



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

**“PROPUESTA DE MANTENIMIENTO A GRÚA AÉREA 5.5 600. EN SIGU,
TALCAHUANO”**

Trabajo de Titulación para optar al
título de: Técnico Universitario en
Mantenimiento Industrial

Alumno:
Joaquín Francisco Villela Mahn
Bastían Andrés Huerta Alfaro

Profesor guía:
Ing. Luis Gutiérrez Meneses

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: _ “PROPUESTA DE MANTENIMIENTO A GRÚA AÉREA 5.5 600. EN SIGU, TALCAHUANO”

Nombre del candidato(a): _ BASTIAN ANDRES HUERTA ALFARO

JOAQUIN FRANCISCO VILLELA MAHN

Carrera / Grado: _ TECNICO UNIVERSITARIO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Campus: _ SEDE JOSE MIGUEL CARRERA _____ Departamento: MECANICA _____

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, _____ LUIS AUGUSTO GUTERREZ MENESES _____, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: _13-11-2025_____ Firma: _____

Luis Gutiérrez M

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: _____ 13-11-2025 _____ Firma: _____

Bastian Huerta A. Joaquín Villela M.

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIAS

“Me gustaría dedicar este trabajo de título a toda mi familia y seres queridos que siempre han estado presentes a lo largo de mi vida personal, en especial a mi madre, que toda mi vida me ha apoyado con cada decisión que he tomado, inculcando valores como el respeto y perseverancia frente a cualquier escenario que se me ha presentado.

También quiero agradecer el apoyo incondicional de mi pareja y amigos, que siempre estuvieron a mi lado, por su paciencia y por cada palabra de aliento que me dieron hasta esta última instancia.

La universidad no solo me dejó aprendizajes, sino que, también me dio la oportunidad de conocer a un gran amigo con el cual tuve la oportunidad de realizar este trabajo final.”

Bastián Andrés Huerta Alfaro

2025

“Dedico este trabajo de título a todos mis seres queridos que han formado parte de este proceso, en especial a mi familia, mis papás y hermanas que me han apoyado a lo largo de mi vida, en cada una de mis decisiones, triunfos y derrotas. Nunca permitiendo renunciar y siempre presionando a ser mejor persona en la vida.

También le dedico este trabajo a mi tío Gustavo quien fue el que me otorgó la oportunidad de crecer como persona, como profesional, quien me recibió y enseñó buenos valores en la vida y en el trabajo.

Por último, agradecerle a mi jefe Javier Fuentes por incorporarme en su equipo de trabajo y ser paciente conmigo en valiosos momentos de enseñanza”

Joaquín Francisco Villela Mahn

2025

RESUMEN

Keywords: SIGU - Grúa aérea - Mantenimiento

Durante 53 años la empresa Juan Ernest Sielfield Gundlach, SIGU, se ha destacado como una de las maestranzas de alta calidad en la zona sur dentro de Chile. Dentro del rubro industrial es importante contar con una maestranza que esté renovando constantemente nuevas tecnologías.

El trabajo que se realiza en una empresa de este rubro industrial es tan amplio como sus instalaciones que contiene, sin embargo, nos enfocaremos en específico sobre la Grúa Aérea 5.5 600. Un prototipo único diseñado para transportar carga, en este caso troncos para un aserradero ubicado en el sur de Chile.

El desarrollo de este proyecto consiste en una propuesta de mantenimiento. Este proyecto cuenta con 3 capítulos.

El capítulo uno, se hace una descripción de la empresa, dando a conocer sobre su misión y visión. Localización de esta empresa y por último se mencionan sus principales procesos y operaciones.

En el capítulo dos, presentamos el equipo en el cual desarrollaremos este proyecto. Su funcionamiento y componentes. Este capítulo nos permite visualizar de mejor manera los sistemas y subsistemas. Además, presentamos medidas de seguridad en el uso y generalidades de trabajo con la Grúa Aérea 5.5 600.

En el último capítulo, explicaremos el mantenimiento a la grúa aérea, además se presenta un plan de mantenimiento a esta, con su plan de ejecución y también una evaluación económica de los costos para la realización del mantenimiento de la máquina.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS GENERALES.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA E INDUSTRIA.....	10
1.1 Industria Forestal en Chile.....	11
1.1.1 Propietarios forestales.....	12
1.1.2 Empleo.....	12
1.1.3 Innovación y Tecnología del Área Forestal.....	13
1.2 Comparación con el extranjero.....	14
1.3 Introducción a la empresa.....	15
1.3.1 Misión.....	15
1.3.2 Visión.....	15
1.4 Ubicación geográfica.....	16
1.5 Procesos y operaciones.....	17
CAPÍTULO 2: SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....	22
2.1 Funcionamiento.....	23
2.2 Componentes de la máquina.....	25
2.2.1 Carro Boogie.....	25
2.2.2 Control remoto Scanrecos.....	26
2.2.3 Comando Danfoss PVG-32.....	28
2.2.4 Motor hidráulico tipo Geroler.....	28
2.2.5 Rotor Baltrotors GR-623.....	29
2.2.6 Bomba Sauer DANFOSS S 45-99 cc.....	30
2.2.7 Caja soporte.....	31
2.2.8 Tornamesa grúa.....	32
2.2.9 Freno de patines SIGU.....	33
2.2.10 Cilindros.....	34
2.2.10.1 El cilindro del levante principal.....	34
2.2.10.2 Cilindro telescópico.....	34
2.2.10.3 Cilindros de Garra.....	35
2.2.10.4 Kit de sellos de cilindros.....	36
2.3 Medidas de seguridad.....	37
2.3.1 Medidas Generales.....	37
2.3.2 Medidas de seguridad del Control.....	37
2.3.3 Medidas de seguridad Personales.....	38
2.4 Fallas.....	40

2.4.1 Cambio de aceite hidráulico.....	40
2.4.2 Sobre carga.....	40
2.4.4 Flexibles hidráulicos.....	41
2.4.5 Rayas y abolladuras de los cilindros.....	41
2.4.6 Sellos mecánicos.....	42
2.4.7 Control remoto y receptores.....	42
2.4.8 Rotura de mangueras.....	42
2.5 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	42
2.5.1 Tabla Criterio: Severidad de efecto de falla.....	44
2.5.2 Tabla Criterio: Probabilidad de detección de modo de falla.....	45
2.5.3 Tabla Criterio: Ocurrencia o probabilidad de falla.....	46
2.5.6 Tabla NPR.....	47
CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO Y PRESUPUESTOS.....	48
3.1 Mantenimiento a Grúa Aérea 5.5 600.....	49
3.1.1 Previsiones.....	50
3.1.2 Procedimiento.....	50
3.1.2.1 Peritaje a grúa aérea.....	50
3.1.2.2 Inspección del lugar.....	51
3.1.2.3 Inspección visual.....	51
3.1.2.4 Limpieza y cambios de piezas.....	52
3.1.2.5 Duración del proceso.....	53
3.1.3 Periodicidad de lubricación revisión y/o llenado.....	54
3.2 Análisis de Costos Generales.....	55
3.2.1 Tipos de costos.....	55
3.2.1.1 Costos explícitos.....	55
3.2.1.2 Costos implícitos.....	55
3.2.2 Presupuesto de repuestos.....	56
3.2.3 Presupuesto de cilindros.....	56
3.2.4 Presupuesto de Kit sellos y mangueras.....	57
3.2.5 Costo mano de obra.....	57
3.2.6 Costos totales.....	59
3.2.7 Costos de imprevistos.....	59
CONCLUSIÓN.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
LINKOGRAFIA.....	63

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2-1 - Características de los Cilindros	34
Tabla 2- 2 - Características de los Cilindros	34
Tabla 2- 3 - Características de los Cilindros	35
Tabla 2- 4 - Tabla general de Kit de sellos	36
Tabla 2-5 - Tabla criterio Severidad de efecto de falla	44
Tabla 2-6 - Tabla criterio de Probabilidad de detección de modo de falla	45
Tabla 2-7 - Tabla criterio de Ocurrencia o probabilidad de falla	46
Tabla 2-8 - Análisis de modo y efecto de falla de Grúa Aérea 5.5 600	47
Tabla 3-1 Inspección visual	52
Tabla 3-2 Limpieza y cambios de pieza	53
Tabla 3-3 - Periodicidad de lubricación, revisión y/o llenado	54
Tabla 3-4 - Análisis costo del personal	55
Tabla 3-5 - Presupuesto de repuestos	56
Tabla 3-6 - Presupuesto de Cilindros	56
Tabla 3-7 - Presupuesto de kit sellos y mangueras	57

ÍNDICE FIGURAS

Figura: 1-1 - Superficie plantaciones forestales por región	11
Figura 1-2 - Ubicación geográfica de la empresa	16
Figura 1-3 - Localización vista satelital de la empresa	16
Figura 1-4 - Modelos Maquinaria SIGU	19
Figura 1-5 - Garra fija y Garra móvil	20
Figura 2-1 - Plano Carriel Grúa	23
Figura 2-2 - Plano Carriel Grúa	24
Figura 2-3 - Carro Boogie	25
Figura 2-4 - Carro Boogie	26
Figura 2-5 - Control Remoto	27
Figura 2-6 - Comando Danfoss PVG-32	28
Figura 2-7 - Plano Rotor Baltrotors GR-623	29

Figura 2-8 - Plano - Bomba Sauer Danfoss S 45-99 cc	30
Figura 2-10 - Tornamesa Grúa	32
Figura 2-11 - Freno de patines	33

SIMBOLOGÍA

m: Metros.

kg: Kilogramo.

SIGU: Juan Ernest Sielfeld Gundlach.

T°: Temperatura.

App: Aproximadamente.

mm: Milímetros.

On/Off: Encendido/Apagado.

EPP: Equipo de protección personal.

”: Pulgada.

%: Porcentaje.

l: Litros.

Pts: Puntos.

\$: Pesos Chilenos (CLP).

cc: Cilindrada.

H/H: Horas hombre.

IVA: Impuesto valor agregado.

Ha: Hectáreas.

ALCANCE

En el siguiente trabajo se presenta un plan de mantenimiento preventivo para una Grúa Aérea 5.5mt 600kg de la empresa SIGU, ubicada en Talcahuano, Región del Bio-Bio. Este tiene como objetivo mejorar el proceso de producción y mantención de esta grúa en específico. Especializándose en mantenimiento del ámbito preventivo.

Por otra parte, el plan de mantenimiento diseñado a continuación se realizó en base a información recopilada vía internet, experiencia laboral, aporte de la empresa y conocimientos propios.

Para concluir, este informe es de carácter teórico, por lo tanto, los resultados que se entregan no garantizan una efectividad del 100% en la práctica.

INTRODUCCIÓN

Tener empresas de maestranza como SIGU en Chile es de relevante importancia ya que son uno de los mayores colaboradores de la economía nacional y de la zona sur, beneficiándose también de los lazos comerciales a nivel internacional.

SIGU, se encuentra ubicado en la ciudad de Talcahuano, Región del Biobío, y se caracteriza por ser un aporte en la tecnología y diseño de la maquinaria industrial. Cubriendo diversas necesidades de la población industrial, desde Arica a Puerto Montt, dándole un énfasis en la zona sur, realizando este trabajo a lo largo de 53 años de trayectoria.

Parte de la producción de SIGU se conforma por la maquinaria forestal, siendo un fuerte de la empresa. Su ubicación geográfica en la región del Bio-Bio es una ventaja en las ventas, debido a que cubren parte del territorio sur nacional.

Es por eso que SIGU diseñó una grúa aérea para un aserradero en la zona sur, con la capacidad de movilizarse por 33 mt lineales, tener un alcance de 5.5 mt verticales y cargar hasta 600 kg en material forestal.

Además, dentro de la planta existen diversas áreas en las cuales se ejecutan los procesos de armado, desarmado y mantenimiento de la maquinaria previamente creada por ellos mismos. Otorgándole una continuidad de servicios a los clientes.

La finalidad de este trabajo es proponer un plan de mantenimiento a una grúa aérea única en diseño y sin ningún plan de mantenimiento previamente hecho, para que así la empresa pueda comercializar e industrializar este prototipo.

OBJETIVOS GENERALES

1.- Proponer un plan de mantenimiento de GRÚA AÉREA 5.5 600. de la empresa SIGU de Talcahuano, mediante herramientas de gestión del mantenimiento garantizando continuidad operacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Reconocer la importancia de la empresa, de acuerdo con procesos y operaciones de esta en el rubro forestal proponiendo mejoras tecnológicas.
2. Caracterizar la GRÚA AÉREA 5.5 600 de acuerdo con sistemas y componentes mecánicos más importantes, señalando las fallas más comunes de este activo.
3. Elaborar una propuesta de mantenimiento de acuerdo con estrategias y gestión estableciendo los costos de su implementación.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA E INDUSTRIA

1.1 Industria Forestal en Chile

Dentro del territorio nacional, existen distintos tipos de mercados que sostienen la economía chilena y generan miles de trabajos a lo largo del país. En esta variedad de mercados nos encontramos con rubros como la minería, industria pesquera, refinerías, parques eólicos y de energías renovables, industrias de ensamblaje, etc. Además, contamos con la industria forestal y todo lo que conlleva su rubro de trabajo.

En términos de importancia económica para la exportación, la actividad forestal se sitúa en sector secundario de actividades económicas del país, precedida únicamente por la minería. Sin embargo, su relevancia aumenta al ser la principal generadora de productos con valor agregado derivados de materia prima renovable.

Esta se extiende desde la Región de Coquimbo recorriendo hasta la Región de Aysén. Contando con una plantación forestal reportada por INFOR a un total de 2.303.886 hectáreas (Ha). Las plantaciones forestales se concentran principalmente en la región del Bio-Bio, donde está el 39,2% de la superficie nacional (902.259 ha).

Superficie de Plantaciones Forestales por Región, Acumulada a diciembre 2018 (ha)

Región	Ha	% del total
Región de Coquimbo	74.973	3,3
Región de Valparaíso	44.606	1,9
Región Metropolitana	5.986	0,3
Región de O'Higgins	115.341	5,0
Región del Maule	384.690	16,7
Región del Biobío	902.259	39,2
Región de La Araucanía	488.152	21,2
Región de Los Ríos	183.574	8,0
Región de Los Lagos	74.329	3,2
Región de Aysén	29.976	1,3
Total	2.303.886	100,0

Figura: 1-1 - Superficie plantaciones forestales por región

Fuente:

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32419/1/N_68_21_Industria_Forestal_en_Chile.pdf

1.1.1 Propietarios forestales

En cuanto a número de propietarios forestales a nivel nacional, según INFOR al 2018 existían 3 actores con patrimonio individual a superior a 30.000 hectáreas, 11 actores con plantaciones sobre 5.000 y menor o igual a 30.000 ha y 829 actores con plantaciones sobre 200 y menor o igual a 5.000 ha y 23.146 actores con plantaciones sobre 5 y menor o igual a 200 ha. Así serían 23.975 propietarios con patrimonio individual menor.

1.1.2 Empleo

La actividad forestal en el país no es algo nuevo, pero si es un rubro que con el pasar de los años ha tomado más fuerza, eso en cuanto a sus niveles de exportación, aporte a la economía nacional y regional, generación de empleos, además de otras características.

La industria forestal chilena consume cerca de 39 millones de metros cúbicos de madera cada año, de los cuales el 99% provienen de las plantaciones forestales, generando cerca de 300.000 empleos y casi un 7% de las exportaciones del país.

Durante los últimos años se alcanza una cifra de 120 mil empleos directos y sumando la cantidad de puestos de trabajo indirectos se logra la cifra aproximada de 300 mil.

1.1.3 Innovación y Tecnología del Área Forestal

La innovación es el esfuerzo de utilizar un nuevo conocimiento para realizar un cambio orientado e intencional, en el potencial económico o social de la empresa, constituyéndose así en el medio con el que el emprendedor crea nuevos recursos productores de riqueza o potencia los ya existentes, para ofrecer un nuevo producto o servicio o una mejora de los ya existentes, en función de lo que desean los clientes. (Drucker 1998), (Afuah 1999), (Cotec 2001), (DTI 2003).

Debido a esta estabilización y crecimiento del rubro forestal en la zona sur, ha habido una mayor mecanización de las labores, innovación de tecnologías y automatización de procesos para contribuir en la formalización y expansión de la actividad.

Obligando a las empresas a invertir en tecnologías para mejorar sus procesos productivos y así generar mayores ganancias y hacer un negocio más fructífero, seguro y eficiente.

Los principales factores que influyen en el proceso de mecanización e innovación son la seguridad, ya que hay tasas de incidentes y accidentes, menor cantidad de trabajadores calificados, operaciones de cosecha y habilitación de terrenos en sectores de pendientes. Otro de los factores es la eficiencia, existen procesos poco eficientes, baja disponibilidad de equipos y utilización. Por último, está la sostenibilidad, existe una pérdida de competitividad con operaciones de otros países (costos, productividad, impactos de las operaciones, etc.).

Desde el año 1980 hasta la actualidad ha existido una evolución de la mecanización en la cosecha forestal.

En el 1980 había un sistema instaurado de torres más tradicionales que trabajaban mayoritariamente con volteos manuales usando un sistema tradicional, hacia los años 2000 se incorporaron los equipos de procesamiento en cancha, lo que redujo la cantidad de productos rocosos. Esto apuntaba hacia la eficiencia y la seguridad, el boom de desarrollo está desde el 2010 en adelante, debido a que se comenzaron a desarrollar, mayoritariamente en países extranjeros (Nueva Zelanda) equipos de asistencia para empezar a mecanizar los procesos. Los últimos años también hay una evolución donde hay sistemas mecanizados funcionando,

permitiendo fundamentalmente mayor condición de seguridad, debido a que hay menos personal expuesto a las condiciones de operación.

Teniendo en cuenta que, en la economía de Chile, la industria forestal es la segunda actividad más grande después de la minería y que aporta con un 7% de las exportaciones. También Chile día a día va creciendo en la industrialización, generando más empresas y negocios.

Es por ello que se ha generado una necesidad de tener empresas como las maestranzas industriales, que tengan buena ubicación geográfica, con alcance suficiente para poder generar y cooperar al desarrollo de la industria chilena, que además cuenten con un equipo de trabajadores profesionales, dispuestos a la innovación y mejoras de esta. Asimismo, tengan una relación calidad/precio y cuenten con un amplio repertorio de productos para saciar las necesidades de los clientes.

1.2 Comparación con el extranjero

Según un estudio llamado “Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020”, a nivel mundial las plantaciones forestales abarcan alrededor de 131 millones de hectáreas, lo que representa el 3% del área de bosque mundial y el 45% de la superficie total de bosques plantados en el planeta. La proporción más alta de plantación forestal se encuentra en América del Sur, donde este tipo de bosque representa el 99% de la superficie total de bosque plantado y el 2% del área total de bosque. Lo inverso sucede en Europa, en donde la proporción de plantación forestal representa solo el 6% de la superficie de bosque plantado y el 0,4% de la superficie total de bosque.

A nivel global, alrededor del 44% de las plantaciones forestales cuentan con especies introducidas, aunque con importantes diferencias entre regiones: mientras que las plantaciones forestales de América del Norte y central están compuestas en su mayoría por especies nativas, las de América del Sur consisten casi en su totalidad en especies introducidas.

Con respecto a la producción y el comercio mundial de los principales productos de madera, estos registraron sus valores más altos en el 2018. La producción, las importaciones y las exportaciones de madera en rollo, madera aserrada, tableros de madera, pulpa de madera, carbón vegetal y pellets de madera alcanzaron sus cantidades máximas desde 1947. Con respecto a la superficie total de bosques, a nivel mundial llevan la delantera La Federación Rusa, Brasil, Canadá, Estados Unidos y China.

1.3 Introducción a la empresa

En este capítulo se informa sobre la empresa SIGU ubicada en la ciudad de Talcahuano, Chile.

1.3.1 Misión

La misión de una empresa se define como la razón por la cual esta existe, cuál es su propósito u objetivo y la función que cumple dentro de la sociedad.

En SIGU *“Es poner al servicio del cliente productos con desarrollo tecnológico e innovación, ayudando con ello a los procesos productivos de nuestros clientes con eficiencia y calidad”*

1.3.2 Visión

La visión de una empresa se refiere a dónde se dirige esta compañía y cuáles son sus metas a medio y largo plazo.

SIGU *“Nuestra visión es lograr el liderazgo en desarrollo tecnológico e innovación, ayudando con ello a los procesos productivos de nuestros clientes con eficiencia y calidad”*

Fuente: <http://www.sigu.cl/quienes-somos.html>

1.4 Ubicación geográfica

Con el propósito de poder brindar un servicio de maestranza en la zona sur de Chile, la empresa SIGU se encuentra ubicada en la ciudad empresarial de Talcahuano en la octava región del Biobío, específicamente en la calle Jaime Repullo N° 286.



Figura 1-2 - Ubicación geográfica de la empresa

Fuente: <https://goo.gl/maps/LvKE3p6p5GzUaRhu7>



Figura 1-3 - Localización vista satelital de la empresa

Fuente: <https://goo.gl/maps/EAutGVseXTXjRfyP7>

1.5 Procesos y operaciones

SIGU nace en el año 1969 para atender los servicios de mantenimiento, fabricación y puesta en marcha de las diferentes empresas regionales y del país. Entregando un apoyo eficiente en actividades de fabricación, montaje y mantención mecánica. De igual manera se abarcan campos de fabricación en metales ferrosos y no ferrosos.

Hoy en día tienen distintos conjuntos mecánicos, prototipos, mecanismos de la industria fabricados; SIGU cubre un amplio espectro de maquinarias:

- Destacando en productos forestales
- Equipos portuarios

- Distintos tipos de grúas

Dentro del área forestal SIGU facilita la operación a las empresas forestales con sus máquinas de alta eficiencia y durabilidad, logrando una relación precio-calidad de estas. SIGU ofrece torres de madereo, tales como:

- Torre de raleo
- Torre de cosecha y una torre de alta tecnología

Grúas, tales como:

- Grúa fija
- Grúa móvil para terreno

Aditamentos forestales ofreciendo: Equipos cargadores:

- Garra giratoria
- Garra tronquera
- Horquilla
- Porta elementos
- Garra buzoner
- Baldes
- Baldes doble volteo

Equipos excavadores como:

- Pulpos de manejo
- Garras mixtas

- Peinetas fajadoras
- Dedo hidráulico

Estos son algunos de los modelos de maquinaria que ofrece la empresa SIGU:



Figura 1-4 - Modelos Maquinaria SIGU

Fuente: <http://www.sigu.cl/forestal.html>



Figura 1-5 - Garra fija y Garra móvil

Fuente: <http://www.sigu.cl/forestal.html>

Con todos estos prototipos y máquinas generadas a lo largo de los años, donde los resultados son beneficiosos y exitosos, SIGU se ha ganado su propia reputación digna de una empresa industrial en la zona sur de nuestro país. Siendo una de las maestranzas más importantes ubicadas en la región del Bio-Bio, abasteciendo las necesidades de distintos tipos de empresas que llegan a sus puertas.

Es por ello que en el año 2020 se presenta un cliente con una necesidad al equipo de ingenieros de SIGU, donde se explicaba que en su empresa había un déficit de maquinarias para transportar los troncos dentro de su aserradero y que tenían problemas con los espacios, por lo tanto, se estaba evaluando la incorporación de alguna maquinaria que ayudará en el proceso de aserrado de esta.

El equipo de ingeniería se reunió a evaluar, además se hicieron visitas a terreno para tener una mejor idea de lo que se estaba pidiendo y generó tras largos días de trabajo una propuesta que dejará a su cliente satisfecho.

Esta propuesta consiste en un equipo que pudiera soportar la carga suficiente y al mismo tiempo ser segura, eficiente y fácil de usar. Es por esto que se presentó una Grúa Aérea de 5.5 mt de altura con una resistencia de 600 kg de carga, lo suficiente para ejecutar el trabajo establecido por el cliente, además se agregaba que era móvil, es decir, que puede moverse por 32 metros lineales aproximadamente. Cumpliendo las necesidades del cliente.

En cuanto se aprobó el presupuesto entregado hacia el cliente, SIGU comenzó la elaboración de este prototipo. Los trabajadores y especialistas de SIGU comenzaron el armado de esta grúa, obteniendo las piezas, conjuntos y subconjuntos necesarios para hacer el prototipo seguro, funcional y eficiente. logrando obtener el resultado esperado meses después, cumpliendo con los requerimientos del cliente y las normas establecidas.

Finalizando el proceso con la transportación de la grúa y posteriormente su instalación en su aserradero.

CAPÍTULO 2: SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MÁQUINA

2.1 Funcionamiento

Se trata de una grúa aérea con un alcance horizontal de 5.5 mt. con una capacidad de levante horizontal a máximo alcance de 600 kg Ad-hoc para desatollar y retirar trozos en la entrada de chipeador y a la salida de descortezador.

La grúa aérea está montada sobre un carro móvil que se desplaza sobre un riel de 32 mt app.

La operación se realiza por radio control para operar a distancia desde cualquier punto en un radio de 100 mt. El control prioritario de la grúa queda en el Radio control, desde el cual se enciende/apaga y se realizan las operaciones normales de esta. La grúa se podrá operar de forma manual, es aconsejable solo por reparación o mantenimiento.

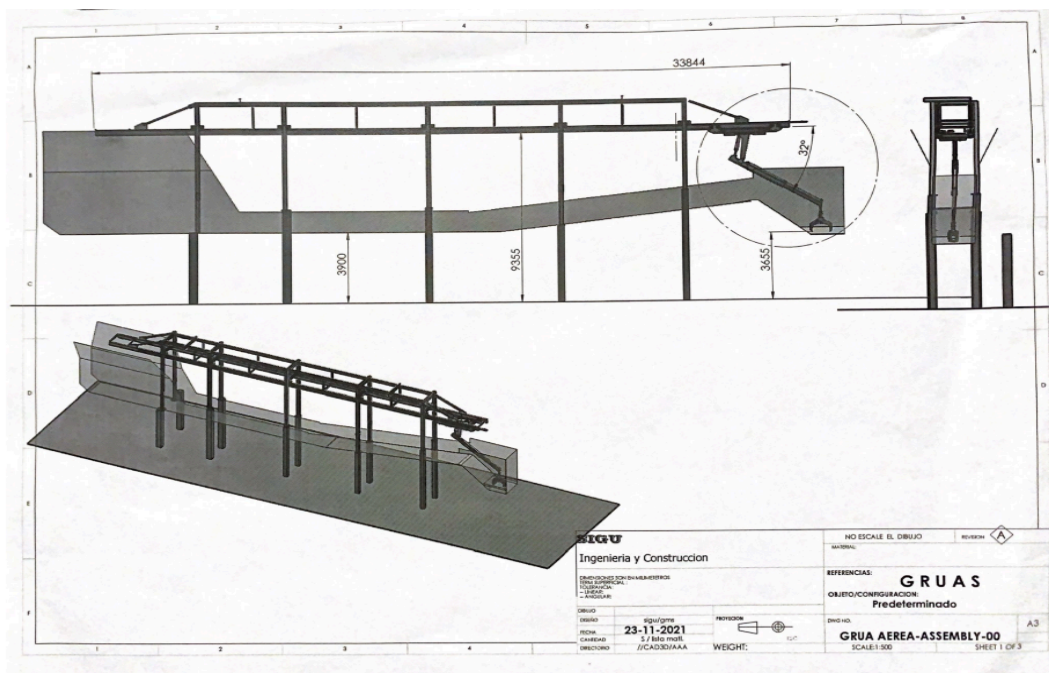


Figura 2-1 - Plano Carriel Grúa

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

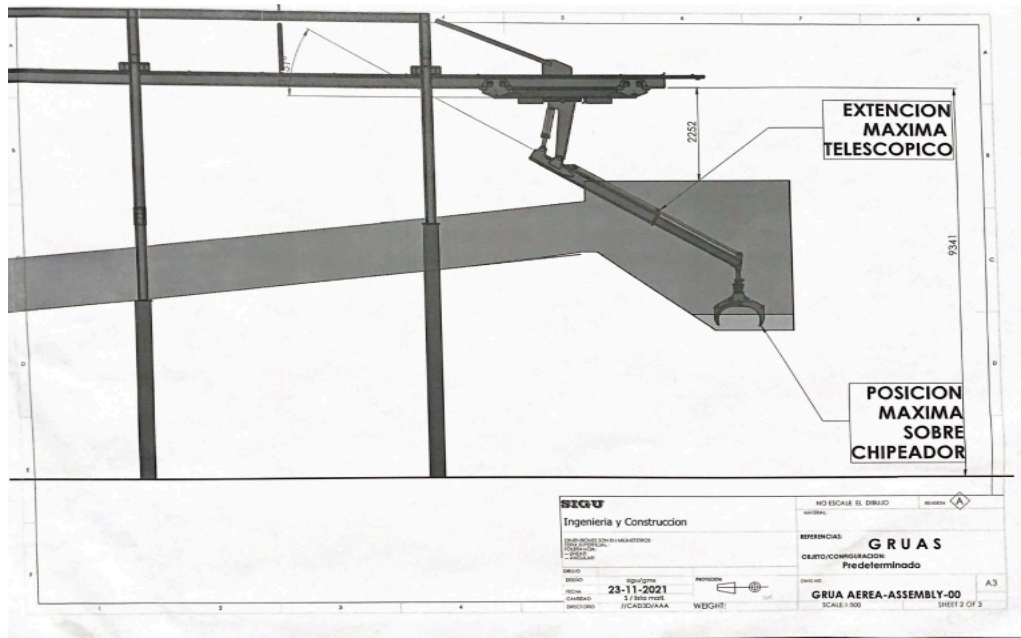


Figura 2-2 - Plano Carriel Grúa

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2 Componentes de la máquina

A continuación se darán a conocer los componentes principales de la Grúa Aérea 5.5 600 y se explicará cada función propia de estos.

2.2.1 Carro Boogie

Este componente llamado “Carro Boogie” está compuesto por 4 rieles metálicos con un ancho trocha de 1500 mm y tiene un recorrido de 32 mt, también posee un total de 16 ruedas en cada riel y son 8 las ruedas que son motorizadas, la velocidad máxima con la que se trabaja es de 30 metros por minuto. Esta pieza tiene como función principal, desplazar cualquier tipo de material que la grúa soporte a través de la garra por medio de los rieles ya mencionados anteriormente.



Figura 2-3 - Carro Boogie

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

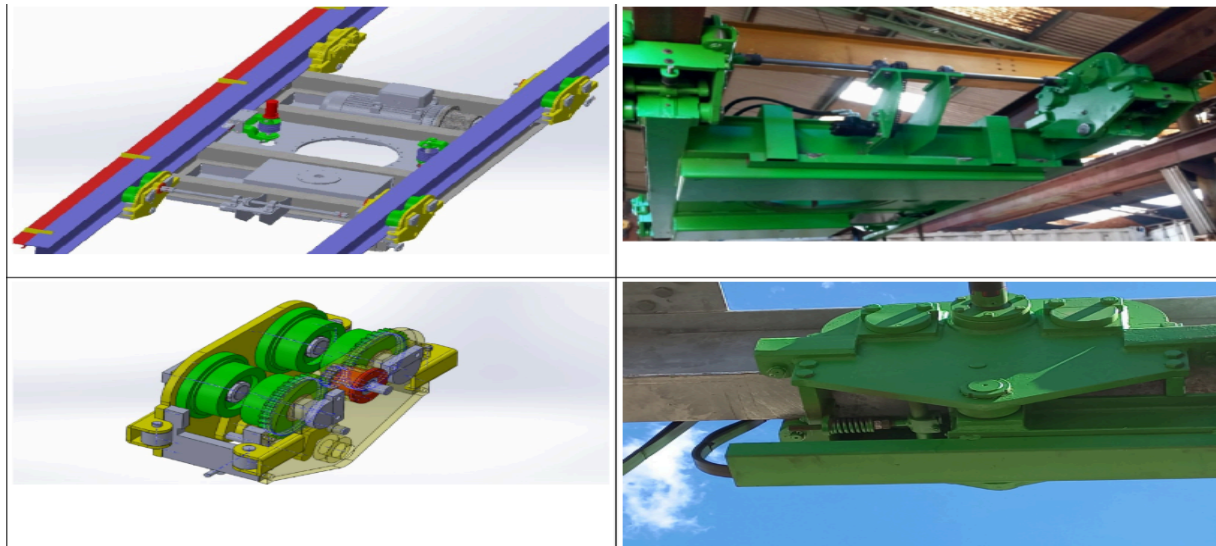


Figura 2-4 - Carro Boogie

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.2 Control remoto Scanrecos.

El sistema de mando a distancia ha sido especialmente desarrollado para grúas y máquinas móviles de tracción hidráulica. Es un sistema digital basado en una técnica de microprocesador muy avanzada. Años de pruebas duras y exigentes han demostrado que el sistema es resistente a los entornos más agresivos y también ha sido probado y aprobado para ser utilizado en centrales eléctricas, con cestas de elevación personal, en trabajos de demolición, en plataformas petroleras, en instalaciones militares y en cualquier entorno explosivo. Está protegido contra la radiación electromagnética de ondas de radio y puede ser montado en cualquier válvula áulica existente en el mercado (controladas por tensión, corriente, pulsación o protocolo).

El modelo básico del sistema comprende: una unidad de mando con palancas para el control proporcional y conmutadores para las funciones ON/OFF, una unidad electrónica con cable para la operación de conmutadores eléctricos proporcionales o mandos de corredera.

Desde el dispositivo de maniobras (movimientos de los mandos y posición de los

interruptores) se envía información codificada por un cable eléctrico, de fibra óptica o por radio a la unidad electrónica.

El dispositivo de control y la unidad electrónica interpretan la posición de los interruptores y el movimiento de las palancas de mando, es decir que el tamaño y/o dirección de las palancas corresponden a la velocidad y dirección de movimiento de las válvulas y la grúa.

Unidad de control Mini/Maxi

- 1 a 8 teclas proporcionales
- 2 o 3 joysticks proporcionales
- Botón de parada de emergencia
- Puede ser equipado con una serie de funciones on/off
- Incluye cinta de operación para cuello
- Tiempo de operación de 10 horas
- Incluye cargador de baterías

Accesorios

- Se ofrece un completo set de accesorios para hacer un trabajo más ergonómico, seguro y cómodo.

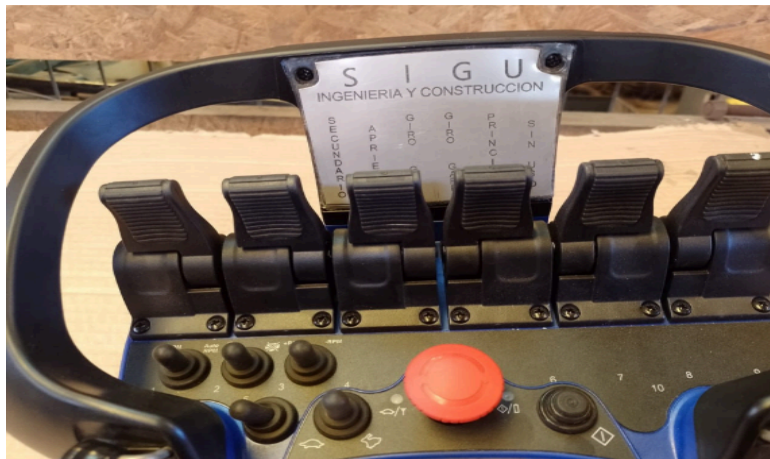


Figura 2-5 - Control Remoto

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.3 Comando Danfoss PVG-32

El comando hidráulico proporcional es de marca DANFOSS, modelo PVG32 de cinco funciones tipo centro cerrado, con extremos paralelo y cruzado. Las funciones son todas proporcionales con regulación de presión y de regulación de caudal en cada pórtilo. Además, tienen válvula de anti-choque por cada pórtilo para proteger de inercia, de fuerzas contrarias y también los frenados de giro ronza grúa y del rotor de garra.

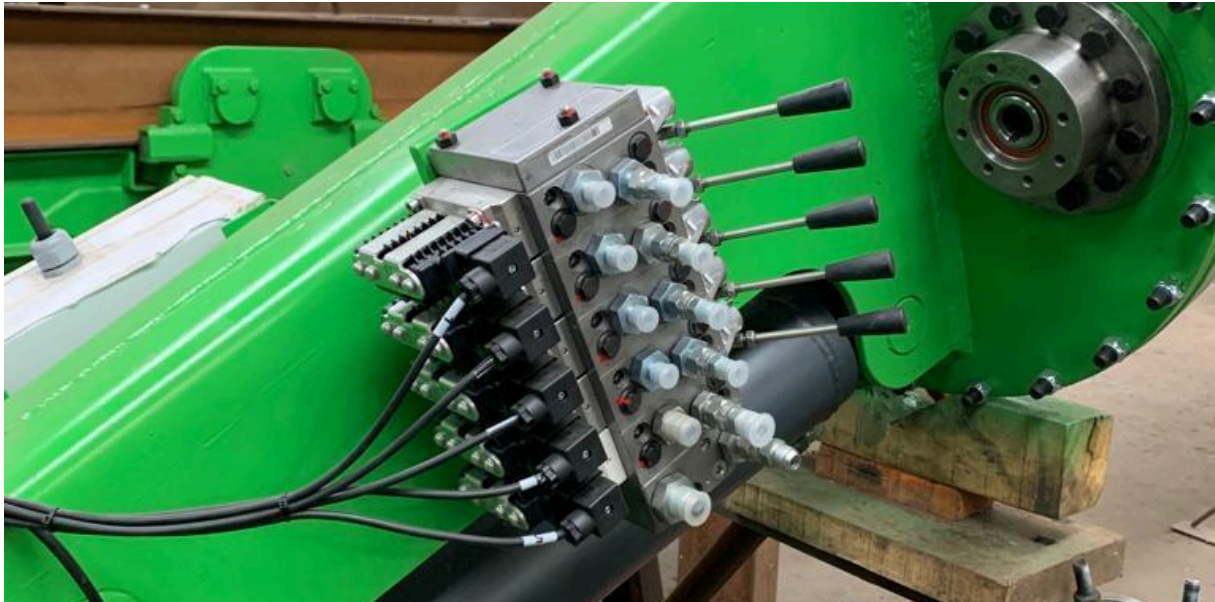


Figura 2-6 - Comando Danfoss PVG-32

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.4 Motor hidráulico tipo Geroler

El motor hidráulico tipo Geroler es el que está encargado del giro principal. Este motor está sobre una tornamesa de orientación de giro infinito. El frenado es responsabilidad de la válvula de anti-choque del mando que actúa al centrar el mando y se deja de impulsar el giro, ya sea, horario o antihorario.

2.2.5 Rotor Baltrotors GR-623

El rotor hidráulico BALTRATORS GR-623 es la unidad de accionamiento responsable de la rotación continua (giro infinito) del accesorio de manipulación (garra/pinza). Su diseño optimizado garantiza una alta fiabilidad operativa y se considera una solución idónea para aplicaciones de uso profesional intensivo en los sectores de transporte y forestal.

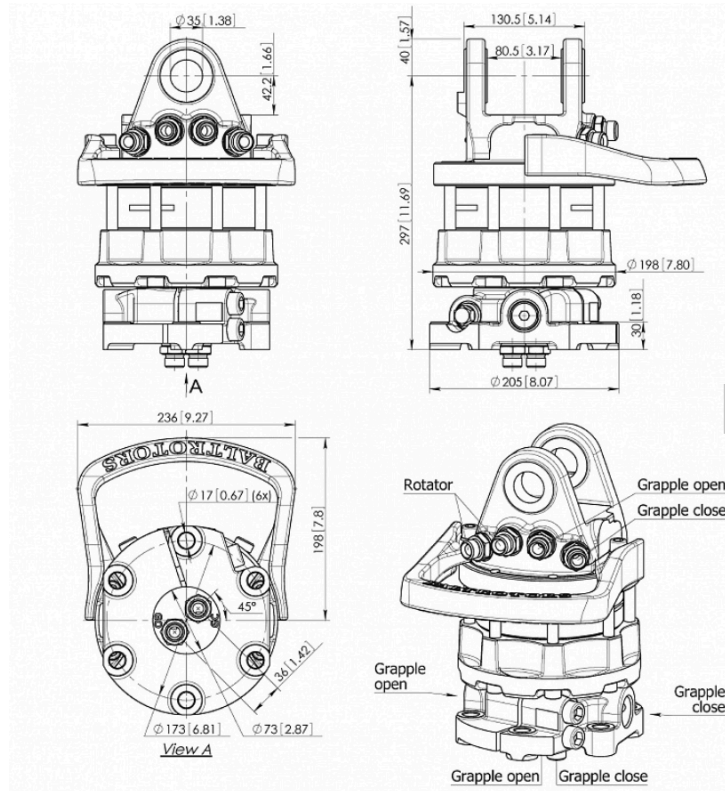


Figura 2-7 - Plano Rotor Baltrotors GR-623

Fuente: <https://www.baltrotors.com/es/product/rotators/gr623> Información entregada por empresa SIGU

2.2.6 Bomba Sauer DANFOSS S 45-99 cc.

Esta bomba es una máquina generadora que trabaja con un fluido en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica. Esta se encarga de generar la energía para el desplazamiento y el levantamiento del mecanismo de la grúa aérea.

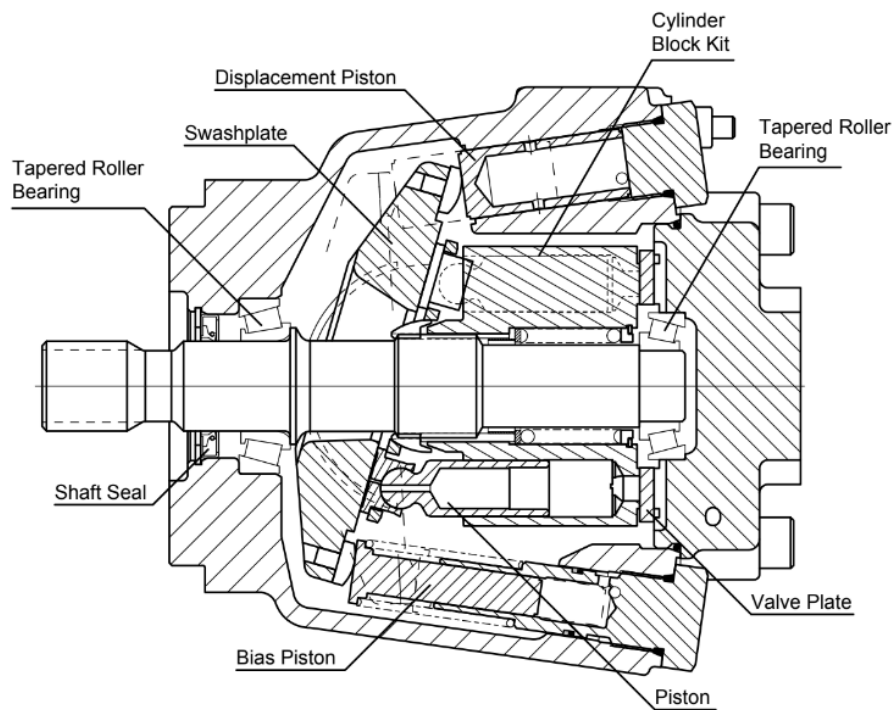


Figura 2-8 - Plano - Bomba Sauer Danfoss S 45-99 cc

Fuente: Manual Sauer Sundstrand, Información entregada por empresa SIGU.

2.2.7 Caja soporte

Este componente es un diseño de la estructura del carro boogie, esta caja tiene como finalidad poder soportar la bomba Sauer Danfoss S 45-99. Su diseño es simple pero funcional.

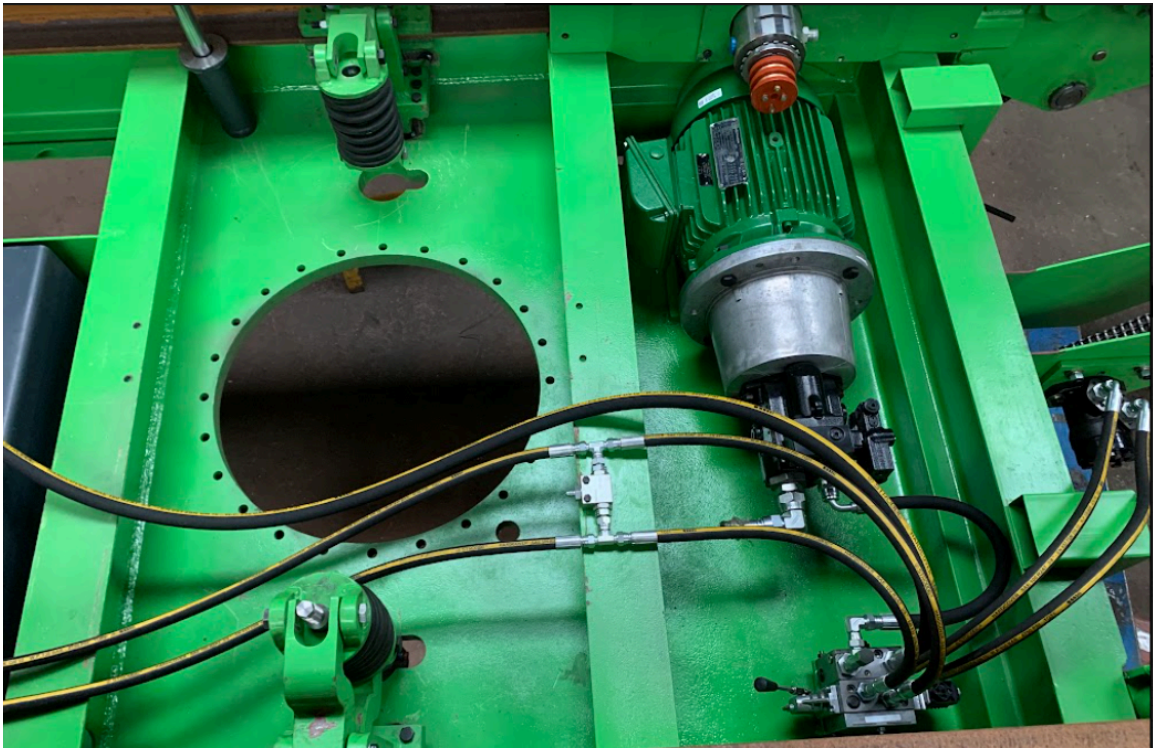


Figura 2-9 - Caja soporte carro Boogie

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.8 Tornamesa grúa

Este componente de la máquina es la base del brazo hidráulico que está unido al carro boogie. Para mantener la estructura y protegerla lleva lubricación de grasa EP-2.

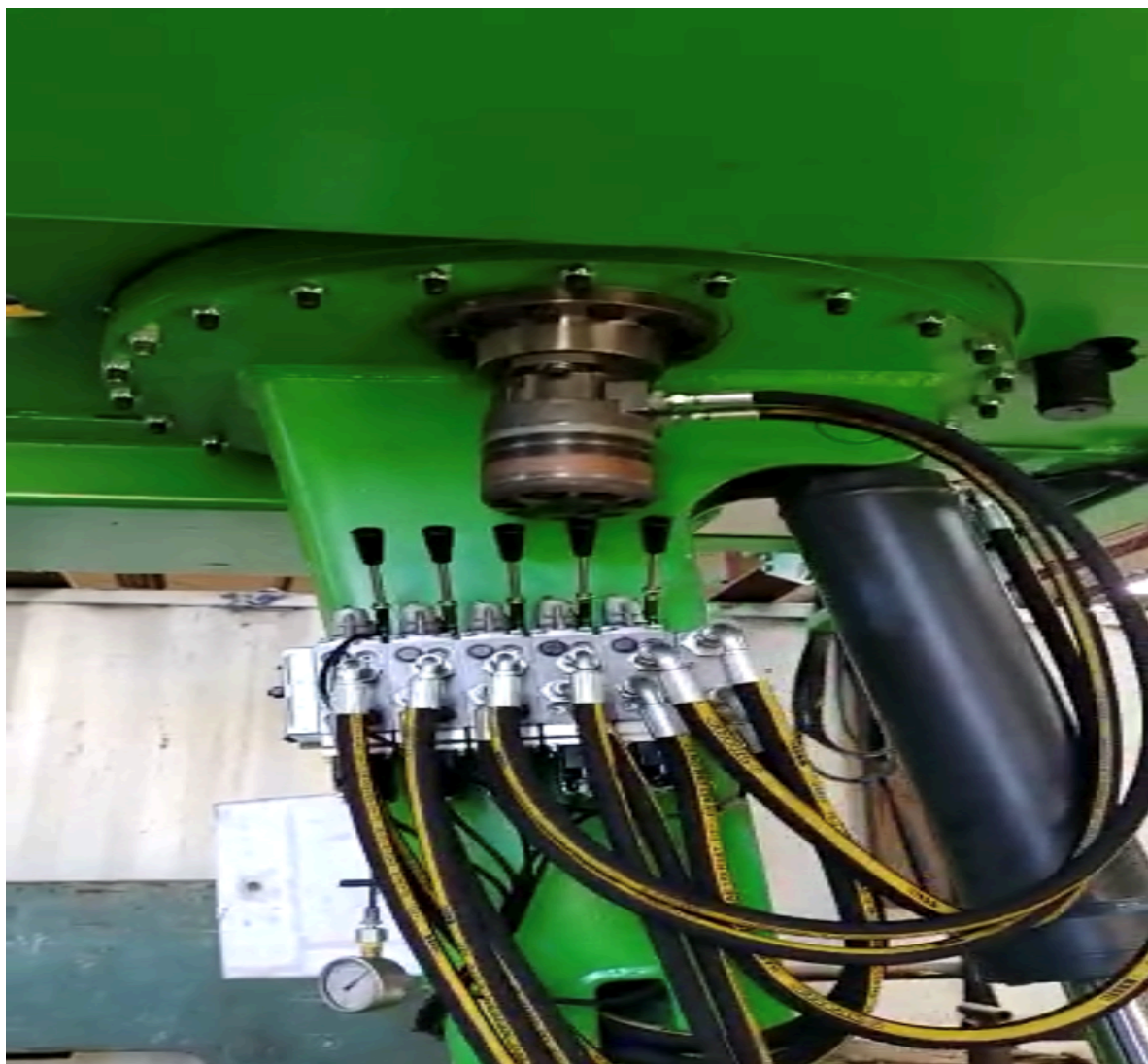


Figura 2-10 - Tornamesa Grúa

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.9 Freno de patines SIGU

El freno de patines SIGU es de 7", es la acción fuerza de roce ejercida por dos mordazas con balata sobre un patín simple solidario al tambor de tracción o trabajo, estas a su vez son actuadas por un sistema de palancas que multiplica la fuerza ejercida por un actuador neumático (pulmones de freno) de 7", simple, con un mecanismo de retorno por resorte interno.

La refrigeración se realiza por medio de aire ambiente.

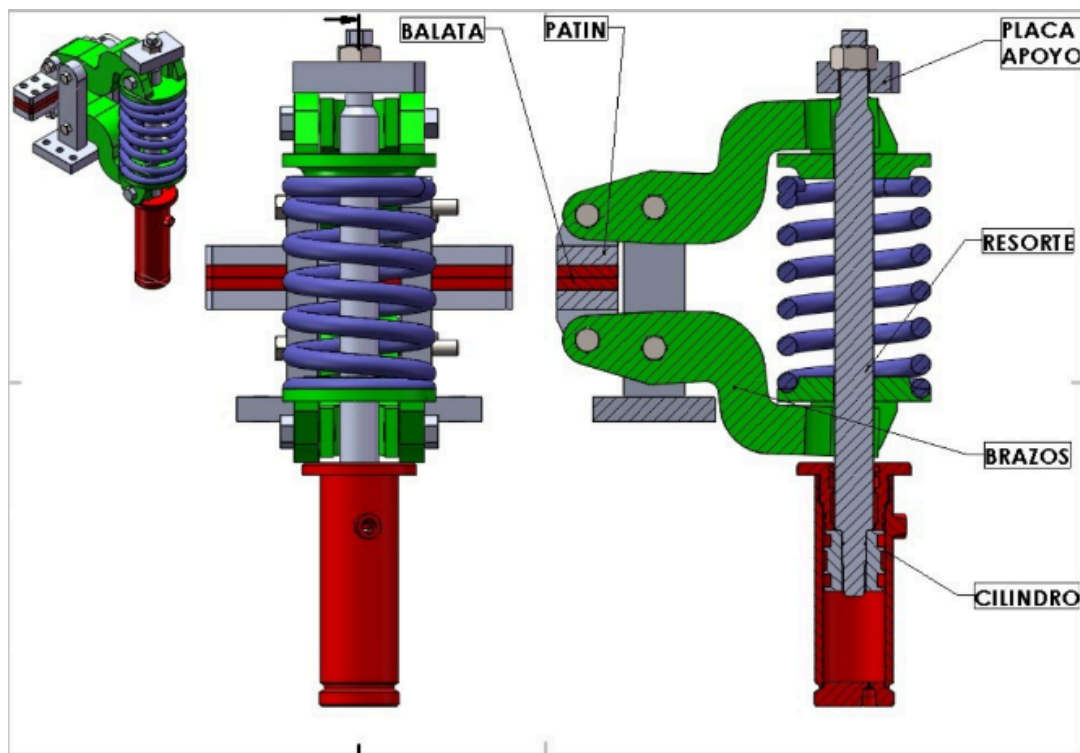


Figura 2-11 - Freno de patines

Fuente: Información entregada por empresa SIGU

2.2.10 Cilindros

Dentro de la categoría de los cilindros nos encontramos con cuatro cilindros hidráulicos, específicamente uno para el levante principal, otro para el desplazamiento telescópico de la pluma y 2 para el mecanismo de la garra que se encargan de la apertura y cierre de ésta.

2.2.10.1 El cilindro del levante principal

CILINDROS	GA 06-600
Cantidad	1
Diámetro interior camisa	5"
Diámetro vástago	2,5"
Carrera	999 mm
Presión de trabajo máxima.	3.500 psi

Tabla 2-1 - Características de los Cilindros

Fuente: Creación Propia en base a datos entregados por empresa SIGU

2.2.10.2 Cilindro telescópico

CILINDROS	GA 06-600
Cantidad	1
Diámetro interior camisa	3"
Diámetro vástago	2"
Carrera	1.750mm
Presión de trabajo máxima.	3.500 psi

Tabla 2- 2 - Características de los Cilindros

Fuente: Creación Propia en base a datos entregados por empresa SIGU

2.2.10.3 Cilindros de Garra

Estos cilindros son los encargados de la apertura y cierre de la garra, estos están conectados en paralelo.

CILINDROS	GA 06-600
Cantidad	2
Diámetro interior camisa	3"
Diámetro vástago	2"
Carrera	180 mm
Presión de trabajo máxima.	3.500 psi

Tabla 2-3 - Características de los Cilindros

Fuente: Creación Propia en base a datos entregados por empresa SIGU

2.2.10.4 Kit de sellos de cilindros

KIT SELLOS OLEOHIDRAULICOS GRUA GA5.5 600						
MAQUINA	CIL	PZ	TIPO	CODIGO/SELLO	MEDIDAS/SELLO	CTD
Cilindros Levante 6"x3"x	690mm	1	/c/			
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	V	O'ring	2-133	45.69x50.93x2.62	1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	E	s/émbolo	Hallite 53-6"	659 45 10	1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	TS	s/vástago	25003000-375B	3x3.1/2x3.8	1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	TS	Barredor	D-3000	3x3.1/2x1.4	1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3		banda/AF	3.1/4x1x1/8		1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3		banda/AF	3.1/4x1/2x1/8		1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	TS	O'ring	2-256	152.7x145.6x3.53	1
Grúa Aerea 5.5 600	LEV 6X3	TS	Respaldo	80-256		1
Cilindro Telescopico	620mm	1	/c/			
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	V	O'ring	2-134		1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	E	s/émbolo	Hallite 53-6"	659 45 10	1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	TS	s/vástago	25002500-375B	2.1/2x3x3.8	1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	TS	Barredor	D-2500		1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5		banda/AF	2,3/4x1x1/8		1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5		banda/AF	2,3/4x1/2x1/8		1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	TS	O'ring	2-256	152.7x145.6x3.53	1
Grúa Aerea 5.5 600	QUI 6X2,5	TS	Respaldo	80-256		1
Cilindros Garra 0,25 [m2]		2	/c/ u			
GMX-025	CIL 3x1.5	V	O'RING	2-113		1
GMX-025	CIL 3x1.5	E	S/EMBOLO	HALLITE 53-3"	13 77 612	1
GMX-025	CIL 3x1.5	TS	S/VASTAGO	18701500-375B	1.1/2x1.7/8x3/8	1
GMX-025	CIL 3x1.5	TS	BARREDOR	D-1500	1.1/2x1.7/8x3/16	1
GMX-025	CIL 3x1.5	TS	BANDA/AF	1.3/4x3/4x1.8"		1
GMX-025	CIL 3x1.5	TS	O'RING	2-149	71,12x76.36x2.62	1
GMX-025	CIL 3x1.5	TS	RESPALDO	80-149	71,12x76.36x1,2	1

Tabla 2- 4 - Tabla general de Kit de sellos

Fuente: Información otorgada por empresa SIGU

2.3 Medidas de seguridad

En este segmento se darán a conocer las medidas de seguridad adecuadas y necesarias para la ejecución correcta del mantenimiento de la grúa.

2.3.1 Medidas Generales

La operación del equipo debe llevarse a cabo siguiendo las siguientes indicaciones generales:

Antes de poner en funcionamiento la grúa, se deberá verificar la posición de esta y asegurarse que no está sometido a esfuerzos sobre los cilindros, debido a su propio peso o a elementos que lo tengan mecánicamente solicitado.

Se deberá:

- Estar al tanto de las normas y políticas de seguridad de su empresa y respetarlas en todo momento.
- Antes de operar el equipo familiarizarse con los controles e indicadores.
- Nunca dejar el equipo con cargas suspendidas en el aire.
- Nunca realizar desplazamientos sobre el personal de tierra.
- No opere la grúa si no se encuentra satisfecho de un correcto funcionamiento de controles y componentes.
- Utilizar su EPP (equipo de protección personal) al acercarse al área de trabajo de la máquina.
- Mantener atención durante los desplazamientos de los obstáculos superiores o laterales en el camino.
- No utilizar la máquina para otras funciones, para las cuales no fue diseñada sin autorización de su supervisor.

2.3.2 Medidas de seguridad del Control.

Respecto a las medidas de seguridad del control, el operador deberá evitar los movimientos bruscos del equipo, ya que, estos involucran inercias no deseadas que pudieran llegar a afectar los componentes del equipo. Aunque las velocidades máximas de operación se han limitado, será importante que los operadores se familiaricen un tiempo prudente antes de ejecutar operaciones más complejas.

En caso de existir alguna falla imprevista, como la ruptura de una manguera, el operador deberá actuar de forma calmada y dejar el dispositivo en una zona segura lo más cercana posible (mesa o superficie estable) para evitar golpes y/o daños a personas o al equipo.

Al terminar de usar el equipo hay que asegurarse de dejar el equipo en un lugar apropiado, teniendo cuidado que los cilindros hidráulicos no permanezcan haciendo fuerza.

Lo anterior se consigue deteniendo la central hidráulica y moviendo los joysticks repetidas veces una vez que el equipo está debidamente apoyado.

2.3.3 Medidas de seguridad Personales

Considerando la importancia que tiene la selección y uso adecuado de los elementos de protección personal en la prevención de accidentes y enfermedades profesionales, y tomando en cuenta la necesidad de contar con criterios técnicos homogéneos para la fiscalización del cumplimiento de la normativa legal vigente en lo relativo al uso obligatorio de elementos de protección personal en los lugares de trabajo, el Instituto de salud pública de Chile ha elaborado el siguiente instructivo:

1.- De acuerdo con la legislación vigente se entiende por elemento de protección personal *“todo equipo, aparato o dispositivo especialmente proyectado y fabricado para preservar el cuerpo humano, en todo o en parte, de riesgos específicos de accidentes del trabajo o*

enfermedades profesionales” (Art. 1 del Decreto Supremo N° 173 de 1982 del Ministerio de salud)

2.- Para todos los efectos legales y en forma genérica y no detallada, este Departamento recomienda considerar el siguiente listado básico de elementos de protección personal:

- Protectores de la cabeza
- Protectores auditivos
- Protectores oculares y de la cara
- Protección de las vías respiratorias
- Protectores de manos y brazos
- Protectores de pies y piernas
- Protectores de la piel
- Protectores del tronco y el abdomen
- Protección total del cuerpo

3.- Cualquier otro producto utilizado en los lugares de trabajo que no aparezca en este listado básico, y que a juicio de la autoridad respectiva tenga la función de proteger contra riesgos específicos de accidentes y enfermedades profesionales (descrita en el punto primero de este instructivo), deberá igualmente cumplir con todo lo establecido en la normativa legal vigente.

4.- Dada la permanente incorporación de nuevas tecnologías y diseños asociadas a este tipo de productos, este Departamento actualizará anualmente el listado básico e informará oportunamente a los organismos e instituciones pertinentes.

Fuente: INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE depto. de salud ocupacional y C.A.

2.4 Fallas

La experiencia operativa de SIGU ha permitido la identificación y el registro sistemático de los patrones de fallas que impactan con mayor frecuencia la disponibilidad de la grúa aérea. Este subcapítulo se dedica a la descripción técnica de dichos fallos y sus manifestaciones más habituales.

2.4.1 Cambio de aceite hidráulico

Los cambios de aceites en los sistemas hidráulicos cumplen un rol fundamental, debido a que, al no tener un aceite en óptimas condiciones, esto podría generar fallas en el sistema.

El mantenimiento del aceite nos garantiza un mayor tiempo de vida útil de la máquina. Además, al tener una máquina en condiciones óptimas, significa un ahorro económico, ya que, significará menos paradas a esta.

La lubricación del área oleohidráulica y el circuito hidráulico de esta máquina está sujeta al estricto cumplimiento de la norma ISO VG 32. Es obligatorio el uso de un fluido con esta clasificación de viscosidad (Grado 32).

Algunas de las ventajas de los lubricantes son:

- Buena protección anticorrosiva.
- Alta capacidad de expulsión de aire.
- Comportamiento neutro sobre juntas y tubos.
- Punto de congelación bajo.
- Elevada resistencia térmica y mecánica.
- Buenas características de envejecimiento.

2.4.2 Sobre carga

Las fallas comunes de sobre cargas es debido a que, muchas veces los operarios no verifican si está dentro de lo aceptado el peso de la carga en suspensión. Al no cumplir con estos requisitos, la grúa se vería afectada, dañando sus componentes.

Para que esto no suceda, el operario debe estar capacitado para poder operar estas grúas. Cumpliendo con los requisitos y cursos necesarios impuestos por la empresa.

2.4.4 Flexibles hidráulicos

Otra falla que se podría presentar sería en los flexibles hidráulicos. Estos son la vía de transporte del líquido hidráulico hacia los distintos componentes del sistema. Algunas de sus fallas son:

1. Profundidad de inserción incorrecta: Esta es la forma incorrecta de instalar una manguera hidráulica, debido a que los empalmes no se insertan a la profundidad adecuada, lo cual, deja una mala conexión.
2. Erosión: Esto sucede cuando las velocidades del fluido no son adecuadas con la capacidad admisible del flexible.
3. Abrasión: Esta suele suceder por un desgaste excesivo de los flexibles, debido a que muchas veces estos elementos están sometidos a roces, puede ser entre ellos mismos o con elementos externos.

2.4.5 Rayas y abolladuras de los cilindros

Durante el uso de la grúa, puede existir un mal movimiento de esta que haga vacilar la estructura, generando un posible golpe fuera de su rango de movimiento. Este problema es común de apreciar en los cilindros, ya que están expuestos al exterior.

Dependiendo de la magnitud del golpe, es necesario hacer una evaluación de estos cilindros y del funcionamiento de la grúa, ya que, si es severo el golpe, se recomienda hacer el cambio de este componente.

2.4.6 Sellos mecánicos

Los sellos mecánicos cumplen la función de evitar filtraciones de aceites, y evitan el ingreso de partículas extrañas al sistema. Sus fallas más comunes son una mala instalación; exceso de temperatura; alta presión o velocidad generando erosión de estos; contaminación del material.

2.4.7 Control remoto y receptores

El funcionamiento de la grúa es manejado de manera inalámbrica mediante el control remoto Scanrecos. Una de las posibles fallas que podemos encontrar son:

- Poca batería
- Fallas en los receptores
- Problemas electrónicos

2.4.8 Rotura de mangueras

Según experiencia e información entregada por la misma empresa, declara que este problema es común de ver, ya que las mangueras están más expuestas al exterior, generando así que por erosión, desgastes excesivos por golpes o roces, estas sufran alguna rotura, dejándolas inhabilitadas o en mal funcionamiento.

2.5 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Se propone una herramienta para evaluar la confiabilidad de equipos críticos, con el objetivo de brindar criterios para la mejora de toma de decisiones en el mantenimiento.

A Continuación, se nombrarán los pasos para la realización de un correcto AMEF:

1. Determinar el producto o proceso a analizar.
2. Listar los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar.
3. Describir la función del paso o el componente.
4. Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente.
5. Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
6. Asignar el grado de severidad de cada efecto Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra.
7. Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra.
8. Describir si hay controles actuales de prevención.
9. Describir si hay controles actuales de detección.
10. Asignar el grado de detección de cada modo de falla Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.
11. Calcular el NPR (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto.

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

- Este es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, además provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

- $\text{NPR} = \text{Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$

500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

12. Priorizar los modos de falla con el NPR de mayor a menor.

2.5.1 Tabla Criterio: Severidad de efecto de falla.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10, donde el “1” indica una consecuencia sin efecto y el “10” indica una consecuencia grave.

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Crítico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Crítico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Tabla 2-5 - Tabla criterio Severidad de efecto de falla

Fuente:

<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla>

2.5.2 Tabla Criterio: Probabilidad de detección de modo de falla.

El criterio de Detección en el análisis de riesgo determina la viabilidad de interceptar un modo de fallo previo a su impacto funcional. Se califica mediante una escala ordinal (1-10) que asigna puntajes bajos a los controles robustos y efectivos (alta probabilidad de detección) y puntajes altos a los controles deficientes o inexistentes (baja probabilidad de detección). El resultado de esta calificación se integra, junto con la Severidad y la Ocurrencia, para establecer el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Tabla 2-6 - Tabla criterio de Probabilidad de detección de modo de falla

Fuente:

<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

2.5.3 Tabla Criterio: Ocurrencia o probabilidad de falla.

El índice de Probabilidad de Ocurrencia evalúa la expectativa de fallo asociada a una causa específica dentro del sistema. Aunque los criterios para calificar esta probabilidad (típicamente en una escala de 1 a 10) son personalizados por la entidad (calificaciones cualitativas o ratios cuantitativos), su objetivo central es medir la tendencia histórica y proyectada de dicho evento, siendo un componente fundamental en el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Tabla 2-7 - Tabla criterio de Ocurrencia o probabilidad de falla

Fuente:

<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

2.5.6 Tabla NPR

En la siguiente tabla mostramos como queda nuestro análisis de NPR aplicado a la Grúa aérea 5.5 600, basándonos en el método anteriormente señalado.

S = SEVERIDAD - O = OCURRENCIA - D = DETECCION							
Modo de falla potencial	Efecto (s) potencial (es) de la falla	S	Causa (s) potencial (es) de la falla	O	Control actual	D	NPR (SxOxD)
Mala recepcion en control remoto	Mal funcionamiento de la grua. Perdida de eficiencia de la grua.	8	Falla electronica en los receptores. Poca bateria del control	2	Inspeccion visual	1	16
Abolladura y rayas en los cilindros	Perdida de eficiencia en el sistema. Mal funcionamiento del vastago	8	Uso incorrecto del operario. Mala maniobra	4	Inspeccion visual	1	32
Aumento de la temeperatura en el sistema	Perdida de la eficiencia en el sistema.	5	Selección inadecuada del lubricante. Sobre carga en el sistema.	2	Ninguna	4	40
Mangueras rotas	Perdidas de la eficiencia en el sistema. Filtracion de liquido hidraulico	5	Desgaste por mucho uso, roces o golpes. Erosion interna por cambio de velocidades	5	Inspeccion visual	3	75
Filtracion de liquido hidraulico por los cilindros	Perdida de liquido hidraulico. Derrame de aceite. Perdida en la eficiencia del sistema	7	Sellos mal instalados. Sellos en mal estado. Sellos inadecuados para el tipo de fluido de la grua	6	Inspeccion visual	5	210

Tabla 2-8 - Número de ponderación de riesgo Grúa Aérea 5.5 600

Fuente: Creación propia

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO Y PRESUPUESTOS

3.1 Mantenimiento a Grúa Aérea 5.5 600

La seguridad, confiabilidad y durabilidad va a depender de un buen mantenimiento otorgado dentro de los plazos establecidos. Es importante recalcar que estos servicios pueden ser programados mediante calendario o por un cálculo de horas en funcionamiento del equipo.

Previamente a realizar cualquier tipo de mantenimiento a la grúa aérea, se deberá tener en cuenta que esta no otorga ningún tipo de energía residual. Debido a que esta grúa funciona con energía hidráulica, al interior existe una presión residual. Esto quiere decir que existe el riesgo de accidentes al momento de abrir cualquier dispositivo de esta, producto de la presión o aceite hidráulico caliente.

Se recomienda tener en cuenta tanto la seguridad personal, como empresarial, por lo tanto, se hace énfasis en:

- Revisar que el área de trabajo esté despejada.
- Apagar y desconectar completamente la grúa.
- Accionar las palancas del control de manera continua y repetida, para despresurizar las válvulas que queden activas.

3.1.1 Previsiones

Todo trabajo debe ser supervisado por personas expertas, analizando la seguridad laboral, antes de realizar cualquier tipo de tarea en nuestra zona de trabajo, debe ser supervisado por un prevencionista de riesgo.

El prevencionista de riesgo se encarga de diseñar y asegurar la ejecución del plan de prevención de riesgo, es decir, promover la seguridad y salud de los trabajadores. Además, dentro de sus tareas está analizar las zonas de riesgo y señalar cuales son los trabajos con más grado de peligro para poder ejecutar de forma segura y evitar un posible accidente.

Luego, por otro lado, se debe verificar que se encuentren todos los insumos, herramientas y maquinarias disponibles para poder llevar a cabo el trabajo.

3.1.2 Procedimiento

Antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento, cabe recalcar que este trabajo de investigación es de carácter teórico, por ende, los resultados entregados no garantizan su efectividad al 100% en la práctica.

3.1.2.1 Peritaje a grúa aérea

Dentro del procedimiento en el mantenimiento que se ejecutará a la grúa aérea, tenemos el peritaje, esto consiste en entregar un informe detallado a la empresa una vez terminada la inspección. Este informe deberá contener lo siguiente:

3.1.2.2 Inspección del lugar

En la inspección del lugar se tendrá que revisar el estado de la instalación de la grúa, revisar el movimiento de esta.

3.1.2.3 Inspección visual

Frecuencia	Actividad	Tarea	Herramientas	Ejecutor
Anual	Revisar desgaste de material	/	/	Jefe de mantenimiento
Anual	Revisar óxido y corrosión de material	/	/	Jefe de mantenimiento
Mensual	Revisar desgaste de válvulas	/	/	Técnico de mantenimiento
Mensual	Revisar desgaste de mangueras	/	/	Técnico de mantenimiento
Mensual	Abolladuras	/	/	Técnico de mantenimiento
Trimestral	Revisar Rotura de sellos	/	/	Técnico de mantenimiento

Tabla 3-1 Inspección visual

Fuente: Creación propia en base a datos entregados por empresa SIGU

3.1.2.4 Limpieza y cambios de piezas

Frecuencia	Actividad	Tarea	Herramientas	Ejecutor
Anual	Motor hidráulico	Revisión, cambio de aceite/grasa	Set de llaves punta corona	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Rotor Baltrotors	Revisión, cambio de aceite/grasa	Set de llaves punta corona	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Bomba Sauer Danfoss	Revisión, cambio de aceite/grasa	Set de llaves punta corona	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Freno de patines	Revisión, cambio de balata/ resorte	Set de llaves punta corona	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Cilindros	Desarmado, limpieza y pulido	Llave punta corona, juego de dados	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Sellos	Cambio	/	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Bandas	Cambio	/	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	O’rings	Cambio	/	Técnico mantenimiento /

				Maestro
Anual	Cilindros	Limpieza	Paños, Lijas (corrosión o oxido), Espuma	Técnico mantenimiento / Maestro
Anual	Cilindros	Pulir	Herramientas de pulido	Técnico mantenimiento / Maestro
Trimestral	Mangueras	Revisión, Cambio	Llave Inglesa	Técnico mantenimiento / Maestro
Trimestral	Válvulas	Revisión, Cambio	Llave Inglesa	Técnico mantenimiento / Maestro

Tabla 3-2 Limpieza y cambios de pieza

Fuente: Creación propia - Procedimiento estándar empresa SIGU

3.1.2.5 Duración del proceso

El estimado de duración del proceso varía si los repuestos y componentes ya están disponibles. Sin embargo, se calcula que el proceso de mantenimiento a esta grúa aérea tiene una duración de 15 días hábiles aproximadamente.

3.1.3 Periodicidad de lubricación revisión y/o llenado

La gestión programada de la lubricación es un factor determinante en la confiabilidad de la grúa aérea. Esta sección especifica la periodicidad óptima para las actividades de inspección, control de nivel y reposición de fluidos, asegurando que el equipo opere bajo condiciones de fricción y temperatura controladas. El estricto cumplimiento de estos intervalos es crucial para la seguridad funcional del sistema.

PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE	CTD.	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL
Motor Cummins	15W40	9,5 lts	X		
Caja transmisión Allison AT-545.	IPF ATF	22 lts		X	
TK aceite hidráulico	ISO 46(32)	3,0lts			X
Tambor Línea aérea	Grasa EP-2	2 pts	X		
Descansos eje aéreo	Grasa EP-2	2 pts		X	
Tambor Línea Trabajo	Grasa EP-2	2 pts		X	
Descansos eje aéreo	Grasa EP-2	2 pts		X	
Cilindro levante pluma	Grasa EP-2	2 pts			X
Ejes huinches viento	Grasa EP-2	4 pts			X
Catalinas cable aéreo	Grasa EP-2	1 pts			X

Tabla 3-3 - Periodicidad de lubricación, revisión y/o llenado

Fuente: Datos entregados por empresa SIGU

3.2 Análisis de Costos Generales

Se entiende por costos al valor monetario de los consumos de factores que intervienen en el desarrollo de alguna actividad o bien. Es necesario tener en cuenta que un proyecto de este nivel posee costos variables, altos, bajos.

3.2.1 Tipos de costos

Pueden ser clasificados como costos implícitos o explícitos. Los implícitos corresponden a aquellos no expresables de forma monetaria y los explícitos a los que sí requieren del gasto monetarios.

3.2.1.1 Costos explícitos

Se definen costos explícitos corresponde a aquellos que se miden en valores monetarios y pueden ser identificados antes del inicio del proyecto.

Para este proyecto, los costos explícitos se identifican en los materiales y los gastos de mano de obra que conllevan la implementación y el funcionamiento del control de acceso. Toda esta información debe ser previamente respaldada con cotizaciones de los valores exactos que ofrece el mercado, para así garantizar la rentabilidad del proyecto.

3.2.1.2 Costos implícitos

Se definen costos implícitos, todos aquellos no relacionados a valores monetarios ni elementos tangibles, además se agrupan aquí los variables que dependen del correcto desempeño de la implementación. Comprende principalmente el tiempo que tarda la preparación del proyecto, el estudio de viabilidad, la recopilación de datos, las configuraciones, pruebas de funcionamiento, cotizaciones y adquisiciones de materiales. Todo esto englobado en horas hombre, las cuales permiten conocer los valores no previstos en la preparación.

A Continuación daremos a conocer los posibles costos y presupuesto de los repuestos requeridos para la ejecución del trabajo en la máquina.

3.2.2 Presupuesto de repuestos

Componentes	Valor	IVA	Total
Bomba Sauer Danfoss 45-99 cc	\$1.650.000	\$313.500	\$1.963.500
Comando Danfoss PVG-32	\$8.450.000	\$1.605.500	\$10.055.500
Control Remoto Scanrecos	\$3.500.000	\$665.000	\$3.566.500
Rotor Baltrotors GR-623	\$1.580.000	\$300.200	\$1.880.200

Tabla 3-5 - Presupuesto de repuestos

Fuente: Creación propia en base a datos entregados por empresa SIGU

3.2.3 Presupuesto de cilindros

Componentes	Valor	IVA	Total
Cilindro 5"x2.5"	\$1.450.000	\$275.500	\$1.725.000
Cilindro 3"x2" x 1.750 mm	\$2.350.000	\$446.500	\$2.796.500
Cilindro 3"x2" x 180 mm	\$850.000	\$161.500	\$1.011.500

Cilindro 3"x2" x 180 mm	\$850.000	\$161.500	\$1.011.500
-------------------------	-----------	-----------	-------------

Tabla 3-6 - Presupuesto de Cilindros

Fuente: Creación Propia en base a datos entregados por empresa SIGU

3.2.4 Presupuesto de Kit sellos y mangueras

Componentes	Valor	IVA	Total
Kit sellos N°1-2-3-4	\$80.000 c/u	\$15.200 c/u	\$380.800
Manguera*	\$450.000	\$85.500	\$535.500

Tabla 3-7 - Presupuesto de kit sellos y mangueras

Fuente: Creación propia en base a datos entregados por empresa SIGU

*En el caso de las mangueras, se obtendrán al por mayor, es decir, el equivalente a 20 metros aproximadamente.

3.2.5 Costo mano de obra

Los costos de mano de obra se refieren al costo de los salarios, beneficios y otros asociados con los trabajadores directos que se utilizan en la producción de bienes o servicios de una empresa. Estos costos pueden incluir, por ejemplo, los salarios básicos, las horas extras, las comisiones, las prestaciones sociales, los seguros de salud, los planes de retiro y otros beneficios para los empleadores.

Teniendo en consideración esto, aparte de los valores de los repuestos se debe de tener en cuenta la mano de obra para poder implementar la mantención, la cual debe ser realizada por un experto, en este caso un técnico en Mantenimiento Industrial, el cual tiene los conocimientos para poder hacer este tipo de trabajo.

Se tendrá en cuenta el valor de mano de obra por hora, de todo el personal involucrado.

Empleado	Salario mensual	Jornada	Costo (H/H)
Técnico de mantenimiento	\$ 809.768	\$ 40.488	\$ 5.061
Jefe de mantenimiento	\$ 1.627.419	\$ 81.370	\$ 10.171
Operador	\$ 763.886	\$ 38.194	\$ 4.774
Maestro/Ayudante	\$ 666.797	\$ 33.339	\$ 4.167

Tabla 3-4 - Análisis costo del personal

Fuente: https://www.chiletrabajos.cl/sueldos/jefe/mantencion#google_vignette

3.2.6 Costos totales

Teniendo en cuenta y al haber analizado cada presupuesto necesario para llevar a cabo la ejecución de dicho mantenimiento, a continuación en la siguiente tabla se verá reflejado el costo total de la mantención a la GRÚA AÉREA 5.5 600.

COSTO TOTAL	\$27.782.870
-------------	--------------

Tabla 3-5 - Costo total mantención

Fuente: Creación propia en base a datos entregados por empresa SIGU

3.2.7 Costos de imprevistos

Los costos imprevistos en un proyecto son aquellos fallos que no se planifican o se consideraron en el presupuesto original del proyecto. Estos costos pueden ser causados por una variedad de razones, como cambios en los requisitos del proyecto, demoras imprevistas, costos adicionales de materiales o mano de obra, problemas de calidad, condiciones climáticas adversas, entre otros.

Los costos imprevistos pueden ser una fuente significativa de preocupación para los gerentes de proyectos, ya que pueden afectar negativamente la rentabilidad del proyecto y aumentar el riesgo de incumplimiento de plazo. Es por eso que los gerentes de proyectos suelen asignar una reserva de contingencia en el presupuesto para cubrir cualquier gasto imprevisto que pueda surgir durante el proyecto. De esta manera se puede minimizar el impacto de los costos imprevistos en el presupuesto y en la planificación del proyecto.

Para ello toma el 20% del total del proyecto, así logramos cubrir económicamente cualquier imprevisto, esto lo podemos observar en la siguiente tabla:

Imprevistos	20% del total	\$5.556.574
-------------	---------------	-------------

Tabla 3-6 - costos imprevistos

Fuente: Creación propia en base a datos entregados por empresa SIGU

CONCLUSIÓN

Gracias al estudio realizado, hemos concluido e identificado que la mejor opción para prolongar la vida útil y disponibilidad del equipo, basándonos en el conocimiento, experiencia de la empresa y asesores, es que se debe aplicar un mantenimiento preventivo a la Grúa Aérea 5.5 600.

De acuerdo con los análisis realizados, este tipo de mantenimiento mejora la eficiencia del equipo, la disponibilidad y prolonga su vida útil. Lo que tiene como consecuencia, un trabajo de mayor calidad y seguridad para la empresa.

Con la implementación de este plan preventivo, podemos comprender y visualizar de mejor manera los componentes a reemplazar. Así se facilita el trabajo del operador encargado de realizar el mantenimiento. Por otro lado, este análisis está acompañado de una evaluación económica que permite contextualizar los costos asociados al mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo, a nuestro entender es la mejor opción para este tipo de maquinaria, prolongando la vida útil de esta y sus componentes, además evita elevados costos por fallas imprevistas y aumenta la disponibilidad de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

Se recomienda enfáticamente que la implementación, supervisión y ejecución de las tareas definidas en el presente plan de mantenimiento sean realizadas exclusivamente por técnicos con la debida calificación y experiencia certificada en sistemas de izaje y componentes oleohidráulicos.

Se recomienda establecer un protocolo estricto para mantener la zona de intervención libre de contaminantes particulados (polvo, lodo, residuos metálicos, etc.). Esta medida es crítica, especialmente durante el rellenado o cambio de fluidos y grasas, dado que la contaminación por agentes externos puede comprometer la pureza del lubricante y acelerar el deterioro de los componentes internos del sistema hidráulico y mecánico.

Se aconseja mantener un stock estratégico (inventario de seguridad) de los consumibles e insumos esenciales, tales como filtros, aceites, grasas específicas y sellos hidráulicos, entre otros. Esta acción reducirá los Tiempos Medios de Reparación (MTTR) al eliminar demoras por adquisición y, consecuentemente, optimizará la eficiencia global de las tareas de mantenimiento.

Se recomienda ejecutar todas las intervenciones de mantenimiento utilizando el equipo de protección personal homologado y las herramientas de torque y diagnóstico adecuadas. El cumplimiento de estas medidas no solo incrementará la precisión y eficiencia del trabajo, sino que también minimiza el Riesgo de Accidentes Laborales (RAL) y daños a los componentes del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- All Machines (s/f) *Quince consejos para el mantenimiento y reparación de sistemas hidráulicos*. All Machines S.A.S. Consultado el 28 de junio de 2022.
<https://allmachinessas.com/15-consejos-mantenimiento-y-reparacion-de-sistemas-hidraulicos/>
- CyP (2019, 25 de julio) ¿Qué es el peritaje? Consultoría y peritaciones. Consultado el 23 de mayo 2022.
<https://consultoriayperitaciones.com/peritaje/#:~:text=El%20peritaje%20puede%20definirse%20como,de%20manera%20clara%20alg%C3%BAn%20hecho>
- García, S. (2003) *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Díaz de Santos.
- ISP (2005, 24 de febrero) *Listado básico de EPP*. Concesiones. Consultado el 13 de junio 2022.
http://www.concesiones.cl/publicacionesyestudios/Documents/Prevencion_de_riesgos/INSTRUCTIVO%20TECNICO%20LISTADO%20BASICO%20DE%20EPP%20ISP%20Ch.pdf
- Ortiz Díaz, L. C. (2007). *Mantenimiento de grúas para puertos marítimos* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2007).

LINKOGRAFIA

<https://www.baltrotors.com/es/product/rotators/gr623>

<https://goo.gl/maps/LvKE3p6p5GzUaRhu7>

<https://goo.gl/maps/EAutGVseXTXjRfyP7>

https://www.chiletrabajos.cl/sueldos/jefe/mantencion#google_vignette

<https://cl.talent.com/salary?job=t%C3%A9cnico+de+mantenimiento>

<https://cl.indeed.com/career/mec%C3%A1nico-automotriz/salaries>

<https://www.latribuna.cl/agroforestal/2015/10/22/el-sector-forestal-y-la-generacion-de-empleos.html#:~:text=La%20industria%20forestal%20chilena%20consume,de%20las%20exportaciones%20del%20pa%C3%ADs%E2%80%9D>

<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla>