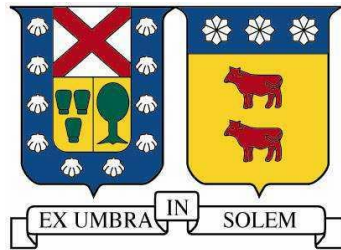


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA  
VALPARAÍSO-CHILE**



**“DESARROLLO DE BASES TÉCNICAS Y PLAN DE  
MANTENIMIENTO PERIÓDICO-PREVENTIVO PARA  
MONTACARGA DE TIPO FUNICULAR DE 40  
TONELADAS PLANTA LOMA LARGA-ESVAL S.A.”**

**ALEXIS AROLD CORNEJO ESTRADA**

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

**PROFESOR GUÍA : DR. ING. LUIS PÉREZ POZO  
PROFESOR CORREFERENTE : ING. HUMBERTO MIRANDA VIVANCO**

**SEPTIEMBRE 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, quienes me dieron la vida y me han entregado los valores esenciales para desarrollarme como persona. Eternamente agradecido por su esfuerzo, dedicación y cariño entregado en todos los años de mi formación académica, apoyándome en todo momento. Agradecer a mi hermana María José por su apoyo en todo momento y acompañarme toda la vida, a Lorena por apoyarme y animarme en este proceso.

Agradecer al equipo de trabajo de IMAS comandado por el profesor Humberto Miranda donde realice este trabajo de título durante todo este tiempo, facilitándome información y apoyo técnico en lo que requiriese, entregándome las herramientas necesarias para fortalecer mi aprendizaje.

Agradezco al equipo de mantenimiento de ESVAL por darme la oportunidad de trabajar en la preparación de las bases técnicas del funicular, por la buena voluntad y disponibilidad que siempre presto don Eduardo Cabrera durante este largo proceso.

A mis amigos y compañeros de carrera, los que hicieron más agradable la estadía en la universidad, y su buenas vibras desde que llegaron a formar parte en mi vida.

Finalmente agradecer a la Universidad Técnica Federico Santa María, al departamento de Ingeniería Mecánica y a quienes lo componen, profesores y funcionarios, que a lo largo de toda mi carrera universitaria me entregaron las herramientas necesarias para mi futuro profesional.

## RESUMEN

Este trabajo presenta la preparación de las bases técnicas para realizar las reparaciones necesarias que permitan asegurar un nivel de operatividad, confiabilidad y seguridad del montacargas tipo funicular de 40 toneladas, propiedad de ESVAL S.A. El trabajo de título se desarrolla en la empresa con el fin de una vez realizadas las reparaciones, bajar por el funicular maquinaria de alto tonelaje para realizar trabajos en protección costera de la planta de aguas servidas Loma Larga.

La finalidad de este trabajo es evaluar los sistemas y constituyentes del funicular, proponer un plan de acción con las reparaciones prioritarias y establecer las bases técnicas de las misma, además de establecer un plan de mantenimiento periódico preventivo para la instalación. Para cumplir con la meta señalada se desarrolla en primer lugar una introducción al transporte vertical y su evolución en el tiempo. Luego, se realiza una descripción con aspectos generales de la empresa, el marco teórico en el que se enmarca el funicular. Posterior a esto se efectúa una descripción de toda la instalación del funicular y se definen los sistemas que están involucrados en el funcionamiento de este, se incluye la planimetría hasta ahora inexistentes de algunas estructuras del funicular. También se indican las especificaciones técnicas generales para la realización de los trabajos en el funicular, además se señalan los aspectos más importantes que destacan en la etapa de diagnóstico y criterios de intervención, en los cuales se definen las tareas a realizar para lograr la reparación del funicular apoyado en normas a modo de referencia, ya que no existe normativa vigente para este tipo de funicular.

Finalmente se desarrolla un plan de mantenimiento periódico-preventivo para cada uno de los sistemas del funicular, para así aumentar la disponibilidad del funicular para su uso y prevenir posibles fallas del sistema que provoquen pérdidas para la empresa.

## **ABSTRACT**

This work presents the preparation of technical bases to make the necessary repairs to ensure a level of operation, reliability and safety of the 40-ton funicular lift truck owned by ESVAL SA. The title work is developed in the company in order to Once the repairs have been carried out, down the funicular high-tonnage machinery to carry out work on coastal protection of the long-lined sewage plant.

The purpose of this work is to evaluate the systems and constituents of the funicular, to propose a plan of action with the priority repairs and to establish the technical bases of the same, also to establish a preventive periodic maintenance plan for the installation. In order to meet the stated goal, an introduction to vertical transport and its evolution over time is developed. Then, a description is made with general aspects of the company, the theoretical framework in which the funicular is framed. Subsequent to this a description of the whole installation of the funicular is made and the systems that are involved in the operation of this one are defined, it includes the existent planimetry of some structures of the funicular. It also indicates the general technical specifications for carrying out the work on the funicular, in addition it is indicated the most important aspects that stand out in the stage of diagnosis and intervention criteria, in which the tasks to be performed to achieve the repair of the Funicular supported by standards for reference, since there is no current regulations for this type of funicular.

Finally, a preventive maintenance plan was developed for each of the funicular systems, in order to increase the useful life and prevent possible system failures that could cause losses for the company.

## GLOSARIO

**Acuñaamiento:** Acción de liberar unas cuñas contra las guías o cables de la cabina de un elevador.

**Arriostramiento:** Es la acción de rigidizar o estabilizar una estructura mediante el uso de elementos que impidan el desplazamiento o deformación de la misma.

**Bomba:** Las bombas son dispositivos que se encargan de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión. Están compuestas por un elemento rotatorio denominado impulsor, el cual se encuentra dentro de una carcasa llamada voluta. Inicialmente la energía es transmitida como energía mecánica a través de un eje, para posteriormente convertirse en energía hidráulica.

**Elevador:** Aparato destinado al transporte vertical de personas y/o carga.

**Encoder:** Transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales.

**Funicular:** Tipo especial de ferrocarril utilizado para salvar grandes pendientes. No se debe confundir con los ferrocarriles dotados de planos inclinados. Usado para transporte de personas. Circula sobre rieles y normalmente dispone de dos cabinas enlazadas por un cable de acero sobre una vía de ferrocarril, a modo de ascensor inclinado, de tal forma que mientras un vehículo sube el otro baja.

**Montacargas:** Vehículo de transporte que puede ser utilizado para transportar, remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos.

**Overhaul:** Consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como nuevo. Se sustituyen o reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se

pretende asegurar, con una alta probabilidad un buen tiempo de funcionamiento fijado de antemano.

**Pasivado:** Formación de una película relativamente inerte sobre la superficie de un metal, que lo enmascara en contra de la acción de agentes externo.

**Polín:** Rodillo que se coloca debajo de bultos de gran peso para poder transportarlos con más facilidad.

**Tándem:** Unión de dos grupos que realizan una misma actividad en equipo o que combinan sus esfuerzos para hacer algo

**Winche:** Dispositivo mecánico, impulsado por un motor, destinado a levantar y desplazar grandes cargas. Consiste en un rodillo giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable o una maroma, provocando el movimiento en la carga sujeta al otro lado del mismo.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	4
GLOSARIO.....	5
CAPITULO 1: Definición de la memoria.....	15
1.1. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1.1    Introducción al Transporte Vertical .....	15
1.1.2    Evolución en el Tiempo .....	15
1.2. ALCANCE .....	21
1.3. OBJETIVOS.....	23
1.3.1.    Generales.....	23
1.3.2.    Específicos .....	24
CAPITULO 2: Antecedentes Generales .....	25
1.4. LA EMPRESA .....	25
1.4.1.    Antecedentes Generales .....	25
1.4.2.    Historia.....	26
1.4.3.    Organigrama .....	27
1.5. ESTADO DEL ARTE.....	32
1.6. MARCO TEORICO .....	33
1.6.1.    Tipos de Arrastre en Elevadores .....	33
1.6.2.    Montacargas Eléctricos de Adherencia [2] .....	35
1.6.2.1.    Montacargas inclinado de tipo funicular diferencial.....	38
CAPITULO 3: Descripción de sistemas funicular.....	39
2.1. SISTEMA FUNICULAR 40 TONELADAS .....	39
2.1.1.    Ubicación de la Instalación .....	39
2.1.2.    Datos de la Instalación .....	41
2.1.3.    Descripción General de la Instalación .....	42
2.1.4.    Sistemas Constituyentes del Equipo .....	46
2.1.5.    Registro Gráfico de la Instalación.....	48
2.1.5.1.    Sistema Motriz – Máquina de Tracción.....	48
2.1.5.2.    Sistemas de Arrastre y Suspensión .....	50

2.1.5.3.	Carro de carga .....	53
2.1.5.4.	Sistema de Seguridad Anti-Deriva.....	55
2.1.5.5.	Contrapeso .....	56
2.1.6.	Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre – Sistemas Hidráulicos..	57
2.1.6.1.	Descripción General.....	57
2.1.6.2.	Listado de Componentes del Sistema Hidráulico .....	60
2.1.6.3.	Listado de Componentes del Sistema Hidráulico en forma Gráfica .....	62
2.1.7.	Plano de Rodadura .....	67
2.1.8.	Estructura Soportante.....	69
2.1.9.	Freno de emergencia .....	73
2.1.9.1.	Limitador de velocidad .....	73
2.1.9.2.	Paracaídas .....	74
2.1.9.3.	Amortiguadores.....	74
2.1.9.4.	Imágenes y explicación funcionamiento del acuñaamiento y amortiguación. 75	
CAPITULO 4: Estado actual sistema funicular .....		78
4.1.	Sistema de accionamiento- Máquina de arrastre.....	78
4.2.	Carro de Carga. ....	80
4.3.	Contrapeso.....	81
4.4.	Plano de rodadura.....	82
4.4.1.	Rieles guía de contrapeso y carro. ....	82
4.5.	Suspensión arrastre y reenvío.....	83
4.6.	Dispositivo de frenado- freno de emergencia. ....	84
4.7.	Estación superior. ....	85
4.7.1.	Estado de los elementos estructurales de acero.....	86
4.7.2.	Fundaciones. ....	88
4.7.3.	Verificación de diseño de elementos. ....	89
4.7.4.	Resistencia en flexión de vigas principales.....	90
4.7.4.1.	Antecedentes Viga longitudinal del carro. ....	91
4.7.4.2.	Resistencia a la flexión en viga longitudinal del carro. ....	91
4.7.4.3.	Antecedentes Viga transversal .....	93
4.7.4.4.	Resistencia a la flexión en viga transversal, tablas Cintac. ....	94

4.7.4.5.	Antecedentes Viga longitudinal contrapeso.....	94
4.7.4.6.	Resistencia a la flexión en viga longitudinal contrapeso, tablas Cintac.....	95
4.7.5.	Pernos de fijación de vigas.....	96
4.8.	Sistemas eléctricos. ....	97
	CAPITULO 5: Criterios de intervención.....	98
5.1.	CRITERIOS DE INTERVENCION. ....	98
5.1.1.	Criterios de intervención generales.....	98
5.1.1.1.	Seguridad. ....	98
5.1.1.2.	Confiabilidad operacional y mantenibilidad. ....	99
5.1.1.3.	Grados de corrosión. ....	101
5.1.1.4.	Imagen objetivo y propuesta de intervención. ....	102
5.1.1.5.	Tratamiento anti-corrosivo.....	108
5.1.1.6.	Selección de polines.....	111
5.1.1.7.	Overhaul.....	116
5.1.1.8.	Mantenimiento general. ....	116
	CAPITULO 6: Mantenimiento periódico-preventivo.....	118
6.1.	PLAN DE MANTENIMIENTO. ....	118
6.1.1.	Definición Mantenimiento. ....	118
6.1.1.1.	Mantenimiento Correctivo. ....	119
6.1.1.2.	Mantenimiento Preventivo.....	120
6.1.1.3.	Mantenimiento Periódico.....	120
6.1.1.4.	Mantenimiento Programado.....	120
6.1.1.5.	Mantenimiento Predictivo.....	121
6.1.2.	Legislación y normativa vigente. ....	121
6.1.3.	Seguridad al realizar trabajos de mantenimiento. ....	122
6.1.2.1.	Generales.....	122
6.1.2.2.	Trabajos de mantencion donde se requiere trabajar en altura: .....	124
6.1.4.	Plan Mantenimiento periódico-preventivo montacargas tipo funicular .....	125
6.1.4.1.	Sistema de accionamiento-Maquina de arrastre.....	126
6.1.4.2.	Carro de Carga. ....	131
6.1.4.3.	Contrapeso. ....	132
6.1.4.4.	Plano de rodadura. ....	133

6.1.4.5.	Arrastre y suspensión.....	133
6.1.4.6.	Sistema de seguridad antideriva.....	135
6.1.4.7.	Estación superior.....	137
6.1.4.8.	Estructura soportante plano de rodadura.....	137
IV.	CONCLUSIONES .....	139
V.	BIBLIOGRAFIA.....	143
VI.	ANEXOS .....	145
	ANEXO A: DESAGREGADO SISTEMAS .....	146
	ANEXO B: PLANIMETRIA FUNICULAR.....	147
	ANEXO C: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES .....	148
1.1.1.	Legislación y Normativa Técnica Referenciales.....	149
1.1.2.	Generalidades sobre las obras a contratar .....	151
1.1.3.	Estudio Técnico .....	154
1.1.4.	Planos del proyecto .....	155
1.1.5.	Personal técnico en obra y profesional a cargo .....	156
1.1.6.	Inspección Técnica de obras (ITO) .....	156
1.1.7.	Libro de obras .....	158
1.1.8.	Responsabilidades del contratista.....	159
1.1.9.	Equipos componentes y materiales .....	160
1.1.10.	Ejecución de las obras .....	161
1.1.11.	Higiene y seguridad en la ejecución de las obras.....	161
1.1.12.	Movimiento de cargas .....	163
1.1.13.	Disposición final de materiales retirados .....	163
1.1.14.	Permisos y certificaciones.....	163
1.1.15.	Informe técnico final-registro técnico.....	164
1.1.16.	Recepción de obras- Marcha blanca.....	165
1.1.17.	Recepción provisoria de los trabajos.....	165
1.1.18.	Marcha blanca.....	166
1.1.19.	Recepción definitiva de los trabajos.....	167
	ANEXO D: MEDICIONES ESPESORES ESTRUCTURA SOPORTANTE.....	168
	ANEXO E: PLAN DE MANTENIMIENTO .....	175

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistemas y componentes en el alcance del trabajo a desarrollar en el equipo. ....	21
Tabla 2: Especificaciones sistemas y subsistemas del alcance .....	22
Tabla 3: Listado componentes hidráulicos.....	60
Tabla 4: Listado componentes hidraulicos.....	61
Tabla 5: Dimensiones de vigas principales.....	90
Tabla 6: Factores para el mejoramiento de la mantenibilidad. ....	100
Tabla 7: Condición sub-estándar y criterios de intervención.....	103
Tabla 8: Condición sub-estándar y criterios de intervención.....	104
Tabla 9: Condición sub-estándar y criterios de intervención.....	105
Tabla 10: Condición sub-estándar y criterios de intervención.....	106
Tabla 11: Condición sub-estándar y criterios de intervención.....	107

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Shadoof</i> egipcio. ....	16
Figura 2: Polipasto griego. ....	17
Figura 3: Sistema de seguridad. Tomado del libro Transporte Vertical de Antonio Miravete y Emilio Larrodé. ....	19
Figura 4: organigrama de la empresa. ....	29
Figura 5: Organigrama de la empresa, gerencia de operaciones. ....	30
Figura 6: Organigrama de la empresa, subgerencia de mantenimiento. ....	31
Figura 7: Organigrama de la empresa, departamento de mantenimiento. ....	31
Figura 8: Esquema de tipos de arrastre en elevadores. ....	35
IFigura 9: Esquema general de componentes de un montacargas eléctrico de adherencia. ...	37
Figura 10: Ubicación de la planta de tratamiento ESVAL Loma Larga. ....	39
Figura 11: Ubicación de la planta de tratamiento ESVAL Loma Larga. ....	40
Ilustración 12: Imagen demostrativa en CAD de funicular Loma Larga. ....	42
Figura 13: Motor Diesel, y un conjunto general del Sistema oleohidráulico ubicado en el primer nivel de la estructura superior. ....	48
Figura 14: Bombas hidráulicas accionadas por el Motor Diesel. ....	49
Figura 15: Sistema de Mando Sistema Oleohidráulico ubicado en el segundo nivel de la estructura superior. ....	49
Figura 16: Winche OleoHidráulico. ....	50
Figura 17: Poleas horizontales de desvío y Polea Vertical de reenvío Contrapeso. ....	50
Figura 18: Winche olehidráulico y poleas de reenvío, desvío. ....	51
Figura 19: Polea de desvío. ....	51
Figuraa 20: Poleas de desvío en carro y fijación de cable de reenvió en carro. ....	52
Figura 21: Poleas horizontales de desvío en carro y estructura superior. ....	52
Figura 22: Polea Horizontal de desvío. ....	53
Figura 23: Carro vista general. ....	53
Figura 24: parte inferior del carro. ....	54
Figura 25: Ruedas sobre riel y rueda horizontal con función guía y anti-vuelco. ....	54
Figura 26: Dispositivo anti-deriva. ....	55
Figura 27: Polea superior de Sistema anti-deriva en carro. ....	55
Figura 28: Foto general de contrapeso en estado actual. ....	56
Figura 29: Sistema de rodado del contrapeso. ....	56
Figura 30: Componentes sistema hidráulico. ....	62

Figura 31: Componentes sistema hidráulico.....	62
Figura 32: Componentes sistema hidráulico.....	63
Figura 33: Componentes sistema hidráulico.....	63
Figura 34: Componentes sistema hidráulico.....	64
Figura 35: Componentes sistema hidráulico.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 36: Componentes sistema hidráulico.....	65
Figura 37: Componentes sistema hidráulico.....	65
Figura 38: Componentes sistema hidráulico.....	66
Figura 39: Plano de rodadura.....	67
Figura 40: Plano de rodadura tomado desde la estructura superior, se observa loza y rieles fijados a Asiento de Silla.....	68
Figura 41: Plano de rodadura tomado desde zona baja, se observa loza y rieles fijados a Asiento de Silla.....	68
Figura 42: Plano de Rodadura.....	69
Figura 43: Plano de rodadura tomado desde la estructura superior, se observan los 12 módulos.....	70
Figura 44: Módulo de estructura soportante.....	70
Figura 45: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.....	71
Figura 46: Detalle de Patas Standard Lado Sur.....	71
Figura 47: Detalle de Patas Standard Lado Norte.....	71
Figura 48: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.....	72
Figura 49: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.....	72
Figura 50: Polea donde se encuentra el limitador de velocidad.....	73
Figura 51: Lugar donde se encuentra el sistema de acuñamiento del sistema de seguridad..	75
Figura 52: Detalle sistema de cuñas.....	76
Figura 53: Cuñas del sistema.....	77
Figura 54: Amortiguador hidráulico y polea de reenvió del cable de sistema antideriva.....	77
Figura 55: estado bombas hidráulicas, motor, mangueras.....	78
Figura 56: estado winches hidráulicos.....	79
Figura 57: ausencia de componentes y mangueras rotas e inexistentes.....	80
Figura 58: Rodado vertical y horizontal del carro.....	81
Figura 59: Pérdida de fijaciones de riel a viga.....	82
Figura 60: Vista de la pérdida de linealidad del riel.....	83
Figura 61: estado actual de suspensión, arrastre y reenvió.....	84

Figura 62: Estado estación superior.....	86
Figura 63: Estado de elementos en encuentro de vigas, pilar y diagonal.....	87
Figura 64: Estado de puntal, evidencia de la acumulación de material de suelo.....	88
Figura 65: Estado general de fundaciones.....	88
Figura 66: Parámetros de vigas.....	90
Figura 67: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal del carro.....	92
Figura 68: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal contrapeso.....	94
Figura 69: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal contrapeso.....	95
Figura 70: Aspectos fundamentales de la confiabilidad [11].....	99
Figura 71: Diagrama de cuerpo libre en polín.....	111
Figura 72: Polín seleccionado para cables de sistema anti-deriva.....	112
Figura 73: Diagrama de cuerpo libre en polín.....	113
Figura 74: Polín seleccionado para cables de sistema de arrastre.....	113
Figura 75: Diagrama de cuerpo libre en polín.....	114
Figura 76: Polín seleccionado para cable de contrapeso.....	115

## **CAPITULO 1: Definición de la memoria**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1.1 Introducción al Transporte Vertical**

En la actualidad es bastante difícil imaginar una construcción de más de 5 pisos que no posea un ascensor, un centro comercial sin escaleras mecánicas o las nuevas construcciones, plantas sin montacargas para el traslado de sus equipos y/o materiales, así como los característicos funiculares patrimoniales de Valparaíso ubicado en los cerros. Es por eso que cuando se habla de transporte vertical se hace referencia a todo tipo de instalación que tenga movilidad en ese eje o bien en un plano inclinado el cual posea una componente vertical.

Muchas de las instalaciones relacionadas al transporte vertical se han visto involucradas en accidentes y problemas de seguridad, esto se debe a que algunos elevadores no presentan las condiciones adecuadas de mantenimiento y muchas veces de instalación, encontrándose alejadas de la normativa y legislación actual.

Este trabajo de título busca preparar las bases técnicas para las reparaciones necesarias que permitan asegurar un nivel de operatividad, confiabilidad y seguridad del montacargas de tipo funicular de 40 toneladas instalado en la planta Loma Larga –propiedad de ESVAL S.A. Evaluar los sistemas y constituyentes en el alcance definido, proponer un plan de acción con las reparaciones prioritarias y establecer las bases técnicas de las mismas, todo esto ajustándose a las normas y leyes atinentes que sean aplicables para dicho funicular.

#### **1.1.2 Evolución en el Tiempo**

Si se remonta a los inicios del transporte vertical en la antigüedad, se llega hasta Egipto, donde los primeros dispositivos que se utilizaban para levantar objetos eran correas de cuero o correas de fibra de papiro, mientras que en la antigua China hacia el 2830 A.C. se usaban materiales compuestos por lianas que posteriormente se convirtieron en cuerdas de cáñamo trenzadas.

Hacia 1550 A.C en Egipto y Mesopotamia se generalizó la utilización del *shadoof* (Figura 1), un mecanismo de palanca utilizado para la elevación de agua desde los ríos para el riego. Desde el punto de vista mecánico el *shadoof* se basa en la ley de la palanca. Sobre una columna fija se monta una palanca de dos brazos alrededor de un eje que puede girar en dirección horizontal. Los brazos son de longitudes diferentes, uno más largo que otro, utilizando el más largo para elevar un recipiente de agua, mientras que el más corto se utilizaba para colgar una piedra como contrapeso. La persona que lo operaba tenía que posicionarse bajo el brazo largo y bajar el cubo vacío para que este se hunda. Una vez que se llenaba, se soltaba y por la acción del contrapeso subía por sí solo. Con el pasar del tiempo el *shadoof* alcanza su máxima expresión con la grúa egipcia, utilizada en las construcciones, en la cual requería una gran cantidad de hombres al momento de realizar la maniobra [1].



Figura 1: *Shadoof* egipcio.

Cerca del 700 A.C los griegos desarrollaron la técnica de descomponer las fuerzas y crean un dispositivo llamado *polipasto* (Figura 2), el cual está compuesto por dos poleas, una fija y otra que soporta el elemento a desplazar. Se utiliza una cuerda que está en un extremo sujeto a un gancho que sale del centro de la polea fija, luego abraza la polea móvil y sube para pasar alrededor de la polea fija dejando el otro

extremo libre para elevar la carga. Esta carga se elevará la mitad de la distancia recorrida con el extremo de la cuerda libre.

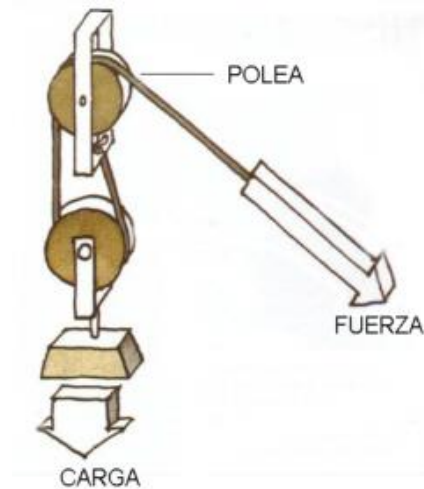


Figura 2: Polipasto griego.

Siguiendo en la antigua Grecia, cabe destacar la importancia de tres grandes personajes los cuales tuvieron gran incidencia en lo que respecta a la elevación, Ctesibio, Arquímedes y Herón.

Ctesibio es el llamado padre de la hidráulica en el 270 A.C, es quien fabrica el primer cilindro provisto de un émbolo y el primero en utilizar la rueda dentada.

Arquímedes establece la ley de la palanca y crea un sistema teórico respecto a la multiplicación de las fuerzas, el efecto de la cuña y la utilización del plano inclinado y la polea, cosas que se habían venido utilizando hace años, como algo evidente.

Mientras que Herón (siglo I d.C) creó la obra llamada "*Mechanica*", donde impulsó varias técnicas para desarrollar lo que es elevación, además de la cuña, el rodillo y la rueda con un eje, también describió la polea compuesta.

Ya en la edad media, se continúa trabajando en dispositivos de elevación. Entre los personajes e inventores de la época destaca Leonardo Da Vinci, quien realizó una serie de inventos como grúas para la construcción, excavadoras flotantes con ruedas de cangilones, sistemas de reapertura de pozos, entre otros. Un punto importante de Da Vinci es el que haya desarrollado una serie de elementos mecánicos nuevos para

sus inventos como tornillos sin fin, ruedas helicoidales, cojinetes de rodillos y bolas, cadenas articuladas y elementos que soportaban cargas axiales, algo que no se había considerado hasta entonces.

En el siglo XVIII se crearon una gran variedad de dispositivos para distintos usos, como elevadores de cargas para las minas en EE.UU, elevadores de agua y ascensores de entresijos en Rusia o la incorporación de un tambor y un freno mecánico para detener la operación de elevación en la industria, esto último aparece en el catálogo del “*Real Gabinete de Máquinas*”, creado en 1794 por Juan López de Peñalver en España.

Hasta este momento no habían cambiado mucho las cosas respecto a la antigüedad, si bien se había avanzado y desarrollado bastante lo iniciado siglos atrás, no había surgido novedades respecto a la elevación vertical.

Es en el año 1800 tras el invento de James Watt de la máquina a Vapor, se utilizaba otra forma de elevar, aplicado en la industria del carbón, para su extracción desde el fondo de las minas. Con el transcurso de los años se utilizaba el vapor para elevar cargas en grúas y otro tipos de industrias, pero aún no para elevar personas ya que por motivos de seguridad no era conveniente. A mediados del siglo XIX nace la incorporación de cables hechos de alambres de acero, reemplazando el cáñamo evitando la torsión que se producía con este material.

En este siglo se vivieron una serie de cambios de la mano de la Revolución industrial y la segunda revolución industrial, donde se creó el primer ascensor hidráulico para cargas, diseñado por Sir William Thompson en 1845. Mientras que en EE.UU, en 1850 por primera vez se mueve un Montacargas con la utilización de Vapor y en ese mismo año se crea el sistema de Corona y Tornillo Sin-fin para mover un gran tambor de arrollamiento. Se volvió común en esa época ver plataformas que se desplazaban de esta forma, pero llegó un momento en el que todos estaban esperando la aplicación universal de estos elevadores, es decir, para el transporte de personas, donde la seguridad seguía siendo la problemática.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de seguridad también eran muy tomados en cuenta para estos desarrollos. En el año de 1852, Elisha Graves Otis (mecánico especialista y fundador de una de las primeras empresas constructora de elevadores), diseñó lo que se llamó el primer ascensor seguro, ya que disponía de un dispositivo automático de seguridad que evitaba la caída del elevador cuando el cable se rompía; este sistema de seguridad consistía en una cabina con trinquetes que unos resortes obligaban a engranar con muescas dispuestas a los lados del foso del ascensor en el momento que se rompía el cable[2].

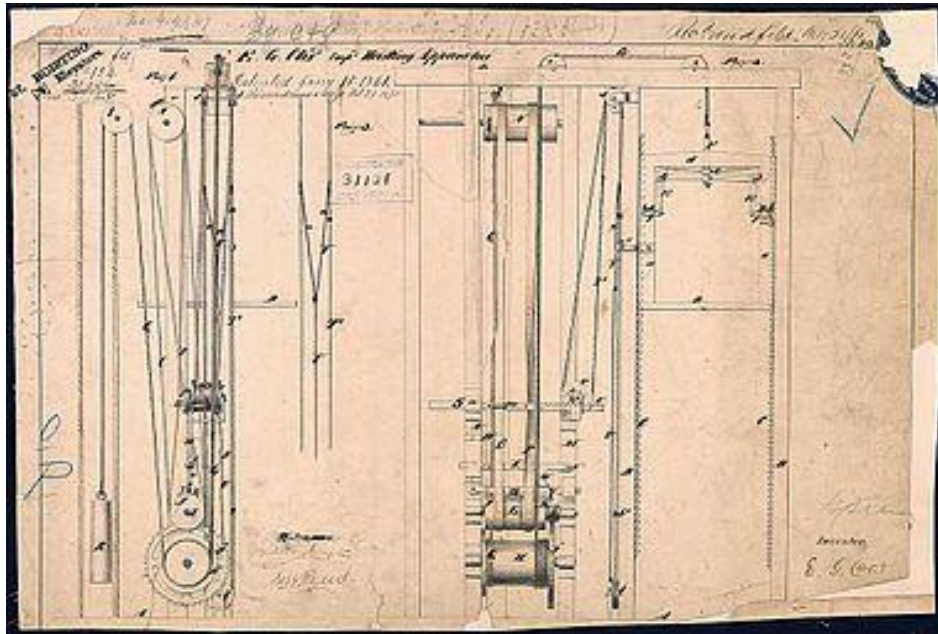


Figura 3: Sistema de seguridad. Tomado del libro Transporte Vertical de Antonio Miravete y Emilio Larrodé.

Los principales desarrollos entre 1867 y 1912 son el ascensor hidráulico y el sistema de tracción eléctrica. Con el desarrollo del ascensor eléctrico era lógica la adecuación de un interruptor (conectado a la sala de máquinas por medio de un cable eléctrico) en la cabina que permitiera accionar el ascensor en ambos sentidos y permitiera detener el ascensor cuando se ubicara en el piso deseado.

A medida que pasaba el tiempo, aumentaba la eficiencia de estos dispositivos electrónicos, permitiendo la automatización de las puertas, el aumento de la velocidad de transporte, la exactitud de detención de la cabina, la eliminación de un operador tiempo completo, protección de los usuarios respecto a las puertas, guardar memoria de las llamadas de ascensor en los diversos pisos . Por último, el desarrollo de los circuitos integrados y el microprocesador proporcionan un grado de eficiencia, rendimiento y disponibilidad sin límites, proporcionando la creación de un nuevo grupo de elevadores flexibles a todo tipo de necesidades y requerimientos que exija el futuro.

## **1.2. ALCANCE TRABAJO DE TITULO**

El alcance del trabajo de título contempla de manera general los sistemas motrices y estructurales de los montacargas de tipo funicular instalados en la planta Loma Larga, propiedad de ESVAL S.A. y algunos de sus sub-sistemas y componentes, los que se indican en la **Tabla 1:**

Tabla 1: Sistemas y componentes en el alcance del trabajo de título a desarrollar en el equipo.

<b>SISTEMA</b>
<b>Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre</b>
<b>Carro de Carga</b>
<b>Contrapeso</b>
<b>Plano de Rodadura</b>
<b>Suspensión, Arrastre y Reenvío.</b>
<b>Dispositivo de frenado – Freno de Emergencia</b>
<b>Estación Superior</b>
<b>Estructura Soportante Plano de Rodadura</b>
<b>Sistemas Eléctricos Generales</b>

Tabla 2: Especificaciones sistemas y subsistemas del funicular

SISTEMA \ EQUIPO	40 [Ton]
Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Motor Diesel;</li> <li>✓ Winches;</li> <li>✓ Sistema Oleohidráulico;</li> <li>✓ Estructura General;</li> <li>✓ Cable de Arrastre.</li> </ul>
Carro de Carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema de Rodado;</li> <li>✓ Sistema de Seguridad Anti-Deriva;</li> <li>✓ Estructura General.</li> </ul>
Contrapeso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bloque Contrapeso;</li> <li>✓ Sistema de Rodado;</li> <li>✓ Rieles-Guía Carro y fijaciones.</li> </ul>
Plano de Rodadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rieles-Guía Contrapeso y Fijaciones;</li> <li>✓ Polines;</li> <li>✓ Estructura Soportante Plano de Rodadura;</li> <li>✓ Dispositivo para Colgamiento.</li> </ul>
Suspensión, Arrastre y Reenvío.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cable de Contrapeso;</li> <li>✓ Poleas de Desvío Cable de Arrastre;</li> <li>✓ Poleas de Desvío Cable de Arrastre;</li> <li>✓ Poleas de Reenvío Cable del Contrapeso;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Dispositivos de Suspensión;</b></li> <li>✓ <b>Cable de Arrastre.</b></li> </ul>
<b>Dispositivo de frenado – Freno de Emergencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Estructura General;</b></li> <li>✓ <b>Cable de seguridad;</b></li> <li>✓ <b>Cuadernales fijos y móviles;</b></li> <li>✓ <b>Sistema Accionamiento.</b></li> </ul>
<b>Estación Superior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Sistema Amortiguamiento;</b></li> <li>✓ <b>Sistema para Colgamiento del Carro</b></li> </ul>
<b>Estructura Soportante Plano de Rodadura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Sistema Soportante de Winches Hidráulicos;</b></li> <li>✓ <b>Patas Estándar;</b></li> <li>✓ <b>Estructuras Metálicas.</b></li> </ul>
<b>Sistemas Eléctricos Generales</b>	

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Generales**

El trabajo propuesto tiene como objetivo preparar las bases técnicas para las reparaciones necesarias que permitan asegurar un nivel de operatividad, confiabilidad y seguridad del montacargas de tipo funicular de 40 toneladas instalado en la planta Loma Larga –propiedad de ESVAL S.A. Evaluar los sistemas y constituyentes en el alcance definido, proponer un plan de acción con las reparaciones prioritarias y establecer las bases técnicas de las mismas.

Con el mismo objetivo se propondrá un plan de mantenimiento periódico-preventivo para dicha instalación. El alcance del trabajo contempla de manera general el sistema motriz y estructural del montacargas de tipo funicular instalado y algunos de sus sub-sistemas y componentes.

### **1.3.2. Específicos**

Los objetivos específicos que se establecen son:

- Definir sistemas y subsistemas del funicular de 40 toneladas de Esva Loma Larga.
- Levantar y estudiar toda la información técnica de la que se disponga.
- Diagnosticar el estado de conservación, operación y funcionalidad de los sistemas en el alcance del trabajo.
- Estudiar los diferentes métodos para establecer una mantención preventiva.
- Definiciones básicas del plan de mantenimiento preventivo.
- Desarrollar un plan de mantenimiento periódico-preventivo.

Todo esto sujeto a una base de leyes, reglamentos y normas atinentes a estos tipos de funiculares, además de la experiencia internacional en torno a equipos similares.

## **CAPITULO 2: Antecedentes Generales**

### **1.4. LA EMPRESA**

#### **1.4.1. Antecedentes Generales**

ESVAL es una sociedad dedicada al tratamiento y distribución de agua potable, y recolección, descontaminación y disposición de aguas servidas, que efectúa además prestaciones relacionadas con dichas actividades, en la forma y condiciones establecidas en la Ley que autoriza su creación y otras normas que le sean aplicables[3].

El territorio operacional de la compañía comprende las áreas urbanas de la Región de Valparaíso, que la anterior Empresa de Obras Sanitarias de la Región presta servicio al 27 de enero de 1986 –exceptuados los sectores entregados en concesión a servicios particulares o municipales–, más aquellas zonas de expansión contempladas dentro de los planes de desarrollo que aprueba la Superintendencia de Servicios Sanitarios, de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 18.777 y en el decreto N° 2.166/78 y 69/89, ambos del Ministerio de Obras Públicas[4].

Adicionalmente, ESVAL presta servicios de agua potable a otras localidades, fuera del área de concesión en la comuna de Algarrobo, en base a convenios suscritos con las comunidades de Algarrobo Norte, Mirasol y Las Brisas.

El 25 de noviembre de 2003, la empresa se adjudica en licitación pública, el derecho de explotación por 30 años de las concesiones de la que es titular ECONSSA CHILE, sanitaria de la Región de Coquimbo. Para tales efectos, el día 4 de diciembre de 2003 se constituye una sociedad anónima filial denominada Aguas del Valle, la cual está sometida a las normas que rigen a las sociedades anónimas abiertas. Aguas del Valle produce y distribuye agua potable; recolecta, descontamina y dispone aguas servidas, para lo cual realiza además las prestaciones relacionadas a dichas actividades, en los términos establecidos en el DFL N° 382 de 1988, del Ministerio de Obras Públicas, y demás normas aplicables.

El ente que regula la actividad de ESVAL y el sector sanitario en su conjunto es la Superintendencia de Servicios Sanitarios, creada en 1990, a través de la Ley N° 18.902, con el objeto de garantizar a la población que la prestación de los servicios sanitarios, en cuanto a cantidad, calidad y precio corresponden al ofrecido y son posibles de sostener en el largo plazo, y que el agua, una vez utilizada, será tratada y dispuesta en consonancia con el desarrollo sustentable [4].

#### **1.4.2. Historia**

En 1977, con la creación del Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS), se constituye la Empresa Sanitaria de Valparaíso (ESVAL). Dicha compañía se constituyó como sociedad anónima en 1989 por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), al amparo de la Ley 18.777.

En diciembre de 1998 ESVAL se convierte en la primera empresa sanitaria chilena en ser privatizada. La empresa Aguas Puerto S.A. (conformada por Enersis y Anglian Water Chile Ltda.) adquiere el 40% de la propiedad de ESVAL, y el 15 de abril de 1999 se oficializa el traspaso de las acciones. El 4 de agosto de 2000 Anglian Water adquiriere la totalidad de la participación de Enersis en Aguas Puerto, por lo que ésta se convierte en la controladora de ESVAL.

En noviembre de 2003, Consorcio Financiero S.A. (propietaria de Consorcio Nacional de Seguros) adquiere el 44,78% de las acciones de ESVAL. Ese mismo mes ESVAL adquiere la concesión perteneciente a la Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo (ESSCO), con lo cual la compañía amplía su presencia hacia la Región de Coquimbo mediante su subsidiaria Aguas del Valle .

En noviembre de 2007, Inversiones OTPPB Chile III Limitada y Westwater Investments Limited formulara una OPA por la mayoría de las acciones de Esval. El 21 de diciembre de 2007 dicha OPA es aceptada y dichas sociedades se convierten poseedoras del 69,37% de las acciones de Esval.

El 21 de diciembre de 2009 Westwater Investments Limited vende todas sus acciones en ESVAL a Mareco Holdings Corp, la cual suscribe un pacto con

Inversiones OTPPB. Esta última, a fines de 2009, es poseedora del 69,77% de las acciones, mientras que la CORFO mantiene el 29,43% de las acciones de Esval.

### **1.4.3. Organigrama**

El organigrama directamente relacionado con la realización con este trabajo de título, desde el puesto más alto hasta el encargado directo se presenta a continuación:

- **Directorio:** El directorio de la empresa es el órgano societario responsable de la administración de la compañía. Por consiguiente, las principales tareas del directorio son contratar y continuamente evaluar al gerente general y los altos ejecutivos, aprobar nuevas inversiones, así como también el presupuesto anual con el que se contará, aprobar las políticas de inversión y financiamiento que serán presentadas en las juntas de accionistas, velando siempre por los mejores intereses de la empresa y sus accionistas.
- **Auditor Interno:** El auditor interno tiene la responsabilidad de medir y evaluar la eficiencia, eficacia y economía de los controles, asesorando a la dirección en la continuidad del proceso administrativo, la revaluación de los planes establecidos y en la introducción de los correctivos necesarios para el cumplimiento de las metas u objetivos previstos.
- **Gerencia General:** El gerente general es responsable en forma complementaria a las obligaciones del directorio, y reporta a éste acerca del desempeño de la empresa. El gerente general es el responsable legal de la empresa y en ese sentido deberá velar por el cumplimiento de todos los requisitos legales que afecten los negocios y operaciones de ésta.
- **Gerencia de Operaciones:** El gerente de operaciones es el responsable de mantener actualizadas las funciones y responsabilidades de las diferentes organizaciones de su dependencia, de acuerdo a los procesos operativos y administrativos en que ellas están involucradas, Definir y controlar el cumplimiento de la misión de las divisiones y de la administración, administrar los recursos humanos, financieros y materiales que le sean asignados para el cumplimiento de la planificación anual de la Empresa y las

funciones y procesos que le son propios, así como también proponer los planes de mitigación de los riesgos que afectan a los procesos de la empresa.

- Subgerencia de Mantenimiento: Es el responsable de Administrar todo el proceso de mantenimiento de infraestructura y de equipo tanto preventivo como correctivo. Debe velar por el cumplimiento de las políticas del área así como implementar nuevas medidas requeridas y dirigidas hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización, además de crear estrategias para minimizar al máximo el down time de la planta y cumplir con óptimos tiempos de respuesta en los arreglos requerido.
- Departamento de Mantenimiento V: El Departamento de Mantenimiento se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la empresa en materia de mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones, así como la contratación de la obra pública necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas de la empresa localizadas en la quinta región.

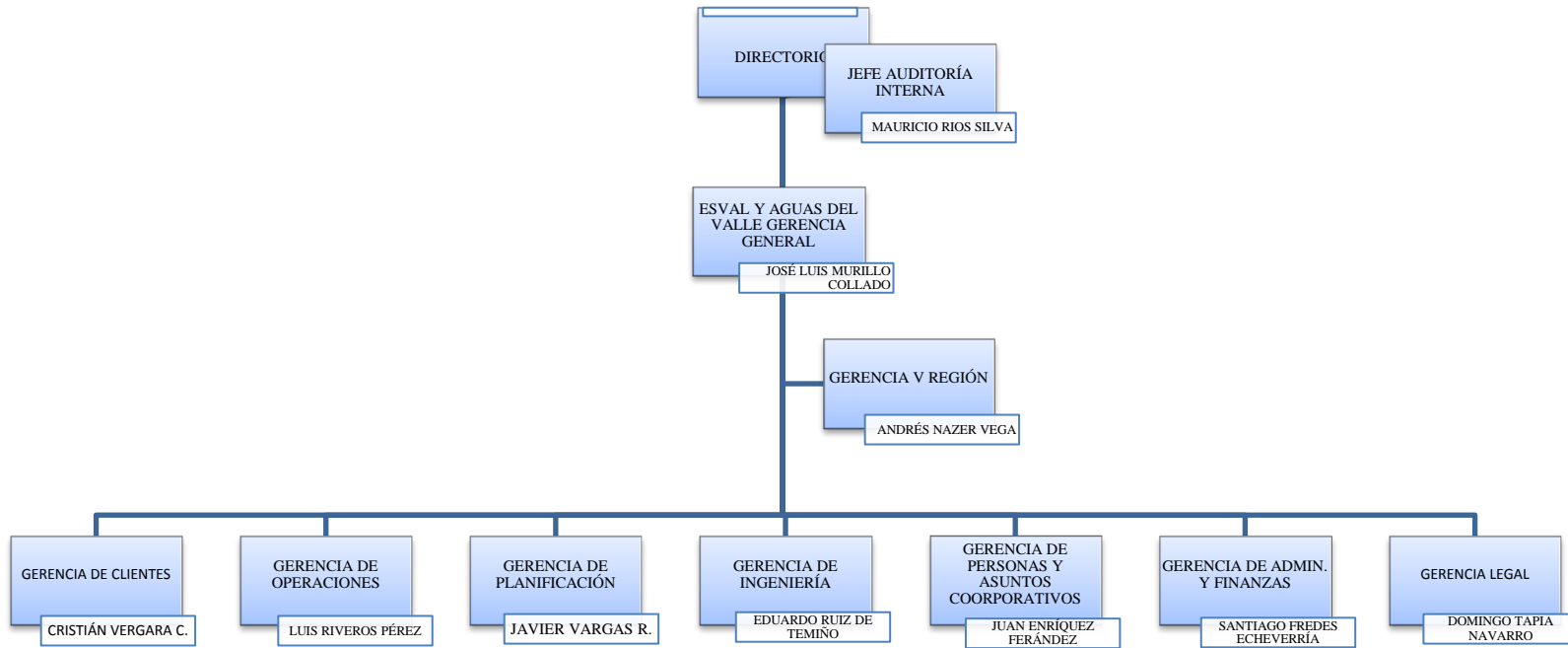


Figura 4: Organigrama de la empresa.

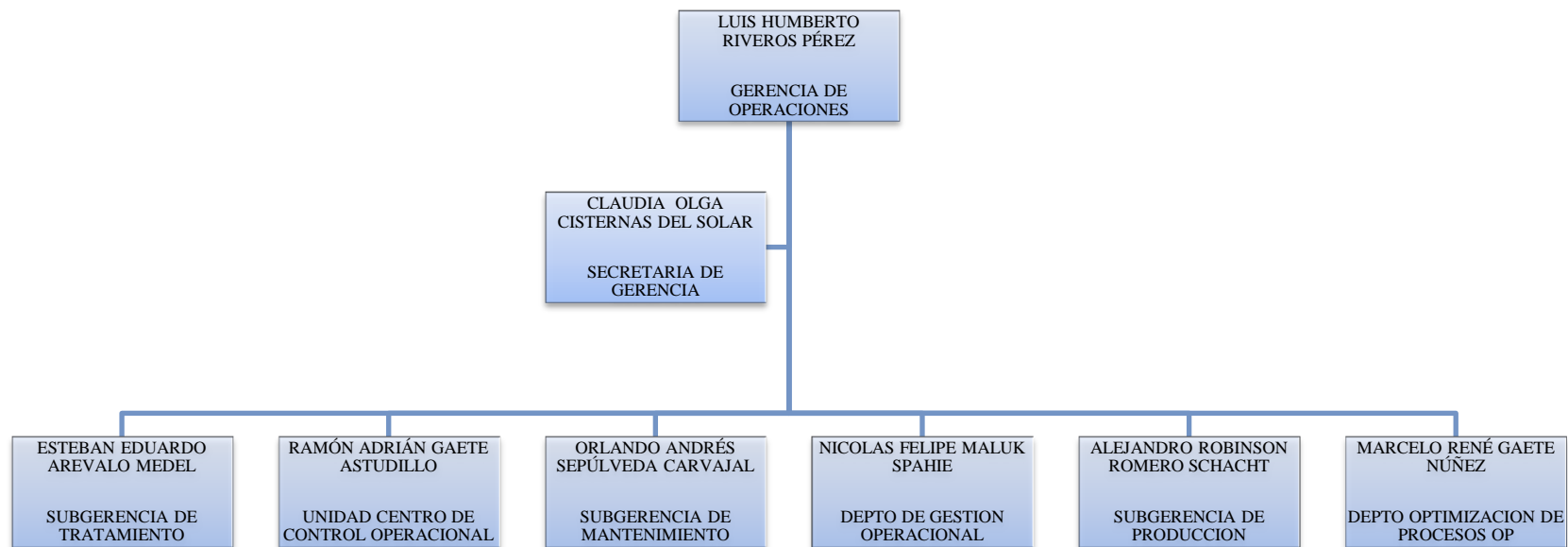


Figura 5: Organigrama de la empresa, gerencia de operaciones.



Figura 6: Organigrama de la empresa, subgerencia de mantenimiento.



Figura 7: Organigrama de la empresa, departamento de mantenimiento.

## 1.5. ESTADO DEL ARTE

Hoy en día prácticamente los elevadores se encuentran en todas partes, en sus diversas modalidades y para distintos usos. Nuestro país no es la excepción, desde la llegada de los primeros funiculares a Valparaíso a principios del siglo XIX, en donde arribaron las primeras empresas de transporte vertical para mejorar la conectividad de la ciudad, la industria no ha dejado de crecer en paralelo con el fuerte crecimiento de la construcción en las grandes ciudades. Desde los años 50 y 60 es donde comienza a definirse el mercado, entre la empresa estadounidense “Otis”, actualmente la empresa con mayor participación de mercado en Chile y con presencia de 80 años a nivel nacional; “Schindler”, de origen suizo y con 90 años operando en el mercado local; ambos, junto a “Thyssen Krupps”, son dueños de casi el 80% del mercado actual. Aun así existen más de 50 empresas que se dedican al rubro lo que hace que aumente un poco la competencia, pero a pesar de eso, no da abasto para la cantidad de elevadores que hay en el país.

Según un estudio de mercado realizado por la *Red Global de Exportación (RGX)* el año 2010 sobre la situación actual, en Chile hay aproximadamente 12 mil ascensores instalados oficialmente, sin embargo, hay más de 4.000 que son "reciclados" y utilizados en otros edificios, sin autorización ni fiscalización; comprobándose que las cifras reales asciende a unos 25.000 unidades. La Cámara Chilena de la Construcción (CCHC), ha señalado oficialmente que en Chile se han movilizado 4.500 millones de dólares en los últimos cinco años en el rubro del transporte vertical [6][7].

Según el estudio se calcula que en los ascensores trasladan entre 5 y 10 millones de personas al día, sin embargo, no existe la conciencia de que éste es un medio de transporte como cualquier otro. Es por ello que el cuerpo de bomberos, sólo en Santiago, recibe entre 5 y 9 llamadas de rescates relacionadas con estos aparatos diariamente, aumentando de esta forma este tipo de emergencias en un 400%. Es por esto mismo que a través de comités y distintos grupos de trabajo comandados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) se trabaja en el perfeccionamiento de la norma vigente y la legislación actual.

Actualmente todas las instalaciones relacionadas al transporte vertical se rigen por la ley N° 20.296 [8], que establece las disposiciones para la instalación mantención e inspección periódica de los ascensores y otro tipo de instalaciones similares, que en el caso de este proyecto se trata de un Montacargas inclinado de tipo funicular. A su vez, la ley 20.296 está regulada por el Decreto N°42 (DS 42), en el cual se establece el reglamento del registro nacional de instaladores, mantenedores y certificadores de ascensores tanto verticales como inclinados o funiculares, montacargas y escaleras mecánicas o rampas. Al mismo tiempo los montacargas inclinados y funiculares deben aferrarse a la norma NCh 3365 [9], la cual establece los requisitos mínimos de diseño, instalación y seguridad para elevadores inclinados, esta norma aplica a elevadores con una inclinación hasta 75° respecto del plano horizontal. Hasta el año 2015 la norma vigente es la NTM009 pero es reemplazada por la NCh 3365 que es aprobada en dicho año.

Dado que este proyecto trata de una recuperación de un montacargas inclinado de tipo funicular de 45° de inclinación, se utilizara la norma NCh 3365 y la norma NCh 440 [5] a modo de referencia, ya que hoy en día no existe norma que rija el montacargas de tipo funicular estudiado en Chile.

## 1.6. MARCO TEORICO

Dentro del transporte vertical se logra identificar dos subdivisiones de elevadores:

- Transporte de personas: Ascensores, escaleras y rampas mecánicas, andenes móviles, *funiculares*, teleféricos.
- Transporte de Cargas: *Montacargas*, elevadores de cangilones o capachos.

### 1.6.1. Tipos de Arrastre en Elevadores

**Elevador de arrastre directo (A):** Elevador en el que los cables o cadenas se arrastran por la misma máquina, es decir, por procedimientos en los que no interviene la adherencia. Las instalaciones con tambor funcionan traccionando y enrollando directamente el cable sobre el tambor. Estas máquinas pueden no llevar

contrapeso, lo cual es usual donde el espacio para instalación es limitado o donde por algún motivo se debe prescindir de él.

**Elevador de arrastre diferencial (B):** El cable de tracción es accionado por un tambor de enrollamiento, provocando que el cable sea arrastrado de acuerdo al trabajo que se requiera realizar con el carro, dicho cable se encuentra guiado en el carro por medio de al menos una polea y su extremo libre fijado, lo que genera una relación de movimiento entre el tambor y el carro de 1:2 en el caso de una sola polea.

**Elevador por adherencia (C):** El accionamiento del cable de tracción se logra por su paso a través de los canales de la polea, en la que la adherencia de los cables se obtiene por la presión producida por el peso de la cabina y el del contrapeso sobre los extremos de los cables a ambos lados de la polea. La adherencia de los cables se debe garantizar disponiendo del perfil de garganta y el material adecuado de la misma; así como adoptando un ángulo de arrollamiento lo suficientemente grande, que a veces debe alcanzar dos vueltas.

**Elevador de arrastre con contrapeso (D):** Los cables del carro y contrapeso, se encuentran enrollados en el mismo tambor, con la particularidad de que cada uno se encuentra en un extremo diferente y orientación de enrollamiento contraria. Su funcionamiento es por medio de un tambor, que al girar provoca el arrastre del cable de arrastre en un extremo del tambor y el desenrollamiento del cable del contrapeso en el otro extremo, esta situación hace que el cable fijado al carro y contrapeso haga que suba y baje intermitentemente variando solo el sentido de rotación del sistema.

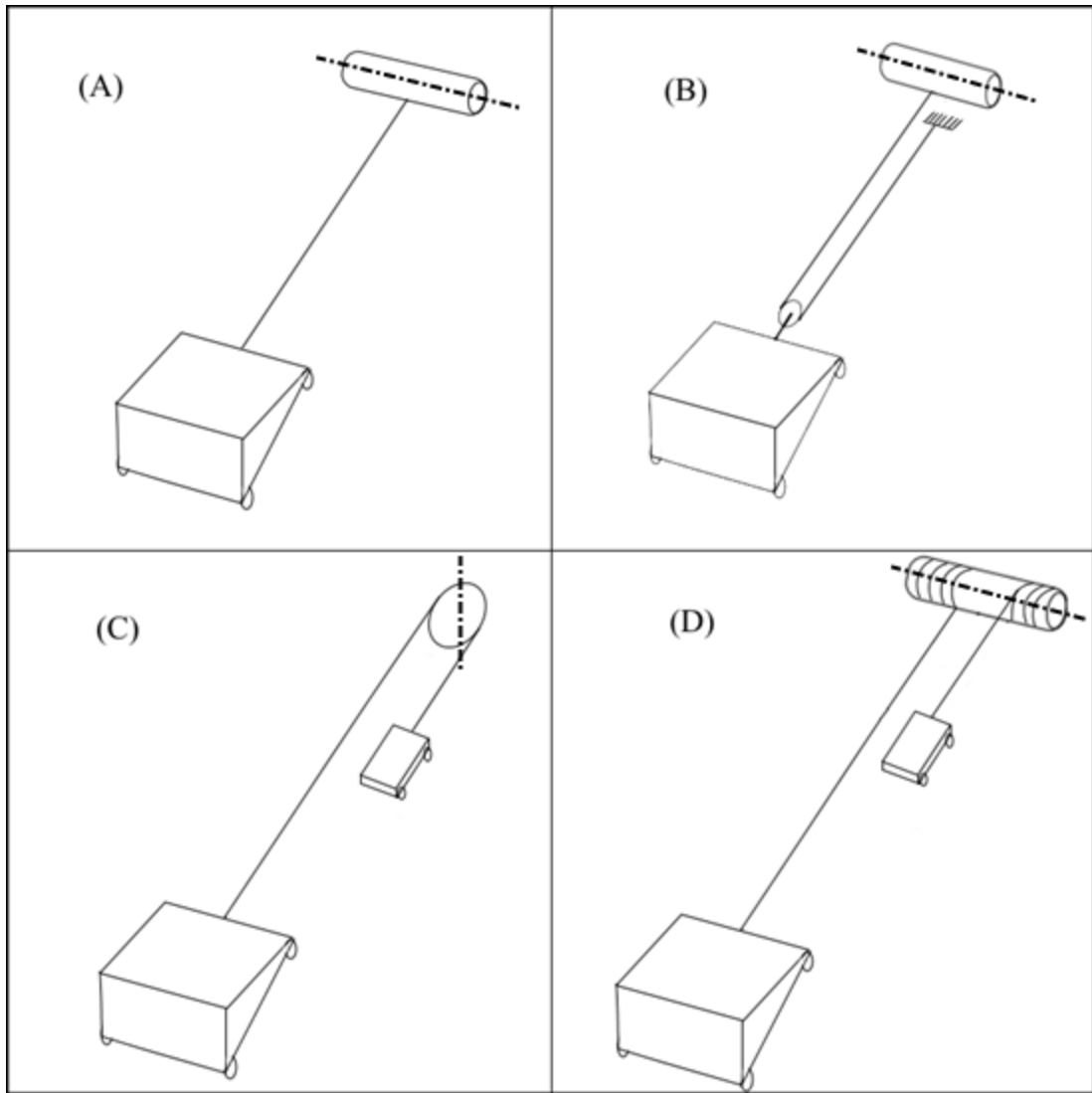


Figura 8: Esquema de tipos de arrastre en elevadores.

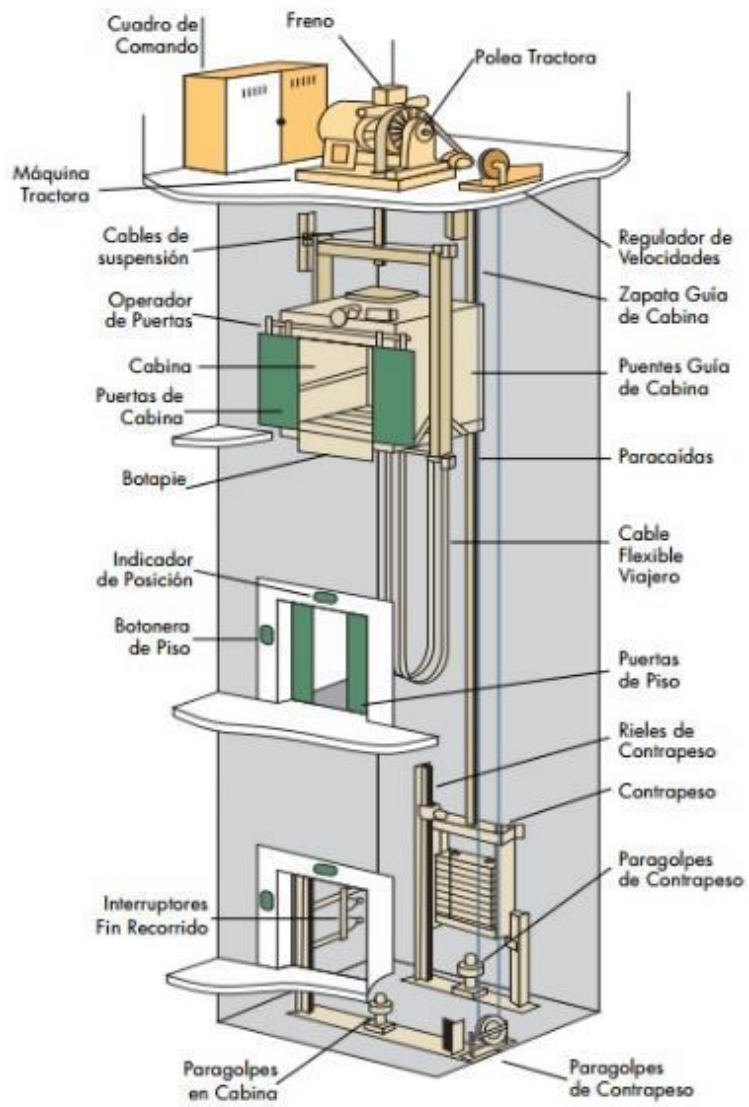
### 1.6.2. Montacargas Eléctricos de Adherencia [10]

Los elevadores eléctricos o electromecánicos abarcan la mayor parte del mercado en la actualidad, estos se utilizan tanto para el traslado de personas como el de cargas. Estos elevadores poseen la capacidad de extenderse a grandes alturas, variadas velocidades y cargas, según sea el requerimiento, es por esto que se emplean en diferentes áreas, ya sean administrativas, comerciales, residenciales, etc. Básicamente estos elevadores mantienen el principio de funcionamiento que se

utilizaba en la antigüedad que consta de la carga y el contrapeso, hoy en día se habla de la cabina y el contrapeso, siendo la cabina el lugar físico que soporta la carga. Esta cabina es elevada mediante una polea de tracción, que se mueve gracias a un motor eléctrico, el cual se une mediante un eje a un sinfín-corona, de esa forma realiza la reducción correspondiente. Si a lo anterior se le suma el sistema de control y sistema eléctrico se obtiene un elevador electromecánico de Adherencia, para este caso un Montacargas electromecánico de Adherencia. Antiguamente existían los llamados tambores de arrollamiento, que consistían en un tambor en el cual se enrolla el cable, un motor eléctrico y una caja de reducción, mecanismo que se puede observar en algunos de los funiculares típicos de los cerros de Valparaíso.

A continuación se dará a conocer los elementos que forman parte de un Montacargas Electromecánico de Adherencia, basándose en la norma NCh 440-1, que establece los requisitos de seguridad, construcción e instalación de Ascensores y Montacargas eléctricos, los cuales están constituidos por diferentes elementos en lo que respecta a la instalación completa. Se pueden separar de la siguiente manera:

- Caja o escotilla del Montacargas
- Sala de Máquinas
- Puertas de Piso
- Cabina y Contrapeso
- Suspensión, compensación, limitador de seguridad, paracaídas
- Guías, amortiguadores y dispositivos de final de recorrido.
- Máquina
- Sistema Eléctrico y Control
- Protección contra fallas.



IFigura 9: Esquema general de componentes de un montacargas eléctrico de adherencia.

### **1.6.2.1. Montacargas inclinado de tipo funicular diferencial**

Este es el caso del montacargas en estudio, el cual mantiene el principio de funcionamiento utilizado en la antigüedad que consta de la carga y el contrapeso, actualmente se habla de la cabina y el contrapeso, siendo la cabina el lugar físico que soporta la carga. Esta cabina es elevada mediante un winche de tracción y un sistema de poleas, que se mueve debido a la acción de un motor a combustión interna, el cual activa unas bombas hidráulicas y estas a su vez activan el circuito oleo hidráulico que mueve los winches hidráulicos generando el movimiento de la cabina, a su vez posee un contrapeso que a través del cable que pasa por una polea de reenvío conecta el terminal de suspensión del carro con el contrapeso.

A continuación se darán a conocer los elementos que forman parte de un Montacargas inclinado , basándose a modo de referencia en la norma NCh 3365, que establece los requisitos mínimos de diseño, instalación y seguridad para elevadores inclinados y funiculares destinados al transporte de pasajeros y carga acompañada de pasajeros, los cuales están constituidos por diferentes elementos en lo que respecta a la instalación completa. Basándonos en la norma NCh 3365 se pueden separar de la siguiente manera:

- Espacio de máquinas y poleas
- Cabina y Contrapeso
- Cables de suspensión
- Paracaídas
- Limitador de velocidad
- Rieles de cabina y contrapeso
- Soportes de rieles guía y fijaciones
- Amortiguadores y dispositivos de finales de recorrido
- Máquinas de tracción
- Elementos de operación y equipamiento de control
- Protección contra fallas

## **CAPITULO 3: Descripción de sistemas funicular**

### **1.7. SISTEMA FUNICULAR 40 TONELADAS**

#### **1.7.1. Ubicación de la Instalación**

La planta de tratamiento Loma larga de ESVAL se encuentra emplazada en la quebrada Las Ánimas, en el primer sector de Playa Ancha en la comuna de Valparaíso, a aproximadamente 3.5 kilómetros del centro de la ciudad. El acceso a la planta es a través de un camino que conecta con la calle Porvenir en el sector. En la ilustración 11 se muestra una fotografía satelital de la zona de emplazamiento de la planta y su entorno.



Figura 10: Ubicación de la planta de tratamiento ESVAL Loma Larga.

En la Figura 11: Ubicación de la planta de tratamiento ESVAL Loma Larga. se muestra una vista aérea de acercamiento a la planta donde se destacan el punto de

acceso, la zona de operaciones de la planta al fondo de la quebrada y la cabina de acceso en la parte superior del montacargas en estudio.

El montacargas es utilizado para ingresar vehículos de gran tonelaje, tipo camiones tolva, que transportan rocas de grandes dimensiones o tetrápodos de hormigón armado que cumplirían la función de rompeolas al ser depositados en el sector de rompiente en el límite entre la costa y el final de la quebrada.



Figura 11: Ubicación de la planta de tratamiento ESVAL Loma Larga.

### 1.7.2. Datos de la Instalación

<b>Año de Puesta en Servicio:</b>	Desconocido
<b>Carga Nominal:</b>	40 [Ton] (según información provista por el Mandante)
<b>Recorrido:</b>	93 [m]
<b>Inclinación:</b>	45°
<b>Cables de Arrastre Tracción:</b>	Ø 7/8" Configuración torcido lang derecho
<b>Cable Contrapeso:</b>	Ø 1½" Configuración torcido lang derecho
<b>Accionamiento:</b>	Hidráulico de Arrastre, con Contrapeso.
<b>Potencia Sistema Motriz:</b>	425 [HP]
<b>Velocidad Media (en Servicio):</b>	0.05 [m/s], considerando tiempo total de viaje igual a 30 min.
<b>Paracaídas:</b>	Instantáneo, de acuñamiento en cables, actuado electrohidráulicamente por sobre-velocidad y aflojamiento de cable.
<b>Cable Paracaídas:</b>	Ø 2" Configuración torcido normal derecho

### 1.7.3. Descripción General de la Instalación

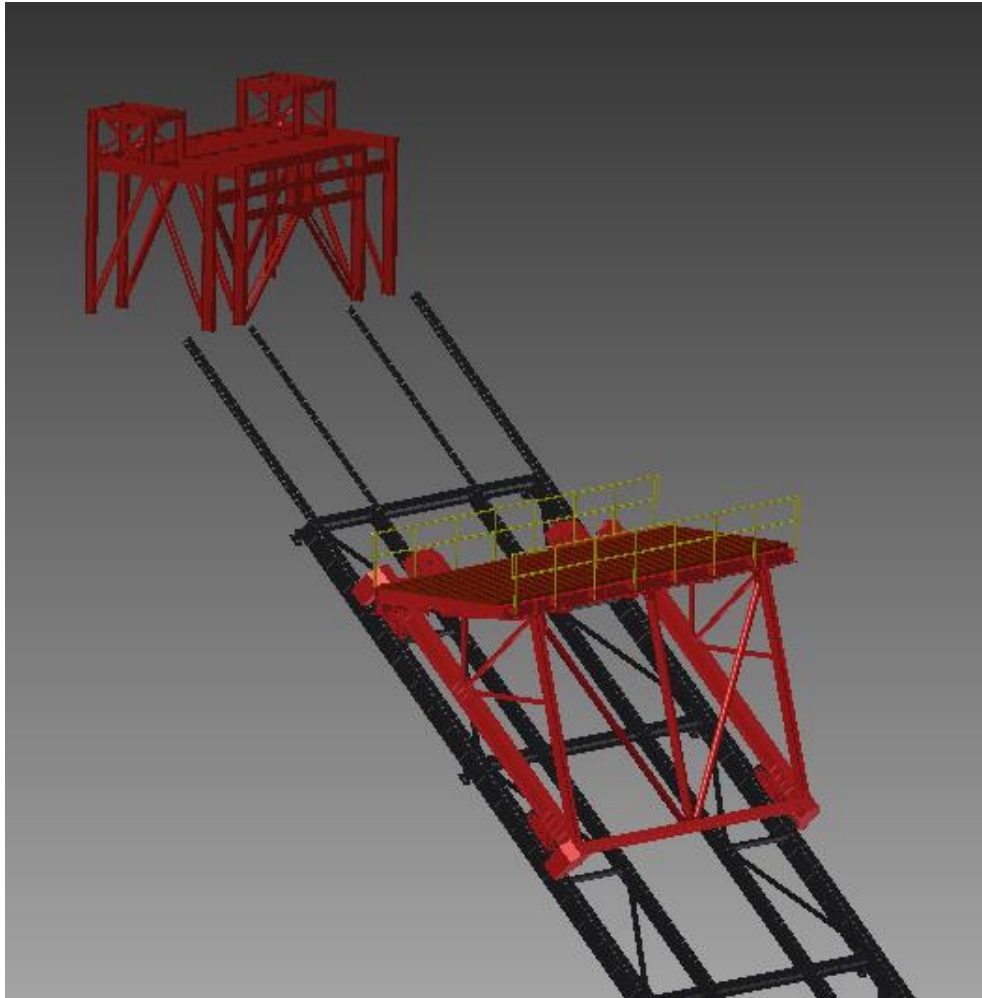


Ilustración 12: Imagen demostrativa en CAD de funicular Loma Larga.

El equipamiento materia del presente documento corresponde a un montacargas industrial inclinado. Pese a que en estricto rigor no es un funicular, en adelante se le designará como tal.

Los sistemas principales del equipo son los que se indican a continuación y se describen en el cuerpo del documento de manera gráfica y desagregada en planillas (ANEXO A: DESAGREGADO SISTEMAS ) con la estructura de un árbol morfológico.

El sistema de tracción corresponde a una configuración consistente en dos winches hidráulicos cuyos tambores de enrollamiento actúan cada uno sobre uno de los extremos de un único cable de arrastre. El flujo de aceite proviene de bombas de engranajes accionadas por un motor diésel. Adicionalmente cuenta con un contrapeso que permite aliviar el trabajo sobre los winches y todo el sistema de potencia.

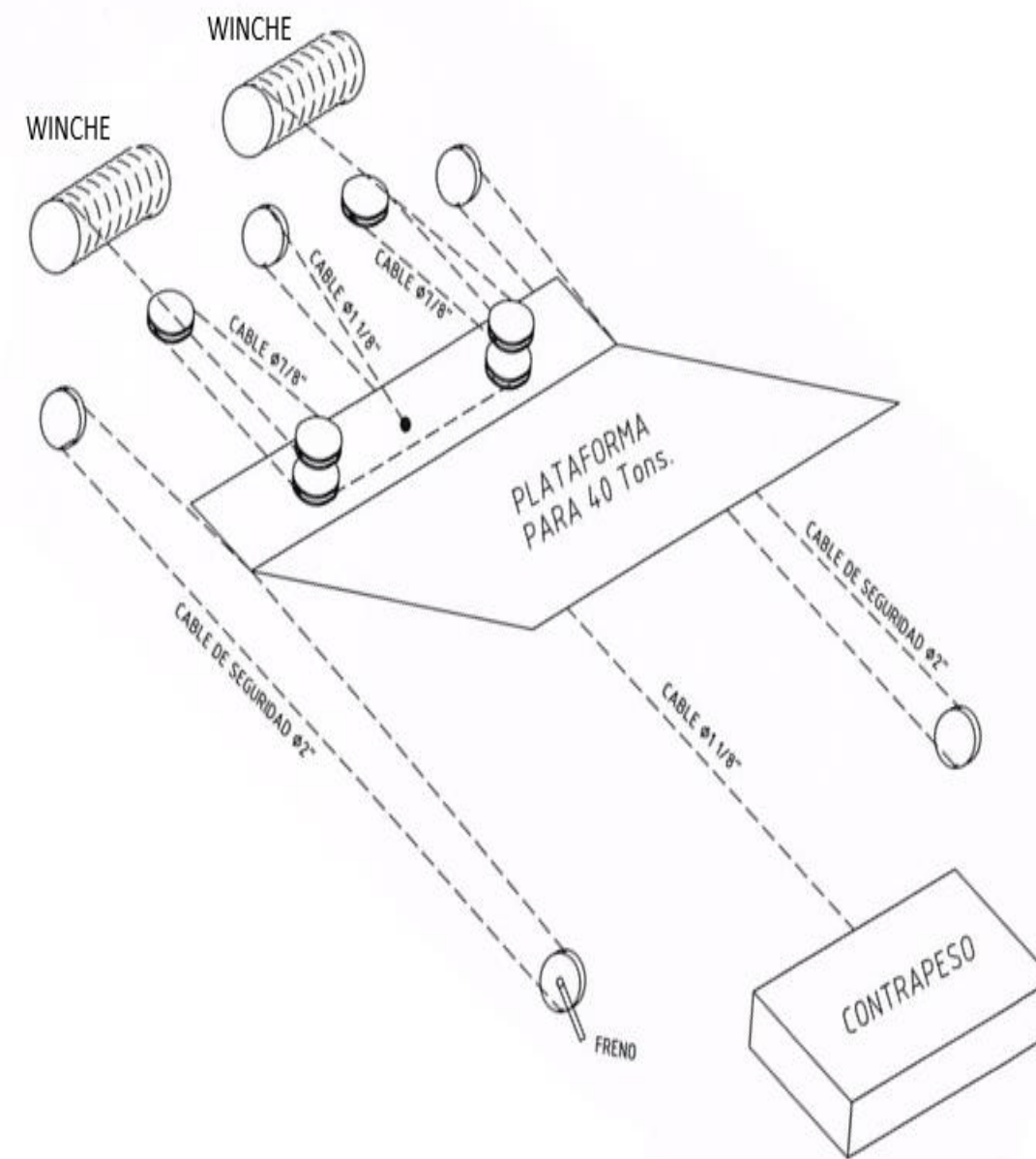
El accionamiento del carro a través de los winches y cable de arrastre posee una configuración diferencial (relación de transmisión 1:4, respecto de la suma de la velocidad de ambos winches) gracias a un sistema de poleas sobre la plataforma, en la suspensión de la misma, y sobre la estructura superior de la instalación.

La maniobra del equipo requiere de un operador en la sala de comando ubicada en la parte alta de la estructura superior.

La velocidad nominal es relativamente baja, en promedio 0.05 [m/s], por lo que en un viaje de ida tarda, según la información provista por personal de operación, entre 30 y 40 minutos. En contraparte posee una gran capacidad de carga, 40 [Ton] nominales.

El equipo cuenta además con un sistema de seguridad anti-deriva, también denominado freno de emergencia encargado de detener el carro ante una sobre-velocidad, quedando éste suspendido en dos cables de seguridad, independientes del cable de arrastre.

En el **ANEXO B:** PLANIMETRIA FUNICULAR se presenta planimetría referencial estructural del montacargas de tipo funicular a fin de presentar de forma digital alguno de los sistemas de este equipo.

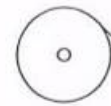


Cables de contrapeso, arrastre, anti-deriva y poleas de desvío y reenvío

Lámina  
01 de 03



WINCHE



CABLE DE 7/8"

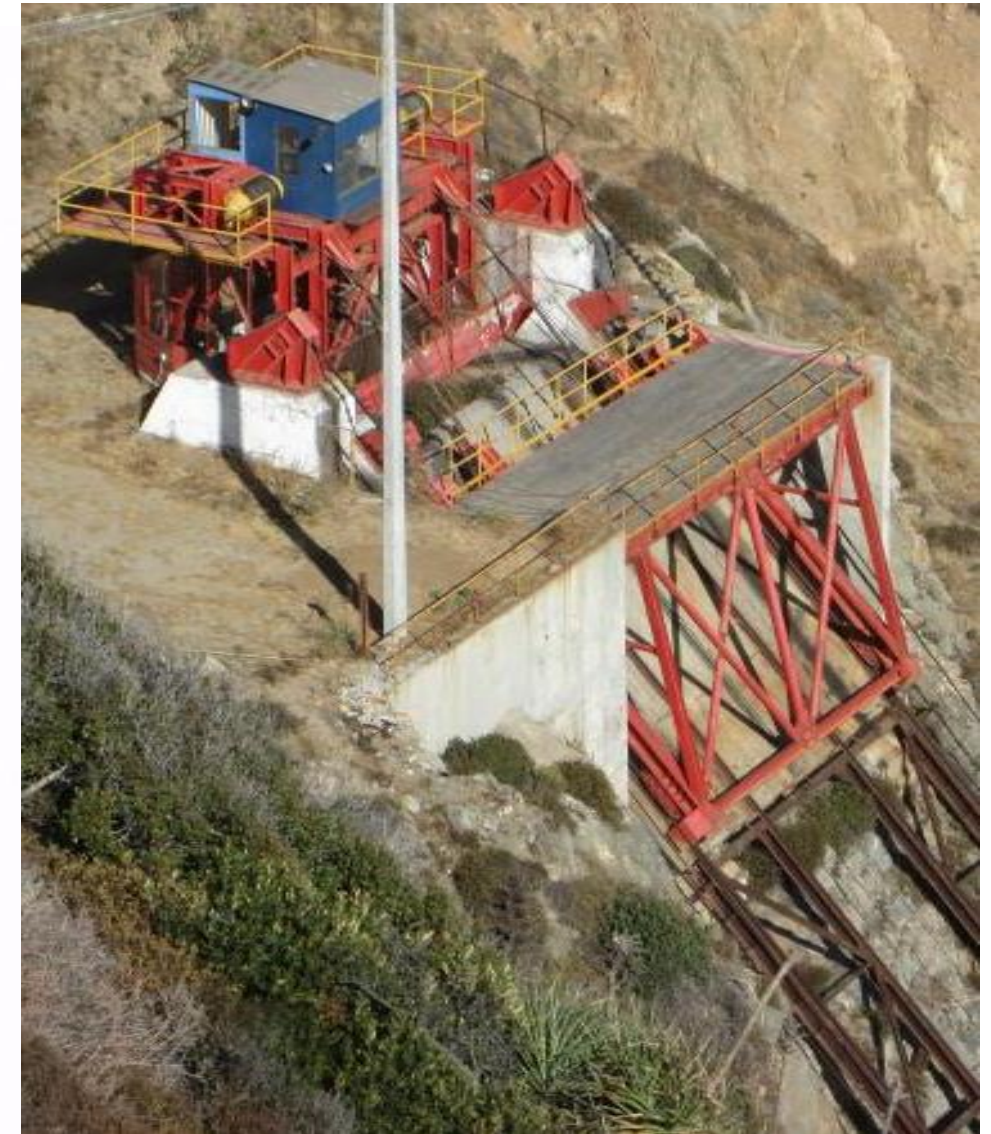
PLATAFORMA  
PARA 40 Tons.

CABLE DE SEGURIDAD 2"

CABLE DE 1 1/8"

CONTRAPESO

ERENO



Cables de  
contrapeso, arrastre,  
anti-deriva y poleas  
de desvío y reenvío

Lámina  
02 de 03

#### 1.7.4. Sistemas Constituyentes del Equipo

El funicular está compuesto por los siguientes sistemas generales:

- **Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre.** Consistente en dos tambores de enrollamiento de accionamiento hidráulico (winches hidráulicos), los que operan simultáneamente a velocidades similares. El flujo de aceite proviene de bombas de engranajes accionadas por un motor diésel, el que está controlado por una serie de válvulas, algunas de accionamiento eléctrico y otras, las de operación, manual. El sistema hidráulico consta además de un estanque, filtros, manómetros, enfriadores y otros componentes menores. El sistema de accionamiento se describe con mayor detalle más adelante.
- **Carro de Carga.** Vehículo de transporte del montacargas, considera como sub-sistemas la estructura metálica, plataforma de madera y elementos de rodado. Posee en la suspensión dos cuadernales con poleas dobles, las que para efectos descriptivos se consideran parte del sistema de suspensión arrastre y reenvío.
- **Contrapeso.** Un bloque sólido de hormigón, estructurado al interior de un bastidor metálico, el que cuenta con ruedas para su desplazamiento.
- **Plano de Rodadura.** Considera todos aquellos sistemas que están desde la base de los rieles-guía hacia arriba, esto es: líneas de rodado (rieles-guía de carro y contrapeso) y sus fijaciones, además de una serie de polines para guía de los cables de arrastre, del contrapeso y seguridad. El plano de rodadura está soportado por una estructura metálica en prácticamente todo su largo, salvo en los extremos superior e inferior, donde está soportado sobre losas de hormigón. El plano de rodadura se describe con mayor detalle en el apartado 3.1.7.
- **Suspensión, Arrastre y Reenvío.** Corresponde al sistema de cableado y accesorios anexos: Cable de arrastre ( $\varnothing 7/8''$ ), cuyos dos extremos se enrollan

en los tambores de los winches hidráulicos; cable del contrapeso ( $\varnothing 1\frac{1}{8}$ "") que une a éste con el carro de carga; y el sub-sistema de poleas de reenvío: dos poleas dobles en la suspensión del carro y dos simples en la estructura superior, para el sistema de arrastre; además de una polea simple para el reenvío del cable del contrapeso.

- **Dispositivo de frenado – Freno de Emergencia.** Consta de dos sub-sistemas para frenado de emergencia, dispuestos uno a cada lado del carro de carga y compuestos por un dispositivo de acuñamiento –el freno de emergencia propiamente tal– ubicado en la base del recorrido (en el pozo de la instalación) y un cable de seguridad cuyos dos extremos están fijados a la plataforma de carga, en una configuración de “lazo cerrado”. En los extremos superior e inferior del recorrido existen cuadernales cuyas poleas guían los cables de seguridad. Los cuadernales superiores son fijos y los inferiores, móviles, conectados a sendos cilindros hidráulicos que funcionan como amortiguadores en caso de accionamiento del sistema.

El disparo de los frenos de emergencia se produce en simultáneo mediante un sistema electromecánico: una señal eléctrica, energiza unas bobinas actuadoras (dos en cada freno), las que liberan un resorte de compresión, el que a su vez acciona un sistema de cuñas que “muerden” y frenan los cables de seguridad, sobre los cuales quedará suspendido el carro de carga.

- **Estación Superior.** Los sistemas estructurales que soportan los winches hidráulicos y poleas de reenvío, y que contiene la maquinaria de arrastre (motor diesel, sistemas hidráulicos, etc) y cabina de mando. Es parte de la estación superior el sistema para colgamiento del carro durante tareas de mantenimiento, consistente en dos brazos tubulares que se fijan a la estructura y al carro mediante pasadores.
- **Estructura Soportante Plano de Rodadura.** La estructura metálica sobre la que descansan los rieles-guía de cabina y contrapeso, compuesta por cuatro vigas portantes dispuestas en todo el largo del recorrido, travesaños y

diagonales. Está soportada sobre la ladera del cerro mediante una serie de patas estándar de largo variable y otras de refuerzo instaladas con posterioridad a la instalación del equipo (en 2005). La estructura soportante se describe con mayor detalle en el apartado 3.1.8.

- **Sistemas Eléctricos.** Los sistemas eléctricos de control y seguridad, compuesto de manera general por sensores de contacto (principalmente finales de carrera), encoder para monitoreo de velocidad, tablero de control, cableado y canalizaciones.

### 1.7.5. Registro Gráfico de la Instalación

#### 1.7.5.1. Sistema Motriz – Máquina de Tracción



Figura 13: Motor Diesel, y un conjunto general del Sistema Oleohidráulico ubicado en el primer nivel de la estructura superior.



Figura 14: Bombas hidráulicas accionadas por el Motor Diesel.



Figura 15: Sistema de Mando Sistema Oleohidráulico ubicado en el segundo nivel de la estructura superior.



Figura 16: Winche OleoHidráulico.

#### 1.7.5.2. Sistemas de Arrastre y Suspensión



Figura 17: Poleas horizontales de desvío y Polea Vertical de reenvío Contrapeso.



Figura 18: Winche oleohidráulico y poleas de reenvío, desvío.



Figura 19: Polea de desvío.



Figuraa 20: Poleas de desvío en carro y fijación de cable de reenvió en carro.



Figura 21: Poleas horizontales de desvío en carro y estructura superior.



Figura 22: Polea Horizontal de desvío.

### 1.7.5.3. Carro de carga



Figura 23: Carro vista general.



Figura 24: parte inferior del carro.



Figura 25: Ruedas sobre riel y rueda horizontal con función guía y anti-vuelco.

#### 1.7.5.4. Sistema de Seguridad Anti-Deriva



Figura 26: Dispositivo anti-deriva.



Figura 27: Polea superior de Sistema anti-deriva en carro.

### 1.7.5.5. Contrapeso



Figura 28: Foto general de contrapeso en estado actual.

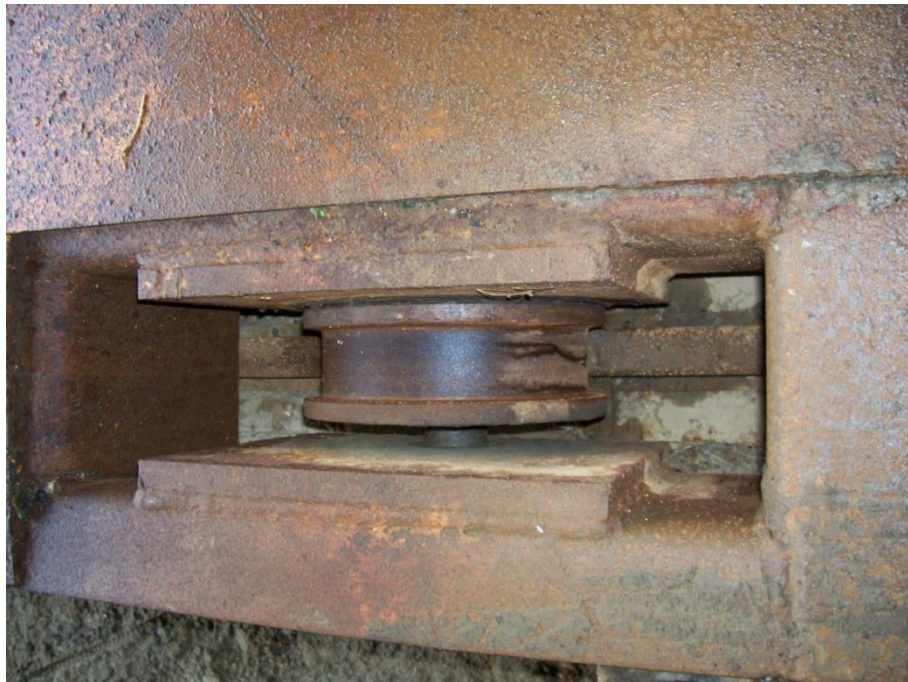


Figura 29: Sistema de rodado del contrapeso.

## **1.7.6. Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre – Sistemas Hidráulicos**

### **1.7.6.1. Descripción General**

El sistema de potencia del funicular corresponde a un motor diésel Caterpillar 1160 V/8, que a través de un reductor de velocidad de 1 entrada y 3 salidas genera el movimiento de 3 bombas hidráulicas, dos de las cuales son dobles, es decir que mueven aceite hidráulico en la misma dirección y con la misma potencia para dos líneas del circuito. La bomba restante es una bomba simple cuya función es la circulación el aceite hidráulico por el circuito de recirculación para enfriamiento y filtrado.

A la salida de las bombas existe un limitador de presión que se activa y retorna el aceite al estanque en caso de sobrepasarse la presión límite de seguridad. A su vez esta parte del circuito posee un manómetro ubicado en la sala de comando y control para que el operador pueda verificar la presión a la que se encuentra el estanque de aceite hidráulico. Una de las bombas dobles extrae aceite desde el estanque enviándolo a las válvulas direccionales DV20, estas válvulas son las encargadas de enviar y direccionar el fluido hacia los winches que funcionan por medio de un motor hidráulico bidireccional, para luego volver a tanque, y su accionamiento es manual a través de una palanca que ejecuta la misma acción en ambas válvulas al mismo tiempo, ya sea para bajar, subir o detener el sistema.

Una válvula estranguladora anti-retorno que se encarga de mantener la velocidad de flujo constante, ambas líneas poseen un manómetro antes de que el flujo entre a la válvula, con el que se indica en la sala de comandos y control la presión a la que se encuentra trabajando cada una de las válvulas.

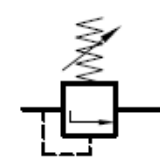
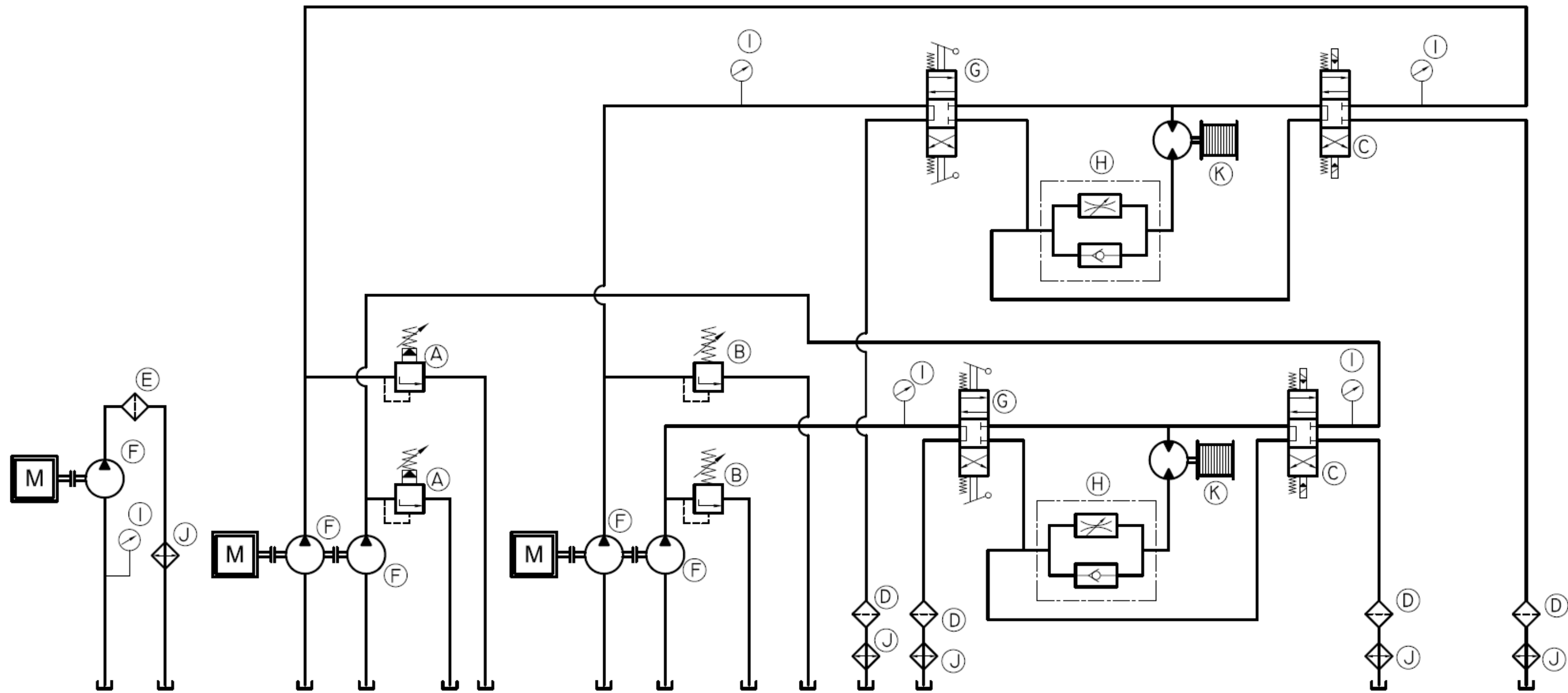
El sistema hidráulico posee una opción de accionamiento o funcionamiento por medio de servoválvulas las cuales se activan mediante un panel en el que se pueden ejecutar las acciones de subir, bajar, o detener el carro, además de poseer un sistema de parada de emergencia. Para este caso, en el circuito un par de bombas que

circulan el aceite hidráulico desde el tanque hacia la servoválvula, en esta servoválvula y dependiendo del movimiento que se desee realizar, se presiona la botonera y esta envía una señal a una válvula solenoidal que activa, por medio de un servo, la válvula oleohidráulica a la posición en la que ejecute la acción requerida, en este caso también están dispuestos manómetros en la sala de control que miden la presión existente en la entrada del aceite a las válvulas. Este sistema automático también posee una válvula estranguladora anti retorno con el mismo fin que en el caso de la válvula accionada manualmente, una vez que el flujo pasa por la válvula estranguladora anti retorno, va hacia el motor bidireccional oleohidráulica para luego regresar a tanque.

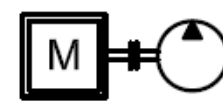
La parada de emergencia se ejecuta a través de la acción de la válvula direccional ATOS, que al recibir la señal, abre el paso cerrado por la válvula la limitadora de presión, permitiendo que el fluido, aceite oleohidráulico, circule entre la bomba y el estanque solamente.

Cabe destacar que en la acción del aceite de volver a estanque y luego de pasar por cualquier de las dos opciones de funcionamiento, el flujo pasa por un filtro y posteriormente a un enfriador para regresar finalmente a tanque hidráulico.

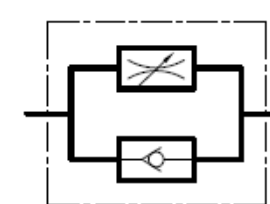
A continuación se presenta el plano del circuito oleohidráulico para una mayor comprensión.



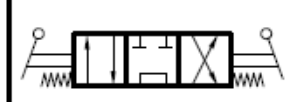
Válvula limitadora de presión con solenoide (B)



Bomba Hidráulica activada por fuente motriz mecánica (en este caso por un único motor todas las bombas) (F)



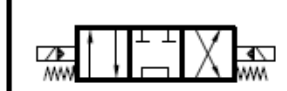
Válvula estranguladora unidireccional (H)



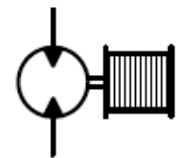
Válvula Direccional 4 vías 3 posiciones, accionamiento manual (G)



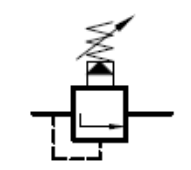
Manómetro (I)



Servoválvula Direccional 4 vías 3 posiciones, accionamiento por solenoide (C)



Motor Hidráulico (K)



Válvula limitadora de presión (A)



Enfriador (J)



Filtro (D)

CLIENTE	ESVAL S.A.			Circuito Hidráulico Funicular 40 TON	ASESOR
PROYECTO					
DISEÑO				P.T.A.S. LOMA LARGA	REV.
REVISÓ	ARMIXA X				
APROBÓ				ESCALA 1:1	PLANO Nº
APROBÓ					
NOMBRE	FECHA			FORMATO A3	LÁMINA Nº 03 de 03
				PLANO Nº BORRADOR	REV.

### 1.7.6.2. Listado de Componentes del Sistema Hidráulico

Tabla 3: Listado componentes hidráulicos.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANT.
<b>Válvula Direccional ATOS</b>	4 vías, 2 posiciones, accionamiento por solenoide Catálogo: DHI-0631-2N-00	2
<b>Válvula Direccional OleoHidráulica NACHI</b>	4 vías, 3 posiciones, centro cerrado , accionamiento por solenoide C Cerrado Cat:D55-G06-C5-R-C2 C tandem Cat: D55-G06-C7Y-R-C2	2
<b>Sub-base 1" Válvula NACHI</b>	Para Válvulas D55-G06 Catalogo: MDS-06X-T-E10	2
<b>Filtro Succión</b>	Capacidad 29 gpm-125 micro, conexión 1 1/2" Catalogo: UC-SE-1324	1
<b>Filtro de alta presión</b>	320 Bar, 105 gpm, Conexión 1 1/4" Catalogo: UC-HP-33122	2
<b>Bomba Hidráulica</b>		2
<b>Bomba Hidráulica</b>		1
<b>Válvula Direccional OleoHidráulica DV20</b>	Accionamiento Manual	2
<b>Válvula Sobrepresión CPPM18</b>	1/8" x 3/8"	4
<b>Válvula Direccional LC1</b>		2

Tabla 4: Listado componentes hidráulicos.

<b>COMPONENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>
<b>Manguera 1"</b>	Diámetro externo 37,5[mm] Salida desde bombas a Válvulas, retorno hasta filtros, salidas y entradas de válvulas	
<b>Manguera 1/2"</b>	usadas para manómetros	5
<b>Manguera 1 3/4"</b>	Tanque-Bombas , retorno a tanque desde filtros	6
<b>Manguera 1 1/4"</b>	Entrada y salida Enfriador	
<b>Manguera 2"</b>	Tanque- Bomba de recirculación	
<b>Manguera 1"</b>	Bomba recirculación-Tanque	
<b>Válvula estranguladora unidireccional</b>	conjunto de válvula antirretorno y estrangulador unidireccional	1
<b>Manómetros</b>		5
<b>Enfriador</b>		2
<b>Motor</b>	Motor diesel Caterpillar  1160 V/8	1

### 1.7.6.3. Listado de Componentes del Sistema Hidráulico en forma Gráfica

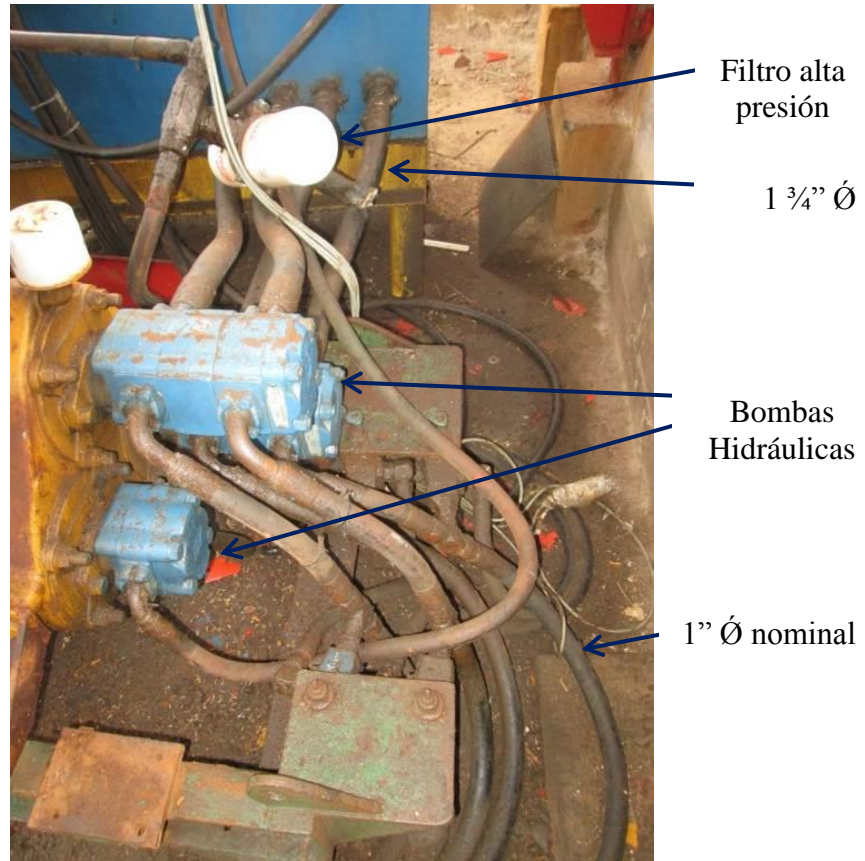


Figura 30: Componentes sistema hidráulico.

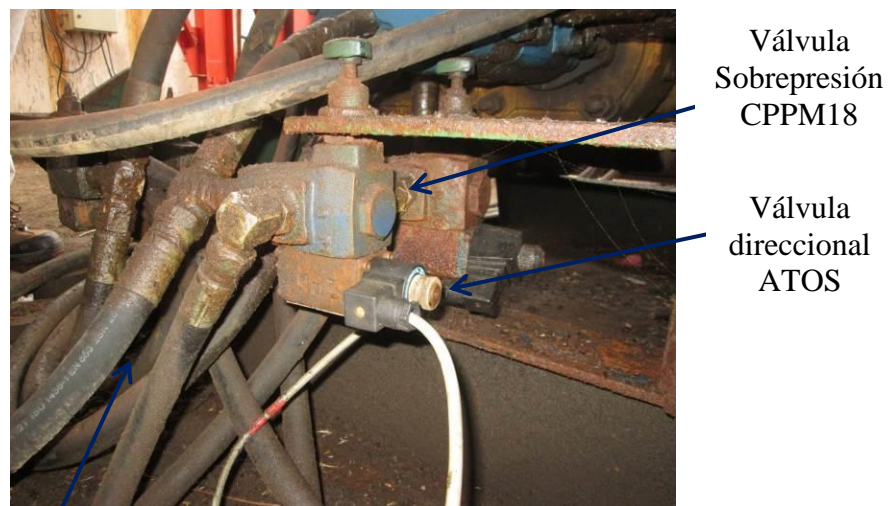


Figura 31: Componentes sistema hidráulico.

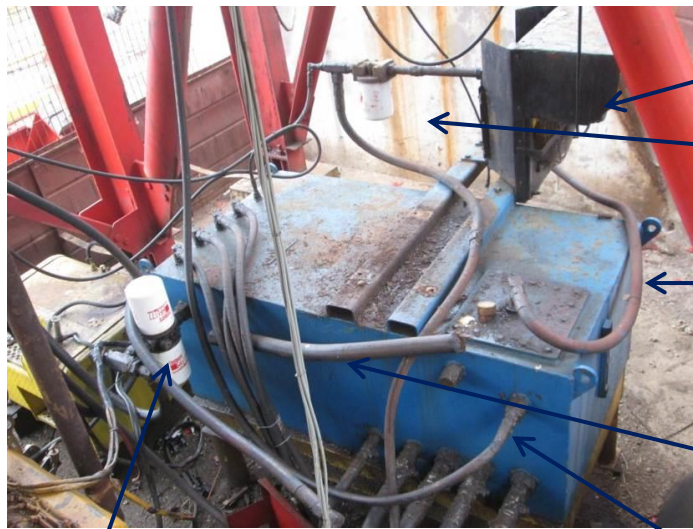
1" Ø nominal



Válvula  
Sobrepresión  
CPPM18

Válvula  
Direccional  
LC1

Figura 32: Componentes sistema hidráulico.



Ventilador

Filtro  
Succión

1 1/4" Ø  
nominal

2" Ø  
nominal

Filtro alta  
presión

1 3/4" Ø  
nominal



Bombas  
Hidráulica

Motor  
Diesel

1" Ø



Manómetros

Válvula  
Hidráulica  
DV20

1" Ø



Manómetro

1/2" Ø  
nominal

Sub-base 1"  
Válvula  
NACHI

Válvula  
Direccional  
OleoHidráulica  
NACHI

Figura 33: Componentes sistema hidráulico.



Sub-base 1"  
Válvula  
NACHI

Válvula  
Direccional  
OleoHidráulica  
NACHI

Figura 34: Componentes sistema hidráulico.



Figura 35: Componentes sistema hidráulico.

Válvula  
estranguladora  
unidireccional

### 1.7.7. Plano de Rodadura

El plano de rodadura del funicular corresponde a la zona de recorrido del carro y contrapeso y se compone principalmente de los rieles-guía que configuran las líneas de rodado tanto de cabina como de contrapeso, además de sus fijaciones y los polines para guía de los cables de arrastre y seguridad.

El plano de rodadura está soportado por una estructura metálica en prácticamente todo su largo, salvo en los extremos superior e inferior, donde está soportado sobre losas de hormigón.



Figura 36: Plano de rodadura.



Figura 37: Plano de rodadura tomado desde la estructura superior, se observa loza y rieles fijados a Asiento de Silla.



Figura 38: Plano de rodadura tomado desde zona baja, se observa loza y rieles fijados a Asiento de Silla.

### 1.7.8. Estructura Soportante

Corresponde a la estructura metálica sobre la que descansan los rieles-guía de cabina y contrapeso. Está compuesta por cuatro vigas portantes dispuestas en todo el largo del recorrido: dos principales para los rieles-guía del carro y dos secundarias, para los rieles del contrapeso. Estas vigas están ligadas mediante travesaños y diagonales dispuestas de manera regular, conformando una serie de 12 módulos estándar de igual dimensión y configuración.



Figura 39: Plano de Rodadura.



Figura 40: Plano de rodadura tomado desde la estructura superior, se observan los 12 módulos.

Cada módulo de la estructura soportante del plano de rodadura se configura de dos tramos de viga portante principal, una viga travesaño principal y dos secundarias, además de cuatro tensores diagonales compuestos cada uno de dos perfiles ángulo doblado, los que en 2005 fueron reforzados con un perfil tipo canal unido con soldaduras.

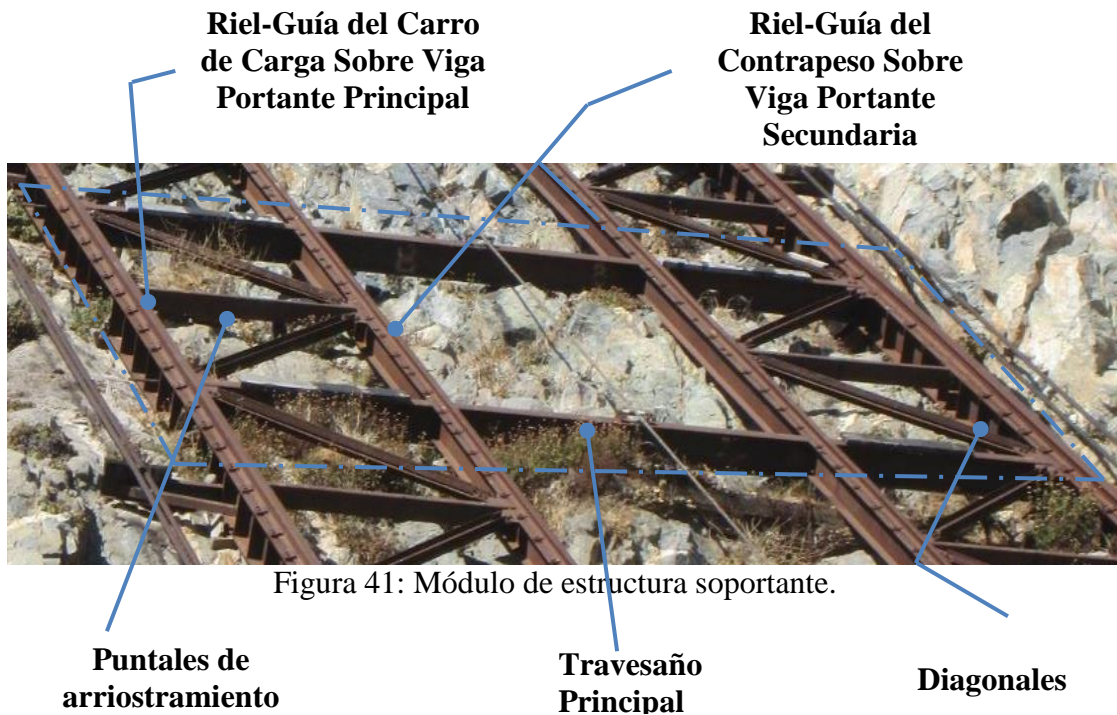


Figura 41: Módulo de estructura soportante.

La estructura está soportada sobre la ladera del cerro mediante una serie de patas estándar de largo variable, que son originales del sistema, y otras de refuerzo instaladas como parte de trabajos de reparación en el año 2005, ancladas a bases de hormigón.



Figura 42: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.



Figura 43: Detalle de Patas Standard Lado Sur.



Figura 44: Detalle de Patas Standard Lado Norte.



Figura 45: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.



Figura 46: Refuerzos instalados en el año 2005 por Propuerto.

### 1.7.9. Freno de emergencia

Hoy en día, todos los equipos de transporte vertical disponen de un circuito de seguridad cuyo objetivo es detener la cabina/carro en caso de que ésta adquiera una velocidad superior a la que debiera.

#### 1.7.9.1. Limitador de velocidad

El limitador de velocidad en el funicular es electrónico el cual se encuentra adherido a la polea de reenvío del carro-contrapeso ubicada en la estructura superior. Cuando el funicular circula dentro de los márgenes admisibles, este no emite señal alguna hacia el disparador o gatillo del paracaídas.

Cuando el carro supera una determinada velocidad, en este caso está delimitado para funcionar hasta 6,5 [rpm], se activa el limitador de velocidad enviando la señal hacia el gatillo del paracaídas.



**Figura 47:** Polea donde se encuentra el limitador de velocidad.

### **1.7.9.2. Paracaídas**

Los paracaídas de aceleración actúan cuando la cabina/carro adquiere una velocidad superior a la norma. Cuando el limitador envía la señal a consecuencia del propio funcionamiento de limitador de velocidad, la señal acciona el mecanismo que presionará las cuñas sobre las guías y detendrá finalmente el carro.

Se construyen 2 tipos de paracaídas:

#### **➤ Paracaídas de acción instantánea**

Este tipo de paracaídas es el que posee el funicular de 40 toneladas. El limitador no hace más que enviar la señal que dispara las zapatas, las cuales presionan y se agarran cada vez con más fuerzas sobre las guías hasta llegar a producir el acuñamiento total de carro. Se trata de una forma brusca de parada por eso su empleo está limitado a ascensores de velocidades reducidas, aún con un dispositivo amortiguador bajo el suelo de la cabina, los paracaídas instantáneos sólo se permiten en ascensores de velocidades hasta 0.8 m/s y montacargas hasta 1.5 m/s.

#### **➤ Paracaídas de acción progresiva**

Frenan la caída aplicando sobre las zapatas de freno una fuerza de magnitud controlada. Los más utilizados son los de husillo, resorte y rodillo.

### **1.7.9.3. Amortiguadores**

Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores para detener la cabina o el contrapeso en caso de ser necesario. Se sitúan en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso, aunque también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de éstos. En este caso, según la Norma EN 81-1, deben golpear en el foso sobre un pedestal. Los amortiguadores pueden ser elásticos (de caucho), de resorte (o muelle) o hidráulicos en lo que a su estructura se refiere. La Norma EN 81-1 distingue 3 clases de amortiguadores atendiendo a otras prestaciones:

- Amortiguadores de acumulación de energía (elástico), que no pueden emplearse más que para ascensores de velocidad nominal no superior a 0.63 m/s.
- Amortiguadores de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno (de resorte), para ascensores de velocidad no superior a 1 m/s.
- **Amortiguadores de disipación de energía (hidráulico), que pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad.**

Todos estos amortiguadores deben estar equipados con un dispositivo eléctrico de seguridad que impida el funcionamiento del ascensor mientras no retornen a sus posiciones normales.

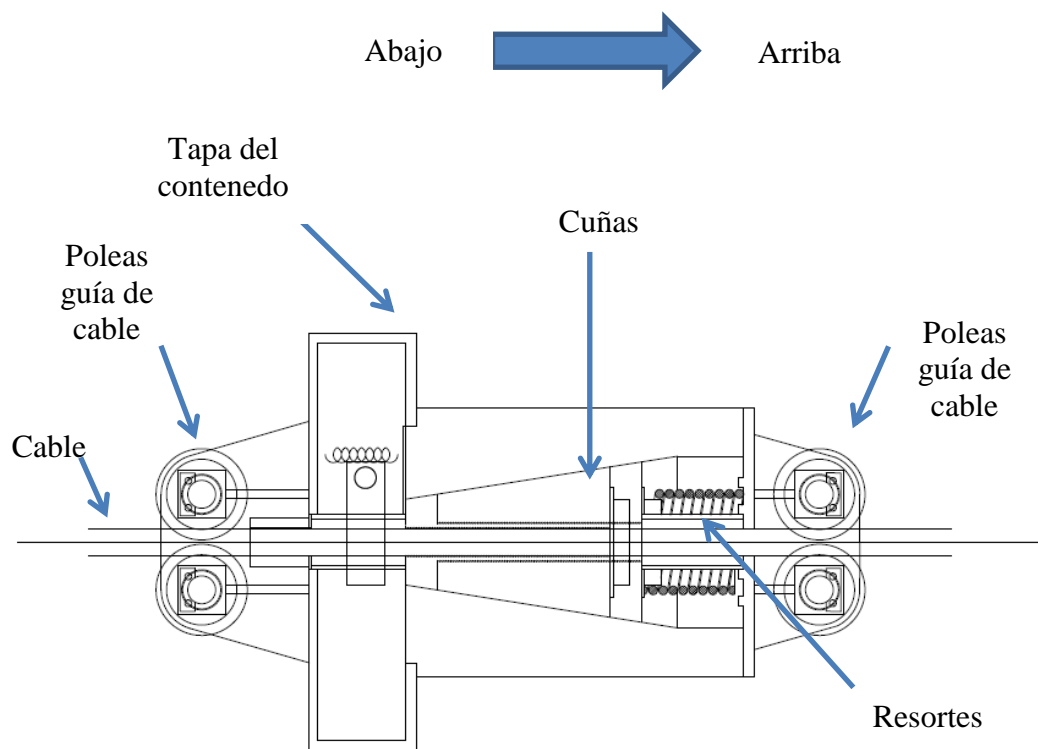
El funicular de 40 toneladas posee el amortiguador de tipo hidráulico, el cual se encuentra posicionado al final del recorrido en el foso, unido por medio de una polea de reenvío al cable que está enganchado al carro.

#### **1.7.9.4. Imágenes y explicación funcionamiento del acñamiento y amortiguación.**



Figura 48: Lugar donde se encuentra el sistema de acñamiento del sistema de seguridad.

Cuando se recibe la señal eléctrica del limitador de velocidad, el clip que contiene comprimidos los resortes sale, produciendo que los resortes se descompriman y esto dispare las cuñas, las cuales muerden el cable. Estas cuñas por el mismo movimiento del carro se van apretando cada vez más contra el cable de seguridad conectado al carro, produciendo que este se detenga.



**Figura 49:** Detalle sistema de cuñas.

El sistema de seguridad está compuesto por 4 cuñas tal como se aprecia en la Figura 50.

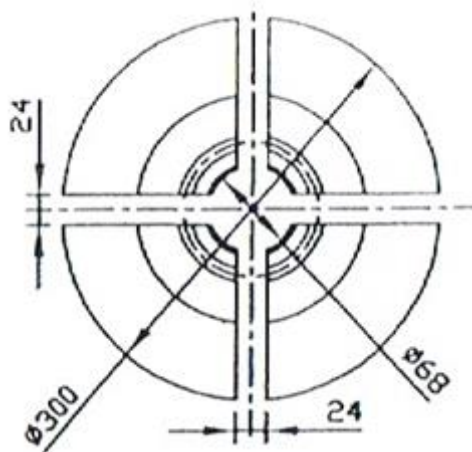


Figura 50: Cuñas del sistema.

La forma de verificar si la señal emitida por el limitador de velocidad está siendo recibida por el disparador de los resortes, es verificando esto con el sistema completamente detenido. También se debe verificar el estado de los resortes, las cuñas y el disparador de los resortes, para ello es necesario retirar la tapa que contiene las cuñas y el resorte, con mucho cuidado ya que están contenidos de forma directa los resortes comprimidos.

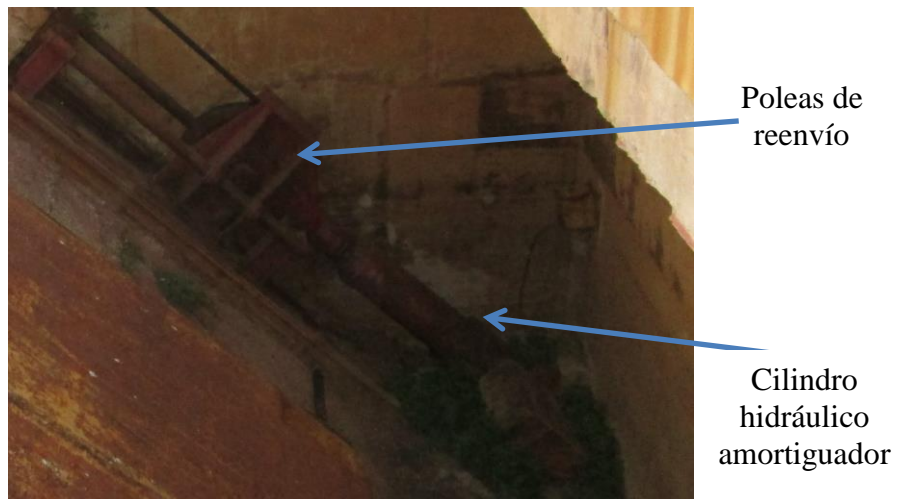


Figura 51: Amortiguador hidráulico y polea de reenvío del cable de sistema antideriva.

## CAPITULO 4: Estado actual sistema funicular

### 4.1. Sistema de accionamiento- Máquina de arrastre.

El carro es movido por dos winches hidráulicos que trabajan en tándem, con un sistema de regulación de accionamiento de equilibrio hidráulico. Además el carro es accionado por un sistema de poleas y contrapesos. Los cables de los winches y su accionamiento, trabajan mediante sistemas de poleas y cuentan con un sistema de freno de emergencia.

No existen registros de mantenimiento como tampoco de pruebas de emergencia.

Los winches, cables, motores hidráulicos y bombas, se encuentran fuera de servicio y se observan sin mantenimiento como se puede apreciar en las Figura 52 y Figura 53. El sistema de control de la cabina de mando se encuentra seriamente dañado por actos vandálicos. El sistema hidráulico se observa en condiciones muy básicas y sin protecciones; es decir, todos los componentes de alimentación, presión de fuerza y control están totalmente desprotegidos y vulnerables, por encontrarse en forma libre sin canalización.



Figura 52: estado bombas hidráulicas, motor, mangueras.



Figura 53: estado winches hidráulicos.

Las bombas, estanque hidráulico, filtro y válvulas, están expuestos al medio ambiente salino y desprotegidos ante los cambios de temperatura, lo cual acelera el deterioro de los componentes. Estos equipos no cuentan con un esquema de pintura o protecciones adecuadas para ambiente marino. El estanque hidráulico está expuesto al aire libre, sin protección frente a la corrosión, además de no contar con piscina para contener derrames.

El sistema de fuerza motriz, que consta de un motor diésel y un conjunto de bombas acopladas a él, se encuentran fuera de servicio por la ausencia de componentes, tales como el radiador del motor y del circuito oleohidráulico, enfriador y algunas mangueras, los cuales fueron hurtados por terceros como se observa en la Figura 54.



Figura 54: ausencia de componentes y mangueras rotas e inexistentes.

## 4.2. Carro de Carga.

El Chasis del Carro y su tren de rodado, tiene un total desconocido de horas de servicio, encontrándose en condición fuera de servicio, sin horómetro ni contador.

Se desconoce la fecha y las actividades de la última mantención general de la estructura, revisión o calibración de espesores de los miembros de la estructura, como también registros de controles dimensionales de ésta, por posibles deformaciones de la estructura. Se desconoce la realización de mantenciones al tren de rodado (Figura 55), junto con la calibración de rodados de traslación del carro y rodado del sistema de auto alineamiento lateral (rodado horizontal).



Figura 55: Rodado vertical y horizontal del carro.

El tren de rodado, presenta un grado de corrosión menor al observado en la estructura de rieles y bases. Se observa componentes sin grasa o lubricación de pasadores y rodado, evidenciando la ausencia de mantención.

Todas las ruedas de los carros se observan sin mantención desde un tiempo indeterminado, con avance moderado de corrosión.

El sistema de rodado horizontal, no posee mecanismos de regulación para ajustar su juego axial que permita el alineamiento del carro, por lo cual no permiten corregir desviaciones de alineamiento.

### **4.3. Contrapeso.**

El contrapeso al ser un bloque de acero se encuentra en estado de corrosión por efecto del medio húmedo y salino del sector donde se encuentra ubicado el funicular, sin embargo al estar protegido por una capa de pintura que ya casi no existe, se encuentra en un estado donde es posible realizar un tratamiento para recuperar de buena forma el bloque.

Por su parte el sistema de rodado de dicho contrapeso posee un grado de corrosión, a la vez se observa ausencia de grasa o lubricación evidenciando falta de mantención.

#### 4.4. Plano de rodadura.

##### 4.4.1. Rieles guía de contrapeso y carro.

Los rieles también se encuentran en estado de corrosión, aunque debido a su materialidad y proporciones, no han sido afectados mayormente, sin embargo, lo que sí ha sufrido daño es el sistema de fijación de los mismos al ala de las vigas principales o patines. Una cantidad considerable de los pernos de conexión de placas que fijan los rieles se han cortado por la avanzada corrosión. De los demás pernos que aún quedan, no se conoce su estado, pero se estima que se encuentran en una situación límite, pues algunos al simple golpe para raspado de las piezas se han desprendido de su posición. En la Figura 56, se muestra una fotografía de los rieles donde se aprecia la pérdida de algunos sistemas de fijación debido al avanzado estado de corrosión en los pernos de conexión.



Figura 56: Pérdida de fijaciones de riel a viga.

Otro aspecto visualizado en las visitas a terreno es la pérdida de linealidad, tanto vertical como horizontal de los rieles guía del funicular. Como se aprecia en la Figura 57, el riel se encuentra desalineado en forma evidente y considerable.



Figura 57: Vista de la pérdida de linealidad del riel.

#### **4.5. Suspensión arrastre y reenvío.**

Los cables de arrastre tanto como del contrapeso y del carro de encuentran con indicios de principios de corrosión, debido a la falta de lubricación o recubrimiento de protección ante el medio húmedo y salino existente, se desconoce el estado de las fibras del cable, por lo que sería necesario realizar un estudio de estos.

Las poleas de reenvío y desvió tanto contrapeso como del carro se encuentran recubiertas por pintura realizada hace un tiempo por parte de la empresa propueto, pero esto al haber sido realizado hace unos 10 años se desconoce el estado actual de dichas poleas en su estructura interna, además se aprecia corrosión en la pintura al no haberse realizado mantención en mucho tiempo. Los terminales de suspensión poseen evidente estado de corrosión, así como también se desconoce la realización de mantenciones. En la figura 62 se puede observar el estado actual del sistema.



Figura 58: Estado actual de suspensión, arrastre y reenvío.

#### **4.6. Dispositivo de frenado- freno de emergencia.**

Se desconoce el estado de conservación de los componentes de dicho sistema, los cables de acero presentan visible estado de corrosión a pesar de que se encuentra recubierto por lubricante. Para protegerlo del ambiente húmedo, al igual que en los cables de arrastre realizar, es necesario realizar un estudio de este cable de acero para verificar el estado en que se encuentran las fibras que lo componen. Por su parte las poleas que direccionan los cables en su parte superior se encuentran en el interior de una estructura de concreto por lo que se supone deben estar bien protegidas, pero esto no es seguro porque no existe posibilidad de revisarlas, en cambio en la parte baja las poleas se encuentran con evidente estado de corrosión y se desconoce el estado de sus componentes internos.

El sistema de acñamiento o accionamiento del dispositivo de frenado esta al interior del tambor, pero se presume que está en mal estado, ya que en época de lluvias el foso donde se encuentra se inunda completamente y por ende el sistema también es

afectado por esto, por lo que posiblemente no se dispare en caso de que exista una emergencia que requiera del sistema, por lo cual se hace necesaria alguna revisión del interior del sistema de acuñamiento. A su vez el amortiguador del mismo sistema, que consiste en un cilindro hidráulico, se encuentra en su exterior visiblemente corroído, sin embargo en su interior se desconoce el estado de conservación.

#### **4.7. Estación superior.**

La estación superior-plataforma inferior se encuentra en un buen estado de conservación debido a que se encuentra con pintura anticorrosiva , la cual la protege del ambiente, sin embargo se aprecian principios de corrosión en algunas vigas que la componen, así como también lugares donde ya no existe pintura anticorrosiva. En la plataforma superior las planchas que conforman el piso están en evidente estado de corrosión, a tal grado que algunas de ellas solo poseen algunos fragmentos o ya no existen planchas en algunos sectores, sin embargo las vigas que sostienen los winches y la planchas del piso de la plataforma superior, al estar cubiertos por pintura anticorrosiva, presentan signos de corrosión y sectores donde la pintura se encuentra porosa.

Por su parte la cabina de mando está casi completamente destruida por actos de terceros, donde se presentan claros signos de intentos de robo de componentes hidráulicos y de control que se encuentran en su interior. En la Figura 59 se puede observar lo anteriormente descrito.



Figura 59: Estado estación superior.

#### **4.7.1. Estado de los elementos estructurales de acero.**

En general, los elementos de la estructura de soporte se encuentran en un avanzado estado de corrosión, con pérdida de espesor en la mayoría de los casos. La escoria suelta producto del avance de esta corrosión es abundante, lo que hizo necesario el raspado de la mayoría de las piezas para determinar su estado y dimensiones.

En la Figura 60 se muestra, a modo de ejemplo, el estado de las piezas que concurren en una conexión típica de pilar, vigas y diagonales. Se aprecia el nivel avanzado de corrosión y la escoria suelta en el proceso.



Figura 60: Estado de elementos en encuentro de vigas, pilar y diagonal.

En cuanto a diagonales y puntales de arriostamiento lateral, el efecto de la corrosión ha sido mucho más dañino que para el resto de las piezas, además de que tienen espesores menores que los elementos principales. En algunos casos, la acumulación de material proveniente del suelo, como piedras, piedrecillas, arena y polvo fino que, al acumularse en capas considerables, impide el drenaje del agua y mantiene el entorno húmedo que facilita la oxidación y promueve la corrosión. En la Figura 61, se muestra una fotografía de un puntal de arriostamiento lateral, donde se evidencia el daño producido por la corrosión, facilitada por la acumulación de material en el ala inferior del elemento.



Figura 61: Estado de puntal, evidencia de la acumulación de material de suelo.

#### 4.7.2. Fundaciones.

El sistema de fundaciones presenta, en general, varios pedestales con fisuras o grietas y desprendimiento de partes, lo que deja en exposición las armaduras de los mismos. Estas armaduras presentan un estado de corrosión controlado a simple vista, pero que debe ser atendido para evitar el aumento de la misma. En la Figura 62 se muestra el estado actual de una de las fundaciones de pilares, se aprecian las grietas por trabajo del pilar en dirección longitudinal hacia abajo de la vía (lado izquierdo de la foto), también se aprecia el desprendimiento de hormigón suelto y corrosión de la armadura.



Figura 62: Estado general de fundaciones.

#### **4.7.3. Verificación de diseño de elementos.**

Debido al alto nivel de corrosión detectado durante el levantamiento, se ha procedido a medir los espesores actuales de las partes de los elementos principales. Para ello se ha despejado el material suelto en las superficies de los puntos de control de las vigas (3 puntos por cada elemento a lo largo de cada tramo), aplicando un raspado metal – metal hasta encontrar material sano (acero brillante sin óxido). La medición se ha realizado con un instrumento electrónico Ultrasónico INSPEX MODELO IPX-250LC, para mayor precisión. Las vigas principales de apoyo para el carro tienen una sección tipo H400x250. En el caso de las vigas principales de apoyo para el contrapeso, estas tienen una sección H350x200 y las vigas transversales tienen una sección H350x250, cuyos espesores, tanto de alas como del alma, son variables dependiendo del nivel de corrosión en el tramo. En

ANEXO

D:

MEDICIONES ESPESORES ESTRUCTURA SOPORTANTE.. Medición de espesores estructura de plataforma., se presenta el resumen de las mediciones realizadas a los elementos estructurales.

Para efectos de simplificar el modelo, debido a que la variación de espesores es mínima entre vigas, se han considerado los valores mínimos de toda la medición para cada caso. En la Tabla 5 se presentan el resumen de dimensiones de las vigas

principales considerando los valores de espesores mínimos recogidos de las mediciones en terreno, tanto de ala como de alma.

Tabla 5: Dimensiones de vigas principales.

Viga	H (mm)	B (mm)	t (mm)	tw (mm)
Longitudinal Carro	400	250	15.2	6
Longitudinal contrapeso	350	200	8.1	6
Transversal	350	250	8.1	4.4

Los parámetros de la sección de la viga se muestran en la figura 67:

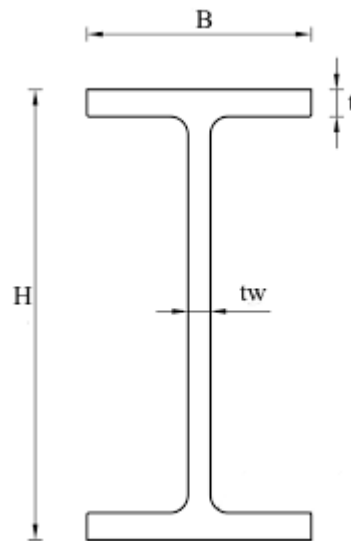


Figura 63: Parámetros de vigas.

#### 4.7.4. Resistencia en flexión de vigas principales.

En este análisis se considera la posición más desfavorable de la carga, con el camión posicionado a un costado del carro y la carga de la rueda del carro en el centro de la viga.

#### 4.7.4.1. Antecedentes Viga longitudinal del carro.

Definición:	$\text{tonf} = 1000$ [kgf]
Peso estimado del carro:	$P_m = 15000$ [kgf]
Peso de Carga a transportar:	$P_c = 40000$ [kgf]
Peso Total por rueda:	$P_p = \frac{P_m}{4} + \frac{P_c}{2} = 23750$ [kgf]
Angulo de incidencia de la carga en la viga:	$\alpha = 45^\circ$
Carga transversal en la viga:	$P = \cos \alpha \cdot P_p = 16793,78$ [kgf]
Largo de la viga con apoyos propuesto:	$L_v = 3317$ [mm]
Largo de viga sin apoyos hechos por propuesto:	$L_{vs} = 6634$ [mm]
Distancia del eje neutro a la fibra más alejada:	$c = 200$ [mm]
Esfuerzo de Fluencia del acero:	$\sigma_y = 248,1$ [Mpa]
Peso volumétrico del acero:	$\gamma_{\text{acero}} = 7,85 \cdot 10^{-6}$ [kgf/ mm <sup>3</sup> ]
Área de la sección transversal:	$A = 9817,6$ [mm <sup>2</sup> ]
Carga distribuida en la viga:	$\omega = \gamma_{\text{acero}} \cdot A = 0,077$ [kg/mm]

#### 4.7.4.2. Resistencia a la flexión en viga longitudinal del carro.

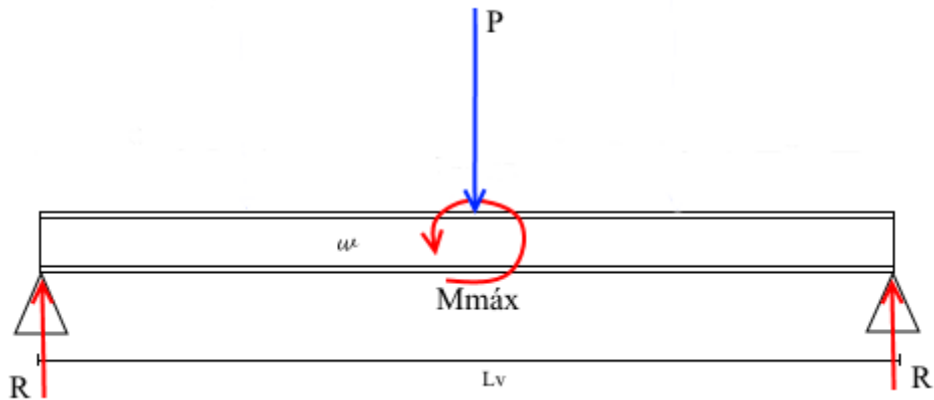


Figura 64: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal del carro.

#### 4.7.4.2.1. Caso con apoyos hechos por propuerto, tablas Cintac.

Momento Máximo: 
$$M_{máx} = \frac{\omega \cdot L_v^2}{8} + \frac{P \cdot L}{4} = 14032141,02 \text{ [kgf} \cdot \text{mm]}$$

Momento de Inercia: 
$$I_{zz} = 306725750,1 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Modulo resistente: 
$$W = \frac{I_{zz}}{c} = 1533628,75 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Factor de seguridad: 
$$F.S = \frac{W \cdot \sigma_y}{|M_{máx}|} = 2,764$$

Por lo tanto el usar las vigas longitudinales del carro en el estado actual que se encuentran es seguro en los tramos donde se poseen los pilares de apoyo realizados por propuerto hace algunos años, ya que al situar la viga en el peor de los casos en el posicionamiento de plena carga y tomando en cuenta los espesores mínimos obtenidos de la viga, arroja un 2,7 de factor de seguridad, lo implica que estas vigas funcionan correctamente.

#### 1.1.1.1.1. Caso sin apoyos hechos por propuerto, tablas Cintac.

Momento Máximo: 
$$M_{máx} = \frac{\omega \cdot L_{vs}^2}{8} + \frac{P \cdot L}{4} = 28276079,96 \text{ [kgf} \cdot \text{mm]}$$

Momento de Inercia:	$I_{zz} = 306725750,1 \text{ [mm}^4\text{]}$
Modulo resistente:	$W = \frac{I_{zz}}{c} = 1533628,75 \text{ [mm}^3\text{]}$
Factor de seguridad:	$F.S = \frac{W \cdot \sigma_y}{ M_{\text{máx}} } = 1,3716$

Para los tramos donde no se poseen apoyos realizados por propuerto anteriormente, se obtiene que en el peor de los casos en el posicionamiento de plena carga y tomando en cuenta los espesores mínimos obtenidos de la viga, esta viga tendrá un factor de seguridad de 1,37 lo que indica que soportará pero esta se encontrara al límite de la flexión. No hay que olvidar que el que ocurra este caso es improbable pero no imposible.

#### 4.7.4.3. Antecedentes Viga transversal

Definición:	tonf= 1000 [kgf]
Peso estimado del contrapeso:	$P_m = 10 \text{ [tonf]}$
Peso cargado por la viga en 2 puntos:	$P_p = \frac{P_m}{2} = 5000 \text{ [kgf]}$
Angulo de incidencia de la carga en la viga:	$\alpha = 45^\circ$
Carga transversal en la viga:	$P = \cos \alpha \cdot P_p = 3535,53 \text{ [kgf]}$
Largo de la viga:	$L_v = 8000 \text{ [mm]}$
Distancia del eje neutro a la fibra más alejada:	$c = 175 \text{ [mm]}$
Esfuerzo de Fluencia del acero:	$\sigma_y = 248,1 \text{ [Mpa]}$
Peso volumétrico del acero:	$\gamma_{\text{acero}} = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ [kgf/ mm}^3\text{]}$
Área de la sección transversal:	$A = 5518,72 \text{ [mm}^2\text{]}$
Carga distribuida en la viga:	$\omega = \gamma_{\text{acero}} \cdot A = 0,04332 \text{ [kg/mm]}$

Distancia cargas ubicadas simétricamente

$$a = 2300 \text{ [mm]}$$

#### 4.7.4.4. Resistencia a la flexión en viga transversal, tablas Cintac.

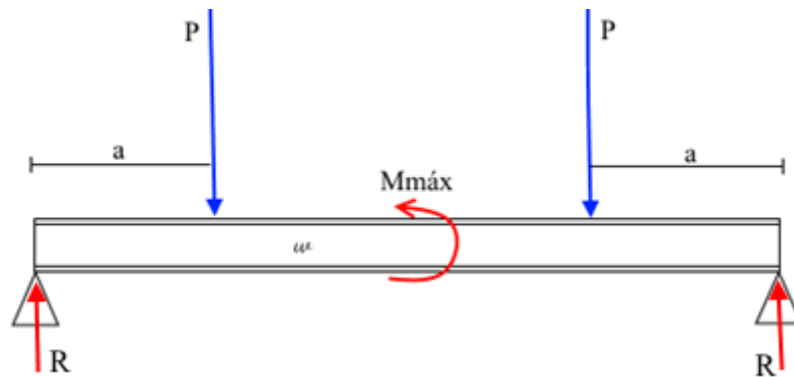


Figura 65: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal contrapeso.

Momento Máximo Centro de viga:  $M_{máx} = \frac{\omega \cdot L_v^2}{8} + P \cdot a = 8478279 \text{ [kgf} \cdot \text{mm]}$

Momento de Inercia:  $I_{zz} = 132016312,3 \text{ [mm}^4\text{]}$

Modulo resistente:  $W = \frac{I_{zz}}{c} = 754378,93 \text{ [mm}^3\text{]}$

Factor de seguridad:  $F.S = \frac{W \cdot \sigma_y}{|M_{máx}|} = 2,25$

La viga transversal solo percibe el peso del contrapeso, por lo que tomando en cuenta los espesores mínimos obtenidos, la viga estará funcionando con un factor de seguridad de 2,25, esto indica que las vigas transversales están funcionando correctamente.

#### 4.7.4.5. Antecedentes Viga longitudinal contrapeso

Definición:	tonf= 1000 [kgf]
Peso estimado del contrapeso:	$P_m = 10$ [tonf]
Peso cargado por la viga en 2 puntos:	$P_p = \frac{P_m}{4} = 2500$ [kgf]
Angulo de incidencia de la carga en la viga:	$\alpha = 45^\circ$
Carga transversal en la viga:	$P = \cos \alpha \cdot P_p = 1767,76$ [kgf]
Largo de la viga:	$L_v = 6634$ [mm]
Distancia del eje neutro a la fibra más alejada:	$c = 175$ [mm]
Esfuerzo de Fluencia del acero:	$\sigma_y = 248,1$ [Mpa]
Peso volumétrico del acero:	$\gamma_{acero} = 7,85 \cdot 10^{-6}$ [kgf/ mm <sup>3</sup> ]
Área de la sección transversal:	$A = 5242,8$ [mm <sup>2</sup> ]
Carga distribuida en la viga:	$\omega = \gamma_{acero} \cdot A = 0,04332$ [kg/mm]
Distancia cargas ubicadas simétricamente	$a = 1117$ [mm]

#### 4.7.4.6. Resistencia a la flexión en viga longitudinal contrapeso, tablas Cintac.

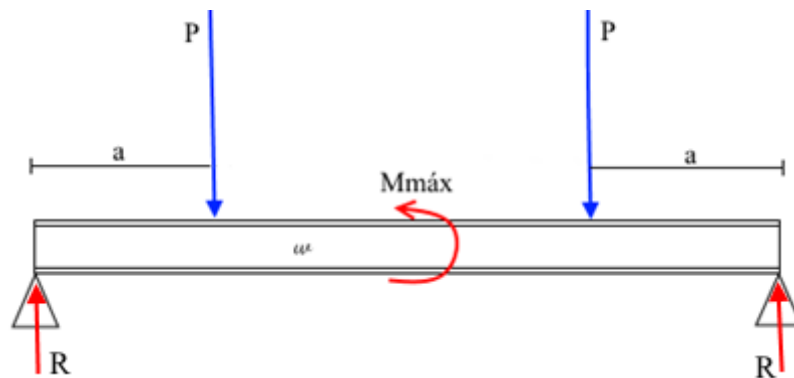


Figura 66: Diagrama cuerpo libre viga longitudinal contrapeso.

Momento Máximo Centro de viga:	$M_{\text{máx}} = \frac{\omega \cdot L_v^2}{8} + P \cdot a = 2201019,14 \text{ [kgf} \cdot \text{mm]}$
Momento de Inercia:	$I_{zz} = 113312850,1 \text{ [mm}^4\text{]}$
Modulo resistente:	$W = \frac{I_{zz}}{c} = 647502 \text{ [mm}^3\text{]}$
Factor de seguridad:	$F.S = \frac{W \cdot \sigma_y}{ M_{\text{máx}} } = 7,44$

Estas vigas longitudinales del contrapeso son las vigas que mejor se encuentran funcionando en el estado actual, tomando en cuenta el espesor mínimo obtenido en las mediciones, el factor de seguridad de 7,44 deja con la tranquilidad de que las vigas funcionan bien ante la exigencia del peso del contrapeso.

#### **4.7.5. Pernos de fijación de vigas.**

Los pernos de fijación de vigas se encuentran en evidente estado de deterioro, debido al alto grado de corrosión al cual se encuentran expuestos por la naturaleza de la ubicación del funicular, es por ello que en algunos sectores estos no realizan su función, en otros sectores simplemente no existen dichos pernos de fijación, por lo que revisar y tratar este tema es de suma urgencia para el correcto y seguro funcionamiento del funicular.

#### **4.8. Sistemas eléctricos.**

El sistema de control eléctrico, tanto en la cabina como en el cierre de la planta de fuerza, está expuesto en su totalidad a la intemperie sin canalización, lo que lleva a posibles fallas y accidentes con consecuencias severas.

Los controles están instalados en tableros de cajas de conexiones y no en una consola de mando, como debiera ser para la magnitud del trabajo y capacidad de carga del elevador.

Todos los componentes anteriormente descritos, presentan un alto grado de deterioro, producto de la ausencia de mantención.

## **CAPITULO 5: Criterios de intervención**

### **5.1. CRITERIOS DE INTERVENCION.**

Los criterios de intervención corresponden a las reglas, normas y principios a considerar en la elaboración del proyecto, los cuales permitirán definir las acciones que se involucran con la recuperación y restauración de los sistemas mecánicos del funicular, se presentarán en el **ANEXO C: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES** las diversas especificaciones técnicas generales para la realización de los trabajos, que atañen al equipo que los realizará.

Estos criterios se definen para aspectos técnicos, los que han sido priorizados, siendo el criterio de seguridad el que prevalece sobre el resto. A continuación se realiza una descripción de los criterios definidos, además de señalar las principales tareas a realizar para cada subsistema mecánico de este funicular.

#### **5.1.1. Criterios de intervención generales.**

Los criterios de intervención generales considerados para la recuperación del funicular de 40 toneladas en su área mecánica, en orden de prioridad son los siguientes:

##### **5.1.1.1. Seguridad.**

El criterio de seguridad que guiará las intervenciones a realizar en los sistemas mecánicos de la instalación, estará definido según los lineamientos generales que se establecen en los cuerpos técnico-normativos que aplican a la especialidad de transporte vertical. Se utilizarán a modo referencial las normas expuestas en el apartado 4.1.1.

En Chile no existe una norma oficial en materia de funiculares. En 2015, se publicó la norma chilena NCh 3365, la que aún no ha sido oficializada y por lo tanto no tiene el carácter de legal para los equipos en que aplica.

Los criterios técnicos específicos, en cuanto al equipo para el transporte vertical de pasajeros, serán definidos de la norma chilena NCh 3365, dado que es la que mejor representa la instalación: un montacargas inclinado de tipo funicular.

### 5.1.1.2. Confiabilidad operacional y mantenibilidad.

#### 5.1.1.2.1. Confiabilidad.

Def.: Confiabilidad. La probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

Def.: Confiabilidad Operacional. La capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y personas), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

El criterio de Confiabilidad Operacional de los sistemas mecánicos del funicular estará asociado con los cuatro aspectos fundamentales de la Confiabilidad Operacional, presentados en la Figura 67.

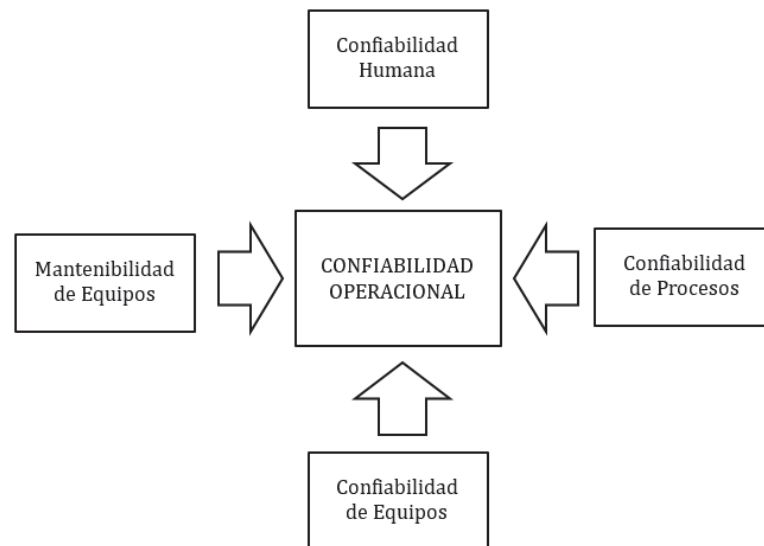


Figura 67: Aspectos fundamentales de la confiabilidad [11].

### 5.1.1.2.2. Mantenibilidad.

Es la capacidad que posee un sistema para que se le diagnostiquen fácil y asertivamente los fallos, junto a la posibilidad que tiene de ser reparado en el menor tiempo posible de acuerdo a su complejidad. Este tiempo dependerá del nivel de dificultad técnica que tengan el diagnóstico y el proceso de mantenimiento, además de la capacidad técnica, humana y logística disponible para efectuar la reparación.

El concepto de mantenibilidad es tomado en cuenta para el diseño de todas las adecuaciones e incorporaciones y en la definición de un Plan de Mantenimiento Periódico-Preventivo y sus rutinas asociadas. En la Tabla 6 se presentan los factores internos y externos que se considerarán en la definición de los criterios específicos de mantenibilidad de los sistemas, sub-sistemas, componentes, piezas y partes del conjunto electromecánico del ascensor Monjas.

Tabla 6: Factores para el mejoramiento de la mantenibilidad.

<b>Factores Internos</b>	<b>Factores Externos</b>
Acceso a los componentes, piezas y partes.	Disponibilidad de los repuestos necesarios.
Complejidad técnica de los sistemas.	Disponibilidad de mano de obra especializada.
Disponibilidad de manuales claros y completos.	Capacitación permanente de técnicos especialistas y ayudantes.
Uso de componentes, piezas y partes estandarizadas.	Herramientas para diagnóstico y reparación.
Manejo de componentes (peso, fragilidad, etc.).	Capacidad en la programación de tareas.
Calidad de los componentes y materiales a usar.	Limpieza y estado de conservación general de sistemas.
Definición del herramental necesario estandarizado.	Historial de averías y procedimientos.

### **5.1.1.3. Grados de corrosión.**

Se identifica el grado de corrosión en cada uno de los sistemas y subsistemas, para aplicar un criterio de intervención acorde, todo esto basado en la norma sueca SIS 055900 [12].

Esta norma establece una escala para identificar los estados superficiales de corrosión del acero sin recubrir y acero recubierto por pintura:

#### **5.1.1.3.1. Acero sin recubrir.**

- Acero grado a: Superficie de acero con la chapa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.
- Acero grado b: Superficie de acero con principio de corrosión y de la cual la chapa de laminación sólo se encuentra parcialmente adherida.
- Acero grado c: Superficie de acero donde la chapa de laminación se ha perdido por efecto de la corrosión o es fácilmente eliminable por raspado al encontrarse suelta. La corrosión es generalizada pero no se han formado aún cavidades visibles.
- Acero grado d: Superficie de acero con corrosión generalizada, exenta de chapa de laminación y gran cantidad de cavidades profundas.

#### **5.1.1.3.2. Acero pintado.**

Para evaluar el estado superficial del acero previamente pintado se establece por norma otros cuatro grados que determinan la cantidad de daño por corrosión, estos grados se identifican como se señala:

- Acero grado e: Es aquel en el cual la pintura se encuentra prácticamente intacta, puede verse algo del primer o anticorrosivo y los puntos de corrosión no sobrepasan un décimo de un por ciento de la superficie. Esto implica un daño no superior al 0,1%.
- Acero grado f: La pintura de terminación se aprecia algo envejecida, en algunos sectores puede aparecer el anticorrosivo, leve manchado o englobamiento; después de eliminar las manchas, menos de un uno por ciento (1 %) de la superficie presenta puntos de corrosión, óxido de laminación suelto o el film de pintura suelto.
- Acero grado g: La pintura se aprecia fuertemente envejecida con englobamiento o manchada; hasta un 10% de la superficie se encuentra cubierta de productos de corrosión, englobamiento con corrosión, capas duras y sueltas de pintura y se aprecia una pequeña cantidad de ataque localizado.
- Acero grado h: Grandes sectores de superficie se encuentran cubiertos de productos de corrosión, pitting, nódulos de productos de corrosión y pintura sin adherencia. El ataque por pitting es totalmente visible.

#### **5.1.1.4. Imagen objetivo y propuesta de intervención.**

A partir del resultado del Diagnóstico de los diversos sistemas mecánicos del funicular y considerando los criterios de intervención que aplican a cada caso, se establece una imagen objetivo que define la Propuesta de Intervención que se presenta de manera general para cada sistema de la instalación. Los tratamientos anticorrosivos y/o selección de polines para cada uno de los cables serán indicados en la tabla 7, se debe tener en claro que los criterios de intervención definen acciones a realizar en la recuperación y restauración de los sistemas mecánicos del funicular.

Tabla 7: Condición sub-estándar y criterios de intervención.

SISTEMAS	SUB-SISTEMAS/ COMPONENTES	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	CRITERIOS DE INTERVENCIÓN
<b>Sistema de Accionamiento – Maquinaria de Arrastre</b>	<b>Motor diesel</b> (actualmente fuera de servicio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inexistencia de componentes (radiador, batería, entre otros).</li> <li>✓ Corrosión superficial.</li> <li>✓ Sistema de escape dañado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar overhaul.</li> <li>✓ Realizar tratamiento anticorrosivo.</li> <li>✓ Cambiar sistema de escape.</li> </ul>
	<b>Winches</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se desconoce estado de componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chequeo completo de acuerdo a especificaciones del fabricante.</li> <li>✓ Realizar Overhaul.</li> </ul>
	<b>Sistema Oleohidráulico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inexistencia de componentes (Filtros, enfriador).</li> <li>✓ Mangueras deterioradas.</li> <li>✓ Aceite perdió propiedades mecánicas (último reemplazo realizado hace 3 años).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar mantenimiento general de sistemas.</li> <li>✓ Reemplazar mangueras hidráulicas y componentes dañados y desgastados.</li> <li>✓ Reemplazar filtros.</li> <li>✓ Instalar enfriador faltante.</li> <li>✓ Cambiar aceite hidráulico.</li> </ul>
	<b>Reductor acoplamiento motor-bombas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se desconoce el estado en que se encuentra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar mantenimiento general.</li> </ul>

Tabla 8: Condición sub-estándar y criterios de intervención.

<b>SISTEMAS</b>	<b>SUB-SISTEMAS/ COMPONENTES</b>	<b>DIAGNÓSTICO PRELIMINAR</b>	<b>CRITERIOS DE INTERVENCIÓN</b>
<b>Carro</b>	<b>Estructura general</b>	✓ Corrosión grado G.	✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.
	<b>Sistema rodado Vertical</b>	✓ Se desconocen las condiciones de conservación.	✓ Realizar diagnóstico a sistemas una vez puesto en marcha el sistema de arrastre
	<b>Sistema rodado Horizontal</b>	✓ Corrosión grado C. ✓ Sistema desajustado.	✓ Realizar overhaul. ✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo. ✓ Reemplazar componentes (rodamientos, empernaduras, ejes, etc.).
	<b>Poleas Reenvío</b>	✓ Corrosión grado G. ✓ Se desconocen las condiciones de conservación.	✓ Realizar overhaul como parte del reemplazo de cables. ✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo. ✓ Reemplazar componentes de acuerdo a diagnóstico después de overhaul (rodamientos, ejes, sellos, etc.) ✓ Reemplazar empernaduras.
<b>Contrapeso</b>	<b>Bloque Contrapeso</b>	✓ Corrosion grado H	✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.
	<b>Sistema Rodado</b>	✓ Se desconocen las condiciones de conservación.	✓ Realizar diagnóstico de sistemas una vez puesto en marcha el sistema motriz.

Tabla 9: Condición sub-estándar y criterios de intervención.

SISTEMAS	SUB-SISTEMAS/ COMPONENTES	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	CRITERIOS DE INTERVENCIÓN
<b>Plano de Rodadura</b>	<b>Estructura Soportante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión Grado D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Reemplazar componentes estructurales, según diagnóstico.</li> <li>✓ Reemplazar la totalidad de fijaciones y empernaduras.</li> </ul>
	<b>Rieles-Guía carro y fijaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto grado de corrosión. Pérdida de material en varios elementos estructurales.</li> <li>✓ Desalineamiento.</li> <li>✓ Alto grado de daño en empernaduras y fijaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Reemplazar la totalidad de fijaciones y empernaduras.</li> <li>✓ Realizar alineamiento general de rieles-guía.</li> </ul>
	<b>Rieles-Guía contrapeso y fijaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión Grado D.</li> <li>✓ Rieles desalineados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Retirar fijaciones y rieles-guía.</li> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Reemplazar tramos de rieles dañados.</li> <li>✓ Reemplazar fijaciones y empernaduras.</li> </ul>
	<b>Polines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Componentes gastados e inexistentes en algunos tramos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reemplazar e instalar polines.</li> </ul>

Tabla 10: Condición sub-estándar y criterios de intervención.

SISTEMAS	SUB-SISTEMAS/ COMPONENTES	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	CRITERIOS DE INTERVENCIÓN	
Arrastre y suspensión	Cable de arrastre	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cables sin lubricación.</li> <li>✓ Corrosión insipiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reemplazar cables de arrastre y contrapeso.</li> </ul>	
	Cable de contrapeso			
	Poleas de desvío cable de arrastre	Polea desvío Horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión grado G.</li> <li>✓ Se desconocen las condiciones de conservación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar overhaul como parte del reemplazo de cables.</li> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Reemplazar componentes de acuerdo a diagnóstico después del realizar overhaul (rodamientos, ejes, sellos, etc.)</li> <li>✓ Reemplazar empernaduras.</li> </ul>
		Polea desvío vertical.		
	Polea de reenvío cable de contrapeso			
Terminales de suspensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión grado G.</li> <li>✓ Se desconocen las condiciones de conservación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reemplazo terminales de suspensión</li> </ul>		
Sistema de seguridad Anti-deriva	Poleas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se desconocen las condiciones de conservación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diagnosticar una vez puesto en marcha el sistema de accionamiento.</li> </ul>	
	Sistema amortiguador		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diagnosticar una vez puesto en marcha el sistema de accionamiento.</li> </ul>	
	Cable de acero		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar inspección magnetográfica.</li> <li>✓ Reemplazar cable si es necesario.</li> </ul>	
	Dispositivo de bloqueo		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar overhaul.</li> <li>✓ Realizar ajuste de sistema.</li> <li>✓ Reemplazar componentes, según diagnóstico después de overhaul.</li> <li>✓ Realizar pruebas del sistema antideriva</li> </ul>	

Tabla 11: Condición sub-estándar y criterios de intervención.

SISTEMAS	SUB-SISTEMAS/ COMPONENTES	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	CRITERIOS DE INTERVENCIÓN
<b>Estación superior</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grado de corrosión F en estructura.</li> <li>✓ Grado de corrosión H en planchas de plataforma superior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo en estructura.</li> <li>✓ Reemplazar plataforma superior .</li> </ul>
<b>Estructura soportante Plano de rodadura</b>	<b>Estructura soportante winches hidráulicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se desconocen las condiciones de conservación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diagnosticar estado de soldadura en estructura.</li> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> </ul>
	<b>Patas estandar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grado de corrosión D.</li> <li>✓ Fundaciones de patas agrietadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Revisar fundaciones y realizar trabajos para mejorar estado de estas.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión Grado D.</li> <li>✓ Desgaste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar tratamiento anti-corrosivo.</li> <li>✓ Reemplazar diagonales y puntales de arriostramiento.</li> <li>✓ Reemplazar la totalidad de fijaciones.</li> </ul>
<b>Sistema eléctrico</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Obsoleto, no existen diagramas eléctricos.</li> <li>✓ Faltan componentes de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rediseñar el circuito, considerando componentes de seguridad faltantes.</li> <li>✓ Normalizar instalación bajo NCh 4 elec. 2004.</li> <li>✓ Reemplazar la totalidad del sistema eléctrico: cableado, canalizadores, sensores y componentes generales.</li> <li>✓ Conectar a tierra de seguridad todas las partes metálicas de la instalación.</li> </ul>

#### **5.1.1.5. Tratamiento anti-corrosivo.**

##### **5.1.1.5.1. Especificación de materiales.**

- Acero de perfiles : Según norma y calidad ASTM A36 o A250ES Nacional
- Acero de plancha : Según norma y calidad ASTM A36
- Pernos de conexión : Calidad A325 Galvanizados.

##### **5.1.1.5.2. Preparación superficial [13].**

###### **5.1.1.5.2.1. Lavado Inicial.**

Proceder a lavar la superficie, mediante equipos hidrolavadores de alta presión u otros adecuados, retirando suciedades, pinturas mal adheridas, salinidad, grasas y otros contaminantes del sustrato. Es recomendable efectuar el lavado en forma parcial, desde la parte superior a la inferior. De ser necesario, por la presencia de grasas y/o aceites, adicionar solución de detergente Industrial de acuerdo a indicaciones de fabricante.

###### **5.1.1.5.2.2. Limpieza final.**

Inmediatamente después de la limpieza inicial, proceder mediante herramientas adecuadas, tales como: Arenado superficial, Gratas Neumáticas, Discos lijas, Chascones, Pistolas de agujas, Raspadores manuales y/o mecánicos, etc., a efectuar limpieza Manual Mecánica según norma SIS 055900 o SSPC-SP3 del Steel Structures Painting Council, retirando todo vestigio de corrosión, pinturas mal adheridas, exfoliaciones de material, en general todo material contaminante de la superficie. La superficie así tratada deberá presentarse con un leve brillo metálico, libre de impurezas, residuos u otros. La pintura que se encuentre en buen estado, firmemente adherida no se retirará, sólo debe presentarse, posterior a la limpieza final, sin brillo y ligeramente rugosa, producto del lijado abrasivo impuesto.

#### **5.1.1.5.2.3. Lavado final y Pasivado.**

Inmediatamente terminado el proceso de Limpieza Final, proceder a efectuar lavado de las superficies, mediante equipos hidrolavadores de alta presión, con Solución Pasivante para Hidrolavado acuosa, retirando los restos de impurezas desprendidas de la Limpieza y Pasivando el acero desnudo con el fin de evitar la corrosión inicial del sustrato. Secar idealmente con aire comprimido limpio.

La superficie así tratada, limpia y seca, debe ser recubierta en la misma jornada con la primera capa de imprimación. Si por motivos de horario no se ejecutase, la ITO debe exigir que las superficies queden cubiertas con mallas u otro elemento adecuado para evitar contaminar con cloruros las superficies.

#### **5.1.1.5.3. Esquema de protección.**

##### **5.1.1.5.3.1. Imprimación.**

Sobre la superficie limpia y seca, exenta de cloruros, proceder a aplicar a brocha y/o Equipo Airless, una capa de Imprimante, en un espesor seco mínimo de 70 micras, ponceando a brocha en sectores conflictivos tales como: encuentro de planchas, cordones de soldadura, aristas vivas, vértices, cabeza e hilo de pernos, en general en todos los sectores donde por efecto de aplicación con el Equipo Airless no exista buena penetración o su espesor no corresponderá al especificado.

Dejar secar 2 a 3 horas.

##### **5.1.1.5.3.2. Encapsulado.**

Proceder a efectuar encapsulado con Masilla Epóxica Tixotrópica, todo intersticio que no logre cubrir la Imprimación, entre otros: uniones de planchas, encuentros apernados, cabeza e hilo de pernos, en general toda superficie que pueda ser causante de penetración del electrolito.

Dejar secar 1 hora.

#### **5.1.1.5.3.3. Sello.**

Sobre la superficie limpia y seca, sin contaminantes y exenta de cloruros, proceder mediante Equipo Airless y brochas, sectores de difícil acceso, a aplicar una capa de Ceremastic 1500 Epóxico o producto de similares características, en un espesor seco mínimo de 125 micras.

Dejar secar 18 – 24 horas.

#### **5.1.1.5.3.4. Terminación.**

Se proponen dos alternativas de productos, ambos resistentes al medio corrosivo a que estarán expuestos, para analizar desde el punto de vista costos y estética.

##### *A. Alternativa 1*

Sobre las superficies limpias y secas, sin presencia de cloruros, proceder a aplicar mediante Equipo Airless y brochas, sectores de difícil acceso, una capa de Ceremastic 1500 Epóxico o producto de similares características, en un espesor seco mínimo de 75 micras.

##### *B. Alternativa 2*

Sobre las superficies limpias y secas, sin presencia de cloruros, proceder a aplicar mediante Equipo Airless y brochas, sectores de difícil acceso, una capa de Esmalte Poliuretano Acrypol o producto de similares características, en un espesor seco mínimo de 50 micras.

Esta alternativa presenta en el tiempo una mayor retención de brillo, lo cual implica una mejor estética futura.

#### **5.1.1.5.3.5. Espesor seco mínimo total del esquema.**

El espesor seco mínimo final del esquema nuevo: 245 – 265 micras.

### 5.1.1.6. Selección de polines

#### 5.1.1.6.1. Sistema anti-deriva

Cable de Ø 2"

Según catálogo se tiene: [14]

$G = 13,56$  [Kg/m]

Distancia entre polines (D) = 13,2 [m]

$$\text{Peso}(P) = G \times D$$

$$P = 13,56 \times 13,2 = 178,992 \text{ [Kg]}$$

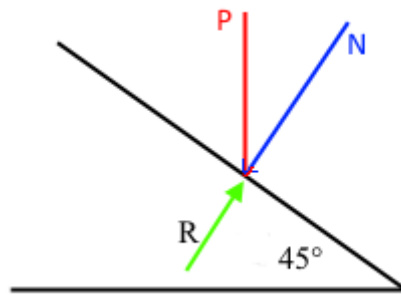


Figura 68: Diagrama de cuerpo libre en polín.

$$N = 178,992 \times \cos 45^\circ = 124,338 \text{ [Kg]}$$

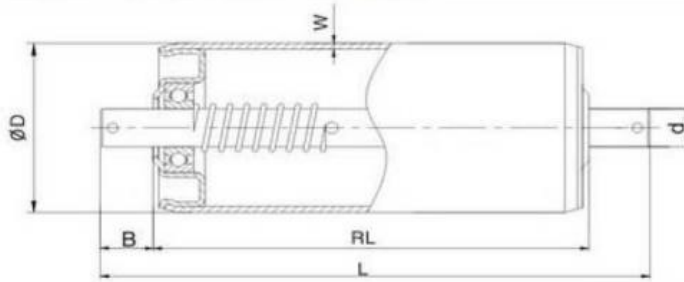
Como el cable es doble en algunos polines se tiene:

$$N_{\text{total}} = N \times 2 = 124,338 \times 2 = 248,676 \text{ [Kg]}$$

Polín seleccionado para cable de seguridad (Ø 2")

$\phi D \times W = 89 \times 3.2\text{mm} (3.5" \times 0.126")$

Code = **BS890/HP830**



Roller Capacity	
RL(mm)	Capacity(kg)
200	300
350	300
500	300
650	300
750	300

### Description:

**Tube Material:** Carbon Steel. Stainless optional

**Finished:** Zinc Plated, Galvanized

**Shaft(d):**  $\phi 20\text{mm}$

HP830-2000

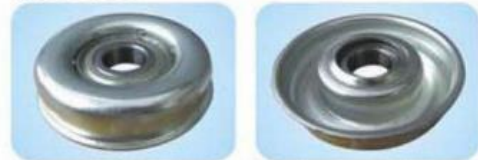


Figura 69: Polín seleccionado para cables de sistema anti-deriva.

#### 5.1.1.6.2. Sistema de arrastre.

Cable de  $\phi 7/8"$

Según catálogo se tiene: [1414]

$G = 2,49 \text{ [Kg/m]}$

Distancia entre polines (D) = 6,6 [m]

$$\text{Peso}(P) = G \times D$$

$$P = 2,49 \times 6,6 = 16,434 \text{ [Kg]}$$

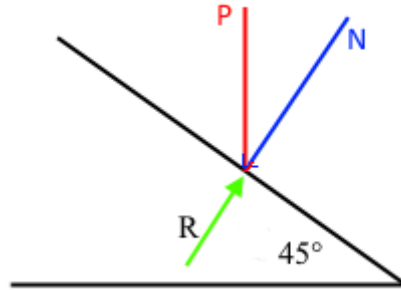


Figura 70: Diagrama de cuerpo libre en polín.

$$N = 16,434 \times \cos 45^\circ = 11,416 \text{ [Kg]}$$

Como el cable es simple en todos los polines se tiene:

$$N_{\text{total}} = N = 11,416 \text{ [Kg]}$$

Polín para cable de arrastre ( $\varnothing 7/8''$ )

$\phi D \times W = 26 \times 1.5 \text{mm} (1.02'' \times 0.059'')$  Code = **BS260/FB231**

Roller Capacity	
RL(mm)	Capacity(kg)
200	30
300	30
400	30
500	30
600	30

**Description:**

**Tube Material:** Carbon Steel, Stainless optional

**Finished:** Zinc Plated, Galvanized

**Shaft(d):**  $\varnothing 10 \text{mm}$

**FB231-0800H**

Figura 71: Polín seleccionado para cables de sistema de arrastre.

### 5.1.1.6.3. Contrapeso.

Cable de  $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ "

Según catálogo se tiene: [14]

$G = 3,89$  [Kg/m]

Distancia entre polines (D) = 6,6 [m]

$$\text{Peso}(P) = G \times D$$

$$P = 3,89 \times 6,6 = 25,674 \text{ [Kg]}$$

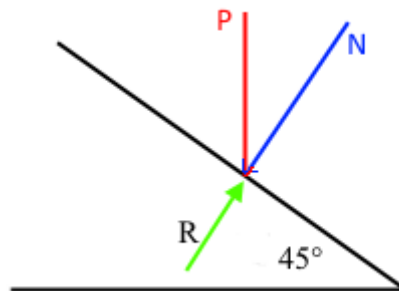


Figura 72: Diagrama de cuerpo libre en polín.

$$N = 25,674 \times \cos 45^\circ = 17,8341 \text{ [Kg]}$$

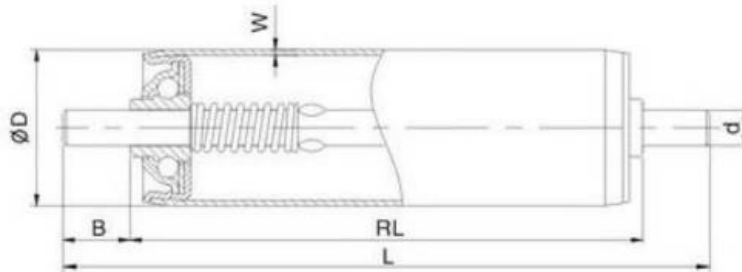
Como el cable es doble en algunos polines se tiene:

$$N_{\text{total}} = N \times 2 = 17,8341 \times 2 = 35,669 \text{ [Kg]}$$

Polín para cable de contrapeso ( $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ "

$\phi D \times W = 35 \times 1.2\text{mm} (1.38" \times 0.047")$

Code = **BS350/HM325**



Roller Capacity	
RL(mm)	Capacity(kg)
200	45
350	45
500	40
650	35
750	30

**Description:**

**Tube Material:** Carbon Steel, Stainless optional

**Finished:** Zinc Plated, Galvanized

**Shaft(d):**  $\phi 1/4"$ mm, 7.9mm(Hex)  
(d):  $\phi 6.35$ mm, 7.9mm

HM325-0800H



Figura 73: Polín seleccionado para cable de contrapeso.

#### **5.1.1.7. Overhaul.**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca algún fallo, cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- Se debe conocer el equipo en el que hay que realizar la tarea.
- Descripción de la tarea a realizar (MANTENIMIENTO OVERHAUL).
- Se deben conocer las características del equipo.
- Analizar el manual del equipo o sistema involucrado, buscar toda la información relacionada con él.
- Asegurarse de tener personal disponible para realizar la tarea.
- Tener el capital necesario para realizar el mantenimiento.
- Ubicar las herramientas que se necesitaran al realizar el mantenimiento.
- Al tener en orden todos los factores anteriores se prosigue a realizar el mantenimiento al equipo en cuestión, reemplazando todas los componentes por piezas nuevas, a excepción de aquellos que se encuentren en buen estado.

#### **5.1.1.8. Mantenimiento general.**

A continuación se detallaran las acciones a realizar en los criterios de intervención antes expuestos como mantenimiento general.

#### **5.1.1.8.1. Sistema oleohidráulico.**

##### **5.1.1.8.1.1. Bombas.**

- Limpiar completamente los conductos de aceite de la carcasa y repintarlos.
- Verificar la concentricidad de los anillos de desgaste.
- Revisar todas las partes montadas en el rotor.
- Repintar la carcasa completamente.

##### **5.1.1.8.1.2. Válvulas.**

- Compruebe el cierre completo de la válvula (sin pérdidas) cuando se da el comando de CIERRE (C) con las válvulas manuales de tres vías y las válvulas solenoidales.
- Compruebe el correcto funcionamiento de la válvula de control revisando la correcta regulación de presión, caudal o nivel, según sea la función de la válvula.
- Repintar las válvulas.
- Limpiar el filtro de toma de presión.
- Limpieza de los alrededores de la válvula.

##### **5.1.1.8.1.3. Reductor acoplamiento motor-bombas.**

- Chequeo de componentes.
- Reemplazo de componentes defectuosos.
- Realizar tratamiento anticorrosivo superficial.

## **CAPITULO 6: Mantenimiento periódico-preventivo**

### **6.1. PLAN DE MANTENIMIENTO.**

#### **6.1.1. Definición Mantenimiento.**

Se puede definir el mantenimiento como el conjunto de actividades que deben realizarse en el funicular, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que este continúe prestando el servicio para el cual fue diseñado [15].

En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o reestablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- Prevenir averías.
- Corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costes).

Todo ello lleva a la idea de que el mantenimiento comienza en el proyecto de la máquina. En efecto, para poder llevar a cabo el mantenimiento de manera adecuada es imprescindible empezar a actuar en la especificación técnica (normas, tolerancias, planos y demás documentación técnica a aportar por el suministrador) y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha; estas actividades cuando son realizadas con la participación del personal de mantenimiento deben servir para establecer y documentar el estado de referencia. A ese estado se referirá durante la vida de la máquina cada vez que se realicen evaluaciones de su rendimiento, funcionalidades y demás prestaciones [16].

-Son **misiones** de mantenimiento:

- La vigilancia permanente y/o periódica.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas (reparaciones).
- El reemplazamiento de maquinaria.

Los **objetivos** implícitos son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

#### **6.1.1.1. Mantenimiento Correctivo.**

Es aquel mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento. Se puede afirmar que es el equipo quien determina cuando se debe parar. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo posible.

Para que este mantenimiento tenga éxito se deberá estudiar la causa del problema, estudiar las diferentes alternativas para su reparación y planear el trabajo con el personal y equipos disponibles.

Este mantenimiento es común encontrarlo en las empresas pequeñas y medianas, presentando una serie de inconvenientes asaber:

- Normalmente cuando se hace una reparación no se alcanzan a detectar otras posibles fallas porque no se cuenta con el tiempo disponible.

- Por lo general el repuesto no se encuentra disponible porque no se tiene un registro del tipo y cantidad necesarios.
- Generalmente la calidad de la producción cae debido al desgaste progresivo de los equipo.

#### **6.1.1.2. Mantenimiento Preventivo.**

Este tipo de mantenimiento tiene su importancia en que realiza inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual y es necesario atenderlos para garantizar su buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), con el fin de anticipare a las posibles fallas en el equipo. Tiene en cuenta cuales actividades se deben realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté detenido.

#### **6.1.1.3. Mantenimiento Periódico.**

Este mantenimiento se realiza después de un periodo de tiempo relativamente largo (entre seis y doce meses). Su objetivo general es realizar reparaciones mayores en los equipos. Para implementar este tipo de mantenimiento se debe contar con una excelente planeación y una coordinación con las diferentes áreas de la empresa para lograr que las reparaciones se efectúen en el menor tiempo posible.

#### **6.1.1.4. Mantenimiento Programado.**

Este tipo de mantenimiento basa su aplicación en el supuesto de que todas las piezas se desgastan en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, no importa que se esté trabajando en condiciones diferentes.

Para implementar el mantenimiento programado se hace un estudio de todos los equipos de la empresa y se determina con la ayuda de datos estadísticos de los repuestos y la información del fabricante, cuales piezas se deben cambiar en determinados periodos de tiempo.

Se tiene el inconveniente con este mantenimiento que hay partes del equipo que se deben desarmar o retirar aunque estén trabajando sin problemas, para dar cumplimiento a un programa.

#### **6.1.1.5. Mantenimiento Predictivo.**

Este tipo de mantenimiento consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, pudiendo con ello anticiparse a la falla catastrófica. La mayoría de estas mediciones se efectúan con el equipo en marcha y sin interrumpir la producción.

Los ensayos más frecuentes son:

- Desgaste. Mediante el análisis de partículas presentes en el aceite se puede determinar dónde está ocurriendo un desgaste excesivo.
- Espesor de paredes, empleado en tanques.
- Vibraciones: utilizado para saber el estado de los rodamientos y desalineamiento en los equipos.
- Altas temperaturas

El mantenimiento predictivo es costoso pero su información es valiosa para llevar cabo un buen programa de mantenimiento preventivo.

#### **6.1.2. Legislación y normativa vigente.**

En Chile no existe legislación ni normas oficiales que sean de aplicación obligatoria al equipo que interviene el proyecto que se especifica en el presente documento.

La ley 20.296 que “*establece disposiciones para la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones similares*” introduce en el decreto con fuerza de ley N° 458, de 1975, del MINVU, que fija el texto de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, el artículo 159 bis:

*“Los ascensores, tanto verticales como inclinados o funiculares, montacargas y escaleras o rampas mecánicas, que se emplacen en edificios privados o públicos, deberán ser instalados y mantenidos conforme a las especificaciones técnicas de sus fabricantes y a las disposiciones que al efecto determine la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.”*

Esta ley no aplica al montacargas tipo funicular de ESVAL S.A, según se desprende del documento *Historia de la Ley 20.296[8]* (Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional):

*En relación al proyecto de ley, propuso modificar, en el artículo 159 bis, la frase “propiedades privadas o públicas” por “edificios privados o públicos”, a fin de circunscribir la obligación de instalación y mantención a aquéllas que son parte de un edificio, cubriendo el 99% de los casos. Con ello, destacó, se excluyen las que no son parte de un edificio, como el teleférico y el funicular del cerro San Cristóbal, por ejemplo, y el funicular y las sillas en canchas de ski, pudiéndose señalar excepciones, tales como los ascensores de Valparaíso, del cerro Santa Lucía y similares. En cualquier caso, añadió, se estima que las instalaciones que no son parte de un edificio son menos del 1%, y tienen un propietario y/o administrador conocido, que habitualmente renta el servicio.”*

### **6.1.3. Seguridad al realizar trabajos de mantenimiento.**

#### **6.1.2.1. Generales.**

Para la realización de las actividades de mantenimiento del montacargas inclinado de tipo funicular de 40 toneladas, perteneciente a ESVAL S.A. es necesario tener en cuenta diversas acciones para proceder con dichas actividades de forma segura, previniendo cualquier tipo accidente mientras se realicen las obras, para ello es necesario tener en consideración y llevar a cabo las tareas que se presentan a continuación:

- Previo al uso de aparatos de comunicación en la realización de maniobras debe comprobarse que los mismos no tienen interferencias con otros equipos y deben ser utilizados con precaución.
- Durante la realización de los trabajos en las unidades debe prohibirse el uso de los mismos.
- La iluminación de todas las áreas de trabajo debe ser adecuada a las necesidades.
- Las escaleras o plataformas utilizadas para desplazarse deben ser adecuadas, contar con pasamanos y los escalones o superficies de apoyo deben estar en buenas condiciones.
- Durante su estadía en la obra debe prestar atención a todas las indicaciones y señales existentes referidas a medidas de precaución o aviso de prohibición.
- Durante la realización de los trabajos las áreas del mismo deben conservar un adecuado orden y limpieza.
- En las tareas de limpieza el trabajador y los elementos que utilice deben estar alejados de componentes en movimiento.
- La disposición de los trapos utilizados en la limpieza debe ser realizada en recipientes adecuados.
- Durante todas las tareas y en especial en la limpieza de áreas propias del montacargas deben ser utilizados adecuados elementos de protección personal, como guantes, zapatos de seguridad y ropa de trabajo.
- Luego de la realización de los trabajos vuelva a colocar las protecciones de cada uno de los equipos.
- En caso de accidente, adecue la aplicación de primeros auxilios a sus indiscutibles conocimientos y paralelamente avise en forma inmediata al ente fiscalizador correspondiente o al servicio de emergencias.
- Avisar al supervisor toda lesión o herida que ocurra durante la actividad laboral.

- Establecer con anticipación las consecuencias en el accionamiento del ascensor cuando se efectúa la modificación o reemplazo de componentes o equipos.
- Las tareas solo se deben realizar cuando el trabajador se encuentra en su plenitud física y mental.
- Debe impedir que personas ajenas o materiales ajenos a los utilizados durante el mantenimiento sean transportados en las unidades en reparación.
- Mantener un botiquín de primeros auxilios con los materiales adecuados para esa finalidad.

#### **6.1.2.2. Trabajos de mantención donde se requiere trabajar en altura**

El trabajo en altura es una de las actividades laborales más peligrosas que existe, para el caso del funicular será necesario realizarlo para efectuar la mantención en la estructura del funicular tanto del plano de rodadura y su estructura soportante, como del carro y contrapeso. El trabajo puede verse afectado por múltiples riesgos, tales como: quemaduras por radiaciones (solares, UV), golpes contra estructuras, golpes contra la ladera del cerro de formación rocosa, heridas cortantes o punzantes, lesiones óseo musculares, pero el riesgo principal es la caída del trabajador.

La normativa de nuestro país, a través de la ley de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales N° 16.744, califica las caídas desde una altura mayor o igual a 2 metros, como accidentes graves y en caso de que ocurran, establece el siguiente procedimiento obligatorio de cumplir por la empresa: detener inmediatamente las faenas de ser necesario, informar a las autoridades fiscalizadoras, reanudar los trabajos solo previa autorización escrita de los fiscalizadores.

Los trabajadores que efectúan labores en altura deben reunir condiciones físicas y de salud necesarias para desempeñar su cargo, dichas condiciones tienen que acreditarse mediante certificado médico de aptitud.

Antes de iniciar cualquier labor en altura, todos los trabajadores deberán recibir una completa formación, tanto teórica como práctica, sobre la forma de desarrollar su labor con alta seguridad. Los temas obligatorios de capacitación deberán ser:

- Riesgos del trabajo en altura.
- EPP adecuados para cada trabajo.
- Sistemas de protección personales necesarios para desarrollar el trabajo.
- Componentes del sistema de protección.
- Prescripciones y limitaciones de uso.
- Armado del o los sistemas de protección, uso del o los sistemas de protección personal.
- Técnicas de conexión y anclaje.
- Inspección, mantenimiento y almacenamiento de equipos y sistemas de protección.
- Instalaciones, herramientas y equipos anexos que pudieran requerirse.
- Procedimientos de trabajo seguro.

Sistemas personales para detención de caídas: Este sistema consta esencialmente en una línea de vida, ya sea horizontal o vertical, estrobo con amortiguador, arnés de cuerpo completo, deslizador antiácidas y un punto de anclaje.

#### **6.1.4. Plan Mantenimiento periódico-preventivo montacargas tipo funicular**

Para la realización del plan de mantenimiento del funicular es necesario centrarse en un mantenimiento del tipo periódico y preventivo, debido a la ubicación de la instalación y el difícil acceso que esta posee a la revisión de sus diversos componentes, sobretodo en su plano de rodadura y estructura soportante del mismo. A continuación se detallara el plan de mantenimiento definido para cada uno de los sistemas involucrados, en el ANEXO E: PLAN DE MANTENIMIENTO se puede ver detallado cada uno de las acciones a

realizar pero sin las indicaciones adicionales dadas a continuación, por lo que se hará necesario leer lo expuesto a continuación de forma obligatoria.

#### **6.1.4.1. Sistema de accionamiento-Maquina de arrastre.**

##### **6.1.4.1.1. Motor Diesel.**

Diario o antes de utilizar, si el equipo es usado esporádicamente:

- Medición de nivel de aceite
- Revisión de nivel de refrigerante
- Inspección visual general de componentes, como mangueras, correas, ventilador, entre otros.
- Aseo general

Anual:

- Revisión de estado de recubrimiento de pintura (basado en norma SIS 055900).
- Cambio de aceite de motor.

##### **6.1.4.1.2. Winches.**

Anual:

- Revisión de componentes y estado de estos (Según especificaciones de fabricante).
- Verificación de estado de corrosión y pintura (basado en norma SIS 055900)
- De ser necesario aplicación de tratamiento contra la corrosión y de pintura para protección.

#### 6.1.4.1.3. Sistema oleohidráulico.

El mantenimiento del sistema hidráulico es muy importante y está directamente relacionado con el mantenimiento del fluido hidráulico. Todo el filtrado y el análisis de aceite realizado al fluido no tendría sentido si el mismo sistema está descuidado.

Un técnico de lubricación u operador responsable del mantenimiento del sistema hidráulico debe, como mínimo, realizar la siguiente verificación como parte de una rutina **semanal** de chequeo del sistema hidráulico:

- Verifique los niveles de fluido. Agregue aceite (si es necesario) vía filtración portátil (si está disponible). ¡NO MEZCLE ACEITES! Use la misma marca y viscosidad de aceite que está en el sistema.
- Inspeccione los tapones de venteos, los filtros de venteo y pantallas de llenado. NO agujeree las pantallas para acelerar la carga de aceite.
- Verifique los indicadores de los filtros y/o los manómetros de presión.
- Inspeccione visualmente todas las mangueras del sistema, cañerías, conexiones en búsqueda de fugas y desgaste. Las fugas de fluido hidráulico son un problema común. Las fugas excesivas constituyen un riesgo ambiental y de seguridad, aumentan los desechos y el consumo de aceite y, si se ignoran, pueden reducir la capacidad del sistema lo suficiente como para causar sobrecalentamiento.
- Verifique la temperatura del sistema vía termómetros internos o detectores infrarrojos portátiles. La temperatura normal va desde 40 a 60 °C. Si las temperaturas son elevadas, verifique la operación del enfriador de aceite y las válvulas de alivio.
- Inspeccione visualmente el interior de los depósitos por señales de aireación (vía el tapón de llenado usando una linterna). La aireación es una condición en la cual burbujas de aire son transportadas junto con el fluido al ingresar a la bomba. Signos visuales de aireación en el reservorio son generalmente espuma y/o pequeños remolinos que toman pequeñas cantidades de aire en la

succión. Causas de aireación incluyen: bajos niveles de fluido, baja temperatura de fluido, el fluido es muy viscoso para liberar el aire o mantener la succión en la bomba, o sellos defectuosos. Cuando se sospechan fugas de aire en la línea de succión, ahogar estos puntos con aceite usualmente localizará las fugas al crear un cambio marcado en el ruido de la bomba. Una bomba que está ingestando aire suena como si estuviera bombeando canto rodado.

- Escuche a la bomba buscando señales de cavitación. La cavitación es un poco más complicada que la aireación, pero tiene algunas similitudes. La cavitación ocurre cuando se libera aire del fluido hidráulico durante una despresurización momentánea en la succión de la bomba y luego implosiona en las superficies metálicas en la descarga. Estas implosiones son extremadamente destructivas para las superficies de la bomba. Una bomba con cavitación emitirá un chirrido agudo. Las causas de la cavitación son las mismas que las de aireación con la excepción de fugas de aire en la succión.
- Inspeccione una pequeña muestra del fluido por su color, señales de contaminación y olor. Tenga en mente que la inspección visual es limitada, ya que sólo detectará señales de contaminación excesiva.
- Monitoree las servoválvulas controladas eléctricamente con un termómetro infrarrojo. Altas temperaturas de válvulas y solenoides (más de 65 °C) usualmente indican que la válvula se está pegando.

¿Cómo diferencia cavitación de aireación? Una manera es instalar un manómetro de vacío en la succión y asegurarse que la presión es igual o mayor que la prescrita por el fabricante de la bomba. Espuma en el reservorio es usualmente la señal incriminatoria de la aireación.

#### **6.1.4.1.3.1. Bombas hidráulicas.**

Un sistema de bombeo no se mantiene sólo. La frecuencia de mantenimiento no es la misma para todas las bombas, sino que varía con las condiciones del servicio. Para este caso como maneja aceite hidráulico y el problema más grave se generaría por actuación de la corrosión.

Una inspección periódica resultara mucho más económica en comparación a una apagada forzosa del funicular debido a daños o fallas de alguno de los componentes de la bomba. El trabajo que realizan en el funicular es pesado, las inspecciones deben realizarse anualmente, el chequeo debe ser cuidadoso de las tolerancias permitidas en las partes giratorias y estacionarias, asomo del estado que se encuentran las partes expuestas al roce o daños causados por corrosión.

Anual:

- Limpiar completamente los conductos de aceite de la carcasa y repintarlos.
- Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.
- Verificar la concentricidad de los anillos de desgaste.
- Revisar todas las partes montadas en el rotor.
- Repintar la carcasa completamente.

#### **6.1.4.1.3.2. Válvulas.**

Debido a su simplicidad constructiva, las válvulas no requieren de un gran mantenimiento, pero se recomienda seguir las siguientes recomendaciones a lo menos **semestralmente**:

- Compruebe el cierre completo de la válvula (sin pérdidas) cuando se da el comando de CIERRE (C) con las válvulas manuales de tres vías y las válvulas solenoidales.

- Compruebe el correcto funcionamiento de la válvula de control revisando la correcta regulación de presión, caudal o nivel, según sea la función de la válvula.
- Repintar la válvula cuando el recubrimiento original se vea dañado.

Semanal:

- Limpie regularmente el filtro de toma de presión.
- De vez en cuando, gire el mando de la válvula de tres vías para evitar la deposición de sedimentos.
- Limpieza de los alrededores de la válvula.

#### **6.1.4.1.3.3. Aceite hidráulico.**

Mantener limpios los fluidos hidráulicos comienza con buenas prácticas de almacenamiento y manipuleo. Para evitar la contaminación antes del uso, almacene el fluido nuevo en un área protegida y colóquelo limpio, en contenedores DEDICADOS. Limpie las tapas antes de sacarlas para agregar fluido hidráulico. Los filtros de flujo total diseñados en el sistema mantienen limpio el fluido mientras está en servicio. Inspeccione los filtros de fluido frecuentemente y cámbielos o límpielos antes que se coloquen en bypass.

Anual:

- Realizar análisis de aceite hidráulico.
- Drenar el aceite hidráulico si análisis de aceite es negativo.

#### **6.1.4.1.4. Reductor acoplamiento motor- bombas**

Anual:

- Chequeo de componentes.
- Reemplazo de componentes de ser necesario.

#### **6.1.4.2. Carro de Carga.**

##### **6.1.4.2.1. Estructura general.**

Anual:

- Verificación estado de pintura.
- Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).
- Verificación visual estado de soldadura.
- Inspección de plataforma de madera, si existiese algún componente flectado o agrietado, realizar el reemplazo de estas.

Cada 3 años:

- Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.

##### **6.1.4.2.2. Sistema de rodado vertical.**

Semestral:

- Verificación del funcionamiento del rodado.
- Limpieza, verificación y lubricación de los componentes.

Anual:

- Ajustes generales de los componentes del sistema de rodado.

##### **6.1.4.2.3. Sistema de rodado horizontal.**

Semestral:

- Verificación del funcionamiento del rodado.
- Limpieza, verificación y lubricación de los componentes.

Anual:

- Ajustes generales de los componentes del sistema de rodado.

#### **6.1.4.2.4. Poleas de reenvío.**

Semestral:

- Limpieza y verificación del estado de los componentes.
- Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.

#### **6.1.4.3. Contrapeso.**

##### **6.1.4.3.1. Sistema de rodado.**

Semestral:

- Verificación del funcionamiento del rodado.
- Limpieza, verificación y lubricación de los componentes.

Anual:

- Ajuste generales de los componentes del sistema de rodado.

##### **6.1.4.3.2. Bloque**

Anual:

- Verificación estado de pintura.
- Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).

Cada 3 años:

- Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.

#### **6.1.4.4. Plano de rodadura.**

##### **6.1.4.4.1. Rieles guía carro/contrapeso y fijaciones.**

Anual:

- Inspección visual de las fijaciones de rieles de Cabina y Contrapeso.
- Revisar y asegurar el alineamiento de rieles en todo su recorrido.
- Reapriete empernaduras de eclisas.

##### **6.1.4.4.2. Polines.**

Anual:

- Inspección visual de estado de polines.
- Si existe desgaste realizar el reemplazo de dicho polín.
- Lubricación de los rodamientos.
- Verificar estado de los componentes.

#### **6.1.4.5. Arrastre y suspensión**

##### **6.1.4.5.1. Cable de arrastre y contrapeso.**

Trimestral:

- Inspección visual de cordones, desgaste, grado de corrosión del cable.

Semestral:

- Limpieza y engrase.

Para el engrase es conveniente proceder previamente a una limpieza a fondo y seguidamente engrasarlo por riego al paso por una polea, pues se facilita la penetración en el interior del cable, por la incidencia que tiene el engrase.

#### **6.1.4.5.1.1. Sustitución de cables.**

Para cables de gran responsabilidad como ascensores, pozos de mina, funiculares, montacargas etc. existen reglamentos especiales que fijan tanto las inspecciones como las condiciones de sustitución.

En los casos no sometidos a Reglamentaciones específicas, la sustitución de un cable debe efectuarse al apreciar visiblemente:

- Rotura de un cordón.
- Formación de nudos.
- Cuando la pérdida de sección de un cordón del cable, debido a rotura de sus alambres visibles en un paso de cableado alcance el 40% de la sección total del cordón.
- Cuando la disminución de diámetro del cable en un punto cualquiera del mismo alcance el 10% en los cables de cordones.
- Cuando la pérdida de sección efectiva, por rotura de alambres visibles, en dos pasos de cableado alcance el 20% de la sección total.
- Existen aparatos de control especiales, que detectan los defectos, tanto visibles como interiores de los cables. Ello permite determinar con certidumbre la conveniencia o no de la sustitución.

#### **6.1.4.5.2. Poleas de arrastre y reenvío.**

Semestral:

- Limpieza y verificación del estado de los componentes.
- Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.

### **6.1.4.5.3. Terminales de suspensión.**

A anual:

- Limpieza y verificación de abrazaderas.
- Verificación del estado de corrosión de los componentes.
- Inspección visual ante posibles grietas en componentes.

### **6.1.4.6. Sistema de seguridad antideriva.**

#### **6.1.4.6.1. Poleas.**

Por configuración de la instalación es imposible inspeccionar las poleas que se encuentran en la estación superior, por esto la inspección se centrará en las poleas ubicadas en la estación inferior.

Semestral:

- Limpieza y verificación del estado de los componentes.
- Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.

#### **6.1.4.6.2. Sistema amortiguador.**

Este sistema se encuentra ubicado en la estación inferior del funicular y corresponde a sendos cilindros hidráulicos.

- En caso de inundación de foso, revisión completa y verificación de funcionamiento de este sistema.

Semestral:

- Inspección del estado de los cilindros hidráulicos.
- Inspección visual del sistema.
- Inspección de las guías de poleas inferiores unidas a los cilindros hidráulicos.
- Engrase de dichas guías.

Anual:

- Tratamiento anticorrosivo para los cilindros y guías de la polea.

#### **6.1.4.6.3. Cable de Acero.**

Trimestral:

- Inspección visual de cordones, desgaste, grado de corrosión del cable

Semestral:

- Limpieza y engrase

Para el engrase es conveniente proceder previamente a una limpieza a fondo y seguidamente engrasarlo por riego al paso por una polea, pues se facilita la penetración en el interior del cable, por la incidencia que tiene el engrase.

#### **6.1.4.6.4. Dispositivo de bloqueo.**

Anual:

- Ensayo de disparo de dispositivo.
- Overhaul completo para verificación de buen estado de componentes.
- Limpieza de los componentes internos.
- Lubricación de los componentes.
- Tratamiento anticorrosivo interno y externo.
- Verificar correcta operación de limitador de velocidad.

#### **6.1.4.6.5. Polines.**

Anual:

- Inspección visual de estado de polines
- Si existe desgaste realizar el reemplazo de dicho polín.
- Lubricación de los rodamientos.

- Verificar estado de los componentes.

#### **6.1.4.7. Estación superior**

Semanal:

- Aseo profundo y limpieza de residuos como aceite del sistema oleohidráulico y lubricantes aplicados, este aseo deberá ser realizado en plataforma inferior y plataforma superior.
- Inspección del cierre perimetral de la estación superior para así mantener aislado de agentes externos los sistemas y subsistemas que se encuentran allí presentes.

Anual:

- Verificación estado de pintura.
- Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).
- Verificación visual estado de soldadura.
- Inspección visual de planchas de plataforma superior.
- Inspección del estado de escaleras de acceso a plataforma superior.
- Revisión de empernadura.
- Reapriete de empernadura.
- Inspección visual de fundaciones.

Cada 3 años:

- Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.

#### **6.1.4.8. Estructura soportante plano de rodadura**

Anual:

- Verificación estado de pintura.

- Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).
- Verificación visual estado de soldadura.
- Revisión de empernadura.
- Reapriete de empernadura.
- Si es necesario realizar cambio de empernaduras.
- Inspección de puntales y diagonales de arriostramiento, con el fin de ver si es necesario el cambio de alguno de estos.
- Inspección visual de fundaciones.

Cada 3 años:

- Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Una vez finalizado y analizando los objetivos de este trabajo de título, se puede establecer que estos se cumplieron a cabalidad, ya que se desarrollaron completamente las bases técnicas y levantamiento de información necesario para poner en operación nuevamente el montacargas de tipo funicular de 40 toneladas, generando información hasta ahora inexistente en la empresa de los sistemas y subsistemas de este. Un plan de mantenimiento periódico-preventivo realizado para cada uno de sus sistemas y subsistemas, para así asegurar a lo largo del tiempo la operatividad del funicular y las especificaciones técnicas con las que deberá cumplir la empresa que se adjudique la licitación para la restauración y puesta en marcha del funicular.

El entorno en el cual se encuentra el funicular también debió ser tomado en cuenta, ya que al encontrarse ubicado en los acantilados de Loma Larga al lado del mar el medio es muy agresivo con la estructura metálica por la salinidad y humedad, además de que el acceso al plano de rodadura así como también de la estructura soportante de este, solo es posible por medio de equipo de seguridad pertinente y con personas capacitadas en trabajos de altura, para realizar las mediciones e inspecciones respectivas a los componentes de estos sistemas y así esgrimir un diagnóstico.

Este tipo de montacargas inclinado con sistema motriz hidráulico es poco convencional y no fue posible encontrar otro de este tipo, debido a que en Chile no existe una norma específica para este tipo de montacargas, sin embargo poseía un gran similitud en sus sistemas a funiculares lo que hizo posible usar como referencia algunas normas aplicables a equipos de transporte vertical para que este cumpla con los requerimiento mínimos para un funcionamiento seguro. Uno de los puntos más importantes y la razón de la restauración de este funicular es lo relacionado a la seguridad, la cual es primordial en una instalación de transporte vertical, más aun en este funicular que a pesar de no transportar personas, está diseñado para transportar

vehículos de gran tonelaje y un accidente podría ocasionar grandes pérdidas para la empresa.

Otro punto a destacar para la realización de este trabajo fueron las visitas constantes que se realizaron a la instalación del funicular, ya que debido a esto fue posible verificar el estado actual del equipo en sus diversos sistemas, siendo uno de los más complicados el sistema hidráulico, el cual se encontraba con componentes faltantes por robo y en un mal estado de conservación en general, con inexistencias de rótulos y además no se contaba con plano del circuito hidráulico del sistema. Gracias a las visitas a terreno se pudo definir los diversos sistemas y subsistemas pertenecientes al funicular, además de determinar el estado en que se encontraban cada uno de ellos.

En relación a la etapa de diagnóstico desde el punto de vista de la especialidad mecánica, se pudieron constatar deficiencias y deterioros en muchos componentes del funicular, de los cuales la mayoría presentaba serios daños ya sea por actos vandálicos que lo dejaron inactivo o como en el caso de la estructura, provocados principalmente por la corrosión, el desgaste natural a través de los años y la poca o nula mantenibilidad sostenida en el equipo. Sin lugar a dudas los sistemas más críticos con el problema de corrosión correspondieron al plano de rodadura donde ya no existían eclisas ni pernos de fijación para mantener fijos los rieles tanto del carro como del contrapeso y la estructura soportante del plano de rodadura, donde al no presentar un tratamiento para evitar la corrosión y el ambiente ser muy agresivo, ésta se encontraba totalmente corroída. Sin embargo al realizar el estudio estructural con ayuda de equipo especializado, midiendo el espesor de las vigas principales, se determinó que realizando un tratamiento anti-corrosivo esta podría ser recuperada ya que cumple con los requisitos para soportar la carga para la que está diseñado, lo que facilitó la realización de las bases ya que disminuye el costo asociado a reparaciones y se reducen las obras a realizar.

En lo referido a criterios de intervención, esta estuvo centrada en dos aspectos principales sin dejar de lado todos los sistemas constituyentes, por una parte lo estructural y el sistema motriz que es el alma del funicular, en lo que respecta a lo estructural la corrosión había ocasionado mucho daño, por lo que primero que todo se procedió a realizar una clasificación de los tipos de corrosión apoyado en la norma sueca SIS 055900, la cual aportó mucho en la decisión final sobre que se debía realizar para corregir la corrosión en muchos componentes de los sistemas o simplemente reemplazarlos. Por otro lado el sistema motriz se basó más bien en la confiabilidad que pueda entregar este para así mantener el funicular en pleno funcionamiento cada vez que este requiera ser utilizado.

Por otro lado la utilización de programas para diseño tales como AutoCAD e inventor entre otros, permitirán tener una visión global y mayor entendimiento de las obras a ejecutar en el futuro. Sin embargo, esta planimetría deberá ser modificada siendo necesario realizar rectificaciones en la medida que se realicen los trabajos en los distintos sistemas y componentes de estos que conforman el equipo, así como también mantener un documento de respaldo sobre las dimensiones y funcionamiento del equipo que hasta ahora eran inexistentes.

Es importante que un futuro cuando se lleven a cabo las operaciones de mantenimiento periódico-preventivo, para que los distintos mecanismos del funicular mantengan un correcto funcionamiento. Previniendo así cualquier tipo de falla que pueda generar costos altos para la empresa en reparación, accidente por falla de algún componente, pérdida de tiempo y dinero por paradas imprevistas que obliguen a reparar el equipo, así como también el realizar este mantenimiento asegurara aumentar la vida útil del funicular en su conjunto, disminuyendo, a largo plazo los costos de una nueva reparación y puesta en marcha del sistema, o una posible

pérdida completa del equipo. Hay que recalcar que para la realización de estos trabajos de mantenimiento debe existir gente cualificada para su ejecución.

Finalmente a modo personal agradecer a la empresa por la posibilidad entregada de trabajar en la realización de este trabajo de título en un ámbito tan interesante como el de transporte vertical, siendo este un campo interesante y aplicado de los aprendizajes obtenidos en la casa de estudios a lo largo de estos años. Respecto a la formación profesional entregada por la UTFSM se destaca que las habilidades técnicas obtenidas en el transcurso de la carrera, permiten tener un desempeño sólido y competente, manteniendo confianza en los conocimientos aprendidos y también la capacidad de aprender conocimientos nuevos que sirvan para el desempeño laboral que se avecina.

## V. BIBLIOGRAFIA

1. LARRODÉ, E., MIRAVETE, A., "ELEVADORES: PRINCIPIOS E INNOVACIONES", Editorial Reverté, S.A., Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior de Ingenieros, Universidad de Zaragoza, España, 2007.
2. LARRODÉ, E., MIRAVETE, A., CASTEJÓN, L., CUARTERO, J., "LOS TRANSPORTES EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL", Editorial Reverté, S.A., Espala, 1998.
3. <http://www.esval.cl>
4. MEMORIA ANUAL ESVAL S.A., Esval S.A, 2015, Valparaíso, Chile.
5. INN, NCh 440/1 Of. 2000, "Construcción – Elevadores – Requisitos de Seguridad e Instalación - Parte 1: Ascensores y Montacargas Eléctricos", Santiago, 2000.
6. ESTUDIO DE MERCADO SOBRE ASCENSORES EN CHILE, RGX Red Global de Exportación, Chile, 2010.
7. ESTUDIO DE MERCADO, EQUIPAMIENTOS Y SISTEMAS PARA EDIFICIOS, "ESPECIALIDADES" EN CHILE. Francisco Díaz de Orbe, Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid Centralita. Santiago, 2009.
8. LEY 20.296, "Establece Disposiciones para la Instalación, Mantención e Inspección Periódica de los Ascensores y otras Instalaciones Similares", Santiago, 2008.
9. INN, Nch 3365 Of. 2015, "Requisitos para equipos de transporte vertical — Ascensores y montacargas inclinados o funiculares", Santiago, 2015.

10. LARRODÉ, E., MIRAVETE, A., “TRANSPORTE VERTICAL”, Editorial Centro Politécnico Superior Univers, España, 1996.
11. JAIME MIGONE ARQUITECTOS ASOCIADOS, Etapa 1: Diagnóstico y situación actual Ascensor Monjas, Informe Electromecánico Febrero 2015, “Restauración Nueve Ascensores de Valparaíso Grupo 4: Monjas y Villaseca”.
12. SWEDISH STANDARDS INSTITUTION, SIS 055900-norma visual original, “Muestra el grado de limpieza de diferentes niveles de acero oxidado”, Suecia, 1967.
13. ABARCA GARCÍA, JUAN, “Manual para el mantenimiento industrial: pinturas y revestimientos”, Editorial Editorama, San José, C.R. : EDITORAMA, 2003.
14. PRODINSA. Información técnica de cables de acero. Ed. Febrero 2016, Santiago, 2016.
15. CUARTAS PEREZ, LUIS, “¿Qué es el mantenimiento?”,2008.
16. DIAS NAVARRO, JUAN, “TECNICAS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”, Editorial calpe institute of technology serie manuals. España, 2004.
17. INN, NCh 2840/1 Of. 2004, “Construcción – Elevadores – Procedimientos de Inspección - Parte 1: Ascensores y Montacargas Eléctricos”, Santiago, 2004.

## **VI. ANEXOS**

**ANEXO A:  
DESAGREGADO SISTEMAS**

**ANEXO B:**  
**PLANIMETRIA FUNICULAR**

**ANEXO C:  
ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES**

### 1.1.1. Legislación y Normativa Técnica Referenciales

En Chile no existe legislación ni normas oficiales que sean de aplicación obligatoria al equipo que interviene el proyecto que se especifica en el presente documento.

La ley 20.296 que “*establece disposiciones para la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones similares*” introduce en el decreto con fuerza de ley N° 458, de 1975, del MINVU, que fija el texto de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, el artículo 159 bis:

*“Los ascensores, tanto verticales como inclinados o funiculares, montacargas y escaleras o rampas mecánicas, que se emplacen en edificios privados o públicos, deberán ser instalados y mantenidos conforme a las especificaciones técnicas de sus fabricantes y a las disposiciones que al efecto determine la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.”*

Esta ley no aplica al montacarga tipo funicular de ESVAL S.A, según se desprende del documento *Historia de la Ley 20.296* (Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional):

*En relación al proyecto de ley, propuso modificar, en el artículo 159 bis, la frase “propiedades privadas o públicas” por “edificios privados o públicos”, a fin de circunscribir la obligación de instalación y mantención a aquéllas que son parte de un edificio, cubriendo el 99% de los casos. Con ello, destacó, se excluyen las que no son parte de un edificio, como el teleférico y el funicular del cerro San Cristóbal, por ejemplo, y el funicular y las sillas en canchas de ski, pudiéndose señalar excepciones, tales como los ascensores de Valparaíso, del cerro Santa Lucía y similares. En cualquier caso, añadió, se estima que las instalaciones que no son parte de un edificio*

*son menos del 1%, y tienen un propietario y/o administrador conocido, que habitualmente renta el servicio.”*

No existe en Chile un cuerpo normativo oficial que aplique al caso de estudio. En 2015, durante el desarrollo del presente estudio, se publicó la norma chilena NCh 3365 (*Requisitos para equipos de transporte vertical — Ascensores y montacargas inclinados o funiculares*), la que aún no ha sido oficializada y por lo tanto no tiene el carácter de legal para los equipos en que aplica. Pese a que los requisitos establecidos en esta norma no son del todo aplicables a los sistemas mecánicos del funicular de 40 toneladas, por su configuración y las características propias del mismo, ésta ha sido aplicada referencialmente en el desarrollo del presente estudio y será también referencia para el trabajo a desarrollar.

Considerando lo anterior, en lo que respecta a la especialidad Transporte Vertical, el marco normativo a usar se complementará, definiendo los criterios generales de seguridad a partir de la norma más completa en la materia que existe actualmente en Chile. Ésta es la norma chilena NCh 440/1-2014 que, pese a estar limitada a ascensores verticales convencionales instalados en edificios, indica en su cláusula 1.3 que *“no cubre instalaciones donde la inclinación de las guías sobre la vertical es mayor a los 15° [...] sin embargo, esta norma se puede utilizar como referencia”*.

Para definición de los criterios técnicos específicos del sistema funicular se han tomado de las normas señaladas y de los siguientes cuerpos, los mismos que aplican como referencia a la ejecución de los trabajos especificados en el presente documento:

- NCh 3365-2015. Requisitos para equipos de transporte vertical — Ascensores y montacargas inclinados o funiculares.

- NCh 440/1 Of. 2014. Construcción - Elevadores - Requisitos de seguridad e instalación - Parte 1: Ascensores eléctricos (INN).
- NTM 008/2014. Requisitos para equipos de transporte vertical Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos existentes (INN).
- NCh 2840/1 Of. 2004. Construcción - Elevadores - Procedimientos de inspección - Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos (INN).[17]
- Norma Técnica Ferroviaria EFE-NTF-11-002. “Elementos Constituyentes de la Vía” (Empresa de Ferrocarriles del Estado).
- ASME A17.1-2007/CSA B44-07. Safety Code for Elevators and Escalators, Included Requirements for Elevators, Escalators, Dumbwaiters, Moving Walks, Material Lifts, and Dumbwaiters Whit Automatic Transfer Devices.

### **1.1.2. Generalidades sobre las obras a contratar**

El proyecto de recuperación y normalización del funicular de 40 toneladas considera el suministro por parte del Contratista de la totalidad de los equipos, componentes, piezas, partes y materiales necesarios para la ejecución y terminación de las obras, como así mismo la provisión de la mano de obra para los trabajos de preparación y adecuación de los espacios existentes, montaje, pruebas y ensayos, puesta en servicio, dirección técnica y todo lo necesario para ejecutar las instalaciones completas conforme a su fin, las que deberán ser entregadas, en óptimas condiciones de funcionamiento, incluyendo además aquellos elementos y accesorios, que aún sin estar expresamente indicados en las presentes Especificaciones Técnicas o documentación complementaria, sean necesarios para su correcto funcionamiento.

Las obras se considerarán concluidas una vez efectuado el acto de Recepción Definitiva de la instalación en pleno funcionamiento y operación normal.

La selección, instalación y diseño de sistemas, sub-sistemas, componentes piezas y partes requeridos para el proyecto deberá considerar la debida amplitud y

factores de seguridad que supongan el uso y eventualmente el abuso de los mismos.

Como elemento básico en la ejecución de las obras se asumirá una vida útil mínima de veinte años para las mismas, exceptuando el caso de elementos de desgaste, tales como rozaderas, bujes, cables de acero, etc.

La fabricación, instalación y terminación de toda partida del proyecto será esmerada. No se aceptarán componentes, piezas o partes que presenten vicios o fallas, los que deberán ser reemplazados por otros que cumplan los estándares establecidos en las presentes especificaciones técnicas. Se entenderá como incluidos en la oferta todos los elementos de remate y terminación.

Se espera un trabajo de calidad con un alto estándar en su ejecución, principalmente en lo referido a aseo, higiene y seguridad. A tal efecto el Contratista considerará todas las medidas legales, normativas y técnicas que sean pertinentes.

Toda acción que el Contratista efectúe con motivo de realizar los trabajos deberá respetar estrictamente lo indicado en las presentes Especificaciones Técnicas, además de toda aquella ley y/o reglamento técnico que sea exigible.

La responsabilidad última en todo lo que corresponde a la provisión y ejecución de las obras contratadas le corresponderá al Contratista.

El Contratista deberá considerar los siguientes aspectos relacionados con la ejecución de los trabajos:

- Deberá proveer a todo su personal en obra de todos los elementos de protección personal necesarios y las herramientas adecuadas para el tipo de trabajo que se ejecutará.

- Será responsabilidad del Contratista verificar las disposiciones iniciales de los equipos y condiciones de las instalaciones existentes, e informarlas al mandante previo al inicio de las obras.
- Todo trabajo que se ejecute en el desarrollo de las obras, será realizado con las herramientas adecuadas para las funciones requeridas, no se aceptará la ejecución de obras que no estén de acuerdo con las buenas prácticas en materia de mantenimiento, reparación y montaje de equipos mecánicos para el transporte vertical.
- Todos los materiales, componentes y equipos, serán de primera calidad y nuevos, debiendo su provisión ajustarse a las especificaciones técnicas, normas y ensayos consignados para cada uno de ellos. No se aceptará ningún insumo que no cumpla con esta condición.
- Será responsabilidad del Contratista el cuidado de los componentes y materiales que deba suministrar, debiendo tener especial cuidado en el embalaje de los mismos, para evitar golpes y deterioros. No se aceptará el uso de material deteriorado.
- Previo al inicio de las obras, el Contratista revisará cuidadosamente el proyecto mecánico y verificará las dimensiones y parámetros en éste especificadas, verificando la corrección de las mismas e indicando cualquier observación que considere pertinente.
- El Contratista entregará la documentación con los planos en versión as built, certificados, aprobaciones y otros de acuerdo a los requisitos establecidos en la legislación y reglamentación técnica aplicable. En ellos se consignarán los cambios producidos durante la obra.
- El Contratista deberá incluir la entrega de todos los manuales y documentación técnica de los equipos suministrados.
- El Contratista entregará los protocolos de pruebas y/o certificación de todos los ensayos realizados.
- El Contratista entregará las obras en óptimo estado de funcionamiento.

### **1.1.3. Estudio Técnico**

Previo al inicio de las obras, el Contratista deberá examinar las dependencias en las que se ejecutarán las obras, debiendo enterarse y conocer perfectamente el estado en que se encuentra dicho lugar, contrastando las instalaciones existentes con los antecedentes presentados en la documentación que acompaña la presente licitación e informando al Mandante el resultado de esta inspección.

Previo al inicio de las obras en terreno el Contratista entregará un Estudio Técnico que deberá considerar a lo menos:

- Detalle de la metodología a usar en las obras e intervenciones a realizar, estableciendo, cuando se requiera, las soluciones definitivas en cuanto al montaje de sistemas y su relación con las edificaciones y espacios en las que estarán emplazados.
- Plan de Trabajo, identificando actividades, tiempos de ejecución, responsables y secuencias.
- Carta Gantt detallada, considerando la totalidad de las partidas de la especialidad mecánica, cuantificada en días corridos con definición de las etapas e hitos principales del proyecto y los plazos definidos para la ejecución del mismo (desmontaje, fabricación, suministro, transporte, montaje, ajuste, puesta en servicio, período de marcha blanca, etc.).
- Análisis de la seguridad en la ejecución de los trabajos, realizado por profesional afín.
- Datos técnicos, catálogos y manuales de los componentes y materiales a utilizar.
- Planos e información técnica, en versión preliminar.

Este Estudio Técnico y planimetría será revisado por la ITO para su validación, pudiendo ésta solicitar especificaciones técnicas adicionales o certificados para cualquier material o elemento a ser usados en la ejecución de los trabajos. Una vez que se hayan aclarado las dudas que pudieren existir y/o resuelto los

eventuales inconvenientes que surgieren, la ITO validará el Estudio Técnico y autorizará la ejecución de los trabajos que contemple el proyecto mecánico.

Una vez aprobado el Estudio Técnico el Contratista deberá mantener en obra al menos dos copias, siempre actualizadas, de este estudio junto a la planimetría de sistemas mecánicos, además de toda aquella que correspondiendo a otras especialidades del proyecto general sean necesarias para la correcta interpretación del proyecto y la planificación de su ejecución (estructura del plano de rodadura, arquitectura de salas de máquinas y de mando, etc.).

#### **1.1.4. Planos del proyecto**

El proyecto cuenta con la planimetría de sistemas mecánicos para el cabal entendimiento de las obras a ejecutar, sin embargo, particularmente será necesario realizar rectificaciones en la medida que se desmonten y desarmen los distintos componentes de la instalación.

Posterior al desarme y aseo general de los distintos sistemas mecánicos el contratista actualizará los planos de conjunto de los mismos y en particular los planos fabricación y la ingeniería de detalles cuando sea necesario, de las piezas que haya que manufacturar, debiendo los planos ser aprobados por la ITO antes de la fabricarse y/o cualquier componente.

El Contratista entregará al Mandante toda la planimetría as built de los sistemas mecánicos del proyecto, en formato digital (CAD y PDF) y en copia en papel, en los términos establecidos en las presentes Especificaciones Técnicas y normas atinentes.

Respecto a los planos conforme a obra (as built), éstos serán presentados a la ITO para su validación, lo que será condición necesaria para la recepción definitiva de las obras.

### **1.1.5. Personal técnico en obra y profesional a cargo**

El desarrollo del proyecto, la planificación y supervisión de la totalidad de los trabajos, así como ejecución de los mismos deberá ser dirigido y realizado por profesionales y técnicos del oficio, especialistas en transporte vertical, con amplia experiencia acorde con los requerimientos del proyecto. El Contratista designará un Representante Técnico, quien será el responsable de la ejecución de los trabajos en tiempo y forma, debiendo estar disponible para cuando se lo requiera en los lugares y horario de trabajo.

### **1.1.6. Inspección Técnica de obras (ITO)**

Para la inspección, supervisión y aprobación de los trabajos, existirá una Inspección Técnica de Obras (ITO) cuya función primordial será la supervisión del cumplimiento por parte del Contratista de los requisitos establecidos en las presentes especificaciones técnicas, planos, recomendaciones de los fabricantes, cualquier documento de obra integrante del contrato y sus posteriores aclaraciones o modificaciones acordadas entre el Contratista y el Mandante. También vigilará el cumplimiento de las leyes y normas chilenas que le sean aplicables. Especial cuidado tendrá en todo lo relativo a la prevención de riesgos y seguridad laboral.

Para desarrollar su trabajo de fiscalización, la ITO estará investida de la necesaria autoridad y atribuciones que le permitan controlar las diferentes actividades que el Contratista realice, con el propósito de verificar que los resultados se ajusten a las condiciones y requisitos definidos en el contrato. La ITO inspeccionará todos los trabajos en el alcance de las presentes Especificaciones Técnicas que se ejecuten, tanto en terreno como en taller o maestranza.

Las facultades de la ITO serán:

- Paralizar total o parcialmente los trabajos en el acto si verificase el incumplimiento de las normas y medidas de seguridad que apliquen a la obra o labores en ejecución.
- Seguir y verificar el cumplimiento del Programa de Trabajo.
- Recibir todas y cada una de las partidas que constituyen las obras, solicitando los ensayos y pruebas adicionales que las buenas prácticas constructivas hagan aconsejables, los cuales serán de cargo del Contratista.
- Rechazar el empleo de materiales que no cumplan con lo especificado o que estén usados y ordenar su retiro de la obra.
- Detener la ejecución de la obra, suspender la ejecución de aspectos parciales de ella, suspender la recepción de materiales y, en general, impedir cualquier acto que estime incompatible con el adecuado cumplimiento de las obligaciones emanadas de las presentes especificaciones técnicas y/o del contrato, o bien, que no se ajuste al estricto cumplimiento de los planos, cálculos y especialidades que formen parte del Proyecto de Transporte Vertical.
- Sin perjuicio de la responsabilidad del Contratista en el resultado final de las obras, la ITO podrá ordenar, durante la ejecución de las mismas, el desmantelamiento de aquellas partidas que no se ajusten a las especificaciones de proyecto las que serán nuevamente ejecutadas, sin costo para el Mandante, ello sin considerar modificaciones en el plazo contractual de ejecución de la obra.
- Tendrá acceso libre y permanente a todas las dependencias de la obra y/o talleres del Contratista y su(s) Sub-Contratista(s); podrá además revisar las guías de despacho de los materiales que lleguen a la obra y rechazar su colocación si ellos no cumplen con las especificaciones contratadas.

El Contratista dará amplias facilidades para que la ITO desarrolle sus actividades, presentando a tiempo cualquier documento que ésta requiera para su

labor, contestando prontamente sus consultas y facilitando el acceso a las instalaciones y materiales tanto en obra como fuera de ella.

Esta fiscalización y cualquier otra que efectúe el Mandante, no eximen al Contratista de sus obligaciones ni responsabilidades, ni podrá, en caso alguno, considerarse como convalidación de los estándares de calidad de la obra inspeccionada.

#### **1.1.7. Libro de obras**

Se mantendrá en la faena obra un Libro de Obras, exclusivo para el proyecto mecánico, para las comunicaciones de carácter técnico, a disposición del Contratista, El Mandante y la ITO, sin perjuicio de otras formas de comunicación que el Mandante establezca. Las anotaciones se harán en triplicado quedando la primera copia para la ITO, la segunda para el Contratista y el original para el Mandante.

Al momento de iniciarse los trabajos se abrirá el Libro de Obras mediante la respectiva Acta y se cerrará, también mediante Acta, como parte de la Recepción Definitiva de los trabajos.

En el Acta de Apertura del Libro de Obras, se dejará por escrito y en acuerdo por las tres partes, las personas autorizadas a escribir en éste. En caso que con posterioridad a la apertura del Libro de Obras, por acuerdo entre las partes se reemplace o agregue una nueva persona a los autorizados a realizar anotaciones en el Libro de Obras, se dejará constancia escrita de ello en el mismo.

En el Libro de Obras, la ITO anotará sus observaciones, instrucciones, constancias, decisiones y detalles más importantes de los trabajos. El Contratista podrá anotar en él sus observaciones relativas a los trabajos en ejecución, como

también las consultas de carácter técnico o administrativo a la ITO o al Mandante, según corresponda.

Los representantes responsables del Mandante, el Contratista, y la ITO deberán leer periódicamente el Libro de Obras y deberán firmar cada anotación, como forma de respaldar toma de conocimiento.

#### **1.1.8. Responsabilidades del contratista**

El Contratista deberá dar fiel y oportuno cumplimiento al contrato, asumiendo toda responsabilidad en cuanto a la buena ejecución de los trabajos dentro del plazo estipulado y obligándose a rehacer sin costo cualquier falla o desperfecto que pudieran presentar las obras ejecutadas.

El Contratista deberá asumir todos los riesgos e imprevistos que signifiquen mayores costos, como también daños y perjuicios que producto de sus faenas, pueda ocasionar a terceras personas, al edificio o a las instalaciones del mismo, incluyendo el riesgo de incendios.

Asimismo, el Contratista deberá dar fiel cumplimiento a las leyes y normas legales vigentes en materia de prevención de riesgos, siendo, por lo mismo, responsable de todo accidente o daño que durante la vigencia del contrato pudiera ocurrir a su personal y/o a terceros.

El Contratista se hará responsable de la integridad y almacenamiento seguro de todos los materiales, componentes piezas y partes del sistema de transporte vertical, tanto los correspondientes a las nuevas instalaciones como a las existentes, en las dependencias bajo su cargo y en su entorno. Cualquier pérdida o daño será de responsabilidad y cargo del Contratista. En el caso de los componentes que sean retirados, éstos serán debidamente catalogados por el Contratista y dispuestos de acuerdo a las instrucciones de la ITO. No se desechará ningún material o componente existente sin la aprobación expresa de la ITO.

### **1.1.9. Equipos componentes y materiales**

Los materiales, componentes y equipos usados para la ejecución de los trabajos deberán tener las características y calidad establecidas en las presentes Especificaciones Técnicas, la legislación y normativa vigente o al menos aquellas que indiquen las buenas prácticas constructivas en materia mecánica y en general todas aquellas relacionadas con el transporte vertical.

Todos los equipos componentes y materiales a ser usados para las obras deberán ser nuevos y de las marca y tipo ofertado. Queda expresamente prohibido utilizar material o componentes de segunda mano o usados.

No se aceptarán componentes, piezas o partes que presenten vicios o fallas, los que deberán ser reemplazados por otros que cumplan los estándares establecidos en las presentes Bases Técnicas. Todos los elementos deben ser dimensionados con amplitud y factores de seguridad que consideren el uso y eventualmente el abuso de los mismos.

Previo a su utilización en obra, el Contratista deberá someter a la aprobación de la ITO, muestras de los materiales a emplear, sin perjuicio del detalle de: marcas, tipos, modelos y/o cantidades especificadas en la oferta y posterior Estudio Técnico. Para la aprobación de estos materiales la ITO podrá disponer que se efectúen las pruebas y análisis que la técnica ofrezca.

Durante su transporte, almacenamiento y manipulación, cada elemento o componente, sea nuevo o correspondiente a los retirados de la instalación, deberá ser protegido de forma apropiada contra cualquier daño, caída o deterioro a los que esté expuesto. En especial se protegerán contra golpes, desgaste, agentes corrosivos, agua, humedad, agentes corrosivos, vandalismo y robo.

El Contratista tendrá la obligación de verificar los elementos especificados en todos sus aspectos (capacidad, dimensiones físicas, apariencia, etc.) y todos y

cada uno de los detalles necesarios, a fin de mantener su responsabilidad sobre las obras objeto de las presentes Bases Técnicas.

#### **1.1.10. Ejecución de las obras**

El Contratista estará obligado a establecer un mecanismo o plan de autocontrol que garantice la calidad de las obras y que contenga los elementos básicos considerados en las normas de Gestión de Calidad de uso habitual en el rubro. Deberá además, asumir todos los riesgos e imprevistos que signifiquen mayores costos, como también daños y perjuicios que producto de sus faenas, pueda ocasionar a terceras personas, al edificio o a las instalaciones del mismo, incluyendo el riesgo de incendios.

La fabricación, instalación y terminación de toda partida del proyecto será esmerada, con un alto estándar en su ejecución.

Durante la ejecución de las obras deberán hacerse todas las mediciones y ensayos que sean necesarios para demostrar que los requerimientos y las especificaciones del proyecto se cumplen a satisfacción, debiendo el Contratista suministrar todos los aparatos, instrumentos, materiales, mano de obra y otros que fueren necesarios para ello. Cualquier trabajo que resultase defectuoso será removido, reemplazado y vuelto a ensayar por el Contratista sin cargo alguno para el Mandante.

El Contratista velará por la correcta conservación de las condiciones de aseo durante la ejecución de las obras contempladas y una vez finalizadas éstas, cuidando de mantener el máximo orden posible en las dependencias a su cargo y el entorno de las mismas.

#### **1.1.11. Higiene y seguridad en la ejecución de las obras**

Se espera un trabajo de calidad con un alto estándar en su ejecución, principalmente en lo referido a aseo, higiene y seguridad. A tal efecto, el

Contratista deberá dar fiel cumplimiento a las leyes y normas legales vigentes en materia de prevención de riesgos, siendo, por lo mismo, responsable de todo accidente o daño que durante la vigencia del contrato pudiera ocurrir a su personal y/o a terceros como causa o por efecto de las obras en ejecución, tanto en terreno como en taller.

Es obligación del Contratista efectuar los cerramientos y vallados necesarios en los lugares de trabajo a fin de mantener un adecuado nivel de seguridad, tanto de personas como bienes, ajustándose a tal efecto a las disposiciones legales vigentes. La ITO podrá solicitar durante el transcurso de la obra las protecciones adicionales que a su juicio fueren necesarias.

Asimismo será obligatorio la provisión de andamios, medios de elevación y arneses de seguridad, cuerdas de vida y todo aquello necesario para la ejecución de trabajos en altura, respetándose las normas de seguridad aplicables. Los trabajadores que deban realizar obras en altura deberán contar con las certificaciones y exámenes que la legislación establece.

Especial cuidado se tendrá en la ejecución de tareas que impliquen riesgo de incendio, disponiendo permanentemente de un número suficiente de extintores en las distintas dependencias y niveles en las que se ejecuten trabajos y todas las medidas de protección y control que se especifiquen en el estudio técnico validado por la ITO y aquellas que la práctica habitual indique. El tipo, cantidad y ubicación de extintores lo determinará un profesional afín y será definido como parte del Estudio Técnico a realizar previo al inicio de las obras. Todos los trabajadores contarán con curso en el uso de extintores.

En la eventualidad de realizarse tareas de soldadura, existirá un extintor disponible en el mismo lugar que se realicen estos trabajos, al alcance del personal que ejecute los trabajos, al margen de todas las medidas de seguridad necesarias.

#### **1.1.12. Movimiento de cargas**

En las operaciones de desmontaje y/o montaje de los distintos constituyentes del funicular de 40 toneladas se deberá tener máximo cuidado, realizando las maniobras de izaje y similares con los elementos adecuados (tecles, alzaprimas, patecas, etc.). El estado de estos elementos podrá ser revisado por la ITO, pudiendo ésta rechazarlos, lo mismo que las maniobras instaladas, y exigir otros que soporten con seguridad adecuada los pesos movilizados. Para la determinación de la capacidad nominal de los tecles, vigas, alzaprimas y otros a usar en el izaje se considerará un Factor de Seguridad de 2,0 como mínimo.

#### **1.1.13. Disposición final de materiales retirados**

Mientras duren los trabajos todo el material retirado estará bajo custodia del Contratista. Será responsabilidad del Contratista eliminar todos los escombros y desechos en botadero autorizado.

No está permitido al Contratista retirar ningún componente o material dado de baja sin la expresa autorización de la ITO y/o el Mandante.

Como condición para la Recepción Definitiva de las obras, el Contratista trasladará todo el material dado de baja al lugar en la ciudad de Valparaíso que el Mandante disponga.

#### **1.1.14. Permisos y certificaciones**

El Contratista será responsable de gestionar, asumiendo el costo asociado, todos los permisos que se requiera para la ejecución de las obras.

De igual forma, se hará cargo de las aprobaciones, habilitaciones, certificaciones y otros ante organismos competentes (SEC, Seremi MINVU, Municipio, etc.) dando cumplimiento a todas las ordenanzas, decretos y/o leyes vigentes al

momento de la entrega de las instalaciones, estén o no indicadas en las presentes Bases Técnicas.

#### **1.1.15. Informe técnico final-registro técnico**

Una vez finalizados los trabajos y realizadas todas las pruebas establecidas en las presentes Especificaciones Técnicas y las que indica la legislación y normativa (NCh 3365-2015), el Contratista emitirá un Informe Técnico Final de los trabajos, el que incluirá todas los datos técnicos y documentación establecidos en la legislación, normativa vigente y las presentes Especificaciones Técnicas. Además, se detallarán en este informe las modificaciones que se hayan realizado al proyecto original e incluirán los planos conforme a obra (as built) de las instalaciones.

El Contratista deberá presentar en original todos aquellos documentos que le correspondieren, y que son de su responsabilidad tales como:

- Certificados de Laboratorios y Ensayes relativos a la calidad de los materiales, ajustes, y regulaciones que, de acuerdo a la normativa y/o legislación vigente, sean exigibles.
- Manuales de operación y mantenimiento de equipos y sistemas instalados.
- Catálogos y folletos de equipos y máquinas instaladas.
- Toda la documentación establecida en el Anexo C de NCh 440/1 Of. 2000.

Junto al Informe Técnico Final, el Contratista entregará copia digital de un detallado registro fotográfico, debidamente ordenado y clasificado, que considere todos los trabajos e intervenciones ejecutadas, incluyendo las distintas etapas, en particular: estado inicial, desmontaje, adecuaciones, instalación y condición final.

Toda la documentación y registro fotográfico requeridos será validado por la ITO como condición necesaria para proceder a la Recepción Final de las obras.

#### **1.1.16. Recepción de obras- Marcha blanca**

El Mandante recepcionará las obras previa aprobación e informe favorable por parte de la ITO. Existirán dos tipos de recepción, a saber: Provisoria y Definitiva. La Recepción Provisoria se realizará para realizar un periodo de marcha blanca, luego de finalizado el período de marcha blanca y una vez ejecutada la totalidad de las partidas contratadas, se llevara a cabo en un acto único la Recepción Definitiva.

La recepción de los trabajos será bajo los procedimientos que la ITO oportunamente defina y comunique. Se usarán protocolos de recepción tanto que estarán en concordancia con los requisitos generales de la norma de inspección de ascensores NCh 2840/1 Of. 2004.

#### **1.1.17. Recepción provisoria de los trabajos**

El Mandante recepcionará las obras previa aprobación e informe favorable por parte de la ITO. Esta recepción se realizará bajo los procedimientos que la ITO oportunamente defina y comunique. Se usarán protocolos de recepción tanto que estarán en concordancia con los requisitos generales de la norma de inspección de ascensores NCh 2840/1 Of. 2004.

La Recepción Provisoria de los trabajos correspondientes a las obras de la especialidad mecánica será visada por la ITO una vez comprobada la correcta operación del equipo y finalizada la totalidad de los trabajos que incidan sobre la operación y correcto funcionamiento de cualquier sistema de seguridad mecánico u otro que posea la instalación.

Como parte de la Recepción Provisoria el Mandante podrá aceptar partidas pendientes sólo en materia de estética y cuestiones menores que no incidan en la operación y menos en la seguridad de la instalación, dejándose constancia de ello en el Acta de Recepción Provisoria y señalando el plazo en que el Contratista

efectuará las reparaciones o correcciones correspondientes. La referida Acta será debidamente firmada por representantes del Mandante, el Contratista y la ITO, en donde las partes declararán efectuada esta recepción y concuerdan los plazos establecidos.

La Recepción Provisoria no eximirá al Contratista de la responsabilidad por los vicios, fallas o defectos que presenten los trabajos y equipos, los que deberá reparar y/o reemplazar, según corresponda.

#### **1.1.18. Marcha blanca**

Una vez realizada la Recepción Provisoria de las obras comenzará el período de Marcha Blanca en el que se evaluará la operación de los sistemas mecánicos del funicular de 40 toneladas. La Marcha Blanca tendrá una duración de 25 días corridos, plazo en el que el Contratista concluirá todas las partidas pendientes y resolverá todas las no conformidades que resulten de los actos de Recepción Provisoria.

En este período se realizarán todas las pruebas normativas y de operación, mediciones, primeros registros, etc, a los sistemas mecánicos del funicular que aplique, según legislación, Especificaciones Técnicas, normativa atingente, referentes técnicos y/o especificaciones de fabricantes. El Contratista, en el acto de Recepción Provisoria, entregará un documento con la planificación de las pruebas, al menos en lo referido a los aspectos técnicos y de seguridad que aplican a cada caso.

Una vez cumplido el período de Marcha Blanca y previo informe favorable de la ITO, el Mandante recepcionará definitivamente las obras, siempre y cuando el equipo haya demostrado funcionar correctamente.

### **1.1.19. Recepción definitiva de los trabajos**

Transcurrido el período de marcha blanca de 25 días corridos desde la fecha de la Recepción Provisoria y siempre que el Contratista hubiese dado término a todos los trabajos pendientes y la reparación de los vicios, defectos o fallas detectadas en la Recepción Parcial y/o durante la Marcha Blanca, el Mandante, asesorado por la ITO, procederá a la verificación de las obras y, si la encontrase en conformidad, suscribirá el Acta de Recepción Definitiva.

Los trabajos correspondientes a la especialidad mecánica se considerarán terminados, con la aprobación de la ITO y del Mandante, cuando el Contratista y su(s) Sub-Contratista(s), hayan ejecutado todos los trabajos contratados, a entera satisfacción del Mandante, sin perjuicio de las responsabilidades legales que mantengan su vigencia aún terminado el mismo.

A este efecto, el Mandante realizará y aprobará las pruebas de funcionamiento de los sistemas y componentes que se hubiesen instalado en las obras, inspeccionando todos los suministros empleados y los trabajos efectuados.

**ANEXO D:  
MEDICIONES ESPESORES ESTRUCTURA SOPORTANTE.**

MEDICION DE ESPESORES ESTRUCTURA DE PLATAFORMA FUNICULAR DE 40t PLANTA LOMA LARGA ESVAL SA.							
fecha : 28-09-2016							
Equipo Utilizado Ultrasonico INSPEX MODELO IPX-250LC							
		Punto 1		Punto 2		Punto 3	
	<b>Viga N°12</b>						
	Ala Superior	10.7		10.6		11.6	
	Alma	6.3		4.4		6.6	
	Ala Inferior	10.7		10.7		10.1	
	<b>Tramo 12</b>						
	Ala Superior	16	8.5	8.7		16.1	
Punto 1	Alma	6.4	6.6	6.9		6.1	
	Ala Inferior	16.3	8.4	9.0		16.4	
	Ala Superior	16.5	8.4	8.7		16.1	
Punto 2	Alma	6.2	6.4	6.8		6.6	
	Ala Inferior	16.5	8.5	8.9		16.4	
	Ala Superior	16.4	8.4	8.4		16.1	
Punto 3	Alma	6.6	6.4	6.3		6.3	
	Ala Inferior	16.3	8.5	8.6		16.6	
	Tramo 12						
	<b>Viga N°11</b>	Punto 1		Punto2		Punto 3	
	Ala Superior	10.3		10.5		10.6	
	Alma	6.5		6		7	
	Ala Inferior	10.2		10.5		10.3	
	<b>Tramo 11</b>						
	Ala Superior	16.1	8.9	8.5		16	
Punto 1	Alma	6.3	6.8	6.6		6.2	
	Ala Inferior	16.1	8.2	8.2		16.4	
	Ala Superior	16.3	8.2	8.5		16	
Punto 2	Alma	7.1	6.6	6.5		6.3	
	Ala Inferior	16.3	9	8.9		16.3	
	Ala Superior	16.3	8.5	8.4		16.3	
Punto 3	Alma	6.8	6.8	6.8		6.6	
	Ala Inferior	16.9	8.5	8.9		16.6	
	Tramo 11						

MEDICION DE ESPESORES							
	<b>Viga N°10</b>	Punto 1			Punto 2		Punto 3
	Ala Superior	10.6			10.3		10.8
	Alma	6.6			6.5		6.8
	Ala Inferior	10			10.2		10.1
	<b>Tramo 10</b>						
	Ala Superior	16.8		8.5		8.6	16.4
Punto 1	Alma	6.9		6.1		6	6.3
	Ala Inferior	16.9		8.4		8.7	16.6
	Ala Superior	16.1		8.4		8.1	16.3
Punto 2	Alma	6.5		6.6		6.8	6.5
	Ala Inferior	16.5		8.2		8.7	16.4
	Ala Superior	16		8.1		8.5	16.7
Punto 3	Alma	6.6		6.5		6.1	6
	Ala Inferior	16.5		8.4		8.9	16.5
	<b>Tramo 10</b>						
	<b>Viga N°9</b>	Punto 1			Punto2		Punto 3
	Ala Superior	10			10.1		10.1
	Alma	6.9			6.9		6.5
	Ala Inferior	10.3			10.7		10.5
	<b>Tramo 9</b>						
	Ala Superior	18		8.2		8.7	16.6
Punto 1	Alma	6.5		6.5		6.4	6.8
	Ala Inferior	16		8.5		8.6	16.9
	Ala Superior	16.1		8.4		8.5	16.8
Punto 2	Alma	6.6		6.4		6.8	6.1
	Ala Inferior	16.5		8.2		8.5	16.5
	Ala Superior	16.4		8.6		8.5	16.8
Punto 3	Alma	6.6		6.6		6.7	6.3
	Ala Inferior	16.4		8.7		8.4	17.1
	<b>Tramo 9</b>						

MEDICION DE ESPESORES							
	<b>Viga N°8</b>	Punto 1		Punto 2			Punto 3
	Ala Superior	10.2		10.2			10.5
	Alma	6.3		6.0			6.9
	Ala Inferior	10		10.5			10.8
	<b>Tramo 8</b>						
	Ala Superior	16.4		8.4		8.6	16.8
Punto 1	Alma	6.4		6.8		6.3	7.5
	Ala Inferior	16.1		8.6		8.7	16.9
	Ala Superior	16.1		8.6		8.7	16.4
Punto 2	Alma	6.6		6.4		6.8	7.9
	Ala Inferior	16.3		8.5		8.6	16.8
	Ala Superior	16.4		8.4		8.7	16.4
Punto 3	Alma	6.8		6.5		6.8	6.8
	Ala Inferior	16.1		8.6		8.9	16.6
	<b>Tramo 8</b>						
	<b>Viga N°7</b>	Punto 1		Punto2			Punto 3
	Ala Superior	10.3		10.3			10.8
	Alma	6.2		5.8			6.3
	Ala Inferior	10.5		10.5			10.8
	<b>Tramo 7</b>						
	Ala Superior	16.4		8.6		8.7	16.1
Punto 1	Alma	6.1		6.9		6.4	6.9
	Ala Inferior	16.6		8.7		8.5	17.9
	Ala Superior	16.6		8.5		8.1	16.1
Punto 2	Alma	6.5		6.5		6.5	7
	Ala Inferior	16.7		8.4		8.7	16.5
	Ala Superior	16.8		8.6		8.4	15.9
Punto 3	Alma	6.3		6.7		6.1	7
	Ala Inferior	16.6		8.5		8.3	16.3
	<b>Tramo 7</b>						

MEDICION DE ESPESORES							
	<b>Viga N°6</b>	Punto 1		Punto 2			Punto 3
	Ala Superior	10.2		11.6			10.6
	Alma	6.6		6.9			6.8
	Ala Inferior	10.1		10.5			10.3
	<b>Tramo 6</b>						
	Ala Superior	16.6	8.9	8.5			16.1
Punto 1	Alma	6.1	6.5	7			6.3
	Ala Inferior	17	8.6	8.7			16.6
	Ala Superior	16.4	8.6	8.5			15.8
Punto 2	Alma	6	6.4	6.6			6.5
	Ala Inferior	16.3	8.7	8.7			16.5
	Ala Superior	16.5	8.4	8.6			16.1
Punto 3	Alma	6.1	6.6	6.5			6.6
	Ala Inferior	16.3	9	8.7			16.8
	<b>Tramo 6</b>						
	<b>Viga N°5</b>	Punto 1		Punto2			Punto 3
	Ala Superior	10.7		10.6			11
	Alma	6.8		6.6			6.1
	Ala Inferior	10.7		10.3			10.5
	<b>Tramo 5</b>						
	Ala Superior	16.3	8.6	8.5			17.0
Punto 1	Alma	6.5	6.5	6.6			6.8
	Ala Inferior	16.1	8.9	8.5			17.4
	Ala Superior	17.4	9.3	8.5			16.9
Punto 2	Alma	6.5	6.6	6.4			6.4
	Ala Inferior	16.4	9.5	9			16.6
	Ala Superior	16.1	8.7	8.4			16.3
Punto 3	Alma	6.8	6.5	6			6.1
	Ala Inferior	16.1	8.9	8.9			16.1
	<b>Tramo 5</b>						

MEDICION DE ESPESORES							
	<b>Viga N°4</b>	Punto 1			Punto 2		Punto 3
	Ala Superior	10.5			10.6		10.7
	Alma	6.9			6.8		6.5
	Ala Inferior	9			10		11
	<b>Tramo 4</b>						
	Ala Superior	16.4		8.6		9.5	16.1
Punto 1	Alma	6.4		6.1		6.5	6.5
	Ala Inferior	16.1		8.4		8.7	16.3
	Ala Superior	17.5		9.6		9.5	16.4
Punto 2	Alma	6.3		6.8		6.5	6.4
	Ala Inferior	17.5		8.5		8.5	16.5
	Ala Superior	16.5		9		8.6	17.7
Punto 3	Alma	6.6		7		6.5	6.5
	Ala Inferior	16.3		8.7		9.1	16.5
	<b>Tramo 4</b>						
	<b>Viga N°3</b>	Punto 1			Punto2		Punto 3
	Ala Superior	11.1			10		10.3
	Alma	8.4			8.9		8.4
	Ala Inferior	10.5			10.7		10.5
	<b>Tramo 3</b>						
	Ala Superior	15.5		8.6		8.9	16.3
Punto 1	Alma	8.3		6.4		6.4	6.1
	Ala Inferior	15.3		8.7		8.2	16.4
	Ala Superior	15.2		10		8.6	16.1
Punto 2	Alma	6.6		6.5		6.4	6.3
	Ala Inferior	15.8		9.7		8.5	16.6
	Ala Superior	16.4		8.7		8.6	16.5
Punto 3	Alma	6.6		6.6		6.1	6.1
	Ala Inferior	16.5		8.9		8.4	16.9
	<b>Tramo 3</b>						

MEDICION DE ESPESORES

	<b>Viga N°2</b>	Punto 1			Punto 2		Punto 3
	Ala Superior	10			10.6		10.8
	Alma	6.9			6.6		6.6
	Ala Inferior	8.1			8.1		12.4
	<b>Tramo 2</b>						
	Ala Superior	15.3		8.4	8.7		16.5
Punto 1	Alma	6.6		6.5	6.7		6
	Ala Inferior	16.6		8.4	8.9		16.3
	Ala Superior	16.9		8.5	8.9		16.6
Punto 2	Alma	6.6		6.6	6.4		6.6
	Ala Inferior	16.3		8.7	8.7		16.5
	Ala Superior	17.7		8.2	8.6		16.5
Punto 3	Alma	6.1		6.4	6.5		6.3
	Ala Inferior	16.7		9.5	8.6		18.5
	<b>Tramo 2</b>						
	<b>Viga N°1</b>	Punto 1			Punto2		Punto 3
	Ala Superior	10.4			9.7		10.2
	Alma	7.3			6.6		6.9
	Ala Inferior	8.4			8.4		10.1
	<b>Tramo 1</b>						
	Ala Superior	16.3		8.7	8.2		16.1
Punto 1	Alma	6.4		6.6	6.1		6.1
	Ala Inferior	17.3		10.1	8.5		16.9
	Ala Superior	15.9		9.4	8.3		16.9
Punto 2	Alma	6.5		6.3	6.6		6.3
	Ala Inferior	16.1		10.3	8.5		
	Ala Superior	16		8.6			
Punto 3	Alma	6.3		6.4			
	Ala Inferior	17.1		9.5			
	<b>Tramo 1</b>						
	<b>Viga N°0</b>	Punto 1			Punto2		Punto 3
	Ala Superior						
	Alma						
	Ala Inferior						

**ANEXO E:**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO**

CHECK LIST PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO-PREVENTIVO MONTACARGAS BANDERA 883					SEMESTRE 1				SEMESTRE 2										
SISTEMA, SUB-SISTEMA		ACTIVIDADES PERIÓDICAS			TRIMESTRE 1				TRIMESTRE 2				TRIMESTRE 3						
		DESCRIPCIÓN	Nº	PERÍODO SI SE USA TODOS LOS DÍAS	PERÍODO SI SE USA ESPORADICAMENTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12		
Sistema de accionamiento-Maquina de arrastre	Motor Diesel	Medición de nivel de aceite.	1	Diario	Antes de utilizar														
		Revisión de nivel de refrigerante.	2	Diario	Antes de utilizar														
		Inspección visual general de componentes, como mangueras, correas, ventilador, entre otros.	3	Diario	Antes de utilizar														
		Aseo general.	4	Diario	Antes de utilizar														
		Revisión de estado de recubrimiento de pintura (basado en norma SIS 055900)	5	Anual	Anual														
		Cambio de aceite de motor.	6	Anual	Anual														
	Winches	Revisión de componentes y estado de estos (Según especificaciones de fabricante).	7	Anual	Anual														
		Verificación de estado de corrosión y pintura (basado en norma SIS 055900)	8	Anual	Anual														
		De ser necesario aplicación de tratamiento contra la corrosión y de pintura para protección.	9	Anual	Anual														
	Sistema oleohidráulico	General	Verifique los niveles de fluido. Agregue aceite (si es necesario).	10	Semanal	Antes de utilizar													
			Inspeccione los tapones de venteos, los filtros de venteo y pantallas de llenado.	11	Semanal	Antes de utilizar													
			Verifique los indicadores de los filtros y/o los manómetros de presión. (D, I en planos)	12	Semanal	Antes de utilizar													
			Inspeccione visualmente todas las mangueras del sistema, cañerías, conexiones en búsqueda de fugas y desgaste.	13	Semanal	Antes de utilizar													
			Verifique la temperatura del sistema vía termocupla interna o detectores infrarrojos portátiles. La temperatura normal va desde 40 a 60 °C. Si las temperaturas son elevadas, verifique la operación del enfriador de aceite y las válvulas de alivio.	14	Semanal	Antes de utilizar													
			Inspeccione una pequeña muestra del fluido por su color, señales de contaminación y olor.	15	Semanal	Antes de utilizar													
		Bombas Hidráulicas (F en plano)	Limpiar completamente los conductos de aceite de la carcasa y repintarlos.	16	Anual	Anual													
			Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.	17	Anual	Anual													
			Verificar la concentricidad de los anillos de desgaste.	18	Anual	Anual													
			Revisar todas las partes montadas en el rotor.	19	Anual	Anual													
			Repintar la carcasa completamente.	20	Anual	Anual													
		Válvulas (A, B, C, H, G en plano)	Compruebe el cierre completo de la válvula (sin pérdidas) cuando se da el comando de CIERRE (C) con las válvulas manuales de tres vías y las válvulas solenoidales.	21	Semestral	Semestral													
			Compruebe el correcto funcionamiento de la válvula de control revisando la correcta regulación de presión, caudal o nivel, según sea la función de la válvula.	22	Semestral	Semestral													
			Repintar la válvula cuando el recubrimiento original se vea dañado.	23	Semestral	Semestral													
			Limpie regularmente el filtro de toma de presión.	24	Semanal	Semestral													
			De vez en cuando, gire el mando de la válvula de tres vías para evitar la deposición de sedimentos.	25	Semanal	Semestral													
			Limpieza de los alrededores de la válvula.	26	Semanal	Semestral													
		Aceite hidráulico	Realizar análisis de aceite hidráulico	27	Anual	Anual													
			Drenar el aceite hidráulico si análisis de aceite es negativo	28	Anual	Anual													
		Reductor acoplamiento motor- bombas	Chequeo de componentes (de acuerdo a especificaciones del fabricante).	29	Anual	Anual													
			Reemplazo de componentes de ser necesario.	30	Anual	Anual													

CHECK LIST PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO-PREVENTIVO MONTACARGAS BANDERA 883					SEMESTRE 1				SEMESTRE 2								
SISTEMA, SUB-SISTEMA	ACTIVIDADES PERIÓDICAS				TRIMESTRE 1				TRIMESTRE 2				TRIMESTRE 3				
	DESCRIPCIÓN	Nº	PERÍODO SI SE USA TODOS LOS DÍAS	PERÍODO SI SE USA ESPORADICAMENTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	
Carro de Carga	Estructura general	Verificación estado de pintura (basado en la norma sueca SIS	31	Anual	Anual												
		Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).	32	Anual	Anual												
		Verificación visual estado de soldadura.	33	Anual	Anual												
		Inspección de plataforma de madera, si existiese algún componente flectado o agrietado, realizar el reemplazo de estas.	34	Anual	Anual												
		Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.	35	3 años	3 años												
	Sistema de rodado vertical	Verificación del funcionamiento del rodado.	36	Semestral	Semestral												
		Limpieza, verificación y lubricación de los componentes	37	Semestral	Semestral												
		Ajustes generales de los componentes del sistema de rodado.	38	Anual	Anual												
	Sistema de rodado horizontal	Verificación del funcionamiento del rodado.	39	Semestral	Semestral												
		Limpieza, verificación y lubricación de los componentes	40	Semestral	Semestral												
		Ajustes generales de los componentes del sistema de rodado.	41	Anual	Anual												
	Poleas de reenvío	Limpieza y verificación del estado de los componentes.	42	Semestral	Semestral												
Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.		43	Semestral	Semestral													
Contrapeso	Sistema de rodado	Verificación del funcionamiento del rodado.	44	Semestral	Semestral												
		Limpieza, verificación y lubricación de los componentes.	45	Semestral	Semestral												
		Ajuste generales de los componentes del sistema de rodado.	46	Anual	Anual												
	Bloque	Verificación estado de pintura.	47	Anual	Anual												
		Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).	48	Anual	Anual												
		Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante limpiado de la estructura y posterior pintado de esta.	49	3 años	3 años												
Plano de rodadura	Rieles guía carro/contrapeso y fijaciones	Inspección visual de las fijaciones de rieles de Cabina y Contrapeso.	50	Anual	Anual												
		Revisar y asegurar el alineamiento de rieles en todo su recorrido.	51	Anual	Anual												
		Reapriete empunaduras de eclisas.	52	Anual	Anual												
	Polines	Inspección visual de estado de polines	53	Anual	Anual												
		Si existe desgaste realizar el reemplazo de dicho polin.	54	Anual	Anual												
		Lubricación de los rodamientos.	55	Anual	Anual												
		Verificar estado de los componentes.	56	Anual	Anual												

CHECK LIST PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO-PREVENTIVO MONTACARGAS BANDERA 883					SEMESTRE 1				SEMESTRE 2							
SISTEMA, SUB-SISTEMA		ACTIVIDADES PERIÓDICAS			TRIMESTRE 1				TRIMESTRE 2		TRIMESTRE 3					
		DESCRIPCIÓN	Nº	PERÍODO SI SE USA TODOS LOS DÍAS	PERÍODO SI SE USA ESPORADICAMENTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11
Arrastre y suspensión	Cable de arrastre y contrapeso.	Inspección visual de cordones, desgaste, grado de corrosión del cable.	57	Trimestral	Trimestral											
		Limpieza y engrase.	58	Semestral	Semestral											
	Poleas de arrastre y reenvío	Limpieza y verificación del estado de los componentes.	59	Semestral	Semestral											
		Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.	60	Semestral	Semestral											
	Terminales de suspensión	Limpieza y verificación de abrazaderas.	61	Anual	Anual											
		Verificación del estado de corrosión de los componentes.	62	Anual	Anual											
Inspección visual ante posibles grietas en componentes.		63	Anual	Anual												
Sistema de seguridad antideriva	Poleas	Limpieza y verificación del estado de los componentes.	64	Semestral	Semestral											
		Lubricación de los rodamientos. Para la lubricación utilizar lubricante específico para rodamientos.	65	Semestral	Semestral											
	Sistema amortiguador	Inspección del estado de los cilindros hidráulicos.	66	Semestral	Semestral											
		Inspección visual del sistema.	67	Semestral	Semestral											
		Inspección de las guías de poleas inferiores unidas a los cilindros hidráulicos.	68	Semestral	Semestral											
		Engrase de dichas guías.	69	Semestral	Semestral											
	cables de acero	Tratamiento anticorrosivo para los cilindros y guías de la polea.	70	Anual	Anual											
		Inspección visual de cordones, desgaste, grado de corrosión del cable	71	Trimestral	Trimestral											
	Dispositivo de bloqueo	Limpieza y engrase	72	Anual	Anual											
		Ensayo de disparo de dispositivo.	73	Anual	Anual											
		Overhaul completo para verificación de buen estado de componentes.	74	Anual	Anual											
		Limpieza de los componentes internos.	75	Anual	Anual											
		Lubricación de los componentes.	76	Anual	Anual											
		Tratamiento anticorrosivo interno y externo.	77	Anual	Anual											
	Polines	Verificar correcta operación de limitador de velocidad.	78	Anual	Anual											
Inspección visual de estado de polines		79	Anual	Anual												
Si existe desgaste realizar el reemplazo de dicho polín.		80	Anual	Anual												
Lubricación de los rodamientos.		81	Anual	Anual												
Verificar estado de los componentes.		82	Anual	Anual												

CHECK LIST PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO-PREVENTIVO MONTACARGAS BANDERA 883					SEMESTRE 1				SEMESTRE 2									
SISTEMA, SUB-SISTEMA		ACTIVIDADES PERIÓDICAS			TRIMESTRE 1				TRIMESTRE 2		TRIMESTRE 3							
		DESCRIPCIÓN	Nº	PERÍODO SI SE USA TODOS LOS DÍAS	PERÍODO SI SE USA ESPORADICAMENTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	
Estación superior	General	Aseo profundo y limpieza de residuos como aceite del sistema oleohidráulico y lubricantes aplicados, este aseo deberá ser realizado en plataforma inferior y plataforma superior.	83	Semanal	Semanal													
		Inspección del cierre perimetral de la estación superior para así mantener aislado de agentes externos los sistemas y subsistemas que se encuentran allí presentes.	84	Semanal	Semanal													
		Verificación estado de pintura.	85	Anual	Anual													
		Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).	86	Anual	Anual													
		Verificación visual estado de soldadura.	87	Anual	Anual													
		Inspección visual de planchas de plataforma superior.	88	Anual	Anual													
		Inspección del estado de escaleras de acceso a plataforma superior.	89	Anual	Anual													
		Revisión de emperadura.	90	Anual	Anual													
		Reapriete de emperadura.	91	Anual	Anual													
		Inspección visual de fundaciones.	92	Anual	Anual													
		Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante lavado de la estructura y posterior pintado de esta.	93	3 años	3 años													
Estructura soportante plano de rodadura	General	Verificación estado de pintura.	94	Anual	Anual													
		Inspección visual de corrosión (basado en la norma sueca SIS 055900).	95	Anual	Anual													
		Verificación visual estado de soldadura.	96	Anual	Anual													
		Revisión de emperadura.	97	Anual	Anual													
		Reapriete de emperadura.	98	Anual	Anual													
		Si es necesario realizar cambio de emperaduras.	99	Anual	Anual													
		Inspección de puntales y diagonales de arriostamiento, con el fin de ver si es necesario el cambio de alguno de estos.	100	Anual	Anual													
		Inspección visual de fundaciones.	101	Anual	Anual													
Realizar procedimiento de protección de la estructura mediante lavado de la estructura y posterior pintado de esta.	102	3 años	3 años															
Sistema eléctrico	General	Chequeo del estado y funcionamiento de componentes generales (contactores, disyuntores, etc.)	103	Semestral	Semestral													
		Reapriete de conexiones en borneras.	104	Semestral	Semestral													
		Medición y registro de parámetros eléctricos.	105	Semestral	Semestral													
		Verificación correcto estado de cableado eléctrico.	106	Semestral	Semestral													
		Verificación correcto estado de canalizaciones eléctricas y sus fijaciones.	107	Semestral	Semestral													
Verificación correcto estado de funcionamiento.	108	Semestral	Semestral															