



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

REPARACIÓN DE MOTORES DE ALTA POTENCIA

PRESENTADO POR

BACHILLER REINALDO ALONSO ALPACA CHÁVEZ

ASESOR

MGR. YURY VÁSQUEZ CHARCAPE

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

MOQUEGUA-PERÚ

2023

CONTENIDO

	Pág.
PAGINA DE JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DEL TEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción de la empresa.....	2
1.2.1 Estructura orgánica.....	3

1.2.2	Productos y servicios	4
1.3	Contexto socioeconómico	7
1.4	Descripción de la Experiencia	8
1.5	Explicación de cargos.....	8
1.6	Propósito del cargo	11
1.6.1.	Coordinación de las reparaciones de motores de alta potencia.....	11
1.7	Producto o propósito que será objeto el informe.....	12
1.7.1.	Objetivo General	12
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	12
1.8	Resultados concretos alcanzados en el periodo de tiempo.....	13
CAPÍTULO II		14
FUNDAMENTACION		14
2.1.	Integración de la teoría y la práctica en el desempeño laboral.....	14
2.1.1.	Motores de Combustión interna	14
2.1.2.	El Mantenimiento	24
2.2.	Descripción de las acciones, metodología y procedimiento.....	34
2.2.1.	Elaboración del programa de overhaul.	34

CAPÍTULO III.....	37
APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS.....	37
3.1. Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridas durante la carrera.....	37
3.2. Desarrollo de experiencias	56
3.2.1. Reparación de motor Cummins por falla puntual o catastrófica....	56
3.2.2 Envío del motor.....	57
3.2.3. Elaboración de plan de desarmado de motor	58
3.2.4. Evaluación de componentes.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
Conclusiones	71
Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
APÉNDICES.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. RELACIÓN DE COMPRESIÓN DE MOTORES	24
TABLA 2 . TOLERANCIAS DE EXCENTRICIDAD MÁXIMA	45
TABLA 3. TOLERANCIAS DE DIÁMETROS DE GUÍAS DE VALVULA	46
TABLA 4. CARACTERISTICAS DEL MOTOR POR FALLA PUNTUAL	57
TABLA 5. PLAN DE DESARMADO DEL MOTOR.....	59
TABLA 6. PLAN DE ACTIVIDADES II DESARMADO DEL MOTOR.....	60
TABLA 7. EVALUACIÓN DE COMPONENTES	61
TABLA 8. DATA CENSE CON CÓDIGO DE FALLA 143	63
TABLA 9. DATA CENSE CON CÓDIGO DE FALLA 611	64
TABLA 10. DATA QUANTUM CON CÓDIGO DE FALLA 415 Y 143	65
TABLA 11. DATA QUANTUM CON ESTADO DE FALLA 143.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO	29
FIGURA 2. COSTO DEL MANTENIMIENTO.....	31
FIGURA 3. MODELO CLÁSICO DEL MANTENIMIENTO	32
FIGURA 4. EMBALAJE PARA ENVÍO DEL MOTOR	40

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
APÉNDICE A. ORGANIGRAMA GRAN MINERÍA CUMMINS PERÚ.....	77
APÉNDICE B. FLUJO DE ELABORACIÓN DE PROGRAMA DE OVERHAUL.....	78
APÉNDICE C. SOLICITUD DE SERVICIO DE MOTOR POR OVERHAUL.....	79
APÉNDICE D. LISTA DE CHEQUEO DE RECEPCIÓN DE MOTOR.....	80
APÉNDICE E. EVALUACIÓN DEL MOTOR POR OVERHAUL.....	82
APÉNDICE F. PRESUPUESTO DE REPARACIÓN POR OVERHAUL	103
APÉNDICE G. REPORTE DE ARMADO DE MOTOR POR OVERHAUL	105
APÉNDICE H. REPORTE DE PRUEBA DEL DINAMÓMETRO	108
APÉNDICE I. SOLICITUD DEL SERVICIO DE MOTOR POR FALLA.....	109
APÉNDICE J. PLAN DE ACCIÓN DEL DESARME DE MOTOR	110
APÉNDICE K. INFORME DE EVALUACIÓN DEL MOTOR	111
APÉNDICE L. REPORTE DE ARMADO DE MOTOR POR FALLA.....	133
APÉNDICE M. REPORTE DE PRUEBA DE MOTORES QSK78 -2S	136

RESUMEN

Las empresas productivas requieren gestión del mantenimiento para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos y maquinarias con la finalidad de proseguir con los procesos productivos y mantener los flujos de producción, los márgenes de ganancias y la disminución de la parada y los arranques en los procesos productivos. El propósito del trabajo de suficiencia profesional fue describir el proceso de reparación de motores de alta potencia en una empresa del sector minero, se identificaron los procesos del área de mantenimiento y el programa de overhaul para motores de la gran minería desarrollado por la empresa distribuidora Cummins Perú que desarrolla actividades de venta y reparación de maquinaria y equipos. Se ha utilizado como técnica el estudio de caso de reparación de motores por falla puntual o catastrófica, a partir de la evaluación se desarrolla el plan de reparación del motor; diagnóstico, presupuesto, desarmado, armado y la prueba del dinamómetro del motor en las instalaciones de la empresa distribuidora. Los procesos de reparaciones por falla involucran directamente a la fábrica por la garantía otorgada a los componentes después de la reparación general u overhaul de los motores, la fábrica reconoce la reposición de los componentes directamente comprometidos por alguna falla de producto, el taller de reparaciones entrega la garantía por la reparación del motor y de componente instalado, el área de Soporte de Garantías, realiza las investigaciones necesarias para determinar el origen de la causa raíz de cada falla presentada en los motores.

Palabras clave: Reparación, motores de alta potencia, mantenimiento.

ABSTRACT

Productive companies require maintenance management to guarantee the availability, reliability and operability of equipment and machinery in order to continue with production processes and maintain production flows, profit margins and the reduction of stops and starts in production processes. The purpose of the technical report was to describe the process of repairing high-power engines in a company in the mining sector, the processes of the maintenance area and the overhaul programs for large-scale mining engines developed by the distribution company Cummins Peru were identified. That develops activities of sale and repair of machinery and equipment. The case study of engine repair due to punctual or catastrophic failure has been used as a technique, from the evaluation, the engine repair plan is developed; diagnosis, budget, disassembly, assembly and the test of the engine dynamometer in the facilities of the distribution company. The repair processes due to failure directly involve the factory for the guarantee granted to the components after the general repair or overhaul of the engines, the factory recognizes the replacement of the components directly compromised by a product failure, the repair shop delivers the guarantee for the repair of the motor and installed component, the Guarantee Support area, performs the necessary investigations to determine the origin of the root cause of each fault presented in the motors.

Keywords: Repair, high power motors, maintenance.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de suficiencia profesional tiene como finalidad detallar las labores realizadas durante nuestra experiencia laboral en el área de gran minería en la Empresa Cummins Perú S.A.C. en el cargo de coordinador de reparaciones de motores de alta potencia, en el desempeño profesional nuestro desarrollo fue la rama de la mecánica, especialmente los equipos y motores de gran minería; motores de alta potencia.

La gran minería requiere gestionar los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo para la disponibilidad de los equipos y componentes, por ello abordaremos el proceso de reparaciones de motores de alta potencia; QSK60 Y QSK78 de los camiones Komatsu en sus modelos 930-E y 930-SE.

En el trabajo de suficiencia profesional se explica el proceso de reparación de motores de alta potencia por overhaul o por falla puntual de los equipos de los clientes mineros a nivel nacional, está diseñado para comprender el tema uniendo los aspectos teóricos con el manejo práctico en una empresa del rubro en el país así:

Capítulo I, corresponde a los aspectos generales de la empresa, detallando aspectos estructurales, organizativos, los cargos ejercidos, el propósito de nuestra intervención, así como los resultados concretos de la experiencia.

Capítulo II, En la fundamentación se han incorporado aspectos de la revisión del estado del arte de motores de combustión interna, el funcionamiento de los motores, la gestión del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, así como

detallar la organización y funcionamiento de la empresa para el proceso de Overhaul de motores.

Capítulo III, Aportes y desarrollo de experiencias se muestran un caso puntual de reparaciones mediante el programa de Overhaul desde la evaluación del motor, plan de reparaciones que incluye el presupuesto, armado, desarmado hasta la prueba final, con la representación gráfica de los resultados para mostrar con evidencias la evaluación inicial del motor, las fallas, el proceso de reparación y el estado final para su incorporación al proceso productivo.

Asimismo, se presentan las conclusiones y recomendaciones en acápite aparte.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1 Antecedentes

En 1919, en Columbus, Indiana, se creó Cummins Inc., empresa dedicada a la fabricación, distribución y servicios de mantenimiento a motores, sistemas de combustible, generación de energía eléctrica. Actualmente cuenta con sucursales en diversos países del mundo, más de 600 distribuidores propios e independientes en 7,200 puntos de atención global. (Cummins Perú, 2015).

La empresa ha consolidado su liderazgo global en la industria energética y es el fabricante más importante de motores diésel de gran potencia, diseña y fabrica sistemas de combustible, filtración, soluciones de emisión y sistemas electrógenos, dirigidos a diversos sectores de la producción minera, energética, marítima.

En nuestro país, los productos Cummins eran distribuidos por Mitsui maquinarias Perú, luego fueron absorbidos por Komatsu Perú al adquirir el 40% de la participación de Mitsui maquinarias, fortalecieron y posicionaron los productos en el mercado peruano especialmente los motores Cummins.

En el año 2011, se forma Distribuidora Cummins Perú SAC. Empresa subsidiaria de Komatsu que ofrece servicios a maquinarias que usen motores Cummins. Con ello se buscaba fortalecer el desarrollo de diferentes sectores productivos en el país, a través de soluciones integrales de alto impacto y valor. Por otro lado, buscaba exceder las expectativas de servicio post venta, básicamente enfocados en aquellos sectores productivos como la minería construcción y energía en diferentes ámbitos geográficos y económicos, con prioridad en la seguridad, respeto por el medio ambiente y las aspiraciones de diferentes grupos de clientes (Cummins Perú, 2015).

1.2 Descripción de la empresa

Distribuidora Cummins Perú S.A.C., oferta servicios a diferentes sectores productivos de la minería, construcción y energía mediante acciones estandarizadas y certificadas con altos estándares internacionales en motores Diesel, repuestos, alquiler de equipos y maquinarias, soporte en campo, generando soluciones integrales a las diversas necesidades de los clientes en todo el país. Por ello su misión es contribuir al desarrollo del país mediante el incremento de la productividad de los sectores industriales con productos y servicios innovadores (Cummins Perú, 2015).

Los aspectos más resaltantes de la empresa son las siguientes:

- **RUC:** 20543725821
- **Razón Social:** DISTRIBUIDORA CUMMINS PERU S.A.C
- **Web:** <https://www.cumminsperu.pe>
- **Tipo:** S.A.C
- **Inicio de funcionamiento:** 04 / Julio / 2011
- **Rubro y/o Actividades:** Venta Partes, Piezas, Accesorios.
- **CIIU:** 50304

Ubicada en la Avenida Argentina 4453 Provincia del Callao, tiene cinco sucursales en el interior del país, el portafolio de los servicios está respaldado por las certificaciones internacionales de calidad; **ISO 9001, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004.**

1.2.1. Estructura orgánica.

Distribuidora Cummins, mantiene una estructura híbrida, con una gerencia comercial en la sede central en la ciudad de Lima que además asume los productos de los sectores marítimos y de construcción, la otra gerencia comercial para las sucursales de provincias que congrega a todas las gerencias del interior del país. Por otro lado, ambas gerencias cuentan con gerencias para el sector minería y el sector energía. También cuentan con gerencia de operaciones y gerencia de servicios, ambas dependen de la gerencia general. Apéndice A. (Cummins Perú, 2015).

1.2.2. Productos y servicios.

Los productos y servicios ofertados por Cummins a diferentes sectores productivos del país deben ser atendidos por la distribuidora oficial y generar nuevos productos innovadores acordes a las necesidades de los clientes mineros, marítimos o energéticos (Cummins Perú, 2015).

1.2.2.1. Venta de motores y generadores.

Se ofrecen una gran variedad de motores de combustión interna para diferentes sectores de la industria minera, construcción, marino, industrial y automotriz, es de destacar los motores que tienen potencia desde 100Hp hasta los 3500 Hp. Asimismo, se ofrecen generadores desde 5 Kw hasta los 2500 Kw de potencia (Cummins Perú, 2015).

1.2.2.2. Venta de repuestos.

Es el rubro más importante de la empresa, para ello despliega información oportuna con la finalidad de contar con los repuestos a tiempo y satisfacer a nuestros clientes con la disponibilidad y accesibilidad de nuestros productos para reparar de manera inmediata las fallas en los equipos y disminuir el tiempo de parada de los equipos destinados a la producción. Cuenta en sus almacenes con una gran variedad de repuestos y componentes originales para los motores Cummins con la garantía de repuesto genuino y amplio soporte posventa en todas las sucursales del (Cummins Perú, 2015).

1.2.2.3. Servicio técnico post venta.

Distribuidora Cummins Perú, ha logrado constituir un gran equipo técnico, equipamiento, herramientas para efectuar las reparaciones de los motores que comercializa, con la finalidad de asegurar la productividad de las operaciones de la industria, se ofrecen los servicios siguientes:

CRDM, Centro de reparación de motores Diésel de alta potencia de 600 a 3500 HP.

CRDM, centro de reparación de motores Diésel de mediana y baja potencia de 100 a 600 HP.

Taller de servicio automotriz, para el servicio rápido de motores automotrices.

Laboratorio Diésel, para la prestación de servicio en componentes claves del sistema de combustible.

Taller servicio generación, que se encarga del servicio de reparación de equipos generadores de energía.

Se denota que la venta de motores es el servicio a partir del cual giran todos los demás servicios, tanto la venta de repuestos, así como la reparación de motores, la venta de los motores incide en el volumen de repuestos que se venden debido a que el propietario de una unidad puede decidir la compra luego de verificar la disponibilidad de repuestos en el mercado, así como el servicio de reparación y mantenimiento oportuno de los equipos (Cummins Perú, 2015).

La venta de repuestos ocupa el primer lugar en las actividades comerciales de la empresa conjuntamente con el servicio pos venta en el tercer lugar, sin embargo, es el área que dinamiza la venta de repuestos y el servicio de reparación y mantenimiento de motores. Por otro lado, el servicio posventa de reparación de

motores atienden motores de tres categorías, los motores de rango medio son los que se atienden con mayor frecuencia, seguido de los motores de alta potencia que son las de mayor impacto en ventas (Cummins Perú, 2015).

1.2.2.4. Clientes.

Los diversos sectores de la economía cuentan con clientes de Cummins Perú, en el sector minero se cuentan con las siguientes opciones:

a. Contratos

Están orientados a servicios integrales de repuestos y mano de obra especializada certificada por la entidad y desarrollan actividades en diferentes operaciones de la industria mediante convenios a costo fijo y determinado (Cummins Perú, 2015).

b. Respaldo de componentes menores de recambio

En las instalaciones de los talleres especializados se realizan diferentes actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y recuperativo con el respaldo de calidad de las certificaciones de los procesos que abarca una gran oferta de servicios y productos acordes a las necesidades de la industria (Cummins Perú, 2015).

c. Contrato de Mantenimiento y Reparación

En los talleres de la empresa se realizan mantenimientos y reparaciones estipuladas en los contratos mediante compromisos a tarifas fijas, dichos trabajos son realizados con estrictos estándares de calidad a costos menores debido a los programas de optimización y gestión de operaciones altamente eficaces en tiempo y costos, asumidos por los técnicos certificados por Cummins Perú.

d. Asistencia Técnica

La gran industria tiene en Cummins un aliado para brindar asistencia técnica especializada en los productos que ofertamos en el mercado nacional mediante la disponibilidad de técnicos certificados en programas de mantenimiento preventivo y correctivo, evaluaciones de emergencia, asesoramiento al personal del área de mantenimiento de nuestros clientes.

1.3. Contexto socioeconómico

Distribuidora Cummins Perú S.A.C., tiene su sede principal en la capital del Perú y once sucursales en ciudades importantes del país; Piura, Loreto, Cajamarca, Tarapoto, Chimbote, Trujillo, Pucallpa, Tacna, Cuzco, Arequipa e Ilo. Los clientes más importantes son; Southern Perú Copper Corporation Cuajone, Southern Perú Copper Corporation Toquepala, Cerro Verde, Las Bambas, Antamina, Bayóvar y Barrick Lagunas Norte.

Dedicados al rubro de venta de maquinaria, servicios post venta, reparaciones y venta de repuestos, tienen ingresos superiores a los 20,400 millones de dólares con utilidades que superar los 1,000 millones de dólares, ofrece soluciones y servicios postventa al sector minería y construcción, venta y servicio de maquinaria para la gran minería, motores, generadores de energía, es el fabricante más grande de motores diésel superiores a 50 HP. (Cummins Perú, 2015).

1.4. Descripción de la Experiencia

El coordinador de reparaciones de motores de alta potencia es un elemento clave en el proceso de reparaciones, es el eslabón más importante entre el cliente y la empresa, está inmerso en todas las etapas del proceso de evaluación y reparación del motor, desarrolla funciones técnicas de alta especialización (Cummins Perú, 2015, p.16).

1.5. Explicación de cargos

1.5.1. Gerente general.

Cumple con las proyecciones de ventas de servicios y repuestos a nivel nacional.

Atiende las necesidades de los clientes mineros, trabajando en mejorar la disponibilidad y confiabilidad de motores.

Cumple con la proyección de ventas de motores indicados por fábrica.

Genera un buen clima laboral (Cummins Perú, 2015).

1.5.2. Gerente de minería.

Responsable de las operaciones mineras de norte y sur.

Responsable del cumplimiento de la proyección de venta de servicios y reparaciones de motores en todas las operaciones mineras.

Jefe directo de los gerentes de zona norte y sur.

Jefe directo de coordinador de reparaciones de motores de alta potencia.

Reporta directamente al gerente general (Cummins Perú, 2015).

1.5.3. Gerente de operaciones zona sur.

Responsable de las operaciones mineras del sur; Cerro verde, Cuajone, Toquepala, Shougang y Constancia.

Encargado de cumplir con la proyección de venta de servicios de media vida, calibración de inyectores y válvulas de los motores en mina.

Responsable de negociar con sus clientes las reparaciones de los motores por overhaul (Cummins Perú, 2015).

1.5.4. Gerente de operaciones zona norte.

Responsable de las operaciones mineras del norte; Antamina, Barrick, Bayovar, Bambas, Antapaccay.

Encargado de cumplir con la proyección de venta de servicios de media vida, calibración de inyectores y válvulas de los motores en mina.

Responsable de negociar con sus clientes las reparaciones de los motores por overhaul (Cummins Perú, 2015).

1.5.5. Coordinador de reparaciones de motores de alta potencia.

Encargado de la elaboración de la proyección de reparaciones de motores de todas las operaciones mineras a nivel nacional.

Responsable directo del cumplimiento de proyección de reparaciones.

Encargado de coordinar con clientes los envíos de motores, así como de facilitar el estatus de reparación de motores a cada cliente.

Reporta directamente a gerente general y a gerente de minería (Cummins Perú, 2015).

1.5.6. Jefe de proyectos.

Encargado de la operación o proyecto designado y todas las coordinaciones con el cliente previas a los trabajos.

Responsable de cumplir con su proyección de venta de servicios en la operación designada.

Responsable directo de disponibilidad, confiabilidad de la flota de motores a cargo.
Reporta directamente a gerente de minería zona norte o sur (Cummins Perú, 2015).

1.5.7. Gerente de Servicios.

Responsable de cumplir la proyección de venta de servicios por reparación de motores de alta potencia y mediano rango. Jefe directo de Subgerente de MRC.

Encargado de realizar las reparaciones con altos estándares de calidad (Cummins Perú, 2015).

1.5.8. Sub-gerente de MRC.

Responsable de todas las reparaciones del taller MRC de alta potencia y mediano rango.

Responsable directo de cumplir con la proyección de reparaciones de motores anuales.

Responsable de los estándares de calidad en las reparaciones y evitar reparaciones por garantía.

Jefe directo de supervisores de armado y desarmado (Cummins Perú, 2015).

1.5.9. Supervisor de desarmado.

Responsable del lavado de motor y despiezado de todo el motor para evaluación.

Responsable de la evaluación de todo el motor y componentes periféricos.

Responsable de emitir el informe de evaluación y de generar el listado de repuestos para el armado (Cummins Perú, 2015).

1.5.10. Supervisor de armado.

Responsable del armado de motor bajo los estándares de calidad de Cummins Perú.

Responsable de la evaluación de todo el motor y componentes periféricos.

Responsable de realizar la prueba dinamométrica de motor.

Responsable de emitir el informe de armado y prueba dinamométrica de motor (Cummins Perú, 2015).

1.5.11. Gerente de PSG (product support group).

Responsable del área de investigación de fallas de motores y actualización de mejoras de motores.

Interactúa con fábrica Cummins Inc. en la resolución de falla catastróficas e identificación de causas raíz de fallas.

Jefe directo de jefe de análisis de falla. (Cummins Perú, 2015).

1.5.12. Jefe de análisis de fallas.

Responsable de la investigación de fallas de motores de garantías.

Responsable de emitir el informe que será sustentado ante el cliente en casos de falla catastrófica o falla puntual.

Encargado del soporte técnico a operaciones mineras (Cummins Perú, 2015).

1.6. Propósito del cargo

1.6.1. Coordinación de las reparaciones de motores de alta potencia.

Elaboración del programa de overhaul de las distintas faenas minera a nivel nacional.

Lograr la precisión del programa de overhaul para el año en base al TFB y/o horas operadas (motores programados)

Facturación y entrega de motores que ingresan por Overhaul y fallas a DCP.

Entrega semanal del estado de reparaciones en el MRC, sus respaldos y comentarios de manera oportuna a todos los clientes y equipo DCP.

Presenta los indicadores, acciones de control y reporte de garantías como políticas semanales.

Coordina las reparaciones de motores de alta potencia del sector minero de las distintas faenas a nivel nacional.

Monitorea las horas de motores y consumos de combustible quemado (TFB).

Elabora el BUDGET Y FORECAST del área de gran minería.

Cumple con la cantidad de motores mensual.

Cumple con la programación financiera mensual (Cummins Perú, 2015).

1.7. Producto o propósito que será objeto el informe

1.7.1. Objetivo General.

Describir las etapas del proceso de reparación de motores y el programa Overhaul del servicio Master Rebuild Center (MRC) en la Empresa Distribuidora Cummins Perú SAC.

1.7.2. Objetivos Específicos.

Describir los lineamientos y procedimientos de Cummins Inc. para el proceso de reparación de motores de alta potencia acordes a los estándares de calidad.

Describir los protocolos profesionales y técnicos aplicados durante el proceso de reparación de motores de alta potencia por fallas puntuales.

Describir los procedimientos técnico- administrativos del proceso de reparación de motores de alta potencia.

1.8. Resultados concretos alcanzados en el periodo de tiempo

La gran minería requiere equipos y componentes disponibles y operativos, por ello el mantenimiento correctivo tiene gran importancia para la operatividad de los procesos productivos mineros, las empresas del rubro tienen la responsabilidad de mantener los equipos operativos, en este marco desarrollan el proceso de reparaciones de motores de alta potencia Cummins, en todas sus etapas desarmado y evaluación, elaboración de presupuestos, armado de motor y pruebas de dinamómetro esto en cuanto a una reparación general ya por horas de trabajo, pero también tenemos reparaciones puntuales por problemas de falla las cuales requieren una evaluación más exhaustiva para determinar la causa raíz de la falla, para lo cual tomaremos como referencia motores QSK60 Y QSK78 de la amplia gama de motores que se tienen en minería estos motores en la actualidad se encuentran corriendo en los camiones Komatsu en sus modelos 930-E y 930-SE.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACION

2.1. Integración de la teoría y la práctica en el desempeño laboral

El conocimiento teórico de la ingeniería mecánica en la gestión del mantenimiento, permite establecer planes de mejora para abordar los diversos problemas del mantenimiento de la maquinaria en la gran minería así se establecen planes de mantenimiento para cada equipo y maquinaria destinada a los procesos productivos, a ello se suman los conocimientos del funcionamiento de motores destinados a estos equipos mineros, con la finalidad de desarrollar nuestra experiencia laboral, se han revisado aspectos teóricos de la gestión del mantenimiento y el funcionamiento de motores de gran potencia, detallados a continuación:

2.1.1. Motores de Combustión interna.

Los motores son dispositivos que pueden transformar energía de cualquier tipo en energía mecánica, aquí encontramos a los motores térmicos que obtienen energía mecánica a partir de la energía contenido en los combustibles a través de la transformación mediante un proceso adicional denominado proceso de combustión,

además de disponer de un fluido de trabajo a partir de la energía térmica para transformarla en energía mecánica (Payri y Desantes, 2011, p. 25) se clasifican en:

- a) Motores de combustión externa; cuando el proceso de combustión se realiza externamente al fluido del trabajo.
- b) Motores de combustión interna; el proceso de combustión se realiza en el propio fluido conformado por la mezcla de combustible y aire.

Rafael y Hernández (2014) mencionan que, en los motores de combustión interna, el proceso de combustión puede desarrollarse de diversas maneras así pueden ser:

- a) Combustión continua, caracterizada por la continuidad del proceso de combustión y el fluido de trabajo pasa de manera continuada a través del motor.
- b) Combustión discontinua, el trabajo es desarrollado por el motor sobre una superficie móvil o incrementando la energía cinética de la corriente.

2.1.2. Clasificación de los motores de combustión interna.

Al respecto Jóvaj (1982) establece características específicas para clasificar los motores de combustión interna:

2.1.2.1. De acuerdo al campo de aplicación.

Estacionarios; ampliamente usados por la industria, agricultura, en los grupos electrógenos, equipos de bombeo, oleoductos, gaseoductos (Jóvaj, 1982, p.13).

De transporte; en los medios de transporte terrestres, marítimos, aéreos en maquinaria agrícola (Jóvaj, 1982, p.13).

2.1.2.2. Por el tipo de combustible utilizado.

Al respecto Jívaj (1982), señala diversos combustibles utilizados en los motores, se mencionan: los que usan combustible líquido ligero; gasolina y kerosene, motores que usan combustible gaseoso; gasógeno, gas natural, licuado. Otra variante utiliza combustible mixto; gas y combustible líquido. Algunos utilizan aceite pesado; mazut, aceite solar, diésel y gas-oíl, otros motores usan múltiples combustibles; gasolina, aceite diésel (p. 13).

2.1.2.3. Por el modo de transformación de energía calorífica en mecánica.

Motores de combustión interna; de émbolo y de pistón rotativo, la transformación de energía calorífica a trabajo mecánico se lleva a cabo en el interior del cilindro, (Jívaj, 1982, p.13) (Rafael y Hernández, 2014).

Motores de combustión externa; En las turbinas de gas, los procesos se llevan a cabo en la cámara de combustión y el producto de la combustión denominado fluido operante pasa a los alabes del rotor de la turbina, lugar en que efectúa el trabajo, por ello las turbinas de gas son considerados motores de combustión interna (Jívaj, 1982, p.13).

Los motores combinados, en los cuales la combustión se realiza en un motor de pistón, que a su vez es generador de gas, y parte del trabajo mecánico se efectúa en el cilindro de dicho motor, en tanto que otra parte en los álabes del rotor de una turbina de gas en motores de pistones libres, motores alternativos con turbinas de gas y otros (Jívaj, 1982, p.14).

2.1.2.4. Según el procedimiento de formación de la mezcla en los motores.

Motores con formación externa de la mezcla; principalmente los motores de carburador y gas, también los motores con inyección de combustible en el tubo de admisión en los cuales la mezcla carburante se prepara fuera del cilindro (Jóvaj, 1982, p.14).

Motores con formación interna de la mezcla; en los cuales durante el proceso de admisión ingresa sólo aire al cilindro y la mezcla operante se forma dentro del cilindro. Por este procedimiento funcionan los motores Diésel (Jóvaj, 1982, p.14).

Motores de carga estratificada; en los cuales el fluido operante tiene distinta composición en diferentes zonas de la cámara de combustión (Jóvaj, 1982, p.14)

2.1.2.5. Según el procedimiento de encendido del combustible.

Motores de encendido por chispa eléctrica (ignición por chispa); en los cuales la mezcla aire combustible, se combustiona por el salto de una chispa (Jóvaj, 1982, p.14).

Motores de ignición por compresión; en estos motores diésel la combustión se inicia por la temperatura que se obtiene por la compresión del aire (Jóvaj, 1982, p.14).

Motores de pre combustión; en los cuales la mezcla se enciende por chispa en una cámara de combustión especial (antecámara) de pequeño volumen y después el proceso de combustión continúa en la cámara principal (Jóvaj, 1982, p.14).

Motores con encendido del combustible gaseoso; por una pequeña porción de aceite diésel que se inflama por compresión, o sea, un proceso líquido-gaseoso (Jóvaj, 1982, p.14)

2.1.2.6. Según el método de efectuar el ciclo de trabajo los motores de pistón.

Pueden ser de cuatro tiempos sin sobrealimentación (con admisión de aire de la atmósfera) y con sobrealimentación (la mezcla ingresa a presión), de dos tiempos sin sobrealimentación y con ella. La sobrealimentación puede obtenerse accionando el compresor por una turbina de gas que emplea los gases de escape (sobrealimentación por turbocompresor); por un compresor movido mecánicamente por el mismo rotor o por dos compresores, uno de los cuales es accionado por la turbina a gas y el otro, por el motor (Jóvaj, 1982, p. 14-15)

2.1.2.7. Según su estructura.

Motores de pistón que se subdividen; según la disposición de los cilindros en verticales en línea, horizontales en línea, en «V», en estrella y con cilindros opuestos. Según la disposición de los émbolos, en motores de pistón simple (en cada cilindro hay un solo émbolo y una sola cámara de trabajo), motores de pistones enfrentados (la cámara de trabajo se encuentra entre dos émbolos que se mueven, dentro de un mismo cilindro, en sentidos opuestos), motores con pistones de doble efecto (a ambos lados del émbolo hay cámaras de trabajo) (Jóvaj, 1982, p.15).

Motores de pistones rotativos, que pueden ser de tres tipos: el rotor (pistón) efectúa un movimiento planetario dentro del bloque; al moverse el rotor entre él y las paredes del bloque se forman cámaras de volumen variable en las cuales se realiza

el ciclo. Este es el esquema que mayormente se emplea; el bloque efectúa un movimiento planetario, mientras que el pistón está fijo; tanto el rotor como el bloque realizan movimientos de rotación, estos motores se denominan rotativos (Jóvaj, 1982, p.15).

2.1.2.8. Según el método de enfriamiento de los motores.

Refrigerados por líquidos, usan el agua para poder disipar el calor, es la bomba de agua la que permite que el agua circule por el motor y luego es enfriado por un radiador (Jóvaj, 1982, p.15).

Refrigerados por aire, usan el aire del medio ambiente para poder disipar el calor que se genera por el proceso de la combustión el cual se disipa mediante unas aletas con las que cuenta estos motores (Jóvaj, 1982, p.15).

2.1.3. Etapas de funcionamiento del motor de cuatro tiempos.

Goñi y Rojas (2016) mencionan que el funcionamiento del pistón requiere hacer cuatro recorridos, carreras, tiempos o etapas: admisión, compresión, expansión y escape. A diferencia de los motores de dos tiempos, en los motores de cuatro, cada tiempo o carrera corresponde a una etapa de funcionamiento del motor, y cada etapa o carrera representa media vuelta del giro del cigüeñal, es decir, 180° . El ciclo termodinámico completo de dos vueltas será de 0° hasta 720° . Por razones prácticas, para las dos vueltas del ciclo completo de funcionamiento de 720° se va a considerar partiendo de menos 360° para la admisión, y terminando en más 360° para la etapa de escape y se inicia la admisión del siguiente ciclo (p.62) (Beneyto, 2013).

2.1.3.1. Primera etapa: Admisión.

El pistón está en el punto muerto superior (PMS) y empieza a descender. En ese momento se mantiene abierta la válvula de admisión, y los gases que existen en la tubería de admisión (mezcla de aire y gasolina) son aspirados por el pistón y van llenando el cilindro. Cuando el émbolo llega al punto muerto inferior (PMI), se cierra la válvula. En la admisión, el pistón ha dado una carrera o barrido y el cigüeñal ha dado media vuelta ($\Theta = -360^\circ$ a -180°) (Goñi y Rojas, 2016, p.63) (Cengel y Boles, 2014).

2.1.3.2. Segunda etapa: Compresión (y salto de chispa).

El pistón sube desde el punto muerto inferior al punto muerto superior, las dos válvulas están cerradas. Los gases que llenaban el cilindro van ocupando un espacio cada vez más reducido, comprimiéndose hasta llenar solamente el que queda entre la cara superior del pistón en su punto muerto superior y la culata. Este espacio se llama cámara de combustión o volumen muerto. Durante la compresión, el pistón ha subido del punto muerto inferior al punto muerto superior y el cigüeñal ha dado otra media vuelta ($\Theta = -180^\circ$ a 0°) (Goñi y Rojas, 2016, p.63) (Cengel y Boles, 2014).

Por haberse comprimido la mezcla, cuando ocupa la cámara de combustión se encuentra más caliente que cuando entró al cilindro. El tiempo de compresión ha servido para preparar la mezcla en las mejores condiciones para la explosión que va a realizarse inmediatamente. El salto de chispa de la bujía ocurre unos grados antes de que el pistón llegue al punto muerto superior, para dar tiempo a que en la

mezcla se produzca el frente de llama. Estos grados antes del punto muerto superior conforman el ángulo de adelanto de chispa (Goñi y Rojas, 2016, p.63) (Cengel y Boles, 2014).

2.1.3.3. Tercera etapa: Expansión.

En el momento en que los gases se encuentran fuertemente comprimidos en la cámara de combustión, se produce la explosión y la fuerza impulsa el pistón del punto muerto superior al punto muerto inferior, transmitiéndose dicha fuerza, a través de la biela, al giro del cigüeñal y, por lo tanto a la volante que garantizará el torque, el trabajo, la potencia y la inercia de rotación, la expansión y el trabajo del motor (Goñi y Rojas, 2016, p.63) (Consuegra, 2007).

Durante la carrera del émbolo en la expansión, las dos válvulas han permanecido cerradas y el cigüeñal efectúa una tercera media vuelta ($\Theta = 0^\circ$ a 180°). (Goñi y Rojas, 2016, p.63) (Consuegra, 2007).

2.1.3.4. Cuarta etapa: Escape (o expulsión).

Al iniciarse esta etapa, el pistón está en su punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, y el pistón, al subir, empuja los gases quemados, expulsándolos al exterior a través del múltiple de escape y la tubería de escape. Cuando el émbolo alcanza el punto muerto superior, la válvula de escape se vuelve a cerrar. En la carrera de escape, del punto muerto inferior al punto muerto superior. El cigüeñal gira otra media vuelta ($\Theta = 180^\circ$ a 360° y se parte para el siguiente ciclo con $\Theta = -360^\circ$). De esta manera, se ha completado el ciclo de funcionamiento y todo se inicia

de nuevo a partir de la etapa de admisión. (Goñi y Rojas, 2016, p. 64) (Consuegra, 2007).

2.1.4. Parámetros del motor.

Goñi y Rojas (2016), mencionan aspectos de la selección del tipo de combustible entre ellos tenemos; volumen muerto, el volumen de cilindrada y la relación de compresión. Por otro lado, el orden de encendido de un cilindro será muy importante a partir de los motores de dos cilindros o más (p. 64) (CONALEP, 2003).

2.1.4.1. Volumen muerto o volumen de la cámara de combustión.

Es el volumen al cual es comprimida la mezcla de aire y combustible cuando el pistón alcanza el punto muerto superior. Este volumen muerto representa la cámara de combustión, limitada por las paredes del cilindro, la culata y el pistón, cuando este se encuentra en su punto muerto superior PMS (Goñi y Rojas, 2016, p. 64).

2.1.4.2. Volumen de cilindrada.

El volumen de cilindrada, es el volumen barrido por el pistón, y se encuentra entre el punto muerto superior e inferior (PMS-PMI) (Goñi y Rojas, 2016, p.65).

El volumen de cilindrada de cada cilindro es:

Donde:

VC: Volumen de cilindrada.

D: Diámetro de cilindro.

L: Carrera de pistón.

VM: Volumen muerto.

R: Radio del cigüeñal.

L: Igual a 2 R.

El radio del cigüeñal representa la mitad de la carrera del pistón y en términos de símbolos será $L = 2R$ (Goñi y Rojas, 2016, p.65).

Volumen de cilindrada total, es el volumen de cada cilindro por el número de cilindros. (Goñi y Rojas, 2016).

Para calcular se utiliza la siguiente formula: $VCT = N.VC$

Dónde:

N: Número de cilindros.

VC: Volumen de cilindrada de cada cilindro.

c. Relación de compresión.

Es la relación que existe entre el volumen de cilindrada y el volumen muerto. Se calcula utilizando la siguiente fórmula (Goñi y Rojas, 2016, p.65).

$$rc = \frac{VC + VM}{VM}$$

Dónde:

rc: Relación de compresión.

VC: Volumen de cilindrada.

VM: Volumen muerto.

Este parámetro sirve para determinar el octanaje del combustible que se utilizará.

En la tabla 1, se dan valores de referencia del octanaje en función de la relación de compresión (Goñi y Rojas, 2016, p.65).

Tabla 1

Relación de compresión de motores de combustión interna

Relación de Compresión	Gasolina
5,0 – 8,5	84 octanos
8,0 – 9,5	90 octanos
9,0 – 10,5	95 octanos
9,5 – 11,0	97 octanos
10,0 – 11,0	98 octanos

Nota. Esta tabla muestra los valores de octanaje según relación de compresión de motores de combustión interna. Fuente: Goñi y Rojas (2016), p.66

2.1.5. El Mantenimiento.

TECSUP (2015). Las empresas industriales requieren gestionar el mantenimiento con la finalidad de disponer de los equipos operativos en su totalidad por ello deben mantener altos estándares de calidad basados en la disponibilidad, confiabilidad y operatividad del servicio para mantener la producción, productividad y los beneficios de la empresa (p.8).

El servicio de mantenimiento desarrolla la gestión por procesos con altos niveles de preparación en servicio basados en procesos dentro de la organización que incluyen; gestión de la planificación, medición del rendimiento y auditorías anuales, depende de la ejecución del plan de mantenimiento y el rendimiento general de cada uno de los componentes del servicio organizados en el sistema operacional del mantenimiento (p.8).

Asimismo, requiere contar con tecnología adecuada, apropiada y vigente para desarrollar la gestión de operaciones de los talleres, almacén, equipos de manipulación, limpieza, herramientas, utensilios, recursos informáticos y electrónicos para el monitoreo de la condición operativa de máquinas y equipos de medición, análisis de vibración, análisis de aceites, equipo de termografía (p.9).

Por otro lado, el componente humano es el factor determinante para el cumplimiento de las metas del servicio, por ello contará con personal experimentado en gestión operacional, laborando en ambientes diseñados para el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo (p.9).

El local debe tener distribución acorde a los estándares establecidos por la autoridad competente, recogidos en los planos de distribución, planos geográficos, para optimizar el flujo del personal, materiales e información (p.9).

Mantener la planta operativa requiere de políticas de desarrollo del personal basado en la capacitación permanente y entrenamiento formal en servicio en las diferentes posiciones como es; planificación, procesos y operaciones del servicio

de mantenimiento con supervisión y monitoreo del entrenamiento, capacitación en tecnologías específicas de mantenimiento (p.9).

2.1.5.1. Las necesidades de mantenimiento.

Pérez (2021) señala que los equipos y maquinarias utilizados para la extracción, producción o transformación por la industria, están expuestos a fallas debido al tiempo de utilización, maniobras de los operarios, etc. Sin embargo es imprescindible contar con los equipos de manera inmediata para restablecer el proceso productivo, la gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias es atribución del área de mantenimiento quienes desarrollan los planes de gestión del mantenimiento cuya finalidad es la operatividad y disponibilidad de los equipos, dichas acciones deben ser asumidas por equipos de profesionales, técnicos y operarios con altos estándares de cumplimiento debido a los cambios tecnológicos en la producción, operatividad y mantenimiento de los equipos que requieren una continua capacitación y adiestramiento (p.15 -17) (Coetzee, 1997) (Coetzee, 1999).

Las empresas extractivas requieren la utilización de equipos altamente sofisticados para cumplir con las demandas de producción de la empresa, por ello se cuentan con equipos de gran tamaño, tecnología de punta acordes a los niveles de productividad y ganancias establecidas por la empresa y a la demanda del mercado, por ello se requieren altos niveles de disponibilidad de los equipos y maquinarias (Pérez, 2021, p.17).

Contar con una flota de equipos y maquinarias disponibles y operativos requiere una alta inversión, los costos de mantenimiento constituyen un rubro

importante de los costos de producción alcanzando entre el 15 al 20% del total, sobre todo en equipos altamente mecanizados y sofisticados (Pérez, 2021, p.18).

La gestión del mantenimiento supone la conjunción de una serie de áreas y disciplinas para lograr el objetivo de mantener una flota de maquinaria y equipo altamente disponible y operativo como son; la planificación, presupuesto y finanzas, logística (programación, adquisición, transporte), control de calidad de equipos y materiales para el mantenimiento, diseño de piezas, proyectos de trabajo, gestión de fallas y la gestión del recurso humano altamente especializado en funciones de mantenimiento correctivo (Pérez, 2021, p.20) (Coetzee, 2000).

2.1.5.2. Los objetivos del mantenimiento.

Pascual (2002) Es resolver los problemas encontrados en los equipos y maquinarias y apoyar el proceso productivo con niveles adecuados de disponibilidad, confiabilidad y operatividad a un costo aceptable, consta de 4 factores:

a. Disponibilidad.

Constituida por la operatividad de un equipo o maquinaria durante un tiempo determinado, cumpliendo con los niveles económicamente viables de disponibilidad, sin presentar fallas (Gonzales, 2015, p.123).

b. Confiabilidad.

Representa el número de veces que un equipo o maquinaria tiene problemas, Es la indicación de la continuidad del proceso de producción. Los equipos deben ser altamente confiables con ello se disminuyen los efectos de las paradas de trabajo y

los arranques de la planta. Una maquina o equipo pueden estar disponibles pero no ser confiables, la disponibilidad permite la adecuada capacidad operativa, la confiabilidad permitirá la continuidad del proceso productivo (Gonzales, 2015, p.124).

c. Operatividad.

Las máquinas y los equipos deben sostener una adecuada tasa de producción, conjuntamente con los altos niveles de disponibilidad y confiabilidad de los sistemas técnicos permiten el sostenimiento de la producción, por ello los equipos deben mantenerse operativos durante el ciclo útil (Gonzales, 2015, p.125).

d. Costo.

Las actividades del mantenimiento requieren un adecuado sistema de costos con la finalidad de implementarlas, sin embargo, requieren de políticas, estrategias, objetivos y planes de mantenimiento optimizados con adecuadas estructuras de costos. (Gonzales, 2015, p. 126).

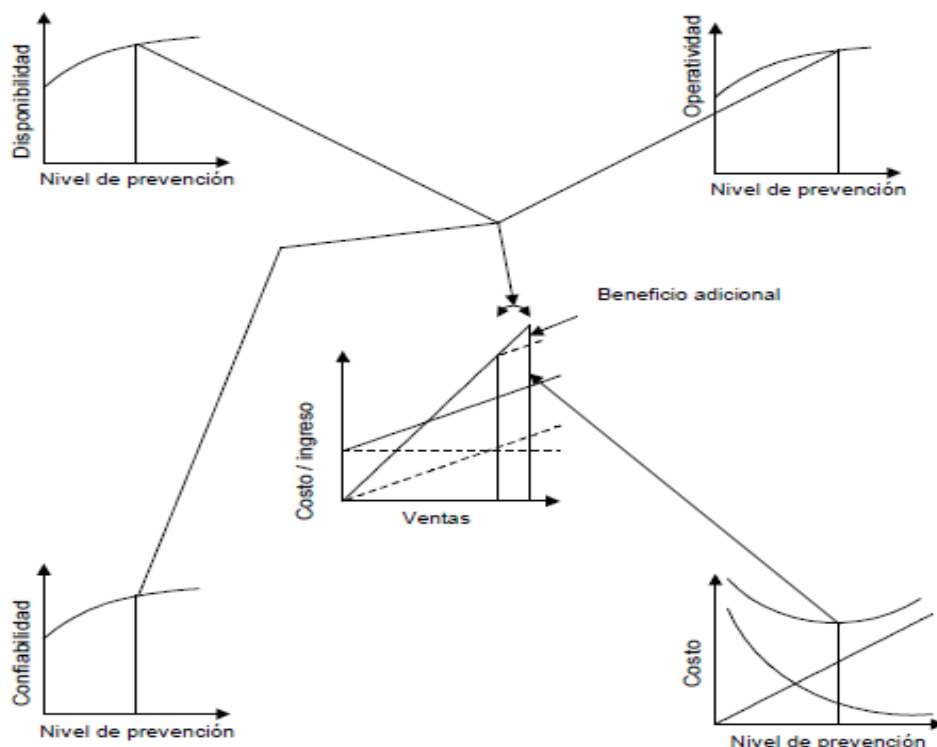
2.1.5.3 Impacto del mantenimiento.

Coetzee (2006) menciona; en las empresas industriales, el área de mantenimiento es percibido como un centro de costo debido al presupuesto destinado para el funcionamiento, básicamente por las adquisiciones de maquinaria, equipos de alta tecnología y repuestos para sus operaciones conjuntamente con la plana del personal altamente calificado y adiestrado (p.18) (Coetzee,2010).

Por otro lado en la organización tiene funciones de apoyo, sin embargo no se ha cuantificado los enormes beneficios que conlleva tener un servicio de mantenimiento altamente especializado para la operatividad de los equipos, maquinarias y sistemas productivos, dichos beneficios están relacionados con la disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos, por ello actualmente las organizaciones trabajan con enfoque de procesos señalando la gestión del mantenimiento cuyos resultados son evidentes de acuerdo a las descripciones de los siguientes gráficos (Coetzee,2006, p.26)(Coetzee, 2010).

Figura 1

Beneficios del mantenimiento



Nota. El gráfico representa los beneficios del mantenimiento. Fuente: Coetzee (2006).

Los beneficios del mantenimiento se explicarán en detalle a partir del análisis de cada gráfico

a. Gráfico de disponibilidad.

El incremento en el nivel de prevención está relacionado con el aumento de la disponibilidad así las paradas de la maquinaria disminuirán ostensiblemente con la implementación de planes de mantenimiento preventivo básico, por otro lado, la disponibilidad decrece con bajos niveles de prevención. (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2010).

b. Gráfico de operatividad:

El incremento en el nivel de prevención produce un aumento en los niveles de operatividad de los equipos disminuyendo las paradas obligatorias de la maquinaria. (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2010).

b. Gráfico de confiabilidad.

El nivel de prevención en la gestión del mantenimiento, incrementa el nivel de confiabilidad generando cumplimiento de los planes de trabajo e incremento de la productividad debido a la disminución de las paradas de los equipos y maquinarias. (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2010).

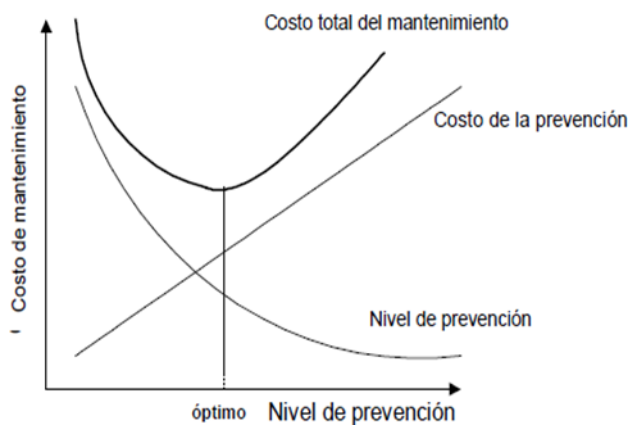
e. Gráfico del costo de mantenimiento.

Respecto al costo del mantenimiento, el incremento en el nivel de prevención disminuye las paradas obligatorias de las maquinarias y equipos generando mayores índices de productividad en las operaciones, asimismo los planes de mantenimiento preventivo tendrán impacto en el costo del mantenimiento. Los costos de parada de

maquinaria son mínimos cuando se incrementan los costos de la prevención (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2010).

Figura 2

Costo del mantenimiento

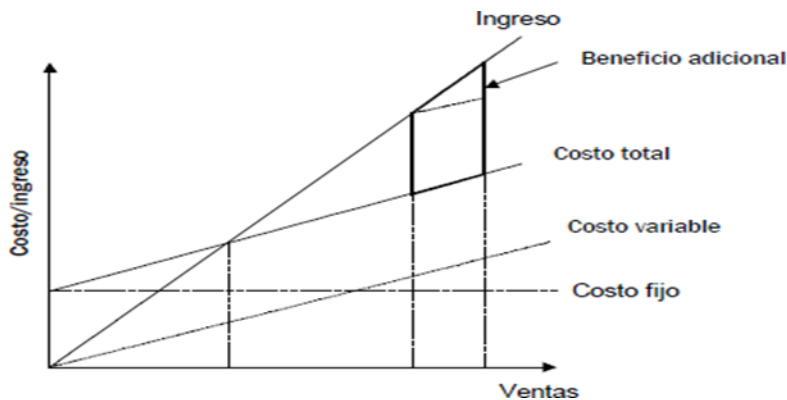


Nota. El gráfico representa el costo del mantenimiento. Fuente: Coetzee (2006).

En las empresas del sector productivo, se incrementan los niveles de prevención con la finalidad de asegurar la operatividad, disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria y equipos con ello se disminuirán las paradas obligatorias. Por otro lado permite cumplir diligentemente los planes de producción instaurados incrementándose los márgenes de venta por aumento de la producción generando utilidades adicionales a la empresa, con ello se evidencia el mayor beneficio del mantenimiento en las industrias, habida cuenta que los gastos incurridos en la gestión del mantenimiento preventivo son superadas por los ingresos generados por el incremento en la producción y disminución de costes de mantenimiento correctivo (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2019).

Figura 3

Modelo clásico del mantenimiento



Nota. El gráfico representa el beneficio del mantenimiento. Fuente: Coetzee (2006).

En el gráfico 3 los costos de producción están representados por los costos fijos y los costos variables y los ingresos de la empresa están asociados a las ventas de la producción, entonces cuando se incrementa la producción habrá mayores ingresos por ventas y por otro lado si disminuye la producción por el incremento de las paradas entonces el volumen de ventas decaerá generando pérdidas a la empresa por menores ingresos por ventas. (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2019).

En este gráfico se evidencia el objetivo de la empresa al planificar las acciones de mantenimiento maximizando la prevención a fin de disminuir las paradas de maquinaria y equipo necesarios para la producción continua. En algunos casos las empresas que venden la producción a la demanda de los compradores tendrán que planificar sus actividades de producción en base a su capacidad de venta en el mercado. Así se deberán optimizar las acciones para disponer de toda la maquinaria operativa y con niveles de calidad confiables para proseguir con la producción

requerida y no generar mayores incrementos en el costo de mantenimiento (Coetzee, 2006) (Coetzee, 2019).

2.1.5.4. Tipos de mantenimiento.

a. Mantenimiento correctivo.

García (2010). Sostiene que en esta fase las fallas de las maquinarias y equipos deben ser reparados o corregidos por desgaste, mal uso o errores de fabricación, generalmente se realiza el mantenimiento correctivo a equipos por fallas puntuales no previstas en el plan preventivo de mantenimiento (p. 213) (García, 2012).

b. Mantenimiento preventivo.

Son las actividades realizadas en los equipos y maquinarias después de determinado número de horas de uso con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento del equipo y disminuir los costos del mantenimiento a fin de asegurar la producción de la empresa. Habitualmente requiere del diseño de un plan exhaustivo de mantenimiento de cada equipo y maquinaria, el monitoreo continuo (García, 2010, p.218) (García, 2012).

c. Mantenimiento predictivo.

Todas las industrias extractivas, requieren de planes de mantenimiento predictivo de la maquinaria y equipos con la finalidad de descubrir los factores de riesgo que podrían generar paradas obligatorias de los equipos, en esta fase se hacen mediciones de los equipos, se recoge información y se analiza a fin de predecir los posibles fallos del equipo, entre las variables a recoger se encuentran los niveles de

aceite, consumo de energía, cambios de temperatura, tipo de operaciones. Es imprescindible conocer cada equipo y las especificaciones de normalidad con la finalidad de establecer las variaciones en los diferentes sistemas y predecir las posibles fallas del equipo y disminuir el riesgo de averías o deterioro (García, 2010, p.238) (García, 2012).

d. Mantenimiento cero horas u overhaul.

Pascual (2002) sostiene que el mantenimiento cero horas es beneficio para los equipos y maquinarias debido a que se implementaran diversos procesos y actividades de mantenimiento en los equipos con el propósito de contar una maquinaria con cero horas de funcionamiento. Habitualmente las empresas que gestión el mantenimiento de los equipos señalan la fecha del overhaul al notar una disminución en el rendimiento de la máquina, en otras oportunidades generan planes de mantenimiento con la finalidad de contar con el equipo en optimo estado de funcionamiento y evitar las paradas obligatorias y disminuir la producción. Las empresas generan mantenimiento cero horas de los equipos para asegurar alargar la vida útil del equipo mediante el control periódico del mismo y asegurar la disponibilidad del mismo durante largo tiempo (p.149).

2.2. Descripción de las acciones, metodología y procedimiento

2.2.1. Elaboración del programa de overhaul.

Consiste en elaborar un plan de reparaciones de motores de alta potencia y mediano rango de cada cliente minero por cada mes del año y de esta manera elaborar el presupuesto anual del MRC (Master Rebuild Center) y también asegurar el

cumplimiento financiero mensual con cada reparación y el cumplimiento mensual de motores para evitar tener desviaciones. Con la proyección de reparaciones de motores de todas las faenas mineras en el Perú se realizaron los seguimientos a las fechas de cada reparación de motor u Overhaul para el cumplimiento del plan. Los motores son enviados al taller MRC (Master Rebuild Center) donde empiezan los procesos de reparación los cuales pasan por distintas etapas; desarmado, evaluación, elaboración de presupuesto, armado y prueba dinamométrica (Cummins Perú, 2015).

2.2.2. Flujo de elaboración programa overhaul Anual.

Cummins Perú SAC (2015) toma en cuenta los siguientes conceptos; por cantidad de combustible total quemado (CCTQ), se recopila la información de horómetros actuales de la flota de motores, determinar la aplicación del motor (Camión, Pala, Cargador Frontal) Se determina el Total Fuel Burn Teórico para cada modelo de motor: (1) SK78-S, 1262000 TFB, (2) QSK60-2S 1000000 TFB, (3) QSK60-1S 1000000 TFB, (4) QSK45 750000 TFB, (5) K2000 750000 TFB.

Determinar la altura de operación del motor; Si la altura de operación es mayor a 4000 m.s.n.m, se reduce en 10% menos al TFB teórico del motor. Si la altura de operación es menor a 4000 m.s.n.m, se utiliza el TFB teórico de motor.

Determinar el consumo de combustible específico básico del motor (BSFC).

Recopilar información de factor de carga de trabajo de motor en mina, potencia de motor y densidad del combustible.

Calcular el MTBO del motor:

$$\frac{(\text{TFB Motor} \times \text{Densidad de Combustible})}{(\text{Potencia Motor} \times \text{BSFC Motor}) \times \text{Factor de Carga}}$$

Una vez determinado MTBO del motor procedemos a calcular la cantidad de horas restantes para la bajada del motor a piso restando al MTBO el horómetro actual del motor.

Calcular la fecha de parada de motor para reparación total (Overhaul)

Todo este proceso de elaboración del programa de Overhaul Anual se encuentra plasmado en un diagrama de flujo y aprobado por el gerente de minería, encargado de dar el visto bueno para la aplicación de este proceso (Apéndice B).

CAPÍTULO III

APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

3.1. Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridas durante la carrera.

3.1.1. Proceso de desarmado, evaluación, presupuesto y reparación general de motor QSK60.

Cummins Perú SAC (2014) señala que los motores QSK60 tienen un promedio de vida de 54,000 horas, teniendo en cuenta que este tiempo de vida total tiene 3 reparaciones generales u Overhauls cada 18, 000 horas, tienen una potencia de 3000 HP con una configuración en V y son motores de 4 tiempos, cuenta con 16 cilindros, cuenta con una cilindrada de 60 Litros, entonces QSK60 significa: Q = Quantum, S = System, K = Familia de motor, 60 = Capacidad en litros. Quantum, es un sistema de control electrónico de combustible, cuyos objetivos son optimizar el control del motor y reducir las emisiones de gases. En cuanto a los motores de la familia “K” tienen como características culatas independientes, corresponden a

motores de alta potencia y sus aplicaciones son mineras, marinas y generación (Cummins Perú, 2014).

3.1.1.1. Envío del motor.

Para la reparación del motor ya sea general o puntual el cliente procede a enviar una solicitud de servicios, que es un formato en el cual van los datos del equipo como modelo y horómetro, datos de motor como número de serie, modelo de motor, horómetro del motor, luego se indica cual es el motivo de la reparación esta puede ser; por horas de funcionamiento (Overhaul) o por reparación puntual solo cuando el motor tuviera una falla puntual, se levanta la observación por la cual fue enviado a reparación y el motor no vuelve a cero horas como cuando es una reparación general si no que continua con su horómetro de trabajo hasta llegar a las 18,000 horas de trabajo para poder ya realizar su Overhaul (Apéndice C).

Adicional a la solicitud de servicio se envían los resultados de las ultimas muestras de aceite, que permite observar las tendencias de los consumos y desgastes de aceite, así como determinar la presencia de agentes extraños al aceite como sodio, cromo, fierro, cobre, etc. de la misma manera podemos observar cómo se fueron conservando y perdiendo algunas de las propiedades de los aceites (Cummins Perú, 2014).

A su vez se envía la data cense y data quantum que son archivos de información de los parámetros de funcionamiento de motor censando los diferentes sistemas del motor como combustión, enfriamiento, eléctrico, etc., de esta manera tener el detalle de cómo se vino comportando el motor durante un determinado

rango de tiempo verificar la potencia de motor, rpm, temperaturas, presiones, para realizar un análisis y determinar la falla raíz de algunos problemas presentados durante el funcionamiento del motor (Cummins Perú, 2014).

El motor como componente se tiene que enviar de acuerdo a un estándar ya indicado por Cummins Perú, se debe encontrar completamente drenado de fluidos (aceite y refrigerante) para evitar derrames durante el traslado, contar con una base correcta para el traslado y esté debidamente asegurado, de preferencia la base debe ser metálica (Cummins Perú, 2014).

Las líneas y ductos en general deben estar correctamente tapados, es decir, que cuenten con tapas y tapones correspondientes, para impedir el ingreso de agentes contaminantes externos durante el traslado de mina a los talleres de MRC. Queda completamente prohibido el uso de cintas de cualquier tipo, plásticos y cualquier otro elemento para tapar ductos, este estándar está dado por la misma fábrica (Cummins Perú, 2014).

El motor debe contar con plaqueteo físico visible, es decir el número de serie del motor debe estar grabado en el block del motor y debe coincidir con el número de la placa del motor, según el procedimiento de fábrica. En caso el motor tenga componentes faltantes, el cliente debe indicar si enviaran dichos componentes faltantes para su evaluación y posterior montaje para el armado del motor, en caso estos no sean enviados por el cliente se procederá a incluir en la cotización de reparación. El traslado de motor de mina hacia los talleres del MRC estará a cargo del cliente, así como la seguridad del motor durante el traslado, la empresa no se

responsabiliza por cualquier evento que pueda ocurrir durante el traslado (Cummins Perú, 2014).

Figura 4

Embalaje para envío de motor



Nota. El gráfico representa el modelo de embalaje para envío de motor. Fuente: Cummins Perú (2014).

3.1.1.2.Recepción del motor.

El cliente envió el motor y la información solicitada al coordinador de reparaciones de motores de alta potencia, este a su vez hace el cruce de información con el programa de overhaul, verificó el cumplimiento de la programación y traslada la información al MRC (Master Rebuilt Center) o taller de reparaciones para que el área de planeamiento ya tenga mapeada la llegada del motor y ponerlo en cola a la espera de ingreso a bahía de desarmado (Cummins Perú, 2014).

En esta fase se realiza la lista de chequeo de los componentes periféricos del motor para evitar faltas de componentes y se emite un primer informe de recepción del componente al cliente (Apéndice D).

3.1.1.3.Lavado del motor.

Al culminar la lista de chequeo, se procede con el lavado del motor este se realiza con agua caliente y desengrasantes lo cual permite que el motor entre al taller a la bahía de desarmado completamente limpio y sin agentes contaminantes, de esta manera se puede realizar una mejor primera inspección visual y verificar si el motor tuviera componentes periféricos y si hubieran faltantes estos se verán reflejados en el informe de evaluación que será presentado por el MRC para elaborar el presupuesto de reparación (Cummins Perú,2014).

3.1.1.4.Desarmado de motor y evaluación de componentes.

En la primera etapa se elabora un diagrama Gantt, para mapear toda la secuencia de actividades durante el desarmado y evaluación. Luego del lavado del motor ingresa a bahías de desarmado, para empezar la primera etapa de desarmado, se quitan los componentes periféricos del motor para evaluación como alternador, compresor de aire, turbos, bomba de agua, bomba de combustible, ECM de motor (Cummins Perú, 2014).

La segunda etapa del desarmado es evaluar componentes mayores; block de cilindros, cigüeñal, ejes de levas, camisas de cilindro, culatas, metales de biela, metales de bancada, volantes, pistones, bielas los cuales tienen un costo más significativo al momento de elaborar el presupuesto en la etapa de reparación (Cummins Perú,2014).

3.1.1.5.Evaluación block de cilindros.

Al ser el componente más caro del motor y representar el 40% del precio total del motor, su evaluación e inspección se convierte en una de las etapas más críticas ya que su recuperación tiene procedimientos complejos (Cummins Perú,2014).

Se inspecciona el área de asiento del barreno de la bancada por coloración anormal o daño debido a alta temperatura. La coloración anormal debida a alta temperatura indica la necesidad de una inspección minuciosa, las altas temperaturas de fricción del rozamiento dañan altamente la composición física del material del block de cilindros (Cummins Perú, 2014).

Para la reparación del barreno de la bancada, si es necesario revisaremos el procedimiento emitido por fábrica, se revisa la dureza mínima del block de cilindros en el área afectada por el calor. La dureza mínima del block de cilindros deberá ser 179HB o por encima (Cummins Perú, 2014).

Usar el kit de detección de grietas, para revisar el área del asiento del barreno de la bancada por grietas, Las normas para grietas aceptables son:

- M. Grietas circunferenciales que no sean más largas de 19,050 mm [3/4 de pulgada]
- N. Hasta 6 grietas de 9,525 mm [3/8 de pulgada] y más cortas en el área del asiento del barreno
- O. Cavidades por porosidad menores a un diámetro de 2,28 mm [0,090 in.]

Si cualquiera de los barrenos de la bancada contiene cualquiera de estos criterios, el barreno de la bancada debe repararse.

Si un block ha sufrido de un cojinete girado que ha producido calor excesivo en el asiento del cojinete de bancada en la ubicación de los barrenados de combustible internos, es recomendado no reutilizar el block. Esto es debido a la susceptibilidad de una grieta en esta ubicación que no puede ser identificada usando los métodos de prueba normales (Cummins Perú, 2014).

Inspeccionar el block de cilindros para determinar qué tamaño se requiere de la junta para la cabeza, la línea divisora de la tapa de bancada no es la misma que la línea de centros del barreno de la bancada.

Medir la altura del block de cilindros, altura del block estándar, altura de la cara del block desde la línea de centros del cigüeñal (A) para juntas de la cabeza a sobre medida, altura del block desde el barreno del cigüeñal (B) para juntas de la cabeza a sobre medida.

La altura del block de cilindros no debe variar más de 0,08 mm [0,003 in.] de extremo a extremo del block de cilindros. Si la altura del block de cilindros no está dentro de especificaciones, la superficie superior del block de cilindros debe maquinarse o el block debe reemplazarse (Cummins Perú, 2014).

Si la superficie de la cara de la cabeza del block se máquina, la profundidad del asiento de la caja de la camisa de cilindro no debe variar más de 0,13 mm [0,005 in.] Entre los bancos.

El ángulo del barreno del cilindro no necesita medirse, pero debe mantenerse a 30 grados si la superficie de la cabeza de cilindros es maquinada (Cummins Perú, 2014).

3.1.1.6.Evaluación de cigüeñal.

Revisar los muñones principales y los muñones para biela por daño o desgaste excesivo. Rayas menores son aceptables. Si una uña del dedo se atora en la raya, el cigüeñal debe reemplazarse o maquinarse, una vez maquinado. Medir el diámetro exterior del muñón para biela y principal del cigüeñal. (Cummins Perú, 2014).

El cigüeñal del QSK60, contiene 16 nervaduras. El cigüeñal del QSK45 contiene 12 nervaduras. Las nervaduras del cigüeñal están numeradas a partir del frente del cigüeñal. El número está marcado con punzón de acero sobre la nervadura. En la ilustración, los números (1) al (16) indican la ubicación de la marca (Cummins Perú, 2014).

Los cigüeñales del QSK45 y del QSK60 contienen contrapesos que están fijados con tornillos, tienen marcado el mismo número de la nervadura a la cual están fijados, 1 a 16, Si el contrapeso es reemplazado, el cigüeñal debe balancearse (Cummins Perú, 2014).

La rectitud del cigüeñal se determina por la cantidad de excentricidad total del indicador y la excentricidad del muñón adyacente. La excentricidad total del indicador se mide en el muñón central, cuando el cigüeñal es soportado sobre los dos muñones de los extremos. La excentricidad del muñón se define como la excentricidad total del indicador (barrido total de la aguja) de los muñones principales cuando el cigüeñal es girado una revolución completa de 360 grados (Cummins Perú, 2014).

3.1.1.7.Evaluación de ejes de levas.

Se colocan dos bloques en v sobre una superficie plana. Soporte el árbol de levas sobre los bloques en v, en los dos muñones que se indican debajo. La cantidad de levas del QSK60: muñones 2 y 6 (Cummins Perú, 2014).

Posicionar un indicador de dial, de modo que el vástago toque la línea de centros del muñón. Gire el árbol de levas y mida la excentricidad total del indicador para cada muñón, el indicador de dial debe posicionarse en la línea de centros de cualquier muñón que se mida (Cummins Perú, 2014).

Tabla 2

Tolerancias de excentricidad máxima del muñón

Mm	Max
0,08	0,003

Nota. Esta tabla muestra las tolerancias de excentricidad máxima del muñón. Fuente: Cummins Perú (2014).

Culminada la evaluación de los componentes mayores que forman parte del cuerpo del motor, se reemplazan aquellos que quedan fuera de medida y se maquinan aquellos que de alguna manera se pueden recuperar para seguir trabajando en la siguiente vida del motor y se envían a lavado Se realiza la elaboración del listado de repuestos a reemplazar y se elabora el presupuesto por la reparación general de motor (Cummins Perú, 2014).

3.1.1.8. Evaluación de culata.

Quitar los siete tornillos de montaje de las culatas, Desmontar la culata, quitar y desechar la junta de la cabeza de cilindros.

Quitar las siguientes partes; Seguro de válvula, retén del resorte de válvula, resorte de válvula, posicionador de válvula, válvula, desechar los resortes de válvula, seguros, y posicionadores de válvula.

Quitar y desechar los diez tapones de copa. Los tapones de copa deben quitarse de la fundición de la cabeza para propósitos de limpieza. Se realiza la evaluación de las guías de válvula para ver si se encuentran observaciones. (Cummins Perú, 2014).

Tabla 3

Tolerancias de diámetros de guías de válvula

Mm		In
10,561	MIN	0,4158
10,589	MAX	0,4169

Nota. Esta tabla muestra las tolerancias de diámetros de guías de válvula. Fuente: Cummins Perú (2014).

Revisar por grietas en la superficie de combustión. Si una grieta alrededor del barreno del inyector excede la longitud máxima, la cabeza de cilindros debe reemplazarse (Cummins Perú, 2014).

3.1.1.9. Evaluación de camisas de cilindro

Inspeccionar las camisas por grietas en los diámetros interiores y exteriores, por eventos de fricción a alta temperatura las camisas de los cilindros salen dañadas, de identificarse estos efectos el componente tiene que ser dado fuera de servicio y realizar su cambio (Cummins Perú, 2014).

Inspeccionar por grietas bajo la brida. Las grietas también pueden detectarse usando cualquiera de los métodos; inspección magnética o el método de tinta (Cummins Perú, 2014).

Inspeccionar el exterior de la camisa por corrosión o picaduras excesivas. Las picaduras no deben ser más profundas de 1,6 mm [0,063 in]. Reemplazar la camisa si las picaduras son muy profundas o si la corrosión no puede eliminarse con una tela de esmeril fina (Cummins Perú, 2014).

Inspeccionar el interior de la camisa por rayas verticales lo bastante profundas para sentirse con una uña del dedo. Si una uña del dedo se atora en la raya, la camisa debe reemplazarse. Inspeccione el interior de la camisa por rozamiento o incisiones (Cummins Perú, 2014).

3.1.2. Elaboración del presupuesto y aprobación de reparación general de motor.

En esta etapa el taller MRC emite el informe de evaluación y junto con el coordinador de reparación y el área comercial de gran minería se procede a elaborar el presupuesto por la reparación general del motor (Apéndice E).

3.1.2.1. Listado de repuestos.

Con la verificación de todas las partes del motor en el proceso de desarmado y evaluación, proseguimos con buscar en la plataforma del QUICKSERVER todos los números de parte de cada repuesto a considerar en la reparación del motor y posterior elaboración del presupuesto (Cummins Perú, 2014).

Se revisa la guía de reusabilidad de componentes, se puede corroborar algunas medidas de componentes y especificaciones técnicas y si estas estuvieran dentro de rango se pueden reutilizar teniendo un ahorro en muchos casos significativo para el cliente, en caso no se cumplan con las especificaciones estas partes deben ser cambiadas para un mejor funcionamiento del motor (Cummins Perú, 2014).

Luego de ubicar el número de parte del repuesto, se verifica que se tenga en stock para su inmediata disposición para el proceso de armado, en caso no hubiera el repuesto solicitado en stock empieza el proceso de importación, se verifica en cuál de las fábricas de Cummins se encuentra el repuesto y se verifica también la fecha de llegada, este proceso de importación de partes por lo general ocurre entre 15 a 30 días (Cummins Perú, 2014).

3.1.2.2. Elaboración de presupuesto.

El área correspondiente señala los costos de la mano de obra, repuestos, servicios de terceros que se utilizaran para la reparación puntual.

En el costo de la mano de obra corresponde al técnico mecánico o electricista es de \$ 42,00 por hora, constituidas por las horas de la reparación

general; recepción del motor, lavado, desarmado general, evaluación de componentes, armado general, pruebas de dinamómetro (Cummins Perú, 2014).

Los costos de los repuestos a utilizarse en la reparación general, con el listado de repuestos antes elaborado y solo se saca el costo y descuento dependiendo del cliente, así mismo si hubiera alguna mejora de cualquier componente, se incluye en el presupuesto final indicándole al cliente esta observación (Cummins Perú, 2014).

El costo de terceros corresponde a todos aquellos trabajos que no realiza Cummins Perú directamente pero que son aplicados al motor en el proceso de armado, como rectificación de algunos componentes; block de cilindros, culatas, turbos, etc., estos trabajos de terceros tienen también garantía de 06 meses (Cummins Perú, 2014).

Garantía; Cummins Perú da por la reparación general de motor 06 meses de uso o 2,500 horas lo primero que ocurra, desde la fecha de arranque inicial del motor en algún equipo, En caso de falla de cualquier repuesto nuevo instalado en el motor, Cummins Perú reparará el motor y/o componente sin costo para el cliente. Los repuestos reutilizados y/o aportados por el cliente quedan excluidos de la garantía, así mismo los repuestos nuevos utilizados en la reparación (Cummins Perú, 2014).

Enviar al cliente el presupuesto real junto con el informe de evaluación mediante el gerente de operaciones, las negociaciones de descuentos adicionales son asumidas por la gerencia comercial y operaciones (Cummins Perú, 2014).

En caso que el cliente no apruebe el servicio de mantenimiento y/o reparación, el cliente emitirá una Orden de Compra por el valor de mano de obra cotizado por los servicios de inspección, desarmado y evaluación pudiendo ser su valor aproximadamente 1/3 del valor de la mano de obra presupuestada y por el valor de las evaluaciones realizadas en talleres externos o de terceros, según corresponda (Cummins Perú, 2014).

Si el cliente no aceptase el presupuesto de mantenimiento y/o reparación de un motor, grupo generador y/o componente que se encuentra en la empresa, el mismo se mantendrá en almacenamiento, de acuerdo a lo establecido en el artículo 1123 y siguientes del Código Civil, ejerciendo su derecho de retención, por un plazo máximo de tres meses, comprometiéndose el cliente a pagar antes de su retiro, un monto diario equivalente al 2% del valor del presupuesto por dicho concepto (almacenamiento). Pasados los tres meses señalados, la empresa no se responsabilizará por el estado de los equipos y/o elementos del cliente. Pasados 6 meses desde el término del servicio sin que el cliente hubiese retirado su equipo, previo pago o entrega de garantía del pago de la reparación y/o almacenamiento, se podrá enajenar, en representación del cliente, la especie en cuestión (Cummins Perú, 2014).

Para tal efecto el cliente otorga mandato irrevocable a favor de Cummins para proceder a la venta de dicho bien en las condiciones que estime convenientes, pudiendo definir precio, plazo de pago, entrega etc., y aplicar todo o parte del precio recibido al pago de las obligaciones del cliente para con la empresa, quedando liberado de la obligación de rendir cuenta con la sola excepción de

restituir al cliente el saldo de precio, si existiera, dentro de los 30 días siguientes a la venta, lo anterior sin derecho a ningún reclamo del cliente o anterior propietario (Cummins Perú, 2014).

El trabajo se iniciará únicamente cuando Cummins recibe la correspondiente orden de compra emitida por el cliente, debidamente firmada, y adjuntando el presupuesto aprobado (Cummins Perú, 2014).

Toda falla que se produzca durante el período de garantía en motor, y/o componente, deberá ser notificado por el cliente a Cummins vía fax o correo electrónico en un plazo no mayor de 24 horas. La empresa procederá a cubrir el servicio solicitado, evaluará, analizará y determinará en terreno, si la falla lo permite, la aceptación o rechazo a la solicitud de cobertura de la garantía efectuada por el cliente. Si no se puede determinar en campo y si procede la garantía, el motor deberá enviarse al CRMD de Cummins Perú para su evaluación (Cummins Perú, 2014).

Al reparar un motor por garantía, se procede para dejarlo en las condiciones en las que estaba antes de ocurrida la falla. En caso de falla de un motor, y/o componente por cualquier causa, la empresa no se responsabiliza por lucro cesante o daño moral, ni perjuicios indirectos o daños incidentales o consecuenciales, por tanto, la garantía está limitada a la reparación del motor o componente sin costo para el cliente (Cummins Perú, 2014).

En el caso que el cliente decida almacenar un motor reparado por un período de tiempo superior a 6 meses, el inicio del período de garantía en repuestos regirá

también desde el arranque inicial, siempre y cuando el motor haya sido almacenado de acuerdo a las especificaciones (Cummins Perú, 2014).

Esta preparación para el almacenamiento prolongado (por encima de 6 meses) deberá ser solicitada por el cliente en forma expresa. El servicio de preparación para almacenajes prolongados será presupuestado en el mismo presupuesto de reparación o por separado (Cummins Perú, 2014).

La empresa no es responsable por fallas o daños resultantes de abuso o negligencia, falta de mantenimiento, aplicación inadecuada, sobre inyección de combustible, sobre velocidad, sistemas de admisión o de aire inapropiados (radiadores, enfriadores de aire, mangueras, etc.), almacenamiento inapropiado, arranques a sobre velocidad, incorrecto calentamiento (excesivo ralentí), paradas de motor violentas, contaminación en el aceite, petróleo, refrigerantes, aire no filtrado o prácticas de operación y/o mantenimiento del cliente que no cumplan con las especificaciones, como también, por el desgaste normal de las partes del motor y/o componente (Cummins Perú, 2014).

Para que la garantía sea válida, las alarmas audibles o visibles deben ser revisadas periódicamente por el usuario, de tal manera de asegurar su operatividad y puedan dar aviso de un problema ante los códigos de falla que da el sistema electrónico del motor. Así mismo, la data Cense y Quantum de los ECM es almacenada para su análisis. Cuando el cliente reporte un problema de garantía dentro de las 24 horas de producido el evento, es necesario que el cliente remita los análisis de aceite, el reporte de la falla dando detalles, y la data cense y quantum del ECM. (Cummins Perú, 2014).

En el caso de que el motor, y/o componente falle dentro del período de garantía y se establezca que dicha falla no corresponde a garantía, se enviará un presupuesto de reparación al cliente, para que una vez aprobado el mismo, se de curso a la reparación. El procedimiento para la activación de una garantía, establece que la Gerencia Técnica evaluará los antecedentes técnicos de cada caso de garantía potencial y determinará si la reparación corresponde o no a garantía, informando al cliente de este hecho y remitiendo el Informe Técnico respectivo. Si se determina que la reparación corresponde a garantía, cubrirá los costos de la misma basado en las coberturas indicadas anteriormente de mano de obra y repuestos (Cummins Perú, 2014).

La cobertura de repuestos estará dada por lo establecido por Cummins Inc. de acuerdo al daño progresivo establecido en sus manuales. Si se determina que la reparación no compete a una garantía, el cliente deberá pagar los costos de la reparación a Cummins Perú, emitirá el presupuesto de reparación respectivo (Apéndice F).

Con el presupuesto culminado, el área comercial de gran minería dirigida por el gerente comercial y el coordinador de reparaciones realizan una visita al cliente en mina donde realizan el sustento del presupuesto y de la evaluación a motor abierto, una vez aprobado el presupuesto se procede con el armado del motor (Cummins Perú, 2014).

3.1.3. Armado general de motor.

El armado de motor esta precedido por la aprobación del presupuesto por el cliente y con todos los repuestos listos para empezar este proceso. Así mismo todos aquellos componentes que tengan trabajo de terceros deberán pasar una inspección previa de calidad antes de empezar el armado, en caso hubiera alguna observación, deberán corregirla con el fin de garantizar un buen armado y funcionamiento del motor (Cummins Perú, 2014).

El armado del motor se resume en 3 etapas:

Armado de Short Block, el cual incluye el montaje de block de cilindros, cigüeñal, eje de levas, seguidores de leva, bielas, pistones, anillos, camisas, cárter, culatas, los cuales son componentes mayores del motor, esta es la base para el armado del motor.

Armado de Long Block, en esta etapa del armado se realiza el montaje de los componentes no mayores como aftercoolers, intercoolers, engranajes delanteros de distribución, enfriadores de aceite de motor, caja de termostatos, volate, post-enfriador, tapa de engranajes, inyectoros, balancines, tapa de balancines (Cummins Perú, 2014).

Una vez armado ya el motor en Long Block, se instalan los componentes periféricos como, bomba de aceite lubricante, bomba de agua, bomba de combustible, turbos de alta y baja, harness de motor, eliminador, filtros de combustible y cabezal de filtros, motor de arranque, compresor de aire (Cummins Perú, 2014).

Concluido el armado del motor este pasa por una inspección de calidad en la cual se revisan tolerancias, datos de aprietes de pernos, torques y diferentes especificaciones técnicas con la cual debe salir un motor antes de entrar a la prueba de dinamómetro (Cummins Perú, 2014).

Una vez terminada la inspección de calidad se procede a elaborar un RAM (Reporte de Armado de Motor), en el cual están todos los datos del armado ajustes y aprietes que se les dieron a todos los componentes del motor y se emite una vez terminada la prueba de dinamómetro al cliente (Apéndice G).

3.1.4. Prueba dinamométrica del motor.

Cummins Perú, (2014) En esta etapa el motor se prueba a su máxima eficiencia en un dinamómetro simulando condiciones de trabajo y de esta manera identificar algún desperfecto que haya podido originarse durante el proceso de reparación y verificar el correcto funcionamiento del motor antes de ser entregado al cliente. Durante la prueba en dinamómetro se evalúan los parámetros, siendo los principales valores a monitorear los siguientes: Velocidad de motor (RPM), potencia registrada en dinamómetro, presión de combustible (Psi) a diferentes RPM de motor, presión del múltiple de admisión (in Hg), Presión de múltiple de escape (in Hg), presión de aceite, presión de gases al cárter del motor, temperatura de combustible, temperatura de aceite en el cárter, temperatura del agua.

Concluida la prueba de rendimiento de motor en el dinamómetro se procede a elaborar un RPD (Reporte de Prueba de Dinamómetro), en el cual están todos los

parámetros que se midieron durante este proceso, esto se emite al cliente para su validación (Apéndice H).

Con esta etapa termina el proceso de reparación general de un motor por Overhaul, se procede a realizar el pintado del componente y embalaje, posteriormente se le comunica al cliente que la reparación a concluido para que coordine el recojo del motor de las instalaciones (Cummins Perú, 2014).

3.2.Desarrollo de experiencias

3.2.1. Reparación de motor Cummins por falla puntual o catastrófica.

El estudio de caso fue la falla de un motor QSK78 y se desarrollaron las etapas correspondientes a la evaluación de la falla y reparación del motor, estos procesos de reparaciones por falla involucran directamente a la fábrica por la garantía otorgada a los componentes después de la reparación general u overhaul de los motores, la fábrica reconoce la reposición de los componentes directamente comprometidos por alguna falla de producto, de la misma manera el taller de reparaciones CRMD, entrega al cliente la garantía por la reparación del motor y de componente instalado.

Los motores utilizados en la gran minería, suelen presentar fallas, ante la imposibilidad de su detección son enviadas a las instalaciones de Cummins Perú, para el proceso de reparación puntual, que incluye la evaluación de la falla, así como un análisis de los componentes afectados por la misma.

Tabla 4

Características del motor por falla puntual

Motor Cummins	Descripción
Modelo	QSK78
Serie	66302328
Inicio de garantía	02/12/2015
Horómetro	13,951,0 horas
Fecha de falla	18/02/2018
Equipo	HT-114
Cliente	Antamina

Nota: Modelo de motor con falla puntual. Fuente: Cummins Perú (2014).

En este proceso se generó un Gantt para poder mapear cada etapa de evaluación y emisión de informe final, se alcanzó al cliente, la información general del proceso, se interactuó con el área de PSG que es el área de Soporte de Garantías los cuales realizan las investigaciones necesarias para determinar el origen de la causa raíz de cada falla presentada en los motores.

3.2.2. Envío del motor.

El cliente envía una solicitud de servicios en este caso se solicita garantía de fábrica y se adjunta; data cense, data quantum, muestras de aceite, bitácora de trabajos en el motor e informe de instalación.

Si la falla del motor fuera catastrófica o falla mayor, como rotura de block por expulsión de pistones, candados hidráulicos, etc. se solicitará al cliente envíe

todas aquellas partes que salieron expulsadas por la inercia y fuerza al momento de la falla, estas partes son claves para la investigación y son enviadas a fábrica para un mayor análisis en laboratorios especializados y determinar los orígenes de las fallas prematuras en la composición de algunos componentes internos.

A raíz de estas evaluaciones que realiza fábrica para determinar los orígenes de las causas raíz, salen las mejoras o up grade para distintos componentes de los motores en sus composiciones internas, y lanza una campaña para el reemplazo de estos componentes que ya se saben que sufrirán fallas prematuras y de esta manera evita que motores de distintas faenas mineras sufran problemas similares. Todos estos datos se encuentran en la solicitud de servicio enviada por el cliente (Apéndice I).

3.2.3. Elaboración de plan de desarmado de motor.

El área de PSG revisa la información de mina, luego procedió a elaborar el plan de desarmado el cual permitió realizar las investigaciones necesarias ante la falla prematura de los componentes y determinar la causa raíz. En este caso el motor presento bloque de cilindros ventilado en los cilindros 7LB y 7RB, a partir de estos antecedentes se inició la investigación de la causa raíz, se emitió el plan con las siguientes actividades:

Tabla 5*Plan de actividades I para desarmado del motor*

Ítem	Actividad	Comentarios
1	Registro de juego axial de cigüeñal.	Verificación de juego axial del cigüeñal.
2	Revisar TIR de la volante.	Verificación de concentricidad de volante. Inspeccionar la parte inferior del motor.
3	Desmontaje de cárter.	Revisar y guardar el contenido del cárter (fragmentos para análisis de falla). Verificar por la parte inferior del motor indicios de daño en las camisas de los cilindros.
4	Revisar el juego entre bielas	Verificar el juego axial para descartar que las bielas hayan sufrido desgaste, por la baja presión de aceite
5	Revisar el Ajuste de los pernos de las tapas de las bancadas y las bielas.	Registrar del ajuste (break away torque) de las tapas de bancadas y bielas
6	Revisar metales de bancadas y bielas	Verificación de estado de los cojinetes del motor: Revisar los cojinetes de las bancadas. Revisar los cojinetes de empuje axial. Revisar los cojinetes de las bielas
7	Desmontar la bomba de aceite	Evaluación de la bomba de aceite. Inspeccionar y probar la válvula de regulación de presión de aceite, la válvula de alivio.

Nota: Plan inicial de desarmado del motor. Fuente: Cummins Perú SAC (2014).

Tabla 6*Plan de actividades II para el desarmado del motor*

Ítem	Actividad	Procedimiento
1	Desmontar el Eliminator	Revisar el eliminador por contaminación de partículas y estado interno de partes.
2	Revisar los turbos cargadores	Revisar los turbos por fugas de aceite y medir los juegos axial y radial de todos ellos.
3	Desmontar la cubierta de engranajes	Inspeccionar los engranajes de la distribución. Revisar los engranajes de la distribución por daños. Revisar ejes locos, espaciadores
4	Desmontaje de culatas	Inspeccionar las culatas y evaluar las culatas por tipo de daños.
5	Desmontaje de unidades de potencia.	Evaluación de los pistones, pin, anillos de pistón y camisas de cilindros.
6	Desmontar el cigüeñal	Evaluación del cigüeñal
7	Revisión del bloque de cilindros.	Análisis dimensional del bloque de cilindros.
8	Revisión de bielas	Evaluación de bielas.

Nota: Procedimientos del desarmado del motor. Fuente: Cummins Perú SAC (2014).

El plan de desarmado fue realizado por personal técnico de CRMD y personal de PSG. (Apéndice J).

3.2.4. Evaluación de componentes.

Tabla 7

Evaluación de componentes del motor

Componentes	Descripción	Estado
Bielas	7LB y 7RB	Inercia
Cojinetes de bielas	6RB,7LB,7RB	Destruídos
Cojinetes de bancadas	9LB y 9 RB	Desacoplamiento
Cojinetes de bancadas	7, 8	Giradas y recalentadas dañadas con ralladuras y sobrecalentamiento
Cojinetes de empuje	Cojinetes de axiales	
Block de cilindros	Cilindro 7 LB	Rotura del bloque de cilindros izquierdo
Bancada de bloque de cilindros	Bancada N° 8	Desgaste prematuro
Cilindros	Cilindro N° 7LB	Pistón y camisa de cilindro rotos
Cigüeñal	Puños de bancada 6, 7 y 8 Metales 6L y 6R se giraron.	Aparente daño por sobrecalentamiento El metal de biela 6R se muestra fundido
Puños del cigüeñal	Puño de las bielas 7L y 7R	Fundido. Con material externo adherido por fundición
	Puño de las bielas 8L y 8R	
	Puño de las bielas 9L y 9R	Desacoplar el generador.
Banco izquierdo del motor	Biela 7LB	Destruída
Banco derecho del motor	Biela 7RB	Pernos fracturados por el sobre esfuerzo
Pistón	7RB	Totalmente destruido
Bomba de aceite	Cuerpo ralladuras de desgaste	Ocasionado por contaminación
Internos de la bomba	Rotor	Dañado
Eje loco del Piñón	Con ralladuras	Dañado
Regulador de presión de aceite	54 Lbf	Fuera de especificación
Resorte regulador de presión	Resorte con desgaste	Desgaste prematuro
Embolo regulador de presión	Rayas del desgaste	Alojamiento del embolo regulador
Válvula de alivio	142 Lbf	Fuera de especificación
Resorte de la válvula de alivio	Longitud libre	Dentro de las especificaciones
Embolo de la válvula de alivio	Ralladuras	Desgaste del embolo de la válvula de alivio

Nota: Listado de los componentes evaluados del motor. Fuente: Cummins Perú SAC (2015).

En el cárter del motor se encontró las bielas 7LB y 7RB destruidas por la inercia de la falla, en el análisis de los componentes se identificaron posibles causas de origen; Se verifica que los cojinetes de las bielas números 6RB, 7LB y 7RB se destruyeron durante la falla del motor, los cojinetes de las bielas números 9LB y 9RB se destruyeron para desacoplar el motor del generador, los cojinetes de las bancadas números 7 y 8 giradas y recalentadas y los cojinetes números 7 y 8 se observan contraídos, en los cojinetes de empuje se encontraron los cojinetes de axiales del motor dañados.

El block de cilindros ventilado en ambos lados del motor (Posiciones de las bielas 7LB y 7RB), muestra la rotura del bloque de cilindros del lado izquierdo del motor (Cilindro 7LB), la bancada N° 8 con marcas de desgaste prematuro, en la evaluación del cigüeñal, se encontraron los puños de bancada 6, 7 y 8 con aparente daño por sobrecalentamiento (fundidos), los metales 6L y 6R se giraron. El metal de biela 6R fundido en el puño del cigüeñal, el puño de las bielas 7L y 7R está fundido, puño de las bielas 8L y 8R totalmente dañado. En 8R con material externo adherido por fundición, la biela 7LB del banco izquierdo del motor y la tapa de biela afectado durante la falla.

Se evaluó la biela 7RB del banco derecho del motor y la tapa de biela componente afectado durante la falla, los pernos se fracturados por el sobre esfuerzo del material, las bielas 6LB, 6RB, 8LB y 8RB, por ser las piezas laterales de las bielas directamente afectadas 7RB y 7LB, se observa recalentamiento.

La evaluación del pistón 7RB, se observa totalmente destruido, en la bomba de aceite se encontraron en el cuerpo ralladuras de desgaste ocasionado por

contaminación, los componentes internos de la bomba de aceite tenían desgaste de uno de los rotores y rayas en el eje loco del piñón de la bomba de aceite. La tensión del resorte regulador de presión de aceite es 54 Lbf (está fuera de especificación), La longitud libre del resorte regulador de presión de aceite está dentro de las especificaciones.

La Evaluación de embolo regulador de presión de bomba de aceite, muestran el desgaste del embolo regulador de presión de aceite y las rayas del desgaste que tiene el alojamiento del embolo regulador de presión. En la válvula de alivio la tensión del resorte de la válvula de alivio de aceite estuvo en 142 Lbf (está fuera de especificación). La especificación indica un valor entre 148 y 163 Lbf. La longitud libre del resorte de la válvula de alivio está dentro de las especificaciones con desgaste por fricción del resorte. En el embolo de la válvula de alivio, se muestra el desgaste del embolo de la válvula de alivio de aceite.

Tabla 8

Data Cense con el código de falla 143

Código de Falla	Estado	Color Luz	Nº	Descripción
253	Activo	EP	2	Bajo nivel de aceite (falla remota)
143	Inactivo	EP	5	Baja Presión de aceite (falla remota)
656	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 6
648	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 8
642	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 2
641	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 1
645	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 5
643	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 3

Nota: En la tabla se muestra la falla por baja presión de aceite en el motor Fuente: Cummins Perú (2015).

En el análisis de la data Cense, se registró el código falla N° 143 por Low Oil Pressure (Engine Protection). Correspondiente a una disminución en la presión de aceite en el motor. El Snapshot del ECM CENSE (FC143) registró que la caída de temperatura del cilindro 7RB en el momento que ocurre la falla.

Tabla 9

Data Cense con código de falla 611

Código de Falla	Estado	Color Luz	N°	Descripción
647	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 7
2144	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 9
646	Activo	Rojo	1	Alta T° escape Cilindro 6
754	Activo	Ninguno	1	Memoria de datos instantáneo de falla llena
695	Activo	Ninguno	1	Turbocompresor de margen derecho
747	Activo	Ninguno	1	Memoria de datos de tendencia casi llena
748	Activo	Ninguno	1	Memoria de datos de tendencia llena
749	Activo	Ninguno	1	Memoria de datos instantáneo de falla llena
611	Activo	Ninguno	1	Apagado del motor caliente
143	Activo	Ninguno	1	No hay descripción disponible

Nota: Características de la falla puntual en el motor. Fuente: Cummins Perú (2015).

Asimismo, se muestran las indicaciones en el Snapshot del ECM CENSE registró que la caída de presión ocurrió a las 13946.0986 horas, el día 18-febrero a la 17:10:12 horas.

Tabla 10*Data Quantum con código de falla 415 y 143*

Código de Falla	Estado	Cantidad	Lámpara	Descripción
471	Activo	7	EP	Nivel de aceite de motor de bajo mantenimiento
415	Inactivo	2	EP	Nivel de aceite del motor crítico bajo
143	Inactivo	1	EP	Advertencia de nivel bajo de aceite del motor
118	Inactivo	8	Ámbar	Sensor de presión de entrega de la bomba de combustible
514	Inactivo	5	Rojo	Válvula de control de combustible mecánicamente
318	Inactivo	7	Ámbar	Actuador de la bomba de suministro de combustible
112	Inactivo	20	Rojo	El actuador de tining del motor no responde
222	Inactivo	13	Ámbar	Circuito del sensor de presión barométrica
235	Inactivo	4	EP	Nivel de refrigerante del motor crítico bajo

Nota: En la tabla de muestran las fallas del nivel de aceite en el motor. Fuente: Cummins Perú (2015).

En la data Quantum almacenada al momento de la falla podemos observar El ECM Quantum registró FC143 y FC415 por baja presión de aceite del motor.

Tabla 11*Data Quantum con estado de la falla 143*

Código de Falla	Estado	Cantidad	Lámpara	Descripción
143	Inactivo	1	EP	Advertencia de nivel bajo de aceite del motor
	Interruptor de caída alternativa	off	off	
	Interruptor de baja velocidad alternativo	3	3	
	Interruptor de par alternativo	27.3	27.3	v
	Voltaje de la batería	off	off	
	Enganche de potencia Boest	High	High	
	El nivel de refrigerante	186.5	186.5	F
	Temperatura refrescante	78.2	78.2	%
	Abastecimiento de combustible deseado	56.94	56.94	%
	Interruptor de diagnóstico	off	off	
	Presión de aceite del motor	43.0	43.0	psi
	Velocidad del motor	1755	1755	RPM
	Repostaje ferroviario estimado	78.95	78.95	%
	Reabastecimiento de combustible estimado	57.73	57.73	%
	Corriente de realimentación de la bomba de combustible	7	7	A
	Presión de salida de la bomba de combustible	377.7	377.7	Psi

Nota: En la tabla se muestran las características de la falla puntual en el motor. Fuente: Cummins Perú (2015).

Los Snapshot señaló que a velocidad del motor > 0 RPM la presión de aceite es baja, el análisis de las muestras de aceite para determinar los componentes tiene desgaste prematuro y los agentes contaminantes que evitan el buen funcionamiento del sistema de lubricación. Las pruebas de aceite del motor han registrado valores críticos de Pb, valores de advertencia de Cobre, Silicio, Sodio, Potasio y Sulfatación. El periodo de cambio de aceite es alrededor de 500 horas. El plomo desde octubre del año anterior, inició la tendencia a incrementar, el hierro ha tenido

un incremento en el tiempo, por el desgaste prematuro de algunos componentes anteriormente vistos en el análisis de la falla, el balance de sulfatación con valores cercanos al límite de sulfatación en todo el periodo.

3.2.5. Análisis del caso.

En el caso descrito, la falla del motor se produjo por falla de los cojinetes de la biela N° 7RB por deficiente lubricación, consecuentemente la falla del cojinete produjo daño al cigüeñal, bloque de cilindros, bielas, pistones de motor y camisas de cilindros (7LB y 7RB), inyectores de aceite, etc. Por otro lado, el daño en los ejes de levas no está relacionado con esta falla.

El motor presentó problemas en los cojinetes desde el mes de octubre del 2015 corroborado con los análisis de aceite que tuvieron valores de plomo sobre los 11 ppm, con estos niveles debieron realizar un mantenimiento correctivo. También se evidencia que al prolongar el periodo de cambio de aceite a 500 horas se incrementó el desgaste de plomo, en el listado de fallas, algunas piezas no fueron afectadas tal es el caso de las cabezas de cilindro y los inyectores de combustible del motor.

Las fallas de las levas de escape de los dos ejes de levas se deben a problemas de ajuste. Durante la vida del motor se realizaron algunas labores que implican la regulación de válvulas por parte del cliente y Cummins Perú. Por lo tanto, no se puede determinar quien realizó el ajuste de válvulas incorrecto.

3.2.5.1. Respecto a la elaboración de presupuesto y aprobación de reparación de motor.

Culminado el análisis de la causa raíz de la falla del motor se procede a identificar que componentes y repuestos se tienen que utilizar para la reparación del motor y realizar la separación de cargos y ver que repuestos serán asumidos por fábrica, cuáles serán asumidos por CRMD y cuáles serán asumidos por el cliente, recordemos que el motor cuando falló ya tenían horas de trabajo y hubieron componentes que salieron fuera de servicio por desgaste natural de los componentes y que no son atribuidos directamente a la causa raíz de la falla.

Muchas veces el cliente por decisión propia solicita llevar la reparación a cero horas, lo cual significa reparar el motor de manera general teniendo en cuenta que el cliente asumirá una parte de la reparación menos aquellos componentes que están involucrados directamente en la falla, se realizarán para estos casos dos presupuestos uno por la falla y otro por la reparación general.

La garantía en este caso se da al componente o repuesto al que fue atribuida la falla de la misma manera que en la reparación general un año a partir de la reparación del motor. Se realiza una visita a mina haciendo la presentación al cliente, sobre el análisis de la falla realizada por el área de PSG y se le indica al cliente cual fue el origen de la causa raíz y el sustento del presupuesto elaborado para la aprobación del cliente. Aprobado el presupuesto por el cliente, se solicitan las partes necesarias para la reparación del motor para iniciar el armado y posterior prueba dinamométrica como se muestran en las reparaciones generales u overhauls (Apéndice L).

3.2.5.2. Respecto a reclamos de componentes y repuestos a fabrica.

Una vez realizada la separación de cargos, la distribuidora Cummins Perú procedió a reclamo a la Fabrica Cummins para este trámite se necesita enviar a la fábrica matriz todas las partes afectadas que están involucradas directamente en la falla para un análisis más minucioso en los laboratorios de ensayos en los cuales se realizan pruebas de destructibilidad, se analizan las composición de los componentes de esta manera, si en fábrica se detecta una mala composición del material se determina sacar una mejora y esta mejora deberá ser aplicada a todos aquellos motores que estén armados por estos componentes pobres de composición. La fábrica al terminar el análisis de las partes enviadas y verificar que es una falla de producto, autoriza a Cummins Perú proceder con el armado del motor asumiendo la fábrica los componentes involucrados en la falla.

3.2.5.3. Respecto al armado de motor y prueba dinamométrica.

Posterior al reconocimiento del costo por los repuestos involucrados en la falla por la fábrica matriz, se procede al armado del motor, en este caso solo se cambian los componentes que fallaron y si el cliente solicita llevar el motor a cero horas se le emitirá un nuevo presupuesto por reparación general excepto aquellos componentes involucrados directamente en la falla. En este caso el block de cilindros al ser el componente más afectado y el más caro se descarta ya que no existe procedimiento de recuperación ante esta falla catastrófica, la fábrica después de negociar con el cliente llega a un acuerdo y asume el 75% del costo del componente

Luego se realiza la prueba del dinamómetro para corroborar el correcto funcionamiento de todos los sistemas del motor y poder elaborar el reporte de

prueba dinamométrica la cual será emitida al cliente junto al reporte de armado del motor, posterior a esto el motor será enviado al área de pintado para su posterior recojo por parte del cliente (Apéndice M).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Primera: Las etapas del proceso de reparación de motores de alta potencia, requieren gestión del mantenimiento con disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos y maquinaria, acorde a las especificaciones técnicas, tecnologías emergentes, utilidad e incrementar las ganancias por disminución de la parada y el arranque de los procesos productivos.

Segunda: La distribuidora de motores de alta potencia de gran minería, desarrolla actividades de venta y reparación de maquinaria y equipos, cuenta con personal altamente capacitado y adiestrado en la zona centro, norte y sur del país, los procesos de reparación de motores están respaldados por procesos de mantenimiento con estándares de calidad.

Tercera: Los procesos del programa de Overhaul, cuentan con plan de reparaciones mensual, presupuesto anual del MRC, cumplimiento financiero mensual, monitoreo de las faenas mineras del país, para la reparación del motor cuyas fases son; desarmados, evaluación, elaboración del presupuesto, armado y prueba dinamométrica.

Cuarta: El proceso de reparación puntual incluye; evaluación de la falla y el análisis de los componentes del motor, las reparaciones por falla involucran a la fábrica por la garantía, después del overhaul, reconoce la reposición por falla de producto, soporte de garantías, investiga y determina el origen de la causa raíz de cada falla en los motores.

Recomendaciones

Primera: A la Universidad José Carlos Mariátegui, a fin de actualizar el plan curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica para incorporar cursos de especialidad en las áreas de Termodinámica, motores de combustión de mediana y alta potencia, gestión del mantenimiento industrial.

Segunda: A la Carrera de Ingeniería Mecánica para establecer el plan de actualización de los egresados en gestión del mantenimiento industrial mediante la utilización de programas y software para organizar, planificar, dirigir, evaluar y monitorear los procesos y operaciones del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Tercera: Al Instituto Superior Tecnológico Público José Carlos Mariátegui, a fin de fortalecer la carrera de mecánica automotriz y la creación de la especialidad de mantenimiento industrial, para la formación y adiestramiento de personal altamente calificado y cubrir la demanda de las diversas empresas mineras de la Región.

Cuarta: A los profesionales de la Ingeniería Mecánica, a fin de fortalecer su formación profesional para asumir mayores retos en la gestión del mantenimiento de las empresas del sector industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beneyto, J. (2013). *Motores alternativos. Apuntes del curso de Mecánica de fluidos I. Termodinámica*. Escuela técnica Superior de Ingenieros aeronáuticos. España.
- Cengel, Y. y Boles. M. (2014). *Termodinámica*. Octava edición. Editorial Mac Graw Hill. Mexico.
- Coetzee, J. (1997). *Toward a General Maintenance Model Proceeding of the 1997. IFRIM WORKSHOP*, Hong Kong.
- Coetzee, J. (1999). A holistic approach to the maintenance problem. *Journal of Quality in Maintenance Engineering (JQME)*, Vol. 5(3), 276-281.
<https://doi.org/10.1108/13552519910282737>
- Coetzee, J. (2000). Reducing Maintenance Risk a macro perspective. *Journal of Quality in Maintenance Engineering (JQME)*, Vol. 6 (3), 138-164
- Coetzee, J. (2006). *The New Maintenance Management Paradigm*. IME World Trends in Maintenance Conference.
- Coetzee, J. (2006). *Maintenance*. Text Book Maintenance Publisher USA.
- Coetzee, J. (2010). *The Rationale behind outsourcing of maintenance*. IME Conference. 2010
- Coetzee, J. (2016). *Towards a general Maintenance Model*. IME Conference. 2016

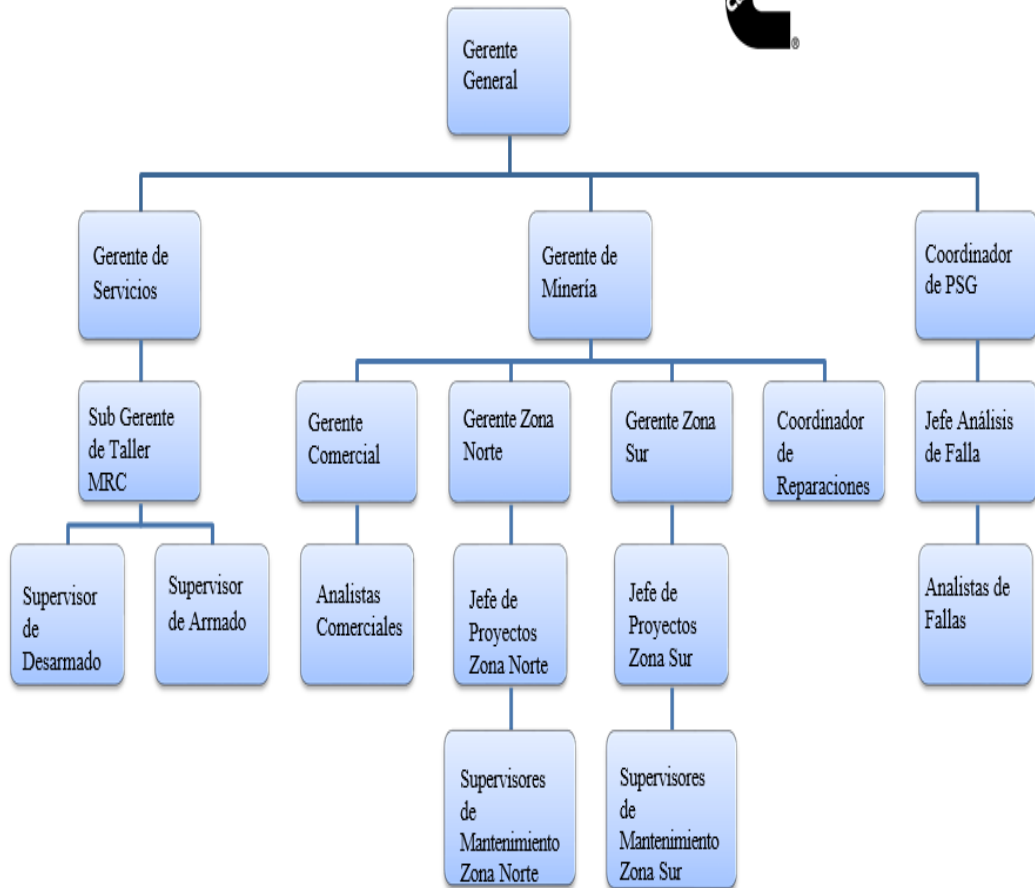
- Coetzee, J. (2019). *New advances in reliability centred Maintenance*. IME Conference 2019.
- CONALEP. (2003). *Manual teórico-Práctico de Reparación de motores de combustión interna*. Secretaria de Educación Pública. México.
- Consuegra, S. (2007). *Módulo Motores Diésel. Guía de estudio de la asignatura de Motores diésel*. Instituto tecnológico de Soledad Atlántico. ITSA. Editorial Fundación Cerrejón. Colombia.
- Cummins Perú SAC. (2014). *Manual de operaciones de mantenimiento*.
www.cumminsperu.pe
- Cummins Perú SAC. (2015). Quienes somos en www.cumminsperu.pe
- García, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento. Principios fundamentales*. Ediciones universitarias. Bogotá. Colombia.
- García, S. (2010). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Manual práctico para la implementación del sistema de gestión avanzado de mantenimiento industrial. Ediciones Díaz de santos S.A. Madrid. España.
- Gonzales, F. (2015). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. 2º edición. Editorial Fundación CONFEMETAL. Madrid. España.
- Goñi, J. y Rojas, M. (2016). *Manual de combustibles alternativos y tecnología automotriz*. 1º edición digital. Fondo Editorial Universidad de Lima. Lima -Perú.

- Jóvaj, M. (1982). *Motores de automóvil*. Editorial MIR. URSS. Rusia.
- Pascual, R. (2002). *Gestión Moderna del Mantenimiento*. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Payri, F. y Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona, España: Reverté.
- Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Fondo Editorial de la Universidad Santo Tomas. Bucaramanga. Colombia.
- Rafael, M. y Hernández, A. (2014). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. Publicación técnica N° 417. Secretaria de comunicaciones y transportes. Instituto Mexicano de Transportes. México.
- TECSUP. (2015). *Mantenimiento y sistema de control (unidad 3) en Gestión de equipo pesado*. Lima -Perú.

APÉNDICES

Apéndice A. Organigrama Gran minería Cummins Perú

ORGANIGRAMA GRAN MINERIA DE CUMMINS PERU



Apéndice B. Flujo de elaboración de programa de Overhaul anual

