

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS CAMIONES MINEROS DE UNA EMPRESA MINERA UBICADA EN LA REGIÓN ANCASH”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bruno Alonso Campos Esquen

Yover Ubelser Ruíz Ruíz

Asesor:

Ing. Mg. Katerine del Pilar Arana Arana

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios y a la Memoria de mi Hija Karla, quienes me han permitido lograr mi más anhelado sueño, y a mis padres quienes con su amor y apoyo hicieron de mí una persona sencilla, pero de coraje para enfrentar cualquier reto que la vida me presente. A mi esposa e hijos, fuentes de inspiración, ya que ellos han sido mi mayor motivo para ser cada día mejor.

Bruno Campos.

La presente investigación está dedicada a Dios, por permitir lograr uno de mis más anhelados sueños, porque sin su bendición nada soy.

A mis padres quienes con su amor y apoyo hicieron en mí una persona sencilla, pero de coraje para enfrentar cualquier reto que la vida me presente.

A mis hijos, fuente de mi inspiración, ya que fue quien me motivo siempre a ser el mejor y quienes hicieron de mis momentos difíciles en momentos felices. La presente investigación

Ruíz Yover.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme la dicha de haber logrado este sueño anhelado, a mis padres por apoyar y aconsejar en cada paso dado, y a mis hijos quiénes hacen que sea un hombre con principios, lleno de amor y de muchos valores.

Bruno Campos.

A Dios que sin su bendición nada de esto se lograría, a mis padres por apoyarme y aconsejarme en cada paso que doy, y a mis hijos quiénes con su ternura hace de mí una persona tierna y cariñosa.

Ruíz Yover.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Objetivos.....	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	14
2.1. Tipo de investigación.....	14
2.2. Diseño de investigación	14
2.3. Población.....	14
2.4. Muestra.....	14
2.5. Unidad de análisis.....	14
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
2.7. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	15
2.8. Método	15
2.9. Aspectos éticos	15
2.10. Operacionalización de variables	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS	17
3.1. Diagnóstico situacional de la empresa minera	17
3.2. Diseñar un sistema de mantenimiento de camiones mineros.....	25
3.3. Mejoras en motor: Parte eléctrica motor.....	53
3.4. Mejoras en sistema Hidráulico / Subsistema de Dirección.....	58
3.5. Mejoras en el sistema Hidráulico/Subsistema de Levante y Enfriamiento	71
3.6. Mejoras en el sistema Hidráulico/Subsistema de Frenos y Ruedas	83
3.4. Incremento de los indicadores.....	96
3.5. Presupuestar el diseño de la propuesta del sistema de mantenimiento de camiones mineros.....	98
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	101
4.1 Discusión	101
4.2 Conclusiones	102
REFERENCIAS	104
ANEXOS.....	112
ANEXO n.º 1. Guía de entrevista al supervisor de mantenimiento.....	112
ANEXO n.º 2. Características de los equipos.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Instrumentos de investigación.	15
Tabla 2 Reporte mensual de detenciones programadas por equipo CAT973F en el 2020.	21
Tabla 3 Detenciones no programadas del camión CAT973F en el 2020.	22
Tabla 4 Detenciones programadas por proceso del camión Komatsu930E en el 2020.	22
Tabla 5 Resumen mensual de los indicadores de mantenimiento del equipo CAT793F.....	24
Tabla 6 Resultados de los indicadores.....	25
Tabla 7 Paradas por sistema de fallas.....	25
Tabla 8 Cantidad de filtros.....	34
Tabla 9 Ficha de medición de juego axial y radial.....	39
Tabla 10 Inspección de filtros de aire.....	45
Tabla 11 Pruebas de hermeticidad.....	50
Tabla 12 Plan de mantenimiento electrico.....	57
Tabla 13 Herramientas requeridas.....	59
Tabla 14 Regulación de la bomba de dirección.....	61
Tabla 15 Presión de nitrógeno.....	65
Tabla 16 Plan de mantenimiento de dializador.....	88
Tabla 17 Resultados de los indicadores.....	97
Tabla 18 Costos de inversión para la implementación del plan de mantenimiento.....	98
Tabla 19 Flujo saliente del plan de gestión de mantenimiento.....	98
Tabla 20 Costo por reparaciones al no aplicarse el mantenimiento programado.....	99
Tabla 21 Equipos empleados en el acarreo de mina.....	116
Tabla 22 Listado de equipos auxiliares de minera.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sub-áreas del área de mantenimiento.	17
Figura 2. Diagrama de Pareto de las fallas en las sub áreas de mantenimiento.....	18
Figura 3. Diagrama de Ishikawa.....	19
Figura 4. Diagrama de Pareto de las causas del problema.....	20
Figura 5. Ajustes de los inyectores.....	26
Figura 6. Piezas individuales de los inyectores.....	27
Figura 7. Presión de refuerzo de motor.....	38
Figura 8. Se muestra el motor del 793D equipado con un sistema turbo cargador cuadrangular....	40
Figura 9. Identificación de componentes del aftercooler.....	42
Figura 10. Punto de muestreo de aceite del motor.....	42
Figura 11. Manómetro de radiador.....	43
Figura 12. Herramienta de presurización.....	44
Figura 13. Filtro primero.....	45
Figura 14. Parte interna del filtro primero.....	45
Figura 15. Parte central del filtro primero.....	46
Figura 16. Borde del filtro primero.....	46
Figura 17. Sello del filtro primero.....	46
Figura 18. Borde metálico del filtro primero.....	47
Figura 19. Pasos para cambiar el filtro primero.....	47
Figura 20. Filtro entrante.....	48
Figura 21. Filtro saliente.....	48
Figura 22. Filtros sucios.....	48
Figura 23. Filtro de aire secundario.....	49
Figura 24. Tuercas del filtro.....	49
Figura 25. Suministro de aire.....	51
Figura 26. Herramientas de suministro de aire.....	52
Figura 27. Cambio de filtro.....	53
Figura 28. Sensor de presión atmosférica.....	53
Figura 29. Sensor de presión de salida de turbos.....	54
Figura 30. Sensor de temperatura escape.....	55
Figura 31. Ubicación de sensores y harness del motor.....	55
Figura 32. Ubicación de sensores y harness del motor.....	56
Figura 33. Se muestra el módulo del centro de mensajes del Sistema de Administración.....	56
Figura 34. Estrategias de mantenimiento eficaz.....	58

Figura 35. Muestra una correcta evaluación con apoyo de RAMP.	58
Figura 36. Bomba del sistema de dirección 793D.	59
Figura 37. Acumuladores.	60
Figura 38. Prueba de manómetro.	61
Figura 39. Tapa de tornillo de ajuste.	62
Figura 40. Filtro de dirección.	62
Figura 41. Evaluación de filtros de aire.	63
Figura 42. Evaluación de dirección.	64
Figura 43. Fugas de aire.	65
Figura 44. Registro VIMS.	65
Figura 45. Cubiertas protectoras.	66
Figura 46. Inspección de cilindro de dirección.	68
Figura 47. Muestra los 9 puntos de engrase.	69
Figura 48. Timón del equipo.	69
Figura 49. Inspecciones programadas.	70
Figura 50. Inspección fugas externas bomba de levante.	73
Figura 51. Muestra la válvula de control de levante y pilotaje.	74
Figura 52. Vista en corte de válvulas solenoide de levante.	75
Figura 53. Componentes y accesorios de cilindros de levante.	76
Figura 54. Inspección de fugas por vástago de cilindro de levante.	77
Figura 55. Inspección del cardan PTO.	78
Figura 56. Medición de juegos de cardan PTO.	80
Figura 57. Ejemplo de nivel de criticidad de mangueras y tuberías.	82
Figura 58. Las flechas señalan a las ruedas delanteras CAT793F.	83
Figura 59. Desgaste de frenos delanteros.	86
Figura 60. Cargador de ruedas CAT994D.	113
Figura 61. Cargador LET L2350 en mina.	114
Figura 62. Pala PH4100XPC en mina.	114
Figura 63. Cargador CAT994F en mina.	115
Figura 64. Pala BE495B1 en mina.	116
Figura 65. Camión CAT793F en mina.	117
Figura 66. Camión Komatsu 930E-4SE.	117
Figura 67. Perforadora Bucyros BE49R3 en mina.	118

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue mejorar el plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros. La investigación es aplicada, explicativa, cuasi experimental y cuantitativa. El diagnóstico evidencia que los sistemas con mayor cantidad de fallas son motor, sistema hidráulico, tren de potencia y chasis Aframe. Los equipos CAT 793F presentan fallas que afectan su disponibilidad al 88% siendo el target 95%, por lo tanto, genera pérdidas en la empresa. La mejora del plan de mantenimiento preventivo se ha enfocado en maximizar la vida de los componentes que presentan mayor cantidad de fallas, y está estructurado por la elaboración del Task Record, el cual fue elaborado basándose en recomendaciones dadas por fabrica, recomendaciones por especialistas en camiones y antecedentes positivos de otros centros mineros en el mundo. Lo novedoso de este diseño es que nos permite distribuir las tareas de mantenimiento de forma ordenada y sistemática, se considera realizar pruebas dinámicas y medición de presiones de todos los sistemas del camión 793F, lo que nos permitirá saber con precisión cual es el estado real de cada uno de los sistemas y componentes del equipo. El impacto del sistema de mantenimiento es positivo, ya que el porcentaje de utilización del equipo se incrementó a 94.84%, el porcentaje de operatividad de los equipos se incrementó a 97.20%, el porcentaje de reparaciones no programadas se incrementó a 1.57%, el Número de horas de mantenimientos programados se incrementó a 0.28, el tiempo medio de reparación (MTTR) se reduce a 3.61, el tiempo medio entre fallas (MTBF) se incrementa a 38.5 y finalmente la disponibilidad se incrementa a 97.09%. El proyecto es viable ya que presenta un VAN de 326,791.95 dólares y un TIR de 513%, y una relación B/C de 1.59 dólares.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, camiones mineros, disponibilidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La falta de mantenimiento preventivo, trae como consecuencia paradas de máquinas imprevistas, lo que afecta a la producción, calidad y produce demoras en el pilado de arroz por ende insatisfacción de los clientes, esto repercute en los costos por reparación o adquisición de nuevos repuestos, afectando la rentabilidad de la empresa y bajando su productividad (Bona, 1999).

Hoy en día, el mantenimiento contribuye con los dos factores claves de la competitividad (Calidad y productividad). A ello se suma la existencia de un tercer factor clave que es propio del Mantenimiento: la confiabilidad (Campbell, 1999).

El mantenimiento influye en todos, sin embargo, es a través de la disponibilidad donde se ven mejor sus efectos y por lo tanto la incidencia que tiene en el resultado global (Mora, 2009). El buen mantenimiento nos asegura la disponibilidad hoy a lo largo del tiempo y esto es la confiabilidad (Flores, 1998).

Hoy día ya no es recomendable manejar un solo tipo de mantenimiento sin tener distinción de que equipo se está manejando. Para hacer este proceso más eficiente se recomienda clasificar cada uno de los equipos para poder planificar un tipo de mantenimiento, dependiendo el caso y la situación, con un modelo recomendado (Bonzi, 2016).

La importancia del plan de mantenimientos para un proceso que requiere de maquinarias, es extremadamente alta. Si una empresa carece de un buen plan de mantenimiento integral, inevitablemente va ocasionar muchas peditas por motivos de inoperatividad. Si los procesos dependen de los equipos es mejor prevenir antes que reparar (Calderón, 2014).

Estudios internacionales como la tesis de Paredes (2013) sirvieron para validar resultados empíricos que la unidad de Ingeniería de Mantenimiento, sobre los componentes y sobre sus indicadores, como los costos globales y los costos de ineficiencia. Galingo (2014), analizó exhaustivamente los pronósticos de los parámetros e indicadores CMD, y tomó decisiones confiables y certeras a futuro, y determinó la confiabilidad y mantenibilidad de camiones mineros. Pesántez (2014) explicó que es necesario mantener registros confiables de los diversos mantenimientos que se ejecutan a los equipos, ya que de esta manera se puede aplicar de manera efectiva un plan de mantenimiento programado.

Asimismo, estudios nacionales como la tesis de Soto (2016) realizó un sistema de mantenimiento en la confiabilidad, y utilizó formatos como checklist de equipos, partes diarios del operador, inspecciones semanales de equipos, status de equipos y observaciones diarias de los equipos. Torres (2017) realizó un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad e identificó fallas funcionales, modos de falla, a través del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), luego realizó el análisis de criticidad, en base a los criterios establecidos por la minera, y finalmente determinó las fallas con mayor número de prioridad de riesgo (NPR). Martínez (2019), concluyó que no basta con la implementación de los planes de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), ya que si la empresa cuenta con problemas de abastecimiento es necesario implementar un programa de abastecimiento de repuestos e insumos.

Desde la perspectiva regional Alfaro (2017) aplicó un sistema de plan de mantenimiento utilizando la metodología AMFE para analizar las fallas y poder establecer las causas para tomar acciones correctivas, con ello incrementó la productividad de los equipos, el MTBF aumentó en 58.5 horas, el MTTR disminuyó en 0.76 horas y la disponibilidad

aumentó en 0.39%. Rodríguez (2013) identificó fallas en el mantenimiento y propuso retroalimentar el proceso, por ello estableció indicadores que aseguran un plan adecuada de mantenibilidad y disponibilidad luego realizó un análisis FODA para establecer estrategias de mantenimiento.

Valdes y Zequeira (1998) en su libro muestra técnicas de mantenimiento avanzado como mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM), mantenimiento centrado en la fiabilidad mantenimiento en producción (TPM), planificación basada en análisis de riesgo RBM (métodos HAZOP y FMECA) y mantenimiento preventivo sistemático el cual incluye mantenimiento periódico, lubricación, mantenimiento reglamentario o legal y mantenimiento de seguridad.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual (Aenor, 2011).

Campbell (1999) en su libro “Manual de confiabilidad” argumenta que existen indicadores que se tienen en cuenta a la hora de realizar mantenimientos que tienen por objetivo, encontrar y corregir los errores y problemas que provoquen fallos dentro de los más representativos nombra a la disponibilidad, rendimiento, utilización, tiempo medio para reparar (MTTR) y tiempo medio entre fallas (MTBF).

Las empresas que buscan mejorar cada vez más sus procesos analizan las propuestas de mantenimientos existentes, una de ellas es la empresa minera que pone énfasis en la prevención, sin dejar de lado la corrección. Básicamente el plan de mantenimiento

propuesta tiene como función reducir los tiempos de mantenimiento desde la prevención. Las fallas no deben ocurrir, deben ser reparadas antes de que ocurran.

Sin embargo, la empresa, no debe tratar a todos los equipos con la misma importancia, si consideramos que los recursos de la empresa son limitados, es necesario que sean mejor administrados los recursos y repartir de la mejor forma priorizando los equipos con más representatividad en la actividad.

Se realiza un profundo análisis sobre el trabajo realizado en los procesos de mantenimiento. Actualmente la empresa tiene su propia organización y utiliza algunas herramientas para brindar su servicio interno de mantención, vamos a exponerlas y trabajar sobre ellas, se propondrán nuevas herramientas y mejorara el sistema en general, ya que actualmente se reportan retrasos en los tiempos de mantenimiento lo cual está generando una pérdida de 10 000 dólares quincenales por paradas de equipo. El plan de mantenimiento es aquel que se basa en evitar los fallos por desgaste, la solución que se toma es la de ir reemplazando las piezas o equipos que pudieran sufrir este tipo de problemas relacionados con el paso del tiempo (Flores, 2016).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la mejora del plan de mantenimiento incrementa la disponibilidad de los Camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Ancash?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

La mejora del plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los Camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Ancash.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico actual para identificar los principales problemas de los camiones mineros.
- Diseñar la mejora del plan de mantenimiento de camiones mineros.
- Presupuestar el diseño de mejora del plan de mantenimiento de camiones mineros.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito: la investigación es aplicada, porque el mantenimiento y la disponibilidad son teorías conocidas, que sólo se van a aplicar (Oblitas, 2018).

Según su profundidad: la investigación fue explicativa, porque se va a analizar el grado de influencia entre las dos variables.

Según su manipulación de la variable: mediante la mejora del plan de mantenimiento se pretende manipular una de las variables de investigación, que es la productividad de equipos mineros en distintos escenarios, por lo tanto, la investigación es cuasi experimental.

2.2. Diseño de investigación

La investigación será cuantitativa, porque vamos a utilizar procesos de medición estadísticos para medir los tiempos en la etapa de diagnóstico del mantenimiento de los camiones mineros.

2.3. Población

30 camiones mineros modelo CAT793F en minera, en el año 2020.

2.4. Muestra

Se considera igual que la población es igual que la muestra.

2.5. Unidad de análisis

Camión minero CAT793F utilizado en minera.

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.6.1. Técnicas

- **Entrevista**

Se va a aplicar la entrevista al supervisor del área de mantenimiento, para posteriormente evaluar su diagnóstico.

- **Observación**

Se observará el mantenimiento de los camiones mineros.

- **Análisis documental**

Se va a analizar los reportes mensuales emitidos de los sobretiempos en el taller, además se recopilará información literaria concerniente al tema de estudio en bibliotecas y en base de datos de internet.

2.6.2. Instrumentos

En la tabla 1, se muestran los instrumentos de investigación.

Tabla 1
Instrumentos de investigación.

Técnica	Instrumento
Entrevista	Cuestionario
Observación	Ficha resumen
Análisis documental	Ficha resumen

2.7. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

Los datos se analizarán en el programa SPSS, y los gráficos de tendencia se elaborarán en Microsoft Excel. Pero también se utilizará el programa SAP donde se reportan los mantenimientos.

2.8. Método

Se aplicará el método analítico que consiste en observar las causas, la naturaleza y los efectos del mantenimiento planificado en la reducción de tiempos de ejecución. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 213).

2.9. Aspectos éticos

En la investigación se protegerá la identidad de cada uno de los sujetos de estudio y se tomará en cuenta las consideraciones éticas pertinentes, tales como confidencialidad, consentimiento informado, libre participación y anonimato de la información.

- **Confidencialidad:** La información obtenida no será revelada ni divulgada para otro fin que no sea académico.

- Consentimiento informado: La finalidad del consentimiento informado será solicitar autorización al supervisor de la empresa, para la realización del estudio y lograr su participación de manera voluntaria.
- Libre participación: Se refiere a la participación de los trabajadores sin presión alguna, pero si motivándolos sobre la importancia de la investigación.
- Anonimidad: Se tendrá en cuenta desde el inicio de la investigación.

2.10. Operacionalización de variables

VARIABLE(S) (X):	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULA
Independiente					
Plan de mantenimiento preventivo	Conjunto de tareas preventivas a realizar en equipos con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de un equipo.	Para evaluar la variable se realizará mediante las dimensiones: utilización del equipo y objetivos del plan de mantenimiento, que serán evaluados con los indicadores: Porcentaje de utilización del equipo Porcentaje de operatividad de los equipos Porcentaje de reparaciones no programadas.	Utilización del equipo	Porcentaje de utilización del equipo	$U = \frac{Hrs\ Trabajadas}{Hrs\ disponibles} * 100$
			Operación de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	$Op = \frac{Total\ máq\ operativas}{Total\ máquinas} * 100$
			Reparación del equipo	Porcentaje de reparaciones programadas	$Rep.\ prog = \frac{Reparaciones\ programadas}{Reparaciones\ totales}$
f(X): Dependiente					
(X): Dependiente	Es el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad.	Para evaluar la disponibilidad, se cuantificará cada uno de ellos mediante sus fórmulas relacionadas con el proceso de tratamiento de aguas	Tiempo de funcionamiento del equipo	Nro de horas de mttos programados	$MP = \frac{Horas\ programadas}{250}$
Disponibilidad.			Mejora de la fiabilidad del equipo	Tiempo medio de reparación (MTTR)	$MTTR = \frac{Hrs\ en\ reparación}{Nro\ reparaciones}$
				Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{Hrs\ trabajadas}{Nro\ fallas}$
			Disponibilidad		$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situacional de la empresa minera

3.1.1. Análisis situacional en el área de mantenimiento de equipos

El área de mantenimiento se divide en cuatro sub-áreas, definidas en la figura:



Figura 1. Sub-áreas del área de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, (2019)

En la figura 1, se muestra las divisiones del área de mantenimiento, las cuales se encargan de realizar el mantenimiento de equipos carguío, equipos de acarreo, equipos de perforación y equipos auxiliares. A continuación, se detalla los equipos con los que se cuenta en minera:

a. Identificación de fallas en las sub-áreas de mantenimiento

De acuerdo a los reportes emitidos por la empresa minera, durante el año 2020 en el área de mantenimiento ocurrieron 2345 fallas, sin embargo, es necesario conocer los equipos que más fallan en este proceso, para ello se elaboró la figura 2.

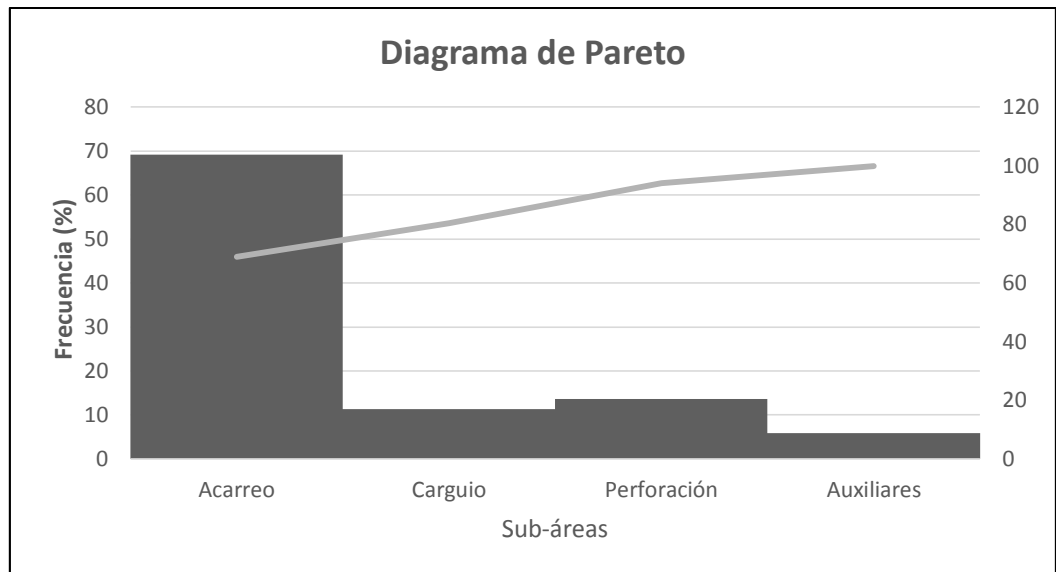


Figura 2. Diagrama de Pareto de las fallas en las sub áreas de mantenimiento.

En la figura 2, se muestra el diagrama de Pareto de acuerdo a la ocurrencia de fallas en el área de mantenimiento de equipos, en ella se evidencia que la sub área de acarreo representa el 70% de las fallas totales, por la diferencia de ocurrencia las otras sub-áreas no son representativas, y se evaluará solo las fallas en los equipos de acarreo.

Los equipos de acarreo conformados por los camiones mineros Cat y Komatsu, presentan baja disponibilidad del equipo, por esta razón se identificaron las causas de las fallas mediante el diagrama de Ishikawa presentado en la figura.

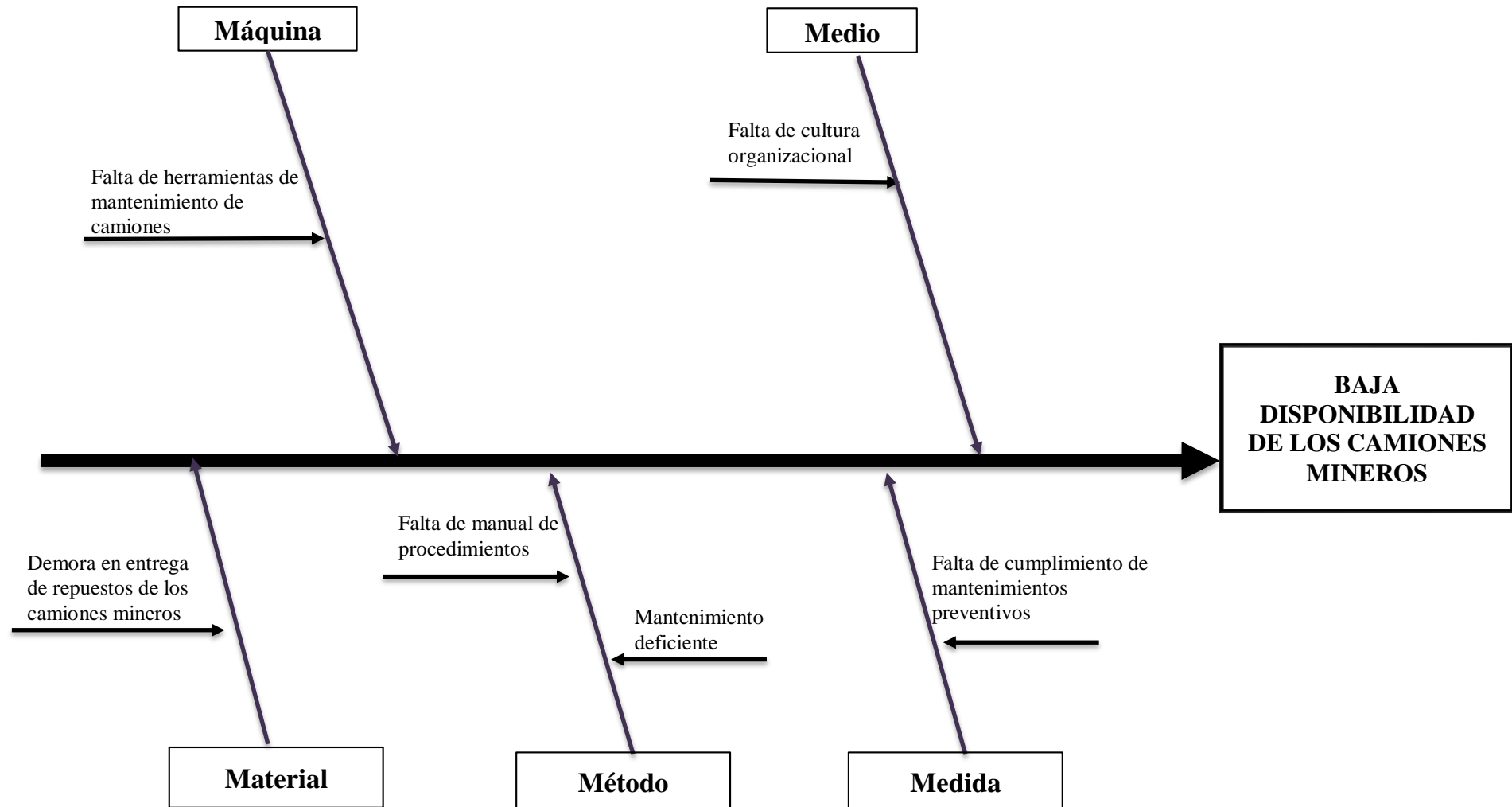


Figura 3. Diagrama de Ishikawa.

En la figura 3, se muestra el diagrama Ishikawa de la baja disponibilidad de los camiones mineros, donde se detallan las causas que dan lugar a este problema, para evaluar cuál es la más impactante se ha realizado un diagrama de Pareto de acuerdo a su modo de falla.

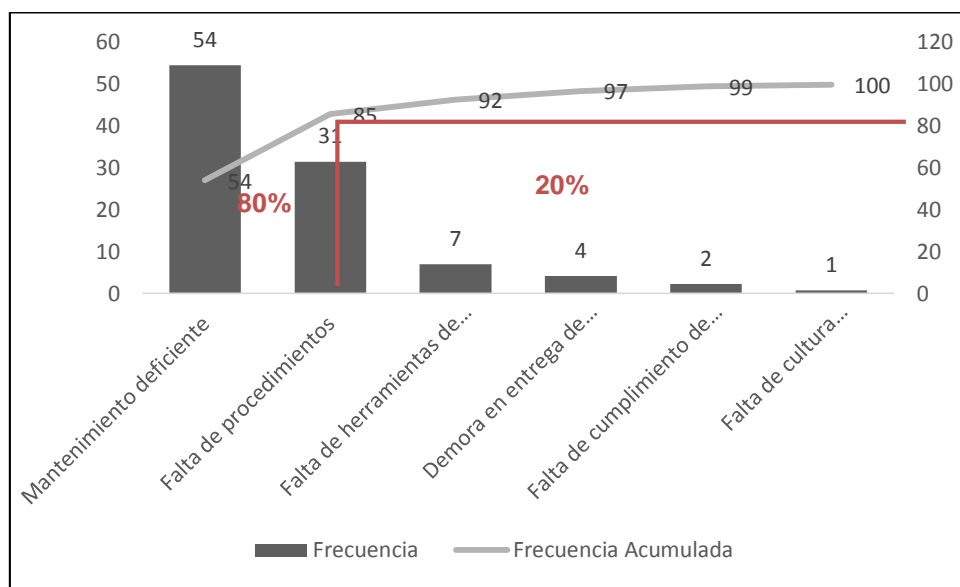


Figura 4. Diagrama de Pareto de las causas del problema.

En el diagrama de Pareto representado en la figura 4, se puede identificar el principio del 80-20, dentro del 80% se encuentra el mantenimiento deficiente y la falta de procedimiento y en el 20% se encuentran la falta de herramientas, la demora de entrega de repuestos, falta de cumplimiento de mantenimiento y la falta de cultura organizacional. Esta investigación se centrará en reducir los modos de fallas pertenecientes al 80%, para ello es necesario analizar los indicadores actuales y realizar un análisis de criticidad.

3.1.2. Análisis de indicadores de mantenimiento de los equipos

a. Porcentaje de utilización del equipo

Para el cálculo de este indicador, se ha calculado las horas trabajadas y las horas disponibles; las horas disponibles ascienden a 7920 horas al año. Las horas trabajadas se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 2
Reporte mensual de detenciones programadas por equipo CAT973F en el 2020.

Mes	Sistema	Duración
Enero	Cambio de componentes de equipo	22
	Mantenimiento Planificado	63.3
Febrero	Cambio de componentes de equipo	24.45
	Mantenimiento Planificado	74.2
Marzo	Cambio de componentes de equipo	21.325
	Mantenimiento Planificado	34.175
Abril	Cambio de componentes de equipo	22.75
	Mantenimiento Planificado	35.55
Mayo	Cambio de componentes de equipo	24.1
	Mantenimiento Planificado	34.925
Junio	Cambio de componentes de equipo	20.3
	Mantenimiento Planificado	37.8
Julio	Cambio de componentes de equipo	21.6
	Mantenimiento Planificado	36.625
Agosto	Cambio de componentes de equipo	23.3
	Mantenimiento Planificado	37.95
Setiembre	Cambio de componentes de equipo	22.75
	Mantenimiento Planificado	34.9
Octubre	Cambio de componentes de equipo	22.45
	Mantenimiento Planificado	35.85
Noviembre	Cambio de componentes de equipo	18.3
	Mantenimiento Planificado	38.05
Diciembre	Cambio de componentes de equipo	22.9
	Mantenimiento Planificado	37.05
Total		766.60

$$U = \frac{\text{Hrs Trabajadas}}{\text{Hrs disponibles}} * 100$$

$$U = \frac{7920 - 766.60}{7920} * 100$$

$$U = \frac{7153.40}{7920} * 100$$

$$U = 90.32\%$$

b. Porcentaje de operatividad de los equipos

Se han analizado 30 camiones mineros 793F.

$$Op = \frac{27}{30} * 100$$

$$Op = 90\%$$

c. Porcentaje de reparaciones no programadas

En la tabla 3, se muestra se muestra las detenciones no programadas de camión CAT973F durante el año 2020 y se ha clasificado por su sistema, en

total el equipo ha parado 520.66 horas debido a estas detenciones. Las reparaciones programadas son 24.

Tabla 3

Detenciones no programadas del camión CAT973F en el 2020.

Sistema	Duración	Frecuencia
Motor equipo móvil	167.52	655
Sistema chasis	132.24	464
Tren de potencia	52.31	191
Suspensión y ruedas	48.17	117
Sistema eléctrico	36.53	84
Cabina	30.26	72
Sistema hidráulico	28.65	42
Sistema de frenos	24.98	35
Total	520.66	1660

$$Rep. prog = \frac{Reparaciones programadas}{Reparaciones totales}$$

$$Rep. prog = \frac{24}{1684}$$

$$Rep. prog = 1.43\%$$

d. Número de horas de mantenimientos programados

Las horas programadas en los mantenimientos de 250 horas se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4

Detenciones programadas por proceso del camión CAT793F en el 2020.

Mes	Sistema	Duración
Enero	Recarga de combustible	2.87
	Traslado al taller de mantenimiento	1.67
Febrero	Recarga de combustible	2.96
	Traslado al taller de mantenimiento	1.85
Marzo	Recarga de combustible	3.02
	Traslado al taller de mantenimiento	1.93
Abril	Recarga de combustible	3.12
	Traslado al taller de mantenimiento	1.78
Mayo	Recarga de combustible	3.57
	Traslado al taller de mantenimiento	2.08
Junio	Recarga de combustible	3.98
	Traslado al taller de mantenimiento	1.67
Julio	Recarga de combustible	3.54
	Traslado al taller de mantenimiento	2.03
Agosto	Recarga de combustible	3.83
	Traslado al taller de mantenimiento	1.76
Setiembre	Recarga de combustible	3.81
	Traslado al taller de mantenimiento	1.63
Octubre	Recarga de combustible	4.08
	Traslado al taller de mantenimiento	1.66

Noviembre	Recarga de combustible	3.92
	Traslado al taller de mantenimiento	1.87
Diciembre	Recarga de combustible	4.11
	Traslado al taller de mantenimiento	2.04
Total		64.78

$$MP = \frac{64.78}{250}$$

$$MP = 0.26 \text{ horas}$$

e. Tiempo medio de reparación (MTTR), Tiempo medio entre fallas (MTBF) y Disponibilidad

Se analizaron los indicadores del camión minero CAT793F, desde enero hasta diciembre del 2020, y se eligieron disponibilidad, rendimiento, MTBF, MTTR y calidad tomando como base los estudios de Campbell (1999). En la tabla 5, se muestra los resultados mensuales comparados con los esperados por la empresa minera, y se evidencia que la disponibilidad actual y la esperada varía en un 15% a 10% y en rendimiento la diferencia entre el actual y el esperado varía entre 16% hasta 12%.

Tabla 5
Resumen mensual de los indicadores de mantenimiento del equipo CAT793F.

Indicadores		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Disponibilidad	Disponibilidad esperada por la empresa	95%											
	Disponibilidad actual	89.75	90.91	91.43	89.74	89.47	90.70	90.48	90.24	89.47	88.89	89.19	88.57
MTBF	MTBF Actual	35.0	40.0	32.0	35.0	34.0	39.0	38.0	37.0	34.0	32.0	33.0	31.0
	LS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	LI	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MTTR	MTTR Actual	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	LS	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	LI	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Calidad	La empresa minera, para su área de mantenimiento mediante la superintendencia ha establecido trabajar con 95% de calidad.												

3.1.3. Resultados de indicadores actuales

Tabla 6
Resultados de los indicadores.

VARIABLE(S) (X):	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO ACTUAL
Independiente			
Plan de mantenimiento preventivo	Utilización del equipo	Porcentaje de utilización del equipo	90.32%
	Operación de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	90%
	Reparación del equipo	Porcentaje de reparaciones no programadas	1.43%
(X): Dependiente			
Disponibilidad.	Tiempo de funcionamiento del equipo	Nro de horas de mtos programados	0.26
		Tiempo medio de reparación (MTTR)	3.92
	Mejora de la fiabilidad del equipo	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	35
		Disponibilidad	89.90

3.2. Diseñar un sistema de mantenimiento de camiones mineros.

3.2.1. Análisis RCM

Los camiones 793F se componen de los sistemas presentados en la tabla 7.

Tabla 7
Paradas por sistema de fallas.

Componente/sistema	Total de horas anual	Porcentaje	Acumulado
Motor	10245.1	37.64%	37.64%
Sistema hidráulico	4797.9	17.6%	55.28%
Tren de potencia	4030.9	14.81%	70.09%
Chasis Aframe	3958.5	14.54%	84.63%
Tolva	585.1	2.15%	86.78%
Suspensión	525.1	1.93%	88.71%
Implementos estructura	447.6	1.64%	90.35%
Aire acondicionado	412.2	1.51%	91.86%
Señales de advertencia	334.7	1.23%	93.09%
Llantas	322.3	1.18%	94.27%
Sistema aire comprimido	320.5	1.18%	95.45%
Iluminación	250	0.92%	96.37%
Sistema de arranque	227.4	0.84%	97.21%
Tanque combustible	201.7	0.74%	97.95%
Sistema contraincendio	168.4	0.62%	98.57%

Espejos / vidrios	128.3	0.47%	99.04%
Sistema de lubricación automática	96.4	0.35%	99.39%
Escaleras	50.3	0.18%	99.57%
Cabina	45.3	0.17%	99.74%
Radio motorola	39.5	0.15%	99.89%
Pin/eje art cent	21.5	0.10%	99.99%
Alternador principal	11.2	0.04%	100.03%
Total	27219.9	100.0%	

3.2.2. Mejoras en el sistema / motor / sub sistema combustible

a. Mejoras en los inyectores/sellos

- Realizar campaña de verificación de TRIM CODE y NP de inyectores utilizados

El Técnico Electrónico (ET) Cat se utiliza para cargar los archivos de ajuste del inyector en el módulo de control electrónico (ECM).

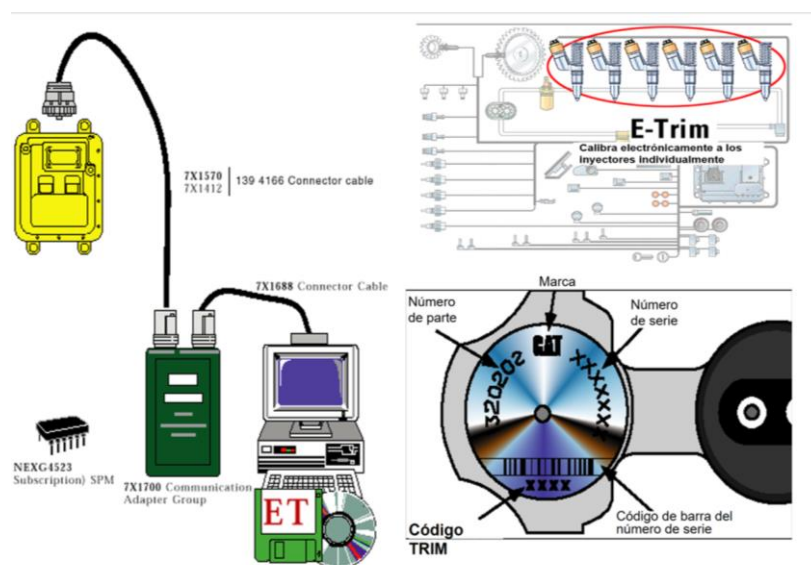


Figura 5. Ajustes de los inyectores.

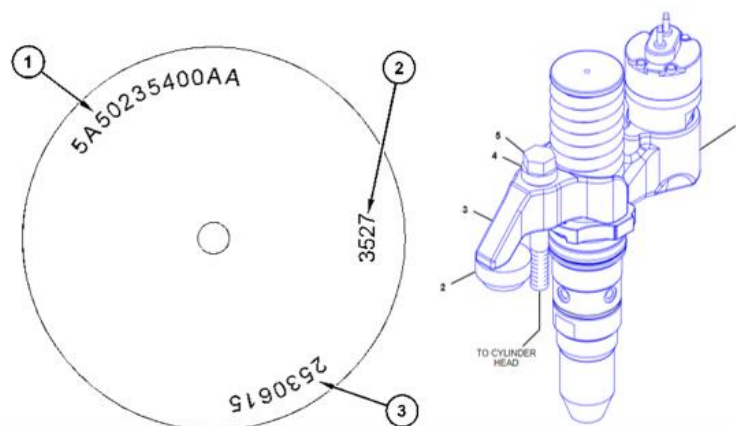
Hay que cargar los archivos de ajuste del inyector en el ECM si se produce alguna de las siguientes condiciones:

- Se reemplaza un inyector.
- Se reemplaza el Módulo de Control Electrónico (ECM).

- Se muestra "Injector Trim" (Ajuste del inyector) debajo de un código de diagnóstico 268-2 en el ET Cat.
- Los inyectores se pueden intercambiar entre los cilindros.

Intercambio de inyectores

El intercambio de inyectores puede ayudar a determinar si un problema de combustión se debe al inyector o al cilindro. Si dos inyectores que están actualmente instalados en el motor se intercambian entre los cilindros, se deben intercambiar también los archivos de ajuste del inyector. Presione el botón "Intercambiar" en la parte inferior de la pantalla "Calibración de ajuste de inyectores" en el Cat ET. Seleccione los dos inyectores que se vayan a intercambiar y oprima el botón "OK". La modalidad confidencial para los inyectores que se intercambian aumentará en una unidad.



PIEZAS INDIVIDUALES						
Pos. Ref.	Cant.	NPR Nota	No. de pieza	Cant. req.	Nombre de la pieza	
<input type="checkbox"/> 1		NPR RY	392-0213	1	GRUPO DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE	
R		NPR	20R-0850	1	INYECTOR GP-FUEL	
<input type="checkbox"/> 2		NPR	234-4182	1	TAPÓN	
<input type="checkbox"/> 3		NPR	7E-2580	1	ABRAZADERA DE INYECTOR	
<input type="checkbox"/> 4		NPR	7N-5487	1	ARANDELA (12X22X9.5-MM THK)	
<input type="checkbox"/> 5		NPR	7F-8698	1	PERNO (7/16-14X3.5-IN)	

Figura 6. Piezas individuales de los inyectores.

(1) Ubicación del número de serie (2) Ubicación del código de ajuste del inyector (3) Ubicación del número de pieza

Nota: El número de serie y el código de confirmación del inyector se encuentran en el inyector. El Cat ET puede requerir la entrada del código de confirmación

del inyector durante este proceso. El Cat ET le indicará que ingrese el código, si es necesario.

- Registre el número de serie y el código de confirmación del inyector para cada inyector.
- Haga clic en "Archivos de software de servicio" en el sitio web de SIS.
- Ingrese el número de serie del inyector en el campo de búsqueda
- Descargue el archivo de ajuste del inyector en la PC. Repita este procedimiento para cada uno de los inyectores, según sea necesario.
- Conecte el Cat ET al conector de la herramienta de servicio. Consulte Solución de Problemas, "Herramientas electrónicas de servicio".
- Seleccione las siguientes opciones de menú en el Cat ET:
 - Servicio
 - Calibraciones
 - Calibración de ajuste de inyectores
- Seleccione el cilindro apropiado.
- Haga clic en el botón de "cambio".
- Seleccione el archivo de ajuste del inyector apropiado de la PC.
- Haga clic en el botón "Abrir". 11. Si lo indica el Cat ET, ingrese el código de confirmación del inyector en el campo.
- Haga clic en el botón "Aceptar". El archivo de ajuste del inyector se carga en el ECM.

- Repita el procedimiento para cada cilindro, según se requiera.

Si la descarga del archivo de ajuste del inyector falla, confirme que el número de pieza del inyector sea el correcto. Repita los pasos de prueba anteriores.



Figura 34. Muestra solenoide del inyector de combustible.

- **Programar calibración de inyectores y válvulas en los PMs**

Se debe realizar la calibración de válvulas e inyectores de combustible, de forma programada cada 4000 horas, con este afinamiento del motor aseguramos una buena potencia del equipo y detección anticipada de fallas en mecanismos de válvulas e inyectores que puedan generar daños catastróficos al motor. Así también podemos identificar fugas internas de combustible por sellos de inyectores.

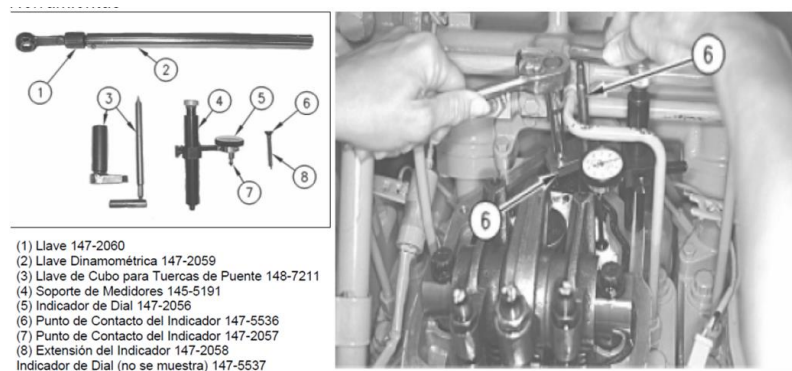


Figura 35. Herramientas para calibración de válvulas.

Para realizar la calibración de válvulas e inyectores seguir el procedimiento y especificaciones de Caterpillar. Este procedimiento está disponible en <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>.

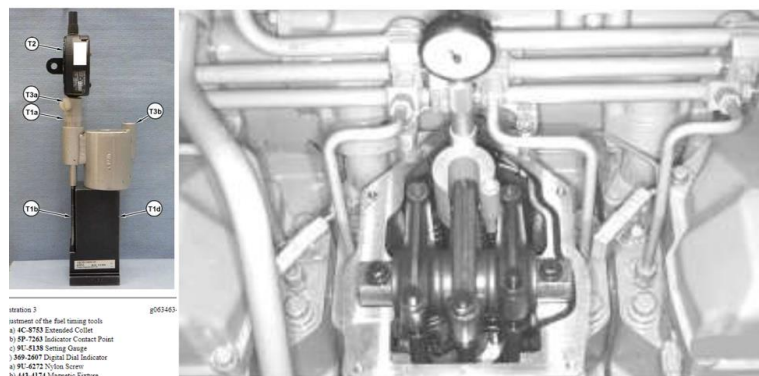


Figura 36. Herramientas para calibración de válvulas.

- **Recomendaciones:**

- Solicitar reporte de pruebas en dinamómetro
- Solicitar reporte de fallas similares en otras operaciones
- Verificar calidad de fabricación - consulta a Caterpillar.
- Realizar reporte de SOS a todos los equipos y verificar tendencias.

b. Mejoras en la bomba combustible

- **Implementar pruebas de presiones en sistema combustible antes de que ingrese a PMs.**

Cant	P/N	Descripción
1	ST-0854	Pressure Gauge

- Instalar manómetro de 145 PSI en la bomba de cebado de combustible.

- Encender el motor, aplicar el freno de servicio y soltar el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar al máximo hasta alcanzar las condiciones de calado:

Especificación: acelerando el motor a 1721 +/- 65 RPM dará una presión de 60-65 PSI.

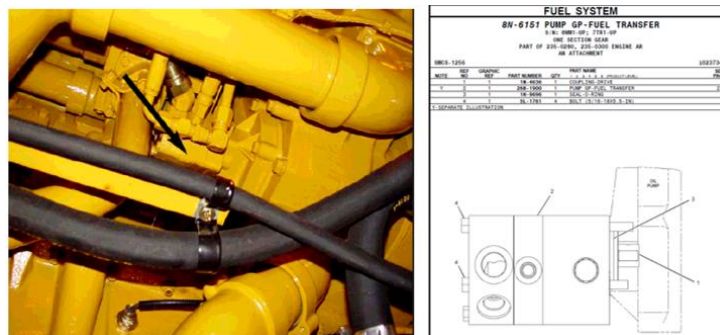


Figura 37. Bomba de transferencia de combustible

- Disminuir las RPM del motor y ponga la transmisión en neutro. Aplique el freno de parqueo, apagar el motor y retirar manómetro.

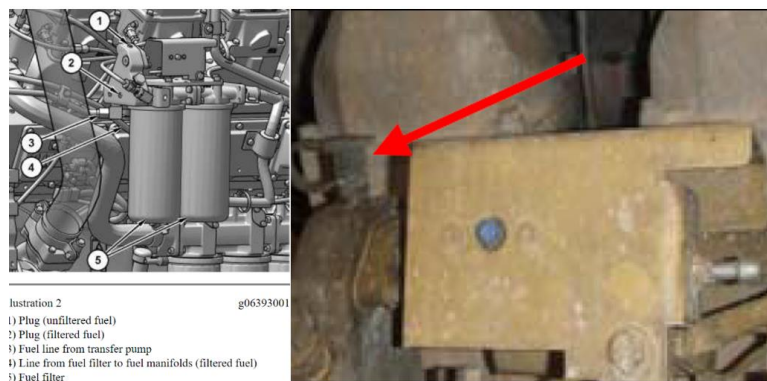


Figura 38. La flecha muestra la toma de presión de combustible.

- **Velocidad de motor en baja:** Con el motor en bajas RPM ingresar al parámetro 100 del VIMS, registrar valor.
Especificación: 700 +/- 10 RPM



Figura 39. Velocidad de motor en baja.

- **Velocidad de motor en alta**

Despeje el área de prueba y asegúrese que todo el personal que no participa en la prueba permanezca alejado de la máquina con el motor en bajas RPM ingresar al parámetro 100 del VIMS, acelerar el motor a altas RPM y registrar el valor, disminuir las RPM del motor. Especificación: 1965 +/- 10 RPM



Figura 40. Velocidad de motor en alta.

- **Velocidad de motor en calado (stall)**

Con el motor en bajas RPM ingresar al parámetro 100 del VIMS, aplicar el freno de servicio y soltar el freno de parqueo,

colocar la transmisión en primera adelante y acelerar al máximo hasta alcanzar condiciones de calado, registrar el valor, disminuya las RPM del motor y ponga la transmisión en neutro. Aplique el freno de parqueo.

Especificación: 1721 +/- 65 RPM



Figura 41. Velocidad de motor en calado.

- **Recomendación:**
 - Realizar monitoreo a través de dispatch (presiones).
- c. **Mejora en los filtros combustibles.**
 - **Realizar cambio de filtros en los Pms.**
 - Retirar los 2 filtros secundarios de combustible de motor, lubricar los sellos de los filtros nuevos e instalarlos.
 - Ajustar hasta que haga contacto el sello con la base, luego girar $\frac{3}{4}$ de vuelta más.



Figura 42. Filtros de combustible.

- **Marcar o señalar el cambio de filtros en los Pms.**

Cada vez que se realice un cambio de filtros de combustible es muy importante poner la fecha de instalación, puesto que con eso nos aseguramos de ante una posible falla de pérdida de potencia, al ver la fecha podemos deducir si es o no es probablemente por un problema de filtros de combustible obstruidos.

Tabla 8
Cantidad de filtros.

Item	Cambio de Filtros	OK	INDICACIONES Y/O OBSERVACIONES
1	Filtros Aceite de Motor		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 1 vuelta.
2	Filtros Secundario de Combustible		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 1 vuelta.
3	Filtros Racod (Separador Agua) de Combustible		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 3/4 vuelta.
4	Filtro Aceite de diferencial		
5	Filtro Aceite de dirección (Tanque, Retomo carcasa, FAN)		
6	Filtro Carga de Transmision		
7	Filtro Carga de Convertidor de Torque		
8	Filtro Liberacion freno de parrqueo		
9	Filtros Hidraulicos Enfriamiento de Frenos		
10	Filtros Primarios Aire		Anotar fecha de cambio filtros en tapa.
11	Filtro Secador de Aire		Anotar fecha de cambio filtros en tapa.
12	Respiraderos de: Ruedas, Fuel, Hidraulico, Diferencial.		

- **Realizar muestreo y análisis de combustible (calidad)**

Mantenga la maquina en bajas RPM, saque el protector de polvo y limpie la zona donde va a realizar el muestreo.

- Muestra de sacrificio

1.- Saque la botella de muestra de sacrificio coloque la tapa con dos agujeros en la botella de muestra de sacrificio introduzca el

tubo en dicha tapa, inserte la sonda en la válvula y recoja la muestra, llene el contenido a:



Figura 43. Muestra de sacrificio.

Especificación: 1/2 frasco.

2.- Retire la botella de muestra de sacrificio y deseche el contenido. Conserve la botella en un lugar apropiado para usarse en otra muestra de sacrificio de la máquina.

Nota: La muestra de sacrificio sirve para limpiar internamente la válvula de donde estamos tomando la muestra de aceite. Si esto no se hace entonces los contaminantes al interior de la válvula provocarán una muestra errada.

- Muestra final

1.- Saque la botella de muestra coloque la tapa con dos agujeros en la botella de muestra introduzca el tubo en dicha tapa, inserte la sonda en la válvula y recoja la muestra, llene el contenido a:

Especificación: $\frac{3}{4}$ partes del frasco.

2.-Tape cuidadosamente el frasco y etiquételo.

d. Mejoras en mangueras – tuberías bomba

- Realizar campaña de estado de clipms y clamps de mangueras y cañerías de sistema combustible

- Inspeccionar mangueras, Clips y Camps del sistema combustible. Para realizar esta tarea hay que empear desde el sistema de baja presión de combustible hasta el sistema de alta presión, siempre verificando el buen estado de mangueras y cañerías.

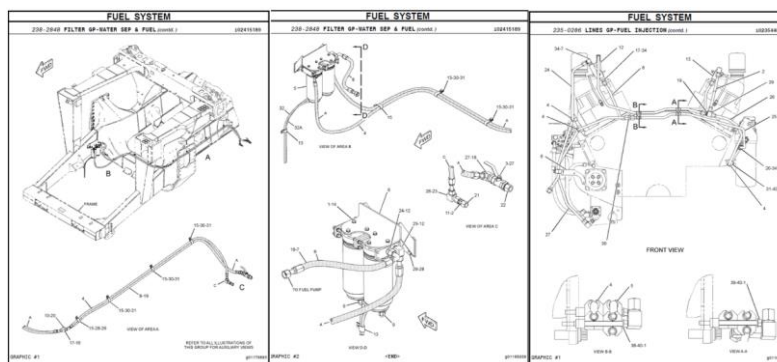


Figura 44. Clips y Clamps del sistema de combustible.

- Inspeccionar cañerías y mangueras del sistema de combustible, es muy importante que no haya fugas externas ni internas en el sistema, puesto que originan perdida de potencia al motor.

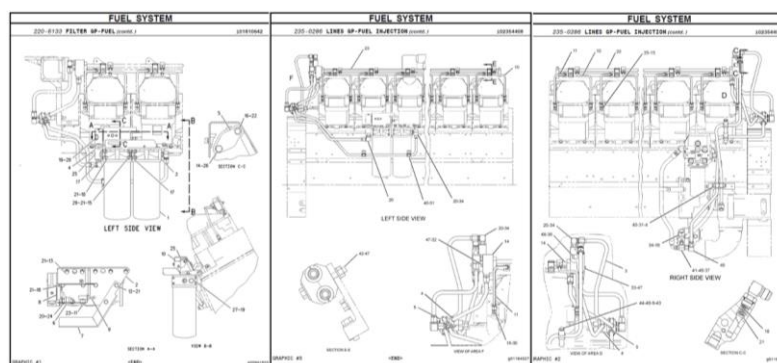


Figura 45. Clips y Clamps de la zona derecha e izquierda del motor.

- **Realizar backlogs, según prioridades**

Al realizar una correcta inspección de mangueras, tuberías, bombas o cualquier componente del sistema que requiera su cambio o reparación futura y para solucionar las entregas retrasadas de repuestos, se ha elaborado un modelo de solicitud de backlog, mostrado a continuación.

SOLICITUD DE BACKLOG

Nro. Equipo / Unidad	Modelo – Marca		Horometro	Fecha de Generación
Tipo de Trabajo	Prioridad		Componente Mayor	Cargo
Parada NO programada ()	Emergencia ()			Garantía ()
Prentivo/Predictivo ()	1-3 Dias ()			X
Seguridad ()	4-7 Dias ()			
Correctivo ()	Cuando sea posible ()			
Modificación ()	Próximo PM ()			
Cambio de Componente Mayor ()			Tiempo Estimado	Tiempo Real
Retrabajo ()				

ACTIVIDAD A REALIZAR (Una por hoja de Backlog)

Descripción del problema / Reparación necesaria

REPUESTOS REQUERIDOS

Item	Código	Cant	Fabricante	Descripción	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Requerimientos	Descripción de requerimiento				
() Gruas					
() Equipos					
() Herramientas					
() Otros					
Personal requerido	Cant.	H.H.	SOLICITADO POR	AUTORIZADO POR	RECIBIDO POR:
Mecánico:			Nombre:	Nombre	Nombre
Electricista			Firma	Firma	Firma
Soldador					
TOTAL					
Nro. OT				ESTADO DE OT	Planeamiento ()
Nro. de Pedido					Esperando Partes ()
Fecha de Pedido					Listo ()

3.2.3. Mejoras en el sistema motor: admisión/escape

- Mejora en el Turbo-Compresor

- Realizar pruebas operacionales dinámicas para verificar el funcionamiento del turbocompresor

- Presión de refuerzo de motor

Con el motor en bajas RPM ingresar al parámetro 105 del VIMS, aplicar el freno de servicio y soltar el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar al máximo hasta alcanzar 1721 +/- 65 RPM, registrar el valor, disminuya las RPM del motor y ponga la transmisión en neutro. Aplique el freno de parqueo. Especificación: 32.6 +/- 4 PSI





Figura 7. Presión de refuerzo de motor.

- Realizar campaña de verificación de juego axial y radial del eje de los turbos.

Como los turbos forman gran parte del costo de mantenimiento del motor y tienen un gran impacto en el desempeño, Creamos un procedimiento de inspección que identifica problemas comunes en los Turbos y Sistema de Escape para resolverlos antes que se conviertan en fallas.

Para ello se ha elaborado la ficha de evaluación mostrada a continuación:

Tabla 9
Ficha de medición de juego axial y radial.

MEDICION DE JUEGO AXIAL Y RADIAL DE TURBOS 793				
1. DATOS GENERALES				
NRO DE EQUIPO		HOROMETRO		
FECHA				
2. IMAGEN REFERENCIAL				
MEDICION AXIAL		MEDICION RADIAL		
				
<p>Colocar el reloj comparador haciendo contacto con la tuerca del rodete del compresor. Puede utilizarse el alicate de puntas para sujetar y mover el rodete axialmente. (Puntas de alicate con protectores de cobre)</p>		<p>El palpador debe instalarse en posición horizontal y sobre la parte redonda del rodete, no de la tuerca. Puede utilizarse el alicate de puntas para sujetar y mover el rodete radialmente. (Puntas de alicate con protectores de cobre)</p>		
3. MEDIDAS				
ESPECIFICACIONES	0.01 - 0.18 mm.	0.62 - 1.35 mm.		
POSICION TURBO	JUEGO AXIAL (mm.)	JUEGO RADIAL (mm.)	OK	OBS

DELANTERO RH				
DELANTERO LH				
POSTERIOR RH				
POSTERIOR LH				
4. OBSERVACIONES ADICIONALES				

Aplicando este procedimiento en los PMs de 1000 horas se está asegurando el seguimiento del estado interno y externo de los turbos, teniendo una data actualizada de los turbos se puede determinar su cambio programado, con lo que aseguramos evitar una posible falla de turbos, lo que origina daños mayores en el motor.

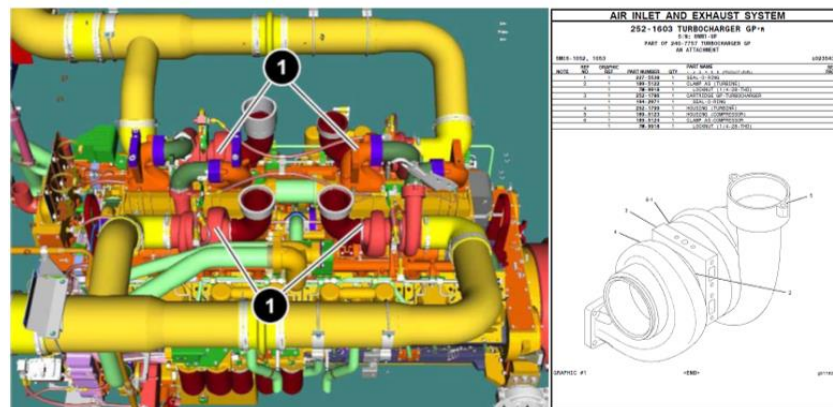


Figura 8. Se muestra el motor del 793D equipado con un sistema turbo cargador cuadrangular. El aire limpio desde los filtros ingresa a los turbos cargadores (1).

- **Recomendaciones**
 - Recopilar datos obtenidos y comparar con los parámetros del fabricante.

- Realizar una campaña de cambio de turbos de media vida. Se refiere a cambiar los turbos de forma programada a las 8000 horas, con lo que se asegura una mayor confiabilidad del motor.



Figura 48. Cambio de turbos de media vida.

- **Mejoras en el Aftercooler**

Realizar pruebas de inspección minuciosa de estructura de Aftercooler

En esta inspección se tiene que verificar la presencia de fugas de refrigerante o aire, sellos del aftercooler, estructura, rajaduras y pernos rotos. De encontrar algún de estos desperfectos reportar y programar la reparación.

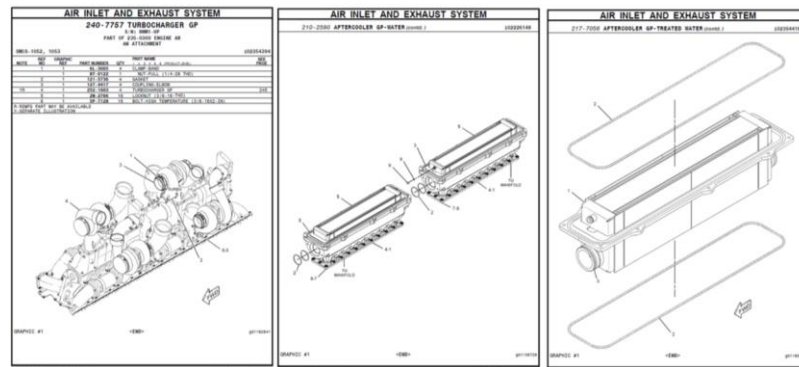


Figura 9. Identificación de componentes del aftercooler.

- **Análisis SOS para verificar posible contaminación por refrigerante en el aftercooler**

Recolecte la muestra de aceite del tubo que sale de la bomba de aceite hacia los filtros de aceite de motor mediante el método de válvula de muestreo. Identifique correctamente la botella de muestra de aceite.

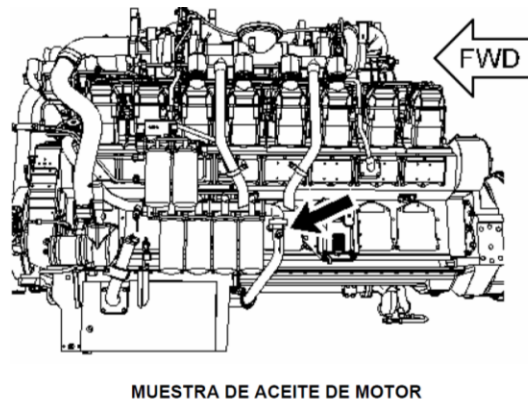


Figura 10. Punto de muestreo de aceite del motor.

La presencia de sodio en el aceite de motor nos indica de una posible falla en los sellos del aftercooler, la cual debe ser atendida y solucionada cuanto antes, por ello juega un papel muy importante el personal de predictivo con los resultados oportunos de las muestras SOS.

- **Realizar prueba de presurización de radiador y aftercooler para comprobar su hermeticidad**

- Presurizar el radiador

1. Instale la tapa de presurización de radiador, abra la llave de suministro y regule la presión de aire a 15 PSI. Conecte la línea de aire a la tapa de presurización y asegúrese que se encuentre en 15 PSI.

2. Observe fugas por la tapa de presurización.

3. Observe fugas de refrigerante en el sistema.

4. Cierre la válvula de suministro de aire, y observe si las válvulas de alivio se mantienen cerradas. La presión no debe de caer por debajo de 14 PSI.



Figura 11. Manómetro de radiador.

- Presurizar del aftercooler

Para verificar la hermeticidad del aftercooler se realiza la presurización del sistema de admisión, ver ítem 5.6.C.c.

Adicionalmente también se puede realizar la presurización del aftercooler de forma directa para una evaluación más exacta usando la siguiente herramienta.

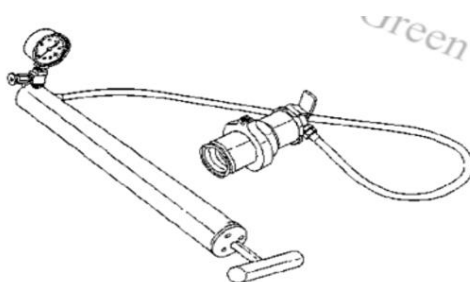


Illustration 2
9S-8140 Pressurizing Pump
The 9S-8140 Pressurizing Pump is used to test the filler caps. This pressurizing pump is also used to pressure test the cooling system for leaks.

Figura 12. Herramienta de presurización.

3.2.4. Mejoras en filtros de aire/caja filtros

a. Realizar el cambio de filtros en los mantenimientos programados.

Se recomienda realizar el cambio de filtros de aire a los intervalos de cambio dados por el fabricante, puesto que por una restricción en los filtros se genera una pérdida de potencia del motor que afectan continuamente en la disponibilidad.

Item	Cambio de Filtros	OK	INDICACIONES Y/O OBSERVACIONES
1	Filtros Aceite de Motor		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 1 vuelta.
2	Filtros Secundario de Combustible		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 1 vuelta.
3	Filtros Racod (Separador Agua) de Combustible		Ajuste de filtros a mano hasta tope + 3/4 vuelta.
4	Filtro Aceite de diferencial		
5	Filtro Aceite de dirección (Tanque, Retomo carcasa, FAN)		
6	Filtro Carga de Trámision		
7	Filtro Carga de Convertidor de Torque		
8	Filtro Liberación freno de parqueo		
9	Filtros Hidráulicos Enfriamiento de Frenos		
10	Filtros Primarios Aire		Anotar fecha de cambio filtros en tapa.
11	Filtro Secador de Aire		Anotar fecha de cambio filtros en tapa.
12	Respiraderos de: Ruedas, FUEL, Hidráulico, Diferencial.		

Figura 53. Formato cambio de filtros en los PMs.

b. Limpieza e inspección de alojamiento de los filtros de aire.

- Inspeccionar filtros de aire primario

Tabla 10
Inspección de filtros de aire.

Cant	P/N	Descripción
4	9Y-7662	Element As Primary
4	9Y-7662R	Element As Primary – Reciclado
4	5S-4279	Sello de tuerca mariposa

1.- Retire el filtro primario y secundario de ambas cajas de filtros.



Figura 13. Filtro primero.

2.- Limpie la parte interna de la caja de filtros.



Figura 14. Parte interna del filtro primero.

3.- Inspeccione la parte central del filtro por manchas de aceite o roturas visibles.



Figura 15. Parte central del filtro primero.

4.- Revise el borde metálico del filtro debe estar sin golpes ni deformaciones.



Figura 16. Borde del filtro primero.

5.- Revise el sello de jebes de la base del filtro por roturas y deformaciones.



Figura 17. Sello del filtro primero.

6.- Revise el borde metálico en la parte superior por deformaciones en el borde y la malla.

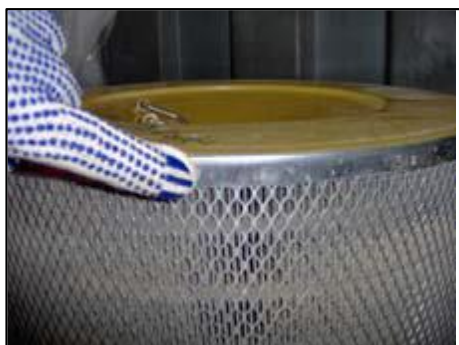


Figura 18. Borde metálico del filtro primero.

7.- Reemplace los filtros con los filtros reciclados. Reemplace los sellos 5S-4279. Los filtros entrantes y salientes deben ser etiquetados siguiendo los pasos siguientes:

- “1” Una etiqueta blanca con el numero “1” significa una limpieza.
- “2” Una etiqueta azul con el numero “2” significa dos limpiezas.
- “3” Una etiqueta verde con el numero “3” significa tres limpiezas.



Como llenar el Sticker de Seguimiento de Filtros de Aire.

ferreyros PAT		LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE		
N° de PARTE:		N° de FILTRO:		
FECHA REICLADO:	N° MAQUINA:		HOROMETRO:	
FECHA INSTALACION:	HOROMETRO INSTALACION:		HOROMETRO:	
FECHA SALIDA:	HOROMETRO SALIDA:		HOROMETRO:	

FECHA

Figura 19. Pasos para cambiar el filtro primero.

8.- Resetee ambos indicadores externos de restricción de la caja de filtros de aire.

9.- El filtro entrante debe ser etiquetado de la siguiente manera.



Figura 20. Filtro entrante.

10.- El filtro saliente debe ser etiquetado de la siguiente manera.



Figura 21. Filtro saliente.

11.- Traslado del filtro saliente a la zona de filtros reciclados.



Figura 22. Filtros sucios.

- Inspeccionar filtros de aire secundario
 1. Observe el indicador de restricción – seguro de filtro secundario. Si está en rojo entonces reemplace el filtro. Si está en color verde el filtro secundario no está saturado.



Figura 23. Filtro de aire secundario.

2. Retire el filtro secundario e inspeccione el cuerpo, los bordes metálicos y sellos.
3. Revise la fecha y horómetro del sticker del filtro secundario,
4. Cambie los filtros secundarios si esta supera las 2000 hrs. De uso. Reemplace las tuercas indicadoras de restricción 7W-0444.



Figura 24. Tuercas del filtro.

5. Resetee el indicador de restricción.

c. Realizar presurización del sistema de admisión

- Probar hermeticidad del sistema de Admisión

Tabla 11
Pruebas de hermeticidad.

Cant	P/N	Descripción
4	A	Cubiertas 793
1	B	Regulador de Presión con manómetro
1	C	Manómetro (0-15 PSI)
1	500 PSI	Extensión de Aire

La prueba de hermeticidad del sistema de admisión se aplica de mantenimiento para eliminar de manera preventiva las siguientes condiciones de falla

- Elevados niveles de fierro, cromo, silicio.
- Daños en los ductos y mangueras del sistema de admisión.

Inspección de los ductos de admisión

- Verifique la cantidad de abrazaderas.
- Verifique que los soportes (brackets) estén completos.
- Revise si hay componentes rotos o perdidos.
- Verifique que las mangueras estén bien colocadas sobre los tubos.

Instalación de la herramienta

- 1.- Retire los filtros primarios y filtros secundarios.
- 2.- Inspeccione los sellos de los filtros, y el material base de los filtros.

3.- Instale la herramienta (A) en las entradas del sistema de aire.

Una de las cubiertas debe tener instalado el manómetro (C).

4.- Conecte la herramienta (B) a la herramienta (A).

5.- Cierre el suministro de aire.

6.- Con el regulador de la herramienta (B) a presión mínima conecte la manguera de suministro a la herramienta (B).

Prueba

1.- Abra el suministro. El suministro de aire debe estar a una presión de: Especificación: 100 a 120 psi

2.- Abra lentamente el regulador de la herramienta (B) a la presión de: Especificación: $4 +0 - 1$ psi (3 a 4 psi)

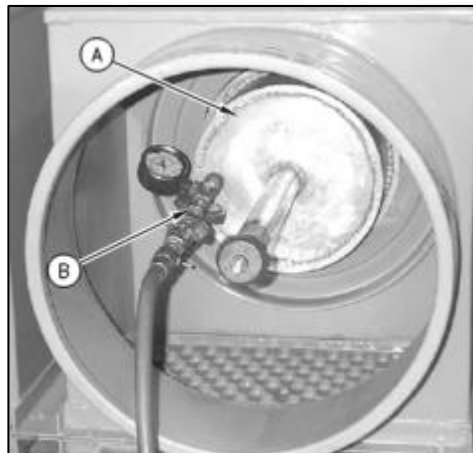


Figura 25. Suministro de aire.

3.- Verifique en la herramienta © Especificación: $4 +0 - 1$ psi (3 a 4 psi) y deje que pasen 10 minutos.

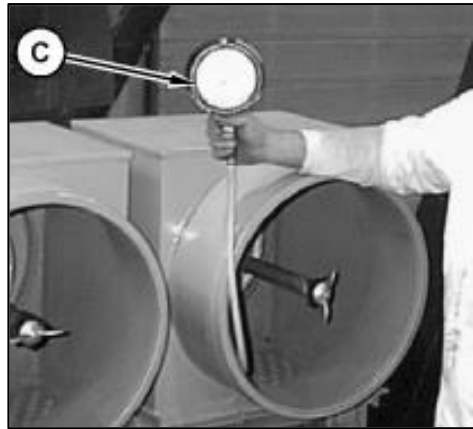


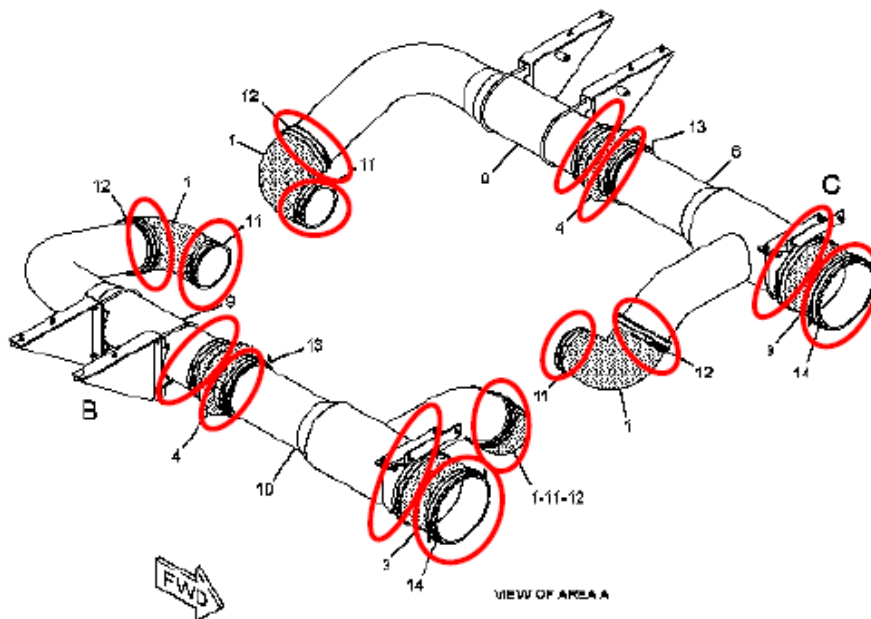
Figura 26. Herramientas de suministro de aire.

4.- Si en los siguientes 3 minutos se alcanza una caída de 3 psi verifique el sistema por fugas externas. Haga las reparaciones necesarias.

5.- Rociar agua jabonosa (que pueda hacer burbujas) en los puntos del sistema de admisión. Observar los puntos de la figura adjunta.

6.- Repare las fugas detectadas.

7.- Retire el equipo de prueba e instale los filtros de aire.



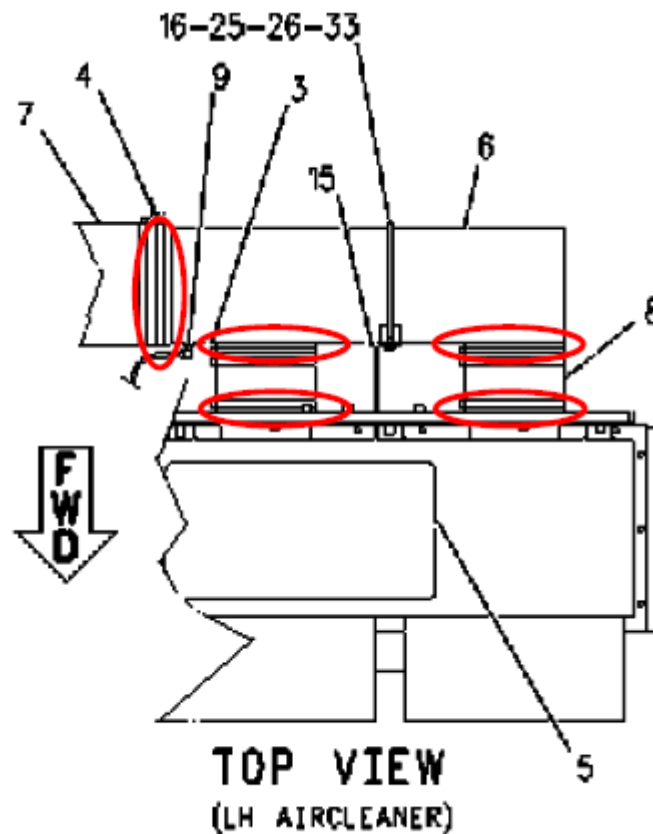


Figura 27. Cambio de filtro.

3.3. Mejoras en motor: Parte eléctrica motor

- Sensor de presión atmosférica

El sensor de presión atmosférica (flecha) está ubicado adyacente al ECM de Motor. El ECM de Motor usa el sensor de presión atmosférica como una referencia para calcular el refuerzo y la restricción del filtro de aire.

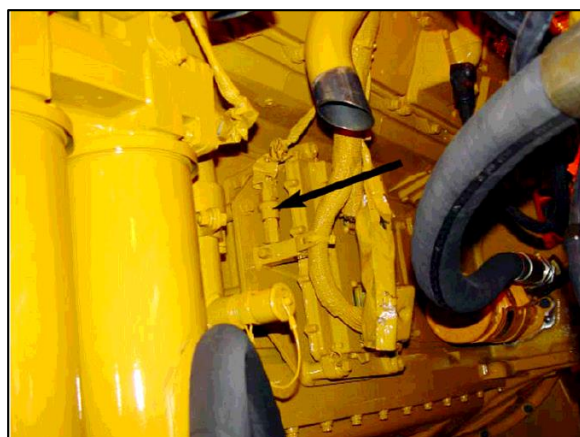


Figura 28. Sensor de presión atmosférica.

- Sensor de presión de salida de turbos

Se muestra el sensor de presión de salida del turbo cargador (flecha). El sensor de presión de salida del turbo cargador envía una señal de entrada al ECM de Motor. El ECM de Motor compara el valor del sensor de presión de salida del turbo con el valor del sensor de presión atmosférica y calcula la presión de refuerzo.



Figura 29. Sensor de presión de salida de turbos.

- Sensor de temperatura escape

Un sensor de temperatura de escape (flecha) está ubicado en cada múltiple de escape antes de los turbos cargadores. Los dos sensores de temperatura de escape proporcionan señales de entrada al ECM de Motor. El ECM provee la señal de entrada al VIMS, que informa al operador de la temperatura de escape. Algunas causas de temperatura alta de escape pueden ser inyectores averiados, filtros de aire taponados o una restricción en los turbocargadores o el silenciador.



Figura 30. Sensor de temperatura escape.

De todos estos componentes se propone lo siguiente:

- Realizar inspecciones del estado de harness del sensor, verificar eventos activos y registrarlos en el VIMS. Revise y/o repare harness del sistema del motor: Verificar conectores dañados, protectores dañados, sellos faltantes, así como por puentes y empalmes. Proteja los harnesses con cinta vulcanizante, asegure correctamente cada harness con cintillos y clips.

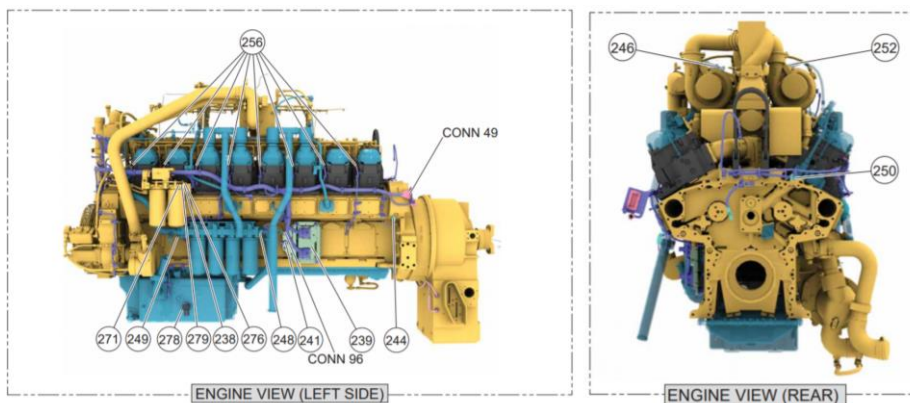


Figura 31. Ubicación de sensores y harness del motor.

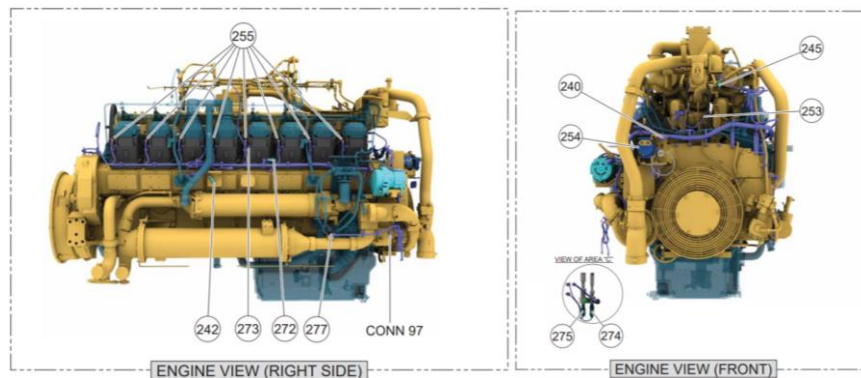


Figura 32. Ubicación de sensores y harness del motor.

Es muy importante realizar labores de mantenimiento del sistema eléctrico por lo que esta actividad siempre se tiene que realizar en los PMs de los equipos, para ello se designa al técnico electricista especialista en camiones.

- Revisar eventos activos

Con la llave en la posición de encendido, digitar en el teclado del VIMS EACK (3225) y revisar los eventos activos en el VIMS, anotar códigos de falla (MID, CID, FMI) y generar reporte para su posterior corrección.



Figura 33. Se muestra el módulo del centro de mensajes del Sistema de Administración de Información Vital (VIMS) (1) y el teclado del módulo (2).

- Realizar limpieza del sensor y conectores en el mantenimiento programado.

Para realizar este trabajo se incluye en el plan de mantenimiento contar con personal especializado en el sistema eléctrico y electrónico, con lo que se evitara de buena forma las paradas del equipo por problemas eléctricos.

Tabla 12
Plan de mantenimiento electrico.

MANTENIMIENTO ELECTRICO	ELECTRICISTA		E	INICIALES - ID
	265	Corrección de códigos activos		
	266	Revisión de Harness zona inferior del motor		
	267	Revisión de Harness zona posterior del chasis		
	268	Revisión de Harness zona superior de la transmisión y convertidor		
	269	Revisión de Harness zona derecha del motor		
	270	Revisión de Harness zona izquierda del motor		
	271	Revisión de Harness de entrada a la cabina		
	272	Revisión de fusibles del sistema eléctrico		
	273	Limpieza de parte posterior de cabina		
	274	Revisar estado de batería		
	275	Probar voltaje de baterías		
	276	Probar carga de baterías		
	277	Revisión de terminales de cables de batería		
278	Verificar estado de soportes de baterías			
ALTO - Firma del supervisor o lider				

- Monitoreo de condición del sensor con apoyo del personal RAMP

Una de las formas más efectivas de solucionar un problema eléctrico y dar una fácil y rápida solución, es contar con el monitoreo de condiciones eficaz, para esto no basta trabajar de forma individual, sino trabajar de forma organizada el área de mantenimiento mina con RAMP, para lograr esto se busca fusionar la información a través de una buena comunicación entre el personal de las distintas áreas.



Figura 34. Estrategias de mantenimiento eficaz.

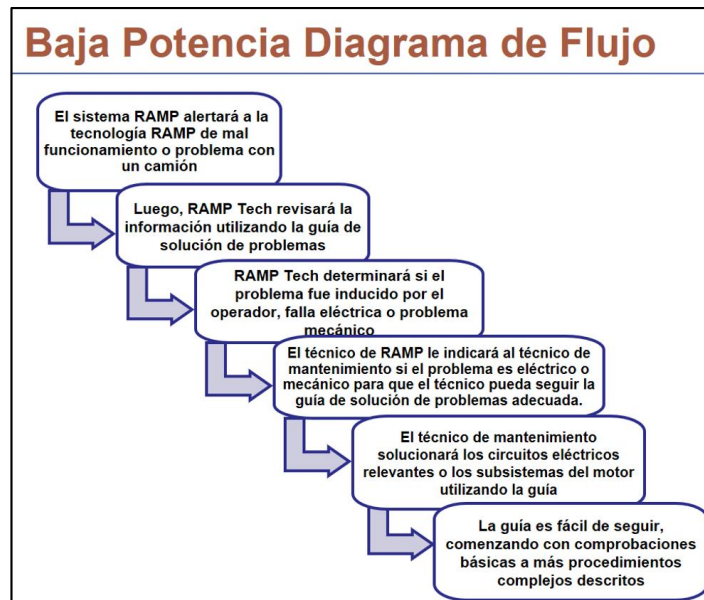


Figura 35. Muestra una correcta evaluación con apoyo de RAMP.

3.4. Mejoras en sistema Hidráulico / Subsistema de Dirección

3.4.1. Mejoras en bomba de dirección

- a. Implementar pruebas de presiones del sistema de dirección antes de iniciar el PM

El camión 793D está equipado con una bomba tipo pistón de presión compensada. La bomba de dirección (1) está montada en el lado posterior del mando de bomba detrás del alojamiento del convertidor de par.

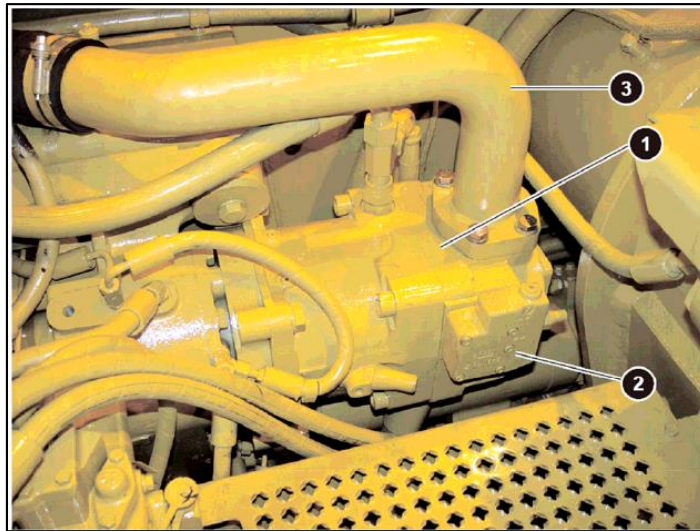


Figura 36. Bomba del sistema de dirección 793D.

- Medir presión de la bomba de dirección

Tabla 13

Herramientas requeridas.

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0859	Pressure Gauge

Apagar el motor e instalar el manómetro de 5 800 PSI.

Encender el motor y esperar a que carguen completamente los acumuladores y anotar la presión que indica el manómetro,

Apague el motor y espere a que se descarguen totalmente los acumuladores, retire el manómetro.

Especificación: 3350 +/- 50 PSI



Figura 37. Acumuladores.

- Medir tiempo de giro de ruedas

Antes de iniciar esta prueba verifique que el timón no presente soldaduras. De encontrar suelto proceder a realizar el ajuste del timón.

Despeje el área de prueba y asegúrese que todo el personal que no participa en la prueba permanezca alejado de la máquina.

Instalar los tacos de seguridad en las llantas posteriores.

Suelte el freno de parqueo y gire las ruedas totalmente hacia la derecha y acelere el motor a altas RPM, tome el tiempo que demora en girar las ruedas del tope derecho hasta el tope izquierdo y de regreso hasta el tope derecho. Disminuir las RPM del motor y aplicar el freno de parqueo. Especificación: 7

– 9 seg.

b. De ser necesario regular presiones del sistema de dirección antes de salir de PM.

- Regulación de la bomba de dirección

Tabla 14

Regulación de la bomba de dirección.

Part Number	Part Description	Qty
8T-0860	Pressure Gauge	1
6V-3079	Hose	1

1. Instale un manómetro de 40000 kPa (5800 psi) y la manguera de prueba en el grifo de presión (1).

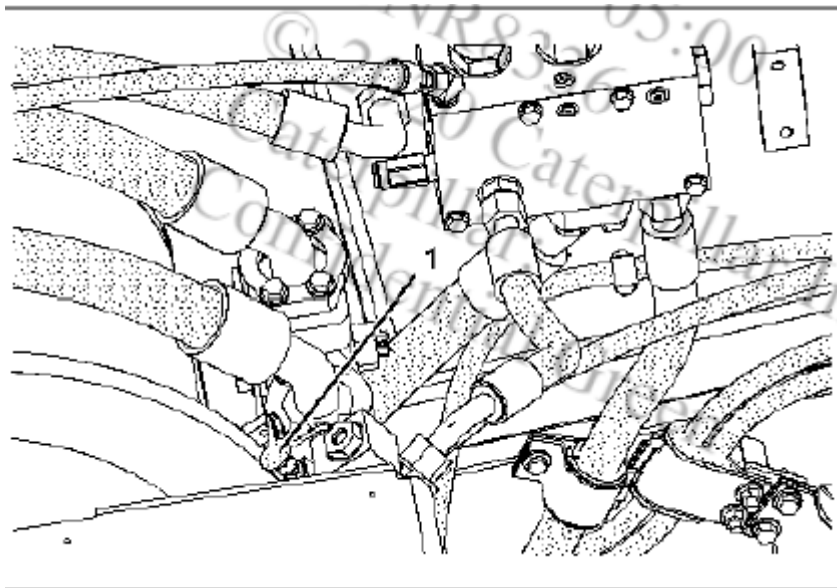


Figura 38. Prueba de manómetro.

2. Retire la tapa del tornillo de ajuste (2). Afloje la contratuerca. Gire el tornillo de ajuste (2) en sentido horario para aumentar la presión de descarga de la bomba (3). Ajuste la presión de descarga de la bomba a 23100 ± 350 kPa (3350 ± 50 psi). Apriete la contratuerca.

Nota: Realice siempre ajustes de presión en el aumento de presión.

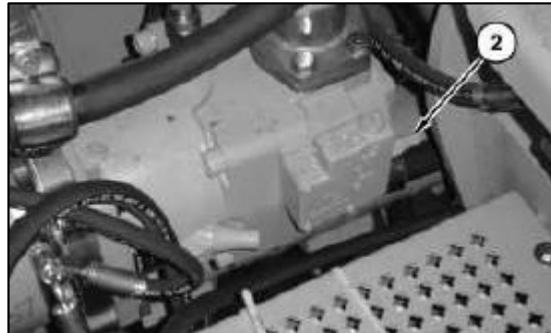


Figura 39. Tapa de tornillo de ajuste.

c. Inspeccionar partículas en filtros del sistema de dirección en los PMs

Clasifique las partículas visibles de acuerdo a la tabla adjunta. Coloque la codificación en el TASK RECORD en el siguiente orden (Cantidad)(Material). Ejemplo:

1F = Abundante fierro.

1C = Abundante Cobre.

2F, 3A = Regular Fierro, Ligero Aluminio

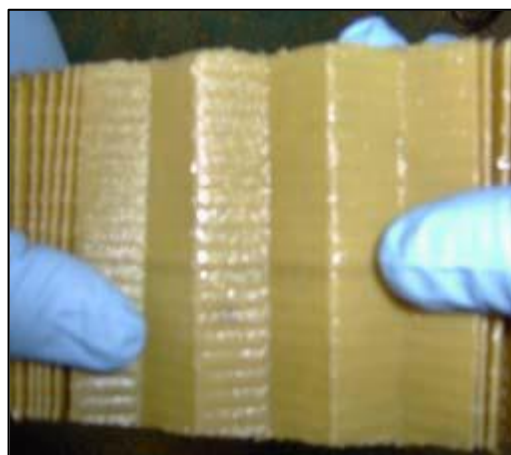


Figura 40. Filtro de dirección.

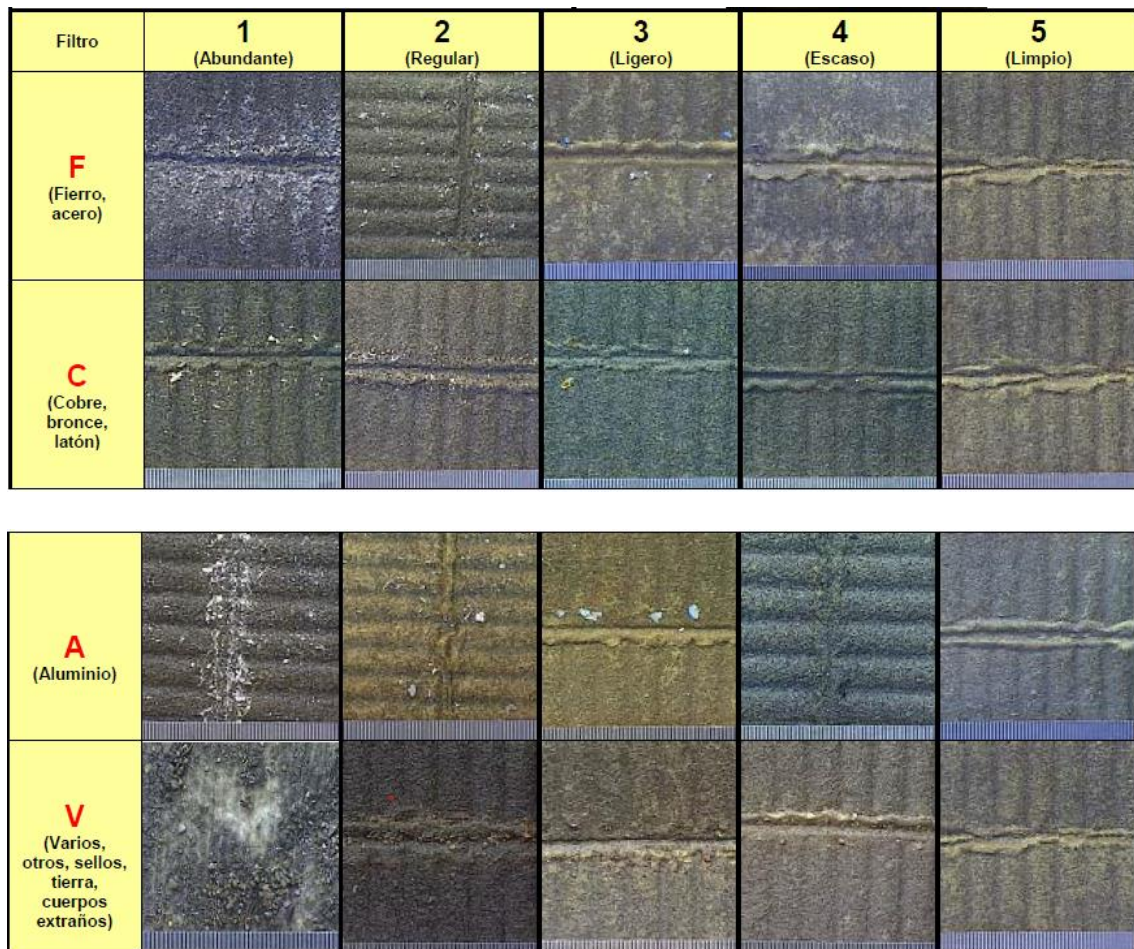


Figura 41. Evaluación de filtros de aire.

d. Verificar reporte del operador de problemas con el sistema de dirección

El operador reporta las anomalías y/observaciones del equipo para tenerse en cuenta en los PMs.

OPERA- DOR	BUENO	MALO	INSPECTOR	BUENO	MALO	NIVEL	DESCRIPCION	RESPONSABLE	CORREGIDO	OT ELIPSE	ACCION A TOMAR
							Parabrisas y ventanas				
							Espejo retrovisor izquierdo, pernos de sujecion				
							Puerta izquierda: deformada, NP de camion, panel inte				
							Sellos de puertas: RH, LH.				
							Tapiz de techo.				
							Tapasol.				
							Asiento del operador				
							Cinturon de seguridad del operador (2 o 3 punto				
							Asiento y cinturon de seguridad del copiloto.				
							Estado del sistema prelubricacion				
							Consola y palanca de cambio				
							Tablero de instrumentos				
							Radio musical, parlantes, antena.				
							Radio de comunicacion, antena.				
							Tablero de Dispatch.				
							Columna de dirección, timón, palancas de freno				
							Palanca multifuncional.				
							Interruptor del cambio de luces (793B y 777D)				
							Limpiaparabrisas, plumillas, trico de agua.				
							Claxon (Prueba de operatividad)				
							Funcionamiento del A/C				
							Alfombra de piso				
							Espejo retrovisor derecho y pernos de sujecion				
							ROPS: deformaciones, golpes, presencia de sold				
							Suspensiones				
REPORTE DEL OPERADOR								<i>Respo nsable</i>	<i>Corr egido</i>	<i>OT Elipse</i>	ACCION A TOMAR
<i>OPERADOR:</i> _____			<i>FIRMA:</i> _____			<i>FECHA</i> _____					
<i>INSPECTOR:</i> _____			<i>FIRMA:</i> _____			<i>EQUIPO</i> _____					
<i>SUPERVISOR:</i> _____			<i>FIRMA:</i> _____								

Figura 42. Evaluación de dirección.

e. Inspeccionar de forma minuciosa fugas internas y externas de la bomba

1. Inspeccionar por fugas de aceite por los sellos de acoplamiento de las bombas de levante, de enfriamiento y dirección.

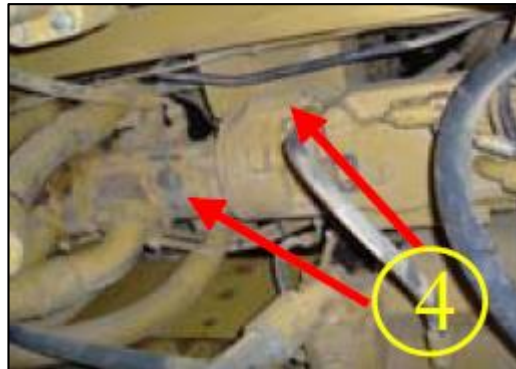


Figura 43. Fugas de aire.

3.4.2. Mejoras en acumulador de dirección

- a. **Verificar eventos activos y registrados de presión baja de dirección en el VIMS**

Trasladar el equipo a la zona de pruebas con el motor en bajas RPM ingresar al parámetro 131 del VIMS, registrar valor.



Figura 44. Registro VIMS.

- b. **Medir presión de nitrógeno de acumuladores de dirección en los PMs**

- Medir presión de acumulador de dirección posterior y delantero

Tabla 15
Presión de nitrógeno.

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0858	Pressure Gauge
1	7S-5437	Nitrogen Charging Group
1	150-2332	Nitrogen Charging Adapter

Con la ayuda de una escalera, retirar las cubiertas protectoras, instalar manómetro de 2300 PSI en la válvula de carga del acumulador delantero. Abra la válvula, mida la presión y registre el valor. Cierre la válvula de carga, alivie la presión de las mangueras de prueba y desconecte el manómetro.

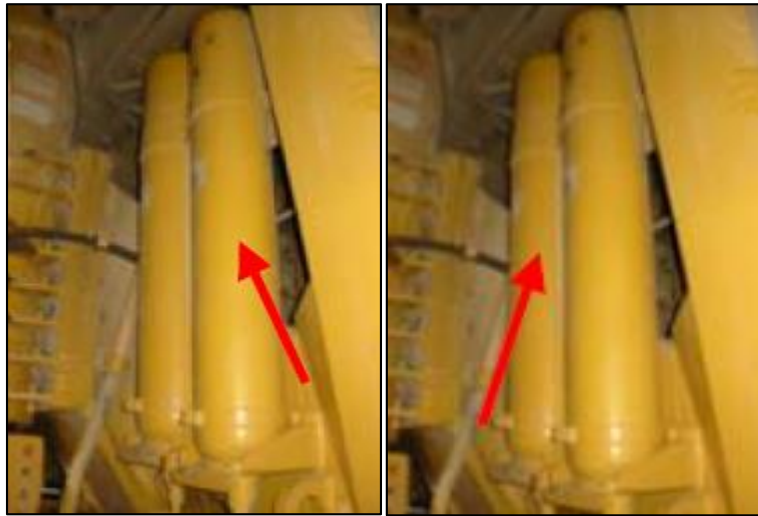


Figura 45. Cubiertas protectoras.

3.4.3. Mejoras en válvula de control direccional

a. Realizar inspección minuciosa de fugas de aceite y daños externos

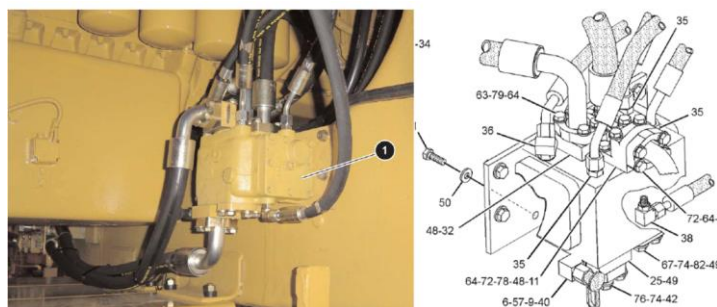


Figura 64. Válvula de control direccional CAT793F

b. Implementar pruebas de presiones del sistema dirección antes de ingresar a PMs

Para medir presión del sistema dirección ver ítem 5.8.A.a.

c. Evaluar, detectar y reportar posibles fallas internas menores oportunamente

Si luego de evaluar y detectar algún problema en la válvula de control direccional, se debe reportar y programar su reparación de forma oportuna.

d. Implementar dializado de aceite del sistema de dirección en los PMs

Puesto que la limpieza del aceite es pieza clave y fundamental de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de dirección, así como cuidar y disminuir el desgaste de los componentes, se implementa realizar el dializado del aceite de dirección, aprovechando las horas de parada del equipo en los PMs, se pone a dializar el aceite por 4 a 5 horas.



e. Recomendación

- Asegurar realizar buenas prácticas del PM, para evitar contaminación del sistema.

3.4.4. Mejoras en cilindro de dirección

a. Realizar pruebas de funcionamiento y toma de presiones del sistema de dirección

- Para las pruebas de funcionamiento ver ítem 5.8.A.a y 5.8.A.b.

b. Tener reporte del dispatch sobre algún desperfecto o falla en la dirección

Siempre que el equipo va ingresar por mantenimiento programado se tiene que revisar el reporte del dispatch, puesto que es información valiosa para realizar un mantenimiento de calidad.

c. Inspección minuciosa de fugas o desgaste en vástagos y de sellos de los cilindros de dirección.

Siempre que se realice la inspección de los cilindros de dirección, hay que tener cuidado con la presión hidráulica del sistema, podría causar lesiones graves.



Figura 46. Inspección de cilindro de dirección.

d. Realizar y verificar correcto engrase de terminales de dirección en los PMs

Para esta actividad se debe tomar en cuenta ver el engrase en cada uno de los 9 puntos de engrase del sistema de dirección.

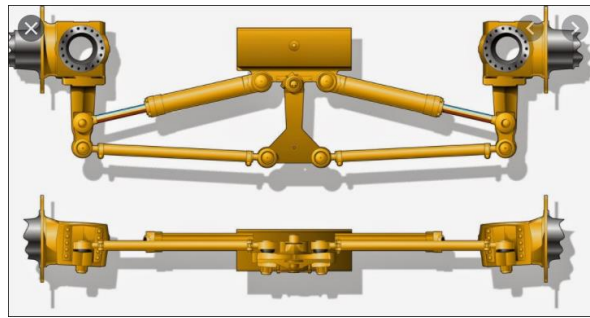


Figura 47. Muestra los 9 puntos de engrase.

3.4.5. Terminales (ball stud)

a. Implementar la inspección de juego de ball stud en cilindros y barras de dirección

- Procedimiento de medición de juegos ball stud cilindro

Suelte el freno de parqueo y gire las ruedas totalmente hacia la derecha y acelere el motor a altas RPM, girar las ruedas del tope derecho hasta el tope izquierdo y de regreso hasta el tope derecho. Disminuir las RPM del motor y aplicar el freno de parqueo. Si escucha ruidos extraños evalúe las causas retorne la maquina a taller para su reparación de ser necesario.



Figura 48. Timón del equipo.

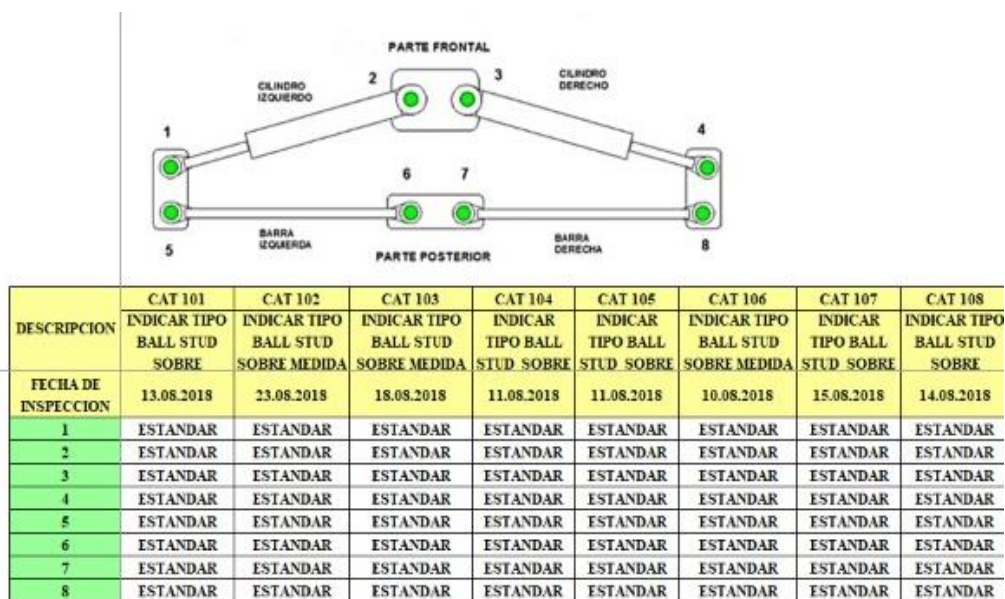


Figura 49. Inspecciones programadas.

b. Realizar inspección interna de todos los ball stud con personal de predictivo

- Retirar tapas de rotulas de dirección

Retirar las tapas de las rotulas de dirección (8 tapas) para su inspección NDT por el área de predictivo.

Adicionalmente, inspeccionar por pernos rotos, sueltos y faltantes del plato de retención del pin del “ARM CENTER”.

Instalar las tapas de las rotulas de dirección. Asegúrese que las líneas de engrase se encuentren correctamente instaladas.

c. Evaluar correctamente el funcionamiento del sistema de lubricación automática (grasa) en el PM

Abrir contacto, digitar en el teclado del VIMS el código LUBMAN, seguidamente presionar la tecla OK. En seguida el sistema de lubricación automática de grasa empezará a funcionar.

Seguidamente verificar la correcta lubricación de grasa en cada uno de los puntos de engrase, si no hay lubricación en un punto específico proceda a regular los inyectores de grasa.

3.5. Mejoras en el sistema Hidráulico/Subsistema de Levante y Enfriamiento

3.5.1. Mejoras en la bomba de levante

a. Implementar pruebas de presiones del sistema de levante antes de ingresar a los PMs

- Medir Presión de alivio de subida de bomba del levante

Despeje el área de prueba y asegúrese que todo el personal que no participa en la prueba permanezca alejado de la máquina. Encinte la parte posterior del camión por seguridad.

Con los tetragauge instalados en la bomba de levante, usar un vigía, tocar el claxon una vez, acelerar el motor a altas RPM, levantar la tolva hasta su tope, mantener la palanca en la posición de levante, registrar el valor, disminuir las RPM del motor y apagar el motor.

Especificación: 2955 – 3057 PSI

Colocar el cable de retención de tolva. Retirar los tetragauge, verifique que no se encuentre personal, herramientas y equipo en la zona de acción de la tolva.

Retire el cable de retención de tolva.

Encender el motor, toque el claxon una vez, baje la tolva completamente y apague el motor.

- Medir Presión de alivio de bajada de bomba del levante

Cant	P/N	Descripción
2	6V-7830	Tetragauge

Asegúrese que el cable de retención de tolva este colocado. Con el motor apagado instale el tetragauge en la bomba de levante y llévelos hasta la cubierta superior del motor.

Verifique que no se encuentre personal, herramientas y equipo en la zona de acción de la tolva.

Retire el cable de retención de tolva.

Encienda el motor, usar un vigía, tocar el claxon una vez, acelerar el motor a altas RPM y bajar la tolva, registrar el valor mientras está bajando la tolva, disminuir las RPM.

Especificación: 500 – 550 PSI

- Toma de tiempo de levante de tolva

Usando un vigía, acelerar el motor a altas RPM, tocar el claxon una vez y levantar la tolva, tomar el tiempo de demora en llegar al tope, registrar el valor, disminuir las RPM del motor y bajar la tolva completamente.

Especificación: 21 segundos.

b. Recomendaciones:

Comparar las presiones con indicación del fabricante, si no está en el rango de operación regular la presión del sistema, antes de salir del PM.

c. Realizar inspección de rejillas de levante periódicamente para detectar posibles daños y desgaste en la bomba de levante

- Inspección zona debajo de tolva.

Inspeccionar por fugas de aceite por los sellos de las mangueras de las rejillas de levante.

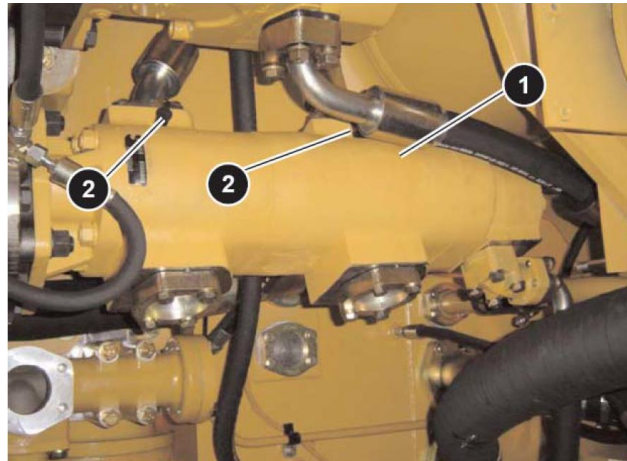


Figura 50. Inspección fugas externas bomba de levante.

- Inspección/cambio de rejillas de levante

Retirar las líneas superiores de las rejillas de levante, retirar las rejillas, Inspeccionar las rejillas por partículas extrañas. Reporte al supervisor. Cambiar las rejillas. Reemplace los sellos y los retenedores. Instale las rejillas lavadas (de la maleta de predictivo) con el resorte hacia arriba, instale los tapones.

d. Recomendaciones:

Enviar las partículas contaminantes encontradas en rejillas de levante al área de predictivo.

e. Realizar dializado del sistema hidráulico en los PMS para limpiar y monitorear el aceite

Puesto que el sistema hidráulico es uno de los sistemas más importantes, el cual requiere tener siempre el aceite limpio, para que pueda cumplir con las exigencias de lubricación y protección de cada uno de los componentes hidráulicos. Es de gran importancia realizar el dializado del aceite hidráulico aprovechando la parada del equipo en los PMs.

3.5.2. Mejoras en las válvulas (levante y pilotaje)

a. Realizar inspección minuciosa de daños externos y por fugas de aceite en la válvula de levante.

Inspeccionar fugas de aceite entre los cuerpos de la válvula de levante, verificar cañerías de pilotaje y mangueras de alta presión de levante.

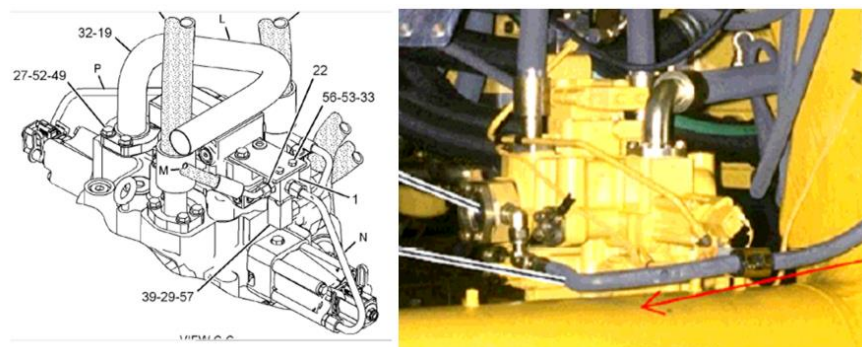


Figura 51. Muestra la válvula de control de levante y pilotaje.

b. Implementar en los PMs como tarea realizar limpieza a solenoides de levante.

Al realizar la limpieza e inspección de los solenoides de la válvula de levante, asegúrese de hacerlo con cuidado, retirar el harness eléctrico y ver que no haya fugas de aceite. Implementando este trabajo en el

mantenimiento preventivo, se asegura el correcto funcionamiento de la válvula de control de levante.

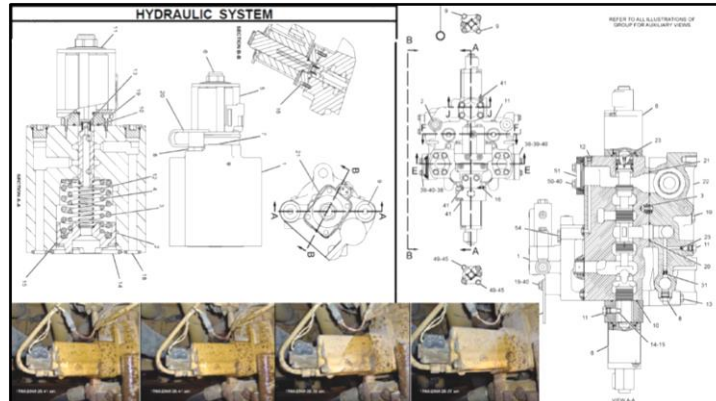


Figura 52. Vista en corte de válvulas solenoide de levante.

3.5.3. Mejoras en el cilindro levante

- a. **Realizar pruebas dinámicas y toma de presiones del sistema de levante**
 - Para realizar pruebas dinámicas revisar ítem 5.9.A.a.
- b. **Inspección minuciosa de daños o desgaste en vástagos, desgaste y resequedad de sello, fugas de aceite hidráulico y correcto engrase de pines de levante.**

Para realizar una buena inspección en la que se pueda ver todos estos aspectos se debe realizar la inspección de juegos de tolva y levante, puesto que en esta prueba dinámica se evalúa el sistema de levante y todos sus componentes.

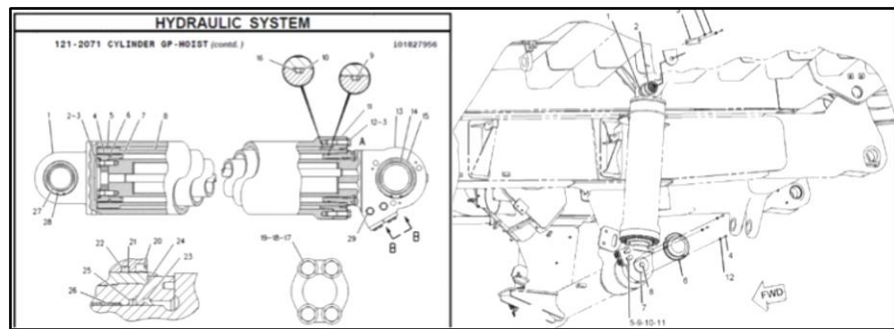


Figura 53. Componentes y accesorios de cilindros de levante.

- Inspección de juegos de Tolva y levante

El inspector avisara al operador el inicio de las maniobras para la inspección de juegos. El operador acelerará el motor a 1300 RPM y levantará la tolva unos 5° grados aproximadamente para luego proceder a bajarla hasta que se apoye en el chasis, este ciclo se repetirá hasta que el inspector de la orden de finalizar las maniobras para la inspección. Una vez empezadas las maniobras por parte del operador, el inspector se ubicará en el lado izquierdo de la maquina a la altura del cilindro de levante y observará el juego del pin superior del cilindro de levante, registrar el estado.

El inspector se ubicará ahora en la parte posterior central de la máquina y observará el juego de los pines pivot de la tolva, registrar el valor.

El inspector luego se colocará en el lado derecho de la maquina a la altura del cilindro de levante y observará el juego del pin superior del cilindro de levante, registrar el estado. El inspector avisara al operador que la inspección ha finalizado. El operador disminuirá las RPM del motor.

De encontrar algún desperfecto en mangueras o componentes, se debe realizar la reparación o programar la reparación para el próximo PM, dependiendo de la criticidad de la detección de fallas.

c. Recomendación

- Indicar a personal de despacho no sobrecargar la tolva con más de 240 toneladas.
- Evaluar fugas externas de cilindros y mangueras de levante.

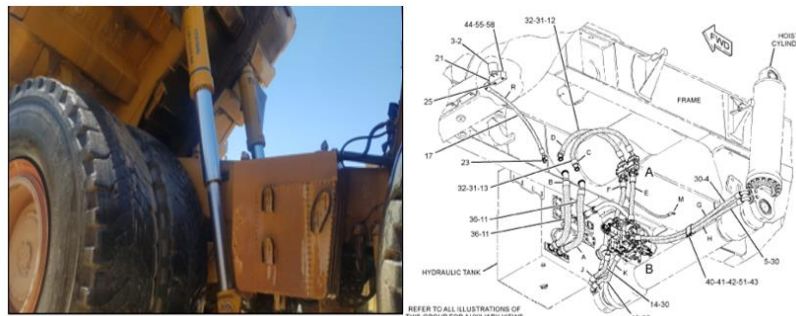


Figura 54. Inspección de fugas por vástago de cilindro de levante.

3.5.4. Mejoras en el eje cardan PTO

a. Realizar inspección visual periódica del estado de guardas, crucetas y color del eje cardan PTO.

La inspección del cardan PTO, es una labor muy importante, puesto que debemos asegurarnos de que no tenga ningún desperfecto que pueda originar la rotura del eje cardan, lo que origina daños catastróficos a los componentes cercanos como son el motor, mando de bombas, mangueras de dirección y el convertidor.



Figura 55. Inspección del cardan PTO.

b. Implementar y realizar inspección de juego de cardan PTO en los PMs.

Cuando falla este cardan genera muchos problemas, que en muchas ocasiones dependiendo del daño originado, se tiene que remolcar el camión a taller.

Este trabajo de remolque del camión influye significativamente en la disponibilidad de la flota de camiones, puesto que es una actividad que puede durar ente 10 y 12 horas, se requiere de otro camión para remolcar y personal experimentado en esta labor. Debido a la importancia de tener siempre el eje cardan PTO en perfectas condiciones o anticiparse ante alguna falla, se propone realizar la inspección de juego del cardan PTO en los PMs de 1000 horas.

- Inspección de juego en cardan pto flota cat – 793

Posicionamiento de Cardan y Pre-Cargas

Antes de realizar cada una de las mediciones detalladas, se requiere realizar la Precarga del reloj, se entiende:

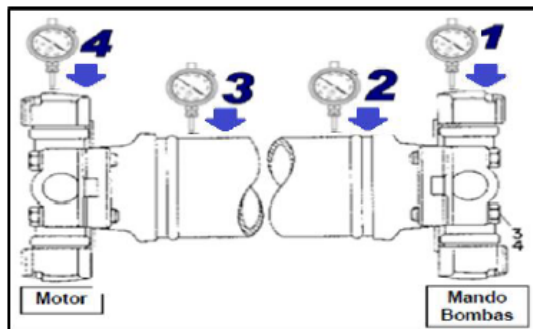
Posicionar el Reloj Comparador en los puntos descritos (Ubicación)

Con ayuda de una palanca forzar el desplazamiento del eje en sentido contrario a donde se posiciona el reloj, Setear el reloj comparador a "Punto Cero".



- Procedimiento de Medición - Juego Radial

Posicionar el reloj comparador en los puntos del 1 al 4, en forma perpendicular al cardan (Según Imagen). Acercar el reloj a las superficies del cardan, y proceder con el proceso de "Precarga de Reloj". Con ayuda de una barreta presionar sobre el cardan PTO forzando su movimiento en forma RADIAL. Anotar los valores obtenidos en los 4 puntos.



Ubicación	Juego Radial
# 1	
# 2	
# 3	
# 4	
Permisible	0.022" a 0.026"
Seguimiento	0.027" a 0.029"
Desmontaje	0.030" a +...

Si el valor tomado en #1, lado mando de bombas es valor "Desmontable", inspeccionar estriado YOKE y crucetas.

Si el valor tomado en #2, #3 y #4, está en valor "Desmontable", inspeccionar crucetas.

- Procedimiento de Medición - Juego Axial

Posicionar el reloj comparador en el punto 1, en forma paralela al cardan (Según Imagen). Acercar el reloj a las superficies del cardan, y proceder con el proceso de "Precarga de Reloj". Con ayuda de una barreta presionar sobre el cardan PTO forzando su movimiento en forma AXIAL. Anotar El valor obtenido en el punto 1.

Si el valor tomado en #1, está en valor "Desmontaje", evaluar conjunto PTO de motor.

ITEM	DESCRIPCION	ESTADO	OBSERVACIONES
1	Inspección a las crucetas y pernos del cardán del PTO		

TABLA DE TORQUES - INSTALACION PTO			
Perno 793 "D"	6V-3823	M12 X 1.75 MM	89 ± 15 Lb/Pie
Perno 793 "D"	0S-1604	Ø 1/2" x 2.5 "	115 ± 5 Lb/Pie
Perno 793 "B" y "C"	0L-0478	Ø 3/8" x 1.75"	45 ± 5 Lb/Pie



Figura 56. Medición de juegos de cardan PTO.

c. Recomendación

- Contar con la base data de horas de instalación del cardan PTO y valores de juegos de inspección.

3.5.5. Mejoras en Mangueras/Tuberías del sistema de levante.

a. Realizar campaña de estado de clipms y clamps de mangueras y tuberías de sistema de levante.

- Inspeccionar zona inferior y superior del sistema de levante:

Inspeccionar la zona inferior de bombas de levante, pernos de anclaje, guardas, clips y clamps sueltos o faltantes en las líneas hidráulicas de transmisión, convertidor, levante, líneas de combustible, líneas de grasa de rotulas de dirección y harness del convertidor de torque.

Anote las observaciones en la Hoja de Inspección de Clips y Clamps.

b. Evaluar estado de mangueras y tuberías para realizar backlogs, según prioridades de condición de falla.

Defina la ubicación y criticidad de manera clara y precisa. Defina con el supervisor las acciones o reparaciones que se van a ejecutar. No releve evaluaciones por fugas. No releve verificaciones por fugas. No releve pruebas por fugas. Solicite al supervisor todo el apoyo para definir la ubicación y criticidad de la falla detectable por fuga.

Determinada la criticidad, valide con el supervisor la urgencia e importancia de la falla encontrada:

N1 = Nivel 1.- Condición crítica. Debe ejecutarse de inmediato.

N2 = Nivel 2.- Backlog. Condición que puede ser tolerada por la máquina hasta su próximo PM.

N3 = Nivel 3.- Backlog. Condición que puede ser tolerada por la máquina por un periodo mayor al próximo PM. Deben de ejecutarse de acuerdo con las ventanas de oportunidad y si se tienen los recursos

necesarios. Generar tareas de seguimiento.

N4 = Nivel 4.- Backlog. Condición que puede ser tolerada por la máquina por un periodo mayor al próximo PM y no determinado. Generar tareas de seguimiento.

Anote el Nivel en la hoja de inspección.

Tipo de Falla: ROTURA (metálicos y no metálicos) Guía de Niveles de Criticidad				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Mangueras				
Tuberías				

Figura 57. Ejemplo de nivel de criticidad de mangueras y tuberías.

c. Realizar inspección del taller de armado de mangueras de FESA, verificando ensamble de calidad.

Es importante detectar y cambiar las mangueras hidráulicas cuando estas llegan a fallar, pero también es de igual importancia saber porque fallo la manguera. Si se detecta que la manguera está fugando por el prensado, por lo general no es una falla por envejecimiento, sino todo lo contrario se trata de una manguera recién instalada que fue mal armada por el proveedor.

Por consiguiente, se propone realizar inspección al taller de armado de mangueras y exigir al proveedor que tenga personal bien capacitado.

3.6. Mejoras en el sistema Hidráulico/Subsistema de Frenos y Ruedas

3.6.1. Mejoras en los paquetes frenos servicio/parqueo LH-RH delantero.

- a. Implementar toma de presiones del sistema de frenos y enfriamiento de frenos delanteros

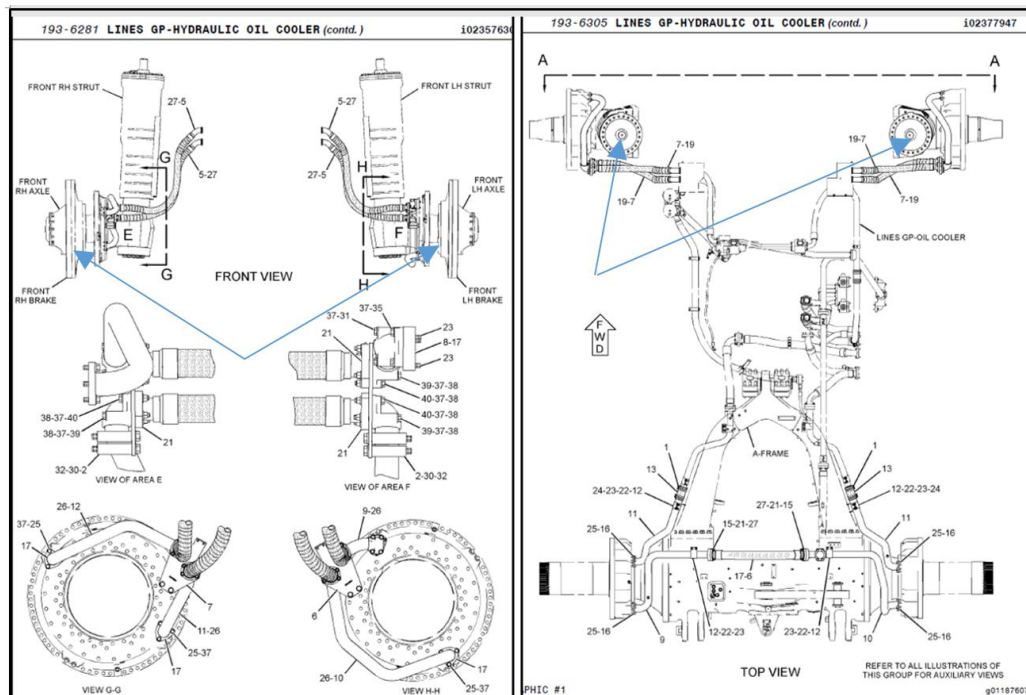


Figura 58. Las flechas señalan a las ruedas delanteras CAT793F.

Para realizar la adecuada evaluación del sistema de frenos, se recomienda hacer las siguientes pruebas:

- Resistencia a la rodadura del freno de servicio

Los tanques de aire deben ser purgados antes de realizar esta prueba. Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Aplicar el freno de servicio y soltar el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar el motor a 1300 RPM. El equipo no debe moverse. Reducir las RPM del motor y colocar en neutro la transmisión, aplicar el freno de parqueo y soltar el freno de servicio. Velocidad de prueba: 1300 RPM min.

- Resistencia a la rodadura del retardador manual

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Aplicar el retardador manual y soltar el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar el motor a 1300 RPM. El equipo no debe moverse.

Reducir las RPM del motor, colocar en neutro la

transmisión, aplicar el freno de parqueo y soltar el retardador manual.

Velocidad de prueba: 1300 RPM min.

- Resistencia a la rodadura del freno secundario

Los tanques de aire deben ser purgados antes de realizar esta prueba.

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Aplicar el freno secundario y soltar el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar el motor a 1300 RPM. El equipo no debe moverse. Reducir las RPM del motor, colocar en neutro la

transmisión, aplicar el freno de parqueo y soltar el freno secundario.

Velocidad de prueba: 1300 RPM min.

- Medir presión de servicio de frenos delanteros

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0857	Pressure Gauge

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Con el motor en bajas RPM instalar manómetro de 1450 PSI en el slack delantero.

Presionar freno de servicio, registrar el valor, soltar el freno de servicio. Especificación: 630 – 790 PSI

- Medir presión del retardador manual de frenos delanteros

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0857	Pressure Gauge

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Con el motor en bajas RPM aplicar el retardador manual, registrar el valor, soltar el retardador manual y retirar el manómetro. Especificación: 530 PSI.

- Medir presión de servicio de frenos posteriores

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0857	Pressure Gauge

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Con el motor en bajas RPM instalar manómetro de 1450 PSI en el slack posterior.

Presionar freno de servicio, registrar el valor, soltar el freno de servicio. Especificación: 630 – 790 PSI

- Medir presión del retardador manual de frenos posteriores

Cant	P/N	Descripción
1	8T-0857	Pressure Gauge

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Con el motor en bajas RPM aplicar el retardador manual, registrar el valor, soltar el retardador manual y retirar el manómetro. Especificación: 530 PSI

b. Realizar medición de desgaste de paquetes de frenos servicio/parqueo.

Se propone implementar realizar la medición de desgaste de los paquetes de frenos, esto nos permitirá hacer un seguimiento continuo del desgaste

interno de platos y disco. De esta forma tendremos la posibilidad de realizar el cambio de las ruedas antes de que fallen en campo, lo que origina baja disponibilidad.

- Medir desgaste de freno delantero derecho e izquierdo

Cant	P/N	Descripción
1	1U-7425	Gauge plug
1	160-1726	Brake wear Gauge

% Desgaste	Freno Delantero
0%	10.7 mm (0.42 inch)
10%	11.4 mm (0.45 inch)
20%	12.0 mm (0.47 inch)
30%	12.6 mm (0.50 inch)
40%	13.3 mm (0.52 inch)
50%	13.9 mm (0.55 inch)
60%	14.5 mm (0.57 inch)
70%	15.1 mm (0.60 inch)
75%	15.5 mm (0.61 inch)
80%	15.8 mm (0.62 inch)
90%	16.4 mm (0.65 inch)
100%	17.0 mm (0.67 inch)

Figura 59. Desgaste de frenos delanteros.

Medición con patrón CATERPILLAR – (%) Desgaste del paquete

- (1) Pistón del paquete de freno.
- (2) Pin del patrón CAT.
- (3) Adaptador del patrón CAT sobre el housing.
- (4) Herramienta de medición ó PIE DE REY

S Puerto purga de freno de servicio.

A Medida que sobresale el pin con freno de parqueo aplicado.

B Medida que sobresale el pin con freno de parqueo desaplicado.

C = B-A (mm ó inch). Medida que indica el nivel de desgaste.

1. Con el motor apagado y el freno de parqueo aplicado colocar el adaptador del patrón de medición.

(3) en la purga de freno de servicio “S” de la rueda delantera.

2. Presionar el pin y medir con la herramienta (4) ó con el profundímetro del PIE DE REY la distancia A.

Coordine con el personal involucrado en el trabajo antes de arrancar la máquina y ejecutar el paso siguiente.

3. Encender el motor y en bajas RPM liberar el freno de parqueo. Presionar el pin y medir la distancia B. Apagar el motor.

4. Restar $C = B - A$ (mm ó inch). Y comparar en la tabla. Retirar tapón de medición. Instalar el dispositivo de purga del paquete.

Especificación: Desgaste máximo 75%

No olvide de purgar el sistema de freno después de terminada la prueba

Ingrese el valor de desgaste del paquete al sistema SAP.

c. Limpieza continua del aceite y componentes dializando el aceite hidráulico en los PMs.

Puesto que la limpieza del aceite es pieza clave y fundamental de asegurar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico, así como cuidar y disminuir el desgaste de los componentes, se implementa realizar el dializado del aceite hidráulico, aprovechando las horas de parada del equipo en los PMs, se pone a dializar el aceite por 4 a 5 horas.

d. Implementar un plan de mantenimiento para el equipo dializador del hidráulico.

Para asegurar el correcto funcionamiento del dializador hidráulico se propone realizar el mantenimiento del equipo dializar cada 1000 horas. Por lo tanto, se propone el siguiente plan de mantenimiento.

Tabla 16
Plan de mantenimiento de dializador.

Plan de mantenimiento para dializador hidráulico.		
Actividades cada 1000 horas	OK	Observaciones e indicaciones
Cambiar los filtros		
Verificar el estado de tuberías y mangueras		
Verificar el funcionamiento de los manómetros		
Verificar el estado del flujómetro		
Inspeccionar fugas de aceite		
Verificar botoneras de accionamiento.		

3.6.2. Mejoras en ruedas delanteras LH/RH

a. Realizar correcta toma de muestras SOS del aceite hidráulico y tapones magnéticos.

- Muestreo aceite hidráulico

Cant	P/N	Descripción
1	177-9343	Outlet quick tap
2	169-7372	Bottle

Recolecte las 2 muestras de los filtros del sistema hidráulico mediante el método de válvula de muestreo.

Identifique correctamente las botellas de muestra de aceite.

- Muestreo de tapón magnético de rueda delantera derecha

Cant	P/N	Descripción
1	8M-3837	Plug Magnetic
2	5B-3265	Gasket

(1) Tapón magnético y nivel de aceite.

(2) Tapón de drenaje.

1. Retirar tapón magnético (1) de la rueda delantera derecha.
2. Inspeccione y reporte por cualquier tipo de partícula extraña.
3. Embolse e identifique el tapón (1) correctamente.

Anote la cantidad y el material visibles siguiendo la codificación de “Clasificación de partículas en inspección de tapones y filtros”.

- Muestreo de tapón magnético de rueda delantera izquierda

Cant	P/N	Descripción
1	8M-3837	Plug Magnetic

(1) Tapón magnético y nivel de aceite.

(2) Tapón de drenaje.

1. Retirar tapón magnético (1) de la rueda delantera izquierda.
2. Inspeccione y reporte por cualquier tipo de partícula extraña.
3. Embolse e identifique el tapón (1) correctamente.

Anote la cantidad y el material visibles siguiendo la codificación de “Clasificación de partículas en inspección de tapones y filtros”.

b. Hacer seguimiento y monitoreo de ruedas delanteras con personal de predictivo.

Enviar las muestras de aceite y tapones magnéticos a personal de predictivo, para estar informado de la condición del componente y así anticiparse a una falla de mayor gravedad.



Figura 60. Tapones magnéticos de ruedas delanteras, nos está indicando desgaste prematuro al encontrar regular cantidad de partículas metálicas.

c. Si hay contaminación por refrigerante en el sistema de enfriamiento diagnosticar y corregir las causas.

Siempre solicitar los resultados SOS del aceite, puesto que la presencia de sodio en el aceite hidráulico, nos indica contaminación por refrigerante, lo que debe ser evaluado y corregido antes de que pueda ocasionar daños mayores en los componentes hidráulicos.

3.6.3. Mejoras en la válvula liberación freno parqueo

Para realizar la correcta evaluación del sistema de freno de parqueo se deben seguir los siguientes pasos:

a. Tomar presiones del sistema de liberación de parqueo antes de iniciar el PM

- Resistencia a la rodadura del freno de Parqueo

Los tanques de aire deben ser purgados antes de realizar esta prueba.

Presión mínima del tanque de aire 100 PSI. Aplicando el freno de parqueo, colocar la transmisión en primera adelante y acelerar el motor a 1300RPM. El equipo no debe moverse.

Reducir las RPM del motor, colocar en neutro la transmisión.

Velocidad de prueba: 1300 RPM min.

- Medir presión de liberación de freno de parqueo en alta.

Cant	P/N	Descripción
2	8T-0856	Pressure Gauge

Instalar los manómetros de 870 PSI en las tomas de presión de la válvula de control del TCS y/o liberación de freno de parqueo, acelerar el motor a altas RPM, aplicar el retardador manual y soltar el freno de parqueo, registrar el valor, disminuir las RPM del motor, aplicar freno de parqueo, soltar el retardador manual y apagar el motor.
Especificación: 680 +/- 29 PSI

- Medir presión de liberación de freno de parqueo con bomba auxiliar

Cant	P/N	Descripción
2	8T-0856	Pressure Gauge

Con el motor apagado y la llave de contacto en la posición ON. Coloque los manómetros de 870 PSI en las tomas de presión de la válvula de control del TCS y/o liberación de freno de parqueo,

presionar el interruptor de la bomba eléctrica de liberación de frenos hasta que la presión se estabilice, registrar el valor, retirar el manómetro. Especificación: 550 - 650 PSI

b. Verificar eventos activos y registrados por calentamiento de frenos en el VIMS.

Colocar la llave en la posición de encendido, digitar en el teclado del VIMS EACK (3225) y revisar los eventos activos en el VIMS, digitar la tecla F1, anotar códigos de falla (MID, CID, FMI) y generar reporte para su posterior corrección.

Para verificar el listado de todos los códigos registrados, digitar en el teclado del VIMS ELIST (35478) y revisar los eventos registrados en el VIMS.

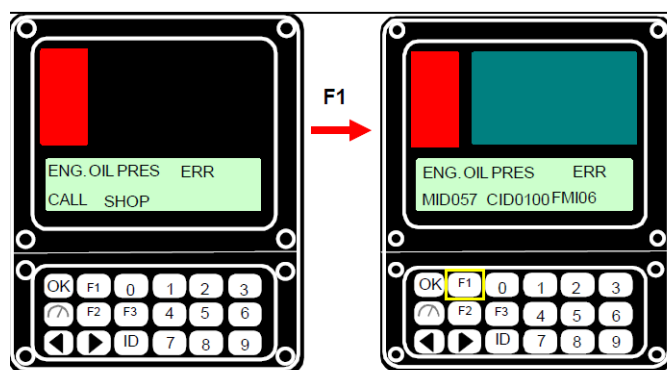


Figura 61. VIMS mostrando código activo de sistema.

c. Regular válvula de liberación de frenos de parqueo de acuerdo al fabricante.

Se debe tener cuidado para asegurar que los fluidos estén contenidos durante realización de inspección, mantenimiento, prueba, ajuste y reparación del producto. Esté preparado para recolectar el líquido con recipientes

adecuados antes de abrir cualquier compartimento o desmontar cualquier componente que contenga fluidos.

Consulte la Publicación especial, PERJ1017, "Herramienta de servicio del distribuidor Catálogo" para herramientas y suministros adecuados para recolectar y contener fluidos en productos Cat.

Deseche todos los fluidos de acuerdo con las regulaciones locales y mandatos.

Nota: La presión de liberación del freno de estacionamiento se puede verificar en la ubicación (M).

Esta prueba mostrará si la sección de la bomba de liberación del freno de estacionamiento está funcionando correctamente. Esta prueba también mostrará si la válvula de alivio para el sistema de liberación del freno de estacionamiento está configurada correctamente.

1. Quite el tapón en la ubicación (M). Instale una toma de presión en la ubicación del tapón que se quitó.
2. Con un acoplador y una manguera, instale un manómetro 8T-0856 (0 a 6000 kPa (0 a 870 psi)) al niple.
3. Mientras los frenos de estacionamiento están desactivados, arranque el motor. Opere el motor en altas rpm en vacío. La transmisión debe estar en NEUTRO. La presión en el manómetro debe estar en el ajuste de la válvula de alivio. El ajuste de la válvula de alivio es 4685 ± 100 kPa (680 ± 15 psi).

(1) Cap (2) Nut (3) Relief valve for parking brake release system.

4. Si el ajuste de la válvula de alivio (3) para el sistema de liberación del freno de estacionamiento es demasiado bajo, realice el siguiente procedimiento:

- Retire la tapa (1).
- Aflojar la tuerca (2).
- Gire la varilla roscada en sentido horario para aumentar la presión. Una vuelta aumenta el ajuste aproximadamente 690 kPa (100 psi).

5. Si el ajuste de la válvula de alivio (3) para el sistema de liberación del freno de estacionamiento es demasiado alto, realice el siguiente procedimiento:

- Retire la tapa (1).
- Aflojar la tuerca (2).
- Gire la varilla roscada en sentido antihorario para disminuir la presión. Una vuelta disminuye el ajuste aproximadamente 690 kPa (100 psi).

6. Apretar la tuerca (2) e instalar la tapa (1).

7. Cuando complete la prueba, detenga el motor. Retire el equipo de prueba.

Nota: Si no se puede ajustar la válvula de alivio, probablemente haya una fuga en el freno, sistema de liberación. Realice la operación / prueba del sistema de aire y los sistemas de frenos y Ajuste, "Fugas en el sistema de liberación del freno de estacionamiento y secundario - Verificar".

3.6.4. Mejoras en la bomba liberación de freno

a. Verificar e inspeccionar de forma minuciosa fugas internas y externas de la bomba.

Verificar e inspeccionar fugas entre cuerpos de bombas, color de bomba por posible calentamiento, mangueras de entrada y salida sin rozamiento y en buen estado.

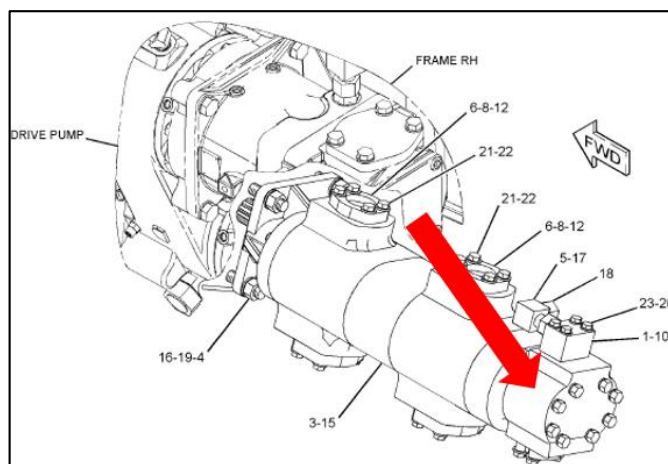


Figura 62. Muestra sección de bomba de liberación frenos de parqueo

b. Inspeccionar partículas en filtro de liberación de frenos de parqueo en los PMs.

Cambio de filtro de liberación de freno de parqueo.

Retirar tapón y drenar aceite de la carcasa del filtro, aflojar carcasa y retirar filtro, lavar con solvente la carcasa, dejar secar. Reemplace los sellos.

Instalar filtro nuevo y colocar carcasa y tapón de drenaje.

- Inspeccionar filtro de liberación de freno de parqueo

Siga el procedimiento de inspección de elementos filtrantes para inspeccionar el filtro de liberación de freno de parqueo. Reporte cualquier anomalía.

c. Recomendación

Analizar partículas extrañas encontradas con personal de predictivo

3.4. Incremento de los indicadores

3.6.5. Porcentaje de utilización del equipo

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el porcentaje de utilización del equipo va a mejorar al 5% si es que se implementa la plan de mantenimiento. El porcentaje de utilización del equipo actual es 90.32%, el 5% es 4.516%, por lo tanto, el indicador mejorado será 94.84%.

3.6.6. Porcentaje de operatividad de los equipos

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el porcentaje de operatividad del equipo va a mejorar al 8% si es que se implementa el plan de mantenimiento. El porcentaje de operatividad del equipo actual es 90%, el 8% es 7.20%, por lo tanto, el indicador mejorado será 97.20%.

3.6.7. Porcentaje de reparaciones no programadas

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el porcentaje de reparaciones no programadas va a mejorar al 10% si es que se implementa la mejora del plan de mantenimiento. El porcentaje de reparaciones no programadas actual es 1.43%, el 10% es 0.143%, por lo tanto, el indicador mejorado será 1.57%.

3.6.8. Número de horas de mantenimientos programados

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el número de horas de mantenimientos programados va a mejorar al 8% si es que se implementa mejora del plan de mantenimiento. El número de horas de mantenimientos programados actual es 0.26, el 8% es 0.0208, por lo tanto, el indicador mejorado será 0.28.

3.6.9. Tiempo medio de reparación (MTTR)

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el tiempo medio de reparación va a mejorar al 8% si es que se implementa del plan de mantenimiento. El tiempo medio de reparación actual es 3.92, el 8% es 0.31, por lo tanto, el indicador mejorado será 3.61.

3.6.10. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), el tiempo medio entre fallas va a mejorar al 10% si es que se implementa el plan de mantenimiento. El tiempo medio entre fallas actual es 35, el 10% es 3.5, por lo tanto, el indicador mejorado será 38.5.

3.6.11. Disponibilidad

De acuerdo al estudio de Castillo (2016), la disponibilidad va a mejorar al 8% si es que se implementa el plan de mantenimiento. La disponibilidad actual es 89.90, el 8% es 7.19, por lo tanto, el indicador mejorado será 97.09%.

3.1.3. Resultados de indicadores mejoras

Tabla 17
Resultados de los indicadores.

VARIABLE(S)	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO ACTUAL	RESULTADO MEJORADO
(X): Independiente	Utilización del equipo	Porcentaje de utilización del equipo	90.32%	94.84%
	Operación de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	90%	97.20%
	Reparación del equipo	Porcentaje de reparaciones no programadas	1.43%	1.57%
(X): Dependiente	Tiempo de funcionamiento del equipo	Nro de horas de mtos programados	0.26	0.28
		Tiempo medio de reparación (MTTR)	3.92	3.61
	Mejora de la fiabilidad del equipo	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	35	38.5
		Disponibilidad	89.90	97.09%

3.5. Presupuestar el diseño de la propuesta del sistema de mantenimiento de camiones mineros.

A continuación, se calcularán los montos de flujos salientes que se requiere para la implementación de la propuesta de diseño, los gastos actuales y los gastos proyectados de la propuesta para los próximos 5 años, con estos datos se calcularán el valor actual neto del proyecto y la tasa interna de retorno para analizar la viabilidad del diseño.

3.5.1. Flujo saliente

La inversión de la propuesta de plan de mantenimiento se ha calculado de acuerdo a las tareas diseñadas.

Tabla 18
Costos de inversión para la implementación del plan de mantenimiento.

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Costo
Elaboración las tareas por componentes	41 componentes	500.00	20 500.00
Impresión de las tareas propuestas	80.00	80.00	80.00
Difusión de las tareas (afiches)	41	300.00	300.00
Total		\$ 20 880.00	

Tabla 19
Flujo saliente del plan de mantenimiento.

Descripción	Detalle	Costo (dólares)	Sub total (dólares)
Capacitación en el plan de mantenimiento para operadores y mantenedores	Pago al capacitador para operadores (trimestralmente)	6 000.00	12 800.00
	Pago al capacitador para mantenedor (trimestralmente)	6 000.00	
	Aperitivos	500.00	
	Material didáctico	200.00	
	Gastos adicionales	100.00	
Actualización del mantenimiento (a partir del Segundo año)	Costos de asesoría en la actualización del mantenimiento	3 000.00	16 600.00
	Pago al personal (2 supervisores y 1 asistente por dos meses)	16 000.00	
	Gastos adicionales	300.00	
Supervisión	Pago al supervisor mensualmente (2 500 dólares)	30 000.00	30 000.00
Flujo saliente total anual		63 000 dólares	

3.5.2. Flujo entrante

Los flujos entrantes están representados por el ahorro que se va a conseguir al contar con el mejoramiento del plan de mantenimiento, en promedio se estima que los equipos analizados fallan mínimo 1 veces al año y sus costos de reparación se muestran a continuación:

Tabla 20

Costo por reparaciones al no aplicarse el mantenimiento programado.

Equipo CAT 793F	Reparación	Total
Convertidor	38633	
Suspensión delantera	14974	
Suspensión posterior	14428	
Mando bombas	12937	152
Bomba levante	6 681	581
Bomba dirección	6952	dólares anuales
Cilindro levante	15604	
Cilindros dirección	8477	
Aframe	40576	

En la tabla siguiente, se muestra el flujo de caja en cinco años, detallando el VAN y TIR.

FLUJO DE CAJA	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	TOTAL
EGRESOS							
Elaboración las tareas por componentes	20,500.00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	20,500.00
Impresión de las tareas propuestas	80.00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	80.00
Difusión de las tareas (afiches)	300.00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	300.00
Capacitación en el plan de mantenimiento para operadores y mantenedores	\$ 0	12,800.00	12,800.00	12,800.00	12,800.00	12,800.00	64,000.00
Actualización del mantenimiento (a partir del Segundo año)	\$ 0		16,600.00	16,600.00	16,600.00	16,600.00	66,400.00
Supervisión	\$ 0	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	150,000.00
TOTAL EGRESOS	20,880.00	42,800.00	59,400.00	59,400.00	59,400.00	59,400.00	301,280.00
FLUJO ENTRANTE							
Ahorro anual	\$ 0	152,581.00	152,581.00	152,581.00	152,581.00	152,581.00	762,905.00
TOTAL BENEFICIOS	\$ 0	152,581.00	152,581.00	152,581.00	152,581.00	152,581.00	762,905.00
FLUJO ANUAL DE CAJA	-20,880.00	109,781	93,181.00	93,181.00	93,181.00	93,181.00	\$ 461,625.00
TMAR	15%						
TIR	513%						
VAN	\$ 326,791.95						
B/C	\$ 1.59						

Según la tabla anterior, con el mantenimiento preventivo propuesto se obtiene un VAN de 326,791.95 dólares y un TIR de 513%, por lo tanto, la propuesta es viable para camiones mineros 793F.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En esta tesis se determinaron las causas de los que generan retrasos en los procesos de mantenimiento. Estas son por falta de mantenimiento planificado, falta de aplicación de procedimientos de trabajo seguro y poca aplicación de check list diarios; considerando los estudios de Marca (2014), Gómez (2017) y Martínez (2017), determinaron que las fallas en los camiones mineros se presentan a causa del desgaste acelerado de algunos de sus componentes, falta de mantenimiento y falta de seguimiento de reportes.

En esta investigación también se determinó que los camiones mineros se encuentran con altos porcentajes de sobretiempos por falta de repuestos y/o la demora en su llegada, lo cual concuerda con lo descrito por Muñoz, 2017 que afirma que los repuestos de camiones mineros no son fáciles de trasladar por ello el tiempo de parada es alto.

Dentro de los resultados obtenidos también se obtiene que las pérdidas en producción son afectadas por la falta de camiones mineros ya que el tiempo de proceso de mantenimiento es extenso, en la investigación de Rodríguez (2013) se evidencia que la producción se ha reducido en un 15% y en esta investigación la producción ha sido reducida en 10% ocasionando pérdidas económicas a la empresa.

En esta tesis se determinó que el para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros se debe implementar un plan de mantenimiento planificado con sus respectivos check list y procedimientos escritos de trabajo seguro lo cual también lo afirma Paredes (2013) en su estudio elaborando un mantenimiento planificado para equipos de acarreo minero en el cual agrega también el mantenimiento pre planificado.

En el análisis económico se evidencia que el diseño de un sistema de mantenimiento planificado es viable representando un ahorro considerable, lo mismo logró Soto (2016) en su estudio aplicando el mantenimiento planificado a equipos de línea amarilla.

4.2 Conclusiones

- El diagnóstico evidencia que los sistemas con mayor cantidad de fallas son motor, sistema hidráulico, tren de potencia y chasis aframe; a su vez engloba a los componentes con fallas de riesgo medio que son bomba de levante, válvula liberación, freno parqueo, turbo-compresor, bomba combustible, eje cardan pto, bomba liberación de freno, válvula lockup del convertidor, filtros combustibles, válvula de control direccional, cilindro de dirección, válvulas (levante y pilotaje), sensor de temperatura escape, paquetes frenos servicio/ parqueo lh-rh delantero, terminales (ball stud), cilindro levante, sensor de presión turbo, aftercooler, bomba de dirección, mangueras – tuberías bomba, sensor presión atmosférica, ruedas delanteras lh/rh, convertidor, mangueras/tuberías sistema levante y bomba de carga. Los equipos CAT 793D presentan fallas que afectan su disponibilidad al 89.90% siendo el target 95%, por lo tanto, genera pérdidas en la empresa.
- El diseño del sistema de mantenimiento preventivo se ha enfocado en maximizar la vida de los componentes que presentan mayor cantidad de fallas, y está estructurado por la elaboración del Task Record, el cual fue elaborado basándose en recomendaciones dadas por fabrica, recomendaciones por especialistas en camiones y antecedentes positivos de otros centros mineros en el mundo. Lo novedoso de este diseño es que nos permite distribuir las tareas de mantenimiento de forma ordenada y sistemática, se considera realizar pruebas dinámicas y medición de presiones de todos los sistemas del camión 793D, lo que nos permitirá saber con precisión cual

es el estado real de cada uno de los sistemas y componentes del equipo. Con esto nos aseguramos de realizar un mantenimiento preventivo de calidad, que mejorara la disponibilidad de los camiones.

- El impacto del sistema de mantenimiento es positivo, ya que el porcentaje de utilización del equipo se incrementó a 94.84%, el porcentaje de operatividad de los equipos se incrementó a 97.20%, el porcentaje de reparaciones no programadas se incrementó a 1.57%, el número de horas de mantenimientos programados se incrementó a 0.28, el tiempo medio de reparación (MTTR) se reduce a 3.61, el tiempo medio entre fallas (MTBF) se incrementa a 38.5 y finalmente la disponibilidad se incrementa a 97.09%.
- El diseño de mantenimiento preventivo en camiones Caterpillar 793F es viable ya que presenta un VAN de 326,791.95 dólares y un TIR de 513%, y una relación B/C de 1.59 dólares.

REFERENCIAS

Aenor. (2011). *Gestión del mantenimiento*. Madrid: AENOR.

AILLÓN, E. *Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM de PELILEO*. Proyecto técnico (Título de Ingeniero Mecánico). Ambato. Universidad Técnica de Ambato, 2016. 354 pp. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23311>

AMENDOLA, L. *Gestión de Proyectos de Activos Industriales*. Valencia: Editorial de la UPV, 2006. 178 pp. ISBN: 84-8363-052-4.

BAHAMÓNDEZ, M. *Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros*. Tesis (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago. Universidad de Chile, 2017. 87 pp. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146289/Implementaci%C3%](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146289/Implementaci%C3%91)

BOLAÑOS, G. *Disponibilidad de los Equipos de Producción y la Utilización de las Ventajas de Mantenimiento*. Costa Rica: Colegio Federado, 1987. 96 pp. EAFIT.

BONA, J. *La Gestión del mantenimiento*. Madrid: ConfeMetal, 1999. 245 pp. ISBN: 84-89786-81-X.

BONZI, J. *Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres*. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Santiago: Universidad de Chile, 2016. 102 pp. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139829/Propuestas-de-mejora-de-la-utilizacion-efectiva-en-base-a-disponibilidad-de-la-flota-de-carguio.pdf>

- BOTERO, C. Manual de mantenimiento, parte I. *En: Botero, C. Manual de mantenimiento.* Bogotá, 1993. pp. 35 - 37. ISBN: 9688801267.
- BUELVAZ, C y MARTINEZ, K. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.* Tesis (Ingeniero Mecánico). Barranquilla. Universidad Autónoma del Caribe, 2014. 72 pp.
- CALDERÓN, N. (2014). *Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado.* Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014. 56 pp. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2020]. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/Calderon_qn.pdf
- CAMPBELL, J. *Manual de confiabilidad.* Ontario: Pricewaterhousecoopers LLP, 1999. 26 pp. ISBN: 0-8247-0497-5.
- CASTILLO, F. *Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L.* Tesis (Título Ingeniero Industrial). Moquegua: Universidad César Vallejo, 2016. 21 pp. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/castillo_chf%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/castillo_chf%20(1).pdf)
- CHAU, L. *Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería.* Tesis (Magister en Ingeniería). Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 18 pp. [Fecha de consulta: 06 de noviembre de 2020]. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf
- CÓRDOVA, G. *Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción gerencia mina, división ministro Hales Codelco*

- Chile. (Magister en Ingeniería). Santiago: Universidad de Chile, 2017. 43 pp. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145967/Mejoramiento.pdf?>
- CORNEJO, D y ZEBALLOS, L. Evaluación de daños estructurales en largueros de chasis de flota camiones Caterpillar 789. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa. Universidad Católica Santa María, 2013. 198 pp.
- CORONADO, J. Análisis de modos y efectos de Fallas a los equipos críticos de la sierra Wagner KM-44 de Colada en C.V.G VENALUM. Tesis (Magister en Ingeniería Mecánica). Caracas. Universidad Simón Bolívar, 2007. 234 pp.
- ESCAMILLA, M. *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto*. (Curso de tecnología minera). D.F. México: Instituto Tecnológico de Colima, 2014. 75 pp. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>
- FLORES, A. *El mantenimiento de equipo para la minería*. USA: Caterpillar Americas, 1998.
- FRANCO, I. *Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF): Una alternativa para la Gerencia de Riesgos*. Monografias.com [en línea]. Junio, 2010. [fecha de consulta: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos82/analisis-modos-efectos-fallos/analisis-modos-efectos-fallos2.shtml>
- GALINDO, O. Análisis estratégico de mantenimiento con CMD en flota de camiones 793D Caterpillar de la mina Pribbenow de Drummond. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Medellín. Universidad EAFIT, 2014. 90 pp.

GARCÍA, S. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. Madrid:

Renovetec, 2008. 39 pp. Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>

GÓMEZ, G. (2017). *Disponibilidad de Equipos Auxiliares para Optimizar la Productividad*

en el Carguío y Acarreo de las Fases 01,03 y 07 del Tajo Constancia Empresa Especializada Stracon Gym S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Cusco: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2017. 47 pp. [Fecha de consulta: 03 de noviembre de 2020]. Disponible en: repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3252

HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. *Metodología de la Investigación*.

D.F. México: McGRAW-HILL, 2014. 105 pp. [Fecha de consulta: 03 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

HICKSON, L., MORATA, T., y WONG, L. *The IJA System for Systematic Reviews: "The*

Whys and Hows". Artículo Científico. Queensland: The University of Queensland, 2017. 69 pp. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5506803>

MALDONADO, H., y SIGÜENZA, L. *Propuesta de un plan de mantenimiento para*

maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. Tesis (Ingeniero Mecánico Automotriz). Cuenca: Universidad Salesiana Politécnica, 2012. 35 pp. [Fecha de consulta: 02 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>

MARCA, C. *Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y*

Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA. Tesis

(Ingeniero de Minas). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre, 2014. 32 pp.

[Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/567>

MARTÍNEZ, A. *Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha*. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. 88 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/Tesis+Mart%C3%>.pdf

MAURICIO J. *Mejoramiento Continuo en la Gestión del Ciclo de Acarreo de Camiones en Minería a Tajo Abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca*. Tesis (Magister en Ciencias). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en: cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2181

MERMA, J. *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM2) en las palas hidráulicas PC4000-6 KOMATSU para el incremento de la disponibilidad*. Trabajo de suficiencia (Ingeniero Mecánico Electricista). Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. 238 pp.

MORA, L. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. D.F. México: AlfaOmega, 1999. 214 pp. ISBN: 84-89876-88.

MORENO, G. *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*. Trabajo de Grado (Título de Ingeniero Mecánico). Anzoátegui. Universidad de Oriente 2009. 134 pp.

MORENO, L. *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para la planta de mecanizado de industrias TANUZI S.A. basado en Análisis de criticidad y Análisis*

de modo y efecto de falla (FMEA). Tesis (Ingeniero Industrial) de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2005. 341 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://noesis.uis.edu.co/handle/123456789/17484>.

MOUBRAY, J. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. 3.º ed. Leicestershire: Aladon Ltd, 2004. 446 pp. ISBN: 09539603-2-3.

MUÑOZ, F. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipo crítico en área zona intermedia ENAP refinerías Aconcagua*. Tesis (Ingeniero Industrial). Viña del Mar: Universidad Técnica Federico Santa María, 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/39962/?&isAllowed=y>

PAREDES, C. *Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3*. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 116 pp.. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/859>

PÉREZ, E. *Diseño de plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad del tractor CAT-D8T de ICCGSA en Toromocho*. Tesis (Ingeniero Mecánico). Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. 179 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/182>.

PEZANTES, A. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de una planta procesadora de camarón*. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del litoral, 2007. 94 pp. [Fecha de consulta:

25 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13353>.

RODRÍGUEZ, D. *Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento*.

(Tesis de pregrado). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2013. 81 pp.

[Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://repositorio.uc.cl/bitstream.608607.pdf>

RODRÍGUEZ, M. *Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca*. Tesis

(Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2013. 63 pp.

[Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en:

<repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CM%20Angel.pdf>

SILVESTRE, R. *Optimización de Flota de Camiones Aplicando Programación Dinámica - Mina Corihuarmi*. Tesis (Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional de

Ingeniería, 2015. 36 pp. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2020]. Disponible en:

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman_sr.pdf

SOTO, C. *Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial*. Tesis (Ingeniero de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del

Perú, 2016. 39 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en:

tesis.pucp.edu.pe/./SOTO_VILCA_TARAZONA.

TORRES, A. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60"x113" de minera Chinalco*. Tesis (Ingeniero

Mecánico). Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. 142 pp.

[Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3681>.

TUESTA, J. *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa OBRAINSA*. Tesis (Ingeniero Mecánico). Callao. Universidad Nacional del Callao, 2014. 221 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/257>.

VALDES, J., y ZEQUEIRA, R. *Teoría de la confiabilidad*. La Habana: ISCTN, 1998. 87 pp.

VALDEZ, J. *Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en Uchucchacua*. Tesis (Magister en Ingeniería Mecánica). Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. 120 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3937>.

Vargas, E., & Hermoza, A. *Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera*. Artículo Científico. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2014. 98 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uiqv.edu.pe/bitstream.pdf>.

VILLEGAS, J. *Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa MANFER S.R.L. contratistas generales, Arequipa*. Tesis (Ingeniero Industrial). Arequipa. Universidad Católica San Pablo, 2016. 330 pp. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/UTP/1930/1/Jose%20.pdf>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Guía de entrevista al supervisor de mantenimiento

Se aplicó la guía de entrevista para diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento de camiones mineros, se realizó al supervisor de mantenimiento de camiones.

1. ¿Cuál es la falla más recurrente que se presentan en los camiones mineros?
.....
2. ¿Cuál cree que es la causa de la falla más recurrente en camiones mineros?
.....
3. ¿Quiénes son los profesionales encargados de dar mantenimiento a los camiones mineros y que técnicas manejan?
.....
4. ¿En cada mantenimiento realizan cambio de algún tipo de repuesto?
.....
5. ¿Cuánto tiempo emplean para hacer un mantenimiento de un camión minero?
.....
6. ¿Qué piezas del camión minero se malogran con frecuencia?
.....
7. ¿Cuentan con un plan de mantenimiento preventivo?
.....
8. ¿Existen manuales de mantenimiento de camiones mineros?
.....
9. ¿Realiza capacitaciones al personal en cuanto a innovaciones en mantenimiento de camiones mineros?
.....
10. ¿Qué metodología propone para mejorar el mantenimiento de los camiones mineros?
.....

ANEXO n.º 2. Características de los equipos

- Equipos de carguío

El carguío constituye una de las etapas del proceso de explotación, se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. Los equipos utilizados en esta área productiva son:

- Cargador de Ruedas Caterpillar 994D: en la mina este equipo se utiliza netamente para el carguío del mineral en camiones mineros, y llega a cargar 14 m^3 de material. La empresa cuenta con dos de estos equipos.



Figura 60. Cargador de ruedas CAT994D.

En la figura 4, se muestra el cargador CAT994D cargando material mineralizado a un camión minero dentro del tajo de explotación.

- Cargador frontal LET L2350: Es el más grande Cargador Frontal sobre Ruedas en minera, con una potencia de 2300 HP (1715 KW) y una capacidad de la cuchara de 53 yd^3 equivalente a $40,52 \text{ m}^3$. Su gran altura de carga asegura un centro de carga de camiones de transporte de carga útil con capacidades de 320 a 400 toneladas.



Figura 61. Cargador LET L2350 en mina.

En la figura 5, se muestra el cargador LET L2350, en minera se utiliza para cargar los camiones con material mineralizado y para desquinchar material después de la voladura. La empresa cuenta con tres de estos equipos.

- Pala hidráulica PH4100XPC: utilizado por su alto nivel de producción y bajo costo. Tiene una capacidad nominal del balde de 52.8 a 61.2 m³, ideal para camiones de carga de 218 a 363 tm.



Figura 62. Pala PH4100XPC en mina.

En la figura 6, se muestra la pala PH4100XPC, el cual es ideal para cargar camiones de acarreo de clase ultra. Las características de la pala 4100XPC

incluyen el diseño novedoso para maximizar la disponibilidad de la máquina y la producción del equipo. La empresa cuenta con dos de estos equipos.

- Cargador Caterpillar 994F: Este modelo transporta 45 toneladas métricas (40,8 ton), cuenta con un motor Cat 3516E produce una potencia neta de 1739 hp (1297 kW), cuenta con modulación de la tracción, del 100 al 25 %, lo que reduce la posibilidad de que las ruedas patinen sin perder la capacidad hidráulica. La empresa cuenta con dos de estos equipos dentro de sus operaciones.



Figura 63. Cargador CAT994F en mina.

En la figura 7, se muestra el equipo CAT994F el cual es usado para cargar los camiones que transportan el mineral.

- Pala Bucyrus BE495B1: este equipo cuenta con un balde de 61200 kilos, son eléctricas cuya potencia se obtiene de tendidos de alta tensión exclusivamente 7200 voltios, además están compuestas de varias transmisiones mayores, donde cada una de estas son una gran caja reductora, reducen la velocidad de giro que entrega el motor eléctrico.



Figura 64. Pala BE495B1 en mina.

En la figura 8, se muestra la pala encargada del carguío y desquinche de frentes de voladura en la mina y cuenta con cuatro de estos equipos. La empresa cuenta con cuatro de estos equipos.

- Equipos de acarreo

Se refiere al transporte de material mineralizado, en mina se utilizan grandes camiones mineros para incrementar la productividad del proceso, la cantidad de equipos de acarreo se especifican en la tabla 5.

Tabla 21
Equipos empleados en el acarreo de mina.

Flota / equipo	Código	Marca	Modelo	Capacidad (tons)	Cantidad de equipos
CAT 793F	CHT074	Catpillar	793F	240	18
KOM930E4SE	CHT079	Komatsu	930E-4SE	320	92

Fuente: Elaboración propia, (2019)

- Camión minero CAT793F: este equipo sirve para transportar mineral y escombros, y fue elegido por la empresa porque tiene el menor coste por unidad de producción. La capacidad de carga máxima de este equipo es 226.8 tons, el modelo del motor es C175-16 Cat, el peso en orden de trabajo es 386,007 Kg.



Figura 65. Camión CAT793F en mina.

En la figura 9, se muestra el camión utilizado en el acarreo de mina, el cual se encuentra en el taller de mantenimiento debido a la ocurrencia frecuente de fallas.

- Camión minero Komatsu 930E-4SE: Es un camión tolva, para uso fuera de carretera, con Mando Eléctrico AC. El peso bruto del vehículo es de 1.100.000 lbs 498.960 kg. El motor es un Komatsu SSDA16V160 de capacidad nominal 2014 kW.



Figura 66. Camión Komatsu 930E-4SE.

En la figura 10, se muestra el camión Komatsu 930E en mantenimiento o reparación utilizado en las labores de acarreo de mina.

- **Equipos de perforación**

Realizan la operación con la finalidad de abrir huecos en el macizo rocoso, con una distribución y geometría adecuada, en donde se alojarán cargas explosivas.

En minera solo se cuenta con un equipo que es la perforadora Bucyros BE49R3 mostrada en la figura 11.



Figura 67. Perforadora Bucyros BE49R3 en mina.

En la figura 11, se muestra la perforadora BE49R3 antes de iniciar sus labores de perforación para que luego se cargue la malla de voladura.

- **Equipos auxiliares**

Están compuestos, por equipos de línea amarilla CAT, que realizan tareas de acondicionamiento, mantenimiento de vías, desquinche de voladura, carguío de equipos, entre otras actividades descritas en la tabla 6.

Tabla 22

Listado de equipos auxiliares de minera.

Equipo	Modelo de equipo	Marca	Cantidad	Descripción
Cargador	992G	CAT	1	Utilizado en mantenimiento de vías
Camabaja	777D3	CAT	1	Utilizado para transporte de equipos
Cargador	988F1	CAT	1	Mantenimiento de vías y acondicionamiento de frentes de explotación.
Cargador	988F2	CAT	1	
Cargador	924H	CAT	1	
Cargador	966G	CAT	2	
Tractor oruga	D11R	CAT	2	
Tractor oruga	D10T	CAT	2	Acondicionamiento de desmonte
Motoniveladora	24H	CAT	2	Mantenimiento de vías y acondicionamiento de frentes de explotación.
Tractor con rueda	834B	CAT	4	Mantenimiento de vías
Tractor oruga	D11T	CAT	3	Acondicionamiento de desmonte
Camabaja	777D1	CAT	2	Utilizado para transporte de equipos
Cargador	924F	CAT	4	Para realización de mallas de voladura
Motoniveladora	24M	CAT	4	Mantenimiento de vías
Cargador	854K	CAT	1	Mantenimiento de vías
Excavadora	390DL	CAT	1	Desquinche de material de voladura.
Excavadora	330CL	CAT	8	
Tractor oruga	D10R	CAT	2	Acondicionamiento de desmonte
Excavadora	330BL	CAT	2	Desquinche de material de voladura.
Excavadora	375L	CAT	2	Desquinche de material de voladura.
Motoniveladora	16H	CAT	3	Mantenimiento de vías.
Excavadora	385CL	CAT	4	Desquinche de material de voladura.
Cargador	426C	CAT	1	Mantenimiento de vías.
Tractor	D8R	CAT	2	Mantenimiento de vías y acondicionamiento de frentes de explotación.
Motoniveladora	14H	CAT	1	Mantenimiento de vías.
Rodillo	CS533C	CAT	1	
Rodillo	CS533D	CAT	2	

Fuente: Elaboración propia, (2019).