cual nos permitirá responder las preguntas del diagrama de decisiones.

- Que mantenimiento se realizara, con qué frecuencia y quien lo realizara.
- Que fallas son tan graves como para justificar un rediseño.
- En qué casos se puede permitir que ocurra la falla deliberadamente.

A continuación, se presenta el diagrama de decisiones herramienta imprescindible para confeccionar la hoja de decisiones.



Fuente: RCM II – John Moubray

Figura 3-1. Diagrama de decisiones

3.2. HOJA DE DECISIONES

La hoja de decisiones permite responder cada una de las preguntas formuladas en el diagrama de decisiones y se completa de la siguiente manera:

Dividida en 16 columnas

Primera columna (F): Se identifica mediante la codificación la función del sistema

Segunda columna (FF): Se identifica la falla funcional

Tercera columna (FM): Código del modo de falla asociado.

HOJA DE INFORMACIÓN RCMII © 1990 ALADON LTD		SISTEMA <i>Sistema de bombeo de agua de refrigeración</i>													
		SUBSISTEMA													
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)				MODO DE FALLA (Causa da la Falla)									
1	Transferir agua del tanque X al tanque Y a no menos de 800 litros por minuto	A	Incapaz de transferir agua en absoluto			1	Se agarrota el cojinete por el uso y desgaste normal								

Fuente: RCM II – John Moubray

Figura 3-2. Hoja de decisiones

Desde la cuarta a la séptima columna (H, S, E y O)

Cada una de los modos de fallas de acuerdo al diagrama de decisiones se clasifica como las siguientes consecuencias: Oculto, seguridad, medio ambiente, operacionales y no operacionales (Imagen 3-1).

- Las columnas H1, H2, H3...ETC. En estas se registra si la tarea es proactiva y que tipo de tarea es.
- Las columnas a falta de H4, H5 o la S4 permiten registrar las respuestas.
- La columna H1/S1/O1/N1 acá se registra si se encuentra una tarea a condición.
- La columna H2/S2/O2/N2 corresponde a si la tarea es de reacondicionamiento programado
- La columna H3/S3/O3/N3 para registrar una tarea de sustitución cíclica.

- Y por último se encuentran las columnas “a falta de” y se rellena estas cuando en las 3 columnas anteriores se dijo “N”
- H4: Al responder “Si” indica que es posible realizar una tarea de búsqueda de falla, con cierta frecuencia para reducir el riesgo de la falla múltiple a un nivel aceptable.
- H5: Responde a la pregunta si una falla múltiple puede afectar el medio ambiente, de ser No la respuesta se considera el rediseño.
- S4: Responde a la pregunta si es factible realizar una combinación de tareas. Si es Si la combinación de 2 o más tareas proactivas deducen a un nivel tolerable el riesgo de la tarea de lo contrario “No” es rediseño obligatorio.

Hoja de decisión RCM II			SISTEMA: Motor diésel										SISTEMA N°: 1		Facilitador:	Fecha:	Hoja N°								
			SUBSISTEMA: Lubricación										SUBSISTEMA N°: 1		Auditor:	Fecha	de								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O1 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea propuesta										Intervalo inicial		A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	H6													
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Drenar aceite motor diésel hasta dejar a nivel										C/Mantenición		Angloamericana
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Cambiar respiradero										C/Mantenición		Angloamerican
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de sensor de presión												Finning
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Reparación del arnés												Finning
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S	Evaluar causa de alta presión										C/Mantenición		Finning
2	B	1	S	N	N	S	S						Calibrar altura geográfica												Finning
2	B	2	S	N	N	S	S						Configurar parámetros en ECM												Finning
2	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtros de aire										C/Mantenición		Angloamerican
2	B	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia												Finning
2	B	5	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia												Finning
2	B	6	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia												Finning
2	B	7	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata												Finning
2	B	8	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata												Finning
2	B	9	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata												Finning
2	C	1	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones										C/2000 hrs		Angloamerican
2	C	2	S	N	N	S	N	N	N	S			Aplicar torque apropiado										Cambio de motor		Finning
2	C	3	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones										C/2000 hrs		Angloamerican
2	C	4	S	N	N	S	N	S					Revisar tensión de correa										C/Mantenición		Angloamerican
2	C	5	S	N	N	S	N	S					Revisar estado de la polea										C/Mantenición		Angloamerican
2	C	6	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones										C/2000 hrs		Angloamerican
2	D	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Eliminar fuga de aceite												Finning
2	D	2	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata												Finning
2	D	3	S	N	N	S	N	N	N	S			Ubicar y reparar obstrucción												Finning

Fuente: Edición propia

Tabla 3-1. Extracto de hoja de decisiones

3.3. PAUTAS DE MANTENIMIENTO

3.3.2. Pautas de mantenimiento

Para manipular toda la información contenida en las hojas de información y decisión la forma más práctica de hacerlo es formando una base de datos en una computadora. La cual se podrá acceder y conformar “Ordenes de trabajo” que serán organizados dependiendo de los modos de falla y sistemas. Además, permite mantener actualizada la base de datos perfeccionando los análisis, mediante un listado de tareas rutinarias hechas a intervalos regulares definiendo las acciones que se deben tomar para los diversos modos de fallas. En la actualidad hay diversos softwares que facilitan el manejo de los datos y recolección y genera de manera mucho más fácil y amigable las ordenes de trabajo.

A continuación, se presenta una “Ordenes de trabajo” desarrollada con el software de mantenimiento “Fractal” en donde se detalla todo lo necesario para llevar a cabo el trabajo en particular, los tiempos y un contraste con los costos asociados que demuestran la conveniencia.

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas: Sistema de lubricación

Tarea: 2.D.6. Cambio de turbo

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Clasificación 1: NIVEL 4

Clasificación 2:

Prioridad: Alta

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Duración Estimada: 01:30:00

¿Hacer cuando?		
Activada por		Descripción
Evento		POR FALLA
SubTareas		
Grupo	Procedimiento	Resultado
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos al menos una cuña en cada sentido de avance	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloquear fuente eléctrica principal	TEXT
SUBSISTEMA	Drenaje de refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de turbo	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Realizar prueba de rendimiento	TEXT
Recursos a Utilizar		
Descripción		Cantidad Tipo
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad		1 Inventario
Lentes de seguridad 4C-8093 Caterpillar		1 Inventario
Buzo de papel Tyvek		1 Inventario
O-Ring Seal Kits 270-1528 Caterpillar		1 Inventario

Fuente: Fractal

Figura 3-3. Orden de trabajo

< Producto: TRUCK
Modelo: 795F AC TRUCK ERM
Configuración: 795F-AC Off-Highway Truck ERM00001-UP (MACHINE)
POWERED BY C175-16 Engine

Desarmado y Armado
C175-16 y C175-20 Motores para máquinas fabricadas por Caterpillar
Número de medio -KSNR6052-11 Fecha de publicación -01/09/2015

Fecha de actualización -01/06/2016

ID5805945

Turbocompresor - Instalar - Altitud elevada

SMCS - 1052-012
S/N - JTL1-UP

Procedimiento de instalación

Tabla 1

Herramientas necesarias			
Herramienta	Número de pieza	Descripción de la pieza	Cant.
A	4C-8358	Armella	2
B	-	Compuesto Antiagarrotante de Cobre Loctite C5A	-

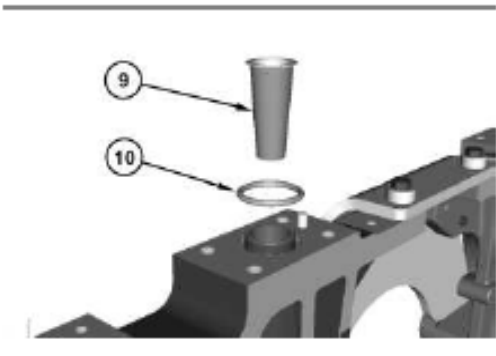


Ilustración 1 g03165036

1. Instale el sello anular (10) y el conjunto de rejilla (9).

Fuente: SIS WEB, Caterpillar

Figura 3-4. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 1



Ilustración 2

g03157361



Ilustración 3

g03164919

ATENCIÓN

Siga el procedimiento para los procedimientos de instalación y de apriete de fuelles. Apriete las abrazaderas de fleje en V en la caja de la turbina antes de las abrazaderas de fleje en V de los fuelles para evitar que el arrastre o el atascamiento de los componentes giratorios del turbocompresor. El contacto puede causar un rápido desgaste y una reducción de la vida útil del turbocompresor.

2. Asegúrese de que el turbocompresor (6) esté alineado con la espiga (X) y la conexión de drenaje del aceite (Y). Use la herramienta (A) y un dispositivo de levantamiento adecuado para instalar el turbocompresor (6). El peso del turbocompresor (6) es de aproximadamente 136 kg (300 lb).
3. Instale los pernos (8). Apriete los pernos (8) a un par de 240 ± 40 N·m (177 ± 30 lb·pie).
4. No apriete la abrazadera de fleje en V (7) en este momento.

Fuente: SIS WEB, Caterpillar

Figura 3-5. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 2

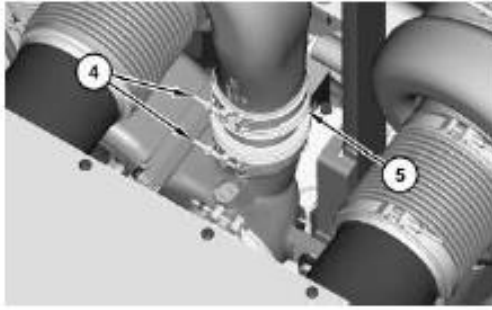


Ilustración 4

g03164918

5. Conecte los fuelles (5) y las abrazaderas (4) sin apretar.

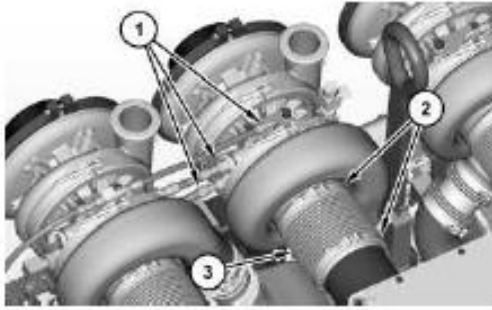


Ilustración 5

g03164897

6. Conecte los fuelles (3) y las abrazaderas (2) sin apretar.
7. Llene nuevamente la admisión de aceite con aceite limpio. Conecte los conjuntos de manguera (1).

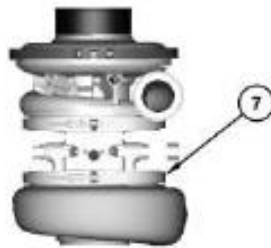


Ilustración 6

g03165030

8. Aplique la herramienta (B) en el prisionero de la abrazadera de fleje en V (7). Apriete la abrazadera de fleje en V (7) a un par de $28 \pm 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($248 \pm 18 \text{ lb-pulg}$). Afloje la abrazadera de fleje en V (7) de dos a tres vueltas. Golpee ligeramente alrededor del diámetro de la abrazadera de fleje en V (7) con un martillo adecuado. Apriete la abrazadera de fleje en V (7) a un par final de 26 a 30 N·m (19 a 22 lb-pie).

9. Apriete las abrazaderas (5) y las abrazaderas (3) a un par de $7,5 \pm 1,0 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($66,4 \pm 8,9 \text{ lb-pulg}$).
10. Asegúrese de que la rueda del compresor gire libremente sin atascarse o arrastrarse. El contacto con la caja puede causar un rápido desgaste y una reducción de la vida útil del turbocompresor.
11. Consulte Especificaciones, "Turbocompresor".

Fuente: SIS WEB, Caterpillar

Figura 3-6. Documento adjunto a orden de trabajo, parte 3

3.3.3. Costos

A continuación, se presentan un resumen de los costos asociados a las órdenes de trabajo con mayor criticidad de acuerdo al “Numero de prioridad de riesgo”.

La Tabla 3-2 representa los costos de producción de la flota de camiones 795F AC en la faena de Los bronce. Determinando los costos por 3 factores: Horas de operación, Toneladas movidas y Kilómetros recorridos.

Tipo	Unidad	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Acumulado
Operación	Mus\$	1,26	1,45	1,42	1,25	1,04	1,04	1,22	1,20	1,15	1,35	1,33	0,00	13,72
Mantenición	Mus\$	0,74	1,00	0,86	0,74	1,43	1,42	1,65	1,54	2,04	1,53	1,21	0,00	14,16
Gasto Total	Mus\$	2,00	2,45	2,28	1,99	2,47	2,46	2,87	2,74	3,19	2,88	2,53	0,00	27,88
Horas Operativas	Hr	5.659	5.141	5.708	5.308	4.484	3.902	4.602	5.081	4.761	5.329	5.084	0	55.059
Tonelaje	Mton	2,21	1,94	2,10	1,69	1,41	1,20	1,37	1,90	1,72	2,01	1,84	3,00	19,40
Distancia Media	Km	7,0	7,1	7,3	8,3	7,8	6,9	7,8	6,3	6,7	6,1	6,9	0,0	7,1
Velocidad	Km/Hr	21,0	21,5	21,5	20,9	20,1	18,6	19,4	19,5	19,4	19,1	19,9		19,4
Costo Hora - Operación	us\$/Hr	223,0	282,1	249,2	236,3	232,5	265,3	265,1	236,5	242,3	253,1	260,7	-	249,1
Costo Ton - Operación	us\$/Ton	0,57	0,75	0,68	0,74	0,74	0,86	0,89	0,63	0,67	0,67	0,72	-	0,71
Costo Ton*Km - Operación	us\$/Ton*Km	0,08	0,11	0,09	0,09	0,09	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	-	0,10
Costo Hora - Mantenición	us\$/Hr	130,8	194,4	150,9	139,2	319,4	364,2	358,3	302,6	428,2	287,8	237,7	-	257,2
Costo Ton - Mantenición	us\$/Ton	0,34	0,52	0,41	0,44	1,02	1,18	1,20	0,81	1,19	0,76	0,66	-	0,73
Costo Ton*Km - Mantenición	us\$/Ton*Km	0,05	0,07	0,06	0,05	0,13	0,17	0,15	0,13	0,18	0,13	0,10	-	0,10
Costo Hora - Flota	us\$/Hr	353,8	476,4	400,1	375,5	551,9	629,4	623,5	539,2	670,6	540,8	498,3	-	506,3
Costo Ton - Flota	us\$/Ton	0,91	1,26	1,09	1,18	1,76	2,04	2,09	1,44	1,86	1,43	1,38	-	1,44
Costo Ton*Km - Flota	us\$/Ton*Km	0,13	0,18	0,15	0,14	0,22	0,30	0,27	0,23	0,28	0,24	0,20	-	0,20

Fuente: Edición propia

Tabla 3-2. Gastos operativos y de mantenimiento

La tabla 3-3 muestra un resumen de lo presentado en la Tabla 3-2 en donde se puede ver los gastos asociados a la flota de camiones 795F AC y se expresan por mes. Sacando un promedio de los gastos mensuales dividido en la cantidad de días y horas contenidas en un día, dividido en la cantidad de equipos se puede llegar a una estimación real de las ganancias producidas por 1 solo equipo (CAC 201).

$$\frac{2,53 \text{ M } u\$}{31 \text{ dias}} = \frac{0.081 \frac{u\$}{\text{dia}}}{24 \text{ horas}} = \frac{3,4 * 10^{-3} \frac{u\$}{\text{Hr}}}{11 \text{ (Cant. de equipos)}} * \text{Valor del dolar} = \$204.032 \text{ CLP}$$

Tipos de egresos e ingresos (Equipo CAC 201)	Cantidades
Gasto operacional + mantenimiento (CLP/hora)	\$204.032
Ganancia (CLP/hora)	\$3.200.000
Producción total	\$3.404.032

Fuente: Edición propia

Tabla 3-3. Utilidades $\frac{\text{Equipo}}{\text{Hora}}$

3.3.3.1.Costos versus beneficios

Al realizar las “Ordenes trabajo”, además de establecer los tiempos y procedimientos se deben considerar los gastos asociados a cada tarea con la finalidad de ver si es factible económicamente realizarlas.

A modo de ejemplo se realizará un contraste de los costos incluidos en la orden de trabajo “2.D.6. Cambio de turbo”, a continuación, se presentarán los gastos incluidos en la Tabla 3-4.

Descripción	Nombre	Precio (Dólares)
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar métrico	Juego de llave chicharra 1/2	353,99
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	Juego de llave chicharra 1/2	564,99
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar métrico	Juego de Llaves punta corona	350,99
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT	KNUCKLEHEAD	214,54
Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad	Guantes	27,03
Lentes de seguridad 4C-8093 Caterpillar	Lentes de seguridad	13,42
Buzo de papel Tyvek	Buzo de papel	1,81
O-Ring Seal Kits 270-1528	Maleta de sellos	334,12
TOTAL		1860,89

Fuente: Edición propia

Tabla 3-4. Herramientas e Insumos OT 2.D.6. Cambio de turbo

En la Tabla 3-5 se muestra los costos por horas-hombre involucradas en la tarea, primero se muestra la hora/hombre y luego el valor total de la tarea ya que se contempla a dos personas por un periodo de 1,5 horas.

Empresa	Hora/Hombre (US\$)	OT C.D.6
Angloamerican	12	36
Finning	58,89	176,67

Fuente: Edición propia

Tabla 3-5. Valor Hora/Hombre (US\$)

En la Tabla 3-6 se muestra los costos asociados a realizar la reparación de manera programada en taller donde se consideró la ganancia perdida por producción del equipo más los costos de horas-hombre e insumos versus realizar la reparación en cualquier lugar de la mina considerando los mismos puntos a evaluar. Y se demuestra claramente la conveniencia de realizar la tarea con una diferencia en pérdidas de US\$ 10.523,12. Para la comparación no se considera el valor de las herramientas debido a que por acuerdo de contrato es parte del servicio y está incluido en las horas-hombre no así los insumos y repuestos.

Ítems	Detención programada (1,5 hr)	Reparación en terreno (3,5 hr)
Producción por camión (US\$)	\$7.715,67	\$18.003,23
Costo (US\$)		
Hora-Hombre	\$176,67	\$412,23
Insumos y repuestos	\$1.315,76	\$1.315,76
TOTAL	\$1.492,43	\$1.727,99
Perdida	\$9.208,10	\$19.731,22

Fuente: Edición propia

Tabla 3-6. Perdidas asociadas a cada condición

CONCLUSIÓN

Se ha logrado establecer e identificar el contexto operativo donde se encuentra inserto el activo físico Camión Caterpillar 795F AC mediante el estudio del proceso productivo de la minera, así como su función principal determinada por el fabricante Caterpillar y luego de analizar el equipo se pudo establecer los sistemas propios del equipo que fueron de vital importancia para determinar la problemática.

Una vez que se estableció la problemática, mediante el método de “Mantenimiento centrado en la confiabilidad” se consigue dar respuesta a cada una de las 7 preguntas básicas del RCM dando como resultado la creación del “FMECA” y consecutivamente la “Hoja de decisiones” y adicionalmente se determinó en nivel de criticidad de cada modo de falla mediante el “Numero de prioridad de riesgo”.

Como última etapa del RCM para poder aplicar de manera rápida y eficiente lo desarrollado en los capítulos anteriores se utilizó el software de administración de mantenimiento “Fracttal”, permitiendo tener acceso a todas las tareas de forma fácil y organizada donde se puede llevar un control. Además de generar las tareas se consideró la información adicional necesaria proporcionada directamente por el fabricante, recursos necesarios deducidos del propio procedimiento de trabajo de cada tarea y los costos involucrados al aplicar cada tarea con datos actualizados.

ANEXOS

ANEXO A: FMECA

Función	Falla funcional	Tipo de falla	Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia de la falla	RPN			
						S	O	D	Total
1-Indicador del nivel de desgaste de las unidades de fuerza del motor diésel comprendida entre 0,5-1 Psi	A-Línea de ventilación de cárter obstruida	Falla parcial	1-Sobre nivel de aceite motor diésel	Nivel de mirilla alto	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	4	2	40
			2-Filtro de respiradero de motor saturado con aceite	Presión disminuida o inexistente a la salida del respiradero	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	3	2	1	6
			3-Sensor descalibrado	Con motor detenido no indica la misma presión atmosférica	Tiempo de reparación 30 minutos, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	3	1	1	3
			4-Conectores y cableado dañados	Código asociado en el monitor de cabina	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	4	1	4	16

		Falla total	5-Conjunto de unidad de fuerza desgastado	Prueba de compresión mala	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente	9	1	6	54
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg ²	B-El motor no alcanza las Rpm máxima	Falla parcial	1-Debido a altura geográfica, la temperatura de refrigerante demasiado baja	Códigos o eventos activos relacionados	Tiempo estimado de reparación 1.5 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	3	2	3	18
			2-Parametros de configuración del ECM de motor no son los adecuados	Visualizar los parámetros de configuración mediante CAT ET	Tiempo estimado de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	3	15
			3-Filtro de aire obstruido	Alarma de saturación de filtros	Tiempo estimado 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	4	5	5	100

			4-Pistón defectuoso	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Cambio unidad de fuerza completa tiempo estimado 8 horas no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente	6	2	6	72
		Falla total	5-Anillos de pistón defectuosos	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Tiempo de reparación 3 horas no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente	6	2	6	72

			6-Camisas de cilindro desgastadas	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Tiempo de reparación 3 horas no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente	6	2	6	72
			7-Válvulas desgastadas	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	4	1	4	16
			8-Empaquetadura de culata defectuosa	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	2	6	96
			9-Culata de cilindro dañada	Perdida de potencia por desgaste interno del motor	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	2	6	96

2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	C-Dámper de motor deformado y polea de alternador desgastada	Falla total	1-Amortiguador de "Dámper" de sector delantero dañado	Vibración sobre los niveles normales y posibles ruidos extraños	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	2	5	70
			2-Soporte delantero de motor con pernos sueltos	Vibración sobre los niveles normales y "Mounting" deformado	Cambio contemplado en cambio de motor diésel, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	6	1	3	18
		Falla parcial	3-Acoplador desgastado	Vibración excesiva	Tiempo estimado 5.4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	5	6	240
			4-Correa del alternador demasiado tensa	Ruido excesivo hasta destrucción del rodamiento del alternador	Cambio de alternador tiempo de detención 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	3	1	5	15

			5-Ranuras profundas polea de alternador suelta	Señal de voltaje errática	Cambio de polea, tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	4	1	1	4
			6-Cojinetes de alternador dañados	Chillido de los cojinetes y desbalanceo de la polea	Cambio de rodamientos, reparación en 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	3	4	60
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	D-Baja presión de lubricación por excesivo consumo de aceite	Falla parcial	1-Fuga externa de aceite motor diésel	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad, pero si daña el medio ambiente con derrame de aceite	9	7	7	441
		Falla parcial	2-- Fugas entre las guías de válvula desgastadas y los vástagos de válvula	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	2	6	60

			3-Orificios de retorno obstruidos del aceite de motor	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	1	3	24
			4-Pistones o anillos de pistón desgastados o dañados	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	2	1	16
		Falla total	5-Instalación incorrecta del anillo de compresión o del anillo intermedio	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 3 horas no afecta la seguridad, pero si aumenta levemente las emisiones de gases de escape al medio ambiente	10	1	6	60
			6-Fugas por los anillos de sello en el eje del turbocompresor	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 1.5 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	6	1	6	36

			7-Llenado excesivo del cárter	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 30 minutos, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	1	7
		Falla parcial	8-Indicador de nivel de aceite o tubo guía incorrectos	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	7	3	147
			9-Operación sostenida en cargas ligeras	Inspección visual de fugas de aceite y bajo nivel en mirilla	Problema operacional, capacitación del personal necesaria, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	4	1	5	20
		Falla total	10-Viscosidad inadecuada del aceite 15w40 del motor diésel	Análisis de laboratorio	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	1	4	32

		Falla parcial	11-Fuga de aceite en eje de turbocompresor	Presencia de aceite en ductos de admisión	Tiempo de reparación 1.5 horas por turbo, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	4	20
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	E-Aceite de motor contaminado con refrigerante	Falla total	1-Fugas en el núcleo del enfriador de aceite de motor diésel	Presencia de refrigerante en el aceite motor diésel	Cambio de componente, tiempo estimado 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	2	4	80
		Falla parcial	2-Orificio de rebose (bomba de agua) se encuentra obstruido	Inspección visual	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	6	1	1	6
			3-Turbocompresor con fugas	Inspección visual + medición de juego axial y radial	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	6	1	3	18

			4-Empaquetadura de culata de cilindro dañada	Presencia constante de aire (burbujas) en el refrigerante	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	6	3	6	108
		Falla total	5-Fisura en culata de cilindro	Presencia constante de aire (burbujas) en el refrigerante	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35
			6-Bloque de motor diésel con fisura	Presencia constante de aire (burbujas) en el refrigerante	Cambio de motor diésel recomendado en estos casos 110 horas, no afecta la seguridad, pero si podría afectar el medio ambiente en caso de falla total	10	1	6	60
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y	F-Aceite de motor 15W40 diluido	Falla total	1-Valvula de retención de bloque dañada	Análisis de laboratorio arroja los resultados	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	3	30

prematurados con una presión entre 73 lb/pulg²-123 lb/pulg								
		2-Sellos anulares de inyector malos	Fuga de combustible por parte superior de culata	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	4	4	160
	Falla parcial	3-Bomba de combustible de alta se encentra desgastada	Baja presión de combustible	Tiempo de reparación 1.5 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	1	10
	Falla total	4-Punta del Inyector de combustible dañada	Interior de la camisa del cilindro rayada	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	6	7	420
	Falla parcial	5-Bomba de transferencia de combustible con fuga de combustible por orificio de rebose	Inspección visual	Tiempo de reparación 1.5 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	1	10

			6-Fuga de combustible a través del sello de la bomba de alta	Inspección visual	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	2	20
3-Controlar la contaminación por partículas sólidas de origen externo o producidas por desgaste interno para preservar la vida útil de los componentes	G-Exceso de material particulado en filtros de aceite motor	Falla parcial	1-Problema en conectores o cableado	Código activo asociado (E99)	Tiempo de Pre-Evaluación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	4	20
		Falla total	2-Filtros de aceite motor diésel saturados	Código activo asociado (E99)	Tiempo de reparación 30 minutos, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	1	5
		Falla parcial	3-Los sensores de presión de aceite de motor no detectan la presión atmosférica	Valor del parámetro	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	8	2	5	80
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y	H-R restricción en el circuito de lubricación del motor diésel	Falla parcial	1-Problema en conectores o cableado	Código activo asociado (E360)	Tiempo de Pre-Evaluación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	2	3	60

prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg		Falla total	2-Bajo nivel de aceite motor diésel	Inspección visual en mirilla de nivel	Tiempo de reparación 30 minutos, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	4	1	40
		Falla total	3-Viscosidad inadecuada del aceite 15w40 del motor diésel	Análisis de laboratorio	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	3	2	60
			4-Aceite de motor diésel degradado y contaminado	Análisis de laboratorio	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	2	1	20
			5-Los sensores de presión de aceite de motor no detectan la presión atmosférica	Valor del parámetro	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	3	30
			6-Rejilla de succión obstruido	Alarma de baja presión de aceite motor diésel	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	5	50

			7-Enfriador de aceite motor diésel obstruido	Inspección visual	Limpieza de componente, tiempo estimado 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	4	40
			8-Válvula reguladora atascada	Presiones irregulares	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	6	60
			9-Válvula de alivio atascada	Presiones irregulares	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	7	70
			10-Baja eficiencia de la bomba de aceite del motor	Juego excesivo	Tiempo de reparación 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	5	7	350
			11-Cojinetes del árbol de levas desgastados	Juego excesivo	Tiempo estimado de reparación 8 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	8	80

			12-Cojinetes del cigüeñal desgastados	Juego excesivo	Tiempo estimado de reparación 8 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	8	80
			13-Balancín para el eje de levas desgastado	Juego excesivo	Tiempo estimado de reparación 8 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	10	1	8	80
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	I-Alta temperatura de aceite motor	Falla parcial	1-Conectores o cableado (Corto circuito, circuito abierto o masa)	Código activo asociado (E197)	Tiempo de Pre-Evaluación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	2	10
		Falla total	2-Bajo nivel de aceite motor diésel	Inspección visual en mirilla de nivel	Tiempo de reparación 30 minutos, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	4	1	20
			3-Valvula de derivación del enfriador de aceite motor atascada	Inspección visual	Tiempo de reparación 2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	1	5

			4-Enfriador de aceite motor diésel obstruido	Inspección visual	Limpieza de componente, tiempo estimado 3 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	2	10
2-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	J-Desgaste abrasivo entre piezas de la unidad de fuerza	Falla parcial	1-Regulación de válvulas deficiente	Inspección visual	Tiempo de reparación 4 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	5	6	210
		Falla total	2-Balancines con daño por - Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35

			3-Varillas de empuje con daño por - - Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35
			4-Levantaválvulas con daño por - - Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35

			5-Árbol de levas con daño por - -Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35
			6-Vástagos de válvula con daño por - - Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35

			7-Ejes basculantes con daño por - Planitud - Desgaste anormal - Desgaste excesivo - Limpieza	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1 hora, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	7	1	5	35
1-Mantener una lubricación adecuada de los componentes del motor para evitar desgastes excesivos y prematuros con una presión entre 73 lb/pulg ² -123 lb/pulg	K-Desgaste localizado en válvulas de admisión y escape	Falla total	1-Rotadores de válvula dañado	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	2	6	60
			2-Trabas de resorte dañado	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	2	1	6	12

			3-Resortes de válvula dañado	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	4	20
			4-Válvulas dañadas	Inspección visual + medición	Tiempo de reparación 1-2 horas, no afecta la seguridad ni el medio ambiente	5	1	7	35

Fuente: Edición propia

Tabla 4-1. FMECA

ANEXO B: HOJA DE DECISIONES

Hoja de decisión RCM II			SISTEMA: Motor diésel										SISTEMA N°: 1	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
			SUBSISTEMA: Lubricación										SUBSISTEMA	Auditor:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O1 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	H6				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Drenar aceite motor diésel hasta dejar a nivel	C/Mantenición	Angloamericana	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Cambiar respiradero	C/Mantenición	Angloamerican	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de sensor de presión		Finning	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Reparación del arnés		Finning	
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S	Evaluar causa de alta presión	C/Mantenición	Finning	
2	B	1	S	N	N	S	S						Calibrar altura geográfica		Finning	
2	B	2	S	N	N	S	S						Configurar parámetros en ECM		Finning	
2	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtros de aire	C/Mantenición	Angloamerican	
2	B	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia		Finning	
2	B	5	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia		Finning	
2	B	6	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de potencia		Finning	
2	B	7	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata		Finning	
2	B	8	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata		Finning	
2	B	9	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata		Finning	
2	C	1	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones	C/2000 hrs	Angloamerican	
2	C	2	S	N	N	S	N	N	N	S			Aplicar torque apropiado	Cambio de motor	Finning	
2	C	3	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones	C/2000 hrs	Angloamerican	
2	C	4	S	N	N	S	N	S					Revisar tensión de correa	C/Mantenición	Angloamerican	
2	C	5	S	N	N	S	N	S					Revisar estado de la polea	C/Mantenición	Angloamerican	
2	C	6	S	N	N	S	S						Medir las vibraciones	C/2000 hrs	Angloamerican	
2	D	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Eliminar fuga de aceite		Finning	
2	D	2	S	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de unidad de culata		Finning	
2	D	3	S	N	N	S	N	N	N	S			Ubicar y reparar obstrucción		Finning	

Hoja de decisión RCM II			SISTEMA: Motor diésel								SISTEMA N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
			SUBSISTEMA: Lubricación								SUBSISTEMA	Auditor:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O1 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	H6		
2	D	4	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	D	5	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	D	6	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	D	7	S	N	N	S	N	N	N	S			C/Mantenición	Angloamerican
2	D	8	S	N	S		N	N	N	S			C/5000 hrs	Finning
2	D	9	S	N	N	S	S							Finning
2	D	10	S	N	N	S	N	S					C/Mantenición	Angloamerican
2	D	11	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	E	1	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	E	2	S	N	N	S	N	N	N	S			C/Mantenición	Angloamerican
2	E	3	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	E	4	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	E	5	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	E	6	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	F	1	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
2	F	2	S	N	N	S	N	S					C/5000 hrs	Finning
2	F	3	S	N	N	S	N	S					C/Mantenición	Angloamerican
2	F	4	S	N	N	S	S							Finning
2	F	5	S	N	N	S	S							Angloamerican
2	F	6	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
1	G	1	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning
1	G	2	S	N	N	S	N	N	S					
1	G	3	S	N	N	S	N	N	N	S				Finning

Hoja de decisión RCM II			SISTEMA: Motor diésel										SISTEMA N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
			SUBSISTEMA: Lubricación										SUBSISTEMA	Auditor:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O1 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	H6				
2	H	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Reparación del arnés		Finning	
2	H	2	S	N	N	S	N	S					Reparación del arnés		Angloamerican	
2	H	3	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	4	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	5	S	N	N	S	N	N	N	S			Reparación del arnés y/o cambio del sensor de pre		Finning	
2	H	6	S	N	N	S	N	S					Cambio de aceite 15W40 y filtros	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	7	S	N	N	S	N	N	N	S			Flashing del sistema de lubricación		Finning	
2	H	8	S	N	N	S	N	N	N	S			Limpieza y cambio de válvula		Finning	
2	H	9	S	N	N	S	N	N	N	S			Limpieza y cambio de válvula		Finning	
2	H	10	S	N	N	S	N	S					Cambio de aceite 15W40 y filtros	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	11	S	N	N	S	N	S					Realizar monitoreo de los metales en la muestras d	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	12	S	N	N	S	N	S					Realizar monitoreo de los metales en la muestras d	C/Mantención	Angloamerican	
2	H	13	S	N	N	S	N	S					Realizar monitoreo de los metales en la muestras d	C/Mantención	Angloamerican	
2	I	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Reparación del arnés		Finning	
2	I	2	S	N	N	S	N	S					Eliminación y/o programación de fugas de aceite	C/Mantención	Angloamerican	
2	I	3	1	S	N	N	S	N	N	N	S		Cambio de válvula de derivación del enfriador			
2	I	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Flashing del sistema de lubricación		Finning	
2	J	1	S	N	N	S	N	S					Regulación de válvulas	C/2000 hrs	Angloamerican	
2	J	2	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	J	3	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	J	4	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	J	5	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	
2	J	6	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantención	Angloamerican	

Hoja de decisión RCM II			SISTEMA: Motor diésel										SISTEMA N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
			SUBSISTEMA: Lubricación										SUBSISTEMA	Auditor:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O1 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	H6				
2	J	7	S	N	N	S	N	S					Análisis de muestra en laboratorio	C/Mantenición	Angloamerican	
1	K	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de rota válvulas	C/2000 hrs	Angloamerican	
1	K	2	S	N	N	S	N	S					Inspección de rota válvulas	C/2000 hrs	Angloamerican	
1	K	3	S	N	N	S	N	S					Inspección de rota válvulas	C/2000 hrs	Angloamerican	
1	K	4	S	N	N	S	N	S					Prueba de fugas en unidad de fuerza	C/10000 hrs	Angloamerican	

Fuente: Edición propia

Tabla 4-2. Hoja de decisiones

ANEXO C: ORDENES DE TRABAJO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA**

Fecha (A-M-D):

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas: RCM Sub sistema de lubricación

Tarea: 1.A.1. Drenaje de aceite a motor diesel hasta dejarlo a nivel

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Bloqueo del equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Acuñar	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenar aceite 15W40	TEXT
SUBSISTEMA	Cerrar y torquar llave de drenaje	TEXT
SUBSISTEMA	Poner en funcionamiento motor diesel y verificar nivel.	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario

Tarea: 1.A.2. Cambiar respindero

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Lectura		Cada 250 HORA (h)
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumaticos	TEXT
SUBSISTEMA	Bloqueo de sistema electrico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Cambio de respindero	TEXT
SUBSISTEMA	Conexión de ductos y abrazaderas	TEXT
Set de desatornilladores 162-7804 Caterpillar		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.A.3. Cambio de sensor de presión

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Muy Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 00:30:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumaticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de sensor dañado	TEXT
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.A.4. Reparación del amés

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Pruebas de diagnostico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Reparación del amés	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

SUBSISTEMA	Pruebas operativas	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Kit terminales eléctricos 140-9944 Caterpillar		1 Inventario
DT Connector service Kit 175-3700 Caterpillar		1 Inventario

Tarea: 1.A.5. Evaluar causa de alta presión

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Alta

Tiempo de Paro del Activo: 05:00:00

Clasificación 1:

Duración Estimada: 04:00:00

Clasificación 2:

Lectura	Cada 10000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acuñar los neumaticos	TEXT
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
	Cambio de unidad de fuerza (Procedimiento adjunto)	TEXT
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.K.1. Inspección de rota válvulas

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 1:

Duración Estimada: 02:00:00

Clasificación 2:

Evento	POR USO	
SUBSISTEMA	Acuña y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Retinar todas las tapas de válvulas	TEXT
SUBSISTEMA	Revisar los rotadores de válvula	TEXT
SUBSISTEMA	Instalar todas las tapas de válvulas	TEXT
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.K.2. Inspección de rota válvulas

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 1:

Duración Estimada: 02:00:00

Clasificación 2:

Evento	POR USO	
SUBSISTEMA	Acuña y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Retinar todas las tapas de válvulas	TEXT
SUBSISTEMA	Revisar los rotadores de válvula	TEXT
SUBSISTEMA	Instalar todas las tapas de válvulas	TEXT
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.K.3. Inspección de rota válvulas

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 1:

Duración Estimada: 02:00:00

Clasificación 2:

Evento	POR USO	
SUBSISTEMA	Acuña y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Retinar todas las tapas de válvulas	TEXT

SUBSISTEMA	Revisar los rotadores de válvula	TEXT
SUBSISTEMA	Instalar todas las tapas de válvulas	TEXT
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 1.K.4. Prueba de fugas en la unidad de fuerza

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Lectura	Cada 5000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear el equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Instalar inyector falso y presurizar la unidad comprometida	TEXT
SUBSISTEMA	Normalizar y/o cambiar sistema de inyección de combustible	TEXT
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.B.1. Calibrar altura geográfica

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:30:00

Lectura	Cuando HORA (h) Igual a 2000	
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Conectarse con Cat ET y calibrar altura geográfica	TEXT

Tarea: 2.B.2. Configurar parámetros en ECM

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1: NIVEL 3

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento	POR FALLA	
SISTEMA	Acufar neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SISTEMA	Conectarse con Cat ET y calibrar ECM	TEXT

Tarea: 2.B.3. Cambio de filtros de aire

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 00:10:00

Lectura	Cada 1 Mantenión (001)	
SISTEMA	Acufar neumáticos y bloqueo del equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SISTEMA	Posicionar escalera de acceso y retirar filtros viejos	TEXT
SISTEMA	Instalar filtros primarios y secundarios nuevos	TEXT
Set de desatornilladores 162-7804 Caterpillar		1 Inventario

Tarea: 2.B.4. Cambio de unidad de potencia

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 08:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 08:00:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de fluidos	TEXT

SUBSISTEMA	Cambiar unidad de potencia	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con aceite 15W40 y Refrigerante al sistema de enfriamiento	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.B.7. Cambio de unidad de culata

Tipo de Tarea: CORRECTIVA
Prioridad: Muy Alta
Clasificación 1:
Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00
Clasificación 2:
Duración Estimada: 00:10:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite de motor diesel y refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de culata	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con aceite 15W40 y refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Realizar pruebas operativas	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.C.1. Medir vibraciones

Tipo de Tarea: PREVENTIVA
Prioridad: Media
Clasificación 1:
Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00
Clasificación 2:
Duración Estimada: 03:00:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Medición de vibraciones por parte del personal de predictivo	TEXT
SUBSISTEMA	Llevar un registro	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.C.2. Aplicar torque apropiado

Tipo de Tarea: CORRECTIVA
Prioridad: Alta
Clasificación 1:
Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00
Clasificación 2:
Duración Estimada: 00:10:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Aplicar torque correspondiente	TEXT

Tarea: 2.C.3. Medir vibraciones Inner Coupling

Tipo de Tarea: PREVENTIVA
Prioridad: Alta
Clasificación 1:
Tiempo de Paro del Activo: 03:00:00
Clasificación 2:
Duración Estimada: 03:00:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Medir vibraciones con equipo de preventivos	TEXT
SUBSISTEMA	Llevar un registro	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.C.4. Revisar tensión de correa

Tipo de Tarea: PREVENTIVA
Prioridad: Media
Clasificación 1:
Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00
Clasificación 2:
Duración Estimada: 00:10:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar tensor del alternador	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1	Inventario
-------------------------------	--	---	------------

Tarea: 2.C.5. Revisar estado de poleas del alternador

Tipo de Tarea: PREVENTIVA **Prioridad:** Media

Clasificación 1: **Tiempo de Paro del Activo:** 01:30:00

Clasificación 2: **Duración Estimada:** 01:00:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Cambio de polea	TEXT

KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.C.6. Medir vibraciones

Tipo de Tarea: PREVENTIVA **Prioridad:** Media

Clasificación 1: **Tiempo de Paro del Activo:** 03:30:00

Clasificación 2: **Duración Estimada:** 03:00:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Medición de vibraciones por parte del personal de predictivo	TEXT
SUBSISTEMA	Llevar un registro	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.D.10. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA **Prioridad:** Media

Clasificación 1: **Tiempo de Paro del Activo:** 01:30:00

Clasificación 2: **Duración Estimada:** 01:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.D.11. Cambio de turbo

Tipo de Tarea: CORRECTIVA **Prioridad:** Alta

Clasificación 1: **Tiempo de Paro del Activo:** 02:00:00

Clasificación 2: **Duración Estimada:** 01:30:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de turbo	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con refrigerante	TEXT

Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.D.1. Eliminar fuga de aceite

Tipo de Tarea: CORRECTIVA **Prioridad:** Alta

Clasificación 1: **Tiempo de Paro del Activo:** 02:30:00

Clasificación 2: **Duración Estimada:** 02:00:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acufar neumático y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Ubicar y eliminar fuga de aceite	TEXT
SUBSISTEMA	Rellenar aceite faltante	TEXT
SUBSISTEMA	Limpieza de componentes	TEXT

SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite motor diesel y refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de anillos	TEXT
SUBSISTEMA	Refrío de aceite motor diesel y refrigerante	TEXT
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.D.6. Cambio de turbo

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:30:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de turbo	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con refrigerante	TEXT
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.D.7. Drenar aceite motor hasta dejar a nivel

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:30:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenar exceso de aceite 15W40	TEXT
SUBSISTEMA	Verificar nivel	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.D.8. Cambio de mirilla de nivel aceite motor diésel

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite motor diesel	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de mirilla	TEXT
SUBSISTEMA	Llenado de aceite motor diesel 320 Lts	TEXT
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.D.9 Instrucción a operadores de equipos

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 00:10:00

Fecha (A-M-D)		Cada 1 Año(s)
SUBSISTEMA	Introducción al equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Instrucción a la operación de los camiones 795F AC	TEXT

Tarea: 2.E.1. Cambio de enfriador de aceite motor diesel

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Tiempo de paro del activo: 03:30:00

Duración estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Drenar aceite de motor diesel y refrigerante	TEXT	
SUBSISTEMA	Cambio de enfriador	TEXT	
SUBSISTEMA	Abastecer con aceite 15W40 y refrigerante	TEXT	
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario

Tarea: 2.E.2. Inspeccionar orificio acusete de bomba de agua

Tipo de tarea: CORRECTIVA

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Prioridad: Alta

Tiempo de paro del activo: 03:30:00

Duración estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Revisar que el orificio de fuga se encuentre despejado	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Si existe fugas cambiar bomba de agua	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario

Tarea: 2.E.3. Cambio de turbo

Tipo de tarea: CORRECTIVA

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Prioridad: Alta

Tiempo de paro del activo: 02:00:00

Duración estimada: 01:30:00

Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Drenaje de refrigerante	TEXT	
SUBSISTEMA	Cambio de turbo	TEXT	
SUBSISTEMA	Abastecer con refrigerante	TEXT	
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario

Tarea: 2.E.4. Cambio de unidad de culata

Tipo de tarea: CORRECTIVA

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Prioridad: Muy Alta

Tiempo de paro del activo: 03:30:00

Duración estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite de motor diesel y refrigerante	TEXT	
SUBSISTEMA	Cambio de culata	TEXT	
SUBSISTEMA	Abastecer con aceite 15W40 y refrigerante	TEXT	
SUBSISTEMA	Realizar pruebas operativas	TEXT	
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario

Tarea: 2.E.5. Cambio de unidad de culata

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Muy Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acufar neumáticos y bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite de motor diesel y refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de culata	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con aceite 15W40 y refrigerante	TEXT
SUBSISTEMA	Realizar pruebas operativas	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.E.6. Cambio de motor diesel

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Muy Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 11:50:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 11:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Cambio de motor diesel	TEXT
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.F.1. Cambio de válvula de retención

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear el equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Aliviar presión residual y drenar líneas de aceite.	TEXT
SUBSISTEMA	Cambiar válvula de retención	TEXT
SUBSISTEMA	Reellenar con aceite 15W40 hasta dejar a nivel	TEXT
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1 Inventario

Tarea: 2.F.2. Cambio de sellos de inyector

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento		POR FALLA
Lectura	Cada 5000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Cortar llaves de paso de combustible	TEXT
SUBSISTEMA	Cambiar sellos de inyectores	TEXT
SUBSISTEMA	Abir llaves de combustible	TEXT
COMPONENTE	Cebiar sistema de combustible	TEXT
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario

Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.F3. Medir cantidad de material particulado en tapón magnetico

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:30:00

Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
COMPONENTE	Posicionar recipiente	TEXT
COMPONENTE	Retirar tapón magnético de bomba de combustible	TEXT
COMPONENTE	Instalar tapón magnético	TEXT
Fractional Hex Bit Pulg 98-1742 Caterpillar	1	Inventario

Tarea: 2.F4. Monitorear los códigos y eventos de falla

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 24:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 04:00:00

Lectura	Cada 1 Codigo activo o evento registrado (003)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Conectar con Cat ET	TEXT
SUBSISTEMA	Registro de los códigos y nivel de gravedad	Una lectura del medidor (Codigo de falla 003)

Tarea: 2.F5. Monitorear eficiencia de bomba de transferencia

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:30:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
COMPONENTE	Conectar Cat ET	TEXT

Tarea: 2.F6. Cambiar sello de montaje de bomba de alta presión de combustible

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
COMPONENTE	Retirar ductos de admisión sobre bomba de combustible	TEXT
COMPONENTE	Retirar bomba de alta de combustible	TEXT
COMPONENTE	Instalar bomba de combustible de alta	TEXT
COMPONENTE	Instalar ductos de admisión	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 98-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.H.10. Cambio de aceite y filtros

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acufar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

SUBSISTEMA	Drenaje de aceite del motor diesel y retiro de filtros	TEXT
SUBSISTEMA	Cerra llave de drenaje de aceite	TEXT
SUBSISTEMA	Instalar filtros nuevos	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con 320 Lts de aceite 15W40	TEXT

Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.H.11. Realizar monitoreo de los metales presentes en las muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA Prioridad: Alta

Clasificación 1: Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2: Duración Estimada: 03:00:00

Lectura	Cada 250 HORA (h)
---------	-------------------

SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Mantener el equipo en funcionamiento	TEXT
SUBSISTEMA	Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	TEXT
SUBSISTEMA	Determinar los límites permisibles	TEXT

Tarea: 2.H.12. Realizar monitoreo de los metales presentes en las muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA Prioridad: Alta

Clasificación 1: Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2: Duración Estimada: 03:00:00

Lectura	Cada 250 HORA (h)
---------	-------------------

SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Mantener el equipo en funcionamiento	TEXT
SUBSISTEMA	Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	TEXT
SUBSISTEMA	Determinar los límites permisibles	TEXT

Tarea: 2.H.13. Realizar monitoreo de los metales presentes en las muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA Prioridad: Alta

Clasificación 1: Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2: Duración Estimada: 03:00:00

Lectura	Cada 250 HORA (h)
---------	-------------------

SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Mantener el equipo en funcionamiento	TEXT
SUBSISTEMA	Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	TEXT
SUBSISTEMA	Determinar los límites permisibles	TEXT

Tarea: 2.H.1. Reparación del amés

Tipo de Tarea: CORRECTIVA Prioridad: Media

Clasificación 1: Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2: Duración Estimada: 02:00:00

Evento	FOR FALLA
--------	-----------

SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Pruebas de diagnostico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Reparación del amés	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Pruebas operativas	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Kit terminales eléctricos 140-9944 Caterpillar	1	Inventario

DT Connector service Kit 175-3700 Caterpillar		1	Inventario
Tarea: 2.H.2. Reparación del amés			
Tipo de Tarea: CORRECTIVA		Prioridad: Media	
Clasificación 1:		Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00	
Clasificación 2:		Duración Estimada: 02:00:00	
Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Pruebas de diagnostico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Reparación del amés	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Pruebas operativas	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Kit terminales eléctricos 140-9944 Caterpillar		1	Inventario
DT Connector service Kit 175-3700 Caterpillar		1	Inventario
Tarea: 2.H.3. Análisis de muestras de aceite			
Tipo de Tarea: PREVENTIVA		Prioridad: Media	
Clasificación 1:		Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00	
Clasificación 2:		Duración Estimada: 04:00:00	
Evento		POR USO	
Lectura		Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
Tarea: 2.H.4. Análisis de muestras de aceite			
Tipo de Tarea: PREVENTIVA		Prioridad: Media	
Clasificación 1:		Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00	
Clasificación 2:		Duración Estimada: 04:00:00	
Evento		POR USO	
Lectura		Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acuñar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
Tarea: 2.H.5. Reparación del amés y/o cambio de sensor			
Tipo de Tarea: CORRECTIVA		Prioridad: Media	
Clasificación 1:		Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00	
Clasificación 2:		Duración Estimada: 02:00:00	
Evento		POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Pruebas de diagnostico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Reparación del amés	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
SUBSISTEMA	Pruebas operativas	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló	
Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico		1	Inventario
Kit terminales eléctricos 140-9944 Caterpillar		1	Inventario
DT Connector service Kit 175-3700 Caterpillar		1	Inventario

Tarea: 2.H.6. Cambio de aceite y filtros

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Lectura		Cada 250 HORA (h)
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite del motor diesel y retiro de filtros	TEXT
SUBSISTEMA	Cerra llave de drenaje de aceite	TEXT
SUBSISTEMA	Instalar filtros nuevos	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con 320 Lts de aceite 15W40	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario

Tarea: 2.H.7. Flushing del sistema de lubricación

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 03:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Instalar filtros de alta eficiencia por un periodo de 50 hrs	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de filtro a estandar	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con 320 lts de aceite 15W40	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario

Tarea: 2.H.8. Limpieza y cambio de válvula

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Limpieza del area a intervenir	TEXT
SUBSISTEMA	Alivio de presión residual	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de válvula	TEXT
Set de desatomilladores 162-7804 Caterpillar		1 Inventario
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT		1 Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas		1 Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar métrico		1 Inventario

Tarea: 2.H.9. Limpieza y cambio de válvula

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 01:00:00

Evento		POR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Limpieza del area a intervenir	TEXT
SUBSISTEMA	Alivio de presión residual	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de válvula	TEXT

Set de desatornilladores 162-7894 Caterpillar	1	Inventario
KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.I.1. Reparación del amés

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:00:00

Evento		FOR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñamiento de neumáticos	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Bloqueo de equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Pruebas de diagnostico	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Reparación del amés	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Pruebas operativas	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Guantes 276-0492 Caterpillar Utilidad	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Kit terminales eléctricos 140-9944 Caterpillar	1	Inventario
DT Connector service Kit 175-3700 Caterpillar	1	Inventario

Tarea: 2.I.2. Eliminación y/o programación de fugas de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 01:00:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 00:30:00

Lectura		Cada 250 HORA (h)
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Buscar fugas	TEXT
SUBSISTEMA	Reparar y/o programar	TEXT
SUBSISTEMA	Rellenar con aceite hasta dejar a nivel	TEXT

KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.I.3. Cambio de válvula de derivación del enfriador

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 02:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 02:10:00

Evento		FOR FALLA
SUBSISTEMA	Acuñar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Drenaje de aceite de motor diesel	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de válvula de derivación	TEXT
SUBSISTEMA	Relleno con 320 lts de aceite 15W40	TEXT

KNUCKLEHEAD 90761 STREAMLIGHT	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de Llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.I.4. Flashing del sistema de lubricación

Tipo de Tarea: CORRECTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 03:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 03:00:00

Evento	POR FALLA	
SUBSISTEMA	Acutlar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Instalar filtros de alta eficiencia por un periodo de 50 hrs	TEXT
SUBSISTEMA	Cambio de filtro a estandar	TEXT
SUBSISTEMA	Abastecer con 320 lts de aceite 15W40	TEXT
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.J.1. Regulación de válvulas

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Alta

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 04:00:00

Lectura	Cada 2000 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acutlar y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Regulación de válvulas	TEXT
Grupo de herramienta del motor 482-7519 Caterpillar	1	Inventario
Juego de llaves punta-corona 248-8810 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llaves punta corona 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 9S-1748 Caterpillar Pulgadas	1	Inventario
Juego de llave chicharra 1/2 248-8819 Caterpillar metrico	1	Inventario

Tarea: 2.J.2. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acutlar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.J.3. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acutlar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.J.4. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Tiempo de Paro del Activo: 04:30:00

Clasificación 2:

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acutlar neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.J.5. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Tempo de Poro del Activo: 04:30:00

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.J.6. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Tempo de Poro del Activo: 04:30:00

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló

Tarea: 2.J.7. Análisis de muestras de aceite

Tipo de Tarea: PREVENTIVA

Prioridad: Media

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Tempo de Poro del Activo: 04:30:00

Duración Estimada: 04:00:00

Evento	POR USO	
Lectura	Cada 250 HORA (h)	
SUBSISTEMA	Acular neumáticos y bloquear equipo	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló
SUBSISTEMA	Revisar la cantidad de material partículas presente en el aceite	☐ Aprobó ☐ Alerta ☐ Falló