

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

**PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO A PUENTES GRÚA EN FAENA MINERA**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno:

Marcos Esteban Flores Flores

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

Chile, 2024

RESUMEN

KEYWORDS: PUENTES GRÚA, MANTENIMIENTO

Al iniciar este proyecto de título se genera la idea a raíz de una problemática que fue visualizada al estar laborando en una Empresa que presta servicios de mantenimiento a equipos de izaje a una faena minera del norte del país. Estos equipos son de alto riesgo para la integridad de la salud y vida de las personas. En el primer capítulo, se da a conocer el contrato entre la Empresa Mandante y la Colaboradora y los 72 equipos que existen en esta faena minera, sin embargo existe solo uno que opera en el área de producción, el resto prestan servicios en apoyo al mantenimiento de las operaciones mineras. Por ello, se describen los equipos y sus componentes principales y así se logra conocer los componentes en el cual se realiza el análisis de este equipo, debido a que está generando un elevado costo en su mantenimiento correctivo, correspondiente a 43.860.744 USD, dando inicio al segundo capítulo, en donde los datos obtenidos son proporcionados por parte de la Empresa Colaboradora mediante las órdenes de trabajo emitidas desde la Empresa Mandante. Además, al utilizar las herramientas tales como AC y FMECA, se obtienen resultados evidenciando los costos y elementos de mayor criticidad e importancia entre ellos: sistema de freno, cable de acero, guía cable, contactores y guarda motor (protección eléctrica) en el que se debe enfocar el análisis de su gestión y así proponer una mejora en su mantenibilidad. Se evidencia que, de los 11 modos de fallas encontrados en el año, 8 podrían haberse evitados, equivalente al 73% de los modos de fallas. El análisis demuestra que los mantenimientos correctivos realizados generan un alto costo en comparación a los preventivos, equivalente a 62.474 USD. Puesto que, la Empresa Colaboradora es contratada para evitar la detención de la operación del puente grúa, basándose en las normas establecidas de carácter nacional como internacional ASME B30, OSHA 1910.179 y el Decreto Supremo 132 del Ministerio de Minería.

Continuando con el tercer y último capítulo, se profundizan los análisis direccionado hacia las pautas de mantenimiento que se utilizan para llevar a cabo el mantenimiento, siendo estos de manera periódica (mensual, trimestral y anual) en su planificación. El resultado de esto, visualiza que el personal de mantenimiento, siendo formado por técnicos mecánicos y eléctricos, realiza el mantenimiento llenando informes de manera que evidencian un buen estado de los equipos, sin embargo, en pocos días fallan, en donde sí se cumpliera a cabalidad y de manera eficiente con las pautas y estándares no debiese haber ocurrido. Al realizar un análisis de atributos generales y específicos, se obtiene como resultado que la formación del personal y los repuestos tienen

debilidades en la gestión del mantenimiento, lo cual genera una solución posible, la que consiste en evaluar al personal en la especialización en el área de mantenimiento de puentes grúa y así determinar la posibilidad de capacitar en esta área. Junto a ello, se sugieren los repuestos críticos basándose en el AC realizado y en los mantenimientos correctivos analizados. Para finalizar, se realiza un análisis de costo beneficio, obteniendo resultados favorables para la gestión de mantenimiento.

ÍNDICE

RESUMEN	2
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
 CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES	 12
1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	13
1.2. ANTECEDENTES DEL CONTRATO	13
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	15
1.3.1. Modelo actual de mantenimiento y mejoras propuestas	16
1.4. ANTECEDENTES DE LAS GRÚAS	18
1.4.1. Historia de la grúa.....	18
1.5. TIPOS DE GRÚAS EN EL CONTRATO.....	19
1.5.1. Grúa de torre	19
1.5.2. Grúa puente o de pórtico	20
1.5.3. Grúa monorriel.....	20
1.5.4. Grúa pluma giratoria independiente.....	20
1.5.5. Whinches.....	21
1.5.6. Tecles eléctricos.....	21
1.6. MANTENIMIENTO DE GRÚAS.....	21
1.7. PARTES PRINCIPALES DE UN EQUIPO DE IZAJE.....	22
1.7.1. Motor.....	22
1.7.2. Estructura (vigas)	23
1.7.3. Cables – cadenas	23

1.7.4.	Polipasto.....	23
1.7.5.	Tambor.....	23
1.7.6.	Gancho.....	24
1.7.7.	Poleas.....	24
1.7.8.	Frenos (izaje- traslación).....	24
1.7.9.	Limitadores (carrera – izaje).....	25
1.7.10.	Gabinete de electricidad.....	25
1.7.11.	Sistema de mando (cabina, control remoto, botonera).....	25
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO		27
2.1.	PRODUCCIÓN ANUAL DEL EQUIPO	29
2.2.	ÓRDENES DE TRABAJO EMITIDAS.....	30
2.3.	MODOS DE FALLAS.....	32
2.4.	CODIFICACIÓN DE LAS FALLAS	33
2.5.	FMECA DE ÓRDENES DE TRABAJO REALMENTE EFECTUADAS.....	33
2.6.	ANÁLISIS COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	34
2.7.	ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO/PREVENTIVO.....	35
2.8.	ÁNÁLISIS DE CRITICIDAD.....	36
2.9.	ANALISIS DE DEFICIENCIA EN MANTENIMIENTO.....	39
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN		42
3.1.	ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO EVITABLE.....	44
3.1.1.	Cable cambus.....	44
3.1.2.	Festum.....	45
3.1.3.	Disco y bobina de freno	45
3.1.4.	Cable de acero.....	47
3.1.5.	Caja limitador.....	47
3.2.	ANÁLISIS DE ATRIBUTOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	48

3.2.1.	Descripciones de los atributos generales.....	48
3.2.2.	Descripciones de los atributos específicos.....	50
3.3.	EVALUACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	53
3.3.1.	Perfil laboral.....	53
3.3.2.	Competencias transversales	55
3.3.3.	Conocimientos	55
3.4.	REPUESTOS SUGERIDOS.....	57
3.5.	RECOMENDACIONES PARA APLICAR NORMAS	57
3.6.	COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	61
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFIA	67
	ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Recurso humano por turno	14
Tabla 1-2:	Equipos por contrato según área	14
Tabla 1-3:	Equipos existentes	15
Tabla 2-1:	Producción puente grúa	29
Tabla 2-2:	Tiempos de carga (uso de puente)	30
Tabla 2-3:	Órdenes de trabajo emitidas	31
Tabla 2-4:	Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo	31
Tabla 2-5:	Órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo	32
Tabla 2-6:	Análisis del costo del mantenimiento preventivo.....	34
Tabla 2-7:	Análisis de los costos de mantenimiento correctivos versus preventivos	35
Tabla 2-8:	Costo del mantenimiento esperado.....	35
Tabla 2-9:	Análisis de criticidad	38
Tabla 2-10:	Clasificación de normas según componente	40

Tabla 2-11: Análisis de costo en mantenimiento evitable.....	40
Tabla 2-12: Análisis costo USD mantenimiento correctivo, preventivo y evitable.....	40
Tabla 3-1: Valorización de los atributos generales.....	50
Tabla 3-2: Valorización de los atributos específicos	52
Tabla 3-3: Costo monetario de los repuestos sugeridos.....	57
Tabla 3-4: Pautas enfocadas a las normas.....	58
Tabla 3-5: Puntos de mantenimiento para el cable de acero según normas.....	60
Tabla 3-6: Costos económicos a considerar.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1: Costos mantenimiento analizados	41
Gráfico 3-1: Producción (USD) y disponibilidad (%)	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Modelo del cuidado del ciclo de vida de la Empresa Colaboradora.....	16
Figura 1-2: Registro de las primeras grúas de la historia	18
Figura 1-3: Evolución de las grúas	19
Figura 1-4: Partes principales de un puente grúa.....	26
Figura 2-1: Flujograma del proceso minero	28
Figura 2-2: Tren en la operación minera	29
Figura 2-3: Criterio severidad.....	36
Figura 2-4: Criterio frecuencia.....	37
Figura 2-5: Criterio costo mantenimiento.....	37
Figura 2-6: Criterio impacto SHA	37
Figura 2-7: Matriz de criticidad	38
Figura 3-1: Extracto del contrato que especifica los cumplimientos del KPI.....	43
Figura 3-2: Puntos de la pauta establecida a cable cambus	44
Figura 3-3: Puntos de la pauta establecida a festum.....	45
Figura 3-4: Puntos de la pauta establecida para el freno puente.....	46

Figura 3-5: Puntos de la pauta establecida para el freno carro	46
Figura 3-6: Puntos de la pauta establecida para el freno de izaje	46
Figura 3-7: Puntos de la pauta establecida para el cable de acero	47
Figura 3-8: Punto de la pauta establecida para la caja limitador	48
Figura 3-9: Descripción de atributos generales	49
Figura 3-10: Indicador de Mantenibilidad General	50
Figura 3-11: Descripción de atributos específicos.....	51
Figura 3-12: Atributos específicos.....	52

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Pautas de mantenimiento	68
Anexo 2: Análisis de los modos de fallas	75
Anexo 3: Codificación de los componentes	78
Anexo 4: FMECA mantenimiento correctivo.....	80
Anexo 5: Categorización de criterios	81
Anexo 6: Normas aplicables a los componentes	82
Anexo 7: DECRETO SUPREMO 132 del Ministerio de Minería	86
Anexo 8: FMECA mantenimiento evitable.....	87
Anexo 9: Valorización de los criterios generales	88
Anexo 10: Valorización de los criterios específicos.....	89

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

1. SIGLAS

OT	: Orden de trabajo
FEM	: Federation Europeenne de la Muntention – Federación Europea de Mantención
DIN	: Deutsches Institut Für Normung – Instituto Alemán de Normalización
VDF	: Variador de frecuencia
FMECA	: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis - Análisis de Modos de Fallas, Efectos y su Criticidad
AC	: Análisis de criticidad
HH	: Horas Hombre
SHA	: Seguridad Higiene Ambiente
KPI	: Key Performance Indicator – Indicadores claves de rendimiento
CFT	: Centro Formación Técnica
OTEC	: Organismos Técnicos de Capacitaciones

2. SIMBOLOGÍA

Kg	: Kilogramos
Ton	: Toneladas
USD	: Dólar Estadounidense

INTRODUCCIÓN

El ser humano desde su origen tiene por esencia ser creador de herramientas que han ido evolucionando por miles de años, siempre en búsqueda de superar lo antes construido dejando reflejado grandes e imponentes monumentos, edificaciones y hoy en día grandes industrias, pero para ello, requiere de gran apoyo, puesto que el ser humano tiene una limitada fuerza y capacidad de levantar elementos de gran peso y volumen, siendo eso que lo llevó a buscar ayuda para mover y elevar grandes elementos para así seguir construyendo, como también realizar mantenimiento a la industria.

En el sector de la minería también se requiere mover y montar equipos de gran envergadura tanto como para el mantenimiento de las instalaciones como para apoyar a la producción de la materia prima. Es por esto, que las grúas son equipos de vital importancia en dicho sector, teniendo diferentes formas y aplicaciones según la necesidad y espacio en el cual operan. Debido a aquello, estos equipos son de alta criticidad, generan un alto riesgo de accidentes fatales ocasionando daños a las personas como a las instalaciones. Por tales motivos, es de gran relevancia que el mantenimiento de estos equipos sea de acuerdo a las normas y estándares que se exigen para su operatividad, siendo lo que origina el surgimiento de la idea de realizar una propuesta de mejora al plan de gestión de mantenimiento del equipo crítico de izaje utilizados en una faena minera de la zona norte de Chile, analizando el actual plan de mantenimiento e inspecciones en terreno, elaborando nuevas actividades de mantenimiento en base a la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente, y considerando los costos y beneficios esperados. También se va a realizar un listado sugerido para evitar demoras en el proceso de adquisición de los repuestos y mantener el repuesto en Faena.

Existen diferentes usos y tipos de equipos, sumado la distribución de ellos en las diferentes instalaciones de la faena minera, dentro de estos equipos existe un equipo puente grúa de cuatro polipastos con una capacidad de 5 toneladas por gancho, que ha generado un alto costo en mantenimiento correctivo por su indispensable uso en la etapa final de la producción en la minera generando un 43.860.744 USD en costo por mantenimiento correctivo en comparación a 62.474 USD mantenimiento preventivo.

Este equipo presta operación en el sector de carguío de trenes, retirando e instalando las tapas en el cual es transportado el concentrado de cobre para así ser llevado a puerto principal de la zona norte del país, generando una producción anual de 2.016.574.586 USD.

Es muy importante señalar que por indicaciones de las Jefaturas superiores de la Empresa Colaboradora, la cual es parte de este proyecto de título, no es autorizado mencionar el nombre de la Empresa Colaboradora y la Empresa Mandante.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora a la gestión de mantenimiento del equipo crítico de izaje utilizado en una faena minera, analizando el actual plan de mantenimiento e inspecciones en terreno, elaborando nuevas actividades de mantenimiento en base a la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente, y considerando los costos y beneficios esperados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir los antecedentes del puente grúa, de la Empresa Colaboradora, del contrato como así también de la problemática actual del puente grúa, describiendo el equipo y las partes principales para ser identificado su mantenimiento.
2. Analizar la operación anual del puente grúa, utilizando las órdenes de trabajo en un año y ejecutando un AC y FMECA para así ser identificados los costos y riesgos del mantenimiento correctivo en comparación al mantenimiento preventivo.
3. Investigar las causas que generan los mantenimientos correctivos mediante el análisis de las pautas, normas y estándares que se aplican en el puente grúa, determinando las propuestas de solución para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La Empresa Colaboradora es una empresa extranjera con presencia en distintas partes del mundo, que nace el año 1910, la cual se dedica a la fabricación, comercialización, mantención, reparación y suministro de componentes. También proporciona repuestos de puentes grúa y equipos de izaje. Son líderes en el mundo, en donde proveen sus servicios a una extensa variedad de clientes en las industrias de manufactura y procesamiento, astilleros, puertos y/o terminales, mineras entre otras.

Misión

Producir y comercializar equipos para movimiento de materiales, suministrar servicios y repuestos con los más altos niveles de calidad, utilizando la mejor tecnología mundial y la máxima disponibilidad de recursos nacionales.

Continuar como líder en el mercado de equipos para movimiento de materiales en Chile y el mundo con el más alto nivel de excelencia y ética, para todas sus actividades, así como el continuo desarrollo y bienestar del personal.

Visión

La visión es crear máquinas inteligentes y conscientes de su estado, y conectarlas en red para crear visibilidad en tiempo real y lograr mayor seguridad y productividad.

1.2. ANTECEDENTES DEL CONTRATO

Actualmente existe un contrato de servicios de mantenimiento preventivo y correctivo entre la Compañía Minera ubicada en la zona norte del país (Mandante) y la Empresa Colaboradora especialista en la fabricación, venta de repuestos y servicios de mantenimiento de equipos de izaje. En el caso de Chile, solo se dedican a la venta de repuestos, implementación y servicios de mantenimiento de equipos, tales como: puentes grúas, grúas portales y semi portales, monorrieles, jib crane, winches y tecles eléctricos. El contrato tiene una duración de tres años, para luego negociar una renovación directa del contrato o entrar en proceso de licitación. Estos equipos son de propiedad de la Minera, por lo tanto, son los que ponen las exigencias y condiciones de mantenimiento como también la planificación y programación del mantenimiento a realizar.

El contrato establecido ofrece mantenimiento con personal especialista en el área de mantenimiento a equipos de izaje, el cual se detalla a continuación por sistemas de turnos:

Tabla 1-1: Recurso humano por turno

Cant.	Especialistas por turnos	Total contrato
Turno 7x7		
1	Supervisor	2
1	Líder Capataz	2
2	Técnico Eléctrico	4
1	Técnico Mecánico	2
Turno 4x3		
1	Prevencionista	1
1	Planificador	1

Fuente: Elaboración propia

Los equipos, que por contrato se les realiza mantenimiento, son dispersos dentro de las instalaciones de la Faena, dividiéndose en áreas tales como:

- **Mina:** Instalación que comprende el taller de mantenimiento de equipos de alto tonelaje y maquinarias que operan en el interior de la mina.
- **SGO:** Instalaciones que comprenden el proceso de concentrado de cobre y molibdeno por sistema de flotación desde su chancado hasta su despacho.
- **Sulfuro:** Instalaciones que comprenden el proceso del cobre para ser obtenido mediante lixiviación hasta conseguir el producto final, correspondiente al cátodo de cobre, en donde se finaliza con su despacho.

Tabla 1-2: Equipos por contrato según área

ÁREA		
Mina	SGO	Sulfuro
Truck shop	Chancador principal	Chancador principal
Taller de soldadura	Feefer	Chancador secundario
	Molienda	Harneros
	Flotación	EW electrowinning
	Piscina	Taller de mantenimiento
	Carguío de trenes	

Fuente: Elaboración propia

En todas estas áreas existen diferentes tipos de equipos, siendo los siguientes:

Tabla 1-3: Equipos existentes

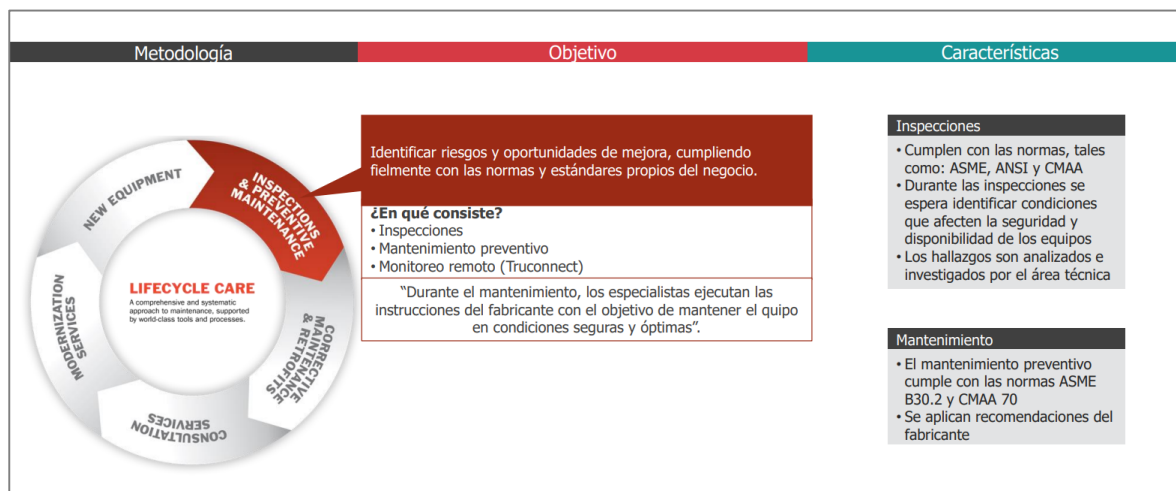
CANT.	EQUIPOS
9	Wuinches
5	Equipos enrolla correa
8	Jib crane
2	Grúa portal
16	Puente grúa
1	Semi portal
4	Tecles cadenas
1	Grúa torre
26	Monorrieles
72	Totales

Fuente: Elaboración propia

No todos los equipos tienen la misma operatividad en su uso diario, existen equipos que se ocupan solo en caso de ser necesario y puede llegar a ser solo una vez al año, en cambio existen equipos que están comprometidos directamente con la producción, siendo uno de ellos el carguío de trenes, este es un puente grúa de cuatro polipastos de 5 toneladas cada uno. Este equipo está comprometido con la producción, por ende, el equipo de izaje tiene un compromiso con la producción en forma directa, en el cual deben ser analizados.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el actual contrato, la Empresa Colaboradora tiene como modelo universal el cuidado del ciclo de vida ([ver figura 1-1](#)), en el cual se dedica a realizar mantenimiento preventivo, siendo la base del mantenimiento en donde se ejecuta, aunque en los países desarrollados el mantenimiento tiene sus funciones de predictivo con un modelo único. En Chile no está siendo aplicado por distintos motivos, siendo uno de ellos la conectividad ya que estos dispositivos necesitan de una buena señal inalámbrica de internet. Este dispositivo es único y patentado por la Empresa que trabaja de forma tecnológica, digital y apuntando a la inteligencia artificial, realizando análisis de desgastes de material, modo de uso, detección de sobreconsumo y sobre carga, pero en reemplazo de este dispositivo se evaluarán herramientas de análisis predictivo para evitar la indisponibilidad de los equipos por sobre todo los más críticos, los cuales serán analizados.



Fuente: Página Web oficial de la Empresa Colaboradora

Figura 1-1: Modelo del cuidado del ciclo de vida de la Empresa Colaboradora

1.3.1. Modelo actual de mantenimiento y mejoras propuestas

- a) Actualmente el contrato es solo por mantenimiento, esto no implica mantener un stock de repuestos por parte de la Empresa Colaboradora, ésta solo le sugiere al Mandante el cambio de componentes por desgaste, deterioro o falla. El Mandante es el encargado de la compra de los repuestos, solicitando al proveedor que ellos estimen conveniente, mediante un proceso de licitación subido a una plataforma pública. La Empresa Colaboradora cuenta con un Departamento de Ventas de repuestos en la Casa Central, ubicada en Santiago, que también participa en la licitación pública, pero no siempre logra la venta de ellos. La Empresa Mandante cuenta con su propio programador de mantenimiento, el que desconoce cuáles son los repuestos críticos de un equipo específico, en donde las programaciones de mantenimiento son uniformes para todos. Por todo lo anteriormente mencionado, se realiza un análisis del equipo mediante un FMECA y AC, para así determinar los tipos de fallas y el costo que generan, como también visualizar los repuestos que tienen una mayor criticidad para generar un listado sugerido de repuestos para evitar demoras en el proceso de adquisición de estos y mantener el repuesto en Faena, así optimizando los tiempos y los costos, evitando que el equipo quede fuera de servicio por no cumplir con los estándares y normas establecidas que pueden afectar a la seguridad de las personas e instalaciones y por sobre todo, evitar los costos de pérdidas que generan la indisponibilidad del equipo al ser requerido.

- b) En el contrato de mantenimiento existen 72 equipos ([ver tabla 1-3](#)) en donde no todos tienen la misma operatividad. Existen equipos que se ocupan una vez al año, ya que son de apoyo para realizar mantenimiento a las instalaciones y/o equipos que son parte del proceso de operación de la Minera, pero esto no afecta directamente a la producción solo a la detección programada de operaciones de la Empresa Mandante, para ello se puede generar y mantener los equipos de izaje con anticipación y solicitar los repuestos con márgenes de tiempo antes de ser utilizados. Por otra parte, existen equipos que son parte de la producción y son utilizados a diario y requieren de una disponibilidad completa ya que esto afectaría directamente en los costos de producción. Para generar una mejor disponibilidad de cada uno de los equipos cuando se requieren, se realiza un análisis mediante las herramientas dadas para los planes de mantenimiento, según su necesidad, y así poder categorizar y jerarquizar los equipos para lograr determinar cuáles son los equipos de vital importancia para realizar un plan de mantenimiento predictivo.
- c) El plan de mantenimiento actual está enfocado a inspecciones y chequeos que se realizan en forma periódica, ya sea mensual, trimestral o anual a puentes grúa, monorraíles y otros. El plan cuenta con una pauta que, independientemente del tipo de equipo, es general, es la misma para los diferentes equipos, conduciendo a cometer errores por el técnico especialista durante la mantención y obviando los puntos que requieren gran interés y relevancia de análisis, teniendo presente que no todos los equipos cuentan con los mismos componentes y cantidad de ellos. Por ello, se debe generar un plan de mantenimiento claro y específico para cada tipo de equipo, divididos en los siguientes siete tipos:

- Puentes grúa
- Monorraíl
- Grúa portal
- Jib crane
- Tecles
- Whinches
- Enrolla correa

El plan de mantenimiento se debe enfocar en los estándares, en las normas establecidas para el mantenimiento y en las recomendaciones del fabricante. Este plan debe ser claro,

especifico, fácil de aplicar, registrando un buen análisis, propuestas y observaciones del mantenimiento para un cambio de componentes y/o el requerir repuestos.

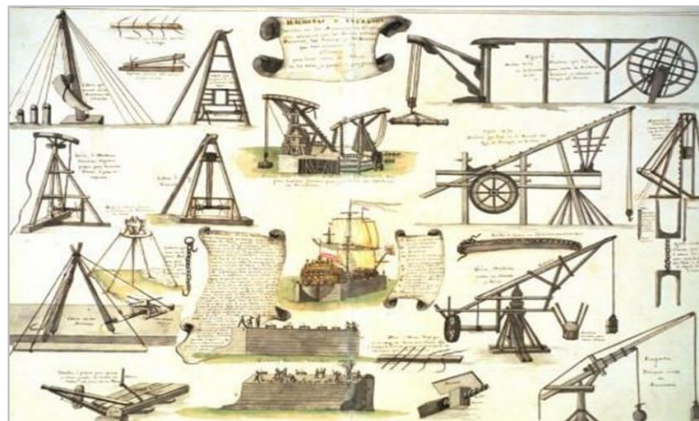
En el capítulo II se desarrollan las propuestas de mejora planteadas por medio de las herramientas mencionadas anteriormente para dar solución a las problemáticas identificadas.

1.4. ANTECEDENTES DE LAS GRÚAS

1.4.1. Historia de la grúa

La grúa es la «evolución» del puntal de carga que, desde la antigüedad, se ha venido utilizando para realizar diversas tareas.

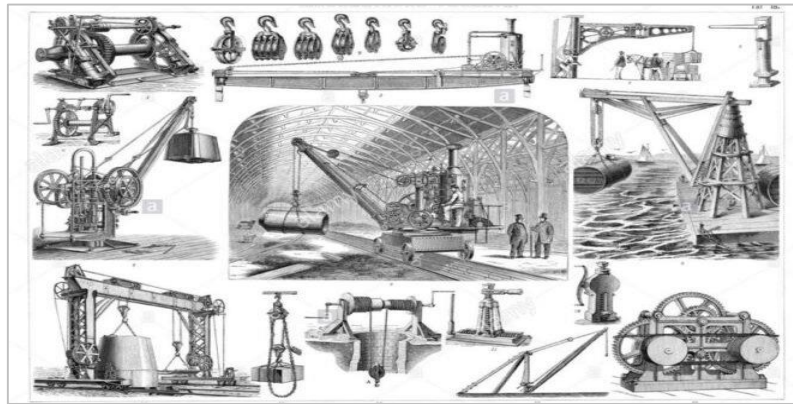
Existen documentos antiguos donde se evidencia el uso de máquinas semejantes a grúas por los Sumerios y Caldeos, transmitiendo estos conocimientos a los egipcios.



Fuente: curso interno Empresa Colaboradora

Figura 1-2: Registro de las primeras grúas de la historia

Las primeras grúas se inventaron en la antigua Grecia, accionadas por hombres y/o animales. Estas grúas eran utilizadas principalmente para la construcción de edificios altos. Posteriormente, se desarrollaron grúas más grandes utilizando poleas para permitir la elevación de mayores pesos. En la alta Edad Media se usó en los puertos y astilleros para la estiba y construcción de los barcos. Algunas de ellas fueron construidas ancladas a torres de piedra para dar estabilidad adicional. Las primeras grúas se construyeron de madera, pero desde la llegada de la revolución industrial, los materiales más utilizados son el hierro fundido y el acero.



Fuente: <https://gruasyaparejos.com/gruas-industriales/gruas-historia/>

Figura 1-3: Evolución de las grúas

Para operar eficientemente y mantener su estabilidad vital, todas las grúas deben obedecer las leyes de la física. Las dos consideraciones más importantes en este aspecto es que la grúa no debe mover pesos que excedan su capacidad, y que cualquier movimiento brusco que ocurra por encima de lo soportado de la máquina se debe eliminar como sea.

Una grúa es capaz de levantar objetos porque la carga se compensa con el tipo de motores:

Las grúas generalmente se alimentan de motores eléctricos, poder hidráulico o de motores de combustión interna, pero el rápido desarrollo tecnológico nos permitirá ver otro tipo de alimentación en el futuro.

1.5. TIPOS DE GRÚAS EN EL CONTRATO

1.5.1. Grúa de torre

Este tipo de grúa normalmente se usa en sitios de construcción urbana. Esta máquina está anclada al piso y provee una mezcla óptima de capacidad de altura y levantamiento el cual se despliega comúnmente en la construcción de edificios.

Dos brazos horizontales emergen de una torre central, en la que una se usa para suspender las cargas pesadas que serán levantadas y la otra sirve de contrapeso. Una grúa de torre es controlada por una persona el cual puede estar sentado en la parte más alta de la grúa, o usar un sistema de control remoto para operar la máquina desde el suelo.

1.5.2. Grúa puente o de pórtico

Las grúas puente son grúas con un sistema de elevación que pueden ser con polipasto o con un carro abierto.

Son de construcción robusta, con un alto nivel de estandarización, lo que las hace muy modulares y adaptables a cualquier necesidad, de alta fiabilidad en sus componentes y disponibles para una amplia gama de aplicaciones.

La estructura es de viga cajón o perfil comercial, optimizada mediante procesos de cálculo informático. Las grúas puente tienen una capacidad de elevación desde 500 kg hasta 400 ton.

Una grúa puente está colocada dentro del interior o exterior de una estructura, donde consiste en un puente metálico, en este caso una viga, el cual está posicionada sobre un par de rieles que están en paralelo en el edificio o estructura en el cual se realizará el trabajo movilizandocargas de gran peso, siendo la dirección de las mismas tanto horizontal como vertical.

1.5.3. Grúa monorriel

Estas grúas viajeras o grúas puente, están diseñadas y fabricadas de acuerdo a los estándares avanzados FEM/DIN.

Un puente grúa monorriel está constituido por una viga principal, especialmente fabricada en base a un perfil de hierro laminado. Se utiliza generalmente en naves industriales medianas y galpones, tienen una estructura compacta con poca presión en las llantas, la cual genera eficiencia en espacios pequeños o espacios limitados para reducir inversión en estructura.

1.5.4. Grúa pluma giratoria independiente

Las grúas pluma montadas en columna son un equipo de elevación de tamaño medio desarrollado en los últimos años. Tiene características de estructura única, operación segura y confiable, alta eficiencia, ahorro de energía, ahorro de tiempo, ahorro de esfuerzo y flexibilidad. Tienen un amplio alcance de operación de 360 grados que es adecuado para el taller de mecanizado, taller de montaje, fundición, planta de tratamiento térmico, el transporte, la carga y descarga, piezas de repuesto para voltear el trabajo. Además, es un dispositivo de control remoto, por lo que el trabajador puede operar desde una larga distancia, es seguro e ideal materiales y equipos de aparejo moderno. El sistema de grúa montada en columna adopta un bloque incrustado, un cabezal de pluma enchufable y una pluma de sección en U avanzada internacionalmente, que tiene un excelente rendimiento de elevación y un trabajo de elevación seguro y fiable.

1.5.5. Winches

Son aquellos dispositivos mecánicos que son impulsados por un motor eléctrico. Están diseñados para levantar y desplazar grandes cargas. Consiste en un rodillo giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable o una maroma, en donde provoca el movimiento en la carga sujeta al otro lado del mismo, como, por ejemplo, las anclas o cadenas en embarcaciones, barcos, plataformas petroleras, barcasas, entre otras.

Cabe resaltar que debido al riesgo potencial que representan estos elementos para las personas que los manipulan, es necesario aplicar un mantenimiento constante. Dicho mantenimiento debe ser realizado por un profesional y siguiendo las indicaciones otorgadas por el fabricante.

1.5.6. Tecles eléctricos

Tienen la ventaja de poder dar facilidad al operador y a la vez, realizar un trabajo más eficiente y seguro.

Estos equipos pueden ser instalados en pórticos o puentes grúa y son utilizados en instalaciones donde la operación de izaje es un trabajo rutinario. Los ganchos giran en 360 grados.

1.6. MANTENIMIENTO DE GRÚAS

Según norma ASME B30 2-2.3.1 mantenimiento preventivo es:

- A. Se debe establecer un programa de mantenimiento., en el cual el programa debiera estar basado en las recomendaciones delineadas en el manual del fabricante y, cuando sea apropiado, en las recomendaciones adicionales delineadas por una persona calificada basada en la revisión de la aplicación y operación de la grúa. Los registros actualizados deben guardarse en archivos.
- B. Las partes de reemplazo deben ser al menos igual a la especificación del fabricante original.
- C. 2-2.3.3 Ajustes, reparaciones y reemplazos:
 - (a) Cualquier condición dejada al descubierto por la inspección efectuada de acuerdo con los requerimientos de la sección 2-2.1, la que se determina como peligrosa para continuar la operación, debe ser corregida por ajustes, reparaciones o reemplazos, antes de continuar con el uso de la grúa.

(b) Los ajustes, reparaciones y reemplazos deben ser efectuados por el personal designado.

(c) Los componentes deben ser ajustados o reparados como sea necesario. Los siguientes son algunos ejemplos:

- Todos los mecanismos de operación
- Dispositivos de límite
- Sistemas de control
- Frenos

(d) Las reparaciones o reemplazos se deben hacer como sea necesario. Los siguientes son algunos ejemplos:

- Ganchos dañados o gastados como se describe bajo la sección Mantenimientos en ASME B30.10. Las reparaciones por rearmado con soldadura no son recomendables.
- Todas las partes críticas que están trizadas, quebradas demasiado gastadas o faltantes.
- Contactos eléctricos picados o quemados debieran corregirse solamente por reemplazo y en juegos. Las partes de los controles debieran ser lubricadas como se recomienda en el manual entregado junto con la grúa.
- Las etiquetas o placas indicando funciones, instrucciones, precauciones y advertencias deben ser legibles.

(e) Si las reparaciones a los miembros que sostienen la carga se hacen con soldadura, se debe anotar la identificación de los materiales y se debe seguir los correctos procedimientos de soldadura.

1.7. PARTES PRINCIPALES DE UN EQUIPO DE IZAJE

1.7.1. Motor

Los motores eléctricos empleados en máquinas de elevación son, en su mayoría, trifásicos asincrónicos de anillos rodantes, motores trifásicos asincrónicos de jaula de ardilla y de corriente continua. En su mayoría los equipos más actuales son accionados mediante variadores de frecuencia en el cual va regulando la velocidad de giro del motor y los movimientos principalmente de traslación puente y carro, se hacen más regulables y sensibles debido a la complejidad de acuerdo al trabajo que estos requieren hacer, en el caso de izaje, generalmente

trabaja con dos velocidades pero aun así, se requiere una velocidad suave en la partida del movimiento, tanto como de subida como de bajada.

En los equipos un poco más antiguos y dependiendo de su trabajo, solo trabajan con contactares de dos velocidades normalmente.

1.7.2. Estructura (vigas)

Es la columna principal del equipo en el cual se soporta todo el peso y la carga. Está construida por perfiles estructurales cuidadosamente estudiados mediante cálculos de resistencia y esfuerzo que serán sometidas, principalmente de flexión, corte y torsión. Estas cargas son soportadas en sus extremos de las vigas, puestos en estructuras fijas debidamente calculadas y también con los esfuerzos que son puestas en las vigas, ya que serán donde llegará todo el peso tanto del equipo como de la carga a elevar. Cuando las cargas son superiores a 4 ton., se utiliza una disposición de dos vigas posicionando entre ambas un carro abierto que tendrá los dispositivos de levante.

1.7.3. Cables – cadenas

El cable de acero es uno de los elementos principales de los equipos de izaje, ya que por ellos se transmite la fuerza que lleva a levantar un elemento. El cable de acero está compuesto principalmente de alambres de acero trenzados en el cual se forma un alma y torones para después ser trenzados entre sí. El número de torones son dependiente de cada cable en consideración al uso y peso al trabajo que estarán expuestos.

Los torones están compuestos por alambres que pueden ser de diferentes diámetros trenzados helicoidalmente llevando siempre un alma dentro de ellos.

El alma, también llamado núcleo, es el eje central de un torón y un cable.

1.7.4. Polipasto

El polipasto es un conjunto compuesto por un motor, caja reductora, tambor enrollador, poleas y cable de acero, que cumple la función de mover cargas. En el caso de los puentes grúa, debe realizar la elevación cumpliendo la función de descomponer la fuerza y así ser posible el movimiento requerido con menor esfuerzo. El número de poleas lo dispone la fuerza de la carga que el equipo estará configurado a elevar.

1.7.5. Tambor

Es un componente cilíndrico de acero fundido, a su alrededor pasa y se aloja el cable de acero que al momento de enrollar y desenrollar realiza la operación, elevación y descenso de los elementos

que se requieren mover. Los tambores para cables deben ser rasurados, como también deben proveer de guías para su alojamiento de forma correcta.

1.7.6. Gancho

Los ganchos de izaje son uno de los elementos más importante, ya que es el encargado de conectar la maquinaria con la carga. Tienen un diseño especial para tener un enganche rápido y están hechos de acero forjado. Es un elemento auxiliar para las operaciones de elevación con la particularidad de que facilita el enganche y desenganche rápido de las cargas. Soportan una carga en una configuración de tracción directa, configurados con cargas transportadas en la base del gancho.

1.7.7. Poleas

La polea es una rueda acanalada usada con un cable para cambiar la dirección y el punto de aplicación de una fuerza de tracción, para así igualar tensión entre los puntos extremos de las cuerdas o cables que pasa por la parte acanalada. Las poleas pueden ser fijas o móviles de acuerdo a su aplicación. En el caso de una polea móvil, en el equipo de izaje viene complementado con el gancho, formando así un solo componente.

1.7.8. Frenos (izaje- traslación)

El freno es un dispositivo de fricción, controlado a través de una bobina eléctrica que le da la presión que requiere para discontinuar el movimiento. Generalmente usa discos múltiples utilizados para controlar la velocidad de carga, evitando que la carga gire hacia la dirección contraria. Ofrece la función de dispositivo de seguridad y está anclado a la parada de emergencia que controla los movimientos del equipo.

El freno motor está alojado en la parte posterior de un motor eléctrico, en donde puede actuar como un freno de estacionamiento, puesto que solo mantiene la carga estacionaria. A estos frenos se refieren como un "freno de estacionamiento" cuando el motor, por ejemplo, está controlado por un VDF (Variador de Frecuencia), el freno no se usa para detener el motor; el VDF detiene el motor manipulando el nivel de voltaje y la frecuencia. El freno solo se utiliza para mantener la carga estacionaria después de que el motor se haya detenido o se acciona de forma inmediata al poner parada de emergencia.

Cuando se usan controles de contactór, el freno aplicado en el extremo del eje del motor debe funcionar como un "freno" lento y detener la carga y como un "freno de retención" para mantener la carga estacionaria una vez que se ha detenido.

El freno de zapata está alojado en el conjunto motriz y es un resorte que presiona la superficie de fricción (forro del freno) contra el tambor del freno, lo que ocasiona que la acción de frenado. Ocasionalmente equipado con un regulador automático de compensación de desgaste.

1.7.9. Limitadores (carrera – izaje)

Un limitador de carrera o también conocido como sensor de contacto o limit switch, básicamente es un interruptor que se utiliza en la industria para diferentes finalidades y envía señales para determinar posición de un elemento. Existen diferentes tipos de limitadores, estos pueden ser mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, este último son los utilizados en equipos de izaje, se posiciona en el punto final del recorrido del elemento móvil para cambiar la velocidad y/o detener el elemento. Este dispositivo es de vital importancia debido a que evita que los equipos colisionen, en el caso que si existen más de uno montado paralelamente y/o no se salga de su curso en el caso de traslación del equipo, y en el caso de izaje, evitar sobrepasar los límites de enrollado o desenrollado del cable en el cual está configurado.

El limitador de carga (izaje) es de tipo sensitivo, envía señales débiles en el cual censa la carga que se está elevando para así evitar levantar más de lo que el equipo está diseñado, evitando accidentes y deterioros del equipo y/o elementos de este.

1.7.10. Gabinete de electricidad

El gabinete eléctrico está inserto en el equipo, es un elemento clave para la protección y funcionamiento de todo el sistema eléctrico que existe en el equipo. Es el encargado de proteger los controles de mando del sistema eléctrico y la red de distribución eléctrica interna, al igual que la integridad de la instalación y usuarios. El gabinete está compuesto por una serie de protecciones manuales como automáticas, además de equipos de control como VDF, contactares, los cuales funcionan en conjunto como un mecanismo de seguridad (guarda motores, relé, disyuntores, fusibles, automáticos) de todos los circuitos existentes en el lugar, ofreciendo así una protección integral a toda la instalación eléctrica, evitando daños e incidentes.

1.7.11. Sistema de mando (cabina, control remoto, botonera)

Existen dos formas de operar una grúa:

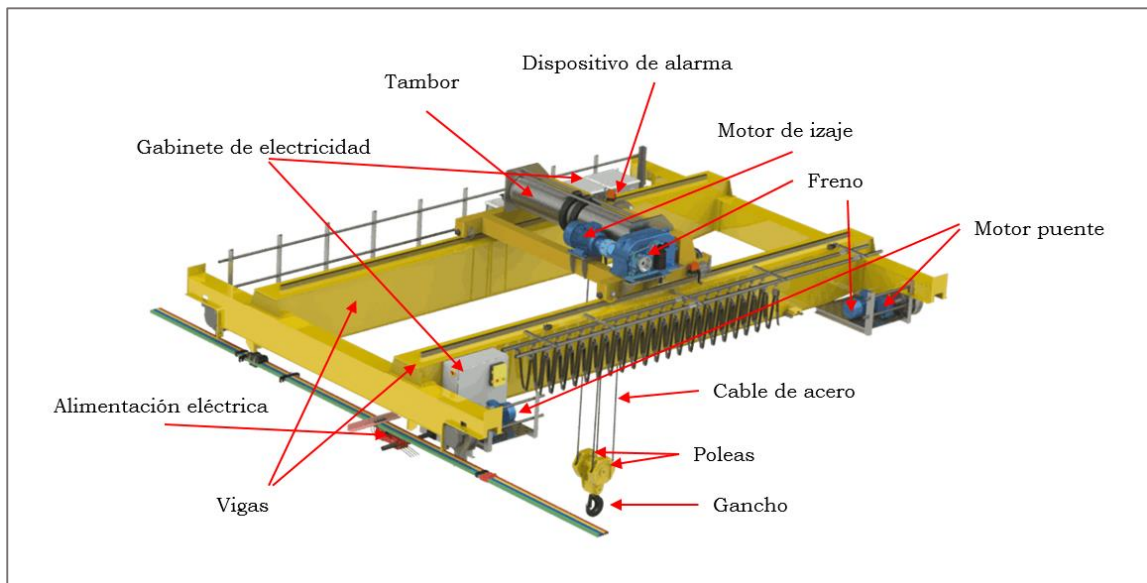
- a) Con un mando desde la cabina. La cabina es el habitáculo del operador, donde puede comandar los movimientos de la grúa, ya sea directamente o ayudado por el señalista, está añadida a la propia estructura, es decir, al puente, el operario debe acceder al equipo para

realizar los movimientos requeridos, esto consiste en un asiento en el cual en ambos lados cuenta con controles tipo joystick.

- b) Con un mando desde el suelo ya sea con botonera suspendida o bien con botonera de control remoto.

El control remoto o botonera inalámbrica es un dispositivo que se utiliza para controlar y manipular el equipo a distancia y sin poner en riesgo al operador. El control remoto o botonera inalámbrica es un artefacto importante, no sólo porque facilita las operaciones industriales, sino que además contribuye a garantizar la seguridad de los operarios.

La botonera suspendida cumple la misma función de control remoto con la limitación que está conectada al equipo mediante cables eléctricos que transmiten la señal de movimiento que el operador requiere hacer.



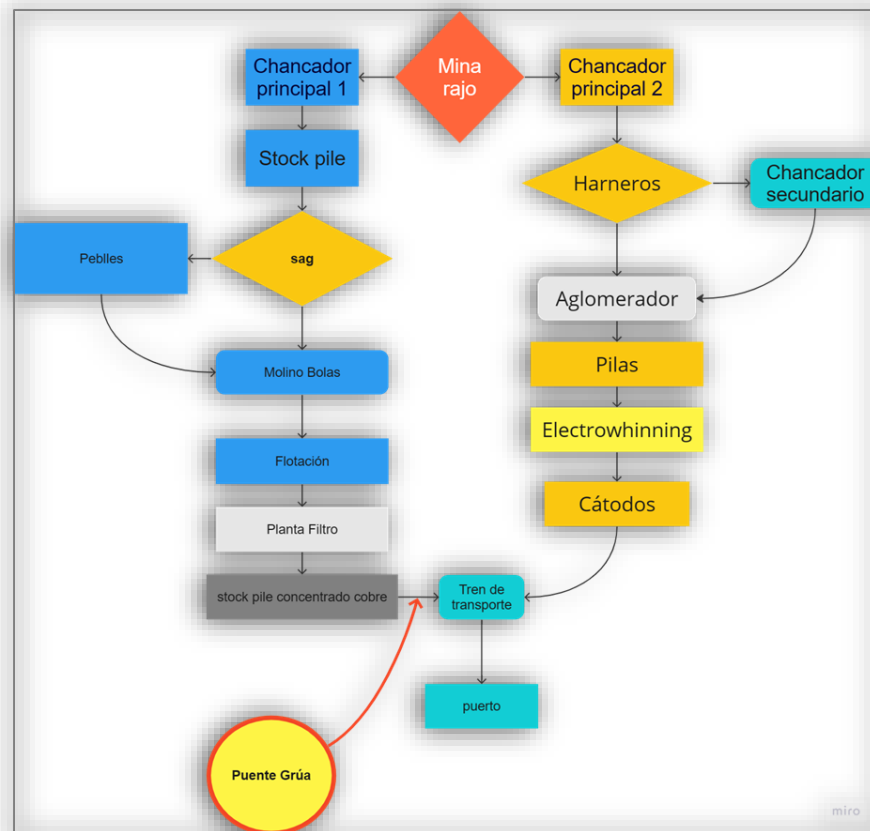
Fuente: Elaboración propia a partir de curso interno de la Empresa Colaboradora

Figura 1-4: Partes principales de un puente grúa

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO

2. ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO

En este capítulo se implementa un análisis del mantenimiento correctivo del puente grúa, el cual se ubica en el proceso de carga de concentrado de cobre en la etapa casi final del proceso minero ([ver figura 2-1](#)), ya que es el único equipo que participa en el proceso de producción. El análisis se inicia por la recopilación de datos tales como: de producción y de órdenes de trabajo de mantenimiento del puente grúa. Seguido a ello, se realiza un análisis FMECA, donde se identifican los modos de fallas, análisis de criticidad, determinando así los resultados de los costos asociados a el mantenimiento correctivo, además de sus repuestos más expuestos que pueden generar una detención imprevista como también la identificación de los riesgos para suprimir y controlar accidentes que pueden generar un daño a las personas como así a las instalaciones cumpliendo así tanto con las normas internacionales como las chilenas que son establecidas para estos equipos.

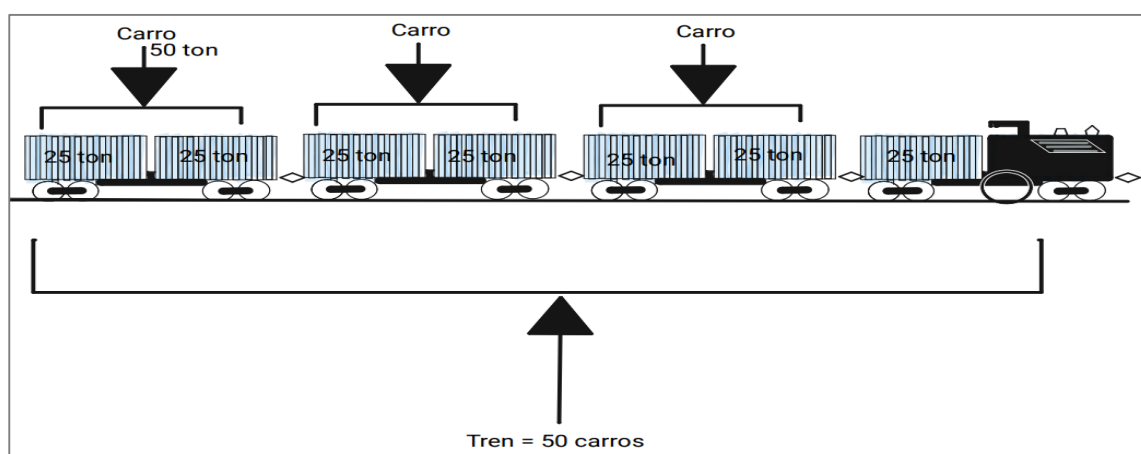


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1: Flujograma del proceso minero

2.1. PRODUCCIÓN ANUAL DEL EQUIPO

En la tabla 2-1, se indica cual es la producción anual del puente grúa, analizando paso a paso según datos obtenidos, en donde el valor en dólares es de \$905 con fecha de 28 de septiembre 2023. Este proceso se inicia con los datos de la carga en un carro que demora 12 minutos y tiene un costo de \$2.000.000 por Ton., en donde el carro tiene una capacidad de 50Ton y un tren cuenta con 50 carros ([ver figura 2-2](#)). Este proceso está enfocado en un turno de 24 horas. Al traspasar ese valor a costo trabajo anual, se tiene como resultado 3509,62 horas, en donde se obtiene un valor de 2.016.574.586 USD en operaciones óptimas, en el cual sale un tren destino a puerto principal. Por ello, es de suma importancia la operatividad del equipo mencionado. En base a estos análisis, se logra conocer el nivel de costo que se genera si el equipo no está operativo en el momento que se requiere.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2: Tren en la operación minera

Tabla 2-1: Producción puente grúa

Producción USD	
Valor dólar	905
Valor por hora	230.203
Total diario	5.524.862
Total mensual en dólar	165.745.856
Producción anual	2.016.574.586

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 2-2, se analiza el tiempo del puente grúa en su operación en proceso de carga, lo cual lleva a representar su tiempo disponible tanto para la operación (9,62 horas) dividido en dos turnos de 12 horas (4,8 horas) de operación y el tiempo disponible para una mantención preventiva (14,38 horas) con un tiempo de operación anual en óptimas condiciones de 3509,62 horas.

Tabla 2-2: Tiempos de carga (uso de puente)

Tiempo de carga (uso puente)			
	Cantidad	Horas	Minutos
Carro	1	0,2	12
Tren = 50 carros	50	9,62	576,92
Tiempo de carga anual	365 días	3509,62	horas al año
Disponibilidad para mantenimiento		14,38	horas x día

Fuente: Elaboración propia

2.2. ÓRDENES DE TRABAJO EMITIDAS

Los datos recopilados se inician con las órdenes de trabajo emitidas ([ver tabla 2-3](#)) tales como, correctivas y/o emergencia, como también las planificadas dadas por la Gerencia de Planificación. Se inicia dividiendo los mantenimientos programados ([ver tabla 2-4](#)) versus los correctivos ([ver tabla 2-5](#)), para así analizar en forma independiente entre si y así lograr el análisis que se requiere obtener. Estas órdenes de trabajo solo tienen carácter de emisión, no significa que son todas ejecutables ya que deben tener la coordinación con el área para hacer el ingreso al equipo y así no afectar su operación en el caso de los mantenimientos preventivos y en algunos casos, los correctivos de acuerdo a su criticidad y urgencia, en el caso de las órdenes de trabajo correctivas, no todas son con detención de equipo ([ver tabla 2-5 desde N°12 a 17](#)) ya que existe orden de inspección visual de operación para detectar anomalías por aviso de falla en operación. Esto no aplica para ser analizado en los costos, debido a que no generan pérdidas en la operación como en cobro de HH ya que está por contrato este servicio.

Tabla 2-3: Órdenes de trabajo emitidas

Nº	Orden	Descripción de la orden	Prioridad	Fecha de trabajo
1	525852507	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente Grúa	Sched Day Defined	05-01-2023
2	417129125	Cambio radio control	Sched Day Defined	04-02-2023
3	525973632	3M Mec Serv 2295-CN-013 Puente Grúa	Sched Day Defined	07-02-2023
4	417532854	Cambio de limit switch	Sched in Period	15-02-2023
5	526084117	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente Grúa	Sched Day Defined	08-03-2023
6	526206426	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente Grúa	Sched Day Defined	09-04-2023
7	417582444	cambio de disco de freno	Sched Day Defined	26-04-2023
8	417582445	cambio de caja de conexión	Sched Day Defined	11-05-2023
9	526324524	3M Mec Serv 2295-CN-013 Puente grúa	Sched Day Defined	12-05-2023
10	435741506	DET. FALLA	Urgent	02-06-2023
11	526448174	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente grúa	Sched Day Defined	08-06-2023
12	435761557	DET. FALLA	Urgent	16-06-2023
13	435782474	DET. FALLA (caja limitador)	Urgent	01-07-2023
14	435782474	DET. FALLA	Urgent	02-07-2023
15	435786405	DET. FALLA	Urgent	04-07-2023
16	526570839	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente grúa	Sched Day Defined	05-07-2023
17	435797052	DET. FALLA	Urgent	12-07-2023
18	526692603	12M Mec Serv 2295-CN-013 Puente grúa	Sched Day Defined	06-08-2023
19	435834331	DET. FALLA	Urgent	09-08-2023
20	435856322	DET. FALLA	Urgent	25-08-2023
21	526814953	1M Mec Serv 2295-CN-013 Puente grúa	Sched Day Defined	07-09-2023
22	435878438	DET. FALLA	Urgent	11-09-2023

Fuente: Empresa Mandante

Tabla 2-4: Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo

Nº	Orden	Descripción de la orden	Prioridad	Fecha de inicio básica	Fecha de término básica
1	525852507	1M Mec	Sched Day Defined	05-01-2023 14:30	05-01-2023 20:00
2	525973632	3M Mec	Sched Day Defined	07-02-2023 9:00	07-02-2023 18:00
3	526084117	1M Mec	Sched Day Defined	08-03-2023 9:00	08-03-2023 16:00
4	526206426	1M Mec	Sched Day Defined	09-04-2023 9:00	09-04-2023 16:00
5	526324524	3M Mec	Sched Day Defined	12-05-2023 9:00	12-05-2023 19:00
6	526448174	1M Mec	Sched Day Defined	08-06-2023 9:00	08-06-2023 16:00
7	526570839	1M Mec	Sched Day Defined	05-07-2023 9:00	05-07-2023 16:00
8	526692603	12M Mec	Sched Day Defined	06-08-2023 9:00	06-08-2023 18:00
9	526814953	1M Mec	Sched Day Defined	07-09-2023 11:00	07-09-2023 18:00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-5: Órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo

N°	Orden	Descripción de la orden	Prioridad	Fecha de inicio básica
1	435262928	DET. FALLA	Immediate	08-06-2022
2	435324186	REPARACION FESTOON 2295-CN-013	Urgent	26-07-2022
3	435359144	Realizar pruebas operacionales	Urgent	22-08-2022
4	435417213	CAMBIO DE CABLE	Immediate	05-10-2022
5	417129125	Cambio radio control	Sched Day Defined	04-02-2023
6	417532854	Cambio de limit switch	Sched in Period	15-02-2023
7	417582444	cambio de disco de freno	Sched Day Defined	26-04-2023
8	417582445	cambio de caja de conexión	Sched Day Defined	11-05-2023
9	435741506	DET. FALLA Cambio Cable de Acero)	Urgent	02-06-2023
10	435761557	DET. FALLA (limitador)	Urgent	16-06-2023
11	435782474	DET. FALLA (caja limitador)	Urgent	01-07-2023
12	435782474	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	02-07-2023
13	435786405	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	04-07-2023
14	435797052	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	12-07-2023
15	435834331	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	09-08-2023
16	435856322	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	25-08-2023
17	435878438	DET. FALLA inspección visual en operación	Urgent	11-09-2023

Fuente: Elaboración propia

2.3. MODOS DE FALLAS

Una vez obtenidos los detalles del tipo de mantenimiento por separados, se procede a analizar el mantenimiento correctivo, siendo este tipo de mantenimiento el enfoque de este trabajo.

Este análisis se realiza en los componentes basados en la pauta de mantenimiento ([ver anexo 1](#)), encontrando valores bien dispersos, siendo los más altos el sistema eléctrico así como también el sistema de frenos, en donde ambos afectan la operatividad y seguridad de las personas. En cambio, quienes tienen los valores más bajos son aquellos que son fácilmente detectables y no afectan la seguridad de las personas e instalaciones y a su vez no afectan en la continuidad de sus operaciones.

2.4. CODIFICACIÓN DE LAS FALLAS

Una vez identificados los modos de fallas, se codifican los componentes generando un código a cada elemento según su sistema y subsistema para crear una manera más simple de individualizar las fallas detectadas. Este formato puede tener utilidad tanto como para las órdenes de trabajo como así, en este caso, analizar los modos de fallas, los costos de mantenimiento e incluso la solicitud de repuestos en conjunto a la identificación propia de ellos (número de parte) que en este caso no fue aplicado ([ver anexo 3](#)). Una vez codificado los componentes, se identifican las fallas con sus respectivas cantidades para ser proporcionado al cuadro de análisis FMECA, siendo encontrados 11 modos de fallas.

2.5. FMECA DE ÓRDENES DE TRABAJO REALMENTE EFECTUADAS

Los datos obtenidos y analizados anteriormente, ya cumplen con lo requerido para realizar un FMECA, siendo estos: el tipo de falla, efectos sobre el equipo y sistema, los tiempos de mantenimientos, repuestos y costos de cada uno de ellos. Se realiza el análisis logrando destacar los siguientes resultados:

- Horas de indisponibilidad anual equivalente a 76 horas.
- Costo en HH ejecutadas en mantenimiento correctivo 129.636 USD dado que el valor de una HH es de 121,78 USD.
- Costo en repuestos 62.600 USD.

En este análisis también se identifican qué fallas podrían haber sido evitadas en un mantenimiento preventivo.

Por otra parte, se destaca que existe un repuesto (disco freno) que es requerido con urgencia, aumentando su valor de 1.540 USD en compra normal con un tiempo de disponibilidad de entrega entre cuatro a cinco semanas versus 25.000 USD con un tiempo de entrega en tres días ([ver anexo 4](#)).

2.6. ANÁLISIS COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este análisis ([ver tabla 2-6](#)) se incorpora para hacer una relación comparativa entre el costo del mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo. En el mantenimiento preventivo se realiza solo con el costo de HH ya que la intervención del equipo para el mantenimiento es coordinado con el encargado de área con anticipación, evitando la detención de la operación y en base a los tiempos a disposición para realizar el mantenimiento, recordando que en un turno de 12 horas solo opera 4,8 horas. En el caso que el mantenimiento sobrepase las horas disponibles, el encargado de área autoriza su mantenimiento, distribuyendo la operación para el siguiente turno para así dar cumplimiento tanto al mantenimiento como la operación.

Tabla 2-6: Análisis del costo del mantenimiento preventivo

N°	Orden	Descripción de la orden	Fecha de inicio básica	Fecha de término básica	t horas TTR	t entre falla	Cantidad	Time	Total	HH USD
							Personas	Work	HH	121,78125
1	524389593	1M Mec	08-01-2022 9:00	08-01-2022 16:00	7	177,00	3	6	18	2.192
2	524508945	3M Mec	01-02-2022 9:00	01-02-2022 18:00	9	569,00	4	9	36	4.384
3	524615461	1M Mec	08-03-2022 9:00	08-03-2022 16:00	7	831,00	3	6	18	2.192
4	524735597	1M Mec	07-04-2022 9:00	07-04-2022 16:00	7	713,00	3	6	18	2.192
5	524849648	3M Mec	12-05-2022 9:00	12-05-2022 18:00	9	833,00	4	9	36	4.384
6	524970450	1M Mec	11-06-2022 9:00	11-06-2022 16:00	7	711,00	3	6	18	2.192
7	525088587	1M Mec	08-07-2022 9:00	08-07-2022 16:00	7	641,00	3	6	18	2.192
8	525203148	12M Mec	08-08-2022 8:30	08-08-2022 19:30	11	736,50	4	10	40	4.871
9	525326738	1M Mec	08-09-2022 9:00	08-09-2022 16:00	7	733,50	3	6	18	2.192
10	525445275	1M Mec	06-10-2022 9:00	06-10-2022 16:00	7	665,00	3	6	18	2.192
11	525576252	3M Mec	04-11-2022 9:00	04-11-2022 18:00	9	689,00	4	9	36	4.384
12	525733443	1M Mec	07-12-2022 9:00	07-12-2022 16:00	7	783,00	3	6	18	2.192
13	525852507	1M Mec	05-01-2023 14:30	05-01-2023 20:00	5,5	694,50	3	6	18	2.192
14	525973632	3M Mec	07-02-2023 9:00	07-02-2023 18:00	9	781,00	4	9	36	4.384
15	526084117	1M Mec	08-03-2023 9:00	08-03-2023 16:00	7	687,00	3	6	18	2.192
16	526206426	1M Mec	09-04-2023 9:00	09-04-2023 16:00	7	761,00	3	6	18	2.192
17	526324524	3M Mec	12-05-2023 9:00	12-05-2023 19:00	10	785,00	4	9	36	4.384
18	526448174	1M Mec	08-06-2023 9:00	08-06-2023 16:00	7	638,00	3	6	18	2.192
19	526570839	1M Mec	05-07-2023 9:00	05-07-2023 16:00	7	641,00	3	6	18	2.192
20	526692603	12M Mec	06-08-2023 9:00	06-08-2023 18:00	9	761,00	4	10	40	4.871
21	526814953	1M Mec	07-09-2023 11:00	07-09-2023 18:00	7	761,00	3	6	18	2.192
					promedio	7,7	694,83		\$ 62.474	

Fuente: Elaboración propia

2.7. ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO/PREVENTIVO

Con los datos calculados y obtenidos en ambos mantenimientos ([ver tabla 2-7](#)) se logra apreciar una gran diferencia entre sí, apreciando significativamente que el mantenimiento correctivo ocasiona un gran costo ocasionado principalmente por la pérdida en su operación del equipo por sobre las HH y repuestos. Junto a ello, se busca el promedio de MTTR y MTBF para visualizar la disponibilidad e indisponibilidad esperada ([ver tabla 2-8](#)) junto al costo asociado a un mantenimiento optimista con resultados más favorables.

Tabla 2-7: Análisis de los costos de mantenimiento correctivos versus preventivos

Costo mantenimiento correctivo realizado	
Pérdida USD anual en producción	43.668.508
Costo USD HH anual	129.636
Costo USD repuesto anual	62.600
Costo USD anual en mantenimiento correctivo	43.860.744
Costo mantenimiento preventivo realizado	
Costo USD HH en mantenimiento preventivo	62.474
Costo USD pérdida producción	-
costo USD mantenimiento preventivo	62.474

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8: Costo del mantenimiento esperado

Promedio MTTR	6,91
Promedio MTBF	926,40
Disponibilidad esperada	99,260%
Indisponibilidad esperada	0,740%
Producción anual USD	2.016.574.586
Costo mantenimiento correctivo esperado USD	14.928.278

Fuente: Elaboración propia

2.8. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Una vez realizado el FMECA, encontrando sus costos y modos de fallas, se realiza un análisis de criticidad para profundizar más en los componentes afectados en las fallas identificadas. Este proceso se inicia categorizando los criterios ([ver anexo 4](#)) que se utilizan en el análisis de criticidad ([ver tabla 2-9](#)), seguido con el apoyo de las normas establecidas para el mantenimiento de puentes grúa ASME B-30 Y OSHA 1910.179 ([ver anexo 6](#)). Para lograr el análisis de criticidad de los elementos que se distribuyen entre sí, se realiza un análisis de criticidad en base a los criterios tales como: severidad, frecuencia, detección, costo mantenimiento, SHA y consecuencias, logrando los valores totales de ellos para así clasificarlos de la siguiente forma: no críticos, críticos y muy críticos ([ver figura 2-7](#)). Para obtener el resultado final, se multiplica la frecuencia con la consecuencia, en donde los resultados dados son: MUY CRÍTICO, destacado en color rojo, CRÍTICO, denominado color ámbar y NO CRÍTICO, asignado el color verde, lo cual se puede apreciar en la matriz de criticidad.

Severidad		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente-te, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3: Criterio severidad

Frecuencia (FF)		
Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado en una en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-4: Criterio frecuencia

Costo Mantenimiento		
costo	Criterio	Valor
Muy Alto	Mayor USD 97,000	5
Alto	Entre USD 73,000 - 97,000	4
Mediano	Entre USD 48,000 - 73,000	3
Menor	Entre USD 24,000 - 48,000	2
Aseptable	menor o igual USD 24,000	1

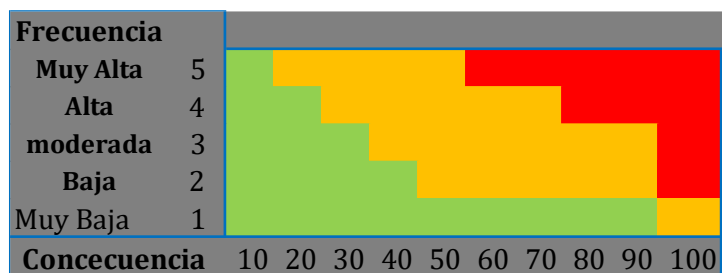
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-5: Criterio costo mantenimiento

Impacto a la seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy alta	Afecta a la seguridad a las personas	5
Alta	Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	4
Moderada	Afecta a las instalaciones daño estructural mayor	3
Baja	provoca incidentes daño menor	2
Muy Baja	provoca daños ambientales reversible	1
Nula	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones y ambiente	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-6: Criterio impacto SHA



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-7: Matriz de criticidad

Tabla 2-9: Análisis de criticidad

subsistema	Severidad	Frecuencia	Detección	Costo mantenimiento CM	S.H.A	consecuencias	total	jerarquización
Bobina freno	10	5	8	4	5	89	445	MUY CRITICO
Disco Freno Izaje	10	5	8	3	5	88	440	MUY CRITICO
Disco freno Carro	9	5	8	3	5	80	400	MUY CRITICO
Resistencia de Freno	10	4	8	4	5	89	356	MUY CRITICO
Contactór de Izaje	10	4	8	3	2	85	340	MUY CRITICO
Barra alimentación eléctrica	10	3	10	4	3	107	321	MUY CRITICO
Freno de Izaje	6	5	9	3	5	62	310	MUY CRITICO
Cableado de alimentación carro	10	3	9	3	3	96	288	CRITICO
Contactór de freno	10	4	6	3	5	68	272	CRITICO
Guía de cable	9	3	7	3	3	69	207	CRITICO
Cable de izaje	10	2	9	4	5	99	198	CRITICO
Resistencia Variador de Frecuencia	10	2	9	4	2	96	192	CRITICO
Safety Gabinete electrico	10	2	9	2	2	94	188	CRITICO
Cableado Gabinete principal	8	3	6	5	5	58	174	CRITICO
Contactores gabinete eléctrico	10	4	3	2	2	34	136	CRITICO
Receptor de control inalámbrico	10	2	6	5	0	65	130	CRITICO
Contactór PLC	10	2	6	1	2	63	126	CRITICO
Poleas de Izaje	8	2	6	3	0	51	102	CRITICO
Variador de frecuencia principal	10	1	9	4	3	97	97	NO CRITICO
Airgap freno	6	2	6	2	5	43	86	NO CRITICO
Ruedas de traslación	9	1	8	3	2	77	77	NO CRITICO
Estructura	8	1	6	5	5	58	58	NO CRITICO
Tambor de Izaje	7	1	6	4	2	48	48	NO CRITICO
Control Inalámbrico	3	4	2	4	0	10	40	NO CRITICO
Baliza y sirena	1	3	1	2	2	5	15	NO CRITICO
Garra antisísmica puente	1	1	4	2	3	9	9	NO CRITICO
Puertas Gabinete Eléctrico principal	1	1	1	2	2	5	5	NO CRITICO

Fuente: Elaboración propia

El análisis da registro de que los sistemas de frenos son elementos de mucha criticidad y han obtenido valores muy altos en todos los aspectos, lo que indica que es esencial para la seguridad y el rendimiento de estos. El valor dado es por sobre los 310 de valoración total que inicia los componentes MUY CRÍTICO, indicando que es a quien más debemos dar importancia en los mantenimientos preventivos al igual que el cableado de alimentación carro aunque su valor dado es CRÍTICO, su calificación es de igual manera alta, aunque sus fallas son dadas en forma muy eventual, se debe procurar en mantener un especial cuidado visto que solo en aumentar la frecuencia podría llegar a ser MUY CRÍTICO.

El variador de frecuencia principal si bien es cierto su valor es NO CRÍTICO, es un elemento que no cuenta con repuesto de fácil adquisición, por tal motivo, se debe procurar de tomar los controles preventivos en base a la calidad de servicios ya que es muy importante. En el caso del control inalámbrico y garra antisísmica puente, tienen valores bajos, lo que indica que no es que se debe despreocupar y dar menos importancia a su mantenimiento, por el contrario, se debe mantener y evitar futuras fallas. Por otra parte, los elementos NO CRÍTICO son valores más bajos, pero a pesar de esto, siguen siendo importantes para el funcionamiento del equipo.

2.9. ANALISIS DE DEFICIENCIA EN MANTENIMIENTO

Una vez identificados los modos de fallas más los costos ocasionados, se recurren a aislar los componentes afectados en el mantenimiento correctivo y se asocian a las normas establecidas ([ver tabla 2-10](#)), generando una nueva tabla con solo el mantenimiento llamado como evitable ([ver anexo 7](#)) para apreciar los requerimientos que se solicitan a realizar un mantenimiento preventivo, logrando así identificar que 8 de 11 mantenimientos correctivos, equivalente al 73% del mantenimiento, podrían evitarse si se aplica un buen mantenimiento preventivo aplicando las normas requeridas y cumpliendo con la pauta de mantenimiento. Se genera una nueva tabla y análisis FMECA, logrando resultados en sus costos correctivos llamado como evitable siendo un total de 30.871.078 USD ([ver tabla 2-11](#)), generando un análisis más optimista en una propuesta a la gestión que se busca sugerir.

Tabla 2-10: Clasificación de normas según componente

DISPOSITIVO	NORMA	PÁRRAFO
Cable cambus	ASME B30. 16	16-2.1.1(b)
Festum	OSHA 1910.179	(g) (1) (iv)
Disco freno	OSHA 1910.179	(j)(3)(v)
	ASME B30.20	2-2.3.3
Cable acero	ANSI B30.2-2.1.5	2-2.1.3.
	ASME B30.2 -4.3.1	
Caja limitador	OSHA 1910.179	(j)(3)(x)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-11: Análisis de costo en mantenimiento evitable

HH USD	96.877
Repuestos USD	33.870
Horas de producción USD	30.740.331
Total USD	30.871.078

Fuente: Elaboración propia

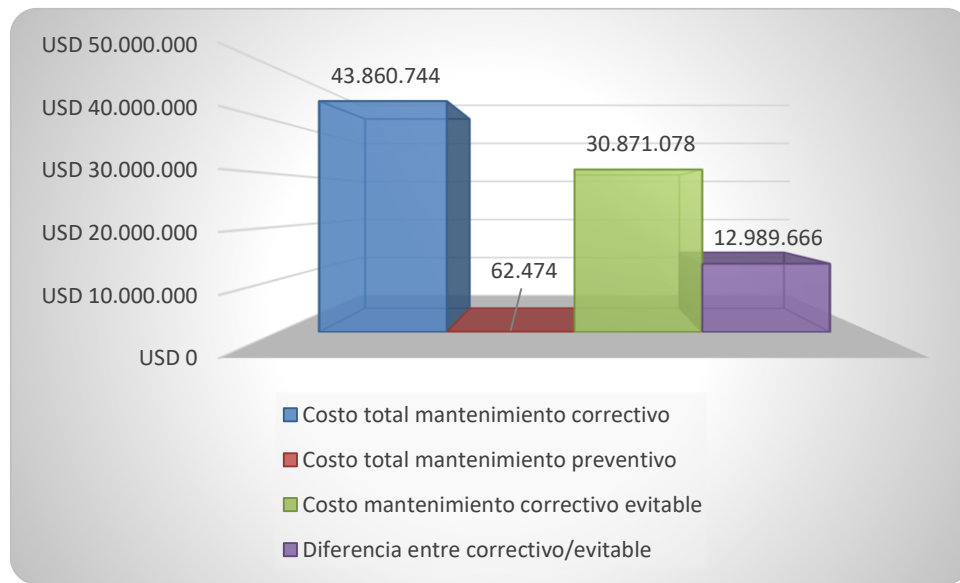
En el último análisis ([ver tabla 2-12](#)) se calculan y comparan los costos de mantenimiento correctivo, preventivo y correctivo evitable, dando como resultado de los evitables en 30.871.078 USD en comparación a 43.860.744 USD efectivamente realizados como correctivos, dejando un saldo de 12.989.666 USD de efectivamente imprevisto, que están por debajo de los costos calculados por mantenimiento esperados siendo equivalente a 14.928.278 USD ([ver tabla 2-8](#)), siendo este un análisis del costo del mantenimiento correctivo esperado, en base a los datos y cálculos obtenidos, para así determinar cuál es el escenario más optimista en el mantenimiento correctivo y también poder realizar una comparación de lo realizado, lo evitable y lo optimista.

Tabla 2-12: Análisis costo USD mantenimiento correctivo, preventivo y evitable

Costo USD total mantenimiento correctivo	43.860.744
Costo USD total mantenimiento preventivo	62.474
Costo USD mantenimiento correctivo evitable	30.871.078
Diferencia costo USD entre correctivo/evitable	12.989.666
Costo USD mantenimiento esperado	14.928.278
Diferencia USD entre evitable/esperado	-1.938.612

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2-1: Costos mantenimiento analizados



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los mantenimientos antes analizados: correctivos total, correctivo evitable y mantenimiento preventivo, se representan en el gráfico 2-1, evidenciando las diferencias en sus costos resultando en 12.989.666 USD en un costo de mantenimiento correctivo que realmente fueron imprevistos.

El análisis realizado en este capítulo ha generado resultados que direccionan a las propuestas a la gestión del mantenimiento que son desarrolladas en el capítulo III para lograr los objetivos planteados en este proyecto de título.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

3. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

En este capítulo se analizan los mantenimientos que fueron detectados como evitables , analizando su mantenimiento con los registros de las pautas evidenciando las debilidades en el mantenimiento, las cuales podrían haberse evitado en el mantenimiento preventivo que se debe hacer de manera correcta, teniendo presente que por contrato, la Empresa Colaboradora presta un servicio preventivo realizando mantenimiento de manera periódica, siendo programadas las intervenciones de manera mensual, trimestral y anual, existiendo jerarquización y planificación según las normas establecidas y las recomendaciones del fabricante.

Todos los mantenimientos preventivos fueron realizados en su totalidad, sin inconvenientes y observaciones durante un periodo de un año, según lo descrito en los informes de mantenimiento (no se tiene acceso a ellos por confidencialidad y por ende, no pueden ser expuestos en este proyecto) y así realizar este análisis, en donde se efectuaron mediciones, ajustes y limpiezas según pauta establecida. Sin embargo, como fue demostrado en el capítulo II, de los 11 modos de fallas, 8 podrían haber sido evitados si se hubiese seguido la aplicación de las pautas que son confeccionadas cumpliendo con las normas y estándares que son establecidos en el contrato entre el Mandante y la Empresa Colaboradora , además, el cumplimiento de ello tiene consecuencias positivas siendo remunerado con bonos de cumplimiento (KPI), de lo contrario, el incumplimiento de ello por un periodo de 3 meses puede dar término del contrato entre la Empresa Mandante y la Colaboradora ([ver figura 3-1](#)).

CONTRATO 9100004028

KPI	RANGO	FACTOR PONDERACION	% ASIGNADO
KPI 05 % Cumplimiento con detección directa e indirecta comprometida dentro del mes en curso. El contratista debe reponer al personal a lo más en 24 horas. Porcentaje de ausentismo ≤ 3% $A = (1 - \frac{HH_{ausente}}{HH_{contratista}}) \cdot 100$	Cumplimiento máximo A) A=0% Cumplimiento esperado B) 0% < A ≤ 3% Cumplimiento mínimo B) A > 3%	A) A=0% ⇒ 1,5 B) 0% < A ≤ 3% ⇒ 1 C) A > 3% ⇒ 0,3	0,10
KPI 06 Disponibilidad HM equipos disponible: Horas máquina al mes en que equipo está disponible para ser utilizado (se considera también como disponible si el equipo es reemplazado). HM equipos no disponible: Horas máquina al mes en que equipo no está disponible para ser utilizado, ya sea a causa de falla mecánica, de falta de algún tipo de certificación o cualquier otro requerimiento de responsabilidad del contratista que le impida realizar una actividad solicitada. HM totales: Horas máquina totales disponibles de un equipo al mes. $Disp = \frac{H_{Total} - H_{Fallas}}{H_{Total}} \cdot 100$ Si no se reemplaza el equipo Si se reemplaza el equipo	Cumplimiento máximo A) 100% Cumplimiento esperado B) 95% Cumplimiento mínimo B) 90%	A) Disp=100% ⇒ 1,5 B) 95% < Disp < 100% ⇒ 1 C) Disp < 90% ⇒ 0,3	0,10

El valor del KPI mensual se calculará de la siguiente forma:

$$Total\ KPI\ del\ mes = \sum_{n=1}^6 (KPI_n \cdot \%Asignado_n)$$

Los malos resultados en seguridad en forma reiterada y continua (número de Accidentes Registrables MT, LTI) o incumplimientos a implementación en cualquier dimension por tres meses seguidos, será causal de término de contrato anticipado sin posibilidad de que el proveedor plante reclamos de pago alguno.

En el caso de los FA por seguridad si son reiterativos dentro de 3 meses seguidos igual será causal de término de contrato anticipado sin posibilidad de que el proveedor plante reclamos de pago alguno.

Fuente: Empresa Colaboradora

Figura 3-1: Extracto del contrato que especifica los cumplimientos del KPI

3.1. ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO EVITABLE

En el capítulo I, [punto 1.6](#), sobre el mantenimiento de puentes grúas según norma ASME B30, se describe los estándares de mantenimiento que se deben aplicar en los equipos de izaje.

Se realiza una revisión de las pautas establecidas y de cómo debería hacerse el mantenimiento de acuerdo a las normas que se aplican a ellos, siendo los modos de fallas visualizados en el capítulo II donde se describe el análisis realizado ([anexo 8](#)). A continuación se detallan los elementos a analizar de acuerdo a sus cambios y reparaciones.

3.1.1. Cable cambus

Identificado en el FMECA con el código 2.1.3 ([ver anexo 8](#)), en el cual se realiza el cambio de este componente.

En la pauta establecida, en los puntos 7.4 y 7.5 ([ver figura 3-2](#)), se indican los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento, en donde se destacan en verde los puntos que aplican directamente lo que debiese haberse realizado. Hacer este paso está dentro de las funciones del mantenedor eléctrico. El cuadro de observaciones es llenado con la letra B, que significa bueno, asumiendo que está todo correcto y sin anomalías.

Por otra parte, se debe cumplir con la norma ASME B30-16-2.3.3 establecida ([ver anexo 6](#)) y en el cual se rige el mantenimiento indicado sobre los ajustes, reparaciones y remplazos.

7.1	Sistema de mando	Chequear por: buen funcionamiento, estado de cuerpo y sellos	Funcionando correctamente		
7.2		Revisar estado y funcionamiento de pulsadores. Chequear que todos los movimientos estén de acuerdo a marcas de los pulsadores y correcta distribución	Pulsadores funcionando correctamente		
7.3		Chequear Parada de emergencia por buen funcionamiento y signos de daño	Funcionando correctamente		
7.4		Revisar estado de cable de control por: deterioro, desgaste, signos de daño y, conexión por sujeciones sueltas, grietas, etc	Cable de control sin daños y con sujeción correcta		
7.5		Revisar estado de cable mensajero por: deterioro, desgaste, signos de daño y funcionamiento. Presencia de prensa Crosby	Cable mensajero sin daños y con sujeción correcta		
7.6		Desarmar botonera, verificar apriete de conexiones y limpieza de block de	Reapriete realizado		
7.7		Revisar estado de soportes, chequear por: falta o soltura de pernos, tuercas, tornillos, o remaches	Soportes con todos sus elementos		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-2: Puntos de la pauta establecida a cable cambus

3.1.2. Festum

Identificado en el FMECA con el código 2.2.1, ([ver anexo 8](#)) en el cual se realiza la reparación de este componente.

En la pauta establecida, en los puntos 32.4 y 32.5 ([ver figura 3-3](#)), se indican los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento, en donde se destacan en verde los puntos que aplican directamente lo que debiese haberse realizado, en el cual el mantenedor eléctrico debe cumplir en hacer este paso. Este cuadro es llenado con letra B (bueno), asumiendo que está todo correcto y sin anomalías.

Además, se debe dar cumpliendo con la norma ASME B30-16-2.3.3 ajustes, reparaciones y reemplazos y norma OSHA 1910.179 (g) (1) en cual se rige el mantenimiento ([ver anexo 6](#)).

32.1	Alimentación eléctrica puente	Indicar cantidad de barras desnudas			
32.2		Indicar cantidad de barras capsuladas			
32.3		Indicar cantidad de festoon			
32.4		Inspección visual a brazo de arrastre por: pernos de sujeción, soldadura perpendicularidad, deslizamiento	Sin deslizamiento		
32.5		Inspeccionar estado de carros portacables, verificar que corra libremente, apriete de las prensas, verificar que el loop sea igual para todos los cables, verificar estado de cadena/cable de arrastre			
32.6		Chequear topes mecánicos del riel	Topes mecánicos sin daños		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-3: Puntos de la pauta establecida a festum

3.1.3. Disco y bobina de freno

Identificado en el FMECA con el código 3.1.6 (freno puente) 4.1.6 (freno carro) 5.1.5; 5.1.7 (freno izaje), en el cual se realiza cambio de este componente, todos con el mismo diseño. Siendo el 5.1.7 cambio con urgencia, siendo solicitado y cambiado en tres días, aumentando el costo de mantenimiento correctivo, tal como es visualizado en el [anexo 8](#).

En la pauta establecida, en los puntos 13.1; 13.4 y 13.5 ([ver figura 3-4](#)), se indican los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento del freno puente. En la [figura 3-5](#), en los puntos 14.1; 14.3 y 14.5, se mencionan los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento del freno carro. En la [figura 3-6](#), en el punto 11.1; 11.3; 11.4; 11.5, se indican los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento del freno de izaje. Se destacan en verde los puntos que aplican directamente lo que debiese haberse realizado. Por lo tanto, el mantenedor mecánico está dentro de sus funciones hacer este paso, en el cual la pauta es llenado como B (bueno) asumiendo que está todo correcto y sin anomalías.

13.1	Freno de traslación puente	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables		
13.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños		
13.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores			
13.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento		
13.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a			
13.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto		
13.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-4: Puntos de la pauta establecida para el freno puente

14.1	Freno de traslación carro	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables		
14.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños		
14.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores			
14.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento		
14.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a			
14.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto		
14.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-5: Puntos de la pauta establecida para el freno carro

11.1	Freno de izaje gancho principal	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables		
11.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños		
11.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores			
11.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento		
11.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a manual) e indicar valores			
11.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto		
11.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-6: Puntos de la pauta establecida para el freno de izaje

Por otra parte, se debe dar cumpliendo con las normas OSHA 1910.179 (f) Frenos: Norma ASME B30 .16-2.3.3 ajustes, reparaciones y reemplazos, las cuales son normas que establecen y rigen en el mantenimiento de puentes grúa.

3.1.4. Cable de acero

Identificado en el FMECA con el código 5.2.2., tal como es visualizado en el [anexo 8](#), se realiza un cambio de cable de acero por motivos de encontrar daño visible en su estructura. En la pauta establecida, en el punto 17.1 de la página 3 y en los puntos 17.2; 17.3 y 17.4 de la página 4, se indican los criterios que debiesen evaluarse al realizar el mantenimiento, destacando en verde los puntos que aplican directamente lo que debiese haberse realizado. El mantenedor mecánico está dentro de sus funciones hacer este paso, este documento es llenado como B (bueno) asumiendo que está todo correcto y sin anomalías.

17.1	Cables y guías	Desarmar guía cable y evaluar por: deterioro, deformación, cualquier tipo de daño que afecte al cable. Lubricar	Guía cable sin daños significativos		
------	----------------	---	-------------------------------------	--	--

Document: MCOE.TEM.0011

Version No: 1.0

Page 3 of 7

This document is uncontrolled when printed or downloaded and should be discarded after use.
You are responsible for making sure that you use the most recent version.

Documento Controlado

Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa

17.2	Inspección visual de cables por: hebras cortadas, cocas, deformación, corrosión,	Cables sin daños significativos		
17.3	Medir reducción del diámetro nominal del cable (producto de desgaste externo/abrasión, desgaste interno y deterioro del núcleo). Indicar			
17.4	Chequear visualmente conexión terminal del cable y prensa cable por: deterioro, desajuste, corrosión, deformación, desgaste	Conexión terminal del cable sin daños		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-7: Puntos de la pauta establecida para el cable de acero

Por otra parte, se debe dar cumpliendo a las normas ASME B30 16-2.3.1 Mantenimiento Preventivo; norma ASME 16-2.4.1 Inspección de cables; ASME B30 16-2.3.3 ajustes, reparaciones y reemplazos ([ver anexo 6](#)).

3.1.5. Caja limitador

Identificado en el FMECA con el código 5.2.7, tal como es visualizado en el [anexo 8](#), se realiza un cambio caja de limitador por encontrar daños en su estructura. Este elemento no está estrictamente especificado en la pauta de mantenimiento como se indica en la [figura 3-8](#) de la pauta establecida, en el punto 4 por lo cual esto no representa un criterio de riesgo y puntual frente a la condición de la caja, por lo que el mantenedor mecánico puede obviar en sus funciones hacer

este paso. Este documento también es llenado como B (bueno) asumiendo que está todo correcto y sin anomalías.

4.1	Limitador de carrera izaje gancho principal	Chequear estado y normal funcionamiento del limitador de carrera. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Limitador de carrera funcionando correctamente		
4.2		Revisar estado de cables y conexiones por sujeción y contactos	Cables y conexiones en buen estado		
4.3		Chequear resistividad de contactos eléctricos			
4.4		Chequear estado y normal funcionamiento de segundo limitador de carrera de seguridad. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Segundo limitador de carrera funcionando correctamente		
4.5		Verificar que al menos queden dos vueltas de seguridad cuando el gancho alcanza su posición mas baja	Deben quedar como mínimo dos vueltas de seguridad		
4.6		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		

Fuente: Empresa Mandante

Figura 3-8: Punto de la pauta establecida para la caja limitador

Sin embargo, en la norma OSHA 1910.179 ([ver anexo 6](#)), se describen las inspecciones que debiesen considerarse, siendo esto de una manera genérica y no especifica su urgencia e importancia en la continuidad de la operación del equipo.

3.2. ANÁLISIS DE ATRIBUTOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Se realiza un análisis de los indicadores específicos basados en la norma UNE-EN 15341, en donde se utiliza esta norma para identificar los puntos que requieren mayor apoyo para así mejorar la gestión del mantenimiento, realizando la medición de las fortalezas y debilidades para lograr definir las metas y el plan de acciones de mejoras, utilizando indicadores de mantenibilidad. La evaluación se realiza teniendo en cuenta una serie de atributos de acuerdo a su naturaleza y se clasifican acorde al diseño, requisitos del personal y condiciones de trabajo, relacionados a la necesidad del apoyo logístico en el cual en este paso se dividen en dos partes:

3.2.1. Descripciones de los atributos generales

En este atributo se analizan los indicadores de mantenibilidad atendiendo los que afectan cualquier nivel o característica del equipo. Estos atributos están relacionados con el diseño y logística del mantenimiento.

Atributos generales		
Gi	Denominación	Descripción
 G1	Simplicidad	Existencia de escasos elementos y ensamblajes superfluos de un dispositivo.
 G2	Identificación	Clara localización y señalización prioritaria de aquellos elementos del dispositivo que van a ser mantenidos, y de los puntos existentes para inspección y ensayo.
 G3	Modularización	Diseño del dispositivo en partes separadas, en unidades de montaje, de forma que no sea necesario desmontar todo el equipo en caso de fallo, sino sólo la(s) parte(s) donde se localiza el problema.
 G4	Tribología	Diseño del dispositivo y selección conveniente de la calidad de sus materiales, teniendo en consideración sus características de lubricación, fricción y desgaste. Esto permite facilitar el mantenimiento del dispositivo y de sus elementos.
 G5	Ergonomía	Requerimientos de espacio para que se den las condiciones de trabajo adecuadas al desarrollar las actividades de mantenimiento. Este atributo valora, además, los requisitos de ubicaciones y espacios para colocar los materiales a manipular,
 G6	Estandarización	Compatibilidad de las piezas de repuesto con otros materiales similares a la hora de realizar la sustitución de un elemento del dispositivo. Atributo condicionado por la elección de estándares durante el diseño (por ejemplo, para la elección de
 G7	Vigilancia	Indicación existente en el dispositivo de parámetros críticos y alarmas con los que prever fallos.
 G8	Relación con fabricante	Requerimientos de coordinación entre las personas que se encargan del mantenimiento en la planta y el fabricante: idioma común, grado de similitud de sus sistemas respectivos de gestión de las máquinas, distancia geográfica, grado de

Fuente: Norma UNE 151001:2011

Figura 3-9: Descripción de atributos generales

Se realiza la evaluación de los criterios utilizando la escala definida de acuerdo a la mantenibilidad del puente grúa ([ver anexo 9](#)). Esta evaluación se realiza con la responsabilidad que requiere este análisis definido en la norma, logrando obtener los siguientes resultados:

Tabla 3-1: Valorización de los atributos generales

Atributo general	Atributos generales
Simplicidad (G1)	3
Identificación (G2)	3
Modularización (G3)	3
Tribología (G4)	4
Ergonomía (G5)	3
Estandarización (G6)	4
Vigilancia (G7)	4
Relación con fabricante (G8)	4

Fuente: Focus group con Jonathan Duque, Francisco Martínez y Germán Soza según norma UNE 151001:2011



Fuente: Focus group con Jonathan Duque, Francisco Martínez y Germán Soza según norma UNE 151001:2011

Figura 3-10: Indicador de Mantenibilidad General

3.2.2. Descripciones de los atributos específicos

En este tipo de atributos ([ver anexo 10](#)), se analizan aquellos indicadores de mantenibilidad dependiente del nivel de mantenimiento, es decir, atendiendo los que afectan en función del conjunto de acciones de mantenimiento a un nivel específico del puente grúa y requieren, por lo tanto, la clasificación o característica del equipo. Estos atributos están relacionados con las acciones, medios y conocimientos.

Atributos específicos		
Gi	Denominación	Descripción
 v1	Accesibilidad	Previsión de accesos a los elementos que van a ser mantenidos, mediante puertas, estantes corredizos, etc.
 v2	Montaje/Desmontaje	Facilidad con la cual se pueden retirar y reemplazar elementos en los diferentes subsistemas. Esta facilidad es función de la existencia de juntas, soldaduras, etc. Influyen también el tamaño y el peso de los elementos.
 v3	Formación	Aptitud requerida al personal de mantenimiento para el tipo de trabajo a realizar.
 v4	Organización del personal	Cantidad de personas requeridas para llevar a cabo la operación de mantenimiento y posibilidades de división de la actividad en tareas paralelas.
 v5	Entorno	Requisitos relativos a condiciones ambientales y de entorno, para que pueda realizarse el mantenimiento en condiciones adecuadas y con completa seguridad.
 v6	Repuestos	Requisitos relativos al almacenamiento y a la manipulación de los repuestos del dispositivo.
 v7	Herramientas y útiles	Requisitos relativos a herramientas y útiles para la realización de la actividad de mantenimiento. Se debe observar su funcionalidad, su ergonomía y también su facilidad de adquisición.
 v8	Coordinación interdepartamental	Necesidad de coordinación con otros departamentos, personas, solicitud de permisos, etc.
 v9	Documentación	Indicaciones dadas por el fabricante para el mantenimiento del equipo o indicaciones preparadas para el servicio de mantenimiento, que expliquen cómo se realizan las acciones de mantenimiento.

Fuente: Norma UNE 151001:2011
Figura 3-11: Descripción de atributos específicos

Se realiza la evaluación de los criterios utilizando la escala definida de acuerdo a la mantenibilidad del puente grúa ([ver anexo 10](#)). Esta evaluación se realiza con la responsabilidad que requiere este análisis definido en la norma, logrando obtener los siguientes resultados:

Tabla 3-2: Valorización de los atributos específicos

Atributos específicos	valorización de atributos
Accesibilidad (V1)	4
Montaje/desmontaje (V2)	3
Formación (V3)	1
Organización (V4)	3
Entorno (V5)	3
Repuestos (V6)	2
Herramientas (V7)	4
Coordinación (V8)	3
Documentación (V9)	4

Fuente: Focus group con Jonathan Duque, Francisco Martínez y Germán Soza según norma UNE 151001:2011



Fuente: Focus group con Jonathan Duque, Francisco Martínez y Germán Soza según norma UNE 151001:2011

Figura 3-12: Atributos específicos

Tal como se refleja en la figura 3-12, la debilidad de este análisis demuestra que la formación del personal es muy bajo en comparación a los atributos, tanto como los generales como los específicos, en donde esto ya genera un punto donde enfocar la recomendación de fortalecer y mejorar la gestión direccionado al mantenimiento más especializado en los puentes grúa. Por otra parte, también existe una valorización baja en el área de repuestos, esto también puede

complementar a la deficiencia y debilidades del mantenimiento preventivo. Los repuestos pueden ser sugeridos que cuenten con un stock mínimo en Faena para ser utilizados y reemplazados.

3.3. EVALUACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Considerando los puntos analizados anteriormente en el mantenimiento correctivo versus el mantenimiento preventivo, más el análisis de atributos generales y específicos, da una evidencia que puede existir una falta de compromiso o falta de conocimiento por parte del personal de mantención. Si bien se respalda la realización de cada trabajo por medio de documentos, los cuales son firmados por cada trabajador, se genera la incertidumbre, antes los modos de fallas evidenciados, si realmente existe una aplicación de los estándares de mantenimiento establecidos. Para ello, es importante que la Empresa Colaboradora cuente con el personal de mantenimiento calificado, a pesar de que todos son Técnicos titulados en la especialidad de mecánica y eléctrica, no se logra acreditar el conocimiento específico en mantenimiento de equipos de izaje, puesto que este tipo de conocimiento se adquiere especializándose en el área en base a la trayectoria y oportunidades de laborar en el rubro con una formación en terreno.

Cabe señalar que al momento de la contratación, se realiza una evaluación inicial con temas muy básicos en conocimientos de estos equipos, como así también el conocimiento de mecánica y eléctrica en forma general, el uso y conocimiento de herramientas de precisión y medición en el área de mantenimiento. Todo esto para cumplir con lo básico en la contratación del personal pero no acreditando el conocimiento específico en mantenimiento de puentes grúa.

Para hacer más exhaustivo en lo planteado, se recurre al análisis de perfiles de cargos que la Empresa Colaboradora toma en consideración al momento de la contratación del personal.

Se realiza un levantamiento de perfil del trabajador Técnico que requiere la Empresa, en base a sus capacidades, competencias y conocimientos para realizar las labores de mantenimiento. Las bases son las siguientes:

3.3.1. Perfil laboral

Actividad 1

Preparar operaciones de inspección y mantención en puentes grúa, de acuerdo a programa de mantención, parámetros técnicos del fabricante, procedimientos operacionales, protocolos de seguridad y normativa legal vigente.

Criterios de desempeño

- Ser capaz de realizar análisis del riesgo AST (Análisis Seguro del Trabajo), el cual es realizado de acuerdo a procedimientos operacionales, protocolos de seguridad y normativa legal vigente.
- Usar herramientas y equipos de inspección, de acuerdo a programa de mantención, de acuerdo los estándares técnicos del fabricante, procedimientos operacionales, protocolos de seguridad y normativa legal vigente.
- Usar los elementos de protección personal (EPP), de acuerdo a programa de mantención, estándares técnicos del fabricante, procedimientos operacionales, protocolos de seguridad y normativa legal vigente.

Actividad 2

Realizar inspecciones eléctricas y mecánicas en puentes grúas, de acuerdo a programa de mantención, parámetros técnicos del fabricante, procedimientos operacionales, protocolos de seguridad y normativa legal vigente.

Criterios de desempeño

- Inspeccionar los elementos de seguridad y frenos del puente grúa y equipos de izaje, de acuerdo a programa de mantención, estándares técnicos dados por el fabricante, procedimientos operacionales, protocolos de seguridad.
- Inspeccionar el funcionamiento de los elementos de control, sensores y límites de carrera, de acuerdo a programa de mantención, estándares técnicos dados por el fabricante, procedimientos operacionales y protocolos de seguridad.
- Inspeccionar el estado de los elementos de tracción cables y poleas, de acuerdo a programa de mantención, bajo los estándares técnicos del fabricante, procedimientos operacionales y protocolos de seguridad.
- Realizar lubricación y engrase de los sistemas de traslación, de acuerdo a programa de mantención, estándares técnicos del fabricante, procedimientos operacionales y protocolos de seguridad.

3.3.2. Competencias transversales

- **Comunicación:** Comprender y expresar verbalmente, no verbalmente y/o por escrito, con diversos propósitos comunicativos.
- **Conducta segura y autocuidado:** Desarrollar el trabajo cumpliendo con los protocolos de seguridad, con cuidado de la salud y el medioambiente.
- **Efectividad personal:** Ejecutar el trabajo de forma responsable y trabajar en base a una planificación previa.
- **Iniciativa y aprendizaje permanente:** Aplicar en el trabajo, nuevos aprendizajes para su desarrollo laboral, adaptándose a un entorno cambiante.
- **Resolución de problemas:** Reconocer problemas y utilizar fuentes de información para implementar acciones para su resolución.
- **Trabajo en equipo:** Trabajar colaborativamente en las tareas que le corresponden, orientándose los objetivos comunes y al fortalecimiento del equipo.

3.3.3. Conocimientos

Básicos

- Matemática básica, saber leer y escribir

Técnicos

- Electricidad básica.
- Funcionamiento general de puente grúa.
- Normativa de seguridad en prevención de riesgos.
- Procedimiento técnico de mantención de puentes grúa.
- Uso de instrumentos de medición mecánicos y eléctricos en inspección de puentes grúa
- Mecánica básica.

Sin embargo, existen departamentos o instituciones que se enfocan en la acreditación y especialización en el área de izaje tal como operación y maniobras (operador de puentes grúa y rigger) basado en ello también, se puede poner en práctica la formación de especialistas en mantenimiento de equipos de izaje, en donde puede ser la misma Empresa como también Centros de Formación externos (CFT, Universidades, OTEC, Empresas particulares). Debido a la

importancia que requiere el trabajo con equipos de izaje en el sector de la minería, siendo primordial resguardar la seguridad de las personas, al punto que pueden perderse vidas humanas y los bienes de la Empresa Mandante como Colaboradora, es recomendable realizar capacitaciones específicas y no solo generales sobre el mantenimiento de puentes grúa cada cierto tiempo.

Para hacer efectiva y concretar esta recomendación, se debe iniciar con una evaluación del conocimiento del personal contratado, enfocándose en los puntos clave del mantenimiento de estos equipos tal como el conocimiento del equipo y sus componentes principales.

Para potenciar al Técnico y dar una especialidad en el mantenimiento de puentes grúa, este debe dominar los siguientes temas y normas que se aplican en el mantenimiento de estos equipos. Siendo estos los siguientes:

- Qué son los equipos de izaje (nombrar los tipos que existen y al menos 5).
- Qué estándares y normas nacionales se ocupan en el mantenimiento de puentes grúa.
- Cuál es la función principal de un equipo de izaje.
- Cuáles son los riesgos asociados a la seguridad de las personas y cuál es su método de control.
- Qué medidas de seguridad se deben tomar al realizar el mantenimiento de un equipo de izaje.
- Cuáles son los términos generales que se usan para grúas tales como: sus tipos básicos y cuáles se utilizan en el contrato.
- Cuáles son los diseños de las grúas a través de las clases de servicio y aplicación.
- Qué componentes principales conforman un puente grúa.
- Que recomendaciones de inspección y mantenimiento se utiliza. de acuerdo al estándar.
- Qué elementos componen el sistema eléctrico, cuál es su modo de inspección y mantenimiento.
- Qué es un freno y cuál es la función de este en el equipo de izaje.
- Cuántos tipos de frenos y diseños existen y cómo se realiza el mantenimiento.
- Cuántos tipos de engranajes existen, cuáles son sus modos de fallas y como se realiza su mantenimiento.
- Qué tipos de acoplamientos existen y cuál es su mantenimiento.
- Describir qué es un tambor y cómo se realiza su mantenimiento.
- Que son las poleas, como se definen.
- Cuál es la aplicación de las poleas y como se aplica el mantenimiento.

- Qué son los cables de acero y cuantos tipos existen.
- Cuál es la aplicación de un cable de acero y cómo se realiza el mantenimiento.
- Qué instrumentos de medición se utilizan en el mantenimiento e inspección de los equipos de izaje.
- Qué es un gancho y cuál es la metodología de mantenimiento e inspección.
- Cuál es la importancia de mantener un registro de todas las inspecciones y mantenimientos realizados en un puente grúa.

3.4. REPUESTOS SUGERIDOS

Siendo antes analizada la gestión del mantenimiento con AC y FMECA, además junto a ello, las normas y análisis de atributos, se reconocen a los repuestos como un elemento que también se debe dar importancia en mantener a disposición en la Faena para el momento del mantenimiento. Se recomiendan los siguientes repuestos y sus respectivas cantidades:

Tabla 3-3: Costo monetario de los repuestos sugeridos

REPUESTOS	P.UNI. USD	CANT.	Total USD
Disco freno	1.540	1	1.540
Bobina freno	2.620	1	2.620
Cable acero	1.870	1	1.870
Guía cable	1.480	1	1.480
Contactór	660	2	1.320
Guarda motor	310	2	620
Relé	350	2	700
TOTAL USD			10.150

Fuente: Elaboración propia y Empresa Colaboradora

3.5. RECOMENDACIONES PARA APLICAR NORMAS

Por otra parte, en las pautas de mantenimiento, la cuales se pueden ver en el [anexo 1](#), se observa que son muy amplias y genéricas en cuanto a las directrices de mantenimiento y equipos que se aplican, dejando a la ambigüedad algunos criterios que deben ser inspeccionados y mantenidos, en donde para eso se generan los puntos según las normas establecidas que se deben aplicar en la mantenibilidad de los equipos.

Tabla 3-4: Pautas enfocadas a las normas

NORMAS	GENERAL	B	M	Observaciones Valores medidas
O-1910.179(b)(5)	1- Se encuentra visible la placa indicadora de capacidad de levante			
A-B30.2/11-3.3.2	2- Se encuentra visible tabla de señales manuales (rigger)			
A-B30.2-1.1.1	3- Se encuentra visible identificación de carro / izaje			
O-1910.179(b)(6)	4- Los espacios está libre de obstáculos			
O-1910.179(b)(7)	5- Existe espacio entre grúas paralelas			
O-1910.179(i)	6- Funcionamiento dispositivos de advertencia (Baliza - sirena)			
O-1919.179(d)	7- Condiciones de plataformas de mantenimiento (estructura)			
O-1910.179(d)	8- Condiciones de escaleras de acceso			
NORMAS	ESTRUCTURA	B	M	DATOS
A-B30.11-1.3.2(b)	9- Condiciones de abrazaderas			
A-B30.11-1.3.2(b)	10- Condiciones de varillas de suspensión			
A-B30.11-1.3.2(b)	11- Cuenta con todos los pernos			
A-B30.11-1.3.1(g)	12- Funcionamiento y condición Paradas			
A-B30.11-1.3.1(c)	13- Condiciones de Empalmes			
A-B30.11-1.3.2(d)	14- Condiciones de Topes carro / puente			
A-B30.2-1.3.1(a)	15- Estado de fundaciones			
A-B30.2-1.3.2(a)(2)	16- Condiciones de vigas y pista de rodadura			
AB30.2-1.3.2(a)(4)	17- Condiciones unión y alineación de rieles de rodadura			
A-B30.2-1.3.2(b)(3)	18- Estado condición Bumpers			
NORMAS	BOTONERA COLGANTE	B	M	DATOS
O-1910.179(g)(1)(v)	19- Estado y funcionamiento función colgante / ID			
O-1910.179(g)(1)(iv)	20- Estado y funcionamiento mensajeros de cable de botonera			
O-1910.179(g)(2)(i)	21- Estado funcionamiento tableros eléctricos			
NORMAS	ALIMENTACIÓN ENCAPSULADA Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO	B	M	DATOS
A-B30.16.1.3.4(a)	22- Funcionamiento conexiones eléctricas			
A-B30.16.2.1.3(d)(8)	23- Estado funcionamiento contactos eléctricos			
A-B30.16-1.3.4(a)	24- Estado funcionamiento conexión eléctrica			
A-B30.16-1.3.4(b)	25- Funcionamiento conexión alimentación encapsulada			
A-B30.16-2.1.2(c)(4)	26- Estado de alimentación encapsulada			
A-B30.11-1.9.5(b)	27- Estado funcionamiento conexión Tablero			
A-B30.11-1.9.5(a)	28- Estado funcionamiento conexión de conductores			
A-B30.11-1.9.5(c)	29- Estado funcionamiento conexión de la botonera colgante			
A-B30.16-1.2.2(d)	30- Medir resistencias del motor de izaje – indicar valor			
A-B30.11-1.9.4	31- Medir resistencias del monorriel – indicar valor			
A-B30.11-1.7.2(b)	32- Estado pista del conductor / protecciones			
NORMAS	POLIPASTO	B	M	DATOS
A-B30.16-1.1.1	33- Se encuentra visible las marcas de capacidad de levante			
A-B30.16-1.1.3	34- Se encuentra visible etiqueta con identificación del fabricante			
A-B30.16-1.3.2	35- Estado y condición soportes del mecanismo de elevación			
A-B30.16-2.1.3(d)(3)	36- Estado y condición cubierta de soporte			
A-B30.16-2.1.3(d)(5)	37- Estado y condición rodillo o piñón de carga			
O-1910.179(f)(2)	38- Estado y condición freno – indicar espesor			
O-1910.179(f)(3)	39- Estado y condición control de freno			
O-1910.179(h)(1)	40- Estado y condición poleas – indicar medidas – indicar medidas (0,3% de desgaste Max.)			
A-B30.16-1.2.4(a)	41- Estado y condición surcos de las poleas – indicar medidas (0,3% de desgaste Max.)			
A-B30.16-2.1.3(d)(3)	42- Estado y condición terminales de seguridad			

O-1910.179(h)(1,3)	43- Estado y condición poleas Ecuilizadoras – indicar medidas (0,3% de desgaste Max.)			
A-B30.2-2.1.9.2	44- Estado y condición motor de izaje			
O-1910.179(j)(3)(iv)	45- Estado y condición caja reductora			
O-1910.179(j)(3)(iv)	46- Estado y condición acoples			
A-B30.16-2.2(b)(3)	47- Estado y condición limit switch izaje inferior (realizar recorrido)			
A-B30.16-1.2.14	48- Estado y condición primer limit switch izaje superior(realizar recorrido)			
A-B30.16-1.2.14	49- Estado y condición segundo limit switch izaje superior(realizar recorrido)			
A-B30.2.1.14.2	50- Estado y condición ranuras de tambor de enrollamiento			
A-B30.2-3.2.3(h)	51- Estado y condición mínimo dos vueltas de cable enrollado			
NORMAS	CARRO	B	M	DATOS
O-1910.179(j)(2)(vi)	52- Estado y condición ruedas			
A-B30.2-1.3.2(a)(4)	53- Estado rieles			
O-1910.179(e)(4)	54- Condición riel			
O-1910.179(j)(3)(vii)	55- Estado y funcionamiento motores de accionamiento carro			
O-1910.179(j)(3)(v)	56- Estado y condición Frenos –indicar medida			
O-1910.179(j)(3)(iv)	57- Estado y condición eje de transmisión			
O-1910.179(j)(3)(i)	58- Estado y condición estructura			
O-1910.179(e)(3)(i)	59- Estado y condición bumpers			
O-1910.179(e)(6)	60- Estado y condición cubierta			
O-1910.179(j)(3)(iv)	61- Estado y condición piñones / engranajes (lubricar si es necesario)			
A-B30.16-2.1.3(d)(3)	62- Estado y condición rodamientos, eje ruedas, rodillos, pernos(lubricar si es necesario)			
A-B30.11-1.8.2(g)	63- Estado y condición freno de estacionamiento – indicar medida			
A-B30.11-1.7.3	64- Estado y condición topes de seguridad			
A-B30.11-1.8.2	65- Estado y condición freno de carro- indicar medida			
A-B30.11-1.2.1	66- Estado y condición carro (libre de obstrucciones)			
A-B30.11-1.7.1	67- Estado y condición cubierta de piezas en movimiento.			
A-B30.11-1.11	68- Estado y funcionamiento dispositivos de advertencia			
NORMAS	PUENTE Y FINALES DE CARRERA	B	M	DATOS
A-B30.2-2.1.3(b)(10)	69- Estado y condición límites de traslación (realizar recorrido)			
O-1910.179(j)(3)(iv)	70- Estado y condición engranajes, rieles y mordazas			
O-1910.179(j)(3)(ii)	71 - Estado y condición uniones			
O-1910.179(j)(3)(i)	72- Estado y condición estructura			
O-1910.179(j)(3)(v)	73- Estado y condición frenos – indicar medidas			
O-1910.179(j)(3)(iv)	74- Estado y condición eje de transmisión			
O-1910.179(j)(3)(viii)	75- Estado y condición de los piñones			
O-1910.179(j)(3)(x)	76- Estado y funcionamiento sistema Festón			
O-1910.179(e)(6)	77- Estado y condición cubiertas			
O-1910.179(j)(2)(vi)	78- Estado y funcionamiento ruedas			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5: Puntos de mantenimiento para el cable de acero según normas

REFERENCIA: A-B30.16-2,4.2			CABLE DE ACERO							
CABLE	TIPO	DIMENSIONES	CONSTRUCCION	ALMA	DESGASTE	EBRAS CORTADAS	DAÑO	LUBRICACION	FIJACION	ESTADO
PRINCIPAL										
AUXILIAR										
GANCHO										
DATOS				PRINCIPAL			AUXILIAR			
CAPACIDAD NOMINAL										
APERTURA DE GARGANTA GANCHO										
RANURA DE POLEAS DE GANCHO			Ancho= Basta =							
REFERENCIA			ITEM				ESTADO PRINCIPAL		ESTADO AUXILIAR	
A-B30.2-1.1.1 & B30.16-1.1.1			79- Marca de la capacidad de levante en gancho							
A-B30.2-1.14.1 & B30.16 1.2.4			80- Estado y condición de poleas - indicar medidas (0,3% de desgaste Max.)							
A-B30.2-1.14.5 & B30.16-1.2.9			81- Estado y funcionamiento seguro de gancho							
A-B30.2-2.1.2(4) & B30.10-1.2.1.3(c)(1)			82- Cualquier viraje en gancho o 10% de desgaste							
A-B30.2-2.1.2(4) & B30.10-1.2.1.3 (c)(2)			83- 5% de apertura de garganta (< 1/4")							
A-B30.10-2.2.1(a)(4) & B30.10-1.2.1.3 (c)(3)			84- 10% de desgaste del gancho							
A-B30.2-2.1.3(4) & B30.16-2.1.3(d)(3)			85- Estado de giro del gancho							
A-B30.2-2.1.3(4) & B30.16-2.1.3(d)(3)			86- Estado de rodamiento de gancho(lubricar si es necesario)							
A-B30.2-2.1.3(11) & B30.16-2.1.2(c)(9)			87- Reenvíos							
			88- Otros resultados de la inspección							
OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO SIN CARGA CONOCIDA EN EL GANCHO										
REFERENCIA			ESTADO							
A-B30.11-2.2.1 or O-1910.179(j)(2)(1)										
OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA CONOCIDA EN EL GANCHO										
REFERENCIA			ESTADO							
O-1910.179 (k)(1) & O-1910.179 (k)(2)										

Fuente: Elaboración propia

3.6. COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

En esta etapa final, se dan a conocer los costos económicos y los beneficios obtenidos en este trabajo, considerando la capacitación del personal, tomando en cuenta todos los gastos que se generan para una capacitación de dos turnos, equivalente a un total de ocho personas, siendo ellos tres Técnicos más el Capataz por turno. Se considera que la capacitación se debe realizar cuando las personas estén fuera de sus turnos, en su tiempo de descanso, para así no retrasar los trabajos de mantenimientos preventivos por calendario planificados para cada turno. Para ello, se deben realizar pagos anexos en sus liquidaciones de sueldos, como horas extras por trabajador, más todos los gastos asociados a la estadía, traslados y alimentación, generando un costo total de 3.086 USD por concepto de capacitación del personal.

Tabla 3-1: Costos económicos a considerar

CAPACITACIÓN PERSONAL		
N° de técnicos	8	Total USD
Curso (grupo)	\$600.000	663
Pago día libre	\$150.000	1326,0
Traslado personal	\$25.000	221,0
Alimentación	\$1.850	16,4
Alojamiento	\$97.200	859,2
Gasto total USD por capacitación		3.086
REPUESTOS SUGERIDOS USD		10.150
Costo total USD de las propuestas de mejoras		13.236

Fuente: Elaboración propia

Se consideran como costos de este proyecto los siguientes ítems:

- El tiempo que se requiere por parte del personal técnico, el cual se destinaría para capacitarse.
- La implementación del programa de capacitación.
- El costo de los repuestos sugeridos ([ver tabla 3-3](#)), alcanzando un total de 13.236 USD ([ver tabla 3-6](#)) para implementar dichas propuestas de mejoras.

Sin embargo, no se puede dejar de considerar los riesgos asociados a esta implementación, los cuales son los siguientes:

- Rechazo al cambio por parte del personal técnico, mirado del punto vista de la capacitación y el cambio en las pautas de mantenimiento.
- Negativa a capacitarse por parte del personal.

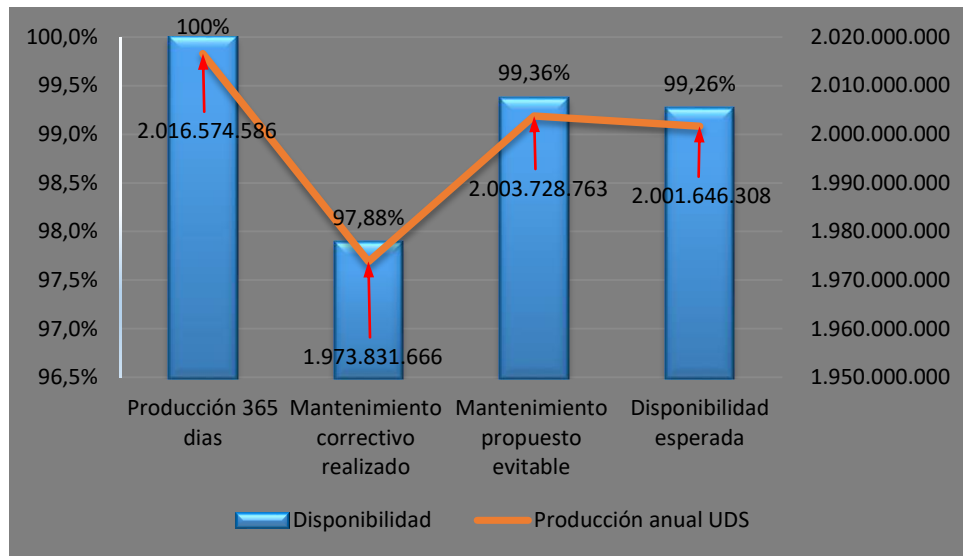
- Emigración del personal después de la capacitación a empresas de la competencia.
- Mala calificación en la capacitación, por ende, reprobación del curso por parte del técnico.

No obstante, aún así, se puede decir que existen beneficios que se lograrían al realizar estos cambios, siendo los siguientes:

- Generar personal calificado y especialista.
- Ser una Empresa líder y empoderada en el mantenimiento de estos equipos.
- Mejorar la calidad del trabajo.
- Disminución de mantenimientos correctivos realizados actualmente, de un 97,88% de disponibilidad a un 99,36%, si se disminuyen las mantenciones mencionadas como evitables donde se logra obtener un aumento en las ganancias de producción equivalente a 12.845.823 USD sin considerar los costos de mejoras, se resta la inversión de los costos totales de las mejoras propuestas ([ver tabla 3-6](#)), logrando obtener un monto a favor de 12.832.587 USD, logrando resultados positivos, considerando que no existe más inversión a una nueva gestión e implementación de servicios.
- La posibilidad de la renovación de contrato con el Mandante directamente, evitando participar en una licitación, más la eventualidad de nuevos clientes en el área de mantenimiento de equipos de izajes, realizados por personal más especialista, lo cual conlleva a un beneficio a largo plazo si se aplica como ejemplo de este contrato a nivel nacional.

En el siguiente gráfico, se representan la disponibilidad y la producción que genera cada tipo de mantenimiento de acuerdo a su disponibilidad, considerando como un 100% lo ideal en operación de los 365 días del año, sin interrupciones, siguiendo con el correctivo donde se representa el beneficio que recibe por parte de la Empresa Mandante.

Gráfico 3-1: Producción (USD) y disponibilidad (%)



Fuente: Elaboración propia

En este capítulo, se visualiza la importancia del personal de mantenimiento en que debe realizar un buen trabajo al momento de intervenir un equipo por mantenimiento preventivo, conocer bien la labor, cumplir con el estándar de mantención que se indica en las pautas, no saltarse los pasos y funciones que son direccionadas a cumplir con las normas que rigen a este tipo de trabajo ASME B-30, siendo este de vital importancia por la operatividad del puente grúa, el cual tiene como objetivo apoyar a la producción dentro de la Minera, teniendo siempre que resguardar la salud e integridad de las personas. Es por eso, que este capítulo se inicia evaluando las pautas de mantenimiento, logrando evidenciar las brechas que hay de lo escrito con lo realmente realizado. Por otra parte, al realizar un análisis de los atributos generales y específicos del mantenimiento del puente grúa, se comprueba la debilidad del personal por una falta de conocimientos específicos de este tipo de mantenimiento, en el cual se debe dar más hincapié al profesionalismo en esta área, en donde se apunta a ser especialista en mantenimiento de puentes grúa. En base a ello, se realiza un levantamiento de perfil de cargos profundizando en las habilidades y requisitos que la Empresa Colaboradora se basa para la contratación del personal técnico, una vez analizado ello, se plasman los puntos y necesidades que se requieren como especialidad en este rubro, basados en las normas y estándares que esta labor lo regula, en el cual se utilizan para generar una pauta en base a los puntos mínimos que se deben aplicar para realizar un mantenimiento preventivo a partir de las normas aplicables a cada función.

Para finalizar, se realiza el cálculo de los costos, de lo esperado en base al mantenimiento propuesto desde lo evitable, logrando resultados positivos, obteniendo un aumento en la

disponibilidad de un 99,36% y una producción de 2.003.728.763 USD, con una recuperación de 12.832.587 USD, considerando los costos, los riesgos y las mejoras sugeridas en este trabajo de título.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el primer capítulo, se logra describir el equipo de izaje, demostrando los antecedentes del contrato entre la Empresa Colaboradora y la Mandante que opera en la zona norte del país. También se identifica al personal de la Empresa Colaboradora y las áreas dentro de la Empresa Mandante, en el cual se desarrolla el trabajo de mantenimiento preventivo. Además, se señalan la cantidad total de 72 equipos de diferentes diseños a los cuales se les realiza mantenimiento. Se da a conocer el puente grúa, el cual genera la problemática de su elevado costo en el mantenimiento correctivo, dando el enfoque de este proyecto por su participación en la producción y operación de la Minera, a diferencia de los otros equipos que no cumplen con el mismo trabajo ya que no operan dentro de un proceso de producción, solo prestan apoyo para el mantenimiento de los equipos asociados a la Minera. Se describen e identifican sus partes principales, por ende, se cumple con lo referido en el primer objetivo específico y así dar continuidad con el desarrollo del siguiente objetivo.

En el segundo capítulo, se analiza la operación del puente grúa en el último año de operación según los datos obtenidos confidencialmente de la Empresa Colaboradora, se calcula y representa la producción anual de 2.016.574.586 USD en el cual opera el puente grúa. Se continúa con el análisis de las órdenes de trabajos dadas y se dividen los mantenimientos en preventivos y correctivos, siendo este último quien se analizan los modos de fallas, identificando y codificando sus componentes para lograr así realizar un FMECA, obteniendo resultados en el costo del mantenimiento correctivo, equivalente a 43.860.744 USD, también se realiza un análisis en el costo del mantenimiento preventivo siendo este calculado solo con las HH del mantenimiento cumpliendo con el contrato del Mandante con la Empresa Colaboradora, logrando conocer los costos de 62.474 USD evidenciando una gran diferencia de USD entre ellos. Por otra parte, se analiza el mantenimiento correctivo que pudiese haberse evitado si hubieran realizado bien el mantenimiento preventivo que se ejecuta de forma periódica según la norma ASME B-30 y el manual del fabricante, en donde se evidencia que un 73% pudiese haberse evitado. Asimismo, se realiza un nuevo FMECA solo con este mantenimiento evitable obteniendo un resultado de 30.871.078 USD obteniendo un remanente de 12.989.666 USD de lo correctivo. Para lograr un mejor resultado, se realiza a través de MTTR Y MTBF una mantenibilidad esperada, calculando sus costos, se logra obtener 14.928.278 USD. Esto da evidencia que al evitar el mantenimiento antes mencionado podría estar por debajo de la mantenibilidad. También se realiza un AC, obteniendo el resultado de los repuestos más críticos, entre los que se encuentran: el sistema de freno, el cable de acero, la guía cable y el sistema de alimentación eléctrico, a los cuales se enfoca

el análisis de su gestión y así proponer una mejora en su mantenibilidad, cumpliendo así con el segundo objetivo específico propuesto, esto es fuente para continuar con el siguiente objetivo.

En el tercer capítulo, se investigan las causas que originan los mantenimientos correctivos, analizando sus pautas de mantenimientos realizadas en conjunto a la norma ASME B-30, en la cual se aplica al mantenimiento de puentes grúa y sus componentes, logrando evidenciar la deficiencia por parte de la ejecución del mantenimiento preventivo. Para complementar esta hipótesis, se complementa con un análisis de atributos generales y específicos apoyado de la norma UNE-EN 15341 realizado mediante un focus group en clases, conformando un equipo con Jonathan Duque, Francisco Martínez y Germán Soza, encontrando evidencia que la formación del personal y los repuestos son los puntos débiles de la gestión del mantenimiento analizado. Esto da origen a buscar el perfil laboral de los mantenedores de este equipo para conocer sus competencias en la labor realizada ya que este tipo de mantenimiento requiere ser un profesional más especialista en el área. Al verificar el perfil laboral de los mantenedores, se obtiene que se requiere un Técnico mecánico y eléctrico curricularmente para optar al puesto, seguido de conocimientos básicos de puentes grúa, conocer sus partes y mantenimiento general, conocer los estándares de seguridad general y saber usar las herramientas asociadas al mantenimiento. Llegando a la última etapa, se logra cumplir con el tercer objetivo específico, sin antes dejar la recomendación de generar capacitación al personal para así lograr un equipo de profesionales más especializados en este tipo de mantenimiento, no solo para cumplir las normas y bajar considerablemente los costos, también para salvaguardar la vida e integridad de las personas que operan y requieren utilizar el puente grúa.

También es importante señalar que en el mantenimiento correctivo se genera un costo por compra de disco de freno de manera urgente, este se requirió que fuese comprado con urgencia, demorando tres días desde la compra hasta el momento de ser instalado, generando un costo adicional de un 94% en su valor de 1.540 USD costo normal a 25.000 USD por su pronta entrega. En relación a este caso, más el análisis de criticidad de los componentes del puente grúa, se recomienda mantener un stock mínimo de algunos repuestos que estén a disposición al momento de realizar un mantenimiento preventivo, evitando así las detenciones fuera de las planificadas para el puente grúa. Este listado de repuestos lo lideran: el sistema de freno (disco y bobina), el cable de acero, la guía cable, contactores y protecciones eléctricas. Por último, se realiza un análisis de costo beneficio en base al mantenimiento propuesto desde lo evitable, obteniendo resultados positivos, con un aumento en la disponibilidad de un 99,36% y una producción de 2.003.728.763 USD, recuperando 12.832.587 USD al año, considerando que el mantenimiento correctivo realizado fue de una producción de 1.973.831.666 USD.

BIBLIOGRAFIA

- *Conoce los Diferentes Tipos de Grúas que Existen.* (s.f). Recuperado el 20 de agosto de 2023, de [TIPOS de GRÚAS: Pórtico, Móviles, Pluma, Fijas, Portacontenedores, Tipo D, de Carga, Portuarias y Titán — All Grúas \(all-gruas.com\)](https://all-gruas.com/)
- *Grúas y Aparejos en el mundo de la construcción.* (s.f). Recuperado el 25 de agosto de 2023, de [GRÚAS y APAREJOS en el Mundo de la Construcción \(gruasyaparejos.com\)](https://gruasyaparejos.com/)
- *¿Qué es un gabinete o tablero eléctrico?.* (s.f). Recuperado el 29 de Agosto de 2023, de [¿Qué es un gabinete o tablero eléctrico? - inducor peru.](https://inducor.com.pe/)
- Ley Chile - Decreto 132 MINISTERIO DE MINERÍA (2004-07-Febrero) – [en línea].Santiago, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional. Disponible en: [Ley Chile - Decreto 132 07-FEB-2004 MINISTERIO DE MINERÍA - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](https://www.bcn.cl/leychile/leychile.nsf/(verDetalle)?docId=37810001) [2023,8 de Agosto].
- Jennifer Gisela Galarza Jaramillo (2012). Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas [Seminario] Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Escuela politécnica nacional. Quito Ecuador.
- The American Society of Mechanical Engineers (2005) ASME B30.2-2005: Puentes Grúa y Grúas Pórtico, (puente de desplazamiento sobre riel, monoviga o múltiples vigas, elevador con trole de desplazamiento sobre riel). [ASME B30.2 PUENTES GRÚAS Y PORTICOS.PDF](#)
- Comité técnico AEN/CTN 151Mantenimeinto. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento (2008). España

ANEXOS

Anexo 1: Pautas de mantenimiento

Página 1

Documento Controlado

Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03

Descripción del Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa

WP MEC MANT - Mantenión Puente Grúa

Duración del Trabajo: 6 horas

Equipo (FL): 20-CN-03 (2042.01.01.03-CN003)

Descripción Ubicación: Crane Bridge (OHTEC) CN003 Crane Tshop

SEGURIDAD

Debe completar una evaluación de riesgos antes de iniciar cualquier trabajo y adjuntar a esta instrucción de trabajo. Si se identifica una condición insegura, proceda a etiquetar & bloquear e informe al supervisor inmediatamente.

ISS:

CONTROLES ADICIONALES REQUERIDOS

Tipo de Control

Razón

EPPs ADICIONALES REQUERIDOS (Sobre los EPPs estándares)

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, CONOCIMIENTO Y HABILIDADES REQUERIDAS.

EQUIPOS, HERRAMIENTAS ESPECIALES Y CONSUMIBLES REQUERIDOS

Tipo de Recurso

Descripción del Recurso

Qty

Plataforma de servicio

DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

No. De Referencia

Descripción del Documento

¿Adjunto?

EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD

• Ingrese sus iniciales en cada actividad completada y en cada paso de las actividades donde es requerido.

• Seleccione S o N si hubiera un trabajo subsiguiente requerido (TR), incluya comentarios y dimensiones asociadas con la actividad correspondiente. Solicite las notificaciones subsiguientes e ingrese el número de notificación (ARIS 305 Work Management).

• Ingrese información adicional del trabajo en la sección donde se identifió trabajo adicional, asigne los códigos de daño apropiados, genere notificaciones e ingrese el número de la notificación (ARIS 305 Work Management).

• Proporcione retroalimentación aplicable (acción de retroalimentación) para apoyar el mejoramiento del contenido.

1 Actividades a realizar: MANTENCIÓN

Id.

Sistema

Descripción de la actividad

Límite aceptable

Notificación #

Bueno/Mal

1.1

Dispositivo alarma y señalización

Revisar estado y funcionamiento de alarma sonora en el sistema

Operando correctamente

1.2

Revisar estado y funcionamiento de táctico en el sistema

Operando correctamente

1.3

Revisar alimentación eléctrica por sujeción, uniones, cables de alimentación, desgaste y buen funcionamiento

Alimentación eléctrica operando y sujeta de forma

1.4

Revisar conexiones por: estado de conectores, tornillos o pernos sueltos y terminales dañadas

Conexiones en buen estado y sin daños

1.5

Revisar estado de soportes y chequear por falta o soltura de pernos, tuercas, tornillos o remaches

Soporte con todos los elementos

Última MOD: 18/06/2011

Última Versión: 1.0

Página 1

Documento Controlado						
Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03						
1.6		Revisar estado de canalizaciones por: fijaciones y estado de tapa de bandeja	Canalizaciones en buen estado			
1.7		Chequear que la capacidad de la grúa esté indicada en ambos lados del puente y sea legible desde el piso	Capacidad de la grúa visible			
1.8		Chequear estado funcional del display de carga	Display de carga operativo			
1.9		Revisar indicador de viento por apropiada operación	Condiciones apropiadas			
1.10		Realizar limpieza general	Limpieza realizada			
2.1	Limitador de carrera traslación puente	Chequear normal funcionamiento del limitador de traslación. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Limitador de traslación funcionando correctamente			
2.2		Revisar actuadores y limitador traslación puente por: desgaste, instalación, trizadura, sujeción, etc	Sin daños físicos significativos			
2.3		Chequear resistividad de contactos eléctricos				
2.4		Revisar estado de canalizaciones por fijación y estado de tapa de bandeja	Canalizaciones en buen estado			
2.5		Realizar limpieza general del limitador	Limpieza realizada			
3.1	Limitador de carrera traslación carro	Chequear normal funcionamiento del limitador de traslación. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Limitador de traslación funcionando correctamente			
3.2		Revisar actuadores y limitador traslación puente por: desgaste, instalación, trizadura, sujeción, etc	Sin daños físicos significativos			
3.3		Chequear resistividad de contactos eléctricos				
3.4		Revisar estado de canalizaciones por fijación y estado de tapa de bandeja	Canalizaciones en buen estado			
3.5		Realizar limpieza general del limitador	Limpieza realizada			
4.1	Limitador de carrera izaje gancho principal	Chequear estado y normal funcionamiento del limitador de carrera. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Limitador de carrera funcionando correctamente			
4.2		Revisar estado de cables y conexiones por sujeción y contactos	Cables y conexiones en buen estado			
4.3		Chequear resistividad de contactos eléctricos				
4.4		Chequear estado y normal funcionamiento de segundo limitador de carrera de seguridad. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Segundo limitador de carrera funcionando correctamente			
4.5		Verificar que al menos queden dos vueltas de seguridad cuando el gancho alcanza su posición mas baja	Deben quedar como mínimo dos vueltas de seguridad			
4.6		Realizar limpieza general	Limpieza realizada			
5.1	Limitador de carrera izaje auxiliar	Chequear estado y normal funcionamiento del limitador de carrera. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Limitador de carrera funcionando correctamente			
5.2		Revisar estado de cables y conexiones por sujeción y contactos	Cables y conexiones en buen estado			
5.3		Chequear resistividad de contactos eléctricos				
5.4		Chequear estado y normal funcionamiento de segundo limitador de carrera de seguridad. El chequeo debe ser sin carga y en baja velocidad	Segundo limitador de carrera funcionando correctamente			
5.5		Verificar que al menos queden dos vueltas de seguridad cuando el gancho alcanza su posición mas baja	Deben quedar como mínimo dos vueltas de seguridad			
5.6		Realizar limpieza general	Limpieza realizada			
6.1	Dipositivo limitador de cargas	Revisar estado de canalizaciones por fijación y estado de tapa de bandeja	Fijación correcta			
6.2		Realizar limpieza general del limitador	Limpieza realizada			
6.3		Verificar válvula de descarga manual, retirar corrosión, realizar reapriete e instalar sello	Válvula de descarga manual sin daños			
6.4		Indicar presión diafragma y verificar estado manómetros. Cambiar manómetros en mal estado				
6.5		Indicar presión de suministro principal de agua. Cambiar manómetro en mal				
7.1	Sistema de mando tipo botonera	Chequear por: buen funcionamiento, estado de cuerpo y sellos	Funcionando correctamente			
7.2		Revisar estado y funcionamiento de pulsadores. Chequear que todos los movimientos estén de acuerdo a marcas de los pulsadores y correcta distribución	Pulsadores funcionando correctamente			
7.3		Chequear Parada de emergencia por buen funcionamiento y signos de daño	Funcionando correctamente			
7.4		Revisar estado de cable de control por: deterioro, desgaste, signos de daño y, conexión por sujeciones sueltas, grietas, etc.	Cable de control sin daños y con sujeción correcta			
7.5		Revisar estado de cable mensajero por: deterioro, desgaste, signos de daño y funcionamiento. Presencia de prensa Crosby	Cable mensajero sin daños y con sujeción correcta			
7.6		Desarmar botonera, verificar apriete de conexiones y limpieza de block de	Reapriete realizado			
7.7		Revisar estado de soportes, chequear por: falta o soltura de pernos, tuercas, tornillos, o remaches	Soportes con todos sus elementos			
8.1	Sistema de mando tipo radio control	Revisar baterías y cargador por: buen funcionamiento, deterioro, desgaste, signos de daño	Batería funcionando correctamente y sin daños			
8.2		Chequear correcto funcionamiento operacional de receptor de radio control	Funcionando correctamente			
8.3		Revisar Joystick y sellos por: movimientos, contaminación y deterioro	Joystick sin daños			
8.4		Revisar estado y funcionamiento a pulsadores. Chequear que todos los movimientos estén de acuerdo a marcas de los pulsadores y correcta distribución	Pulsadores funcionando correctamente			

Documento Controlado			
Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03			
8.5		Chequear Parada de emergencia por buen funcionamiento y signos de daño	Funcionando correctamente
8.6		Revisar antena por: deterioro, picaduras, daños y montaje	Antena sin daños
8.7		Revisar estado de arnés de operador por: cortes, ajuste, deterioro (sólo si aplica)	Árnés sin daños
8.8		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
9.1	Sistema de mando en cabina	Revisar correcto funcionamiento de control tipo joystick	Funcionando correctamente
9.2		Revisar Joystick y sellos por: movimientos, contaminación y deterioro	Joystick sin daños
9.3		Chequear estado de pulsadores de sistema control anexo (partida, parada, hombre muerto, aire acondicionado, alarma sonora, luces, etc)	Todos los pulsadores funcionando correctamente
9.4		Chequear parada de emergencia por: enclavamiento, deterioro, cualquier signo de daño o desgaste, funcionamiento	Funcionando correctamente
9.5		Revisar estado de cables de control por: deterioro, desgaste, signos de daño y,	Cable sin daño
9.6		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
10.1	Cabina de mando	Revisar estado de vidrios y sellos	Vidrios y sellos sin daños
10.2		Revisar que la puerta se encuentre operativa	Puerta operativa
10.3		Revisar accesos a cabina	Acceso correcto sin obstáculos
10.4		Chequear iluminación de cabina, revisar que la iluminación permita al operador observar los controles de operación	Iluminación que permita observar controles
10.5		Chequear existencia de Extinguidor	Extinguidor con inspección y mantenimiento al día
10.6		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
11.1	Freno de izaje gancho principal	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables
11.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños
11.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores	
11.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento
11.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a manual) e indicar valores	
11.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto
11.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
12.1	Freno de izaje gancho auxiliar	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables
12.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños
12.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores	
12.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento
12.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a manual) e indicar valores	
12.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto
12.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
13.1	Freno de traslación puente	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables
13.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños
13.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores	
13.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento
13.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a manual) e indicar valores	
13.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto
13.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
14.1	Freno de traslación carro	Chequear estado de disco de fricción por: excesivo desgaste (acorde a manual), deterioro, trizaduras, daños (cambiar si es necesario). Indicar valores	Disco de fricción sin daños considerables
14.2		Chequear estado de seguros seeger (omega) y chaveta	Seguros seeger sin daños
14.3		Chequear resistividad de bobinas electromagnéticas y reemplazar (sólo si es necesario). Indicar valores	
14.4		Revisar funcionamiento de freno, que no exista deslizamiento y la distancia de detención sea normal	Freno sin deslizamiento
14.5		Regular entrehierro de freno (air gap) y chequear torque de freno (acorde a manual) e indicar valores	
14.6		Verificar apriete de pernos por torque adecuado	Apriete correcto
14.7		Realizar limpieza general	Limpieza realizada
15.1	Traslación puente	Efectuar recorrido traslación normal puente	Recorrido completo
16.1	Traslación carro	Efectuar recorrido traslación normal carro	Recorrido completo
17.1	Cables y guías	Desamarrar guía cable y evaluar por: deterioro, deformación, cualquier tipo de daño que afecte al cable. Lubricar	Guía cable sin daños significativos

Documento Controlado					
Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03					
17.2		Inspección visual de cables por: hebras cortadas, cocas, deformación, corrosión.	Cables sin daños significativos		
17.3		Medir reducción del diámetro nominal del cable (producto de desgaste externo/abrasión, desgaste interno y deterioro del núcleo). Indicar			
17.4		Chequear visualmente conexión terminal del cable y prensa cable por: deterioro, desajuste, corrosión, deformación, desgaste	Conexión terminal del cable sin daños		
17.5		Realizar limpieza y lubricación a cables. Verificar que estén bien alojados en poleas y tambor	Cables alojados en poleas de forma correcta		
18.1	Cadenas y guías	Revisar y lubricar guías de cadenas por deterioro, deformación, cualquier tipo de daño que afecte a la cadena	Guías de cadenas sin daños		
18.2		Chequear visualmente estado de cadenas por: cortes, corrosión, torsión, soldadura	Cadenas sin daños		
18.3		Chequear conexión terminal de la cadena por: deterioro, desajuste, corrosión, deformación, desgaste	Conexión terminal de la cadena sin daños		
18.4		Realizar limpieza y lubricación a cadenas	Limpieza realizada		
19.1	Gancho principal	Chequeo visual por: daños, grietas, melladuras, deformidad de la abertura de la garganta, corrosión y torcedura	Gancho principal sin daños		
19.2		Revisar seguro del gancho por: desajuste, daño, deformación, apropiada	Funcionando correctamente		
19.3		Inspección visual a rodamientos por: deterioro, trabamientos, trizadura	Rodamientos sin daños		
20.1	Gancho auxiliar	Chequeo visual por: daños, grietas, melladuras, deformidad de la abertura de la garganta, corrosión y torcedura	Gancho auxiliar sin daños		
20.2		Revisar seguro del gancho por: desajuste, daño, deformación, apropiada	Funcionando correctamente		
20.3		Inspección visual a rodamientos por: deterioro, trabamientos, trizadura	Rodamientos sin daños		
21.1	Garra antisísmica puente	Revisar estado de canalizaciones por fijación y estado de tapa de bandeja	Canalizaciones en buen estado		
22.1	Garra antisísmica carro	Revisar estado de canalizaciones por fijación y estado de tapa de bandeja	Canalizaciones en buen estado		
23.1	Polipasto izaje gancho principal	Inspección visual de tambor enrollador por: desgaste, surcos afilados, grietas. Verificar cable bien alojado en los surcos del tambor	Cables alojados correctamente en surcos. Tambor sin daños		
23.2		Realizar inspección visual a estructura por: fisuras, deformaciones, corrosión, pemos sueltos, condición insegura	Sin daños físicos significativos		
23.3		Realizar inspección visual a bujes y eje pasador por: corrosión, deformación, grietas. Lubricar bujes y eje pasador	Bujes y eje pasador sin daños significativos		
23.4		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
24.1	Poleas izaje gancho principal	Realizar inspección visual a poleas y rodamientos por: corrosión, grietas, marcas	Poleas y rodamientos sin daños		
24.2		Realizar inspección visual a bujes y pasadores por: corrosión, deformación, grietas.	Bujes y pasadores sin daños		
24.3		Realizar mantenimiento a elementos de anclaje	Mantenimiento realizado		
24.4		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
25.1	Polipasto izaje gancho auxiliar	Inspección visual de tambor enrollador por: desgaste, surcos afilados, grietas. Verificar cable bien alojado en los surcos del tambor	Cables alojados correctamente en surcos. Tambor sin daños		
25.2		Realizar inspección visual a estructura por: fisuras, deformaciones, corrosión, pemos sueltos, condición insegura	Sin daños físicos significativos		
25.3		Realizar inspección visual a bujes y eje pasador por: corrosión, deformación, grietas. Lubricar bujes y eje pasador	Bujes y eje pasador sin daños significativos		
25.4		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
26.1	Poleas izaje gancho auxiliar	Realizar inspección visual a poleas y rodamientos por: corrosión, grietas, marcas	Poleas y rodamientos sin daños		
26.2		Realizar inspección visual a bujes y pasadores por: corrosión, deformación, grietas.	Bujes y pasadores sin daños		
26.3		Realizar mantenimiento a elementos de anclaje	Mantenimiento realizado		
26.4		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
27.1	Contactores	Chequear estado de contactos eléctricos por: deterioro, medición resistividad en contactos de línea, sobrecalentamiento (desarmar si es necesario)	Contactos eléctricos sin daños		
27.2		Chequear bobina de contactores	Bobina en buen estado		
27.3		Limpiar y chequear correcta fijación de contactores	Fijación correcta		
27.4		Revisar apriete y marcar conexiones	Reapriete realizado		
28.1	Banco de resistencias	Chequear estado de contactos eléctricos por: deterioro, medición resistividad en	Contactos eléctricos sin daños		
28.2		Chequear bobina de contactores	Bobina en buen estado		
28.3		Limpiar y chequear correcta fijación de contactores	Fijación correcta		
28.4		Revisar apriete y marcar conexiones	Reapriete realizado		
28.5		Chequear estado de canalizaciones	Canalizaciones sin daños		
28.6		Medir aislación respecto a los gabinetes			
29.1	Protecciones eléctricas de fuerza	Chequear estado y funcionamiento de protecciones	Funcionando correctamente		
29.2		Revisar y verificar apriete de terminales y conexiones	Apriete correcto		
29.3		Chequear estado de contactos	Contactos sin daños		
29.4		Calibrar relés térmicos según datos de motor	Relés calibrados		

Documento Controlado					
Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03					
30.1	Gabinete eléctrico de fuerza	Limpiar y verificar apriete de conexiones de transformadores, contactores, automáticos, etc	Reapriete realizado		
30.2		Chequear estado de puertas, bisagras, chapas y sellos	Puerta sin daños		
30.3		Verificar correcto peinado y rotulación de cables eléctricos	Cables rotulados y peinados		
30.4		Revisar que todas las luces piloto estén operando	Todas las luces piloto operando		
30.5		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
31.1	Gabinete eléctrico de control	Limpiar y verificar apriete de conexiones de transformadores, contactores, automáticos, etc	Reapriete realizado		
31.2		Chequear estado de puertas, bisagras, chapas y sellos	Puerta sin daños		
31.3		Verificar correcto peinado y rotulación de cables eléctricos	Cables rotulados y peinados		
31.4		Revisar que todas las luces piloto estén operando	Luces funcionando		
31.5		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
32.1	Alimentación eléctrica puente	Indicar cantidad de barras desnudas			
32.2		Indicar cantidad de barras capsuladas			
32.3		Indicar cantidad de festoon			
32.4		Inspección visual a brazo de arrastre por: pernos de sujeción, soldadura, perpendicularidad, deslizamiento	Sin deslizamiento		
32.5		Inspeccionar estado de carnos portacables, verificar que corra libremente, apriete de las prensas, verificar que el loop sea igual para todos los cables, verificar estado de cadena/cable de arrastre			
32.6	Alimentación eléctrica carro	Chequear topes mecánicos del riel	Topes mecánicos sin daños		
33.1		Indicar cantidad de barras desnudas			
33.2		Indicar cantidad de barras capsuladas			
33.3		Indicar cantidad de festoon			
33.4		Inspeccionar estado de carnos portacables, verificar que corra libremente, apriete de las prensas, verificar que el loop sea igual para todos los cables, verificar estado de cadena/cable de arrastre			
33.5	Motores de traslación puente	Chequear topes mecánicos del riel	Topes mecánicos sin daños		
34.1		Chequear anclaje motor por falta o desapriete de pernos. Chequear visualmente por grietas	Anclaje de motor con todos sus pernos y apriete correcto		
34.2		Realizar limpieza a estructura del motor	Limpieza realizada		
34.3		Chequear acoples moto-reductor	Acoples en buen estado		
34.4		Inspección visual de carcaza del motor y reductor por: deformación, corrosión, daños, filtraciones, etc.	Carcaza y reductor sin daños		
34.5		Verificar estado de anillos rozantes (desgaste)	Anillos rozantes sin daños		
34.6		Chequear caja reductora por: fugas, ruido, golpes, deterioro, apropiada lubricación (nivel de aceite). Chequear dientes de engranajes (a condición)	Caja reductora sin fugas ni daños		
34.7		Chequear apriete, marcas terminales y conexiones	terminales con apriete correcto.		
34.8		Verificar voltaje (indicar valores)			
34.9		Chequear estado de ventiladores por: deterioro, cubiertas	Ventiladores sin daños		
34.10		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
35.1	Motores de traslación carro	Chequear anclaje motor por falta o desapriete de pernos. Chequear visualmente por grietas	Anclaje de motor con todos sus pernos y apriete correcto		
35.2		Realizar limpieza a estructura del motor	Limpieza realizada		
35.3		Chequear acoples moto-reductor	Acoples en buen estado		
35.4		Inspección visual de carcaza del motor y reductor por: deformación, corrosión, daños, filtraciones, etc.	Carcaza y reductor sin daños		
35.5		Verificar estado de anillos rozantes (desgaste)	Anillos rozantes sin daños		
35.6		Chequear caja reductora por: fugas, ruido, golpes, deterioro, apropiada lubricación (nivel de aceite). Chequear dientes de engranajes (a condición)	Caja reductora sin fugas ni daños		
35.7		Chequear apriete, marcas terminales y conexiones	terminales con apriete correcto.		
35.8		Verificar voltaje (indicar valores)			
35.9		Chequear estado de ventiladores por: deterioro, cubiertas	Ventiladores sin daños		
35.10		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		
36.1	Motores de izaje gancho principal	Chequear anclaje motor por falta o desapriete de pernos. Chequear visualmente por grietas	Anclaje de motor con todos sus pernos y apriete correcto		
36.2		Realizar limpieza a estructura del motor	Limpieza realizada		
36.3		Chequear acoples moto-reductor	Acoples en buen estado		
36.4		Inspección visual de carcaza del motor y reductor por: deformación, corrosión, daños, filtraciones, etc.	Carcaza y reductor sin daños		
36.5		Verificar estado de anillos rozantes (desgaste)	Anillos rozantes sin daños		
36.6		Chequear caja reductora por: fugas, ruido, golpes, deterioro, apropiada lubricación (nivel de aceite). Chequear dientes de engranajes (a condición)	Caja reductora sin fugas ni daños		
36.7		Chequear apriete, marcas terminales y conexiones	terminales con apriete correcto.		

Documento Controlado

Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03

36.8		Verificar voltaje (indicar valores)			
36.9		Chequear estado de ventiladores por: deterioro, cubiertas	Ventiladores sin daños		
36.10		Realizar limpieza general	Limpieza realizada		

6.2 Historial de fallas del variador de frecuencia/control pro

Tipo de variador	Código de error	Descripción

6.3 Medición de corrientes en vacío

Gancho principal					
Lenta	R:	S:	T:		
Rápida	R:	S:	T:		
Gancho auxiliar					
Lenta	R:	S:	T:		
Rápida	R:	S:	T:		
Traslación carro					
Lenta	R:	S:	T:		
Rápida	R:	S:	T:		
Traslación puente					
Lenta	R:	S:	T:		
Rápida	R:	S:	T:		
Tensión de control:			Tensión de fuerza		

6.4 Actividades de HOUSEKEEPING

No.	Descripción de la actividad	Iniciales
1	Retiro de todo elemento contaminante del área y llevar a contenedores específicos	
2	Retiro de herramientas del área	
4	Retiro de componentes salientes del área	

7. IMÁGENES, DIBUJOS O DIAGRAMAS ADICIONALES

8. TRABAJO ADICIONAL IDENTIFICADO

Item Mantenable	Daño Observado	Prioridad	Etiqueta?	Trabajo Requerido	Notificación #

9. GESTIÓN DE MATERIALES

Material #	Descripción	¿Reparable?	Etiquetado y devuelto a la bodega	Cant.

Document: MCOE TSM 2011

Version: No:1.0

This document is uncontrolled when printed or downloaded and should be discarded after use.
You are responsible for making sure that you use the most recent version.

Page 6 of 7

Documento Controlado

Instrucciones de Trabajo: 4W Mec Mant Puente Grúa 20-CN-03

10. RETROALIMENTACIÓN (Para apoyar la mejora)

¿Duración de la actividad?

¿Retenciones de tiempo de espera?

¿Las actividades y la información de actividades asociadas fueron completas y claras?

Si fue aplicable, ¿la información de aislamientos y permisos fue correcta y completa?

¿Estaban las listas de materiales, herramientas y de equipo completas?

Comentarios generales:

11. FIRMA DE LA ORDEN DE TRABAJO (Persona(s) que completó el trabajo)

Responsable	Nombre y Apellido	Iniciales	Firma	Fecha
Mantenedor 1				
Mantenedor 2				
Mantenedor 3				
Mantenedor 4				
Supervisor				

Document: MCOE.TEM.0011

Version No 1.0
This document is uncontrolled when printed or downloaded and should be discarded after use.
You are responsible for making sure that you use the most recent version.

Page 7 of 7

Fuente: Empresa Mandante

Anexo 2: Análisis de los modos de fallas

Parte 1

Partes de Equipo	Funcion	Modo de Falla	Efecto	Severidad
carro	trasladar carga en horizontal sobre la viga	Freno activado sin liberación	Motor sin fuerza de movimiento Freno accionado	10
		No se activa freno y/o mal activación	se arrea el carro	10
		No se activa freno y/o mal activación	Se arrea el carro	10
		Barra electrificación con mala conexión y/o aislamiento eléctrico	Equipo provoca corto circuito y queda fuera de servicio	6
		Resistencia de frenado quemado	Equipo queda fuera de servicio	7
		Ruptura sistema de alimentación eléctrica	carro no avanza	10
		Barras electrificadora presenta corto circuito entre dos líneas fases	No se puede energizar grúa porque actúa breaker sala eléctrica	10
POLIPASTO	elevar y bajar carga en la vertical	Gancho sin movimiento	Equipo no levanta carga	9
		Poleas fuera estándar movimiento inadecuado	Vibración en poleas y deformación de la misma	8
		Cable con Cables fuera estándar	Equipo queda fuera de servicio	8
		Cable de izaje con hebras cortadas	Corte de hebras	8
		Cable de izaje se enreda en tambor	Equipo queda fuera de servicio hasta regularizar la postura de cable en tambor para que no sufra desgaste torcedura.	10
		Guía cable de tambor quebrado	Perdida de funcionalidad, mordedura de cable y falla de limitadores	9
		Tambor elevador con movimientos fuera de estándar	Vibraciones, las cuales pueden ser transmitidas a polipasto y causar una falla mayor y más costosa	7
		Freno no se activa al 100%	se arrea la carga, por balata de freno quebrada	6
VIGA	Soportar y mover el equipo completo más la carga	No se activa freno y/o mal activación	se arrea la carga	9
		Grietas, trisaduras	Debilidad del equipo posibilidad de aumentar grieta	8
		Garra antisísmica suelta o descalibrada	caída de garra antisísmica	1
Gabinete eléctrico	alimentar eléctricamente todos los sistemas	ruedas trabadas	Mal avance y sobrecarga motor	9
		sistema eléctrico de izaje no reacciona y/o genera movimiento intermitente	Equipo no levanta carga	10
		Equipos sin alimentación eléctrica	Equipo sin movimiento	10
		cableado suelto	Equipo sin movimiento, mala función, sobrecalentamiento de componentes internos	8
		Puertas en mal estado o sueltas	contaminación de elementos de contactos eléctricos	1
		Variador de frecuencia no responde a las señales	Equipo funciona de manera intermitente	10
		PLC no reacciona a las señales indicadas	Equipo no realiza ningún movimiento	10
Sistema de mando	Dirigir los movimientos del equipo en forma remota	Equipo no realiza ningún movimiento	Equipo no realiza ningún movimiento	10
		radio control no conecta	equipo no conecta o no enciende	10
dispositivo de alarma	alertar movimiento del equipo	radio control con desperfecto	equipo con daños físicos	3
		baliza y/o sirena en mal estado	Equipo fuera de estándar y afecta seguridad de operador y trabajadores del área	1

Fuente: Elaboración propia

Parte 2

Causas	Metodo de Control			
	Control Preventivo	Ocurrencia	Control de Deteccion	Deteccion
Bobina de apertura sin alimentacion	Revision de alimentacion y chequeo de bobina	8	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
Disco gastado sobre el limite permisible min	Revisar y medir nivel de desgaste	8	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
Se aíslan contactores de control	Revisar estado de bobina de contactores, cambiar en caso de ser necesario	8	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
Falta de mantenimiento y regulacion	Revisar estado de balata de freno y ajustar en cada mantenimiento preventivo, evidenciado por imágenes el desarme de freno y ajuste.	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
Falta de mantenimiento a barras de electrificación y condiciones ambientales del area	Limpieza a barras de electrificación	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
mala operación del equipo	Medicione valores de resistencia y capacitancia	3	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
falla operación , falta mantención preventiva	Mantenimiento preventivo, chequeo conexiones eléctricas	1	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	9
Corto circuito entre dos líneas fases	Revision de cableado y sujecion de alimentacion electrica.	2	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	10
Se aísla contactores de control	Revisar estado de bobina de contactores, cambiar en caso de ser necesario	5	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
Juego en polea, desgaste de rodamiento y mala operación.	Cambio de rodamiento y poleas en caso de presentar deformaciones	2	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	4
Operacional por levante de caras cruzadas y sobre esfuerzo	Se deja equipo fuera de servicio hasta realizar el cambio de cable de izaje	3	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	7
Operacional por levante de caras cruzadas y sobre esfuerzo	Se deja equipo fuera de servicio hasta realizar el cambio de cable de izaje	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
Operacional por levante de caras cruzadas.	Se deja equipo fuera de servicio hasta realizar el cambio de cable de izaje	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	9
Contacto con cable de izaje por mala operación	Revisar guia de tambor	3	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	7
Juego en tambor, desgaste de rodamientos	Cambio de rodamiento	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	7
Sobre esfuerzo de carga	cambio de balata quebrada por sobre esfuerzo mecanico	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	9
Sobre esfuerzo de carga	cambio de balata quebrada por sobre esfuerzo mecanico	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
Falla estructural , sismo, sobrecarga. Mala oparción	inspección tinta penetrante	1	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	2
Falla estructural , sismo, sobrecarga. Mala oparción	Revisar condición de garra	3	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	4
Falta lubricación	lubricación y chequeo oparacional	2	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
Se aísla contactores de control	Revisar estado de bobina de contactores, cambiar en caso de ser necesario	8	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	9
mala conexión , safety swish desconectado,	chequeo de equipo bloqueado sala electrica, chequeo safety swish	8	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	9
elementos sueltos, conexiones sueltas, falso contacto, Falta de mantenimiento a barras de electrificación y condiciones ambientales del area	revisión de cableado, revisión de conexiones, reapriete si es necesario	3	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
	Revisión condiciones de puertas	2	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	1
Bajo voltaje debido a suministro de energia insuficiente	Revisión de voltaje de entrada	2	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	4
Resistencia de variador de frecuencia en mal estado.	Realizar una vez al año mantenimiento preventivo a variador de frecuencia.	1	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	8
Contacto de salida aislado	Limpieza y reapriete de tablero de control	1	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
falta bateria control , falta alimentación reseptor , Mala oparación	inspección y pruebas oparacional ,	6	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	6
falta bateria control, Mala oparación	inspección y pruebas oparacional ,	6	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	2
Falta de mantenimiento	Realizar cambio de baliza y sirena.	4	Mandante=(Llamado) E. Colaboradora (Deteccion de falla)	1

Fuente: Elaboración propia

Parte 3

Acción Sugerida	Responsable	Re-Evaluación			
		Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Revisar bobinas de contactores y caso de contactor estar en mal estado, se deberan cambiar por uno de mejor calidad y mas hermetico según condiciones de operacion.	MANDANTE (Repuesto) E. Colaboradora (Reparacion)	10	8	8	640
Realizar mantenimiento Preventivo	E. Colaboradora (Mantenimiento)	10	8	8	640
Revisar bobinas de contactores y caso de contactor estar en mal estado, se deberan cambiar por uno de mejor calidad y mas hermetico según condiciones de operacion.	E. Colaboradora	10	8	6	480
Mantenion general a freno y regulacion.	E. Colaboradora (Reparacion)	6	4	6	144
Limpieza a barras de electrificación y en caso de ser necesario realzar el cambio de estas.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	7	4	8	224
Cambio de resistencia de frenado	Mandante (Repuesto y reinstruccion) E. colaboradora (Reparacion)	10	3	8	240
Reparación de conexión , reemplazo cableado, reapriete conexiones y tornillos	Mandante (Repuesto) E. Colaboradora (Reparacion)	10	1	9	90
Revision de cableado y sujecion de alimentacion electrica en caso de detectar anomalias se debe realizar el cambio de abrazaderas de lineas de electrificación.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	2	10	200
Revisar bobinas de contactores y caso de contactor estar en mal estado, se deberan cambiar por uno de mejor calidad y mas hermetico según condiciones de operacion.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	9	5	6	270
Cambio de rodamiento y poleas en caso de presentar deformaciones.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	8	2	4	64
Realizar cambio de cable de izaje	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	8	3	7	168
Realizar cambio de cable de izaje y reinstruccion a operador	Mandante (Repuesto y reinstruccion) E. colaboradora (Reparacion)	8	4	6	192
Realizar cambio de cable de izaje	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	4	9	360
Revizar guia de tambior y en caso de ser necesario rectificar Revision de limitadores, en caso de ser necesario cambiar	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	9	3	7	189
Cambio de rodamientos y torqueo de polipasto completo	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	7	4	7	196
Cambio de balata, mantencion general y regulacion.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	6	4	9	216
Cambio de balata, mantencion general y regulacion.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	9	4	8	288
Reparación estructural	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	8	1	2	16
reacondicionamiento , apriete y ajuste	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	1	3	4	12
Revizar engrase o lubricación Realizar cambio de rueda al no girar	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	9	2	8	144
Revisar bobinas de contactores y caso de contactor estar en mal estado, se deberan cambiar por uno de mejor calidad y mas hermetico según condiciones de operacion.	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	8	9	720
Chequeo de enregía electrica en ingreso de gabinete, chequeo de contactores y guarda motor	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	8	9	720
Reacondicionamiento de cableado , apriete de barras y soportes	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	8	3	6	144
repociación puertas y/o bisabras	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	1	2	1	2
Dejar equipo fuera de servicio hasta normalizar situacion o configurar parametros de VDF en caso de que se etse realizando una actividad critica	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	2	4	80
Realizar una vez al año mantenimiento preventivo a variador de frecuencia.	E. colaboradora (externo)	10	1	8	80
Limpieza y reaprete de tablero de control	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	1	6	60
repocicion de batrias , reparación de alimentación respetor , inducción de oparación	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	10	6	6	360
repocicion de batrias, inducción de oparación	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	3	6	2	36
Instalacion de baliza y sirena	Mandante (Repuesto) E. colaboradora (Reparacion)	1	4	1	4

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Codificación de los componentes

Parte 1

COMPONENTE						Fallas
Cod.	Nivel I	Cod.	Nivel II	Cod.	Nivel II	
1	Sistema de alarma y movimiento	1	Alarma y señalización	1	Baliza	
				2	sirena	
				3	conexión eléctrica	
				4	Soportes , tornillos	
				5	Display de carga	
		2	Radio control	1	Equipo Completo	1
				2	Batería	
				3	joystick / pulsador /botones	
				4	Carcasa	
				5	Antena	
				6	Arnés	
		3	Receptor	1	Equipo Completo	
				2	Antena	
				3	Carcasa	
				4	conexión eléctrica	
2	Sistema Electrico	1	Gabinete control			
				1	Equipo Completo	
				1	Contactador principal	
				2	Guarda motor	
				3	Cables	2
				4	Fusibles	
				5	contactores control	
				6	relés	
				7	Transformadores	
		2	Alimentación electrica	1	festoon	1
				2	barra capsuladas	
				3	carros porta cables	
				4	conetctores - terminales	
				5	borneras	
		3	estructura	1	Puertas	
				2	bisagras	
				3	Corta corriente	

Fuente: Elaboración propia

Parte 2

3	Traslación puente	1	motor	1	Equipo Completo	
				2	Conección eléctrica	
				3	Fijación pernos	
				4	Carcaza	
				5	Ventilador	
				6	Freno	1
				7	Bobina motor	
				8	Bobina freno	
		2	traslación	1	Caja reductora	
				2	rueda	
		3	Alimentación electrica	1	festoon	
				3	carros porta cables	
				4	conetctores - terminales	
				5	borneras	
4	Traslación Carro	1	motor	1	Equipo Completo	1
				1	Conección eléctrica	
				2	Caja de conexión	
				3	Fijación pernos	
				4	Carcaza	
				5	Ventilador	
				6	Freno	1
				7	Bobina motor	
				8	Bobina freno	
		2	traslación	1	Caja reductora	
				2	rueda	
				3	Limitadores	
		3	Alimentación electrica	1	festoon	
				2	carros porta cables	
				3	conetctores - terminales	
				4	Caja conexión	
				5	borneras	
5	Izaje	1	motor	1	Conección eléctrica	
				2	Fijación pernos	
				3	Carcaza	
				4	Ventilador	
				5	Freno	1
				6	Bobina motor	
				7	Bobina freno	1
		2	Polipasto	1	Tambor	
				2	cable	1
				3	poleas	
				4	gancho	
				5	Limitadores izaje	2
				6	Limitadores de carga	
				7	caja conexión limitador	1
				8	pernos - abrazaderas	
6	Estructura general	1	vigas	1	Pernos	
				2	soldaduras	
				3	garras antisismica	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: FMECA mantenimiento correctivo

Parte 1: individualización de los modos de fallas criticidad

Subsistema		Individualización de los modos de falla y cuantificación de la criticidad y sus efecto										
Codigo	Número de elementos	Tipo de falla subconjunto	Frecuencia [veces/año]	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el servicio	Reparación Provisoria	Tiempo de detención [horas]	Indisponibilidad [horas/año]	TMF	R	F	Indisponibilidad [horas/año]
1.2.1	1	equipo no conecta	1	detención	detención	cambio	3	3	0,00	0,00%	100,00%	0,085%
2.1.3	1	conexión intermitente	2	detención	detención	cambio	5	10	1148,00	99,14%	0,86%	0,285%
2.2.1	1	conexión intermitente	1	Riesgo detención	detención	reparación	9,5	9,5	640,50	98,54%	1,46%	0,271%
3.1.6	1	Desgaste dentro lo permisible	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	1053,50	99,43%	0,57%	0,171%
4.1.1	1	Daño interno	1	Riesgo detención	detención	cambio	9,5	9,5	2923,00	99,68%	0,32%	0,271%
4.1.6	1	Desgaste dentro lo permisible	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	5	5	255,50	98,08%	1,92%	0,142%
5.1.5	1	Desgaste excesivo	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	5	5	1676,50	99,70%	0,30%	0,142%
5.1.7	1	Daño en bobina	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	355,50	98,34%	1,66%	0,171%
5.2.2	1	daño visible desgaste	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	523,00	98,87%	1,13%	0,171%
5.2.5	1	No corta en su limite	2	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	5	10	339,00	97,13%	2,87%	0,285%
5.2.7	1	daño estructura	1	Riesgo de falla por contaminación	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	349,50	98,31%	1,69%	0,171%
Total								76			12,779%	2,165%

Parte 2: Análisis de los costos

Subsistema		Análisis de costos							
Codigo	Número de elementos	Cantidad Personas	Time Work	HH US\$ 121,78	REPUESTO	valor repuesto US \$	total repuesto US\$	Tiempo de entrega Semanas	
1.2.1	1	3	9	3.288	Radio Control	\$ 15.000	\$ 15.000	6 - 7	
2.1.3	1	3	30	10.960	Clable Cambus	\$ 150	\$ 300	4 - 5	
2.2.1	1	5	48	28.923	Festum	\$ 420	\$ 420	4 - 5	
3.1.6	1	3	18	6.576	Disco Freno	\$ 1.540	\$ 1.540	4 - 5	
4.1.1	1	4	38	18.511	Motor	\$ 11.050	\$ 11.050	6 - 7	
4.1.6	1	3	15	5.480	Disco Freno	\$ 1.540	\$ 1.540	4 - 5	
5.1.5	1	3	15	5.480	Disco Freno	\$ 25.000	\$ 25.000	0,3	
5.1.7	1	3	18	6.576	Bobina freno	\$ 2.620	\$ 2.620	4 - 5	
5.2.2	1	6	36	26.305	Cable Acero	\$ 1.870	\$ 1.870	4 - 5	
5.2.5	1	3	30	10.960	Limitador Izaje	\$ 1.340	\$ 2.680	4 - 5	
5.2.7	1	3	18	6.576	Caja limitador	\$ 580	\$ 580	4 - 5	
				129.636				\$ 62.600	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Categorización de criterios

Severidad		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Frecuencia (FF)		
Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Detección		
Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Costo Mantenimiento		
costo	Criterio	Valor
Muy Alto	Mayor USD 97,000	5
Alto	Entre USD 73,000 - 97,000	4
Mediano	Entre USD 48,000 - 73,000	3
Menor	Entre USD 24,000 - 48,000	2
Aceptable	menor o igual USD 24,000	1

Impacto a la seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy alta	Afecta a la seguridad a las personas	5
Alta	Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	4
Moderada	Afecta a las instalaciones daño estructural mayor	3
Baja	provoca incidentes daño menor	2
Muy Baja	provoca daños ambientales reversibles	1
Nula	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones y ambiente	0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Normas aplicables a los componentes

SECCIÓN 16-2.3: MANTENIMIENTO

6-2.3.1 Mantenimiento preventivo

- (a) Se debería establecer un procedimiento de mantenimiento preventivo. El programa debería basarse en las recomendaciones explicadas en el manual del fabricante del polipasto. Cuando sea apropiado, una persona calificada debería incluir también sus recomendaciones adicionales basadas en una revisión de la aplicación y operación del polipasto. Los registros deberían ser fechados y archivados.
- (b) Las partes de reemplazo deben ser iguales a las especificaciones del fabricante original.

16-2.3.3 Ajustes, reparaciones y reemplazos

- (a) Toda condición que revele en las inspecciones realizadas, de acuerdo con los requerimientos de la sección 16-2.1, la existencia de un riesgo para continuar la operación, debe ser corregida mediante un ajuste, reparación o reemplazo antes de continuar trabajando con el polipasto.
- (c) Se deben reparar todos los componentes cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:
 - (1) Todos los mecanismos de operación
 - (2) Los frenos y el gatillo del trinquete.
 - (3) Los dispositivos limitadores de polipastos eléctricos o de aire
 - (4) El sistema de control de polipastos eléctricos o de aire
- (d) Se deben hacer reparaciones o reemplazos cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:
 - (1) Todos los componentes del freno excesivamente gastados, tales como, discos de fricción, trinquete, gatillos y resortes.
 - (2) Todas las partes críticas, incluyendo los componentes de suspensión de la carga que estén rotos, torcidos, extremadamente desgastados o que presenten grietas
 - (4) El cable, si está gastado o presenta otro daño según el párrafo 16-2.4.2
 - (5) Ganchos dañados o desgastados que se describen en el Mantenimiento indicado en la Norma ASME B30.10. Las reparaciones por soldadura o reestructuración no son recomendables.
 - (6) En el caso de polipastos eléctricos, los contactos eléctricos picados o quemados deberían ser reemplazados en conjunto. Las partes del dispositivo de control deberían ser lubricadas según las recomendaciones del fabricante.

(7) Etiquetas de funcionamiento que estén ilegibles o que falten en las estaciones de control colgantes. (8) Etiquetas de advertencia ilegible o faltante

Cable Cambus

Norma ASME B30-16-2.3.3 Ajustes, Reparaciones y Reemplazos

(a) Toda condición que revele en las inspecciones realizadas, de acuerdo con los requerimientos de la sección 16-2.1, la existencia de un riesgo para continuar la operación, debe ser corregida mediante un ajuste, reparación o reemplazo antes de continuar trabajando con el polipasto.

(d) Se deben hacer reparaciones o reemplazos cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:

(6) En el caso de polipastos eléctricos, los contactos eléctricos picados o quemados deberían ser reemplazados en conjunto. Las partes del dispositivo de control deberían ser lubricadas según las recomendaciones del fabricante.

FESTUM

Norma OSHA 1910.179 (g) (1)

(iv) En caso de cable conductor múltiple se utiliza con una botonera suspendida, la estación debe contar con el apoyo de alguna manera satisfactoria que proteja a los conductores eléctricos contra el esfuerzo.

Disco freno

Norma OSHA 1910.179 (f)

(f) Frenos -

(f)(2) Frenos de retención.

(f)(2)(i) Los frenos de retención de los motores de elevación deberán tener como mínimo el siguiente porcentaje del par de par de elevación a plena carga en el punto en que se aplica el freno.

(f)(2)(i)(a) 125 por ciento cuando se utilicen con un medio de frenado de control que no sea mecánico.

(f)(2)(i)(b) 100 por ciento cuando se utiliza en combinación con un mecánico.

(f)(2)(i)(c) 100 por ciento cada uno si se proporcionan dos frenos de retención.

(f)(2)(ii) Los frenos de retención de los polipastos deberán tener una capacidad térmica suficiente para la frecuencia de funcionamiento requerida por el servicio.

(f)(2)(iii) Los frenos de retención de los polipastos se aplicarán automáticamente cuando se corte la corriente.

(f)(2)(iv) Cuando sea necesario, los frenos de deberán estar provistos de medios de ajuste para compensar el desgaste.

(f)(2)(v) La superficie de desgaste de todos los tambores o discos de freno de retención deberá ser lisa.

(f)(2)(vi) Cada unidad de elevación independiente de una grúa que manipule metal caliente y que disponga de medios de frenado medios de frenado de control de potencia estará equipado con al menos al menos dos frenos de retención.

Norma ASME B30 .20-2-2.3.3. (a) (c)

(a)Cualquier condición dejada al descubierto por la inspección efectuada de acuerdo con los requerimientos de la Sección 2-2.1, la que se determina como peligrosa para continuar la operación, debe ser corregida por ajustes, reparaciones o reemplazo, antes de continuar con el uso de la grúa.

(c) Los componentes deben ser ajustados o reparados como sea necesario. Los siguientes son algunos ejemplos:

(4) frenos

Norma ASME 16-2.3.3 Ajustes, reparaciones y reemplazos

(a) Toda condición que revele en las inspecciones realizadas, de acuerdo con los requerimientos de la sección 16-2.1, la existencia de un riesgo para continuar la operación, debe ser corregida mediante un ajuste, reparación o reemplazo antes de continuar trabajando con el polipasto.

(c) Se deben reparar todos los componentes cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:

(2) Los frenos y el gatillo del trinquete.

(d) Se deben hacer reparaciones o reemplazos cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:

(1) Todos los componentes del freno excesivamente gastados, tales como, discos de fricción, trinquete, gatillos y resortes.

Cable de acero

Norma ASME 16-2.3.1

Mantenimiento Preventivo

(a) Se debería establecer un procedimiento de mantenimiento preventivo. El programa debería basarse en las recomendaciones explicadas en el manual del fabricante del polipasto. Cuando sea apropiado, una persona calificada debería incluir también sus recomendaciones adicionales basadas en una revisión de la aplicación y operación del polipasto. Los registros deberían ser fechados y archivados.

(b) Las partes de reemplazo deben ser iguales a las especificaciones del fabricante original.

Norma ASME 16-2.4.1 Inspección de cables

(a) Inspección frecuente

(1) El operador u otra persona designada debería realizar una inspección visual de todos los cables al inicio de cada turno. Estas inspecciones visuales deberían enfocarse en descubrir daños graves que puedan ser considerados como un peligro inmediato, tales como lo mencionado a continuación:

(a) Deformaciones del cable, tales como, cables torcidos, aplastados, destrenzados, desplazamiento del torón principal o protuberancias en el alma del cable.

(b) Corrosión en general

(c) Torones rotos o cortados

(d) Cantidad, distribución y tipo de alambres visiblemente rotos

(2) Cuando se encuentre alguno de estos daños, el cable debe ser retirado de servicio o inspeccionado según se indica en el párrafo 16-2.4.1 (b)

16-2.3.3 Ajustes, reparaciones y reemplazos

(d) Se deben hacer reparaciones o reemplazos cuando sea necesario. A continuación algunos ejemplos:

(d) (2) Todas las partes críticas, incluyendo los componentes de suspensión de la carga que estén rotos, torcidos, extremadamente desgastados o que presenten grietas

Anexo 7: DECRETO SUPREMO 132 del Ministerio de Minería

Artículo 51

La Administración de la faena minera deberá disponer de los medios, planes y programas para la mantención de todas las instalaciones, equipos y maquinarias que se utilicen en una mina, sea ésta subterránea o rajo abierto, que garanticen su correcta operación, minimizando el riesgo a la integridad de los trabajadores, equipos e instalaciones y deterioro del medio ambiente. Se deberán considerar, a lo menos y si corresponde, los siguientes aspectos:

- a) Estado general de los sistemas de transmisión, suspensión, rodado, frenado, dirección y sistemas de seguridad.
- c) Sistemas eléctricos.
- g) Todo otro que, ante una eventual falla de su funcionamiento, pudiera ocasionar lesiones a personas, equipos y procesos. No debe ser permitido el uso de equipo o maquinaria que tenga algún desperfecto en los sistemas mencionados.

Artículo 180

Los cables metálicos empleados en las instalaciones de izamiento, donde circule personal y/o carga, no deben someterse a una carga estática superior a un sexto de la resistencia a la ruptura, si se utiliza tambor como órgano de enrollamiento y a un séptimo de la resistencia a la ruptura, cuando el órgano de enrollamiento utilizado es la polea Koepe (a fricción). Sin embargo, si el izamiento se efectúa desde profundidades mayores de quinientos metros (500 m), el coeficiente de seguridad de seis (6) para el caso de utilizar tambor y de siete (7) si se utiliza polea Koepe, podrá reducirse en un décimo (1/10) de unidad para cada tramo suplementario de cien metros (100 m), sin que en ninguna circunstancia pueda ser inferior a cinco (5) en el primer caso o a seis (6) en el segundo. Artículo 181 Si el coeficiente de seguridad del cable es inferior a los valores indicados en el artículo precedente, éste debe ser desmontado y reemplazado

Artículo 191

Cuando más del diez por ciento (10 %) del número original de alambres de un cable esté cortado dentro de cualquier tramo correspondiente a tres metros (3 m) consecutivos, o cuando los alambres de la capa superior de un cordón estén gastados en un sesenta por ciento (60%) de su sección original, no deberá seguirse empleando el cable para el propósito de izamiento

Artículo 373

En las operaciones de grúas móviles y fijas, será obligatorio:

- c) Rigurosidad en los controles de mantención.

Anexo 8: FMECA mantenimiento evitable

Parte 1

Subsistema		Individualización de los modos de fallas y cuantificación de la criticidad y sus efecto en mantenimiento correctivo evitable										
Código	Número de elementos	Tipo de falla subconjunto	Frecuencia [veces/año]	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el servicio	Reparación Provisoria	Tiempo de detención [horas]	Indisponibilidad [horas/año]	TMF	R	F	Indisponibilidad [horas/año]
2.1.3	1	conexión intermitente	2	detención	detención	cambio	5	10	1148,00	99,14%	0,86%	0,285%
2.2.1	1	conexión intermitente	1	Riesgo detención	detención	reparación	9,5	9,5	640,50	98,54%	1,46%	0,271%
3.1.6	1	Desgaste dentro lo permisible	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	1053,50	99,43%	0,57%	0,171%
4.1.6	1	Desgaste dentro lo permisible	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	5	5	255,50	98,08%	1,92%	0,142%
5.1.5	1	Desgaste excesivo	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	5	5	1676,50	99,70%	0,30%	0,142%
5.1.7	1	Daño en bobina	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	355,50	98,34%	1,66%	0,171%
5.2.2	1	daño visible desgaste	1	Riesgo de seguridad	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	523,00	98,87%	1,13%	0,171%
5.2.7	1	daño estructura	1	Riesgo de falla por contaminación	Riesgo de Accidente	cambio	6	6	349,50	98,31%	1,69%	0,171%
Total								53,5			9,59%	1,524%

Parte 2

Subsistema		Análisis de costos						
Código	Número de elementos	Cantidad Personas	Time Work	HH US\$ -	REPUESTO	valor repuesto US \$	total repuesto US\$	Tiempo de entrega Semanas
2.1.3	1	3	30	10.960	Cable Cambus	\$150	\$300	4 - 5
2.2.1	1	5	48	28.923	Festum	\$420	\$420	4 - 5
3.1.6	1	3	18	6.576	Disco Freno	\$1.540	\$1.540	4 - 5
4.1.6	1	3	15	5.480	Disco Freno	\$1.540	\$1.540	4 - 5
5.1.5	1	3	15	5.480	Disco Freno	\$25.000	\$25.000	0,3
5.1.7	1	3	18	6.576	Bobina freno	\$2.620	\$2.620	4 - 5
5.2.2	1	6	36	26.305	Cable Acero	\$1.870	\$1.870	4 - 5
5.2.7	1	3	18	6.576	Caja limitador	\$580	\$580	4 - 5
				96.877			\$33.870	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Valorización de los criterios generales

Atributo	Criterio	Escala		Evaluación del atributo Gi (0 a 4)
Simplicidad	Debe comprobarse la utilización de un número mínimo de componentes y de conjuntos en los dispositivos, incluso en aquellos componentes que sean redundantes.	0	Número muy elevado de componentes con redundancia de elementos, visible muy fácilmente.	3
		4	Número de componentes optimizado, reducido y sin ninguna redundancia.	
Identificación	Debe comprobarse la identificación de los elementos a ser mantenidos y los lugares de realización de pruebas o de ensayos. También debe	0	Ninguna identificación	3
		4	Identificación completa. Se ve todo al colocarse frente al dispositivo	
Modularización	Debe comprobarse si en el dispositivo existen distintas unidades de montaje, que permitan minimizar las partes del mismo a ser manipuladas, en caso de intervenciones de mantenimiento.	0	Cambio de todas unidades muy complicado, requiere siempre mover otra unidad.	3
		4	Excelente modularización.	
Tribología	Debe comprobarse la correcta elección de materiales del dispositivo que están sometidos a fricciones, lubricación y desgaste, con el objeto de	0	de 0% a 10 % de elementos adecuadamente seleccionados.	4
		4	de 80% a 100 % de elementos adecuadamente seleccionados.	
Ergonomía	Debe comprobarse la facilidad para el desarrollo de las tareas de mantenimiento, analizando el peso, tamaño y forma de los componentes a manipular. Se deben revisar, igualmente, los espacios destinados a la realización de las tareas, comprobándose su adecuación a las mismas en cuanto a iluminación, volumen, etc.	0	Tareas de mantenimiento muy dificultosas para su desarrollo. Peso, tamaño y forma de los elementos a manipular muy incómodos provocando gran cansancio al operario. Espacio previsto inadecuado.	3
		4	Excelente ergonomía del dispositivo, casi todo el trabajo de mantenimiento se hace de manera muy cómoda y ágil.	
Estandarización	Debe comprobarse la compatibilidad de los componentes a sustituir con otros que pueden encontrarse en el mercado. Esto redundará en almacenamiento mínimo de componentes, y número mínimo de ajustes especialmente en elementos a sustituir en los niveles bajos de mantenimiento.	0	Muy mala estandarización. Alta dificultad de encontrar repuesto en el mercado. Alta necesidad de almacenamiento de piezas de recambio.	4
		4	Buena estandarización. Gran facilidad para encontrar piezas de recambio en el mercado, a precios competitivos. Ninguna necesidad de hacer almacenamiento de piezas de recambio.	
Vigilancia	Debe comprobarse la existencia de indicadores de fallo del dispositivo y la posibilidad de monitorización de parámetros útiles para el mantenimiento.	0	No existe ningún indicador de ninguna condición del equipo y, por tanto, es imposible emitir diagnóstico alguno sobre su estado de funcionamiento.	4
		4	Existen los indicadores necesarios para conocer el estado del dispositivo y son fácilmente monitorizables en el dispositivo.	
Relación con fabricante	Deben comprobarse las facilidades de coordinación entre el fabricante y las personas que se encargan del mantenimiento en la planta.	0	Muy mala coordinación. Lejanía entre mantenedor y fabricante, se maneja otro idioma, son necesarios medios de comunicación distintos a los habituales, etc.	4
		4	Buena coordinación. Cercanía entre mantenedor y fabricante, se habla el mismo idioma, no existen dificultades de comunicación, se utilizan medios de comunicación estándar.	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Valorización de los criterios específicos

Atributo	Criterio	Escala		Evaluación del atributo
				Vi (0 a 4)
Accesibilidad	Comprobar el acceso adecuado para las tareas de nivel 1 de mantenimiento, por ejemplo: inspecciones básicas,	0	Acceso muy difícil, hace falta mover cosas, desplazarse, etc.	4
		4	Acceso muy bueno	
Montaje/desmontaje	Comprobar la facilidad para el montaje y desmontaje (para abrir, cerrar, conectar, desconectar, ajustar, extraer, ensamblar etc.) de las partes de los subsistemas que intervienen en	0	Muchas dificultades: Son necesarios muchos útiles y herramientas. Peso, tamaño y volumen de los materiales demasiado importantes.	3
		4	Muy fácil de montar y desmontar.	
Formación	Comprobar los requisitos de formación para la realización de actividades de nivel 1 de mantenimiento.	0	Requisitos demasiado elevados para el nivel de mantenimiento a realizar.	1
		4	Requisitos de formación, acordes con el nivel de mantenimiento.	
Organización	Minimizar el número de personas y la coordinación necesaria para optimizar la tarea de nivel 1 mantenimiento.	0	Hacen falta muchas personas para realizar las tareas de mantenimiento, más de cuatro o cinco personas.	3
		4	Hace falta solo una persona, que tiene libertad para hacer la actividad de mantenimiento cuando lo considere oportuno.	
Entorno	Comprobar la existencia de un entorno seguro para las tareas de nivel 1 de mantenimiento	0	Entorno en que realiza la tarea de mantenimiento muy peligroso	3
		4	Entorno muy seguro. existen protecciones, no hace falta acercarse a componentes peligrosos, aislamientos correcto, enclavamientos señalizados, etc.	
Repuestos	Comprobar requerimientos de almacenamiento y manipulación de repuesto para las tareas de nivel 1 de mantenimiento	0	Es necesario el almacenamiento de muchos repuestos que son, además, de difícil manipulación.	2
		4	Escaso almacenamiento de repuestos que son, además, fácilmente manejables.	
Herramientas	Comprobar los requerimientos de herramientas y/o útiles para la realización de las tareas de nivel 1 de mantenimiento.	0	Son necesarias muchas herramientas y/o útiles, que no se encuentran fácilmente.	4
		4	Son necesarias pocas herramientas y/o útiles y estas son estándar.	
Coordinación	Comprobar el número de requisitos para la realización de las tareas de mantenimiento del nivel 1.	0	Gran dificultad para la realización de la tarea de mantenimiento. Es necesaria la coordinación entre muchos departamentos, personas, solicitud de permisos, etc.	3
		4	La tarea de mantenimiento se programa y realiza de forma fácil con escasas necesidades de coordinación con otros departamentos	
Documentación	Comprobar que se proveen manuales con las instrucciones adecuadas para las actividades de mantenimiento de nivel 1.	0	No existe documentación adecuada para realizar las tareas de mantenimiento y solucionar problemas.	4
		4	Existe muy buena y completa documentación	

Fuente: Elaboración propia