

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

MEJORA PARA CAMBIO DE CORONA EN PALAS HIDRÁULICAS
KOMATSU PC-5500 Y PC-8000.

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

Alumno:

Jorge Victor Arenillas Palma

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

DEDICATORIA.

El presente trabajo de título está dedicado con amor a mi familia y a mis padres quienes han confiado en mis capacidades, me apoyaron en todo momento desde que inicie este camino. En especial a mi padre que desde pequeño forjo en mí el cariño, responsabilidad, ética y dedicación en el trabajo. Ayudándolo, aprendiendo, tomando lo mejor del gran hombre que es y a mi madre quien dedico tiempo y me ha entregado amor de manera incondicional.

Agradezco de corazón todo el apoyo prestado por la gerencia de estandarización y mejoramiento continuo, área diseño de Komatsu Chile, Alejandro Santana, Cristian Olate y al equipo humano de soporte palas, con especial reconocimiento y cariño a don Carlos Boris Baldi Andrades quien fue mi mentor en el inicio de esta carrera en Komatsu Chile iniciada hace más de 10 años y sostenedor de esta gran propuesta de mejora aplicable al mejoramiento continuo de la empresa.

RESUMEN

El presente trabajo de título presenta la solución a la problemática de Komatsu, una empresa del rubro minero, dedicada a la venta de equipos, repuestos y servicio de mantenimiento, en el proceso de cambio de componentes, específicamente cambio de corona en palas hidráulica PC-5500 y PC-8000, debido a la gran cantidad de maniobras críticas, exposición del personal a riesgos altamente críticos y la gran cantidad de días que se mantiene inoperativo el equipo que se encuentra expuesto a este cambio de componente. Es por eso que, en este trabajo, se propondrá la solución a su problemática, el cual será una maniobra que no contemple izajes equipos complejos y reduzca la cantidad de días de inoperatividad de los equipos, estudiando variables ingenieriles, seguridad y viabilidad económica, implementando una maniobra de soportes para retirar el componente sin la necesidad de realizar el desarme del equipo. La propuesta es reducir de 45 días que dura la maniobra actual a 15 días.

Se identificarán problemas puntuales tales como tiempo, recursos y seguridad que hacen necesario la adquisición de este conjunto de herramientas especiales de fabricación local, para ello se estudiarán los equipos en cuanto a sus pesos y puntos de soporte, logrando así fabricar herramientas para alzar el equipo y un conjunto para el retiro del componente, sin la necesidad de generar maniobras de izaje.

Se mostrará la empresa, filosofía de trabajo, tipos de equipos a los cuales aplicará la mejora y se determinará la problemática presente evaluando la maniobra actual utilizada para el cambio de componente y en base a sus desventajas se trabajará una mejora, logrando así la mejora continua del proceso.

Para la solución se propondrá una mejora la cual incorporará desarrollo de herramientas especiales, análisis de elemento finito a cada uno de las herramientas propuestas y análisis económico de la propuesta. Las herramientas contemplan un plan de mantenimiento basado en inspecciones periódicas a cada uno de los componentes que conforman el conjunto.

Para finalizar, se realizará un estudio de factibilidad considerando, costos de implementación, tiempos de ejecución y sobre todo mitigación de riesgos en cuanto a seguridad en el lugar de trabajo, implementando la mejora propuesta en faenas mineras, para así lograr resultados reales evidenciados del cambio de corona.

Tras realizado el trabajo se logró, la totalidad de los objetivos planteados, bajar los costos de la maniobra, se redujeron los días de inoperatividad dando como consecuencia mayor rentabilidad a la empresa, aumento de la disponibilidad de los equipos intervenidos y principalmente se eliminaron por completo las maniobras de alto riesgo

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 2

 OBJETIVOS GENERALES: 2

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 2

CAPITULO 1. EMPRESA, EQUIPOS Y DETERMINACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA deL cambio de corona GIRO. 3

 1.1 EMPRESA..... 4

 1.1.1 Cronología de komatsu y komatsu mining germany..... 4

 1.1.2 Filosofía komatsu. 7

 1.2 PRESENTACIÓN DE EQUIPOS..... 8

 1.2.1 Partes de los equipos. 8

 1.2.2 Versiones de los equipos. 11

 1.2.3 PC5500..... 12

 1.2.4 PC8000..... 13

 1.3 PROBLEMÁTICA Y MANIOBRA ACTUAL DEL CAMBIO DE CORONA. 15

 1.3.1 Retiro de corona de giro. 16

 1.3.2 Instalación de corona de giro. 25

 1.3.3 Pruebas operativas..... 34

 1.4 ESTUDIO DE COSTOS ASOCIADO A LA MANIOBRA ACTUAL. 35

 1.4.1 Valores de arriendo y compra. 35

 1.4.2 Perdidas por inoperatividad..... 36

 1.4.3 Diagnóstico y soluciones..... 36

CAPITULO 2. DESARROLLO Y DISEÑO DE SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL CAMBIO DE CORONAS EN PALA HIDRÁULICA PC5500 Y PC8000. 38

2.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	39
2.1.1	Kit de herramientas para mejora de cambio e corona.	39
2.2	MANIOBRA PROPUESTA	47
2.2.1	Retiro de la corona de giro	47
2.2.2	Instalación de la corona de giro.	55
2.2.3	Pruebas operativas.....	63
2.3	ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.	64
2.3.1	Valores de arriendo y compra.	64
2.3.2	Perdidas por inoperatividad.....	65
2.3.3	Resumen de estudio.....	65
CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE MANIOBRA PROPUESTA PARA CAMBIO DE CORONA EN PALAS HIDRÁULICAS PC-5500 Y PC-000 EN FAENA MINERAS.		66
3.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA	67
3.1.1	Posicionamiento de base y balde.	68
3.1.2	Retracción de cilindro boom.	68
3.1.3	Instalación y posicionamiento de banquillos, cilindros y soporte de elevación.	69
3.1.4	Retiro de los pernos de sujeción con carbody y elevación de súper estructura.	69
3.1.5	Instalación de las cuñas mecánicas.	70
3.1.6	Armado e instalación de estructura mecano.....	70
3.1.7	Retiro de corona de giro desde la ubicación en la súper estructura.	71
3.1.8	Instalación de corona de giro.	72
3.2	COMPARATIVO DE MANIOBRAS.	72
3.3	Rentabilidad del proceso.	75
3.3.1	Rentabilidad global.	75
CONCLUSIÓN.....		78
BIBLIOGRAFÍA.		79

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1 Logo Komatsu. 4

Figura 1-2 Primera pala de cable eléctrica. 5

Figura 1-3 Primera pala hidráulica. 5

Figura 1-4 Primera excavadora de minería hidráulica H241. 6

Figura 1-5 Pala de extracción minera más grande el mundo H485. 6

Figura 1-6 Pala hidráulica Komatsu. 7

Figura 1-7 Pala hidráulica de extracción minera tipo excavadora. 7

Figura 1-8 Sectores principales de una pala hidráulica. 8

Figura 1-9 Equipo de trabajo modalidad excavadora. 9

Figura 1-10 Equipo de trabajo modalidad frontal. 9

Figura 1-11 Súper Estructura. 10

Figura 1-12 Súper Estructura. 10

Figura 1-13 Conjunto bastidor de orugas. 11

Figura 1-14 a) Rueda tensora. b) Rueda Motriz. 11

Figura 1-15 PC5500E FS 13

Figura 1-16 PC5500D BH. 13

Figura 1-17 PC8000D FS. 14

Figura 1-18 PC8000E BH. 14

Figura 1-19 Corona de giro. 15

Figura 1-20 Engranaje de la corona 15

Figura 1-21 Posicionamiento de pala en sector de trabajo. 17

Figura 1-22 Retiro de la pala respecto al balde. 17

Figura 1-23 Retiro de cilindros de volteo balde. 18

Figura 1-24 Maniobra y retiro de stick. 19

Figura 1-25 Retiro conjunto boom con cilindros de boom y stick. 19

Figura 1-26 Retiro de pernos de sujeción del contrapeso.	20
Figura 1-27 Retiro de contrapeso desde la pala.	20
Figura 1-28 Unión rotatoria hidráulica.	21
Figura 1-29 Motor y reductor de giro.	22
Figura 1-30 Pernos de sujeción de corona respecto a carbody.	22
Figura 1-31 Instalación de maniobras de izaje en alojamientos de súper estructura.	23
Figura 1-32 Retiro de súper estructura desde carbody y postura sobre soportes.	23
Figura 1-33 Retiro de las líneas de lubricación de los polines de la corona.	24
Figura 1-34 Instalación de soportes de corona de giro.	24
Figura 1-35 Retiro de súper estructura sin corona desde los soportes.	25
Figura 1-36 Corona de giro liberada.	25
Figura 1-37 Base de prueba para elongación de pernos de anclaje.....	26
Figura 1-38 Limpieza de superficies de contacto con corona de giro.....	27
Figura 1-39 Identificación de marca "S" de la corona de giro.	27
Figura 1-40 Posicionamiento de corona nueva sobre soportes para instalación.	28
Figura 1-41 Izaje de súper estructura hacia soportes de instalación.	29
Figura 1-42 Marcas de referencia "S" enfrentadas y posición final de la corona.	29
Figura 1-43 Prueba de tintas penetrantes.	29
Figura 1-44 Instalación de líneas de lubricación de los polines.....	30
Figura 1-45 Medición de juego entre dientes.....	30
Figura 1-46 Instalación de piñón, lubricación de engranaje e instalación de tapas.	31
Figura 1-47 Instalación de pernos guía.	31
Figura 1-48 Traslado y posicionamiento de súper estructura en el alojamiento del carbody.....	32
Figura 1-49 Instalación y apriete de los pernos de sujeción de la corona con carbody. ..	32
Figura 1-50 Instalación de unión rotatoria.	33
Figura 1-51 Instalación de contrapeso del equipo y apriete de pernos de sujeción.	33
Figura 1-52 Instalación de equipo de trabajo.	34
Figura 1-53 Pruebas operativas.	34

Figura 2-1 Conjunto banquillos con cilindros hidráulicos de levante.....	41
Figura 2-2 (1) Base de elevación; (2) Alojamiento de pasador unión con súper estructura; (3) brazo de apoyo con súper estructura; (4) oreja de izaje para instalación y/o traslado; (5) cajón para instalación y/o traslado.....	41
Figura 2-3 Memoria de cálculo de soporte de elevación.	42
Figura 2-4 (1) Mesa y Soporte para deslizamiento horizontal del balde; (2) patines deslizantes con rodamientos; (3) oreja de izaje para instalación y/o traslado.....	43
Figura 2-5 Memoria de cálculo soporte de desplazamiento horizontal.	43
Figura 2-6 Memoria de cálculo mesa para soporte.	43
Figura 2-7 (1) Rieles de desplazamiento fuera de súper estructura; (2) Rieles de desplazamiento sobre carbody; (3) Patas ajustables en altura para compensar desnivel; (4) Pilares; (5) Soportes Para rieles frontales (5.1) y rieles interiores (5.2); (6) Diagonales; (7) Placas de fijación de estructura a carbody; (8) Topes de desplazamiento de base de retiro e instalación; (9) Refuerzos para uniones de rieles.....	44
Figura 2-8 Memoria de cálculo estructura mecano posición de cambio de corona.	45
Figura 2-9 Memoria de cálculo estructura mecano posición de traslado.....	45
Figura 2-10 Memoria de cálculo estructura mecano posición de retiro e instalación.....	45
Figura 2-11 (1) Estructura principal de dos piezas; (2) Placas de unión de la estructura principal; (3) Base de apoyo y topes para regulación de altura; (4) Topes seguro de la corona; (5) Argollas de fijación e izaje; (6) Compartimientos para cilindros hidráulicos y topes de seguridad; (7) Orificio para instalación de líneas hidráulicas de alimentación de los cilindros; (8) Alojamientos de desplazamiento; (9) Argollas de arrastre.....	46
Figura 2-12 Memoria de cálculo a base de traslado e instalación.....	47
Figura 2-13 Posicionamiento de la pala para la maniobra.	48
Figura 2-14 Posicionamiento de balde sobre soporte de desplazamiento horizontal.....	48
Figura 2-15 Desacople de cilindros de Boom.	49
Figura 2-16 Unión rotatoria hidráulica.	50
Figura 2-17 Motor y reductor de giro.	50
Figura 2-18 Posicionamiento de los banquillos bajo la súper estructura.	51
Figura 2-19 Instalación de soportes delanteros y alineación de banquillos.	51
Figura 2-20 Retiro de pernos de sujeción de corona al carbody.	52
Figura 2-21 elevación de la súper estructura.....	52
Figura 2-22 Instalación de cuñas mecánicas.	53
Figura 2-23 Retiro de pernos de sujeción de corona con súper estructura.....	53

Figura 2-24 Armado e instalación de estructura mecano.....54

Figura 2-25 Posicionamiento de base de retiro de corona bajo súper estructura. 54

Figura 2-26 Retiro de corona de giro desde la súper estructura.....55

Figura 2-27 Base de prueba para elongación de pernos de anclaje.....56

Figura 2-28 Limpieza de superficies de contacto con corona de giro.....56

Figura 2-29 Identificación de marca "S" de la corona de giro. 57

Figura 2-30 Posicionamiento de corona en base de instalación sobre rieles de estructura mecano. 57

Figura 2-31 Instalación de pernos de sujeción de corona de giro. 58

Figura 2-32 Retiro de la base de instalación de corona desde estructura mecano. 58

Figura 2-33 Retiro de estructura mecano. 59

Figura 2-34 Instalación de pernos de sujeción faltantes. 59

Figura 2-35 Asentamiento de corona y súper estructura sobre carbody. 60

Figura 2-36 Instalación y apriete de pernos faltantes.....60

Figura 2-37 Retiro de banquillos y cilindros de elevación. 61

Figura 2-38 Instalación de unión rotatoria. 61

Figura 2-39 Lubricación de corona e instalación de tapas protectoras. 62

Figura 2-40 Posicionamiento de cilindros de boom.....62

Figura 2-41 Retiro de soporte de desplazamiento del balde. 63

Figura 2-42 Pruebas operativas. 63

Figura 3-1 Posicionamiento del balde sobre base de desplazamiento. 68

Figura 3-2 Retiro de cilindros de Boom.....69

Figura 3-3 Instalación de banquillos y soporte de elevación. 69

Figura 3-4 Retiro de pernos de sujeción de corona con carbody y elevación de la súper estructura. 70

Figura 3-5 Instalación de cuñas mecánicas. 70

Figura 3-6 Armado e instalación de estructura mecano.....71

Figura 3-7 Retiro de corona desde super estructura y desde estructura mecano. 71

Figura 3-8 Instalación de corona de giro. 72

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1 Tarifas de arriendo de equipo de izaje.....35

Tabla 1-2 Tarifas de compra de elementos de izaje.....35

Tabla 1-4 Tarifa contrato Komatsu pc-5500D FS.....36

Tabla 2-1 Tarifas por concepto de fabricación y arriendo de herramientas.....64

Tabla 2-2 Tarifa contrato Komatsu pc-5500D FS.....65

Tabla 3-1 Listado de Faenas y equipos a nivel nacional.....75

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 3-1 Comparativo de la cantidad de días de cada maniobra.....73

Gráfico 3-2 Comparativo de perdidas por inoperatividad del equipo.....73

Gráfico 3-3 Comparativo de costos asociados a la maniobra. 74

Gráfico 3-4 Rentabilidad global de la implementación. 76

SIGLA Y SIMBOLOGÍA.

SIGLA:

ART	: Análisis de Riesgo del Trabajo.
BH	: Backhoe (Excavadora).
CPD	: Costo por Día.
CPH	: Costo por hora.
D	: Diésel.
E	: Eléctrica.
EUR/Hr	: Euro por hora de operación.
FS	: Front Shovel (frontal).
H.H	: Horas Hombre.
USD	: Dólar Estado Unidense.
USD/Día	: Dólar Estado Unidense por día.
USD/Hr	: Dólar Estado Unidense por hora.
%	: Porcentaje.

SIMBOLOGÍA:

A	: Ampere.
HP	: Horse Power (potencia).
Hz	: Herz.
kg	: Kilógramo.
kN	: Kilo Newton.
kW	: Kilo Watt.
m	: Metro
mm	: Mili metro.
m ³	: Metro cúbico.
MPa	: Mega Pascal.
N	: Newton.
Nm	: Newton Metro.
rpm	: Revolución por minuto.
t	: Tonelada.
V	: Volt.

INTRODUCCIÓN

Komatsu. Es una empresa dedicada principalmente al rubro de Minería, la sucursal matriz de Chile, se encuentra ubicada en Américo Vespucio Santiago, teniendo presencia en faenas mineras a lo largo del territorio nacional y Latinoamérica, siendo en esta sucursal donde se controlan los procesos productivos de cada una de las faenas. La empresa se especializa en la venta de equipos, repuestos y procesos de mantenimiento y reparación. Para cumplir con tal objetivo esta empresa se ha equipado con recursos necesarios para poder realizar los trabajos, asegurando así el cumplimiento de la prestación de servicios. En su constante búsqueda de la mejora continua la empresa, establece implementar mejoras a sus procesos internos y externos, uno de los procesos productivos del área de prestación de servicios es el de mantenimiento, en este caso nos enfocaremos a mantenimiento preventivo programado focalizado en el cambio de componentes, ya sea por condición o por vida útil. La Corona de giro es un rodamiento de engranajes abiertos (externos), este componente se encuentra situado en el centro del equipo, por medio de este es posible generar el giro en 360°, permitiendo el desempeño operacional para el cual fue fabricado el equipo.

Este trabajo de título se desarrollará centrado en solo dos equipos pertenecientes a la gama de equipos Komatsu, palas hidráulicas Komatsu pc-5500 y pc-8000. Los equipos son de fabricación directa en Alemania, en Komatsu Mining Germany, la electrónica de control desarrollada en Japón y ensamblada en Alemania. Desde allí se distribuyen a los distintos sectores del mundo por intermedio de alguna filial, sucursal directa o directamente al cliente final. Ambos equipos están desarrollados para trabajo en minería de extracción a rajo abierto.

El cambio de corona de giro en las palas hidráulicas es el componente que tiene mayor vida útil en el equipo, su cambio está programado cada 30.000 horas de operación y a su vez es el cambio de componentes que implica el mayor uso de recursos.

En la actualidad una detención programada por cambio de corona de giro se desarrolla en 45 días de trabajo, con maniobras de izaje complejas debido a las capacidades que deben tener los equipos de izaje como el peso de los componentes, el de mayor peso 200 toneladas aproximadamente lo que hace difícil la disposición de grúas para dicha capacidad y lo que convierte en mayormente esta maniobra como compleja es la exposición de los técnicos a dichas maniobras de izaje exponiéndolos a este riesgo.

El propósito del presente trabajo, es dar una solución a las necesidades de Komatsu. Para facilitar las maniobras de cambio de componente y disminuir los riesgos

e inoperatividad de los equipos. Para cumplir con los requerimientos se diseñará una maniobra nueva para el cambio de componente contemplando herramientas especiales logrando así reducir los tiempos de detención. Finalizando con la implementación operacional de la mejora propuesta y reflejando las mejoras encontradas al proceso.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

Desarrollar mejora para el proceso de cambio de coronas en palas hidráulicas Komatsu PC-5500 y PC-8000, mediante estudio técnico ingenieril, logrando así una disminución de tiempos de detención y costos asociados, disminuyendo perdidas por inoperatividad, aumentando la disponibilidad de los equipos y eliminando la exposición de técnicos a maniobras complejas de alto riesgo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar la problemática actual para la maniobra de cambio de corona en palas hidráulicas Komatsu PC-5500 y PC-8000, mediante la demostración de la maniobra utilizada para el cambio de corona de giro y análisis de pérdidas asociadas al cambio de corona, logrando así poner en evidencia la problemática y las oportunidades de mejora aplicables al proceso.
2. Proponer una mejora para cambio de corona en palas hidráulicas Komatsu PC-5500 y PC-8000 utilizando factibilidad técnica, análisis de ingeniería y estudio comparativo y de costos, obteniendo una mejora viable para el proceso logrando aumentar la disponibilidad, reducción de costos en la ejecución y disminuyendo los riesgos asociados a la actividad.
3. Implementar mejora de cambio de corona en palas hidráulicas Komatsu PC-5500 y PC-8000 en faenas mineras que posean contrato MARC, mostrando la ejecución de la actividad, evidenciando las ventajas, la rentabilidad del proceso y mostrando los resultados económicos tangibles de la mejora propuesta.

**CAPITULO 1. EMPRESA, EQUIPOS Y DETERMINACIÓN DE LA
PROBLEMÁTICA DEL CAMBIO DE CORONA GIRO.**

Este capítulo presentará a Komatsu Chile como empresa y su rubro en el mercado, se realizará una reseña de los equipos PC-5500 y PC-8000 y se expondrá la necesidad de innovar que tiene la empresa respecto al proceso de cambio de coronas para palas hidráulicas PC-5500 y PC-8000, dando a conocer la problemática existente para el cambio de este componente.

1.1 **EMPRESA**

La empresa lleva el nombre de la ciudad Komatsu, que se encuentra en la Prefectura de Ishikawa de la región de Hokuriku en Japón. El nombre real “Komatsu” se traduce en castellano como “pequeño árbol de pino”. Fue fundada en el año 1921 por el Sr. Meitaro Takeuchi. Hoy en día, el logotipo de Komatsu (figura 1-1.), sigue siendo el diseño más básico que representa la marca Komatsu. Refleja la imagen Komatsu de fiabilidad, estabilidad y fuerza. La sofisticación bien equilibrada del logo, el diseño único de la letra “T”, y el color vivo Gloria azul profundo simbolizan un carácter corporativo y un líder en la innovación tecnológica.



Fuente: www.komatsu.cl

Figura 1-1 Logo Komatsu.

Komatsu es una empresa dedicada a la venta de equipos, venta de servicios de mantenimiento tanto para la construcción, Forestal y Minería. Es en este último sector de negocio donde se enfocará este proyecto de título.

1.1.1 **Cronología de komatsu y komatsu mining germany.**

1907. La alianza Mannesman y Demag, construyen la primera pala de extracción de cable eléctrica (figura 1-2).



Fuente: Historia palas KMG.

Figura 1-2 Primera pala de cable eléctrica.

1954. Se construye la primera pala de extracción con activación completamente hidráulica. (Figura 1-3).



Fuente: Historia palas KMG.

Figura 1-3 Primera pala hidráulica.

1978. Se construye la primera pala hidráulica de extracción para minería a rajo abierto, bajo la marca DEMAG y modelo H241 (figura 1-4).



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-4 Primera excavadora de minería hidráulica H241.

1986. Fabricación de la pala de extracción minera a rajo abierto más grande del mundo, bajo la marca DEMAG y modelo H485 (figura 1-5).



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-5 Pala de extracción minera más grande el mundo H485.

1996. Establecimiento de Demag Komatsu. Luego pasó a llamarse Komatsu Mining Germany, fusión total entre DEMAG y Komatsu. Este es el Hito que marca en la historia de Komatsu la base para este trabajo de título, ya que es aquí cuando se comienzan a fabricar las palas hidráulicas bajo el alero de Komatsu.

1998. Komatsu toma el control total de DEMAG y los equipos de fabricación Alemana, comienzan a portar y ser distribuidos bajo la marca Komatsu (figura 1-6).



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-6 Pala hidráulica Komatsu.

2004. Fabricación de la primera pala hidráulica de extracción minera PC-8000 con modalidad excavadora (figura 1-7).



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-7 Pala hidráulica de extracción minera tipo excavadora.

1.1.2 Filosofía komatsu.

Komatsu, tiene por filosofía el K-WAY, que son los valores de la compañía. Komatsu Way es una declaración de valores del Grupo Komatsu con el que cada integrante de la compañía se compromete con estos principios, Calidad y Confiabilidad, Orientación al cliente, Definición de la causa raíz, Filosofía GEMBA (lugar de trabajo), Implementación de políticas, Colaboración con los socios comerciales y Desarrollo del recurso humano. Con estos principios Komatsu busca la mejora continua de sus procesos y ser pioneros en tecnología, seguridad, socios estratégicos y pioneros en el rubro.

1.2 PRESENTACIÓN DE EQUIPOS.

Este trabajo de título se desarrollará centrado en solo dos equipos pertenecientes a la gama de equipos Komatsu, pala hidráulica Komatsu pc-5500 y pc-8000. Los equipos son de fabricación directa en Alemania, en Komatsu Mining Germany, la electrónica de control desarrollada en Japón y ensamblada en Alemania. Desde allí se distribuyen a los distintos sectores del mundo por intermedio de alguna filial, sucursal directa o directamente al cliente final. Ambos equipos están desarrollados para trabajo en minería de extracción a rajo abierto.

1.2.1 Partes de los equipos.

Los equipos se dividen principalmente en tres sectores (figura 1-8), equipo de trabajo, súper estructura y bastidor de orugas.

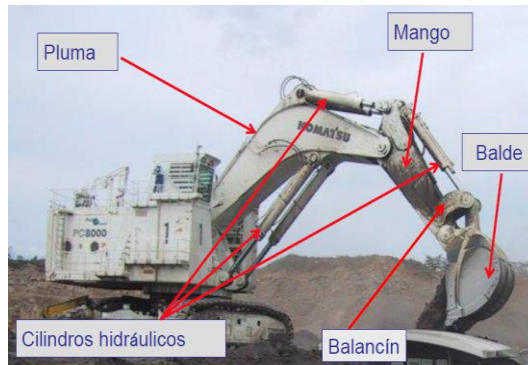


Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-8 Sectores principales de una pala hidráulica.

1.2.1.1 Equipo de trabajo.

En el equipo de trabajo (figura 1-9 y 10) se encuentra el brazo principal Boom (pluma), brazo de acción Stick (mango), balde y cilindros principales de accionamiento, uno por cada movimiento de los componentes (cilindro de boom, cilindro de stick y cilindro de balde) contando con un par de cilindros para cada movimiento.



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-9 Equipo de trabajo modalidad excavadora.

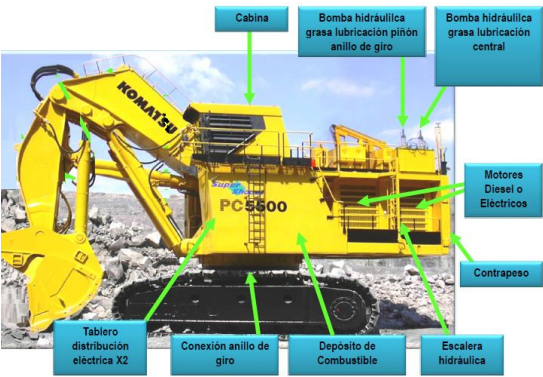


Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-10 Equipo de trabajo modalidad frontal.

1.2.1.2 Súper estructura.

En la súper estructura (figura 1-11 y 12), se ubican los siguientes sectores, sala de máquinas encontrando allí los motores Diésel o eléctricos y las bombas hidráulicas principales, Motores y reductores de giro, Sala de control X2, Cabina del operador, Tanque hidráulico, Enfriadores de hidráulico, Contrapeso, Bombas de engrase centralizado, Depósito de combustible en palas con motor Diésel y Escalera de acceso principal.



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-11 Súper Estructura.

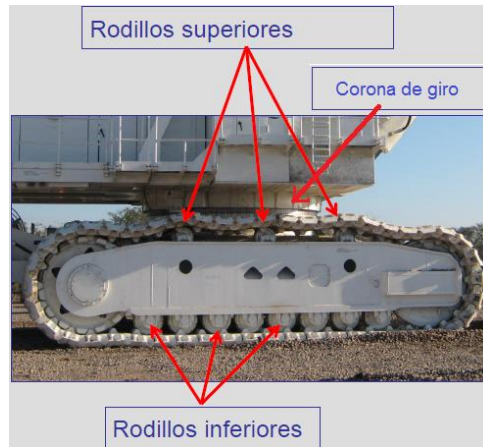


Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-12 Súper Estructura.

1.2.1.3 Bastidor de orugas.

En el conjunto bastidor de orugas (figura 1-13 y 14), se encuentran ubicados los siguientes componentes, Cadena que este es el conjunto de zapatas, Rueda guía o tensora, cilindros tensores, Rueda motriz o Sprocket, Rodillos superior, Rodillos inferior, Bastidor, Carro central o carbody, Motores y reductores de traslado y Corona de giro.



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-13 Conjunto bastidor de orugas.



Fuente: Curso Familiarización palas Komatsu.

Figura 1-14 a) Rueda tensora. b) Rueda Motriz.

1.2.2 Versiones de los equipos.

Los equipos se pueden encontrar en distintas versiones, estas divididas en modalidad de trabajo y propulsión.

1.2.2.1 Versiones por Modalidad de trabajo.

Para ambos modelos de pala, se encuentran en su modalidad tanto de carga frontal como de tipo excavadora. Para los modelos de carga frontal se asocian las siglas FS (front Shovel) y para la modalidad excavadora se asocia la sigla BH (backhoe).

1.2.2.2 Versiones por Propulsión.

Para ambos modelos de equipo se encuentran en su modalidad de propulsión, implementadas con Motor Diésel o Motor Eléctrico. Para los modelos con motor diésel se asocia la sigla D (Diésel) y para los modelos con motor eléctrico se asocia la sigla E (Eléctrica).

1.2.2.3 Nomenclaturas para las clasificaciones de los equipos.

Considerando las clasificaciones, las nomenclaturas para los modelos de equipos existentes en el mercado son las siguientes, PC5500D BH; PC5500D FS; PC5500E BH; PC5500E FS; PC8000D BH; PC8000D FS; PC8000E BH; PC8000E FS.

1.2.3 PC5500.

La pala hidráulica Komatsu modelo PC5500 con configuración Frontal o excavadora (figura 1-15 y 16 respectivamente), está diseñada para el carguío de camiones mineros Komatsu modelo 830E o 930E. Según las necesidades del cliente, el equipo se implementa con motor Diésel o con motor eléctrico. La estructura está montada sobre orugas de 1,35[m] de ancho, con un balde de 29 m³ como capacidad de carga, y posee un peso operativo aproximado de 550[t].

La pala PC5500D cuenta con 2 motores Diésel Komatsu SDA12V159E-2 o Cummins KTTA-38, de 12 cilindros en V, cuatro tiempos, turbo alimentado y pos enfriado con aire. Con una potencia al volante neta de 940 [kW] 1260 [HP] por cada motor, a nivel del mar.

La pala PC5500 E cuenta con 2 motores Eléctricos ABB de Inducción Tipo Jaula de Ardilla. Con una potencia neta de 900 [kW] 1206 [HP] por cada motor, voltaje de alimentación 6600[V], corriente de trabajo 215[A] y una frecuencia de 50 [Hz] a 1500 rpm.

El equipo tiene las siguientes dimensiones, si cuenta con modalidad Frontal, el largo es de 24,5[m], 8,6[m] de alto y 8,6[m] de ancho. Si se encuentra equipado con modalidad excavadora, las dimensiones son las siguientes, 26,2[m] de largo, 8,6[m] de alto y 8,6[m] de ancho. Ambas modalidades tienen las mismas dimensiones en cuanto a la súper estructura, sin considerar el equipo de trabajo, 12,5[m] de largo, 8,6[m] de ancho y 8,6[m] de alto.



Fuente: Folleto informativo palas Komatsu.

Figura 1-15 PC5500E FS



Fuente: Folleto informativo palas Komatsu.

Figura 1-16 PC5500D BH.

1.2.4 PC8000.

La pala hidráulica Komatsu modelo PC8000 con configuración frontal o excavadora (figura 1-17 o 18 respectivamente), están diseñada para el carguío de camiones mineros de 240[t] y superior. Según las necesidades del cliente, la excavadora Komatsu puede ser configurada con motor Diésel o con motor eléctrico. La estructura está montada sobre orugas de 1,5[m] de ancho, con un balde de 42 m³ como capacidad de carga y posee un peso operativo aproximado de 770[t].

La pala PC8000 D cuenta con 2 motores Diésel, Komatsu SDA16V160E-2 o Cummins QSK-60, de 16 cilindros en V, cuatro tiempos, turbo alimentado y pos

enfriado con aire. Con una potencia al volante neta de 1500 [kW] 2011 [HP] por cada motor, a nivel del mar.

La pala PC8000 E cuenta con 2 motores eléctricos ABB de Inducción Tipo Jaula de Ardilla. Con una potencia neta de 1450 [kW] 1944 [HP] por cada motor, voltaje de alimentación 6600[V], corriente de trabajo 155[A] y una frecuencia de 50[Hz] a 1500 rpm.

El equipo tiene las siguientes dimensiones, si cuenta con modalidad Frontal, el largo es de 27[m], 9,7[m] de alto y 10[m] de ancho. Si se encuentra equipado con modalidad excavadora, las dimensiones son las siguientes, 30,6[m] de largo; 9,7[m] de alto y 10[m] de ancho. Ambas modalidades tienen las mismas dimensiones en cuanto a la súper estructura, sin considerar el equipo de trabajo, 14,1[m] de largo, 10[m] de ancho y 9,7[m] de alto.



Fuente: Folleto informativo palas Komatsu.

Figura 1-17 PC8000D FS.



Fuente: Folleto informativo palas Komatsu.

Figura 1-18 PC8000E BH.

1.3 PROBLEMÁTICA Y MANIOBRA ACTUAL DEL CAMBIO DE CORONA.

Komatsu en su constante búsqueda de la mejora continua, establece implementar mejoras a sus procesos internos y externos, uno de los procesos productivos del área de prestación de servicios es el de mantenimiento, en este caso nos enfocaremos a mantenimiento preventivo programado focalizado en el recambio de componentes, ya sea por condición o por vida útil.

La Corona de giro (figura 1-19) es un rodamiento de engranajes abiertos externos (figura 1-20), este componente se encuentra situado entre el carbody del equipo y la súper estructura, por medio de este es posible generar el giro en 360°, permitiendo el desempeño operacional para el cual fue fabricado el equipo.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-19 Corona de giro.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-20 Engranaje de la corona

El cambio de corona de giro en las palas hidráulicas es el componente que tiene mayor vida útil en el equipo, su cambio está programado cada 30000 horas de operación estándar y a su vez es el cambio de componentes que implica el mayor uso de recursos materiales, tiempo y humano y por ende también la mayor exposición a riesgos asociados a la tarea.

En la actualidad una detención programada por cambio de corona de giro se desarrolla en 45 días de trabajo, con maniobras de izaje complejas debido a las capacidades que deben tener los equipos de izaje como el peso de los componentes, el de mayor peso 200[t] aproximadamente lo que hace difícil la disposición de grúas para dicha capacidad y lo que convierte esta maniobra como compleja es la exposición de los técnicos a dichas maniobras de izaje exponiéndolos a este riesgo.

La maniobra de cambio de corona se divide en dos hitos principales, retiro de corona de giro e instalación de corona de giro y cada uno con las subdivisiones de tareas necesarias para la ejecución.

1.3.1 Retiro de corona de giro.

El retiro de la corona de giro consiste primero en posicionar la pala, de acuerdo al plano del área designado, luego en desarmar el equipo en sus sectores principales, logrando así despejar la periferia del componente para efectuar el retiro, el desarme necesario consiste en, retirar equipo de trabajo en su totalidad, contrapeso del equipo, desacople de superestructura con carbody, retiro de súper estructura y posicionarla en soportes certificados, desacoplar corona de giro desde súper estructura y retirar súper estructura desde soportes, para realizar el cambio de la corona.

1.3.1.1 Posicionamiento de pala hidráulica.

Para el posicionamiento de la pala es necesario que el terreno se encuentre plano y compactado, con un desnivel inferior al 3%.

Ubicar la súper estructura de manera paralela al conjunto de rodado (figura 1-21), para así permitir el traslado del equipo. El balde debe quedar apoyado en posición de equilibrio en el piso.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-21 Posicionamiento de pala en sector de trabajo.

1.3.1.2 Desarme y desacople de equipo de trabajo.

El desacople y retiro del equipo de trabajo consiste en desconectar el equipo de trabajo a la superestructura, para ejecutar esta actividad se realizan los siguientes movimientos, posicionamiento de la pala, retiro de balde, retiro de cilindros de balde, retiro de Stick, retiro de Boom.

1.3.1.2.1 Retiro de balde.

Para el retiro de balde (figura 1-22), se deben desconectar las líneas hidráulicas y de lubricación, retirar los pasadores de unión del balde al Stick y cilindros de balde, luego con la pala en funcionamiento, se retira de la posición de unión, logrando así que el balde quede desconectado del equipo de trabajo.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-22 Retiro de la pala respecto al balde.

1.3.1.2.2 Retiro de cilindros de volteo balde.

EL retiro de los cilindros de volteo balde (figura 1-23), se efectúa retirando los pasadores de unión de los cilindros de volteo balde con Boom, para el retiro de los cilindros se utilizan maniobras de izaje y grúa telescópica para la sujeción y para la extracción de los pasadores, se utiliza grúa articulada y maniobra de izaje.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-23 Retiro de cilindros de volteo balde.

1.3.1.2.3 Retiro de Stick.

El retiro se realiza desconectando los cilindros de stick al brazo stick, para ello se debe sostener los cilindros a la parte inferior del boom y retirando los pasadores de unión cilindros de stick con el brazo stick.

Luego se debe izar el Stick (figura 1-24), con apoyo de maniobras de izaje y grúa telescópica, para aliviar la carga presente en los pasadores de unión Stick con Boom, una vez aliviada la carga, se procede a la extracción de los pasadores con apoyo de elemento de izaje y grúa articulada.

Desconectado el Stick al Boom, se debe posicionar en el sector asignado para el almacenaje y revisión.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-24 Maniobra y retiro de stick.

1.3.1.2.4 Retiro de Boom, cilindros de Boom y cilindros de stick.

El retiro de boom, cilindros de boom y cilindros de stick, se retiran en conjunto (figura 1-25), para ello se iza el boom con apoyo de elementos de izaje y dos grúas, para realizan un izaje desde dos puntos (izaje en tándem).

Una vez izado el boom, se debe aliviar la carga presente en los cilindros de boom y retirar los pasadores de unión, los cilindros de boom deben quedar afianzados al boom para el retiro. Tras realizado el retiro de los pasadores y sujetados los cilindros de boom, se deben extraer los pasadores de unión Boom con súper estructura.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-25 Retiro conjunto boom con cilindros de boom y stick.

1.3.1.3 Retiro de Contrapeso.

Para retirar el contrapeso es necesario instalar maniobras de izaje y afianzar la carga con grúa telescópica, una vez realizado este paso, se deben retirar los pernos de sujeción (figura 1-26), utilizando torque hidráulico, finalmente se retira el contrapeso y ubicarlo en el sector asignado (figura 1-27), para el almacenaje y revisión estructural.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-26 Retiro de pernos de sujeción del contrapeso.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-27 Retiro de contrapeso desde la pala.

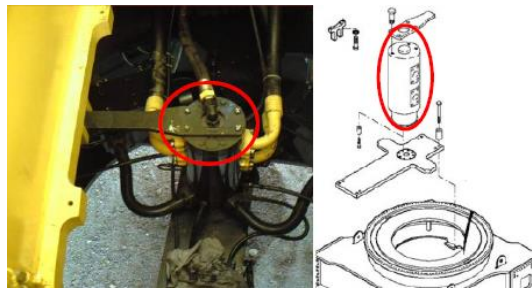
1.3.1.4 Desconexión y Retiro de súper estructura desde carbody.

El retiro de la súper estructura, consiste en tres pasos, desconectar y retirar unión rotatoria, desconectar y retirar los motores y reductores de giro del equipo, estos son los encargados de generar el giro y están en contacto directo con la corona de giro, finalmente desconectar y retirar la súper estructura desde el carbody, se deben retirar los pernos de sujeción que afianzan la corona de giro respecto al carbody, luego con maniobras de izaje se retira la súper estructura y se deja soportada en sobre soportes estandarizados para el cambio de corona de giro.

1.3.1.4.1 Desconexión y retiro de unión rotatoria.

La unión rotatoria (figura 1-28), es el componente que permite un flujo contante de hidráulico a los componentes del carro de traslado cuando se requiere, internamente posee canales de comunicación por lo cual se permite que el equipo pueda girar en 360°. Se encuentra ubicado entre el carbody y la súper estructura, por el centro de la corona de giro.

Para el retiro de la unión rotatoria, es necesario utilizar elementos de izaje y equipo de izaje, se retira por el centro de la súper estructura.

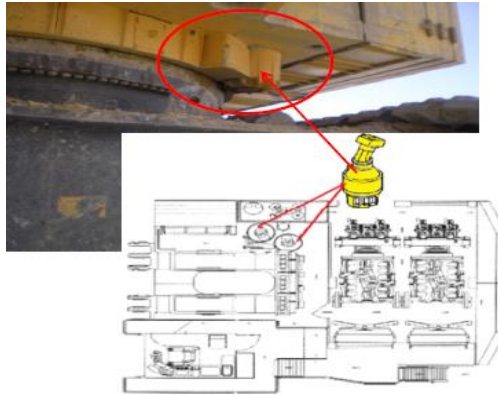


Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-28 Unión rotatoria hidráulica.

1.3.1.4.2 Desconexión y retiro de motores y reductores de giro.

Los motores y reductores de giro (figura 1-29), son los componentes que generan el movimiento de giro en el equipo, los motores convierten energía hidráulica en energía mecánica accionando sobre los reductores de giro, se encuentran ubicados en la súper estructura afianzados mediante una carcasa y tienen contacto directo con la corona de giro, el reductor posee un engranaje que acciona mecánicamente al engranaje de la corona de giro provocando el giro del equipo. La súper estructura es quien gira respecto al carro de traslado. Para el retiro se utilizan elementos y equipos de izaje.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-29 Motor y reductor de giro.

1.3.1.4.3 Desconexión y retiro de la súper estructura.

Para la desconexión y retiro de la súper estructura, se deben retirar los pernos de sujeción (figura 1-30) de la corona de giro con respecto al carbody, es necesario la utilización de torque hidráulico, dado 55[mm] y elementos con equipo de izaje, ya que es en este paso donde se debe afianzar la súper estructura para el posterior retiro, se instalan maniobras de izaje en los alojamientos del equipo de trabajo y contrapeso (figura 1-31) de la súper estructura, utilizando dos grúas en maniobra simultaneas.

Tras haber retirado la súper estructura desde el carbody, se debe posicionar sobre los soportes estandarizados (figura 1-32), cuatro soportes para súper estructura y cuatro soportes para corona de giro.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-30 Pernos de sujeción de corona respecto a carbody.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-31 Instalación de maniobras de izaje en alojamientos de súper estructura.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-32 Retiro de súper estructura desde carbody y postura sobre soportes.

1.3.1.5 Retiro de corona de giro desde la súper estructura.

Para el retiro de la corona de giro desde la súper estructura, son necesarios tres movimientos, desconexión de las líneas de lubricación, desconexión de la corona y retiro de la súper estructura para liberar la corona de giro.

1.3.1.5.1 Desconexión de las líneas de lubricación.

Antes de comenzar con la desconexión de la corona, es necesario el retiro de todas las líneas de lubricación (figura 1-33) de los polines internos de la corona de giro, las cuales se encuentran instaladas por la cara interna de la corona de giro.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-33 Retiro de las líneas de lubricación de los polines de la corona.

1.3.1.5.2 Desconexión de corona de giro.

Para desconexión de la corona de giro desde el alojamiento de la súper estructura primero se deben soltar grupos de 4 pernos cada 90°, esto para coincidir el espacio generado con los soportes de la corona de giro, liberados estos espacios se deben posicionar los soportes (figura 1-34) y comenzar con el retiro de todos los pernos restantes de sujeción, esta acción debe ser aleatoria y paulatina, para lograr que la corona de giro se despenda del alojamiento de la súper estructura comience a bajar y se aloje sobre los soportes.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-34 Instalación de soportes de corona de giro.

1.3.1.5.3 Retiro de súper estructura y liberación de corona.

Una vez retirados todos los pernos de sujeción y la corona alojada sobre los soportes, se debe retirar la súper estructura desde los soportes, logrando así el retiro total de la corona, la súper estructura se debe posicionar sobre nuevos soportes (figura 1-35), para así poder dejar liberada la corona (figura 1-36).



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-35 Retiro de súper estructura sin corona desde los soportes.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-36 Corona de giro liberada.

1.3.2 Instalación de corona de giro.

1.3.2.1 Preparación de pernos de sujeción.

Los pernos de sujeción se deben someter a una prueba de elongación para determinar el apriete final que le debe aplicar, para realizar esta prueba se deben utilizar los pernos asignados, esta prueba consiste en instalar cada perno de prueba en una base de prueba la cual está constituida por un bloque de apriete y un comparador de caratula (figura 1-37), la prueba se realiza comenzando con una precarga de 200[Nm]. Luego se ajusta el comparador de carátula de la herramienta en cero. Una vez realizada esta condición inicial, se comienza con el apriete de los pernos utilizando una herramienta de

torque hidráulica, apretando hasta llegar a la elongación requerida, en pala PC5500 0.770 ± 0.020 [mm]; para PC8000 0.970 ± 0.020 [mm]. Una vez lograda la elongación correspondiente se debe registrar la presión indicada por el manómetro de la herramienta hidráulica, luego realizar un promedio de las ocho mediciones solicitadas, este promedio resultante, será la presión a la cual se debe accionar la herramienta hidráulica para el apriete de todos los pernos de sujeción de la corona, tanto unión con súper estructura como con el carbody. Esta actividad se puede realizar tanto en este momento como al principio del cambio de componente como actividad preparatoria.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-37 Base de prueba para elongación de pernos de anclaje.

1.3.2.2 Preparación de corona nueva.

1.3.2.2.1 Limpieza de superficies.

La corona nueva se debe limpiar en sus superficies de contactos tanto con la súper estructura como con el carbody, la súper estructura y carbody, también se debe limpiar (figura 1-38) exhaustivamente en la superficie de contacto con la corona de giro.

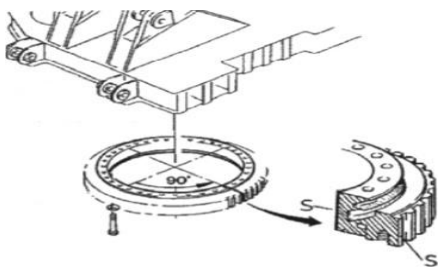


Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-38 Limpieza de superficies de contacto con corona de giro.

1.3.2.2.2 Identificación de marcas de corona nueva.

En la corona nueva se debe identificar y destacar la marca del sector blando de fabricación del rodamiento indicada con una “S” (figura 1-39), para dejar en la ubicación correcta la corona en los soportes, la marca de la corona, debe coincidir en la instalación con la marca de la súper estructura.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-39 Identificación de marca "S" de la corona de giro.

1.3.2.2.3 Instalación de corona nueva en soportes.

Posicionar la corona de giro nueva sobre los soportes para la instalación (figura 1-40).



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-40 Posicionamiento de corona nueva sobre soportes para instalación.

1.3.2.3 Instalación y conexión de corona de giro en la súper estructura.

Para la instalación de la corona nueva, se debe realizar la maniobra de izaje de la súper estructura desde los soportes finales hacia los soportes de instalación (figura 1-41), es importante hacer coincidir las marcas “S” antes de la posición final (figura 1-42). Luego se deben instalar los pernos de sujeción de la corona con la súper estructura, comenzar el apriete para acercar la corona a la posición final en la súper estructura, una vez que la corona se encuentre asentada en la superficie de contacto, se debe realizar el apriete de los pernos utilizando herramienta de torque hidráulica y aplicando los aprietes correspondientes determinados en la prueba de elongación, el apriete deber ser de manera cruzada entre un perno y otro, para lograr el asentamiento y ajuste correcto del componente.

Terminado el apriete de los pernos, se debe realizar prueba de tintas penetrantes (figura 1-43), en el sector interno del rodamiento para revelar posibles fisuras.

Finalmente se deben instalar las líneas de lubricación de los polines internos de la corona de giro (figura 1-44).



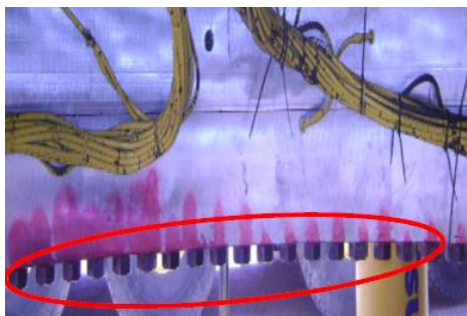
Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-41 Izaje de súper estructura hacia soportes de instalación.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-42 Marcas de referencia "S" enfrentadas y posición final de la corona.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-43 Prueba de tintas penetrantes.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-44 Instalación de líneas de lubricación de los polines.

1.3.2.4 Instalación de reductores de giro y lubricación de engranajes.

Para la instalación y conexión de la súper estructura con el carbody, primero se deben instalar los reductores de giro en los alojamientos, una vez instalados se debe medir el juego entre dientes presente entre el engranaje del reductor de giro y el engranaje de la corona de giro utilizando un feeler de hoja larga (figura 1-45). Para PC5500 la medida del juego entre dientes debe estar entre 0.6 y 1mm; para PC800, la medida del juego entre dientes debe estar entre 0.5 y 2.5mm.

Una vez terminada la medición del juego entre dientes, se deben instalar los motores de giro del equipo.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-45 Medición de juego entre dientes.

Realizar lubricación manual de los dientes del engranaje exterior de la corona de giro, luego instalar el piñón de lubricación de la corona y finalmente instalar las tapas de protección e inspección de la corona (figura 1-46).

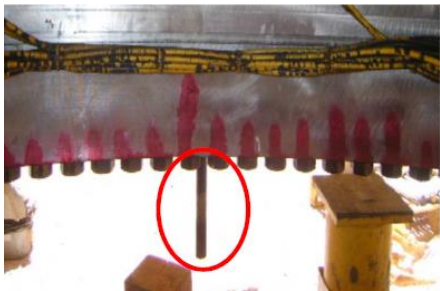


Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-46 Instalación de piñón, lubricación de engranaje e instalación de tapas.

1.3.2.5 Instalación y conexión de súper estructura con carbody.

Terminado el proceso de instalación de las protecciones de la corona de giro, instalar pernos guía en la corona de giro (figura 1-47), estos pernos servirán para la posición final de la súper estructura sobre el carbody.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-47 Instalación de pernos guía.

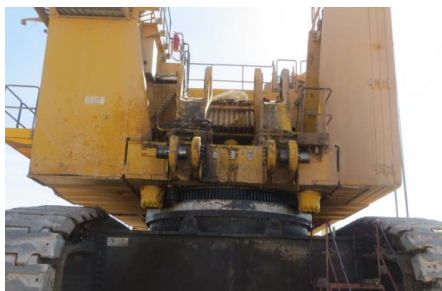
Revisar las maniobras de izaje que están instaladas en los alojamientos del equipo de trabajo u contrapeso, luego se comienza con el izaje de la súper estructura llevando desde los soportes hasta la posición final sobre el carbody, verificar que los pernos guía asienten en los alojamientos (figura 1-48), una vez posicionada la súper estructura,

instalar los pernos de sujeción de carbody con respecto a la corona de giro (figura 1-49), dar el apriete correspondiente resultante de la prueba de elongación.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-48 Traslado y posicionamiento de súper estructura en el alojamiento del carbody.



Fuente: Cambio de corona faena DMH, Komatsu.

Figura 1-49 Instalación y apriete de los pernos de sujeción de la corona con carbody.

1.3.2.6 Instalación de unión rotatoria.

Una vez instalada la súper estructura sobre el carbody, se debe instalar la unión rotatoria y todas sus conexiones electrohidráulicas (figura 1-50).

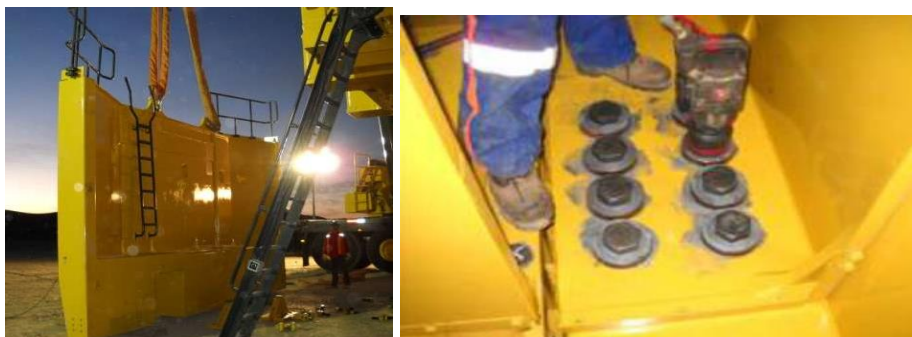


Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-50 Instalación de unión rotatoria.

1.3.2.7 Instalación de contrapeso.

Posicionar el contrapeso en el alojamiento ubicado en la súper estructura con apoyo de maniobras de izaje, instalar y apretar los pernos de sujeción, utilizando herramienta hidráulica de torque (figura 1-51).



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-51 Instalación de contrapeso del equipo y apriete de pernos de sujeción.

1.3.2.8 Instalación del equipo de trabajo.

Para la instalación del equipo de trabajo, se debe instalar en primera instancia el brazo Boom, en conjunto con los cilindros de accionamiento de boom, luego se deben instalar los cilindros de Stick, brazo Stick y cilindros de volteo balde, para finalmente

instalar el balde del equipo (figura 1-52), para la instalación del equipo se requieren maniobras y equipos de izaje, movimientos de izaje simultáneos (tándem).



Fuente: Armado de equipos, palas Komatsu.

Figura 1-52 Instalación de equipo de trabajo.

1.3.3 Pruebas operativas.

Antes de entregar el equipo se deben realizar pruebas operativas (figura 1-53), las cuales consisten en simular movimientos y condiciones de trabajo del equipo, estas pruebas se deben realizar con temperatura de trabajo en los distintos sistemas del equipo. También se deben realizar chequeo de niveles e inspección visual y auditiva a los distintos componentes y sistemas intervenidos.



Fuente: Instructivo cambio de corona, palas Komatsu.

Figura 1-53 Pruebas operativas.

1.4 ESTUDIO DE COSTOS ASOCIADO A LA MANIOBRA ACTUAL.

El estudio económico realizado se enfoca a los costos asociados en arriendo de equipos, compra de elementos de izaje y perdidas por inoperatividad del equipo durante el proceso del cambio de corona con la modalidad actual.

1.4.1 Valores de arriendo y compra.

Los componentes asociados a compra y arriendo son los equipos y elementos de izaje, los cuales contemplan, eslingas, grilletes y grúa telescópica respectivamente. Los equipos se deben arrendar por cada vez que se realizará la maniobra y la compra de los elementos de izaje la debe realizar cada centro de operación y en casos de daños, cada vez que se realice la maniobra durante la vida del equipo. Tabla 1-1 y tabla 1-2.

Tabla 1-1 Tarifas de arriendo de equipo de izaje.

ARRIENDO DE EQUIPOS			
Equipo	Cantidad		Valor USD
Grua 350ton	2	CPH	750
		CPDía	18.000
		CPDet	810.000
Combustible	11,1	CPH	18
		CPDía	433
		CPDet	19.500
Costo total			829.500

Fuente: AMECO Chile.

Tabla 1-2 Tarifas de compra de elementos de izaje

COMPRA DE ELEMENTOS		
Elemento	Cantidad	Valor USD
Eslingas	20	4.490
Grilletes	28	1.948
Costo total		6.438

Fuente: Unidad de contratos Komatsu Chile.

Los costos asociados a concepto de compra y arriendo de equipos y elementos de izaje son de 835.938 USD, durante la maniobra.

1.4.2 Perdidas por inoperatividad.

Los valores por inoperatividad, están dados por una tarifa variable, la cual se ajusta por tramos, dependiendo de las horas operativas del equipo a intervenir, como ejemplo se mostrará tabla de cobro por hora aplicado a una pala modelo PC-5500D FS. Tabla 1-3, referencia contrato MARC Komatsu Chile. Se considera la conversión de Euro a Dólar con un factor de 1,11.

Tabla 1-3 Tarifa contrato Komatsu pc-5500D FS

Detalle CPH	MONEDA	Tarifa variable por tramo de horas - cobro hora operacional										PROMEDIO
		0	6001	12001	18001	24001	30001	36001	42001	48001	54001	
		6000	12000	18000	24000	30000	36000	42000	48000	54000	60000	
CPH Komatsu	EUR/Hr	49,9	99,5	131,0	200,0	311,7	121,3	208,0	123,6	151,9	296,3	169,3
CPH Cummins	USD/Hr	20,4	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	57,7
CPH TOTAL	USD/Hr	75,7	149,0	236,3	260,5	436,9	173,2	321,8	175,8	259,5	367,4	245,6
CPD Total	USD/Día	1817,4	3574,8	5672,2	6252,9	10485,2	4156,6	7723,2	4218,2	6227,6	8818,6	5894,7

Fuente: Unidad de contratos Komatsu Chile.

Perdida por inoperatividad: 10.485,2 USD por día, 471.836 USD por la detención completa del equipo.

1.4.3 Diagnóstico y soluciones.

Tras identificada la maniobra actual, desarrollo de actividades, tareas a ejecutar, problemáticas generadas, complejidad para el cambio de coronas y estudio económico, se logra identificar las pérdidas que genera este cambio de componente tanto para el cliente como para Komatsu considerando la alta cantidad de días que dura la maniobra 45 días y una pérdida de 471.836 USD para Komatsu, la enorme cantidad de costos que se deben incorporar en total 835.938 USD, 829.500 USD de cliente y 6.438 USD de Komatsu y la gran exposición de las personas a las maniobras ya sea por el alto peso de los componentes, como por la gran cantidad de izaje requerido.

Por lo anterior expuesto, es necesario generar una investigación técnico económica para proponer una mejora al proceso en cuanto a sus desventajas y seguridad, logrando así dar mejor condición a los trabajos necesarios para el cambio de corona de giro en

palas hidráulicas, maniobras sencillas y de menor riesgo, lograr generar menos gastos y percibir mayores ganancias, todo esto eliminando las maniobras de izaje, trabajo en menor cantidad de días, herramientas e insumos propios, procedimientos internos y personal interno específico capacitado.

CAPITULO 2. DESARROLLO Y DISEÑO DE SOLUCIÓN PROPUESTA
PARA EL CAMBIO DE CORONAS EN PALA HIDRÁULICA PC5500 Y
PC8000.

Para poder realizar el cambio de una corona de giro en menor tiempo, utilizando menor cantidad de movimientos de izaje, disminuyendo tiempos y con mayor seguridad para las personas, se propondrá una nueva maniobra para realizar el proceso, esta maniobra elimina los movimientos de izaje transformándolos en soporte de componentes.

2.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

En el desarrollo de la propuesta se trabajó en idear una maniobra la cual permita desacoplar la súper estructura desde el carbody sin tener que retirarla desde su ubicación física y así lograr retirar la corona de giro en esta maniobra utilizando herramientas de diseño y fabricación local, certificadas y con un costo tal que sea rentable para Komatsu y que la totalidad de días de detención disminuyan logrando así reducción en las perdidas por inoperatividad del equipo, logrando beneficios tanto para Komatsu como para los clientes.

La primera interrogante que se debió solucionar fue el cómo poder realizar el levante de la súper estructura, es por ello que se trabajó en conjunto con el representante de ENERPAC en Chile. Quien propone como alternativa viable utilizar caballetes de elevación con cilindros hidráulicos interiores, los cuales cumplen con la idea de soportar la súper estructura de la pala debido a su capacidad de carga y de la manera propuesta.

La segunda etapa contempla el diseño y fabricación de las herramientas y accesorios necesarios para poder soportar la súper estructura, retirar e instalar la corona de giro sin retirar la súper estructura de la posición de trabajo, para ello se diseñaron dos soportes para el sector delantero de la súper estructura, una estructura mecano que cumple la función de deslizar la corona sobre ella y una base de cambio y traslado con la cual se desconecta la corona de giro desde la súper estructura, se realiza el retiro e instalación de la corona y también se utiliza para el traslado de la corona.

Con estas ideas ya creadas, se comienza con la realización de planos y animaciones de la maniobra, para así poder concretar la necesidad, fabricar lo necesario y realizar la propuesta a la organización para poder implementar esta mejora en el proceso de mantenimiento y así tomar evidencia si cumple con la mejora buscada.

2.1.1 Kit de herramientas para mejora de cambio e corona.

El Kit de Herramientas para poder ejecutar el cambio de coronas contempla los siguientes componentes, un juego de dos caballetes que contienen en total cuatro Cilindros Hidráulicos arrendados a empresa ENERPAC, dos soportes para sustento de la parte delantera de la súper estructura, una estructura mecano utilizada para los movimientos horizontales de la corona de giro en la maniobra de retiro e instalación, una base para soportar el equipo de trabajo la cual cumple con controlar los movimientos horizontales del balde en el momento que se comienza a levantar la súper estructura y la base de montaje y traslado de la corona de giro, Cada una de estas herramientas, posee un resultado de evaluación estructural que respalda su capacidad, un plano de fabricación, un manual de pre uso y un manual de utilización, con todos estos documentos se logra la realización de la maniobra.

2.1.1.1 Software para diseño, planos y análisis de Ingeniería.

Para el diseño y generación de planos de herramientas y accesorios se utilizó el software Creo Parametric versión PTC Creo 5.0 del año 2018. Para la realización de las memorias de cálculo y análisis de elementos finitos se utilizó el software ANSYS versión 19.2. Para la realización de las animaciones utilizadas para mostrar y enseñar la maniobra nueva se utilizó el software de animación 3D Studio Max versión 2017.

2.1.1.2 Banquillo y cilindros Hidráulico.

Los Banquillos y cilindros hidráulicos (figura 2-1) son arrendados a proveedor externo ENERPAC. Las capacidades técnicas son, cada cilindro tiene una capacidad 500[t], diámetro de apoyo 0,4[m], altura del cilindro 1,65[m] y carrera del cilindro 1,22[m], logrando una altura total de 2,87[m] con el vástago en su carrera completa, estos vienen en conjunto con una central electrohidráulica, la cual comanda el trabajo sincronizado de los cilindros, tanto para el levante como la bajada del equipo. Los caballetes tienen una altura de 3,1[m] y en su interior tienen un alojamiento donde van instalados los cilindros hidráulicos, sobre los caballetes se instalan las cuñas mecánicas de respaldo, tienen una altura de 0,2[m] cada una.

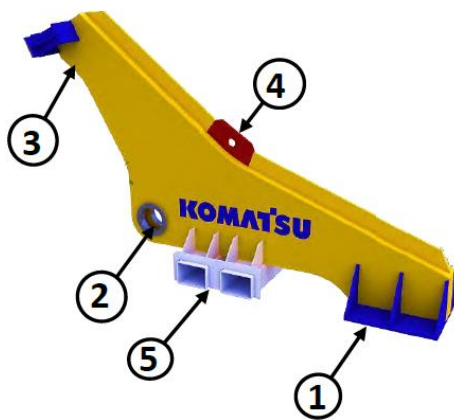


Fuente: Área de diseño, Komatsu Chile.

Figura 2-1 Conjunto banquillos con cilindros hidráulicos de levante.

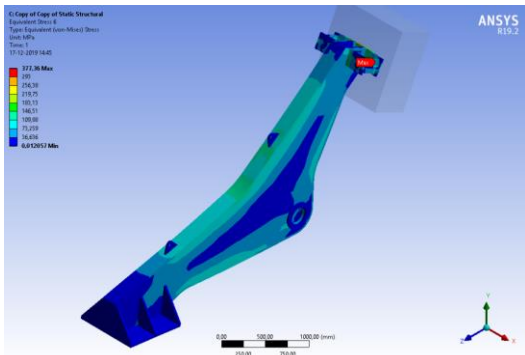
2.1.1.3 Soporte para elevación de súper estructura.

El Soporte de elevación (figura 2-2) es identificado para efectos de diseño y fabricación como HILB01, consta de dos partes iguales utilizada una en cada viga de la súper estructura, está construido con ASTM A36/ASTM A514/ASTM A572, Tiene un peso de 3243[Kg]. El resultado de la evaluación de elementos finitos dio como resultado Esfuerzo Máximo 377,36[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0,012[MPa], con una fuerza de 8500[KN] (figura 2-3). La herramienta cuenta con un mantenimiento periódico cada 24 meses independiente de la cantidad de aplicaciones que haya tenido es dicho periodo, determinada por el fabricante del producto y establecida en el proceso de mantenimiento de herramientas críticas de Komatsu Chile.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-2 (1) Base de elevación; (2) Alojamiento de pasador unión con súper estructura; (3) brazo de apoyo con súper estructura; (4) oreja de izaje para instalación y/o traslado; (5) cajón para instalación y/o traslado.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-3 Análisis de elementos finito a soporte de elevación.

2.1.1.4 Soporte para movimiento horizontal del balde.

El Soporte para movimiento horizontal (figura 2-4) del balde es identificado para efectos de diseño y fabricación como BTETR01 esta herramienta se utiliza en equipos BH y FS, para los equipos con modalidad de carga FS, se debe incorporar una mesa identificada para efectos de diseño y fabricación como HFMB01, el soporte consta de una base donde se apoya el balde y dos rodillos que se instalan en la parte inferior de la base para el desplazamiento horizontal necesario, está construido con ASTM A514, Tiene un peso de 2470[Kg]. El resultado de la evaluación de elementos finitos dio como resultado Esfuerzo Máximo 105,02[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0,064[MPa], con una fuerza de 1140[KN] (figura 2-5) la herramienta cuenta con un mantenimiento periódico cada 24 meses independiente de la cantidad de aplicaciones que haya tenido es dicho periodo, determinada por el fabricante del producto y establecida en el proceso de mantenimiento de herramientas críticas de Komatsu Chile.

La mesa consta de una estructura apoyada al piso y dos rieles por los cuales deslizan los rodillos del soporte para desplazamiento horizontal del balde, está construida con ASTM A514, Tiene un peso de 1646[Kg]. El resultado de la evaluación de elementos finitos dio como resultado Esfuerzo Máximo 105,02[MPa] y un esfuerzo mínimo de 1,73[MPa], con una fuerza de 1140[KN] (figura 2-6) la herramienta cuenta con un mantenimiento periódico cada 24 meses independiente de la cantidad de aplicaciones que haya tenido es dicho periodo, determinada por el fabricante del producto y establecida en el proceso de mantenimiento de herramientas críticas de Komatsu Chile.

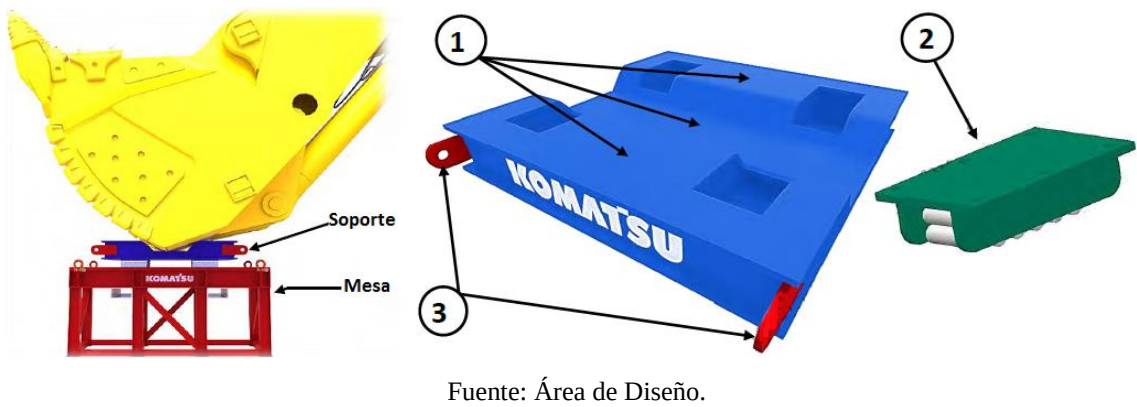


Figura 2-4 (1) Mesa y Soporte para deslizamiento horizontal del balde; (2) patines deslizantes con rodamientos; (3) oreja de izaje para instalación y/o traslado.

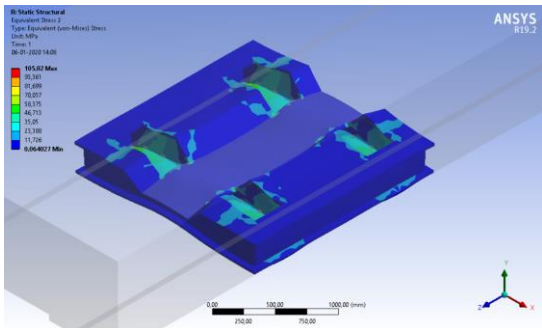


Figura 2-5 Análisis de elementos finito a soporte de desplazamiento horizontal.

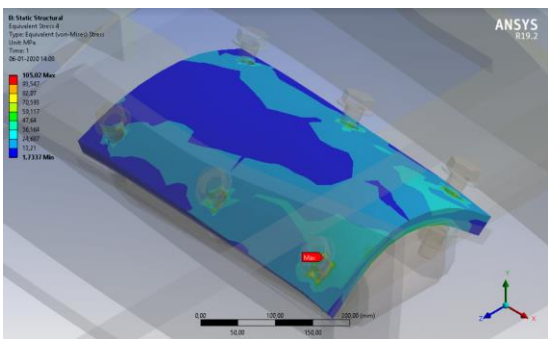
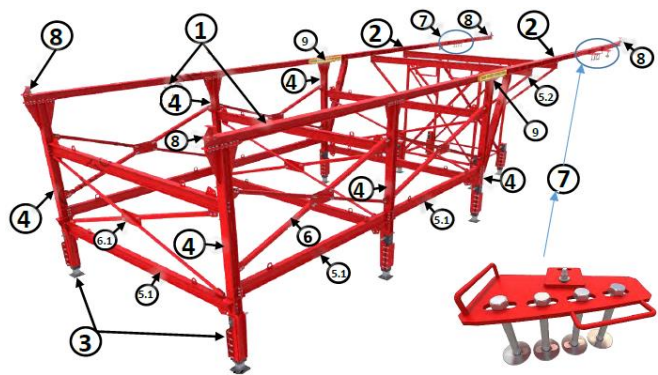


Figura 2-6 Análisis de elementos finito a mesa para soporte.

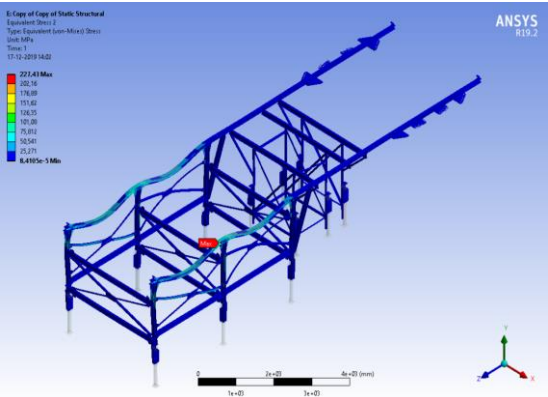
2.1.1.5 Estructura mecano para deslizar base y corona en maniobra de cambio.

La estructura mecano (figura 2-7) para el desplazamiento de la base de retiro e instalación de la corona es identificada para efectos de diseño y fabricación como HFCG01, consta de diversos rieles y acoples que unidos forman una estructura mecano que en su parte superior posee un riel por el cual se desplazará la base de retiro e instalación de la corona de giro, está construida con ASTM A36, Tiene un peso de 2000[Kg]. La evaluación de elementos finitos se realiza en tres casos dependiendo de la ubicación de la corona sobre el riel, el resultado de la evaluación de elementos finitos en el primer caso corona de giro en ubicación de cambio dio como resultado esfuerzo Máximo 227,43[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0,000084[MPa] (figura 2-8), el resultado de la evaluación de elementos finitos en el segundo caso corona de giro en ubicación de traslado dio como resultado esfuerzo Máximo 195,65[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0.000053[MPa] (figura 2-9), el resultado de la evaluación de elementos finitos en el tercer caso corona de giro en posición de retiro e instalación dio como resultado esfuerzo Máximo 129,06[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0.000064[MPa] (figura 2-10), todas las evaluaciones se realizaron con una carga de 185[KN], la herramienta cuenta con un mantenimiento periódico cada 24 meses independiente de la cantidad de aplicaciones que haya tenido es dicho periodo, determinada por el fabricante del producto y establecida en el proceso de mantenimiento de herramientas críticas de Komatsu Chile.



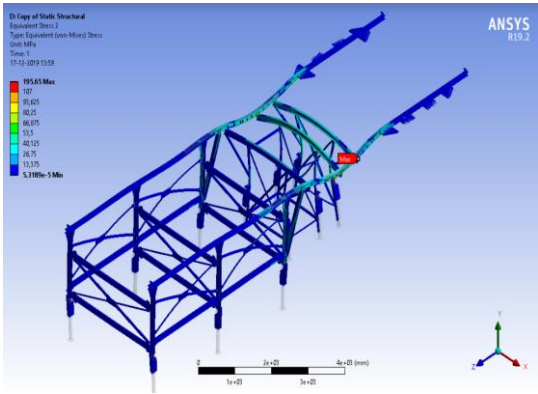
Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-7 (1) Rieles de desplazamiento fuera de súper estructura; (2) Rieles de desplazamiento sobre carbody; (3) Patas ajustables en altura para compensar desnivel; (4) Pilares; (5) Soportes Para rieles frontales (5.1) y rieles interiores (5.2); (6) Diagonales; (7) Placas de fijación de estructura a carbody; (8) Topes de desplazamiento de base de retiro e instalación; (9) Refuerzos para uniones de rieles.



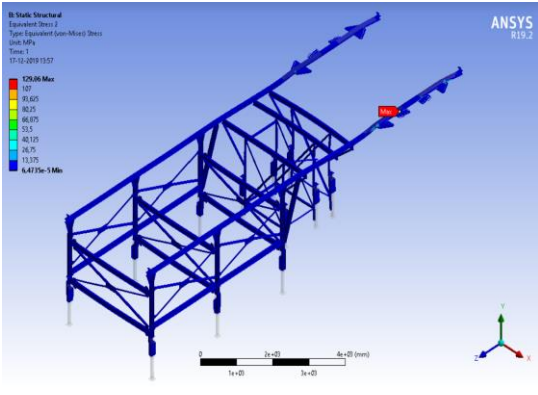
Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-8 Análisis de elementos finito a estructura mecano posición de cambio de corona.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-9 Análisis de elementos finito a estructura mecano posición de traslado.

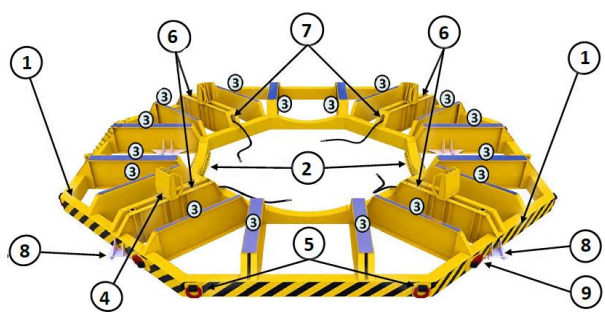


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-10 Análisis de elementos finito a estructura mecano posición de retiro e instalación.

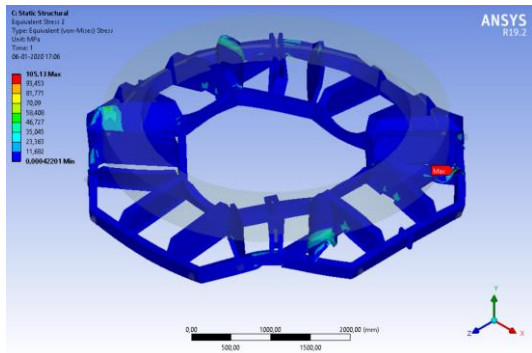
2.1.1.6 Base de retiro, instalación y traslado de corona.

La base para retiro, instalación y traslado de corona de giro (figura 2-11) es identificada para efectos de diseño y fabricación como BTMCG01, consiste en dos medias lunas que se unen para la utilización, en la parte inferior tienen un alojamiento, el cual se desplaza sobre los rieles de la estructura mecano, en la parte superior se aloja la corona de giro para las maniobras deseadas, esta base un kit hidráulico que consta de cuatro cilindros hidráulicos para 10[t] de 0.28[m] de largo total, modelo RC-104, cuatro líneas hidráulicas de alimentación a los cilindros de 15[m] de largo, modelo HC-9250C, un repartidor hidráulico para control de trabajo sincronizado de 5 conexiones 1 entrada y 4 salidas modelo AM-41, una manguera hidráulica de alimentación del repartidos de 20[m] de largo modelo HC-9203 y una central electrohidráulica modelo PUJ-1201, está construida con ASTM A36, Tiene un peso de 1520[Kg]. El resultado de la evaluación de elementos finitos dio como resultado Esfuerzo Máximo 105,13[MPa] y un esfuerzo mínimo de 0,00042[MPa] con una carga de 180[KN] (figura 2-12). La herramienta cuenta con un mantenimiento periódico cada 24 meses independiente de la cantidad de aplicaciones que haya tenido es dicho periodo, determinada por el fabricante del producto y establecida en el proceso de mantenimiento de herramientas críticas de Komatsu Chile.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-11 (1) Estructura principal de dos piezas; (2) Placas de unión de la estructura principal; (3) Base de apoyo y topes para regulación de altura; (4) Topes seguro de la corona; (5) Argollas de fijación e izaje; (6) Compartimentos para cilindros hidráulicos y topes de seguridad; (7) Orificio para instalación de líneas hidráulicas de alimentación de los cilindros; (8) Alojamientos de desplazamiento; (9) Argollas de arrastre.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-12 Análisis de elementos finito a base de traslado e instalación.

2.2 MANIOBRA PROPUESTA

Para la maniobra del cambio e corona de giro se divide la actividad en dos hitos importantes, el retiro de la corona de giro y la instalación de la corona.

2.2.1 Retiro de la corona de giro

Para el retiro de la corona se realizan una serie de actividades para lograr dicho cometido, primero se comienza con el posicionamiento del equipo, luego la instalación de los caballetes y cilindros de elevación, después se instalan los soportes de elevación delanteros, posteriormente se sueltan los pernos que unen la corona de giro con el carbody para luego elevar la súper estructura, logrando así separar la súper estructura con el carbody y dejar libre la corona de giro, a continuación se instala la estructura mecano entre la corona de giro y el carbody, posteriormente se instala la base de retiro de corona de giro sobre la estructura mecano, se desliza hasta dejarla en posición bajo la corona y finalmente se retira la corona desde el carbody con apoyo de la base de retiro.

2.2.1.1 Posicionamiento de pala hidráulica.

Para el posicionamiento de la pala es necesario que el terreno se encuentre plano y compactado, con un desnivel inferior al 3%.

Ubicar la súper estructura de manera perpendicular al conjunto de rodado, para así permitir la instalación de la estructura mecano. El balde debe quedar apoyado en su máxima extensión en el piso (figura 2-13).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-13 Posicionamiento de la pala para la maniobra.

2.2.1.2 Instalación de soporte para desplazamiento de balde.

Para la instalación del soporte, se debe realizar una marca en el terreno, esta consiste en extender el equipo de trabajo a su largo máximo, marcar la referencia, retirar el balde y posicionar una plancha de 25[mm] en el piso y sobre ella el soporte para el desplazamiento horizontal del equipo de trabajo, finalmente se debe posicionar el balde sobre el soporte (figura 2-14).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-14 Posicionamiento de balde sobre soporte de desplazamiento horizontal.

2.2.1.3 Desacople de cilindros de Boom

Los cilindros de boom se deben desacoplar a la súper estructura, para ello se deben afianzar desde las orejas de fijación ubicadas en el Boom y dejar sostenidos desde esa ubicación, luego se retiran los pasadores de unión cilindro con súper estructura y se elevan los cilindros hasta el mínimo recorrido de los tecles de sujeción. Esta actividad es necesaria realizarla para liberar los alojamientos de la súper estructura ya que ellos van instalados los soportes de elevación delanteros (figura 2-15).



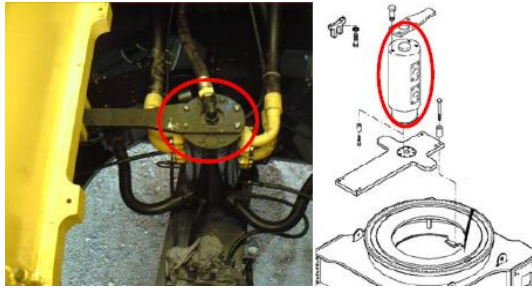
Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-15 Desacople de cilindros de Boom.

2.2.1.4 Desconexión y retiro de unión rotatoria.

La unión rotatoria (figura 2-16), es el componente que permite un flujo contante de hidráulico a los componentes del carro de traslado cuando se requiere, internamente posee canales de comunicación por lo cual se permite que el equipo pueda girar en 360°. Se encuentra ubicado entre el carbody y la súper estructura, por el centro de la corona de giro.

Para el retiro de la unión rotatoria, es necesario utilizar elementos de izaje y equipo de izaje, se retira por el centro de la súper estructura.

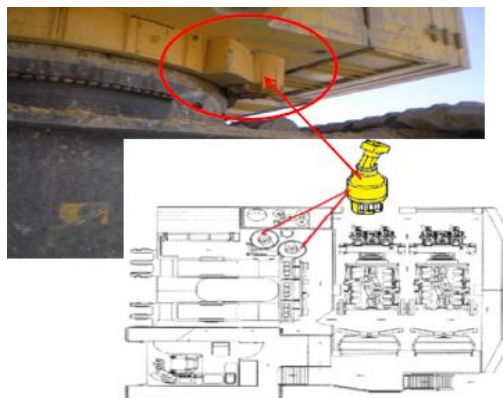


Fuente: Instructivo cambio de corona, Palas Komatsu.

Figura 2-16 Unión rotatoria hidráulica.

2.2.1.5 Desconexión y retiro de motores y reductores de giro.

Los motores y reductores de giro (figura 2-17), son los componentes que generan el movimiento de giro en el equipo, los motores convierten energía hidráulica en energía mecánica accionando sobre los reductores de giro, se encuentran ubicados en la súper estructura afianzados mediante una carcasa y tienen contacto directo con la corona de giro, el reductor posee un engranaje que acciona mecánicamente al engranaje de la corona de giro provocando el giro del equipo. La súper estructura es quien gira respecto al carro de traslado. Para el retiro se utilizan elementos y equipos de izaje.

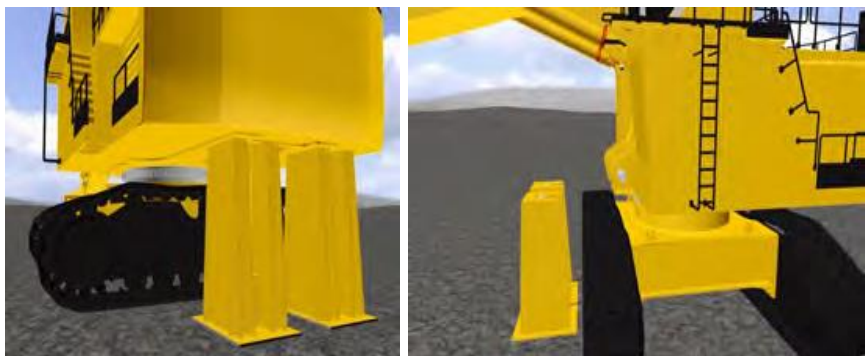


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-17 Motor y reductor de giro.

2.2.1.6 Instalación de banquillos y cilindros.

Los banquillos deben quedar posicionados en la parte inferior de la súper estructura en la parte trasera y en la parte delantera deben quedar delante de la oruga y en línea con las vigas de la súper estructura (figura 2-18)



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-18 Posicionamiento de los banquillos bajo la súper estructura.

2.2.1.7 Instalación de los soportes de elevación delanteros.

Los soportes de elevación se deben posicionar e instalar en los alojamientos de los pasadores de unión en la súper estructura, luego alinear con las vigas de la súper estructura y los banquillos de elevación. Una vez instalados los soportes, afianzar y dejar alineados los banquillos listos para elevar la súper estructura (figura 2-19).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-19 Instalación de soportes delanteros y alineación de banquillos.

2.2.1.8 Retiro de los pernos de unión corona con carbody.

Se debe retirar la totalidad de los pernos de sujeción de la corona de giro respecto al carbody, utilizar torque electrohidráulico cabezal de 1” y dado de 55mm (figura 2-20).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-20 Retiro de pernos de sujeción de corona al carbody.

2.2.1.9 Elevación de súper estructura.

De manera sincronizada comenzar a extender los cilindros hidráulicos de los banquillos de tal manera de levantar la súper estructura y despegarla del asentamiento con el carbody, la elevación debe ser de 0,6m (figura 2-21).

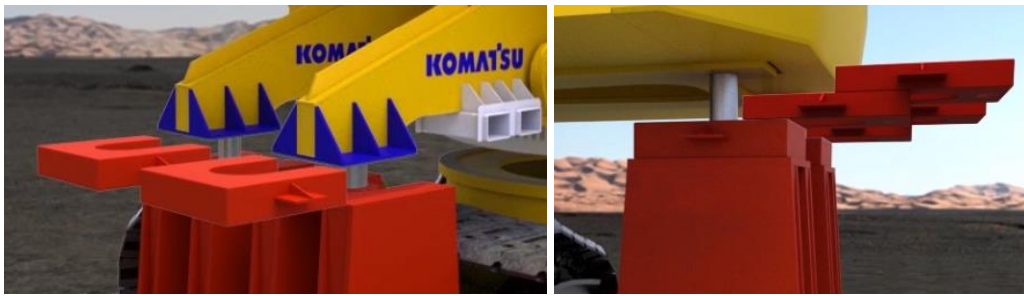


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-21 Elevación de la súper estructura.

2.2.1.9.1 Instalación de cuñas.

Una vez terminada la maniobra de elevación se deben posicionar cuñas mecánicas entre los banquillos y la superficie de la súper estructura (figura 2-22), esto para aliviar la carga en los cilindros hidráulicos y evitar daños a las personas frente a una posible falla de los cilindros.

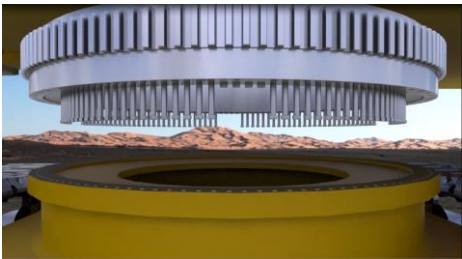


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-22 Instalación de cuñas mecánicas.

2.2.1.10 Retiro de pernos de unión corona con súper estructura.

Soltar los pernos de sujeción de la corona a la súper estructura y retirar excepto cuatro grupos de cuatro pernos separados a 90° entre sí, esto para que la corona siga sujeta a la súper estructura. Utilizar torque electrohidráulico y dado 55mm (figura 2-23).

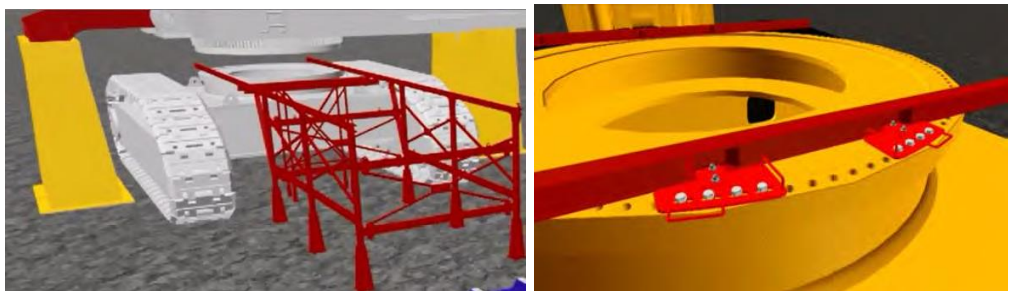


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-23 Retiro de pernos de sujeción de corona con súper estructura.

2.2.1.11 Armar estructura mecano.

Armar y posicionar estructura mecano en el carbody, verificar el correcto alineamiento de la estructura respecto al piso y la correcta sujeción de la estructura respecto al carbody (figura 2-24). Lubricar los rieles utilizando grasa.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-24 Armado e instalación de estructura mecano.

2.2.1.12 Posicionamiento de base de retiro.

Posicionar la base de retiro de la corona sobre la estructura mecano y desplazarla hasta ubicarla bajo la corona de giro (figura 2-25), extender los cilindros hidráulicos para soportar la corona y afianzar la ubicación de la base respecto a la corona.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-25 Posicionamiento de base de retiro de corona bajo súper estructura.

2.2.1.13 Retiro de la corona de giro.

Retirar los 16 pernos faltantes de sujeción de la corona, retraer los cilindros hasta que la corona se posicione sobre la base de retiro y extraer la corona desde la parte inferior de la súper estructura. Con apoyo de camión de servicio (figura 2-26).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-26 Retiro de corona de giro desde la súper estructura.

Finalmente retirar la corona desde la base de retiro e instalación, utilizando grúa telescópica de servicio el peso de la corona es de 10 toneladas para PC-5500 y 18 toneladas para PC-8000.

2.2.2 Instalación de la corona de giro.

2.2.2.1 Preparación de pernos de sujeción.

Los pernos de sujeción se deben someter a una prueba de elongación para determinar el apriete final que le debe aplicar, para realizar esta prueba se deben utilizar los pernos asignados, esta prueba consiste en instalar cada perno de prueba en una base de prueba la cual está constituida por un bloque de apriete y un comparador de caratula (figura 2-27), la prueba se realiza comenzando con una precarga de 200[Nm]. Luego se ajusta el comparador de carátula de la herramienta en cero. Una vez realizada esta condición inicial, se comienza con el apriete de los pernos utilizando una herramienta de torque hidráulica, apretando hasta llegar a la elongación requerida, en pala PC5500 0.770+/- 0.020[mm]; para PC8000 0.970+/-0.020[mm]. Una vez lograda la elongación

correspondiente se debe registrar la presión indicada por el manómetro de la herramienta hidráulica, luego realizar un promedio de las ocho mediciones solicitadas, este promedio resultante, será la presión a la cual se debe accionar la herramienta hidráulica para el apriete de todos los pernos de sujeción de la corona, tanto unión con súper estructura como con el carbody. Esta actividad se puede realizar tanto en este momento como al principio del cambio de componente como actividad preparatoria.



Fuente: Instructivo cambio de corona, Pala Komatsu.

Figura 2-27 Base de prueba para elongación de pernos de anclaje.

2.2.2.2 Preparación de corona nueva.

2.2.2.2.1 Limpieza de superficies.

La corona nueva se debe limpiar en sus superficies de contactos tanto con la súper estructura como con el carbody, la súper estructura y carbody, también se debe limpiar (figura 2-28) exhaustivamente en la superficie de contacto con la corona de giro.

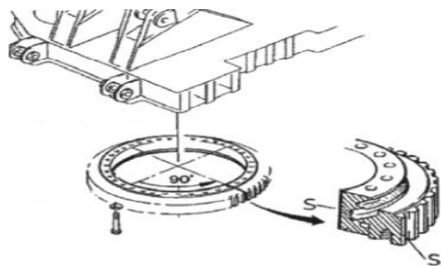


Fuente: Instructivo cambio de corona, Pala Komatsu

Figura 2-28 Limpieza de superficies de contacto con corona de giro.

2.2.2.2.2 Identificación de marcas de corona nueva.

En la corona nueva se debe identificar y destacar la marca del sector blando de fabricación del rodamiento indicada con una “S” (figura 2-29), para dejar en la ubicación correcta la corona en los soportes, la marca de la corona, debe coincidir en la instalación con la marca de la súper estructura.

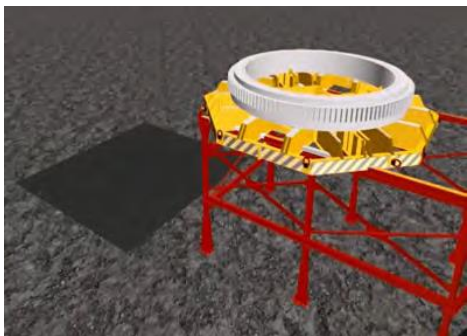


Fuente: Instructivo cambio de corona, Pala Komatsu

Figura 2-29 Identificación de marca "S" de la corona de giro.

2.2.2.2.3 Posicionar corona en base de instalación.

Posicionar la corona de giro sobre la base de instalación y posteriormente alojarla sobre los rieles de la estructura mecano para la ubicación de la corona bajo la súper estructura (figura 2-30).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-30 Posicionamiento de corona en base de instalación sobre rieles de estructura mecano.

2.2.2.3 Posicionamiento de corona en súper estructura.

Deslizar la corona en conjunto con la base de instalación hasta llevarla a su ubicación bajo la súper estructura, luego extender de manera sincronizada los cilindros de la base hasta que la corona asiente en su ubicación final, instala 16 pernos separados en grupos de 4 a 90° de separación (figura 2-31).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-31 Instalación de pernos de sujeción de corona de giro.

2.2.2.4 Retiro de base de instalación

Retraer los cilindros de la base, dejando liberada la corona de giro, luego retirar la base desde la parte inferior de la súper estructura desplazándola sobre la estructura mecano, finalmente retirarla desde la estructura mecano y posicionarla a nivel de piso (figura 2-32).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-32 Retiro de la base de instalación de corona desde estructura mecano.

2.2.2.5 Retiro de estructura mecano.

Soltar la sujeción de la estructura mecano y luego retirar la estructura desde la ubicación sobre el carbody y finalmente retirarla desde el sector de trabajo (figura 2-33) para continuar con las labores de instalación de la corona.

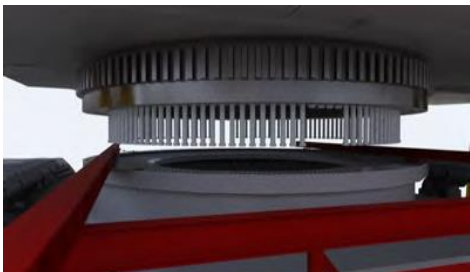


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-33 Retiro de estructura mecano.

2.2.2.6 Instalación de pernos de sujeción.

Realizar la instalación y apriete de los pernos faltantes utilizando herramienta de torque hidráulica, dado 55mm y aplicando los aprietes correspondientes determinados en la prueba de elongación, el apriete deber ser de manera cruzada entre un perno y otro, para lograr el asentamiento y ajuste correcto del componente (figura 2-34). Terminado el apriete de los pernos, se debe realizar prueba de tintas penetrantes, en el sector interno del rodamiento para revelar posibles fisuras. Finalmente se deben instalar las líneas de lubricación de los polines internos de la corona de giro.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-34 Instalación de pernos de sujeción faltantes.

2.2.2.7 Posicionar súper estructura sobre carbody.

Retirar las cuñas mecánicas de los banquillos y retraer los cilindros hidráulicos de manera sincronizada logrando así que la corona de giro asiente sobre el carbody (figura 2-35), luego instalar y apretar la totalidad de pernos de sujeción de la corona de giro al carbody (figura 2-36).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-35 Asentamiento de corona y súper estructura sobre carbody.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-36 Instalación y apriete de pernos faltantes.

2.2.2.8 Retiro de soportes, banquillos y cilindros de elevación.

Retirar los soportes de elevación delantero, los banquillos con cilindros de elevación desde la parte inferior de la súper estructura (figura 2-37), para continuar con la normalización del equipo.



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-37 Retiro de banquillos y cilindros de elevación.

2.2.2.9 Instalación de unión rotatoria.

Una vez instalada la súper estructura sobre el carbody, se debe instalar la unión rotatoria y todas sus conexiones electrohidráulicas (figura 2-38).



Fuente: Instructivo cambio de corona, Pala Komatsu

Figura 2-38 Instalación de unión rotatoria.

2.2.2.10 Lubricación y protección de corona

Lubricar manualmente los dientes de la corona de giro e instalar la totalidad de las placas de protección de la corona (figura 2-39).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-39 Lubricación de corona e instalación de tapas protectoras.

2.2.2.11 Instalación de cilindro de boom.

Acoplar cilindro de boom en el alojamiento de la súper estructura e instala pasador de unión cilindro con la súper estructura (figura 2-40), una vez finalizada la actividad retirar tecles utilizados para afianzar los cilindros.

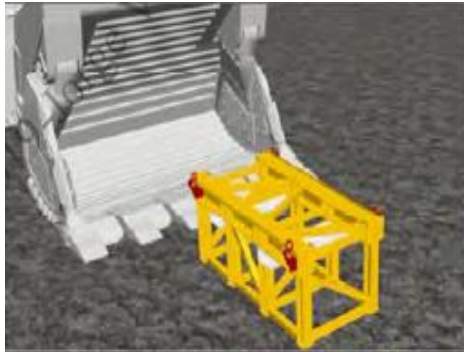


Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-40 Posicionamiento de cilindros de boom.

2.2.2.12 Retiro de soporte de balde.

Dar arranque al equipo y retirar el equipo de trabajo desde el soporte para desplazamiento horizontal. Para la modalidad BH, retirar el soporte desde el sector de mantenimiento; para la modalidad FS, retirar soporte y mesa del soporte desde el sector de mantenimiento (figura 2-41).



Fuente: Área de Diseño.

Figura 2-41 Retiro de soporte de desplazamiento del balde.

2.2.3 Pruebas operativas.

Antes de entregar el equipo se deben realizar pruebas operativas (figura 2-35), las cuales consisten en simular movimientos y condiciones de trabajo del equipo, estas pruebas se deben realizar con temperatura de trabajo en los distintos sistemas del equipo. También se deben realizar chequeo de niveles e inspección visual y auditiva a los distintos componentes y sistemas intervenidos.



Figura 2-42 Pruebas operativas.

2.3 **ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.**

El estudio económico realizado se enfoca a los costos asociados en arriendo de equipos, fabricación de herramientas y accesorios especiales y pérdidas por inoperatividad del equipo durante el proceso del cambio de corona con la modalidad actual.

2.3.1 Valores de arriendo y compra.

Los componentes asociados a compra (fabricación) y arriendo son las herramientas utilizadas para el desarrollo de la actividad, los cuales contemplan las siguientes herramientas especiales para fabricación, HFCG01, BTMCG01, BTETR01, HILB01 y HFMB01, esta compra se realiza por vez única ya que forman parte del kit de herramientas especiales de la organización. Los caballetes con cilindros se deben arrendar por cada vez que se realizará la maniobra y tienen un periodo de arriendo por 15 días corridos desde que se encuentran en el punto de mantenimiento Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Tarifas por concepto de fabricación y arriendo de herramientas

Herramienta Especial	Gasto	Cantidad	Valor USD
HFCG01	COMPRA	1 KIT	9.303
BTMCG01	COMPRA	1 KIT	7.241
BTETR01	COMPRA	1 KIT	10.278
HILB01	COMPRA	2 KIT	52.833
HFMB01	COMPRA	1 KIT	10.278
Cilindros elevadores	ARRIENDO	1 KIT	60.000
TOTAL			149.932

Fuente: Departamento de diseño Komatsu Chile.

Los costos asociados a concepto de fabricación y arriendo de herramientas en total son 149.932 USD, 89.932 USD por concepto de Fabricación y 60.000 USD por arriendo, durante la maniobra.

2.3.2 Perdidas por inoperatividad.

Los valores por inoperatividad, están dados por una tarifa variable, la cual se ajusta por tramos, dependiendo de las horas operativas del equipo a intervenir, como ejemplo se mostrará tabla de cobro por hora aplicado a una pala modelo PC-5500D FS. Tabla 2-2, referencia contrato MARC Komatsu Chile. Se considera un factor de conversión de EURO a DOLLAR de 1,11.

Tabla 2-2 Tarifa contrato Komatsu pc-5500D FS

Detalle CPH	MONEDA	Tarifa variable por tramo de horas - cobro hora operacional										PROMEDIO
		0	6001	12001	18001	24001	30001	36001	42001	48001	54001	
		6000	12000	18000	24000	30000	36000	42000	48000	54000	60000	
CPH Komatsu	EUR/Hr	49,9	99,5	131,0	200,0	311,7	121,3	208,0	123,6	151,9	296,3	169,3
CPH Cummins	USD/Hr	20,4	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	90,9	38,6	57,7
CPH TOTAL	USD/Hr	75,7	149,0	236,3	260,5	436,9	173,2	321,8	175,8	259,5	367,4	245,6
CPD Total	USD/Día	1817,4	3574,8	5672,2	6252,9	10485,2	4156,6	7723,2	4218,2	6227,6	8818,6	5894,7

Fuente: Unidad de contratos Komatsu Chile.

Perdida por inoperatividad: 10.485,2 USD por día, 125.823 USD por la detención completa del equipo estimada en 12 días.

2.3.3 Resumen de estudio.

Tras identificada la maniobra propuesta, desarrollo de actividades, tareas a ejecutar y estudio económico, se logra identificar que la factibilidad de la maniobra es viable debido a la eliminación de los riesgos de carga suspendida, disminución en los costos de arriendo y compras generados para la adquisición de herramientas y lo más importante es la disminución significativa de los días de inoperatividad del equipo intervenido planificando esta intervención se estima que se realizará en 12 días de trabajo según las actividades a desempeñar. Logrando así un aumento en la disponibilidad del equipo, una significativa disminución de costos a solo 149.932 USD y una disminución en las perdidas por inoperatividad a solo 125.823 USD de pérdidas por la detención completa.

CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE MANIOBRA
PROPUESTA PARA CAMBIO DE CORONA EN PALAS HIDRÁULICAS
PC-5500 Y PC-000 EN FAENA MINERAS.

3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA

La implementación de la mejora propuesta se ha realizado en tres oportunidades, en dos faenas mineras, ubicadas en distintos sectores de Chile, la primera implementación se realizó en faena Chuquicamata Palas ubicada en la ciudad de Calama región de Atacama, en la cual se cuenta con un contrato tipo MARC, la pala en la cual se desarrolló la actividad es un equipo PC-5500D BH, numero interno 894, con una cantidad de horas de la corona de giro de 39203 y el tiempo total de intervención fue de 12 días; la segunda implementación se realizó en faena Andina ubicada en la ciudad de los Andes región de Valparaíso, en la cual cuenta con un contrato MARC, la pala en la cual se desarrolló la actividad es un equipo PC-5500D FS, numero interno 711 con una cantidad de horas de la corona de 32180 y el tiempo total de intervención fue de 12 días. La tercera detención por cambio de coronas que se ha realizado utilizando esta mejora es en faena Chuquicamata Palas ubicada en la ciudad de Calama región de Atacama, en la cual se cuenta con un contrato tipo MARC, la pala en la cual se desarrolló la actividad es un equipo PC-5500D BH, numero interno 893, con una cantidad de horas de la corona de giro de 48602 y el tiempo total de intervención fue de 11 días.

Para las tres maniobras cabe destacar que el personal operativo (Supervisor, Técnicos y operadores del contrato, Técnicos Task Forcé, y APR) involucrado en esta actividad fue de exclusividad para la actividad de cambio de corona, no se interactuó con la operación de los otros equipos existentes en la faena.

Fueron cerca de 2.000 H.H. Involucradas en la actividad, durante las cuales no existió ningún evento de seguridad relacionado con daño a las personas y/o equipos, esto gracias al correcto apego al instructivo técnico, la rigurosa confección de ART donde se identificando claramente los peligros y evaluando los riesgos asociados a cada una de las tareas logrando definir correctamente las medidas de control para evitar pérdidas.

Las actividades se desarrollaron apegándose en un cien por ciento a lo estipulado en el instructivo técnico de trabajo generado para dicha actividad.

Terminado el proceso de implementación se detecta que existen desviaciones en cada una de las instancias en las cuales se ha ejecutado la actividad, evidenciando que aún se puede realizar mejora a este proceso reduciendo los días de detención logrando así aumentar la disponibilidad y aumentar las ganancias por la inoperatividad del equipo, la evidencia de desviación arroja que se perdieron casi dos días por variables internas y/o externas a los contratos y organización, las cuales son, pérdidas de tiempo a espera del sector de mantenimiento, debido a que no cumplía con las especificaciones requeridas,

perdidas por falla en kit de banquillo con cilindros de levante uno de los cilindros presenta falla al momento de realizar las pruebas iniciales y finalmente se destina tiempo en realizar reparaciones y mejoras a la estructura mecano ya que presenta falla estructural.

3.1.1 Posicionamiento de base y balde.

Se realiza el posicionamiento de la base para desplazamiento horizontal del balde sin desviaciones (figura 3-1).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-1 Posicionamiento del balde sobre base de desplazamiento.

3.1.2 Retracción de cilindro boom.

Se retira pasador de unión cilindro boom con súper estructura y se retrae el cilindro hasta la ubicación final sin desviación (figura 3-2).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-2 Retiro de cilindros de Boom.

3.1.3 Instalación y posicionamiento de banquillos, cilindros y soporte de elevación.

Se realiza la instalación de los banquillos y cilindros de elevación en la ubicación correspondiente, luego se instalan los soportes de elevación delanteros sin desviación (figura 3-3).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-3 Instalación de banquillos y soporte de elevación.

3.1.4 Retiro de los pernos de sujeción con carbody y elevación de súper estructura.

Se realiza el retiro de la totalidad de los pernos de sujeción de la corona de giro con respecto al carbody y posteriormente se realiza el levante de la súper estructura

logrando despegarla desde la posición sobre el carbody, esta maniobra se realiza sin desviación (figura 3-4).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-4 Retiro de pernos de sujeción de corona con carbody y elevación de la súper estructura.

3.1.5 Instalación de las cuñas mecánicas.

Se realiza la instalación de cuñas mecánicas sin desviación (figura 3-5).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-5 Instalación de cuñas mecánicas.

3.1.6 Armado e instalación de estructura mecano.

Se realiza el armado de la estructura mecano y en el proceso se detectan fallas estructurales, por lo cual se deben reparar de manera inmediata para poder seguir con la actividad. La instalación de la estructura mecano se realiza sin desviación (figura 3-6).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-6 Armado e instalación de estructura mecano.

3.1.7 Retiro de corona de giro desde la ubicación en la súper estructura.

Se realiza la instalación de la base de retiro e instalación de la corona sin desviación, posteriormente se procede con el retiro de la corona desde la ubicación en la súper estructura y finalmente el retiro de la corona desde la base de retiro, sin desviaciones (figura 3-7).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

Figura 3-7 Retiro de corona desde super estructura y desde estructura mecano.

3.1.8 Instalación de corona de giro.

En la segunda parte del proceso de cambio de corona, no se evidenciaron desviaciones respecto a la instalación de la corona de giro y su proceso completo (figura 3-8).



Fuente: Soporte palas Komatsu Chile.

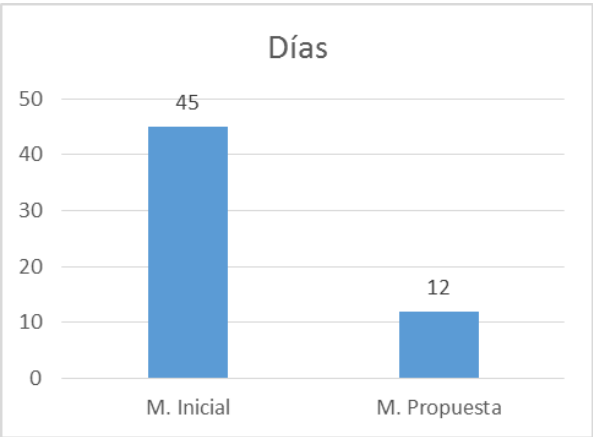
Figura 3-8 Instalación de corona de giro.

3.2 COMPARATIVO DE MANIOBRAS.

La maniobra del cambio de corona es el hito más importante, extenso y complejo dentro del proceso de mantenimiento programado durante la vida útil de las palas hidráulicas Komatsu ya que este componente es aquel que se cambia con la mayor cantidad de horas 30000 horas de operación estándar y adicionalmente se van cumpliendo los mayores ciclos de mantenimiento, ya que en este punto el ciclo vuelve a la base.

Para el proceso de cambio de corona con la modalidad inicial que se realiza, el tiempo destinado promedio en faenas es de 45 días, siendo extremadamente larga la detención en comparación con la cantidad de días promedio que nos permite esta nueva maniobra 11,5 días, siendo solo un 26% de la detención anterior (gráfico 3-1).

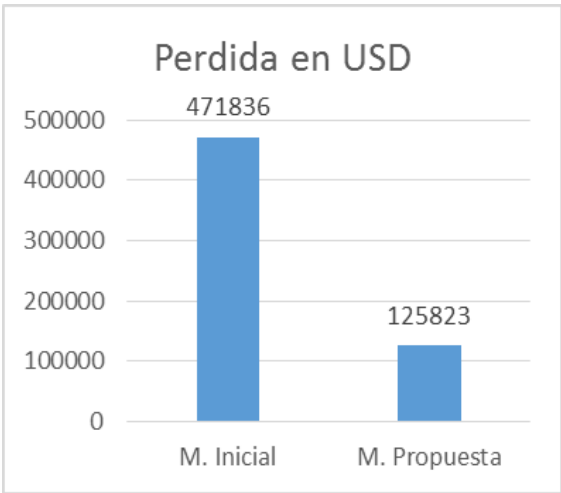
Gráfico 3-1 Comparativo de la cantidad de días de cada maniobra.



Fuente: Elaboración propia.

Referente a esta misma cantidad de días, Komatsu deja de percibir por concepto de tarifa variable ya que deja de cobrar solo por 11,5 días y no por 45 días como era inicialmente lo que significa un 27% de pérdidas con respecto a la maniobra anterior (gráfico 3-2).

Gráfico 3-2 Comparativo de perdidas por inoperatividad del equipo.

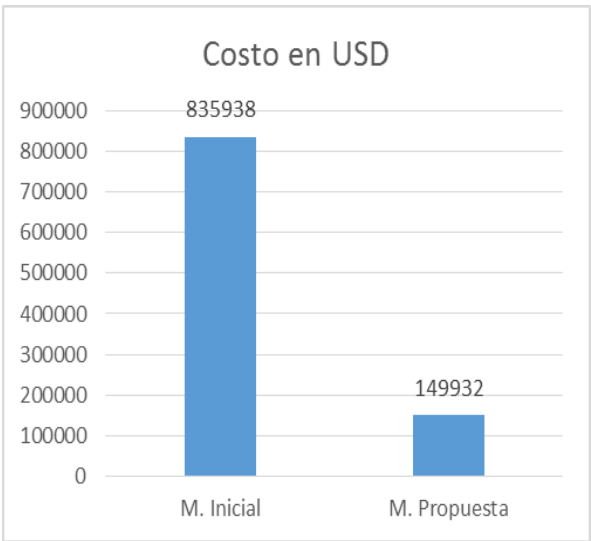


Fuente: Elaboración propia.

Considerando la detención inicial, el equipo presentaba una disponibilidad de 0% durante 1,5 meses, lo cual como imagen de producto es mal visto, incumplimiento de contratos y perdida por concepto de operación de los equipos, respecto a la maniobra nueva, solo se evidencia una pérdida de un 40%, por lo cual se podría llegar a una disponibilidad mensual del 60%.

Respecto a los costos por concepto de compra y arriendo también se ven disminuidos en su total, de 835.938 USD bajan a 149.932 USD, considerando las alianzas estratégicas que utiliza Komatsu en cada uno de sus contratos, esta aclaración es debido que él se comparan los costos totales a cargo de cliente como de Komatsu, ya que las pérdidas afectan a ambos como también las ganancias logradas son a beneficio de ambas partes (grafico 3-3).

Gráfico 3-3 Comparativo de costos asociados a la maniobra.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, pero la más importante comparación que se puede realizar es la eliminación completa de la exposición a maniobras de izaje de alto tonelaje y complejas, ya que se elimina el izaje mayor de 200[t] en reiteradas ocasiones dentro de la maniobra, a tan solo dos maniobras de izaje a la corona de giro que en caso de PC-5500 es de 10[t] y en PC-8000 son 18[t], esto disminuye la criticidad, disminuye los equipos necesarios, los controles necesarios y la exposición.

3.3 RENTABILIDAD DEL PROCESO.

Para Komatsu Chile es importante el invertir, planificar e implementar innovaciones y mejora continua a sus procesos. Debido a esto es que se ha desarrollado e implementado esta idea buscando la mejora, la optimización de tiempos, la reducción de riesgos, la reducción de costos, los aumentos en disponibilidad y en general la mejora global siendo todo un éxito y aceptada por la organización.

Respecto a las rentabilidades, se consideran como un global, ya que Komatsu a nivel nacional tiene participación con 17 equipos operativos en este momento tabla 3-1, que ingresan al plan de mantenimiento interno de la compañía y generan rentabilidades mensuales, esta cantidad de equipos es solo considerando los modelos de pala trabajados en este proyecto de título, excluyendo los modelos PC-4000 y todas sus versiones, al igual que todos aquellos contratos de asistencia técnica, venta de equipos y venta de repuestos.

Tabla 3-1 Listado de Faenas y equipos a nivel nacional.

Faena	Equipo	cantidad
Andina	PC-5500D FS	2
Caserones	PC-8000E FS	1
Chuquicamata	PC-5500D BH	3
Collahuasi	PC-5500D FS	2
	PC-8000D FS	1
DMH	PC-5500D FS	1
	PC-8000E FS	2
Gaby	PC-8000D BH	1
Los Pelambres	PC-5500D BH	1
Mina sur	PC-5500E FS	2
RT	PC-8000D FS	1
TOTAL		17

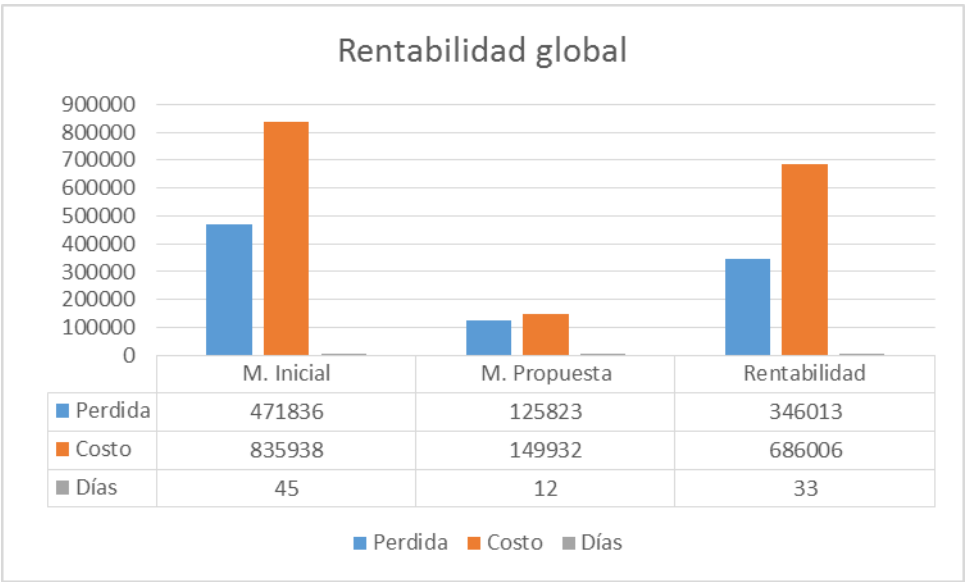
Fuente: Unidad de contratos Komatsu Chile.

3.3.1 Rentabilidad global.

Para la rentabilidad global se consideran la rentabilidad de la compañía y clientes, se evaluará la disminución de costos que significa los arriendos y compras

realizados por cada faena respecto a los arriendos y compras generados a nivel organizacional debido a que la maniobra anterior debía cada contrato efectuar los gastos y en la modalidad nueva las inversiones son transversales, el aumento de tarifa cobrada a nivel global considerando los cobros efectuados mensualmente a los distintos clientes en el momento que corresponda el cambio de componente grafico 3-4.

Gráfico 3-4 Rentabilidad global de la implementación.



Fuente: Elaboración propia.

La grafica expuesta nos permite evidenciar que con la nueva modalidad para el cambio de componentes, se logra reducir las perdidas por inoperatidad en 346.013 USD durante el proceso de cambio de corona y a su vez permite reducir los costos en 686.006 USD. Estos costos son globales, ya que son entre el cliente y la organización.

Con la nueva modalidad el cliente minero tendrá como costo el arriendo de los caballetes y cilindros hidráulicos de elevación los cuales son 60.000 USD por cada intervención, Komatsu tendrá los costos por concepto de fabricación de herramientas 89.932 USD por vez única y los costos asociados a mantenimiento de las herramientas 8.993 USD cada 24 meses, ya que las herramientas necesarias son propias.

Las ganancias que percibirá la compañía con la nueva modalidad proyectado a la cantidad de equipos al primer cambio de componente se evidencian con el valor resultante entre las ganancias generadas con la modalidad nueva y la cantidad de equipos operativos a nivel nacional 5.882.221 USD, a este resultado es necesario descontar el costo por concepto de mantenimiento de los equipos, los cuales se calculan cada 24

meses, considerando que las 30.000 horas de operación un equipo los cumple cada seis años aproximadamente, el ciclo de mantenimiento de las herramientas se cumplirá en tres ocasiones durante este periodo 26.980 USD, lo que da como resultado final 5.855.241 USD con un ciclo completo de cambio de corona de giro para todos los equipos operativos en la actualidad.

CONCLUSIÓN.

Una vez concluido el presente trabajo para optar al título de Ingeniería Ejecución en Mantenimiento industrial, se puede concluir lo siguiente.

Los objetivos propuestos se cumplieron en su totalidad, logrando determinar la problemática existente en la maniobra de cambio de corona para palas hidráulicas Komatsu PC-5500 y Pc-8000 identificando los puntos en donde se puede aplicar mejora continua al proceso, se logró proponer una propuesta para mejorar esta problemática tras realizada una evaluación técnica y económica evidenciado en el último objetivo que fue la implementación de esta propuesta en faenas mineras.

Tras realizada la implementación se comprobó la viabilidad la propuesta y la gran mejora evidenciada en cuanto a la disminución de costos necesarios para la implementación de la tarea y en la disminución de pérdidas por concepto de inoperatividad de los equipos, esto evidenciado en la reducción de días que dura la actividad lo cual también aporta al proceso de mantenimiento generando un aumento en la disponibilidad mensual de los equipos.

Los costos de implementación se redujeron en 686.006 USD y las pérdidas por inoperatividad de los equipos se redujeron en 346.013 USD.

La principal mejora evidenciada fue la eliminación de maniobras de izaje de componentes de alto tonelaje, cambiando las maniobras de izaje por maniobras de sustentación eliminando la interacción de los técnicos a este riesgo.

Para la implementación de la mejora se utilizó un kit de herramientas especiales, diseñadas y fabricadas de manera local, estas herramientas, se recomienda sean sometidas a un proceso de mantenimiento periódico cada 24 meses independiente si han sido utilizadas en alguna maniobra o están en resguardo de bodega, esto para asegurar que las herramientas se encuentren en perfecto estado y eliminar desviaciones al momento de utilizarlas en futuros cambios de corona.

Finalmente considerando todos los antecedentes antes expuestos en cuanto a la disminución de costos, disminución de pérdidas por inoperatividad de los equipos, los aspectos de seguridad mejorados y el aumento de la rentabilidad tanto para la compañía como para los clientes se recomienda migrar la modalidad de cambio de coronas para palas hidráulicas.

BIBLIOGRAFÍA.

Área de Diseño, Subgerencia de estandarización y mejoramiento continuo, Komatsu Chile

Unidad de contratos, Subgerencia de estandarización y mejoramiento continuo, Komatsu Chile.

Información recopilada por Alumno memorista en visitas a faenas, desarrollo de instructivos técnicos y aplicación de actividades en faenas mineras.

Unidad de soporte técnico Palas Komatsu Chile, gerencia de planificación e ingeniería centralizada.