



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA**

**FABRICACION DE CARRETE ENROLLA CABLE CON FUNCIONAMIENTO  
HIDRAULICO.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título  
de Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial.

Profesor tutor: Jorge Reyes Huencho

Camilo Osvaldo Tapia Campos

Carlos Ariel Sotomayor Sotomayor

Copiapó, Chile 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Yasmin guerra mi señora a mis hijos Valentina y Matías por todo el apoyo y paciencia en todo este proceso gracias por el amor entregado en todo momento.

A mis padres y suegros por el apoyo y amor entregado y familia en general a todos los que con un granito de arena se hicieron parte de mis desafíos.

A minera punta del cobre y jefatura directa que me brindo el apoyo en todo ámbito para terminar de forma exitosa mis estudios.

**Atte.**

**Carlos Ariel Sotomayor Sotomayor.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios, por darme las fuerzas para no renunciar sin importar la dificultad que se presente en la vida e ir siempre de frente, por darme las fuerzas necesarias para no permitirme días de descanso hasta la culmine de este proceso.

A mi esposa Paola, a mis hijos, ahijada Agustín, Martin y Mayte, por el amor, paciencia y apoyo constante durante este proceso.

Familiares, a pesar de la distancia que nos separa sus palabras de aliento colaboraron en este lindo desafío, Luisa Campos A. gracias por siempre creer.

**Atte.**  
**Camilo Osvaldo Tapia Campos**

## **AGRADECIMIENTOS**

Sr. Jorge reyes Huencho, por su dedicación, voluntad y conocimientos hacia sus alumnos en este proceso y más allá de un salón de clases.

Sr. Alejandro Rodríguez Naranjo, por su voluntad y colaboración constante hacia sus alumnos en los distintos procesos de esta carrera.

**Atte.**

**Camilo Osvaldo Tapia Campos**

**Carlos Ariel Sotomayor Sotomayor**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Síntesis de proyecto .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivo general.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos específicos. ....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Metodología.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 PUCOBRE S.A. ....</b>	<b>3</b>
<b>Ilustración 1: Referencia satelital Pucobre.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 MINA PUNTA DEL COBRE (MPC) .....</b>	<b>4</b>
<b>Ilustración 2: Referencia tamaño camión extracción y túnel MPC. ....</b>	<b>4</b>
<b>Ilustración 3: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MPC. ....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 MINA MANTO COBRE (MMC) .....</b>	<b>6</b>
<b>Ilustración 4: Referencia tamaño camión extracción y túnel MMC.....</b>	<b>6</b>
<b>Ilustración 5: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MMC.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 MINA GRANATE (MGR) .....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 6: Referencia tamaño camión extracción y túnel MMC.....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 7: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MGR.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 METODO DE EXPLOTACION SUB – LEVEL STOPING.....</b>	<b>10</b>
<b>Ilustración 8: Referencial método Explotación sub - Level Stopping.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Suministro De La Energía Eléctrica. ....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 9: Sub estación 1000 KVA punta del cobre. ....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.1 Conexiones Internas.....</b>	<b>12</b>
<b>Ilustración 10: Ubicación de redes de servicio en túnel interior mina.....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 11: Canastillo Alza Hombre.....</b>	<b>14</b>

2.7 Área De Mantención Eléctrica .....	14
2.7.1 Antecedentes Mantenedores Eléctricos .....	15
<b>Ilustración 12: Sub Estación Interior Mina Y Fabricación De Mufa Eléctrica. ....</b>	<b>15</b>
<b>Ilustración 13: Cable cargado en canastillo.....</b>	<b>17</b>
2.8 ZEPOL INDUSTRIAL LIMITADA.....	17
<b>Ilustración 14: Vista Aérea Zepol Industrial Ltda. ....</b>	<b>18</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>19</b>
<b>HERRAMIENTAS Y PROPUESTA PARA FABRICACION.....</b>	<b>19</b>
3.1 RAÍZ DEL DISEÑO.....	19
<b>Ilustración 15: Carrete Simba M4C.....</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 16: Desglose Carrete Simba M4c. ....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Búsqueda y comparación.....	21
<b>Ilustración 16.1: Modelos Comerciales De Enrolla Cable. ....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 16.1.2: Conexiones Adicionales En Cargador Frontal .....</b>	<b>21</b>
3.2 Cargador Frontal CAT 962L.....	22
<b>Ilustración 17: Cargador Frontal 962L. ....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla N 1: Especificación Dimensiones CAT 962L .....</b>	<b>23</b>
3.2.1 Acoplador Fusión para Cargador Frontal. ....	24
<b>Ilustración N 18: Acoplador Fusión CAT.....</b>	<b>24</b>
3.2.2 Tercera Función, Acoplado Rápido Y Funcionamiento Cargador Frontal. ....	25
<b>Ilustración 19: Ubicación Válvula De Tercera Función.....</b>	<b>25</b>
<b>Ilustración 20: Ubicación De Componentes Acople Rápido. ....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 2: Presión de Tercera Función y Acoplador Rápido. ....</b>	<b>27</b>
<b>Ilustración 21: Esquema Hidráulico Tercera Función.....</b>	<b>27</b>
3.2.3 Disponibilidad Operacional Cargadores CAT 962L Mina MPC. ....	29
<b>Ilustración 22: Horquillas de Izaje Mantenedores Eléctricos.....</b>	<b>29</b>
3.3 Mantención y Disponibilidad de Cargadores 962L.....	30
<b>Tabla 3: Balance Anual Utilización Cf N°05. ....</b>	<b>30</b>

<b>Ilustración 23: Grafico Disponibilidad Cargador 962 L N°5 Año 2022.</b> .....	31
<b>Tabla 4: Balance Anual Utilización Cf N°06.</b> .....	31
<b>Ilustración 24: Grafico Disponibilidad Cargador 962 L N°6 Año 2022.</b> .....	32
<b>3.4 Descripción Específica de Elementos a Utilizar.</b> .....	32
<b>3.4.1 Cable A Utilizar XTMU.</b> .....	32
<b>Ilustración 25: Interior De Cable XTMU</b> .....	33
<b>Tabla 5: Especificaciones Cable Según Catálogo.</b> .....	33
<b>3.5 Definición del Diseño.</b> .....	34
<b>3.5.1 Primeros Bosquejos.</b> .....	34
<b>Ilustración 26: Primeros Bosquejos Mano Alzada Diseño.</b> .....	35
<b>CAPITULO IV</b> .....	36
<b>4.1 Diseño 3D</b> .....	36
<b>4.1.1 Análisis de Elementos Finitos.</b> .....	36
<b>Ilustración 27: Elementos y Nodos, Análisis Elementos Finitos.</b> .....	37
<b>4.2. Insumos Utilizados En Fabricación.</b> .....	37
<b>Ilustración 28: Prueba De Carga, Análisis De Elementos Finitos En Perfil Metálico A36.</b> .....	38
<b>4.3 Diseño Tridimensional.</b> .....	39
<b>Ilustración 29: Vista Isométrica Soporte Conexión Acoplador Fusión.</b> .....	39
<b>Ilustración 30: Vista Isométrica Chasis, Enrolla Cable.</b> .....	39
<b>Ilustración 31: Vista Isométrica Carrete, Enrolla Cable.</b> .....	40
<b>Ilustración 32: Vista Isométrica Ensamble Previo Al Armado, Enrolla Cable.</b> .....	40
<b>Ilustración 33: Vista Isométrica Tridimensional, Enrolla Cable.</b> .....	41
<b>4.5 Memoria de Cálculo.</b> .....	41
<b>4.5.1 Introducción de memoria de Cálculo</b> .....	42
<b>Ilustración 34: vista lateral y superior de estructura dimensionada.</b> .....	43
<b>Tabla 6: Composición Química del Acero.</b> .....	44
<b>Tabla 7: Propiedades mecánicas del acero A-36.</b> .....	44
<b>Ilustración 35: Esquema de la estructura, elementos cuadráticos de alto orden.</b> ....	45

<b>Ilustración 36: Cálculo de esfuerzo según Von Mises.....</b>	<b>46</b>
<b>Ilustración 37: Calculo de tensiones cortantes máximas.....</b>	<b>47</b>
<b>Ilustración 38: desplazamiento producto de la carga.....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 40: Fabricación De Eje Central Y Tapas. ....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 41: Chasis De Enrolla Cable.....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 42: Soporte con Rodamiento. ....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 43: Carrete Enrolla Cable Ensamblado. ....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración:44 Informe Certificación Estructural.....</b>	<b>54</b>
<b>4.7 Funcionamiento Hidráulico.....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 45: Unión Motor Orbital Y Motorreductor. ....</b>	<b>59</b>
<b>4.7.1 Motor hidráulico orbital.....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 46: Motores Orbitales Danfoss.....</b>	<b>60</b>
<b>4.7.2 Motorreductor planetario.....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 47: Motorreductor Planetario. ....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla:6 Relacion Transmisión Moto Reductor según solicitud. ....</b>	<b>61</b>
<b>4.7.3 Válvula Reguladora de Presión.....</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 48 Válvula Reguladora De Presión Y Soporte.....</b>	<b>62</b>
<b>4.7.4 Manómetro Hidráulico.....</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 49: Manómetro Hidráulico Instalado En Carrete Enrolla Cable.....</b>	<b>63</b>
<b>4.7.5 Válvula Direccional De Control Manual. ....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 50: Válvula De Control Direccional.....</b>	<b>63</b>
<b>4.7.6 Transmisión Final. ....</b>	<b>64</b>
<b>Ilustración 51: Cadena Y Piñón De Transmisión. ....</b>	<b>64</b>
<b>4.7.7 Costos De Fabricación Enrolla Cable.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 9: costos de fabricación.....</b>	<b>65</b>
<b>4.7.8 Cargador Frontal y Mantenciones. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 10: valor cargador frontal e insumos de mantención.....</b>	<b>65</b>
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 Resultados. ....</b>	<b>66</b>

<b>Ilustración 52: Carga Y Descarga De Cable.....</b>	<b>66</b>
<b>5.1.2 Utilización de cargador frontal CAT 962L.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 7: Balance primer semestre utilización cargador frontal CAT 962L #05.....</b>	<b>67</b>
<b>Ilustración 53: Grafico Disponibilidad y utilización Cargador 962L N°5 Año 2023.</b> .....	<b>67</b>
<b>Tabla 8: Balance primer semestre utilización cargador frontal CAT 962L #06.....</b>	<b>68</b>
<b>Ilustración 54: Grafico Disponibilidad y utilización Cargador 962L N°6 Año 2023.</b> .....	<b>68</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 55: gráfico índice frecuencia accidentabilidad 2022 .....</b>	<b>70</b>
<b>Ilustración 56: gráfico índice frecuencia primer semestre 2023.....</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>73</b>

## RESUMEN

El Presente proyecto de título muestra la aplicación directa de Ingeniería mediante la construcción de un componente, el cual, mejora de manera significativa los tiempos de operación en compañía Contractual Minera Punta del Cobre, proyecto llamado “Fabricación de Carrete Enrolla Cable con Funcionamiento Hidráulico”

El tendido y distendido de cable, es de vital importancia para la pequeña, mediana y gran Minería, dado que se utiliza para proporcionar alimentación lumínica a socavones, nuevas perforaciones y alimentación de equipos interior mina (Jumbos, Boomer, Boltec, etc.).

Durante largo tiempo la operación se realizaba de manera manual, una vez destendido el cable, ingresaba un cargador frontal CAT 962, el cual, mantiene adosado con un acople de función, accesorios al pantógrafo y en él un canastillo para operaciones eléctricas en altura en interior mina subterránea, una vez ubicado en posición, mantenedores eléctricos realizaban el izaje del cable hacia el canastillo, condicionando la operación interior mina, durante largo tiempo.

En ocasiones realizaban “tiros de servicio”, el cual, consistía en soltar cable por “troncal de ventilación”; esta operación la realizaban trasladando el cargador frontal con el canastillo mencionado, el cual llevaba aproximadamente 200 metros de cable. Una vez en posición los mantenedores eléctricos descargaban el cable por el troncal de ventilación, hasta que, por peso y gravedad, llegaba a destino, conectando así un nivel superior con uno inferior, esta operación ponía en riesgo la seguridad de cada mantenedor.

La fabricación del Carrete Enrolla Cable con Funcionamiento Hidráulico, muestra la aplicación directa de resistencia de materiales, óleohidráulica e ingeniería del mantenimiento; mejorando la disponibilidad de operación y seguridad en el área de mantención eléctrica en Compañía Minera Punta del Cobre.

El proyecto va enfocado a la mejora del tiempo operacional de Compañía Minera Punta del Cobre y colabora principalmente con la seguridad al realizar operaciones que significan, carga, traslado y operación de tendido de cable minero XTMU/EVA 3x 350.

FABRICACION DE ENROLLA CABLES CON FUNCIONAMIENTO  
HIDRÁULICO.

## **ABSTRACT**

This title project shows the direct application of Engineering through the construction of a component, which significantly improves the operation times in the Punta del Cobre Mining Contractual Company, a project called “Manufacturing of a Cable Winding Reel with Hydraulic Operation”

Cable laying and distensioning is of vital importance for small, medium and large Mining, since it is used to provide lighting power to shafts, new drillings and power supply to interior mine equipment (Jumbos, Boomer, Boltec, etc.).

For a long time the operation was carried out manually, once the cable was released, a CAT 962 front loader entered, which, with a function coupling, attached accessories to the pantograph and in it a basket for electrical operations at height indoors. underground mine, once located in position, electrical maintainers carried out the lifting of the cable towards the basket, conditioning the operation inside the mine for a long time.

Sometimes they carried out “service shots”, which consisted of releasing cable through the “ventilation trunk”; This operation was carried out by moving the front loader with the aforementioned basket, which carried approximately 200 meters of cable. Once in position, the electrical maintainers discharged the cable through the ventilation trunk, until, due to weight and gravity, it reached its destination, thus connecting a higher level with a lower one, this operation put the safety of each maintainer at risk.

The manufacture of the Cable Winding Reel with Hydraulic Operation shows the direct application of material resistance, hydraulic oil and maintenance engineering; improving the availability of operation and safety in the area of electrical maintenance at Compañía Minera Punta del Cobre.

The project is focused on improving the operational time of Compañía Minera Punta del Cobre and collaborates mainly with safety when carrying out operations that involve loading, transferring and laying the XTMU/EVA 3x 350 mining cable.

**MANUFACTURE OF CABLE COILS WITH HYDRAULIC OPERATION.**

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1 Síntesis de proyecto**

En el rubro minero de gran escala, es vital el uso de múltiples equipos para la producción del mineral, actualmente, la minería mantiene una tendencia basada en la optimización de tiempo de producción, esto implica aún más el uso de equipos.

El ingeniero de minas responsable de las operaciones, tiene que asegurar la producción diaria de mineral; esto hace que el ingeniero dependa mucho del desempeño y disponibilidad mecánica de sus equipos, implementando un área de mantenimiento que se encargue de este propósito.

Dentro de las distintas áreas existentes y que hacen funcionar la minería, Mantenimiento Operación de equipos – Electro Hidráulica – Eléctricos de alta tensión. En esta última área es donde se basa el proyecto. El tendido de cable eléctrico es primordial para el funcionamiento en interior mina, ya que, brinda iluminación, comunicación y alimentación a los equipos electrohidráulicos.

Dentro de las herramientas y equipos utilizados en el área eléctrica, encontramos un cargador frontal CAT 962L, el cual, se encuentra adaptado con acople de función; este particular accesorio brinda una multifunción al cargador.

### **1.2 Objetivo general.**

Fabricar un Carrete Enrolla Cable con Funcionamiento Hidráulico, adaptable para el cargador frontal CAT 962L, que permita la unión con acople de accesorios, con el propósito:

- Optimizar el tiempo de mantención, aumentar los tiempos de operación e incrementar la seguridad de los mantenedores eléctricos involucrados en los procesos de perforación, tiro de servicio y extracción de mineral en Minera Punta del Cobre.

### **1.3 Objetivos específicos.**

- Identificar el contexto operacional de la empresa y del frontal CAT 962L, realizando un análisis de disponibilidad operacional en área eléctrica MPC.
- Diseñar y confeccionar un carrete adaptable que facilite la unión con acople de accesorios en el cargador frontal CAT 962L.
- Mejorar las condiciones operacionales para disminuir los factores de riesgo asociados al Manejo Manual de Carga y Trastorno Musculoesquelético de los mantenedores eléctricos en Minera Punta del Cobre.
- Evaluar y garantizar la seguridad del accesorio diseñado, cumpliendo con los estándares y normativas de seguridad vigentes en la industria minera.
- Realizar un seguimiento y evaluación del desempeño del accesorio en operaciones reales, recopilando datos para futuras mejoras y ajustes si es necesario.

### **1.4 Metodología.**

Para la realización del proyecto se recopilaron datos específicos de los túneles internos en la compañía mencionada, dado que las dimensiones en diseño de carrete no podían sobrepasar los límites de giro en interior mina.

También se consideró la información asociada al tipo, peso y largo del cable a utilizar; el cable utilizado corresponde a xtmu/eva 0.6/1Kv, 3x350 mcm+1x2/AWG, el cual tiene un peso cercano a 7 kg /m.

Información general de cargador frontal, mantención, disponibilidad, características de acople multifunción y presión en tercera función de cargador frontal CAT 962L.

Información referencial velocidad de trabajo y funcionabilidad de carrete equipo electrohidráulico simba.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 PUCOBRE S.A.

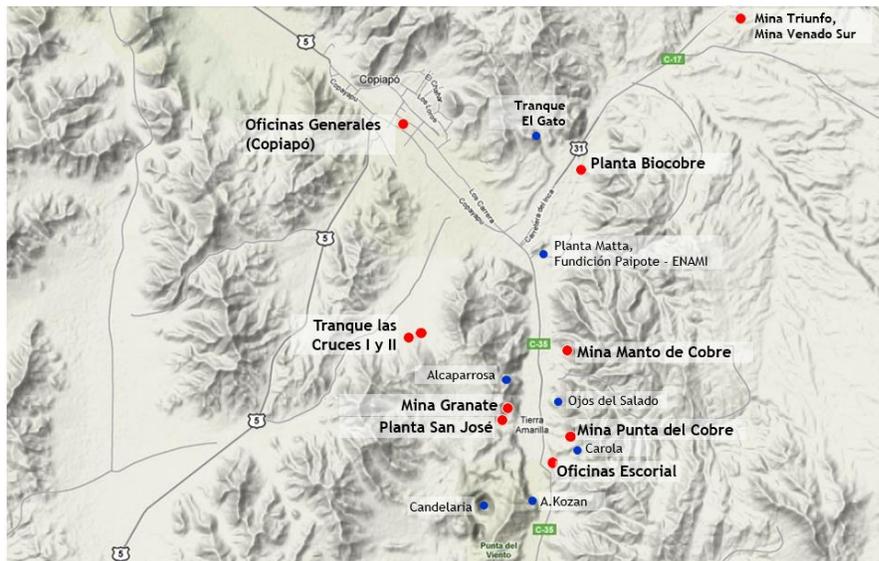
Sociedad Punta del Cobre S.A. (Pucobre) es una empresa dedicada a la explotación de yacimientos de cobre, el procesamiento de minerales en plantas de tratamiento y la comercialización de concentrados de cobre para fundiciones y de cátodos, destinados a la exportación.

Las principales faenas productivas de Pucobre se encuentran en la Región de Atacama, en los alrededores de Tierra Amarilla, a 15 km. de la ciudad de Copiapó.

Las tres principales faenas son: Mina Punta del Cobre, Mina Manto Cobre, Mina Granate, las tres mencionadas son del tipo subterránea y utilizan el método de explotación SUB-LEVEL STOPING.

La infraestructura interna de las minas mencionadas se compone de la siguiente manera:

**Ilustración 1: Referencia satelital Pucobre.**

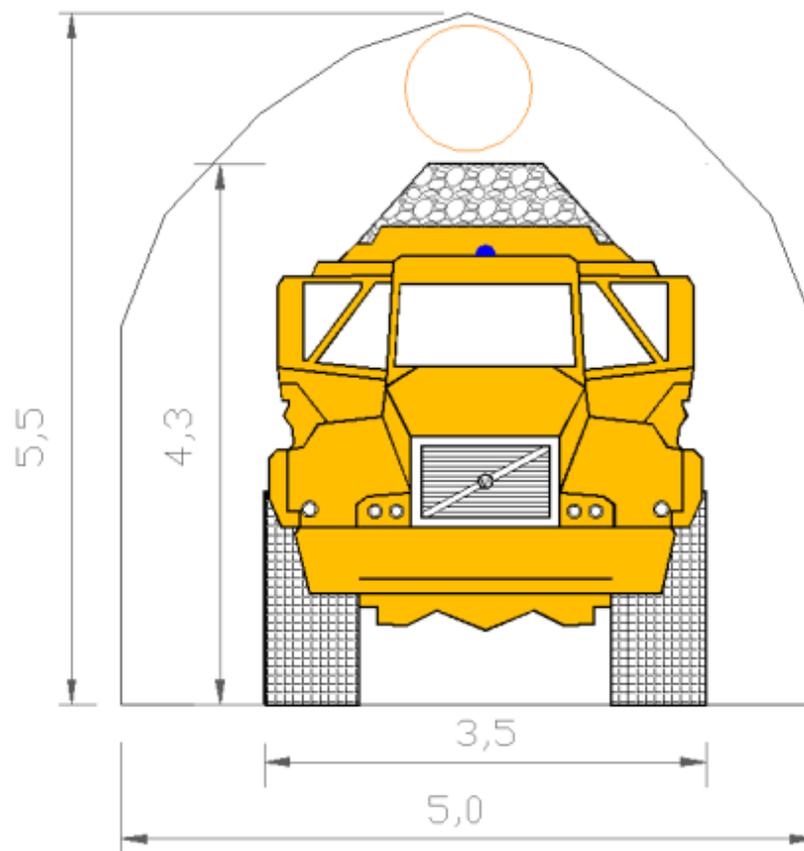


Fuente: Documento interno MPC

## 2.2 MINA PUNTA DEL COBRE (MPC)

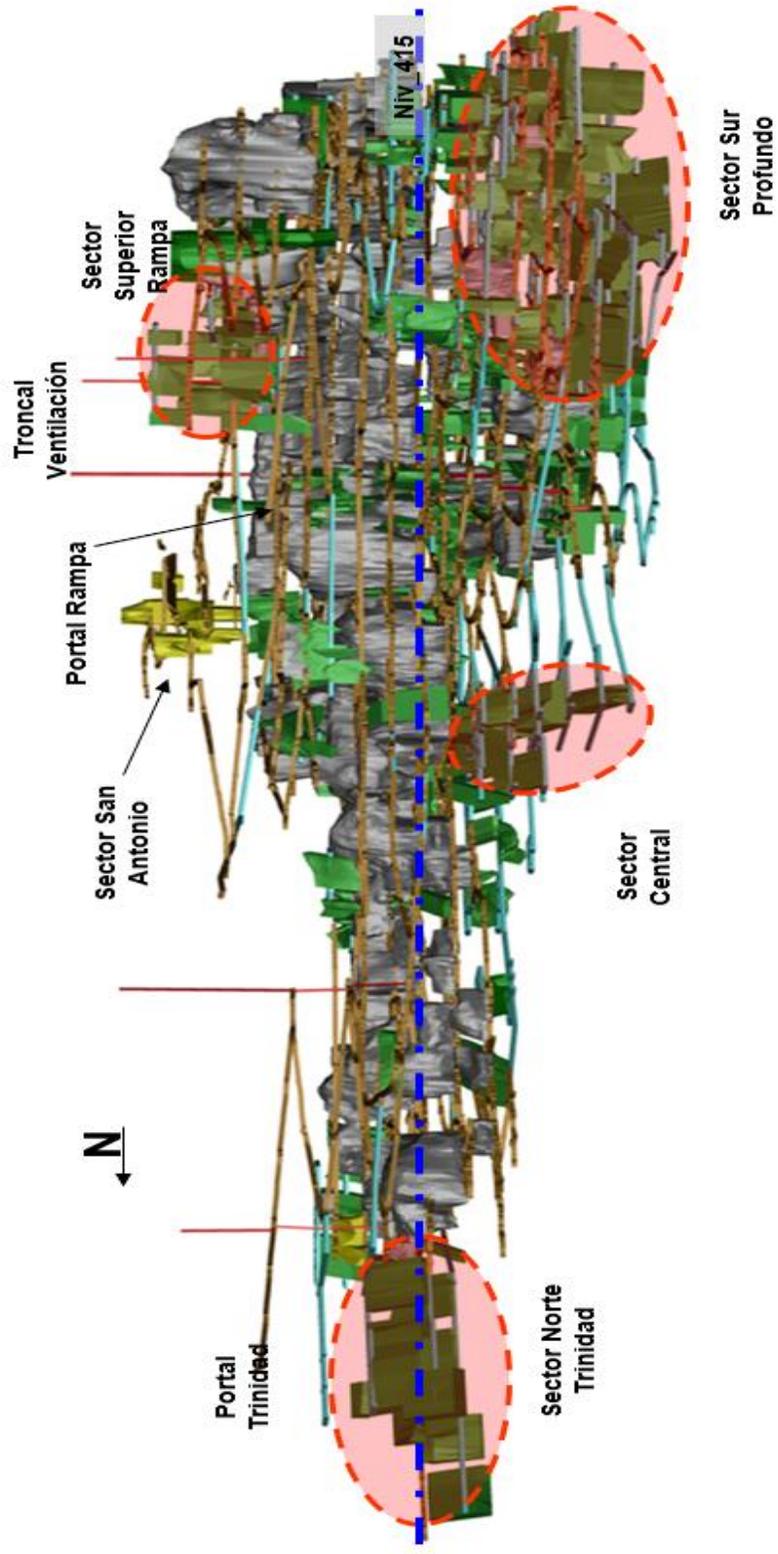
Se compone de tres socavones: Rampa, Trinidad y San Antonio, a la fecha lleva más de 200 km. construidos con sección de 5.5 m de altura x 5.0 m de ancho; pendiente 12%. Troncal de ventilación, piques de 385 m. 6 m. de diámetro.

**Ilustración 2: Referencia tamaño camión extracción y túnel MPC.**



Fuente: Documento interno MPC

Ilustración 3: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MPC.

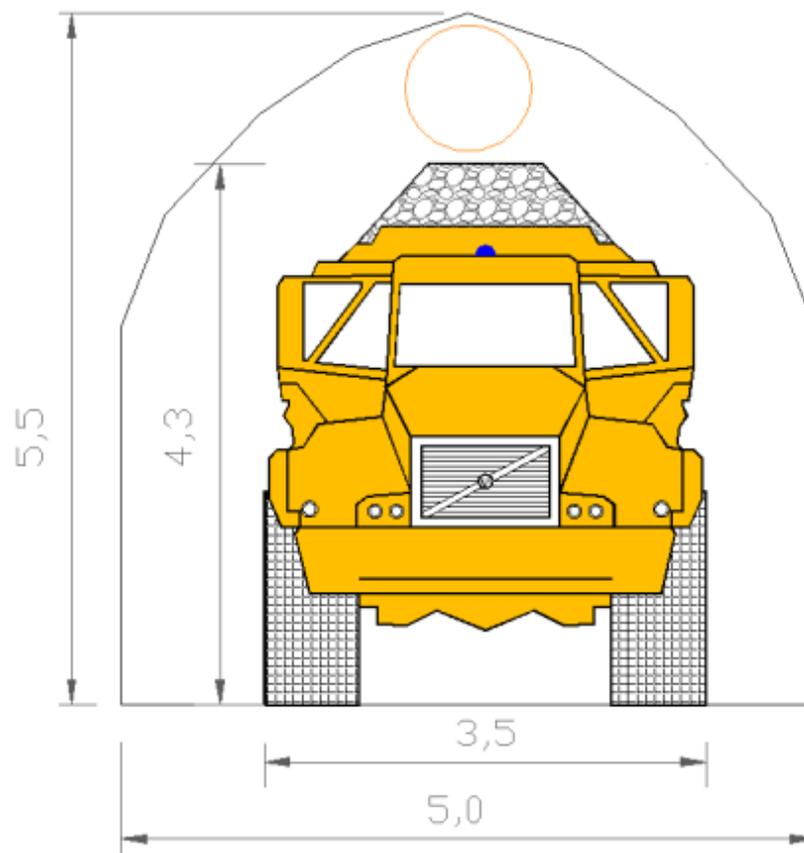


Fuente: Documento interno MPC

### 2.3 MINA MANTO COBRE (MMC)

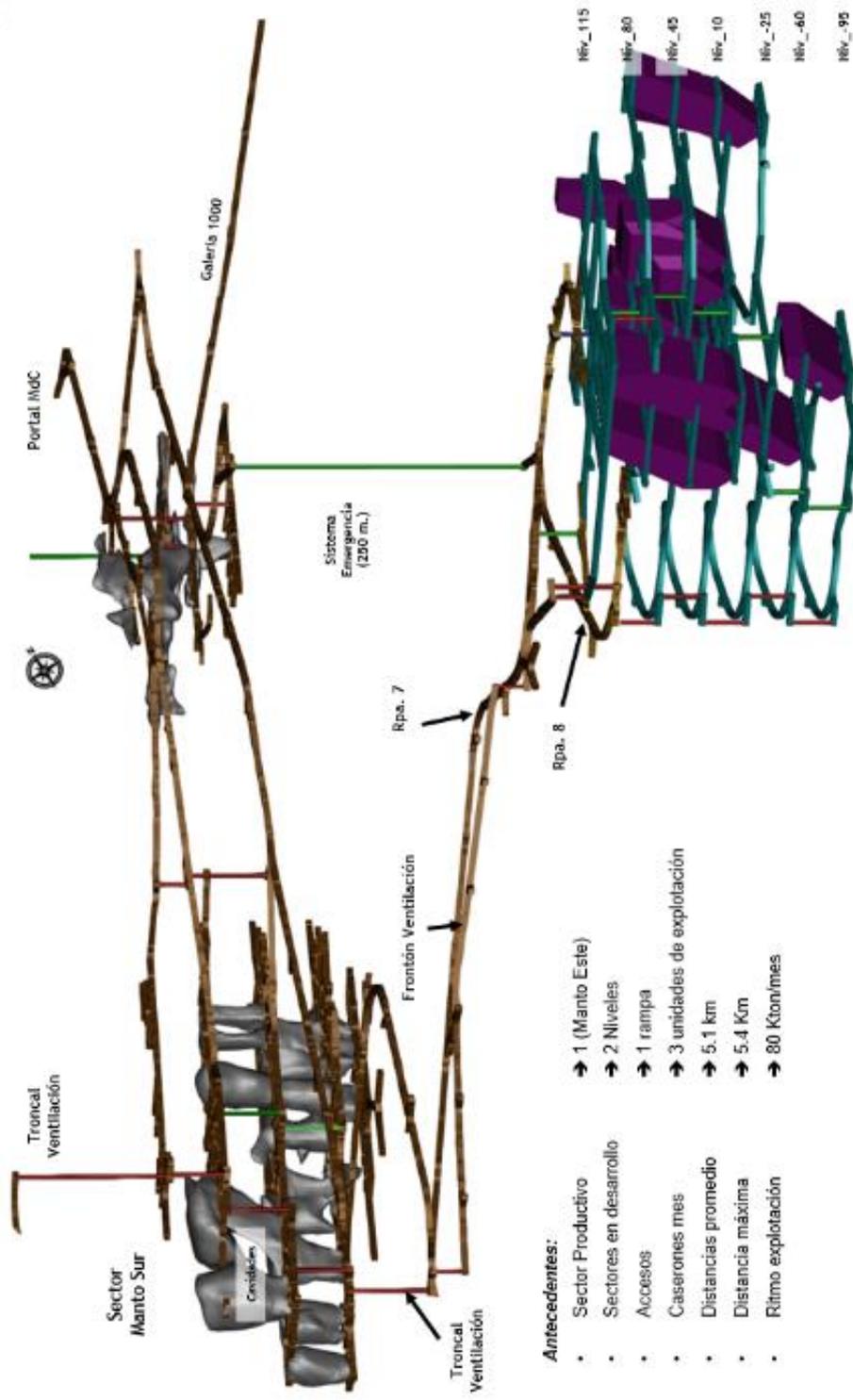
Se compone por un socavón de acceso, más de 40 km. construidos, con sección de 5.5 m. de altura y 5 m. de ancho; pendiente al 12%. Troncal de ventilación, piques de 130 m con 3 m. de diámetro.

**Ilustración 4: Referencia tamaño camión extracción y túnel MMC.**



Fuente: Documento interno MPC

**Ilustración 5: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MMC.**

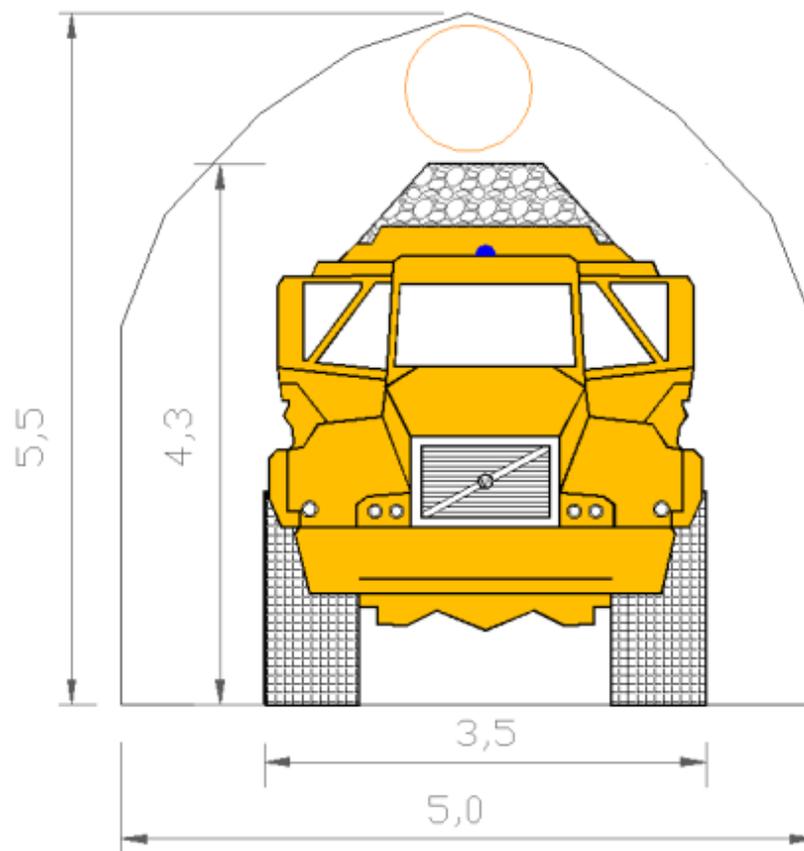


Fuente: Documento interno MPC

## 2.4 MINA GRANATE (MGR)

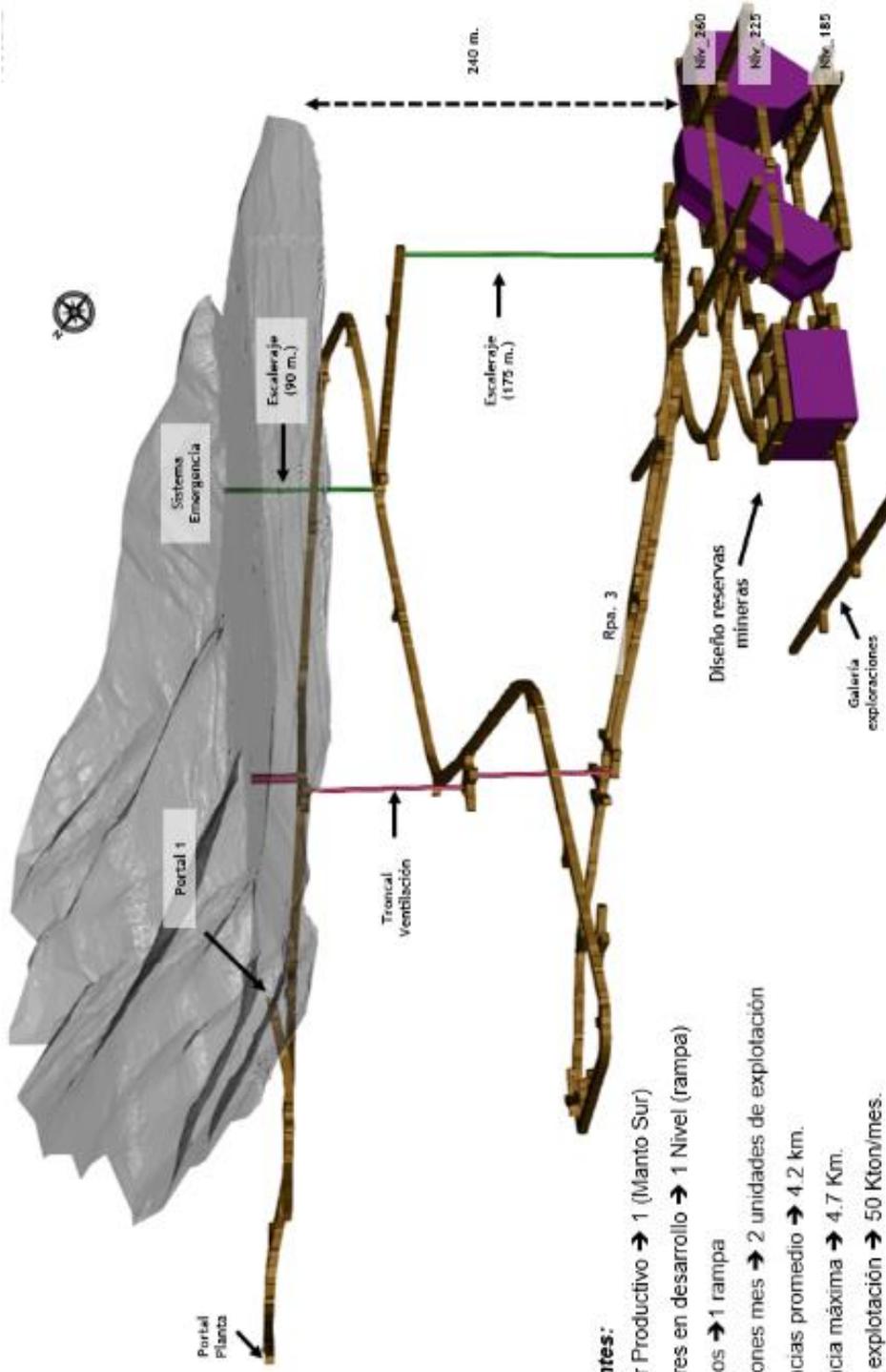
Se compone por un socavón de acceso con más de 15 km. construidos con sección de 5.5 m de altura y 5 m de ancho; pendiente al 12%. Troncal de ventilación, piques de 100 m y 3 m de diámetro.

**Ilustración 6: Referencia tamaño camión extracción y túnel MMC.**



Fuente: Documento interno MPC

**Ilustración 7: Esquema CAD, túneles, troncales de ventilación y niveles MGR.**



**Antecedentes:**

- Sector Productivo → 1 (Manto Sur)
- Sectores en desarrollo → 1 Nivel (rampa)
- Accesos → 1 rampa
- Caserones mes → 2 unidades de explotación
- Distancias promedio → 4.2 km.
- Distancia máxima → 4.7 Km.
- Ritmo explotación → 50 Kton/mes.

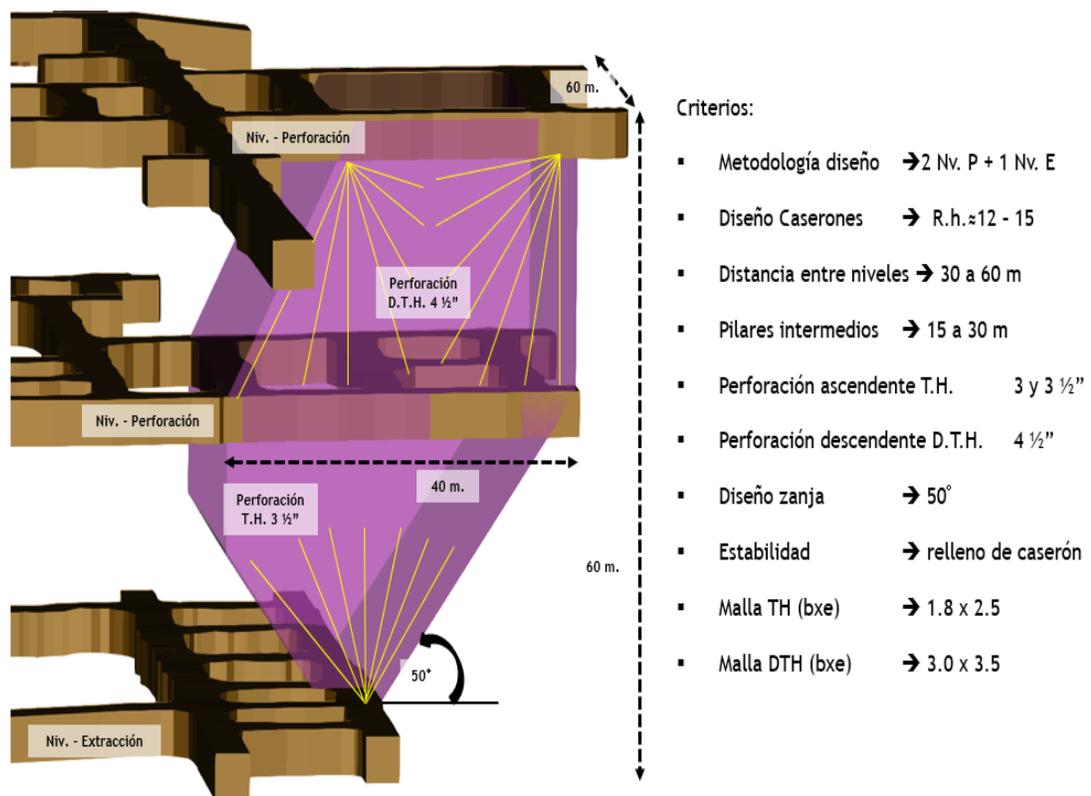
Fuente: Documento interno MPC

## 2.5 METODO DE EXPLOTACION SUB – LEVEL STOPING

Este método consiste en generar caserones en el cuerpo mineralizado aptos para el laboreo y arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación, mediante disparos efectuados en planos verticales con tiros radiales.

En este método, el arranque del mineral se realiza a partir de subniveles distantes 30 metros entre sí. En ellos y dentro del cuerpo mineralizado, se construye un conjunto de galerías destinadas a la perforación, extracción y transporte del mineral.

**Ilustración 8: Referencial método Explotación sub - Level Stopping.**



Fuente: Documento interno MPC

## **2.6 Suministro De La Energía Eléctrica.**

La red eléctrica de interior Mina Punta del Cobre se destaca por ser un sistema que se encuentra constantemente en movimiento; máquinas y equipos de distribución de energía rara vez son fijos, sumando o eliminando unidades de acuerdo con las solicitudes operativas de cada período. Si bien, el principal cliente del área eléctrica es el área de desarrollo, ellos no representan el mayor consumo eléctrico de manera directa, ya que, los consumos de los equipos electrohidráulicos no figuran una gran relevancia con respecto del total que registra el medidor principal. Los consumos más altos que se registran provienen del funcionamiento de la ventilación principal y secundaria, que se considerará como parte integral del área de Desarrollo por su gran importancia para las actividades por motivos de seguridad y disposiciones legales.

La empresa Generadora Guacolda inyecta la energía eléctrica generada a través de líneas transmisoras de 220 KV, que viajan por el tramo Maitencillo-Cardones, al llegar al sector de Cardones, considerado Nudo Principal, donde se encuentra la subestación con el mismo nombre (154 KV) y una central generadora en base a petróleo Diesel con una capacidad de generación de 154 MW.

A partir de este nudo principal, una línea transmisora de 110 KV conecta el tramo Cardones-Estructura 2 Los Lirios hasta llegar a la subestación Tierra Amarilla (110 KV). Finalmente, la Subestación Tierra Amarilla distribuye la energía a mina Punta del Cobre, disminuyendo su tensión hasta 23 KV.

Ahora, la energía ingresa a la línea propiamente tal de la empresa, donde se encuentran subestaciones reductoras ubicadas en superficie, las que reducen la tensión a 4160 volts para ser redistribuida por medio de una red de media tensión al interior de la mina. Posteriormente se reduce la tensión a 400 volts para alimentar equipos electrohidráulicos, iluminación de escaleras, refugios, entre otros. Para esto, se cuenta con subestaciones interiores portátiles, tableros generales de fuerza y tableros de distribución de fuerza, donde se conectan los equipos. La línea principal cuenta con un reconector automático

que es accionado para interrumpir el paso de energía al momento de realizar mantenencias programadas en las líneas.

### **Ilustración 9: Sub estación 1000 KVA punta del cobre.**



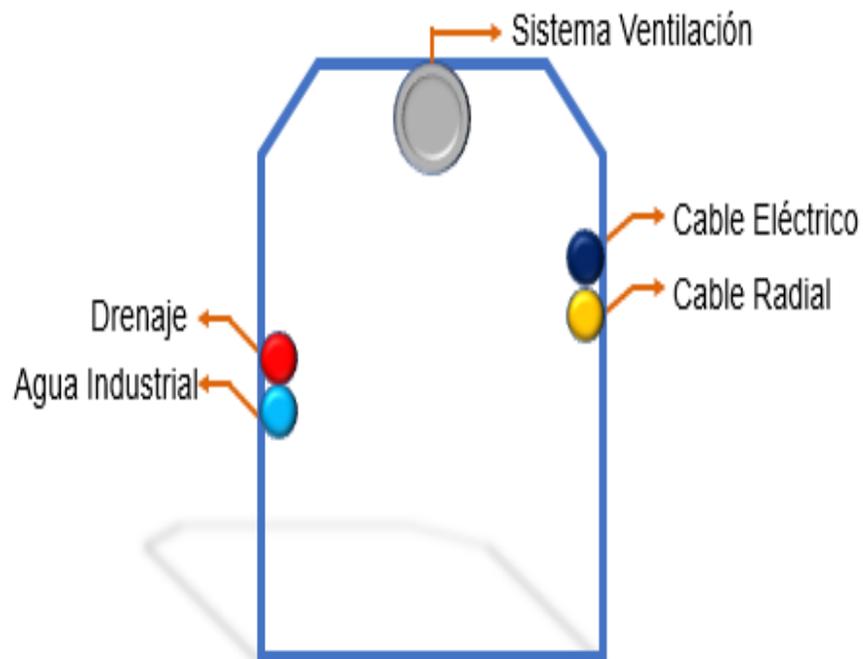
Fuente: Minera Punta del Cobre

#### **2.6.1 Conexiones Internas.**

El principal cliente del área eléctrica, es el área de Desarrollo, cuyas actividades se realizan en interior mina, por lo que, se considera de alta relevancia contar con el servicio de manera expedita y permanente para evitar pérdidas operacionales. Las principales actividades del área incluyen la alimentación y mantención de subestaciones, ventiladores, bombas, estaciones de drenaje, iluminación de sistemas de emergencia, instalación y cambio de tableros generales de fuerza, de distribución de fuerza, bancos de condensadores, mantención de mallas a tierra, impactos en conductores de redes de media y baja tensión en interior mina. Además de labores en general como mantención de red de baja y media tensión en superficie, instalaciones interiores en oficinas y campamento.

Cada línea eléctrica nueva, se conecta en laterales de los túneles y los responsables en realizar estas conexiones son mantenedores eléctricos llamados eléctricos de alta, esta denominación viene referida al alto nivel de voltaje eléctrico con que trabajan, entre 360 volt mínimo y 400 volt.

**Ilustración 10: Ubicación de redes de servicio en túnel interior mina.**



Fuente: Documento interno MPC

Para realizar estas conexiones se utilizan distintas herramientas, accesorios y equipos los cuales favorecen la manipulación y traslado del cable utilizado.

Dentro de los equipos utilizados existen dos cargadores frontales los cuales colaboran con el traslado del cable, el izaje de personal y acopio de materias primas para esta área.

El cargador frontal utilizado es un Caterpillar 962L que posee un adaptador multifuncional (acoplador fusión). Acople deshabilita en este caso de sus funciones normales al cargador,

dentro de los accesorios que poseen los mantenedores eléctricos existe un canastillo alza hombre, el cual, es utilizado para elevar a mantenedores y alcanzar altura del túnel y con ello colgar cable para nuevas conexiones.

**Ilustración 11: Canastillo Alza Hombre.**



Fuente: Archivos internos Zepol industrial Ltda.

## **2.7 Área De Mantenimiento Eléctrica**

El área de mantenimiento eléctrica tiene gran relevancia en el desarrollo de este proyecto dado que, es aquí donde nace el origen de la necesidad de creación de un elemento adaptativo que cumpla ciertas funciones y colabore con mejorar la eficiencia productiva y seguridad operacional en MPC, MMC y MGR.

### 2.7.1 Antecedentes Mantenedores Eléctricos

El área eléctrica es la encargada de entregar factibilidad y disponibilidad de la red eléctrica en minas subterráneas Punta del Cobre, Manto de Cobre y Granate, así como también en superficie; oficinas, alumbrado exterior y apoyo a las plantas de tratamiento de concentrados de mineral San José y Bío Cobre.

Dado las distintas aplicaciones mencionadas anteriormente, para elaborar una nueva línea eléctrica en interior mina, era necesario trasvasijar cable XTMU desde un carrete de madera (formato de venta) el cual contiene 354 m. hacia el canastillo alza hombre.

Para tener certeza de obtener los metros específicos a utilizar, amarraban una punta del cable a canastillo acoplado a un cargador frontal CAT 962L; posterior a esto, el cargador avanzaba en reversa estirando de manera lineal el cable, hasta obtener los metros necesarios. Una vez obtenido el metraje que en su punto máximo eran 200 m. tres mantenedores realizaban la carga manual del cable en canastillo alza hombre.

#### **Ilustración 12: Sub Estación Interior Mina Y Fabricación De Mufa Eléctrica.**



Fuente: Documentos Internos Pucobre.

Este elocuente tipo de operación se realizaba en superficie, con un suelo de tierra nivelado y posteriormente se trasladaba al interior mina, donde las condiciones del terreno cambian de manera radical a un suelo más escabroso. Este tipo de labor causaba cansancio prematuro de los mantenedores, durante las jornadas laborales, además de los riesgos existentes en el traslado y manejo del cable como:

- Atrapamientos.
- Golpeados por o contra.
- Sobreesfuerzo.
- Electrocutación
- Proyección de partículas.
- Aprisionamiento con.
- Caída mismo y distinto nivel.

Debido a las diferentes condiciones de suelo, peso del cable y los movimientos repetitivos en el transcurso de la operación, Minera Punta del Cobre busca dar solución y mejora para sus trabajadores y tiempos operacionales, ya que, el trasvasije desde el carrete de madera hasta el canastillo era bastante demoroso y riesgoso para sus trabajadores. En esta búsqueda de mejora, se barajan distintas opciones disponibles en el mercado nacional, sin obtener buenos resultados dada las dimensiones internas de la mina y los requisitos solicitados, luego se contacta con Zepol Industrial Ltda., empresa ligada al rubro metalmecánico y quien se encarga de desarrollar el proyecto.

### **Ilustración 13: Cable cargado en canastillo.**



Fuente: fotografía tomada en taller mantención eléctrica.

## **2.8 ZEPOL INDUSTRIAL LIMITADA.**

ZEPOL la empresa que desarrolló el proyecto, es una empresa ubicada en Cuesta Cardones, Copiapó en la Región de Atacama, dedicada al diseño, fabricación, reparación y comercialización de componentes, con más de 25 años de experiencia en el rubro minero.

**Misión:** Entregar servicio integral satisfaciendo las expectativas de nuestros clientes, con seguridad, calidad y eficiencia, adaptándose tecnológicamente a las crecientes necesidades del mercado.

**Visión:** Aumentar la participación de mercado en el área de las importaciones industriales de forma integral, además de ser reconocidos por la capacidad de gestión y eficiencia en los proyectos.

**Política de Calidad:** Nuestros compromisos son entregar un servicio integral satisfaciendo todos los requisitos aplicables; las expectativas y necesidades de los clientes, realizando sus labores con seguridad, calidad y eficiencia.

**Ilustración 14: Vista Aérea Zepol Industrial Ltda.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda.

## **CAPITULO III**

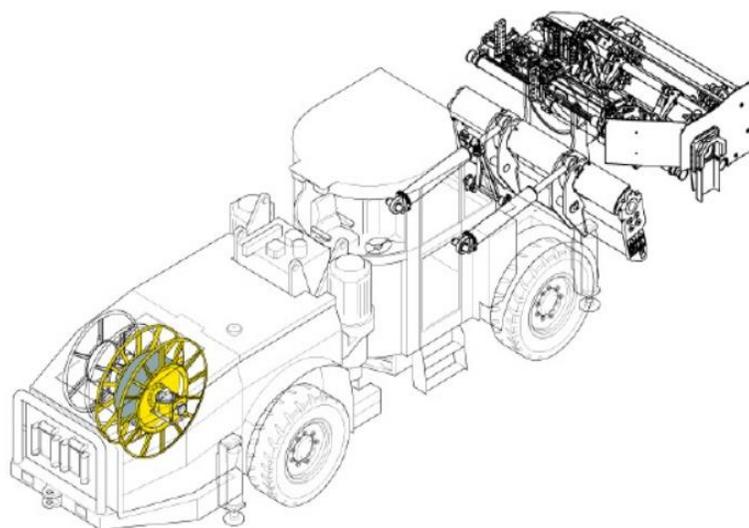
### **HERRAMIENTAS Y PROPUESTA PARA FABRICACION**

#### **3.1 RAÍZ DEL DISEÑO.**

Para el diseño se toman en cuenta las necesidades principales requeridas por mantenedores eléctricos, y en esta búsqueda de cumplir con la obligación de entregar un producto de calidad y eficiencia de acuerdo con los estándares requeridos; el diseño comienza con dibujos a mano alzada basados en carretes ya existentes y que trabajan con cables de similares características como los utilizados en equipos electrohidráulicos.

En el rubro minero del tipo subterránea existe una amplia variedad de equipos de perforación como Jumbo, Boltec, Simba, los cuales son fundamental en el método de explotación Sub - Level Stopping, estos equipos en su parte posterior cuentan con un carrete, el cual, lleva un cable eléctrico XTMU/EVA 2.5 x 350, dicho cable proporciona energía eléctrica suficiente para alimentar tableros, bombas, grupo de motores etc.

**Ilustración 15: Carrete Simba M4C.**

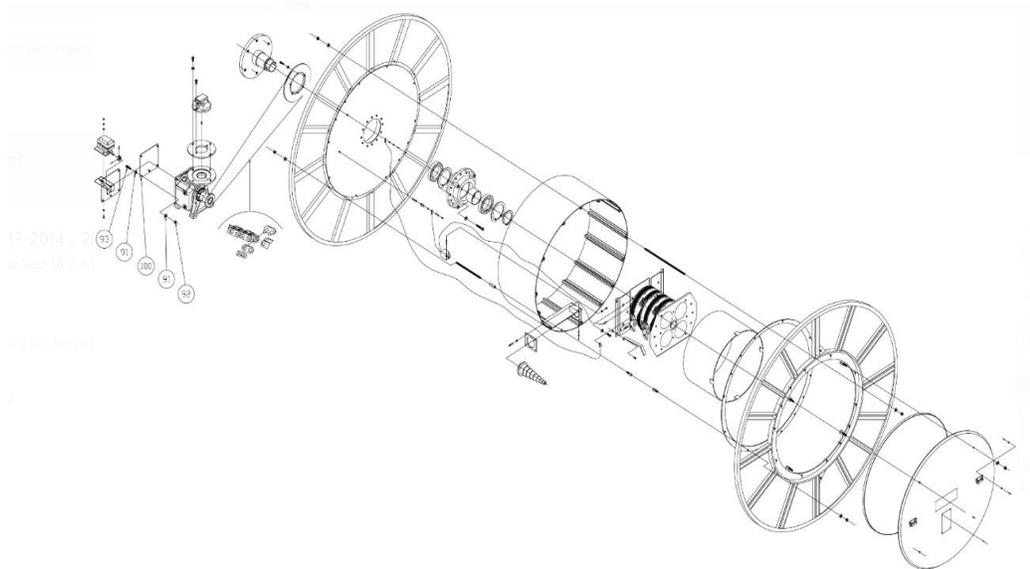


Fuente: Manual De Partes Simba M4C Atlas Copco.

Dentro de las características mencionadas en el equipo existen ciertos parámetros de regulación para el manejo seguro del cable, como la velocidad de giro del carrete para enrollado 10 y 12 vueltas por minuto y para desenrollado entre 5 y 6 vueltas por minuto. Tomando en cuenta que la particularidad del cable utilizado en equipos electro hidráulicos es muy similar al que utilizaremos para el área de mantenedores eléctricos, podemos utilizarlo como ejemplo para desarrollar nuestro proyecto.

Cabe mencionar la existencia de una gran desventaja si tratamos de replicar el modelo, dado que, el componente presente en los equipos electrohidráulicos trabaja con un circuito de alta complejidad, el cual, provee una amplia variedad de señales para que con ello funcionen o se activen, electroválvulas, regulador de presión, regulador de caudal, colector interno, motores, bombas hidráulicas etc., hasta llegar a la cadena de transmisión final del carrete.

**Ilustración 16: Desglose Carrete Simba M4c.**



Fuente: Manual de Partes Simba M4C Atlas Copco.

### 3.1.1 Búsqueda y comparación.

Si bien, dentro del mercado nacional e internacional existen modelos de enrolla cables variados, no existe alguno como el fabricado, debido a que los existentes son utilizados en mineras de rajo abierto, las cuales, no mantienen restricciones severas al uso en el espacio desplazable (dimensiones entorno).

**Ilustración 16.1: Modelos Comerciales De Enrolla Cable.**



Fuente: FMA

La intervención existente en equipos que mantienen implementado un sistema similar conlleva a realizar modificaciones adicionales a las establecidas por los fabricantes, colocando en tela de juicio los distintos puntos que cubren los protocolos de garantías expuestos por los fabricantes de equipos.

**Ilustración 16.1.2: Conexiones Adicionales En Cargador Frontal**



Fuente: FMA

Para la fabricación de nuestro proyecto, solo se cuenta con las especificaciones y herramientas brindadas por mantenedores eléctricos, tales como, modelo, dimensión del cable y el cargador frontal CAT 962L con acople fusión mencionado anteriormente.

### 3.2 Cargador Frontal CAT 962L.

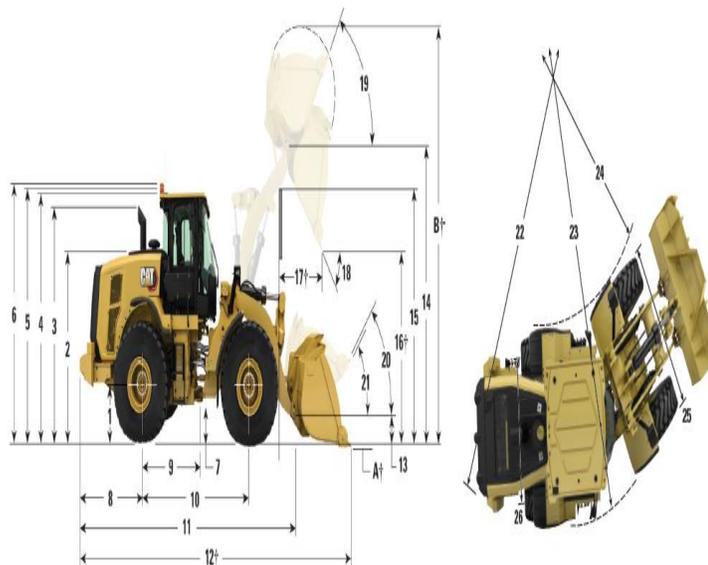
Es un equipo tipo tractor sobre ruedas, el cual, es comúnmente utilizado en construcción para el movimiento de áridos o en minería para el trasiego de sulfuro y estéril mineral.

Al ser un cargador de tamaño mediano lo hace muy versátil, en este caso, para la minería subterránea dado que mina de subsuelo, subterráneas mantienen limitaciones de espacio, se caracterizan por ser de baja altura los túneles.

Dentro de la amplia oferta comercial, existe un área post venta, la cual ofrece una opción llamada “cucharones de la serie performance”.

Esta se basa en una serie de opciones para configurar el uso del cargador frontal, dependiendo y adaptándose a las necesidades de los clientes.

**Ilustración 17: Cargador Frontal 962L.**



**Tabla N 1: Especificación Dimensiones CAT 962L**

Identificación de Dimensiones		Levantamiento estándar
1	Altura hasta la línea central del eje	744 mm
2	Altura hasta la parte superior del capó	2.694 mm
3	Altura hasta la parte superior del tubo de escape	3.412 mm
4	Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	3.443 mm
5	Altura hasta la parte superior de la antena de Product Link	3.474 mm
6	Altura hasta la parte superior de la baliza de advertencia	3.744 mm
7	Espacio libre sobre el suelo	365 mm
8	Desde la línea central del eje trasero al extremo del contrapeso	2.147 mm
9	Desde la línea central del eje trasero hasta el enganche	1.675 mm
10	Distancia entre ejes	3.350 mm
11	Longitud total (sin cucharón)	7.129 mm
12	Longitud de embarque (con cucharón nivelado sobre el suelo) *†	8.489 mm
13	Altura del pasador de articulación en altura de acarreo	642 mm
14	Altura del pasador de articulación en levantamiento máximo	4.182 mm
15	Espacio libre del brazo de levantamiento en levantamiento máximo	3.624 mm
16	Espacio libre de descarga en levantamiento máximo y descarga a 45°*†	3.007 mm
17	Alcance en levantamiento máximo y descarga a 45°*†	1.299 mm
18	Ángulo de descarga en levantamiento máximo y descarga (en los topes) *	52°
19	Inclinación hacia atrás a la altura máxima de levantamiento*	60°
20	Inclinación hacia atrás en altura de acarreo*	49°
21	Inclinación hacia atrás en tierra*	40°
22	Radio de giro al contrapeso	6.024 mm
23	Radio de giro fuera de los neumáticos	5.984 mm
24	Radio de giro dentro de los neumáticos	3.218 mm
25	Ancho sobre los neumáticos (descargado)	2.821 mm
26	Ancho sobre los neumáticos (cargado)	2.824 mm
27	Ancho de la banda de rodadura	2.140 mm

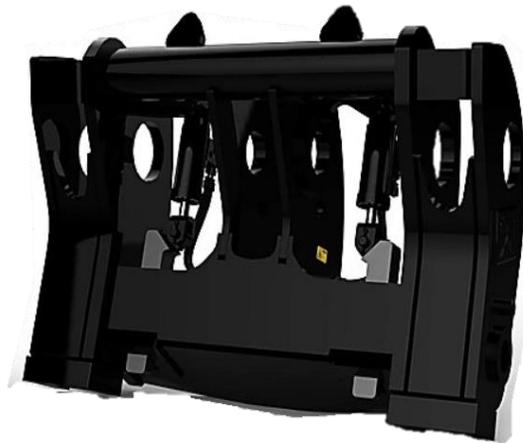
Fuente: Caterpillar 962L

### 3.2.1 Acoplador Fusión para Cargador Frontal.

El acoplador fusión, es un accesorio de venta exclusiva para ciertos modelos de cargadores, el cual, trabaja con la tercera función hidráulica del equipo descrito anteriormente, brinda mayor versatilidad y productividad al cargador frontal, utilizando el mismo método de conexión con pasadores estándar, este ofrece ajustes sólidos y de gran durabilidad. Dentro de las características de este accesorio están:

- Permite el cambio de los distintos implementos directamente de desde cabina en cosa de segundos.
- Facilidad de uso colaborando incluso con operadores menos experimentados.
- Amplifica el uso estándar de solo excavar y proporciona opciones como elevación, acarreo, barrido, apilamiento, etc.
- Mejora la visibilidad del operador al mantener un bastidor abierto, operador mantiene visión clara de la altura que puede mantener sobre el suelo, lo que resulta fundamental para una manipulación de carga rápida y segura de los materiales.
- Ofrece un buen agarre para lograr un rendimiento sin desgaste prematuro.

**Ilustración N 18: Acoplador Fusión CAT.**



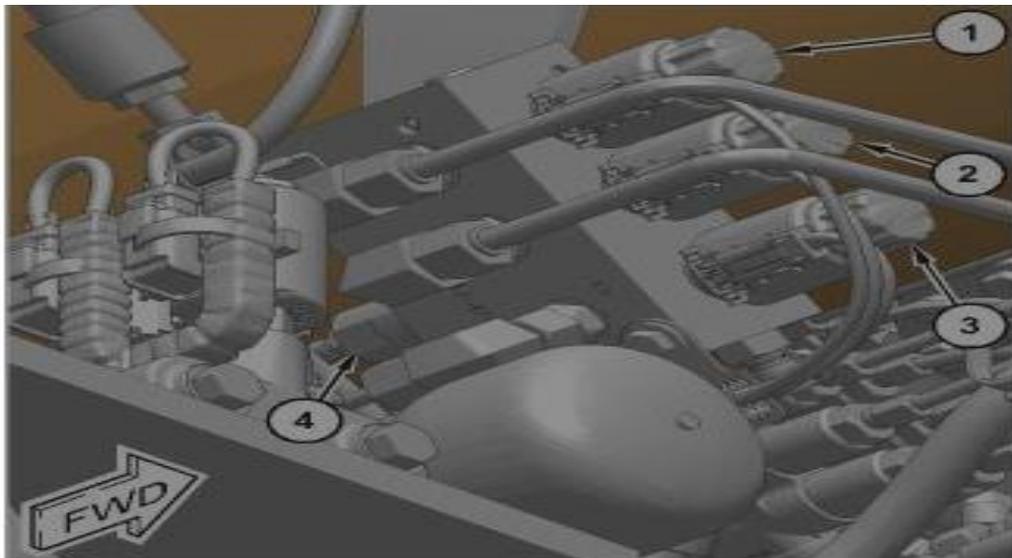
Fuente: Fuente: Caterpillar 962L.

### 3.2.2 Tercera Función, Acoplado Rápido Y Funcionamiento Cargador Frontal.

La tercera función hidráulica viene incorporada en ciertos modelos de maquinaria pesada, la mayor parte se basa en los de tamaño pequeño y medianos. Esta función tiene como objetivos brindar mayor versatilidad al equipo en cuestión, se trata de una conexión extra en la bomba central hidráulica que alimenta el sistema de implementos, esta función es operada desde la cabina con una serie de botones, los cuales, permiten inyectar presión de aceite a distintas conexiones como, por ejemplo: acoplador fusión.

Durante capítulos anteriores se mencionó un cargador frontal específico, el cual, contaba con acoplador fusión, para esta parte del proyecto es fundamental conocer un poco más a fondo ciertas características de cargador CAT 962L, como la presión de bomba hidráulica y la presión de la tercera función.

**Ilustración 19: Ubicación Válvula De Tercera Función.**

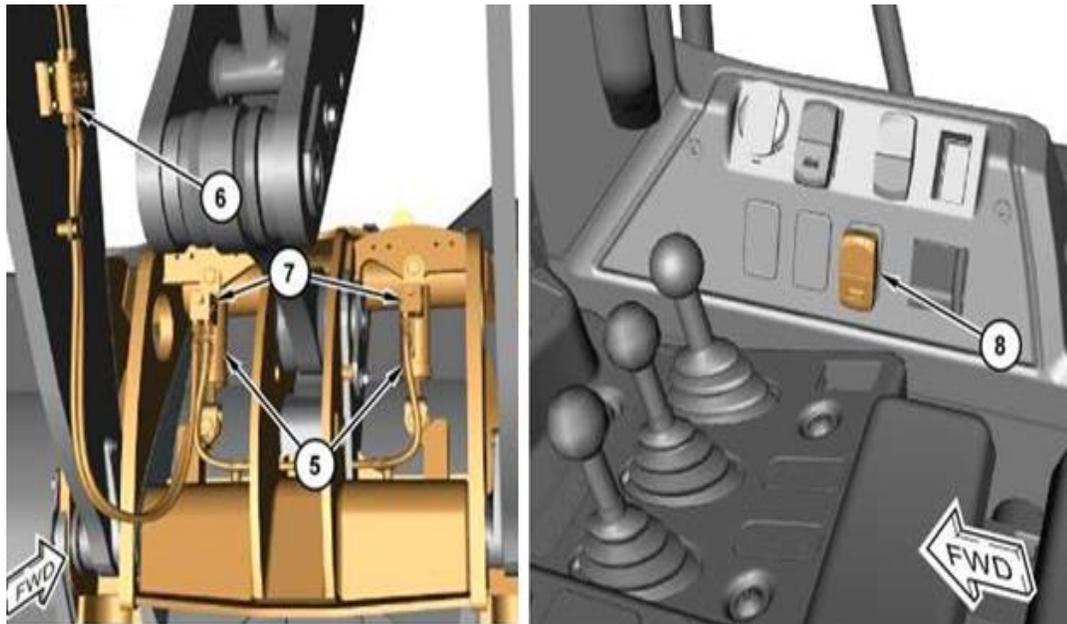


Fuente: Manual de marca Caterpillar.

Ubicación de la válvula del acoplador rápido en la pared izquierda interior del bastidor del extremo que no corresponde al motor y el bastidor cerca del cilindro del freno de estacionamiento.

- (1) Solenoide de detección de carga (activado).
- (2) Solenoide de retracción.
- (3) Solenoide de extensión.
- (4) Válvula de reducción de presión.

### **Ilustración 20: Ubicación De Componentes Acople Rápido.**



Fuente: Manual de marca Caterpillar.

Ubicación de los componentes del acoplador rápido. La vista es desde debajo de la máquina e interior cabina.

- (5) Cilindros del acoplador rápido.
- (6) Válvulas manuales.
- (7) Válvulas de retención.

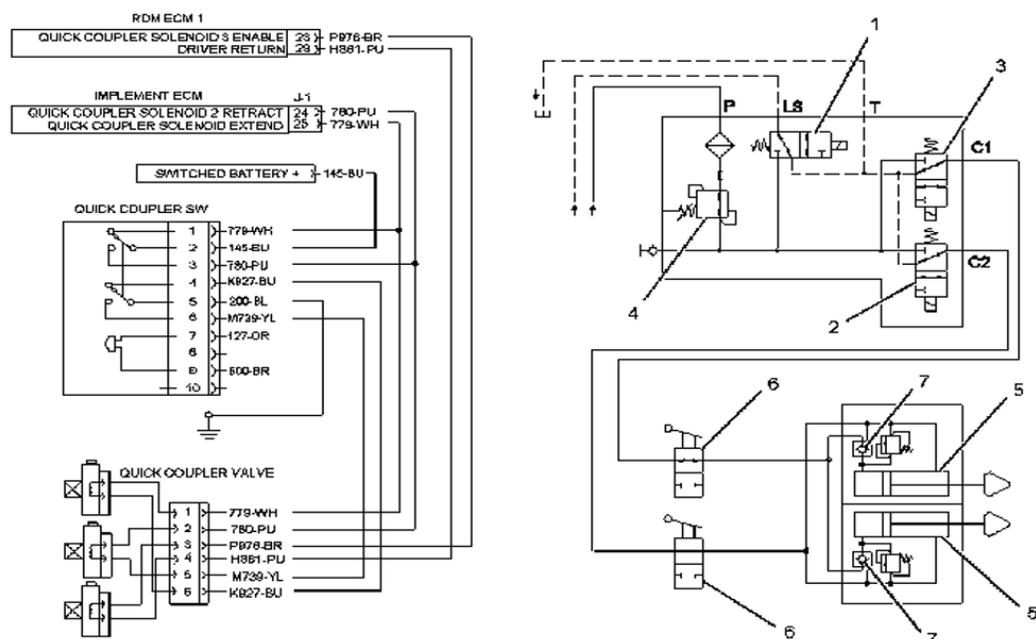
(8) Interruptor del acoplador rápido ubicado en el panel de control del lado derecho del operador.

**Tabla 2: Presión de Tercera Función y Acoplador Rápido.**

<b>Presión del acoplador rápido de los modelos 950L/962L</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>Codigo de identificacion del equipo</b>	
<b>Presión de la bomba</b>	<b>ajuste</b>	<b>Real</b>
Presión del acoplador rápido	15500 ± 700 kPa (2248 ± 100 psi)	

Fuente: Manual de marca Caterpillar.

**Ilustración 21: Esquema Hidráulico Tercera Función.**



Fuente: Manual de marca Caterpillar.

- (1) Solenoide de detección de carga (activado).
- (2) Solenoide de retracción.
- (3) Solenoide de extensión.
- (4) Válvula de reducción de presión.
- (5) Cilindros del acoplador rápido.
- (6) Válvulas manuales.
- (7) Válvulas de retención.

Cuando la máquina está equipada con el sistema de acoplador rápido, el módulo de mando del relé y el ECM del implemento controlan la operación del acoplador rápido.

El módulo de mando del relé y el ECM del implemento utiliza las tres válvulas de solenoide para controlar el sistema. El ECM del implemento vigila la señal a los solenoides de extensión y retracción, que, a su vez, envía una señal al módulo de mando del relé. Este controla la válvula de solenoide de detección de carga.

El solenoide de extensión y el de retracción se controlan mediante un interruptor de 24 V (8). El ECM del implemento lee la señal de 24 V para dirigir el módulo de mando del relé para conectar o no conectar el solenoide de detección de carga.

Sólo se puede cambiar el estado del acoplador rápido cuando el motor esté operando. El ECM no permite que el estado del acoplador cambie rápidamente con el motor desconectado.

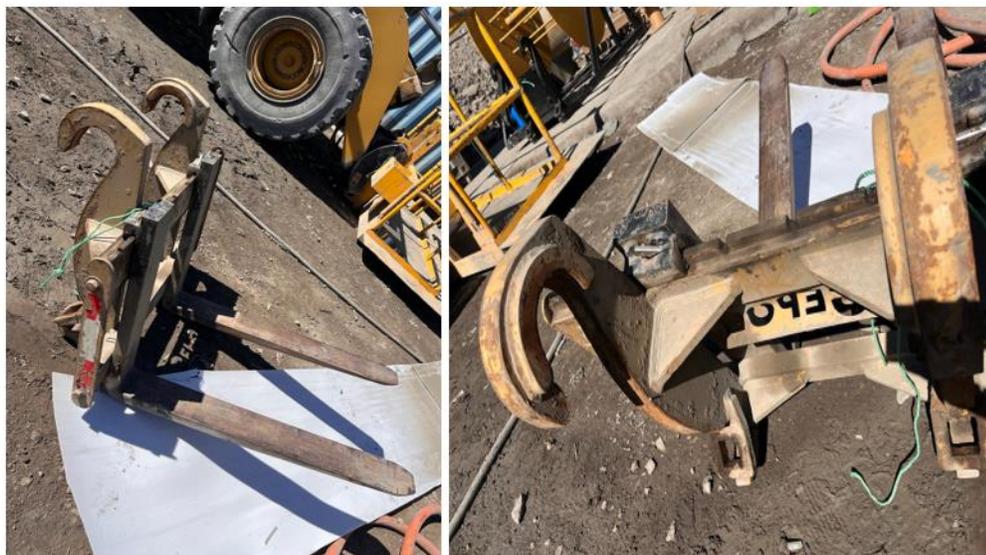
Cuando el acoplador rápido está activado y se presiona el interruptor para conectar el acoplador rápido, emite un sonido durante 3 segundos después de que el solenoide de conexión está energizado por el ECM del implemento. Cuando se presiona el interruptor para desconectar el acoplador rápido, emite un sonido continuo, mientras el acoplador está desconectado. El sonido se desconecta cuando se conecta el acoplador.

El aceite de suministro hidráulico se inyecta a la válvula del acoplador rápido desde la válvula del implemento. El ECM utiliza el solenoide de detección de carga para enviar el suministro de aceite al circuito del acoplador rápido o para bloquear el suministro de aceite desde el circuito.

### **3.2.3 Disponibilidad Operacional Cargadores CAT 962L Mina MPC.**

El área de mantención eléctrica cuenta con dos cargadores CAT 962L, exclusivos del área, ambos equipos cuentan con acoplador fusión, al cual, le conectan un canastillo alza hombre (ilustración N°11) y un juego de horquillas (ilustración N 15) para la elevación y acomodación de componentes. Ambos cargadores dentro de la operación en mina Punta del Cobre, son denominados como equipos de apoyo, ya que, no pertenecen a la línea fuerte de la operación y extracción.

**Ilustración 22: Horquillas de Izaje Mantenedores Eléctricos.**



Fuente: fotografiada taller mantención eléctrica.

### 3.3 Mantenimiento y Disponibilidad de Cargadores 962L

La mantención mecánica es programada por planificadores SIMM (Super Intendencia Mantención Mina) y realizada por los mecánicos en taller PM (Programa Mantención). Estos cargadores son identificados como CF05 y CF06. Los equipos antes mencionados cuentan con una confiabilidad sobre el 90% dada su baja utilización (según información obtenida).

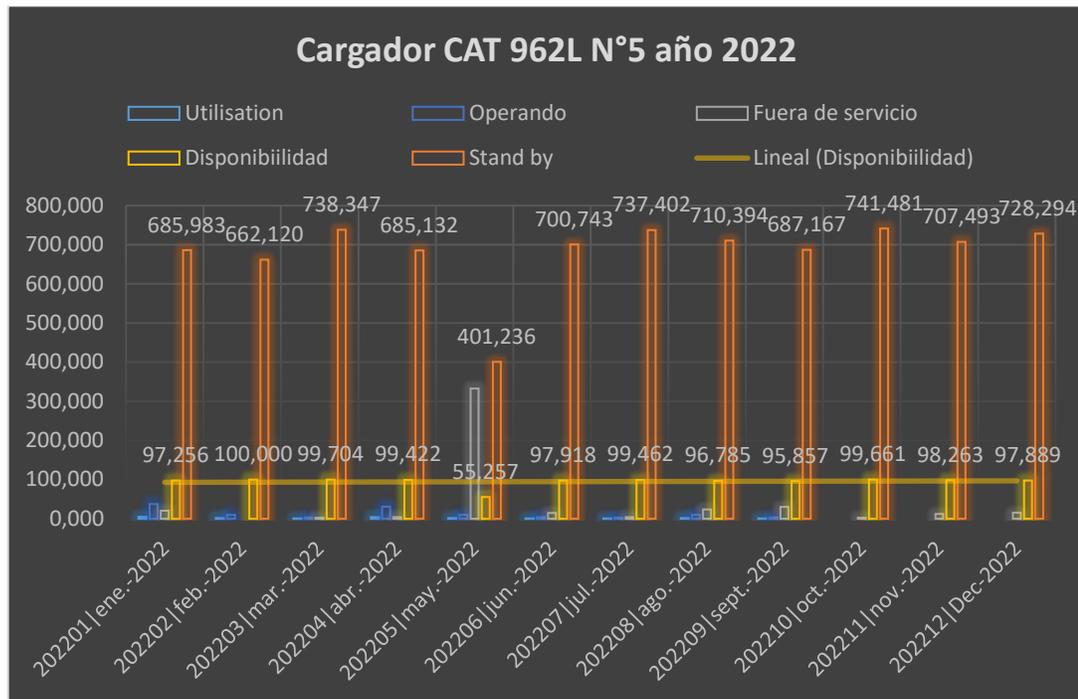
En los siguientes gráficos encontraremos la disponibilidad de ambos equipos, correspondiente al año 2022.

**Tabla 3: Balance Anual Utilización Cf N°05.**

Periodo	Equipo	Operando	Stand by	Fuera de servicio	Disponibilidad	Utilización
202201 ene.-2022	CF-L05	37,6	685,983	20,419	97,256	5,054
202202 feb.-2022	CF-L05	9,88	662,12	0	100	1,47
202203 mar.-2022	CF-L05	3,453	738,347	2,199	99,704	0,464
202204 abr.-2022	CF-L05	30,711	685,132	4,158	99,422	4,265
202205 may.-2022	CF-L05	9,873	401,236	332,891	55,257	1,327
202206 jun.-2022	CF-L05	4,264	700,743	14,993	97,918	0,592
202207 jul.-2022	CF-L05	2,594	737,402	4,004	99,462	0,349
202208 ago.-2022	CF-L05	9,686	710,394	23,921	96,785	1,302
202209 sept.-2022	CF-L05	3,005	687,167	29,828	95,857	0,417
202210 oct.-2022	CF-L05	0	741,481	2,519	99,661	0
202211 nov.-2022	CF-L05	0	707,493	12,507	98,263	0
202212 Dec-2022	CF-L05	0	728,294	15,706	97,889	0

Fuente: indicadores SIMM MPC.

**Ilustración 23: Grafico Disponibilidad Cargador 962 L N°5 Año 2022.**

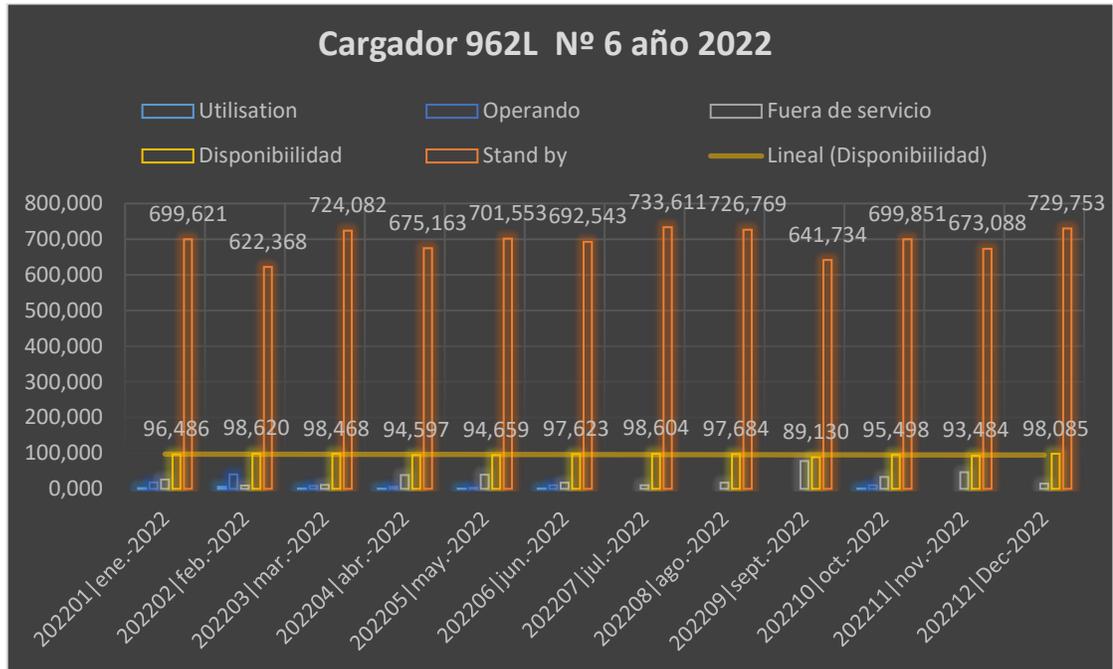


**Tabla 4: Balance Anual Utilización Cf N°06.**

Periodo	Equipo	Operando hrs	Stand by hrs	Fuera de servicio hrs	Disponibilidad %	Utilización
202201   ene.-2022	CF-L06	18,232	699,621	26,147	96,486	2,451
202202   feb.-2022	CF-L06	40,36	622,368	9,273	98,62	6,006
202203   mar.-2022	CF-L06	8,521	724,082	11,397	98,468	1,145
202204   abr.-2022	CF-L06	5,938	675,163	38,901	94,597	0,825
202205   may.-2022	CF-L06	2,709	701,553	39,737	94,659	0,364
202206   jun.-2022	CF-L06	10,344	692,543	17,113	97,623	1,437
202207   jul.-2022	CF-L06	0	733,611	10,389	98,604	0
202208   ago.-2022	CF-L06	0	726,769	17,231	97,684	0
202209   sept.-2022	CF-L06	0	641,734	78,266	89,13	0
202210   oct.-2022	CF-L06	10,656	699,851	33,494	95,498	1,432
202211   nov.-2022	CF-L06	0	673,088	46,912	93,484	0
202212   Dec-2022	CF-L06	0	729,753	14,247	98,085	0

Fuente: indicadores SIMM MPC.

**Ilustración 24: Grafico Disponibilidad Cargador 962 L N°6 Año 2022.**



La baja utilización del cargador genera lucro cesante.

### 3.4 Descripción Específica de Elementos a Utilizar.

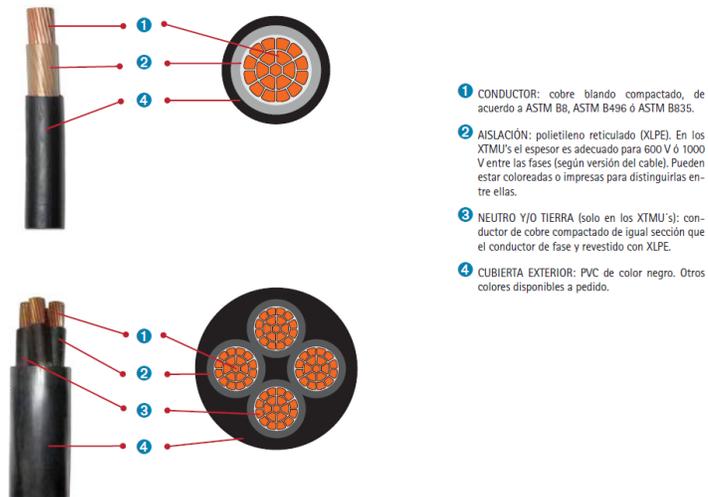
Durante este proyecto se utilizaron distintos elementos y herramientas específicas brindados por la Compañía Minera para la realización del mismo, con ello cumplir a cabalidad con la necesidad que presentaban.

#### 3.4.1 Cable A Utilizar XTMU.

XTMU es un cable semi rígido multi - conductor el cual posee ciertas características como: resistencia al agua, resistencia a la intemperie, alta resistencia a impactos y retardante a las llamas.

El utilizado en el área de mantenedores eléctricos específicamente es el XTMU/EVA 0. /1Kv 3 x 350 +1x2/0 AWG, el cual, cuenta con una característica importante para el desarrollo del proyecto y este es el peso por metro del mencionado cable 6.356 kg/km.

### Ilustración 25: Interior De Cable XTMU



Fuente: catalogo especificación de “General Cables Cocesa”

**Tabla 5: Especificaciones Cable Según Catálogo.**

XTMU 1 kV - 3 FASES									
Calibre AWG/kcmil	Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro del conductor aprox. mm	Espesor aislación mm	Diámetro exterior aprox. mm	Peso total aprox. kg/km	Resistencia máx. a 20 °C CC Ω/km	Capacidad de corriente A		
							Ducto enterrado (1) Temp. amb. 20 °C	Direct. enterrado (2) Temp. amb. 20 °C	Aire libre (3) Temp. amb. 40 °C
14	2,08	1,9	0,7	11,4	183	8,61	27	35	26
12	3,31	2,3	0,7	12,3	233	5,43	36	46	35
10	5,26	2,9	0,7	13,7	312	3,41	46	59	45
8	8,37	3,5	0,7	15,0	423	2,14	59	83	59
6	13,3	4,3	0,7	16,9	596	1,35	78	106	79
4	21,2	5,5	0,9	20,5	911	0,846	102	137	104
2	33,6	6,9	0,9	23,7	1.338	0,531	133	178	138
1	42,4	7,7	1,0	26,0	1.648	0,423	154	201	161
1/0	53,5	8,6	1,0	28,1	2.016	0,335	177	229	186
2/0	67,4	9,7	1,1	31,2	2.512	0,266	202	260	215
3/0	85,0	10,8	1,1	34,0	3.097	0,211	231	297	249
4/0	107	12,1	1,2	37,7	3.876	0,167	264	335	287
250	127	13,2	1,2	40,4	4.533	0,141	292	367	320
350	177	15,5	1,6	47,9	6.356	0,101	354	442	394
500	253	18,7	1,7	56,3	8.927	0,0708	429	531	487
750	380	22,9	2,0	68,0	13.264	0,0472	529	648	615

Fuente: catalogo especificación de “General Cables Cocesa”

### **3.5 Definición del Diseño.**

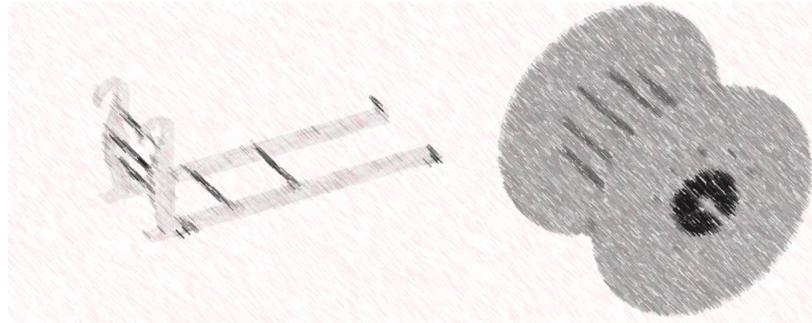
El diseño del carrete enrolla cable se desarrolla bajo ciertos parámetros dimensionales específicos, tales como:

- Compatibilidad con acople de cargador.
- Compatibilidad con presión de 3ra función cargador.
- Alta visibilidad para el operador del cargador.
- Dimensiones finales, se deben mantener dentro de un rango que fuese compatible con la estructura de los túneles interior mina.
- Cantidad de cable a enrollar 200 m.
- Peso total del cable 1400 kg.
- Peso total de la estructura y cable no puede superar 4.3 Tn
- De operación sencilla y eficiente.
- Memoria de cálculo.
- Certificación.

#### **3.5.1 Primeros Bosquejos.**

Tomando en cuenta cada uno de los requerimientos solicitados por área de mantención eléctrica, fue necesario iniciar con diseños a mano alzada, conservando el sistema de acople en cargador, definiendo un diseño, en que modalidad sería el ensamble y el diseño final de la estructura general.

### **Ilustración 26: Primeros Bosquejos Mano Alzada Diseño.**



Fuente: Zepol industrial Ltda.

Una vez definido los primeros bosquejos, comienza el análisis de funcionamiento mecánico, planteando distintos escenarios de accionamiento rotatorio que se asemejaran lo mayor posible al funcionamiento del carrete en simba m4c. Dentro de las decisiones se opta por utilizar un eje central, el cual, daría soporte a dos ruedas laterales con diámetros exteriores específicos y un largo de eje interno determinado, esto nos brindara el dimensionado interior del carrete.

Luego, pasamos a definir el diámetro interno del carrete, este nos dará la pauta para un posible inicio de enrollado del cable. En lo que en primera instancia se pensó utilizar una plancha curvada de forma de tubular, se desiste y se opta por armar una estructura cilíndrica compuesto de barras de acero macizas, las cuales, darán distintas opciones de sujeción al cable.

En cuanto a la estructura base se opta por un diseño tipo prisma triangular con base cuadrada y dimensiones acotadas, según especificaciones de túneles en interior mina.

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO Y FABRICACION**

#### **4.1 Diseño 3D**

La aprobación del bosquejo fue fundamental para el comienzo de la creación del proyecto, dada las limitaciones que mantiene el interior de la mina, en este punto comienzan los diseños tridimensionales, definición de materiales a utilizar que brinden resistencia estructural al peso del cable y acople con cargador frontal mencionado anteriormente. Para ello se realizan distintas pruebas en software “AutoCAD” y “Space Claim Ansys” con el fin de asegurar las distintas cargas que recibirá la estructura final, esto se realiza con un análisis de elementos finitos.

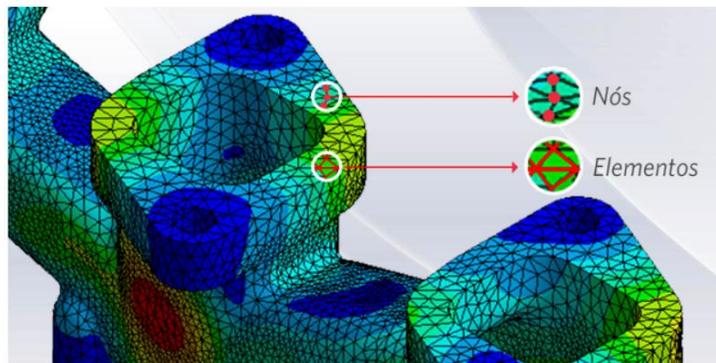
##### **4.1.1 Análisis de Elementos Finitos.**

El análisis de elementos finitos (FEA) consiste en el modelado de productos y sistemas en un entorno virtual, con el objetivo de encontrar y resolver posibles problemas estructurales o de rendimiento (o problemas ya existentes). El FEA es la aplicación práctica del método de elementos finitos (FEM), que utilizan los ingenieros y científicos para modelar matemáticamente y resolver numéricamente complejos problemas estructurales, de fluidos y multifísica. El software de FEA se puede utilizar en una amplia gama de sectores, pero habitualmente se emplea en el sector de la aeronáutica, la biomecánica y la automoción.

Un modelo de elementos finitos (FE) consta de un sistema de puntos, denominados "nodos", que dibujan la forma del diseño. Conectados a estos nodos se encuentran los propios elementos finitos, que conforman la malla de elementos finitos y que contienen las propiedades estructurales y de material del modelo que definen cómo responderá este ante determinadas condiciones. La densidad de la malla de elementos finitos puede variar a lo largo del material, en función del cambio anticipado en los niveles de tensión de un área determinada. Las regiones que experimentan cambios importantes en la tensión

suelen requerir una densidad de malla más elevada que aquellas que experimentan pocas variaciones en la tensión o incluso ninguna. Entre los puntos de interés se encuentran los puntos de fractura de un material probado previamente, las curvas, las esquinas, los detalles complejos y las áreas de tensión elevada, (Siemens, 2022).

### **Ilustración 27: Elementos y Nodos, Análisis Elementos Finitos.**



Fuente: ESS.CO, 2023.

#### **4.2. Insumos Utilizados En Fabricación.**

Los materiales de construcción son seleccionados de manera minuciosa con base a la experiencia brindada por Zepol Industrial Ltda. En fabricación de estructuras metálicas de alta resistencia, sin embargo, se solicita la colaboración de una empresa externa, la cual, nos brindará la memoria de cálculo y certificación estructural de nuestro enrolla cable.

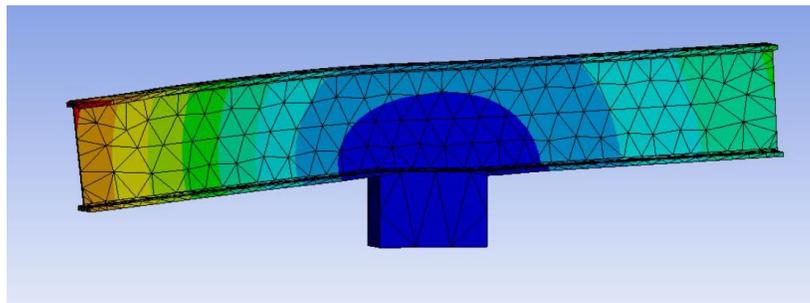
Como materiales de construcción se eligen distintos aceros como:

- **Planchas astm A36:** Corresponde a un acero estructural, de buenas soldabilidad para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas y atornilladas, base columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles, el cual de acuerdo a su composición química está compuesto por un máximo de 25% de carbono, un 0.08 de manganeso, fósforo máximo de 0.04%, sulfuro, 0.05%, silicio 0.40 máximo y

cobre un mínimo de 0.2%, estas características del acero nos brindan una excelente resistencia, fuerza y soldabilidad (Otero Industrial).

- AISI – SAE 4340: Acero de baja aleación al cromo níquel molibdeno, posee gran templabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga, se suministra con tratamiento térmico bonificado ( temple y revenido), utilizado en piezas que están sometidas a grandes exigencias de dureza, el cual, de acuerdo a su composición química está compuesto por un máximo de 0.43% de carbono, 0.9% cromo , 2.0 níquel, 0.8 manganeso, 0.3% molibdeno, 0.35% de silicio, 0.009% fosforo, 0.002% de azufre y 0.093% de cobre, estas características lo hacen especial para la fabricación de ejes que se encuentren sometidos a altos esfuerzos dinámicos (Otero Industrial).
- AISI -SAE 1045: Acero de mediano contenido de carbono, utilizado ampliamente en elementos estructurales que requieran mediana resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo. Posee baja soldabilidad, buena maquinabilidad y excelente forjabilidad. El cual de acuerdo a su composición química este compuesto por: 0.50% carbono, 0.90% manganeso, 0.04% fosforo, 0.05% silicio, estas características lo hacen especial para la fabricación de ejes, espárragos, acoplamientos etc. (Otero Industrial).

**Ilustración 28: Prueba De Carga, Análisis De Elementos Finitos En Perfil Metálico A36.**

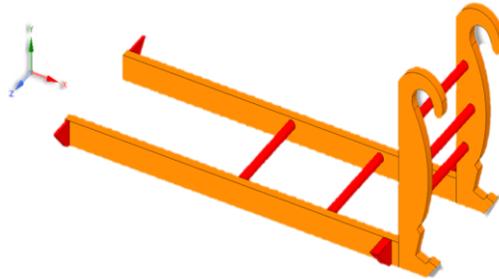


Fuente: Zepol Industrial Ltda. Área diseño y proyección.

### 4.3 Diseño Tridimensional.

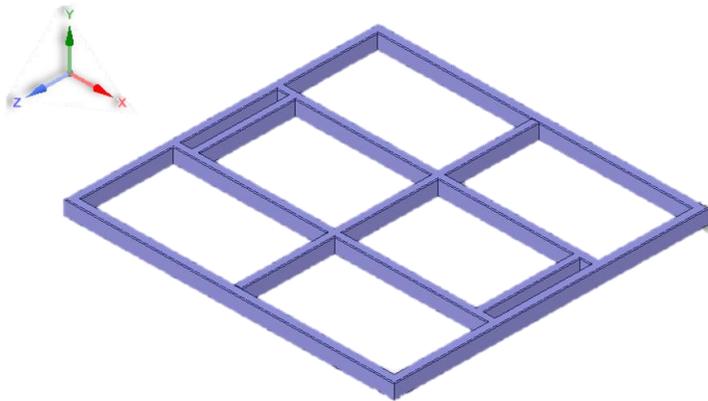
En este punto se presentan cada una de las partes que componen estructuralmente el carrete enrolla cable de manera individualizada, en un diseño tridimensional el cual concluye con una perspectiva isométrica del componente a fabricar.

**Ilustración 29: Vista Isométrica Soporte Conexión Acoplador Fusión.**



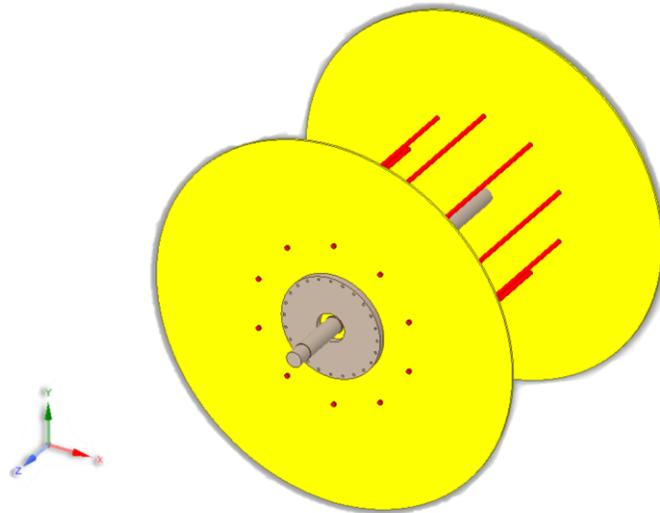
Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

**Ilustración 30: Vista Isométrica Chasis, Enrolla Cable.**



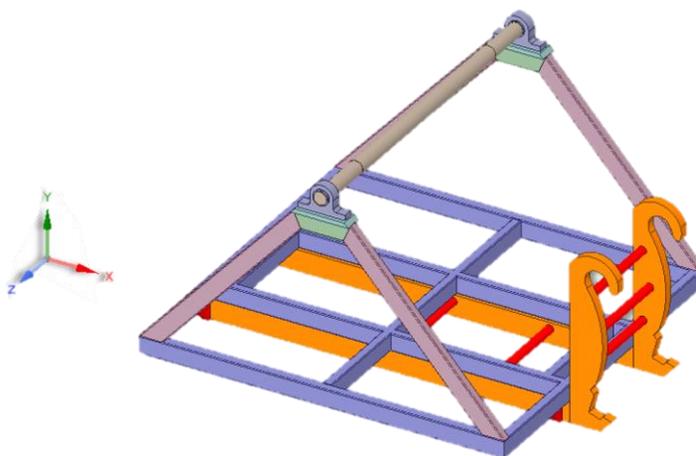
Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

**Ilustración 31: Vista Isométrica Carrete, Enrolla Cable.**



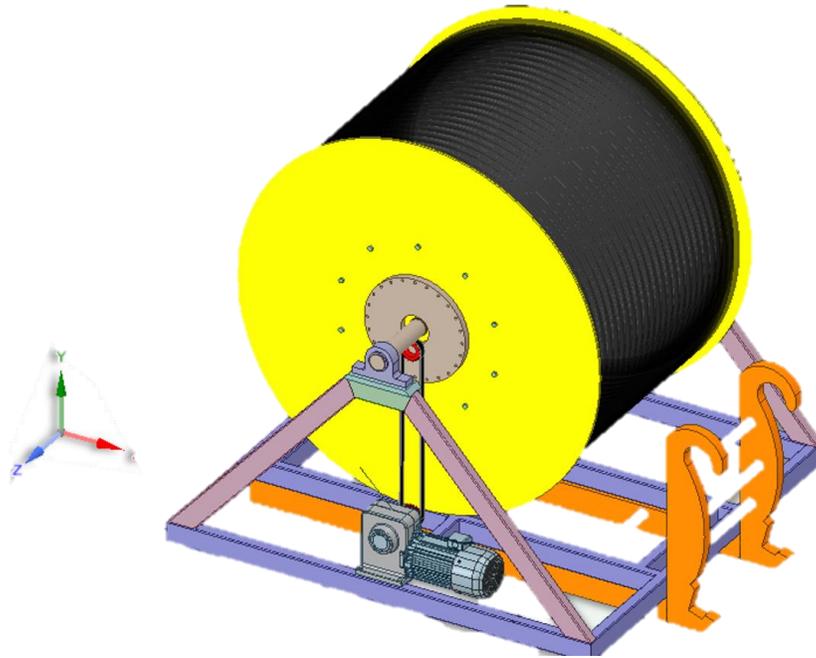
Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

**Ilustración 32: Vista Isométrica Ensamble Previo Al Armado, Enrolla Cable.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

### **Ilustración 33: Vista Isométrica Tridimensional, Enrolla Cable.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

#### **4.5 Memoria de Cálculo.**

Como fue mencionado anteriormente buscando la transparencia de este proyecto y tomando en consideración que, en un futuro, serán los trabajadores detrás del uso y operación de este componente, una vez obtenido el diseño tridimensional, la aprobación de Compañía Minera Punta del Cobre y definidos los materiales a utilizar, se solicitan los servicios de empresa “BS E.I.R.L”, quien es especialista en inspección de componentes, con ensayos no destructivos y certificaciones estructurales.

La empresa antes mencionada, realiza distintas pruebas y cálculos, los cuales, determinan la aceptación del diseño, tipo de unión, ensamble y materiales de la estructura o de manera

tajante invitan al rediseño para futura fabricación de algún componente. Sus estudios se basan en:

- Análisis de elementos finitos
- Cálculos de esfuerzo
- Cálculos de tensiones cortantes
- Desplazamientos de carga

A continuación se deja la memoria de cálculo correspondiente a enrolla cables, tal cual, se brindó el diseño de parte de Zepol Industrial Ltda.

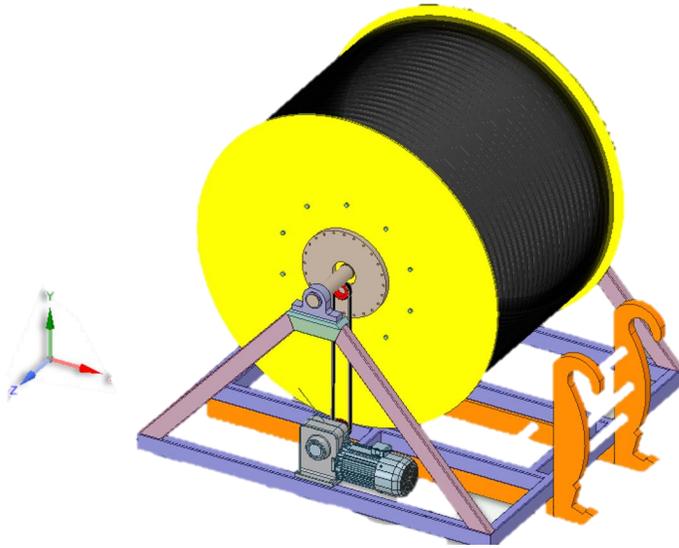
#### **4.5.1 Introducción de memoria de Cálculo**

La presente memoria de cálculo tiene por objeto determinar límites de carga máxima permitida para el trabajo sobre Estructura Porta Carrete de capacidad máxima 2 toneladas fabricado por la empresa ZEPOL LTDA. La carga solicitada por Cliente es de máximo 2000 kilogramos fuerza y este poseer o arrojar como mínimo, un factor igual o superior a 2. Estas fueron las solicitudes Técnicas hechas por el Gerente de Zepol Ltda. Don Julio López. Se analizará el comportamiento hipotético resistente de estos componentes de soporte al momento de sostener componentes de equipos, o partes de máquinas. (BS ingeniería, 2022).

Los cálculos están basados en:

- Texto de cálculo "Resistencia de Materiales Aplicadas" de Robert I. Mott, tercera edición.
- Texto, Diseño en Ingeniería mecánica Shigley, octava edición.
- Especificaciones AISC 2005 (American Institute of Steel Construction).
- Norma Chilena Acero NCH427.

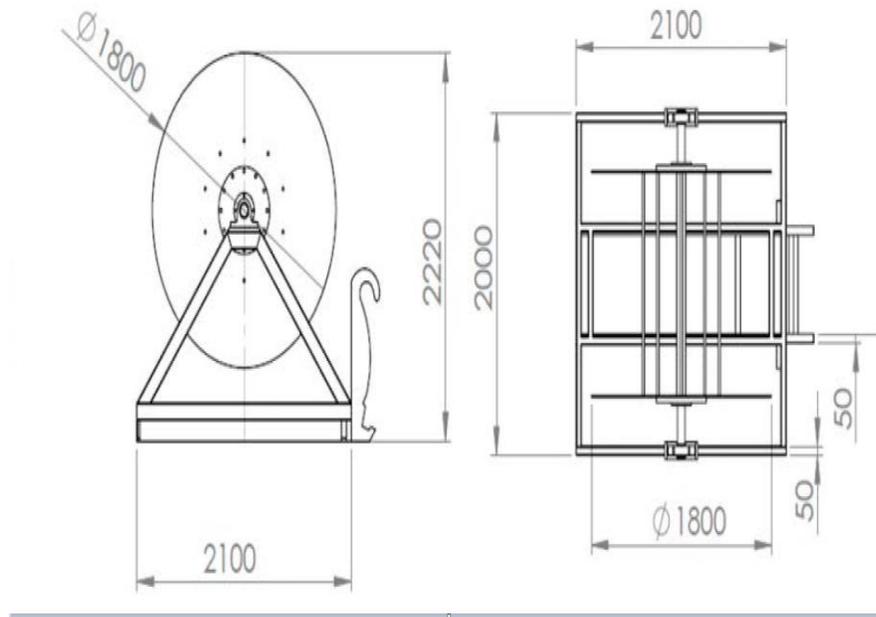
Modelamiento 3D para el tipo de estructura a calcular. (ilustración 33: Vista Isométrica Tridimensional, Enrolla Cable)



Fuente: Zepol Industrial Ltda., área diseño y proyección.

Plano referencial del componente:

**Ilustración 34: vista lateral y superior de estructura dimensionada.**



Fuente: Memoria calculo, BS ingeniería.

Material del componente:

Los datos estructurales seleccionados para el material de la estructura son referentes a especificaciones AISC (Instituto americano de construcción en acero).

**Tabla 6: Composición Química del Acero.**

	Hasta 3/4 in.	Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in.	Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in.	Sobre 2-1/2 hasta 4 in.	Sobre 4 in.
Carbono	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganeso	--	.80/1.20	.85/1.20	.85/1.20	.85/1.20
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio	.40 max	.40 max	.15/.40	.15/.40	.15/.40
Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

\* Nota: Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo especificado de carbono, un aumento del 0,06% de manganeso por encima de la cantidad máxima prevista será permitido, hasta el máximo de 1,35%.

Fuente: Memoria calculo, BS ingeniería.

**Tabla 7: Propiedades mecánicas del acero A-36.**

<b>Resistencia a la tracción:</b>	<b>58,000 - 80,000 psi [400-550 MPa]</b>
<b>Min. Punto de fluencia:</b>	<b>36,000 psi [250 MPa]</b>
<b>Elongación en 8":</b>	<b>20% min</b>
<b>Elongación en 2":</b>	<b>23% min</b>

**Fuente: BS ingeniería.**

De acuerdo con tabla 14 A1 de la Norma Chilena Acero Ni CH427 la tensión admisible para la tensión a compresión, tracción y cizalle para un acero A36 es:

- Tensión compresión admisible fluencia:  $0,6 \times f_y = 0,6 \times 25 = 150 \text{ MPa}$ .
- Tensión Cizalle admisible:  $0,4 \times F_y = 0,4 \times 25 = 100 \text{ MPa}$ .

- Tensión Tracción admisible:  $0,5 \times F_y = 0,5 \times 25 = 125 \text{ MPa}$ .
- Tensión admisible a flexión:  $0,6 \times F_y = 0,6 \times 25 = 150 \text{ MPa}$ .

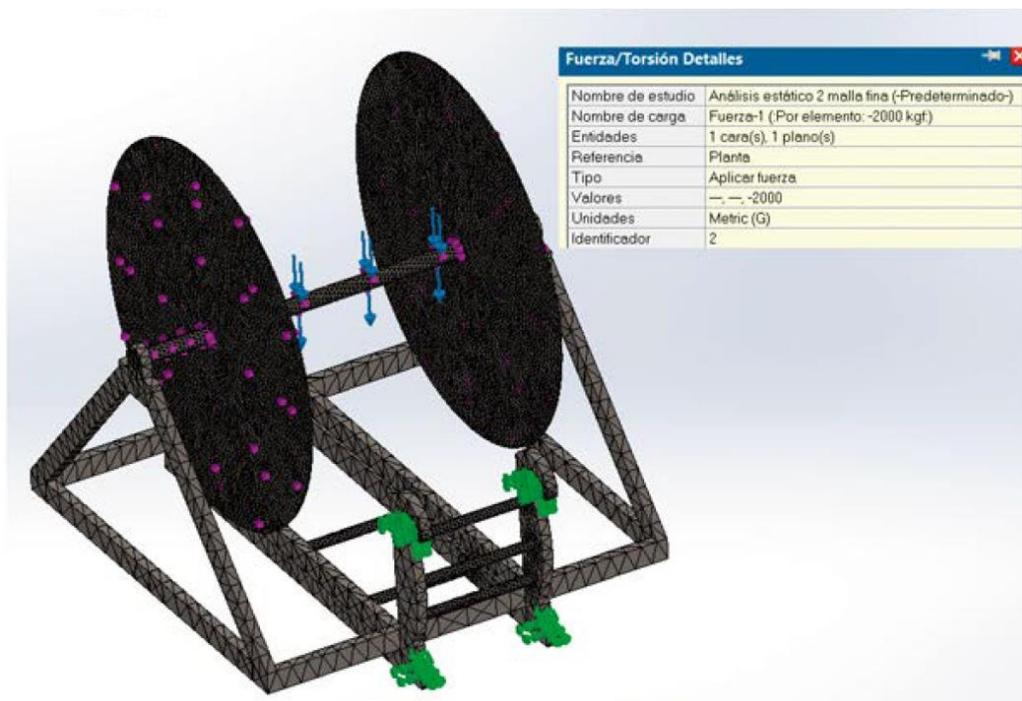
Cálculo de Esfuerzos máximos sobre componente:

Cálculo de flexión sobre Sector Crítico tubo utilizando FEM.

A continuación, se describirá el análisis de flexión del componente utilizando la técnica de los elementos Finitos en su zona más crítica llámese eje del carrete, aplicando una carga solicitada de 2 toneladas o 2000 kilogramos fuerza (flechas azules), esto evaluado mediante software para evaluar todas las zonas críticas.

Se pretende analizar el comportamiento Estático de la estructura para los máximos esfuerzos en los cuales se seleccionará el menor factor de seguridad. Para tal efecto se efectuó un diseño tridimensional del componente, aplicando un mallado estándar.

**Ilustración 35: Esquema de la estructura, elementos cuadráticos de alto orden.**

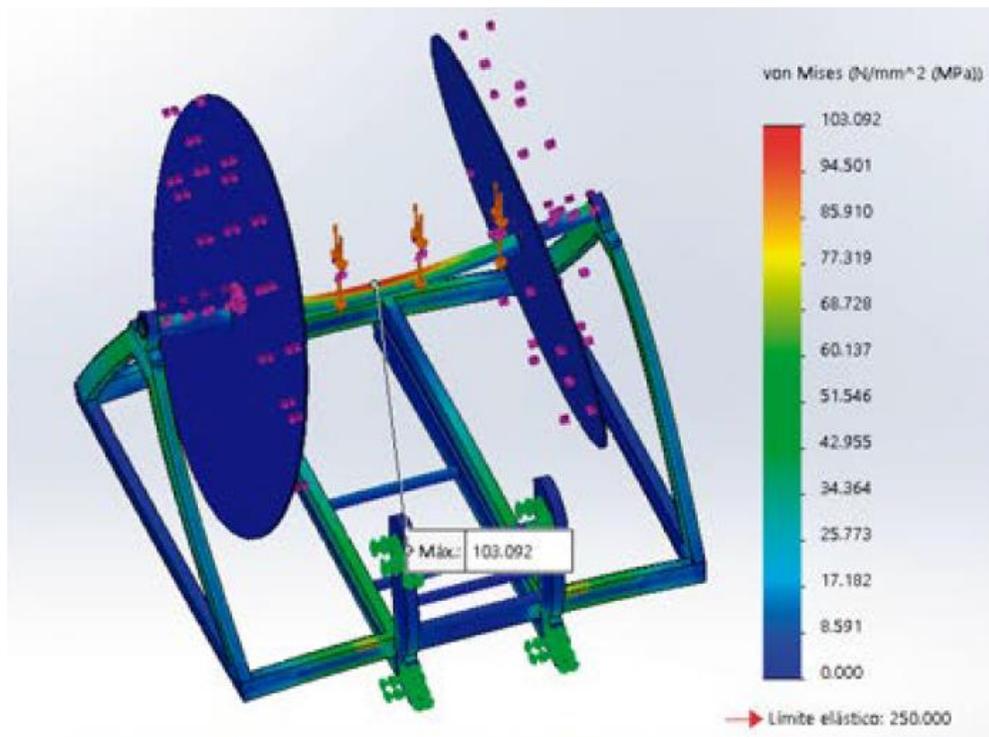


Fuente: Memoria calculo, BS ingeniería.

El esfuerzo de acuerdo con Von Mises, arroja un esfuerzo máximo de 103 Mpa, un valor debajo de limite admisible.

Se realiza la simulación de elementos o componente en el cual arrojo los siguientes resultados:

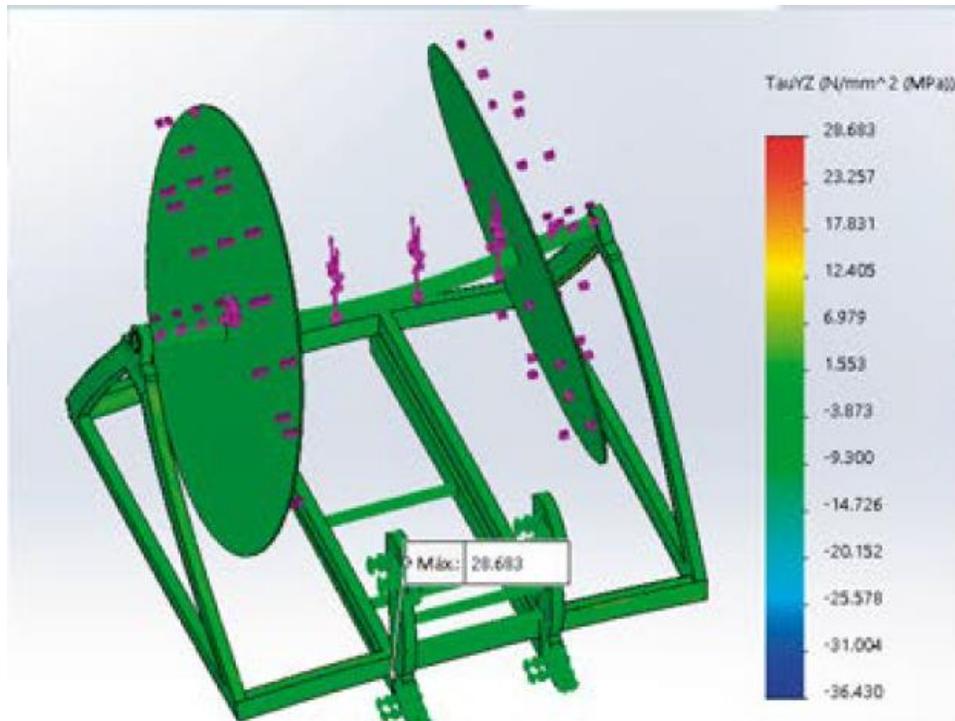
**Ilustración 36: Cálculo de esfuerzo según Von Mises.**



Fuente: Memoria calculo, BS ingeniería.

Esfuerzo cortante máximo arrojado será en el eje YZ y nos arrojó 28 Mpa.

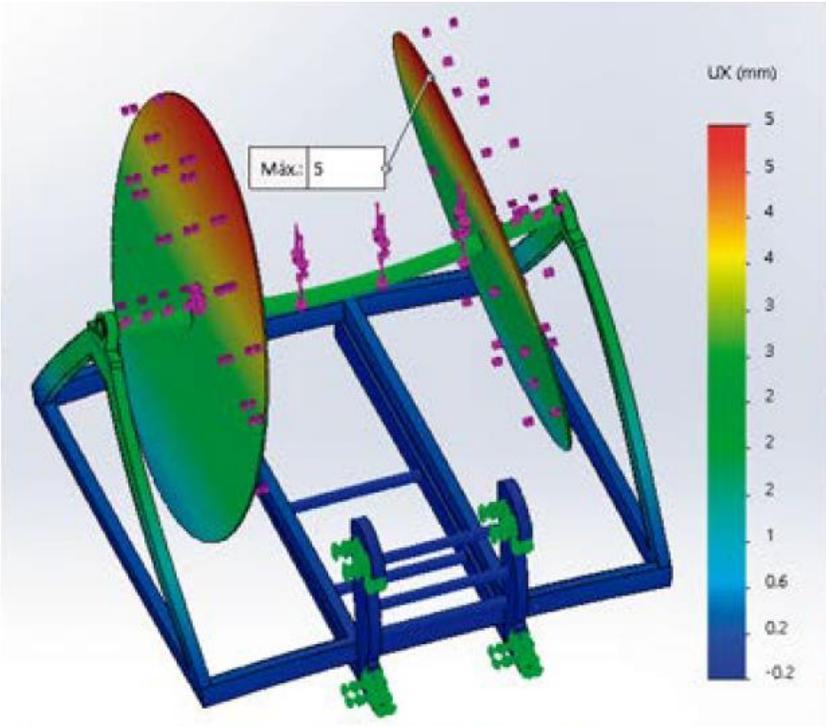
**Ilustración 37: Calculo de tensiones cortantes máximas**



Fuente: Memoria calculo, BS ingeniería.

El desplazamiento geométrico producto de la carga en bordes será de 5 mm en sector platos.

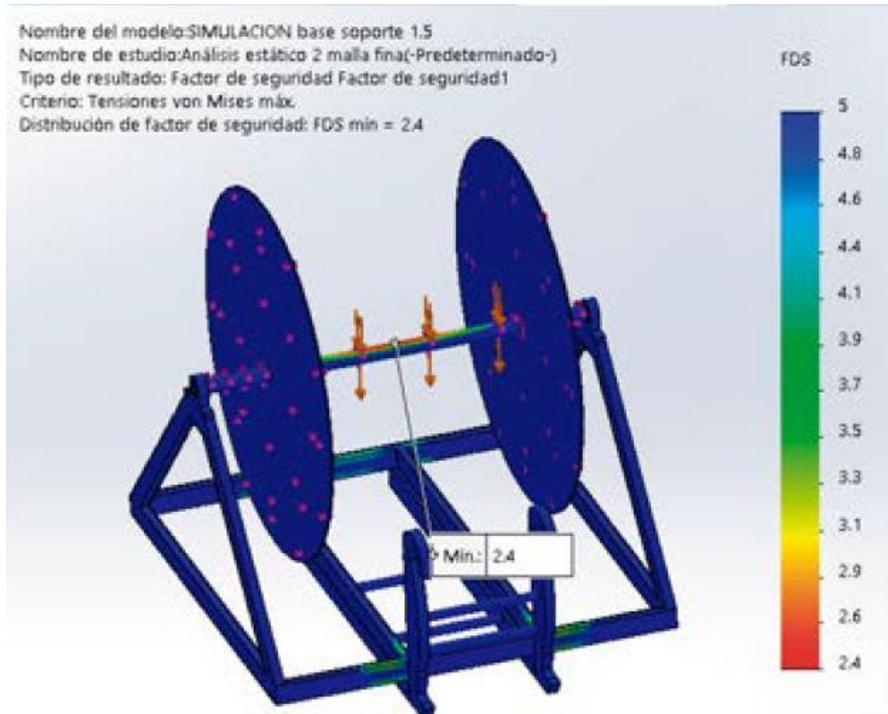
**Ilustración 38: desplazamiento producto de la carga**



Fuente: BS ingeniería.

El factor de seguridad mínimo en el conjunto es igual a 2.4, cumpliendo lo solicitado por la compañía minera.

### Ilustración 39: factor de seguridad mínimo.



Fuente: BS ingeniería.

### En conclusión:

El objetivo de la presente memoria de cálculo fue establecer un valor de carga permisible para la estructura o base soporte Porta Carrete fabricada por Zepol Ltda., comprobando la resistencia de este para una carga máxima 2 Toneladas.

En el análisis se tomaron en cuenta las medidas obtenidas en terreno mediante flexómetro, pie de metro. El material seleccionado general para la estructura es un acero ASTM A-36, del cual fueron obtenidas sus características a través de información o folletos

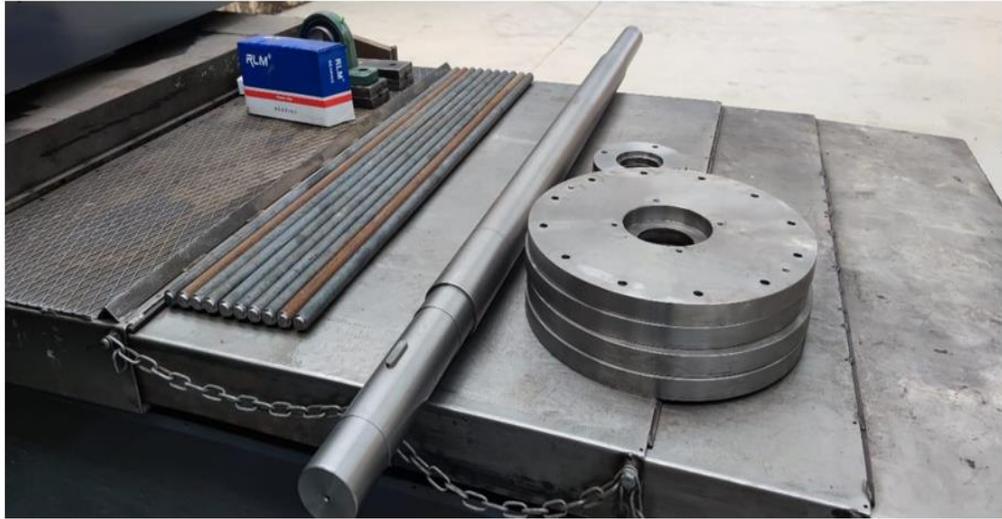
entregados por nuestro cliente. Todos los datos para la carga a soportar y factor de seguridad Mínimo de 2, fueron aportados por el Gerente de Zepol Ltda., Don Julio López. Se pudo comprobar que, utilizando el método analítico mediante elementos finitos, para el soporte analizado según los datos anteriormente descritos, El esfuerzo máximo arrojado debido a la carga es de 103 MPa, el cual es inferior a nuestros esfuerzos Admisibles. De esta forma se deduce que la Estructura soporta una carga de 2 toneladas con un factor de seguridad mínimo de 2.4, cumpliendo con lo solicitado por nuestro cliente.

Es Obligación del operador de este componente, realizar el buen uso de la estructura apoyando la base inferior de los ganchos posteriores adosados al equipo de esta para con ello evitar posibles daños estructurales y o a las personas, Se recomienda el uso del conjunto siempre y cuando se respeten las condiciones antes descritas, respetando los estándares de seguridad nacional o internacional para el uso de la componente establecida por su empresa.

#### **4.6 Fabricación y Ensamble.**

La fabricación estructural de carrete enrolla cable la realiza la empresa Zepol Industrial, la cual, mediante planos brinda las directrices a sus torneros y soldadores para convertir lo que en un principio fue un diseño tridimensional a un objeto real.

**Ilustración 40: Fabricación De Eje Central Y Tapas.**



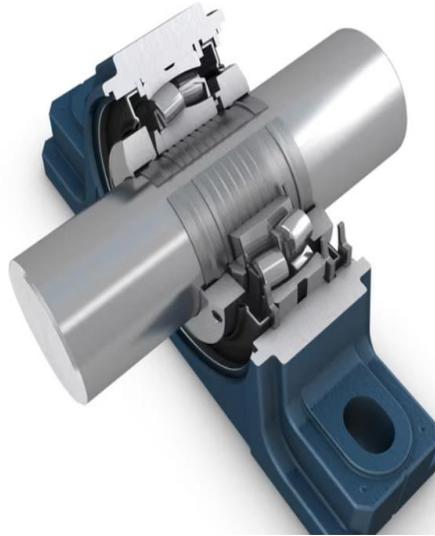
**Ilustración 41: Chasis De Enrolla Cable.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda., área maestranza.

Para la unión de chasis y eje se opta por implementar rodamientos de fijación a la base estructura piramidal, estos son parte del accionamiento rotatorio del carrete, cada uno de este rodamiento soporta una carga máxima de 3 Ton.

### **Ilustración 42: Soporte con Rodamiento.**



Fuente: SKF

El ensamble del carrete enrolla cable con funcionamiento hidráulico se realiza en tres partes las cuales comprenden: chasis, carrete central y rodamientos con soporte.

**Ilustración 43: Carrete Enrolla Cable Ensamblado.**



Fuente: Zepol industrial Ltda.

Una vez obtenido el ensamble de la estructura es necesario realizar la certificación estructural del carrete, para ello se solicitan los servicios de BS EIRL.

## Ilustración:44 Informe Certificación Estructural.

	<b>BS INGENIERIA E.I.R.L.</b>	 Certificación N°1237.	
<b>Departamento: Inspección Técnica.</b>	<b>Fecha: 29-11-2022</b>	<b>Método: PM.</b>	
<i>"Porque en la carrera por la calidad No existen límites, certificar debe ser su prioridad".</i>			
<b>Informe Certificado Estructural Partículas Magnéticas.</b>			
<b>Cotización:</b>	fecha trabajo: 29/11/22	lugar: Copiapó.	
<b>Cliente</b>	: Zepol Ltda.		
<b>Proyecto</b>	: Inspección superficial Soporte capacidad 2 Toneladas Certificado N°1041.		
<b>Identificación del elemento:</b>	Porta Carrete 02 capacidad 2T N° interno Zepol Ltda. ZIL-021122.		
<b>Material del elemento</b>	: Acero Estructural.		
<b>Alcance</b>	: 100% cuerpo macizo ,uniones soldadas.		
<b>Lugar o área de inspección</b>	: Taller de mantención Zepol Ltda.		
<b>Condición superficial</b>	: Limpia Sin pintura.		
<b>Instructivo o procedimiento:</b>	Procedimiento 001 end basado en Noma ASME V, Código de ensayos no destructivos.		
<b>Norma referencia</b>	: ASME V (Proced. generales E.N.D), ASME VIII. (Evaluación, criterios.).		
<b>Informe N°</b>	:1237.		
<b>Técnica de Magnetización.</b>			
Yugo :	<input checked="" type="checkbox"/>	Puntas : <input type="checkbox"/>	
Bobina:	<input type="checkbox"/>	Imán Permanente: <input type="checkbox"/>	
<b>Magnetización y tipo de campo:</b>			
Directo :	<input type="checkbox"/>	Indirecto: <input checked="" type="checkbox"/>	
Método Continuo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Método Residual <input type="checkbox"/>	
<b>Tipo de partículas magnéticas utilizadas.</b>			
Visible: <input type="checkbox"/>	Húmedo: <input checked="" type="checkbox"/>	Fluorescente: <input type="checkbox"/>	Seco: <input type="checkbox"/>
<b>Método de aplicación:</b>			
Aerosol: <input checked="" type="checkbox"/>	Bombilla: <input type="checkbox"/>	Atomizador: <input type="checkbox"/>	
<b>Familia de producto utilizado: Magnaflux.</b>			
Limpiador : SKC- S	Contraste : WCPA.		
Penetrante : N/A	Líquido Magnético : 7HF.		

---

Página 1



BS INGENIERIA E.I.R.L.



Certificación N°1237.

Departamento: Inspección Técnica.

Fecha: 29-11-2022

Método: PM.

"Porque en la carrera por la calidad No existen límites, certificar debe ser su prioridad".

Equipo y corriente utilizada.

Nº parte modelo: Y-7(AC/DC).

Marca: Magna flux.

Corriente alterna:

Corriente Continua:

Tipo de iluminación:

Luz natural:

Luz artificial:

Luz ultravioleta:

Irradiación energética: N/A

Iluminación (lux):6842

Tº ensayo: 24º Celsius.

Criterio de aceptación o rechazo.

Nota: Solo inspector certificado nivel  $\geq 2$  puede evaluar ensayos.

Aceptable:

Aceptable con indicaciones:

Rechazado:

Norma Conforme a la calidad para evaluación: Asme VIII (E.N.D).

Cliente: Don Julio López Astorga.

Cargo: Gerente general Zepol Ltda.

Tipo de informe: Registró Escrito.

Nombre Inspector: Rodrigo Brizuela Gallo.

Nivel: 2

Norma Calificación: IRAM-NM-ISO 9712.

Resultado Inspeccion :Aprobada.





BS INGENIERIA E.I.R.L.



Certificación N°1237.

Departamento: Inspección Técnica.

Fecha: 29-11-2022

Método: PM.

Registro de las indicaciones.

Identificación.	Indicaciones/detalles.	Extensión	Resultado.
Inspección E.N.D. Norma Asme VIII.		Se inspecciona el 100% soporte.	
Porta Carrete 01 ZIL-021122	No se detectan indicaciones relevantes llámese fisuras o grietas.	Atura total 2220 mm aproximados.	<b>Aceptado.</b>
Perfil tubular.	No Se detectan indicaciones relevantes.	Sin indicaciones.	Aceptable.
Base superior.	No Se detectan indicaciones relevantes.	Sin indicaciones.	Aceptable.
Base inferior.	No Se detectan indicaciones relevantes.	Sin indicaciones.	Aceptable.
Atizadores.	No Se detectan indicaciones relevantes.	Sin indicaciones.	Aceptable.

**Conclusión:**

Se evaluó según requerimiento de parte del cliente, la detección de imperfecciones o discontinuidades relevantes, llámese principalmente, fisuras o grietas en sectores superficiales en uniones soldadas o perfiles estructurales de Porta Carrete 02 de capacidad 2 Toneladas Modelo fabricación N° interno ZIL-021122 Fabricado por Zepol Ltda., Las cuales no se detectaron en ninguna zona o sector de esta. Se acepta la calidad del componente a través de ensayos no destructivos superficiales e Inspección Visual de acuerdo con requerimientos de calidad según norma Asme. Certificación tiene una duración de 12 meses luego de la fecha de emisión de este informe, No obstante, se recomienda a cliente realizar evaluaciones periódicas internas Cada vez que se utiliza el soporte, esto para llevar un control adecuado del estado de e este componente.

**Evaluación de las indicaciones E.N.D.**

Todas las evaluaciones serán realizadas de acuerdo con la norma o código ASME VIII, Artículo 1edición 2010, las indicaciones mayores a 1.5 mm o 3/16 pulgadas serán consideradas relevantes.

Indicaciones lineales: Son aquellas donde su longitud es mayor a 3 veces su ancho.

Indicaciones redondeadas: Son aquellas donde su longitud es menor o igual a 3 veces su ancho.

Indicaciones alineadas: Son aquellas que en número de cuatro o más están dispuestas una a continuación de la otra distando entre sí menos de 1,5 milímetros de borde a borde.

**Personal que efectúa el ensayo.**

Solo personal calificado de acuerdo con las normas puede realizar este ensayo o la certificación de esta no será válida en caso de aprobarse.

-Personal que realiza el ensayo: nivel  $\geq 1$ , ósea 1, 2, o

-Personal que interpreta y evalúa: nivel  $\geq 2$ , ósea 2 o 3.



**BS INGENIERIA E.I.R.L.**



Certificación N°1237.

**Departamento: Inspección Técnica.**

**Fecha: 29-11-2022**

**Método: PM.**

*"Porque en la carrera por la calidad No existen límites, certificar debe ser su prioridad".*

Imagen del componente Inspeccionado.



*Imagen n°1. Vista general del componente, inspección realizada mediante particulado magnético líquido, No se detectan fisuras ni grietas en todo el componente, se acepta calidad de acuerdo con normativa ASME.*

**INSPECCIÓN & CERTIFICACIÓN  
ESTRUCTURAL**



**BS INGENIERIA E.I.R.L.**



Certificación N°1237.

**Departamento: Inspección Técnica.**

**Fecha: 29-11-2022**

**Método: PM.**

*"Porque en la carrera por la calidad No existen límites, certificar debe ser su prioridad".*

*Sin otro particular, agradeciendo por la oportunidad de dar este servicio, se despide atentamente de usted,*



28-11-22  
*RFB*  
*Zepol Ltda.*

**Rodrigo Francisco Brizuela Gallo.**

*BS Ingeniería, Inspección y certificación mediante ensayos no destructivos superficiales.*

**Ingeniero manufactura Industrial.**

**Inspector Control de calidad de soldadura, Ceti-Indura.**

**Inspector Certificador Nivel 2 ensayos no destructivos superficiales, ISO-9712.**

**INSPECCIÓN & CERTIFICACIÓN  
ESTRUCTURAL**

## 4.7 Funcionamiento Hidráulico

Si bien hasta el punto ya tenemos gran parte del objetivo principal, el accionamiento del carrete enrolla cable como fue mencionado en capítulos anteriores debe ser impulsado con la tercera función del cargador frontal CAT 962L, esta tercera función nos entrega una presión de  $2248 \pm 100$  psi.

Para lograr el giro del carrete a una velocidad segura para los usuarios fue necesario implementar una válvula reguladora de presión, la cual, nos limita la psi entregados hacia un motor orbital hidráulico, este a su vez va conectado a un motorreductor del tipo planetario y con él, lograr la velocidad de giro final del carrete.

### **Ilustración 45: Unión Motor Orbital Y Motorreductor.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda.

La regulación de presión mencionada está enfocada a la presión máxima admisible por el motor hidráulico 1450 Psi con potencia máxima de 2.4 kW y a su vez a la máxima potencia de entrada soportada por motorreductor planetario 2.2 kW.

#### 4.7.1 Motor hidráulico orbital.

Los motores hidráulicos del tipo orbital, tienen como función principal transformar la energía hidráulica en energía mecánica mediante el giro de un eje de salida, estos motores se caracterizan por ser de cilindrada fija y su diseño está preparado para entregar un alto par motor, al tener cilindrada fija dependiendo del modelo sus revoluciones por minuto estarán determinadas según fabricante.

**Ilustración 46: Motores Orbitales Danfoss**

BAJA VELOCIDAD Y ALTO TORQUE							
Modelo OMM		8	12,5	20	32	40	50
Desplazamiento	cm <sup>3</sup>	8,2	12,9	19,9	31,6	39,8	50
Velocidad máx.	cont. (rpm)	1.950	1.550	1.000	630	500	400
Torque máx.	cont. (Nm)	11	16	25	40	45	46
Potencia máx.	cont. (kW)	1,8	2,4	2,4	2,4	2,2	1,8
Caída pres. máx.	cont. (bar)	100	100	100	100	90	70

Fuente: Catalogo productos Talleres Lucas.

#### 4.7.2 Motorreductor planetario.

Un motorreductor es un elemento mecánico el cual es comúnmente utilizado en conexión con servomotores o motores eléctricos los cuales tienen como finalidad disminuir la velocidad de entrada del eje del motor y aumentar la capacidad de fuerza en transmisión. Estos sistemas internamente son compuestos, por uno o más engranes, estos rotan sobre un engrane central.

El engrane central, es quien recibe la fuerza entregada por el motor eléctrico y es quien transmite a sus adyacentes, logrando la multiplicación de fuerza.

### Ilustración 47: Motorreductor Planetario.



Fuente: Instructivo De Servicio Reductores Y Motorreductores Rossi.

Tabla:6 Relacion Transmisión Moto Reductor según solicitud.

		Referencia: seleccionar no# 217719		N. 217719 viernes, 12 de agosto de 2022	
<b>Datos de aplicación</b>					
Catálogo	Planetarios				
Ejecución del árbol	Coaxiales				
Potencia en entrada	[kW]	2,20			
Velocidad en entrada $n_1$	[min <sup>-1</sup> ]	1.400			
Velocidad en salida	[min <sup>-1</sup> ]	10,80 - 13,20			
Designación: <b>R 3EL 004A 109Y C060M1 P20b I28x250 B3</b> Forma constructiva B3					
Relación de transmisión $i$					109,00
Velocidad en salida $n_2$		[min <sup>-1</sup> ]			12,84
Velocidad en entrada $n_1$		[min <sup>-1</sup> ]			1.400
Potencia en entrada $P_1$		[kW]			2,20
Par en salida $M_2$		[N m]			1.485
Factor de servicio $f_s$					2,28
Rendimiento					0,91
Cantidad aproximativa de lubricante		[l]			1,50
Grado de viscosidad ISO (temp. ambiente 10-40 °C)		[cSt]			320
<b>Datos nominales</b>					
Potencia nominal en entrada $P_{N1}$		[kW]			5,02
Potencia nominal en salida $P_{N2}$		[kW]			4,56
Potencia térmica nominal $P_{TN}$		[kW]			9,00
Par nominal en salida $M_{N2}$		[N m]			3.385
Par de salida máximo en salida $M_{2max}$		[N m]			5.300
Motorreductor fornecido con aceite					
Pintura: RAL5010 Blue, C3 ISO 12944-2					

Fuente: Zepol Industrial Ltda.

### **4.7.3 Válvula Reguladora de Presión.**

Las válvulas reguladoras como su nombre lo mencionan, tiene como función establecer y mantener una presión constante en algún sistema, siendo ésta, la principal descarga de presión. En este caso es la encargada de reducir la presión entregada por la tercera función del cargador frontal mencionado anteriormente, la cual, correspondía a  $2248 \pm 100$  Psi.

La reducción de presión se debe llevar hasta 1000 Psi para con ello, obtener la velocidad requerida para carrete enrolla cable y no sobre esforzar el moto reductor.

#### **Ilustración 48 Válvula Reguladora De Presión Y Soporte.**

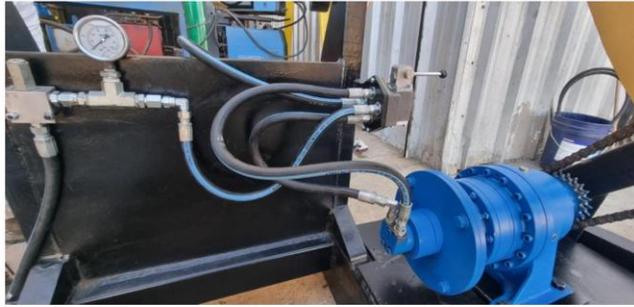


Fuente: Catálogo Productos Talleres Lucas

### **4.7.4 Manómetro Hidráulico.**

Este componente mide y muestra la presión de un fluido para garantizar que el sistema funcione dentro de parámetros seguros y precisos, suelen tener en su interior glicerina, aceite de silicona o aceite mineral, este tipo de aditivos internos colaboran en la amortiguación de los movimientos de la aguja. En este proyecto se instala justo a la salida de la válvula reguladora de presión, para verificar que la presión es la requerida.

#### **Ilustración 49: Manómetro Hidráulico Instalado En Carrete Enrolla Cable.**



Fuente: Fotografiada en Zepol Industrial Ltda.

#### **4.7.5 Válvula Direccional De Control Manual.**

Esta válvula de control direccional puede iniciar o detener la dirección de un flujo en un circuito hidráulico, se utiliza principalmente para el manejo de actuadores, permitiendo el desplazamiento de cilindros o giro de motores en ambos sentidos, como es en el caso de este proyecto.

#### **Ilustración 50: Válvula De Control Direccional.**



Fuente: catálogo de productos Talleres Lucas.

#### **4.7.6 Transmisión Final.**

La transmisión final esta brindada por cadena de rodillos y piñones dobles los cuales brindan mayor adaptabilidad permitiendo la transmisión de altas y bajas velocidades, en este caso se utiliza la baja velocidad dada la dimensión del enrolla cable 12 RPM Max.

**Ilustración 51: Cadena Y Piñón De Transmisión.**



Fuente: Zepol Industrial Ltda.

#### 4.7.7 Costos De Fabricación Enrolla Cable.

Fabricación de carrete enrolla cable con funcionamiento hidráulico.

**Tabla 9: costos de fabricación.**

costos de fabricacion	cantidad	valores unitarios	Valor total
aceros utilizados Kg	1750	\$ 2.678	\$ 4.686.500
soldadura mig rollos 15kg	1,5	\$ 73.825	\$ 110.738
HH torneria y soldadura	80	\$ 32.550	\$ 2.604.000
dimensionado CNC Hrs	3	\$ 26.844	\$ 80.532
transporte Km	40	\$ 5.000	\$ 200.000
insumos hidraulicos totales a valor aprox.	11	\$ 97.568	\$ 3.573.502
certificacion y memoria de calculo	2	\$ 260.000	\$ 520.000
		valor neto	\$ 11.775.272
		<b>Valor total</b>	<b>\$ 14.012.573</b>

#### 4.7.8 Cargador Frontal y Mantenciones.

Las mantenciones del cargador frontal CAT 962L, son brindadas por el fabricante en este caso Caterpillar y adecuadas a las labores establecidas por SIMM (superintendencia mantención mina), se realizan por intervalos de operación controladas por horómetro del equipo cada 250hrs.

**Tabla 10: valor cargador frontal e insumos de mantención.**

Valor cargador frontal CAT 962L (año 2019)	1	valor neto	\$ 115.000.000		
		<b>Valor total</b>	<b>\$ 136.850.000</b>		
Lubricantes	Unidad	Cantidad	Tipo de lubricante	Valor total	Hrs/ fabrica
Motor	Lt	22	15w40 cat	\$ 131.259	250
transmisión	Lt	43	sae 30	\$ 341.162	2000
diferencial y mandos finales delanteros y traseros.	Lt	86	Sae 50 + aditivo	\$ 1.615.567	2000
hidraulico	Lt	125	Sae 10	\$ 723.684	3000
filtro aceite motor	-	1	-	\$ 59.479	250
Filtros combustible	-	2	-	\$ 72.860	500
Filtro transmision	-	1	-	\$ 138.849	2000
Hidraulico	-	2	-	\$ 218.381	1000
Filtro Aire cabina	-	1	-	\$ 85.938	500
filtro aire primario motor	-	1	-	\$ 181.527	250

Fuente: Elaboración propia con valores de mercado nacional.

## **CAPITULO V**

### **IMPLEMENTACION DE LA FABRICACION.**

#### **5.1 Resultados.**

Con la implementación del carrete enrolla cable, se logra el objetivo general, es decir la fabricación de un componente adaptable al cargador frontal Caterpillar 962L.

La satisfacción del área eléctrica al recibir un producto el cual se diseñó y fabricó de acuerdo con sus necesidades, muestra resultados positivos en cuanto a la operación y manejo de carga, lo que en un principio era realizar la carga y descarga manual de un cable cuyo peso bordea los 7 kg por metro y llevarlo a cabo con un mínimo esfuerzo de manipulación y la activación de una tecla, favorece enormemente al bienestar físico de los mantenedores y disminuye en gran parte los riesgos asociados en la operación.

Además, y no menos importante se disminuyen los tiempos de espera para la creación de nuevas mufas eléctricas en los sub niveles interiores, siendo más eficiente para la operación en general.

**Ilustración 52: Carga Y Descarga De Cable.**



Fuente: Fotografiado Taller Eléctrico Pucobre.

### 5.1.2 Utilización de cargador frontal CAT 962L.

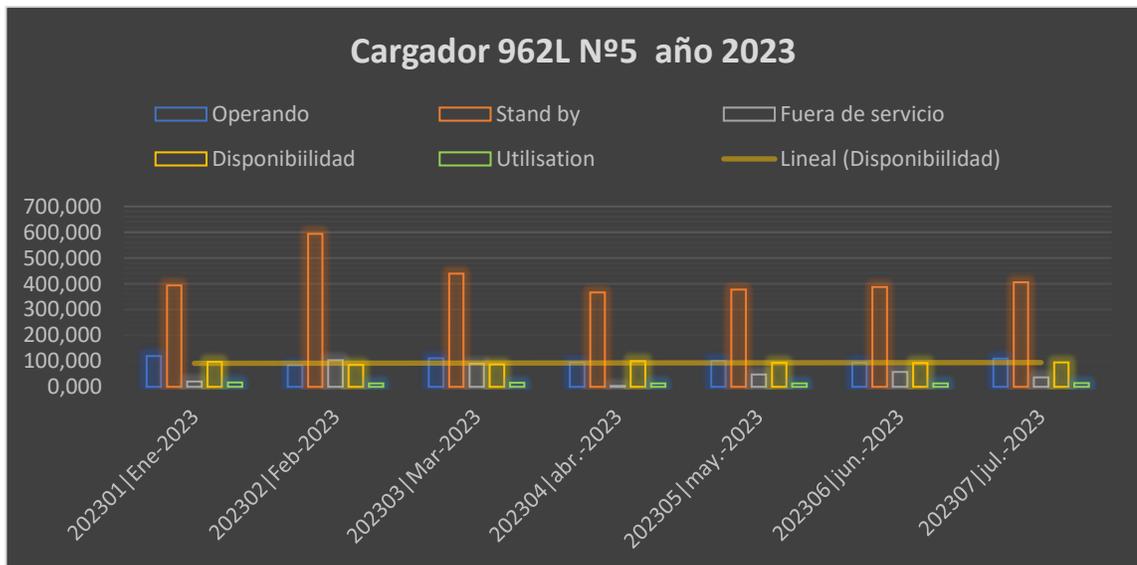
Con la implementación del proyecto se denota una amplia mejoría respecto al uso del cargador frontal, mejorando los tiempos de ejecución en labores eléctricas. Recordando las bajas horas de utilización y altos niveles de stand by cargadores #05 y #06 generaban un lucro de cesante.

En primer semestre año 2023 se logra apreciar un aumento en la utilización de ambos cargadores frontales cercanas al 37% mensual, según los siguientes indicadores.

**Tabla 7: Balance primer semestre utilización cargador frontal CAT 962L #05.**

Periodo	Equipo	Operando Hrs	Stand by Hrs	Fuera de servicio Hrs	Disponibilidad %	Utilización %
202301   ene.-2023	CF-L05	111,990	391,954	23,084	96,897	15,554
202302   Feb.-2023	CF-L05	84,169	593,693	47,640	92,911	14,391
202303   Mar.-2023	CF-L05	111,188	418,787	21,689	97,085	15,732
202304   abr.-2023	CF-L05	98,063	370,353	20,068	97,213	13,548
202305   may.-2023	CF-L05	125,786	392,870	8,161	98,903	17,274
202306   jun.-2023	CF-L05	133,557	425,831	53,732	92,537	18,550
202307   jul.-2023	CF-L05	126,394	398,174	8,847	98,811	17,356
202308   ago.-2023	CF-L05	111,982	378,813	0,000	100,000	15,419

**Ilustración 53: Grafico Disponibilidad y utilización Cargador 962L N°5 Año 2023.**

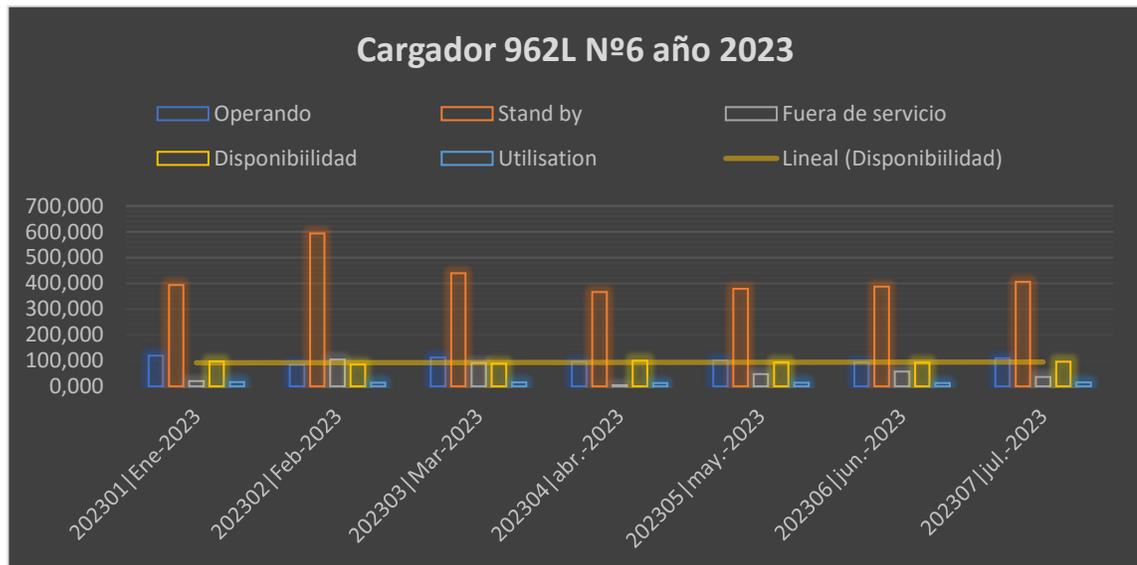


Fuente: indicadores SIMM MPC.

**Tabla 8: Balance primer semestre utilización cargador frontal CAT 962L #06.**

Periodo	Equipo	Operando hrs.	Stand by Hrs.	Fuera de servicio Hrs.	Disponibilidad %	Utilización %
202301   Ene.-2023	CF-L06	119,253	393,252	20,641	97,226	16,563
202302   Feb.-2023	CF-L06	83,731	593,255	103,864	84,544	13,784
202303   Mar.-2023	CF-L06	111,304	439,464	90,452	87,842	15,750
202304   abr.-2023	CF-L06	95,204	366,602	3,758	99,478	13,164
202305   may.-2023	CF-L06	100,966	378,075	48,136	93,530	13,938
202306   jun.-2023	CF-L06	93,314	386,945	57,441	92,022	12,960
202307   jul.-2023	CF-L06	109,267	406,194	36,258	95,127	15,054
202308   ago.-2023	CF-L06	118,884	400,334	0,000	100,000	16,346

**Ilustración 54: Grafico Disponibilidad y utilización Cargador 962L N°6 Año 2023.**



**Fuente: Indicadores SIMM MPC.**

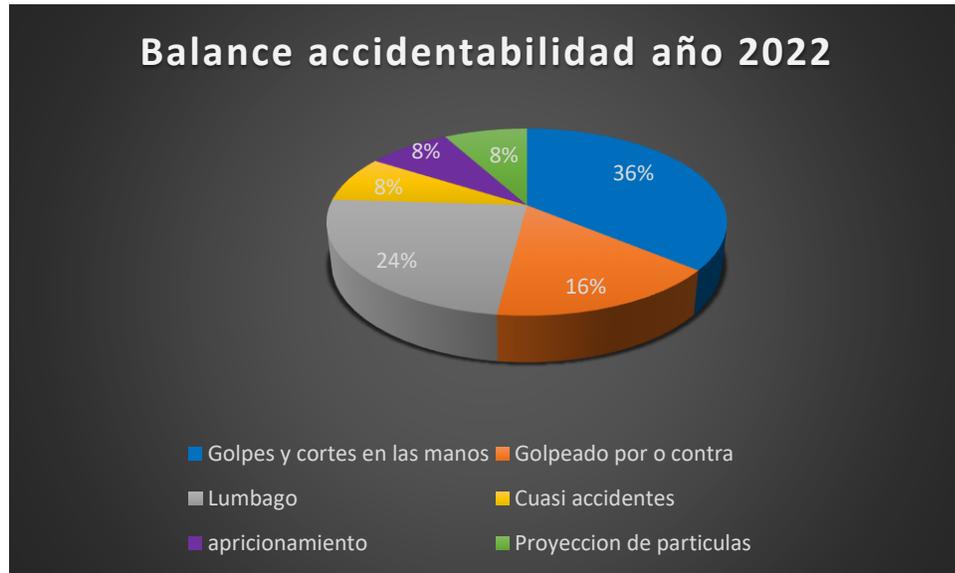
## CONCLUSIONES

La fabricación de un Carrete Enrolla Cable Hidráulico es un componente que se puede utilizar en cualquier Compañía Minera Subterránea, que tenga limitaciones de espacio como fue desarrollado para Minera Punta del Cobre. Los beneficios obtenidos en seguridad ocupacional de los trabajadores y la seguridad operacional marcan un nuevo precedente en las operaciones de la Empresa.

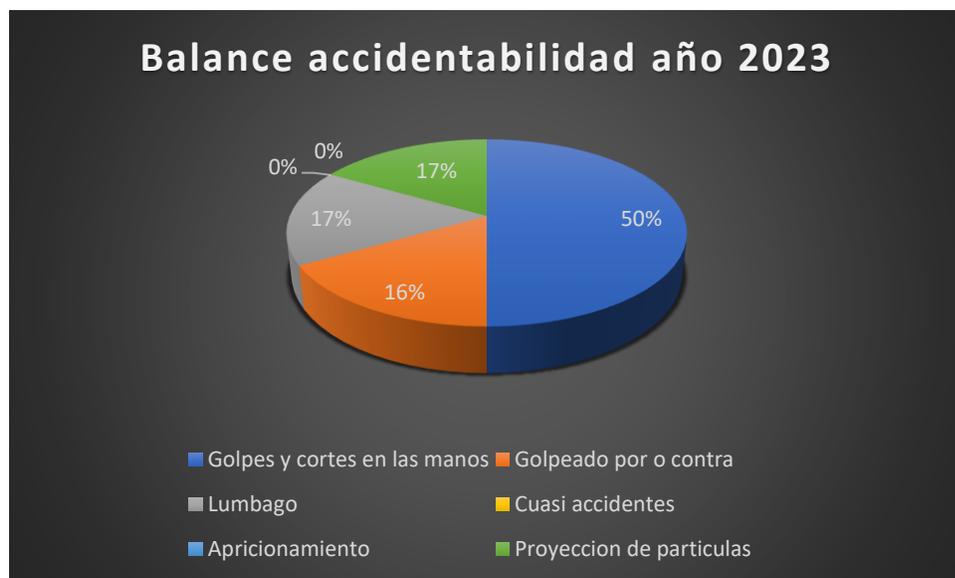
Existen en el mercado carretes muy similares en máquinas electrohidráulicas de perforación que incluyen implementos de fábrica, para su propia alimentación; este proyecto se diseñó y fabricó de acuerdo a las necesidades específicas que tenía la Compañía; el cual incluye un complemento que optimiza los tiempos de conexiones para crear nuevas líneas o mufas eléctricas, y con ello, terminar alimentando con energía eléctrica a los mismos equipos de perforación, subestaciones, escalerajes, etc.

Una vez implementado el proyecto se vieron beneficios en la operación debido a que aumentaron los tiempos de productividad, asociados a la reducción en tiempos de traslado del cable, y además se redujo el esfuerzo físico al cual estaban expuestos los trabajadores, lo que conlleva a un confort hacia los colaboradores del área de mantención eléctrica. De acuerdo a la ley chilena 16.744, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Subsecretaría de Previsión Social, establece normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Mediante esta ley se declara obligatorio el Seguro Social contra riesgos de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, y se establecen disposiciones para su aplicación. De acuerdo a información proporcionada por el departamento de prevención de riesgos en minera Punta del Cobre, según estadística semestral de accidentabilidad en área eléctrica, existe una notable reducción en licencias médicas e incidentes asociados a labores ejercidas, entre periodos de 12 meses correspondientes al año 2022 y primer semestre 2023, tal como muestran los siguientes gráficos.

**Ilustración 55: gráfico índice frecuencia accidentabilidad 2022**



**Ilustración 56: gráfico índice frecuencia primer semestre 2023**



Fuente: Departamento prevención de riesgos, MPC.

## BIBLIOGRAFIA

- Acoplador de fusión para 950/962 (2023), obtenida de finning.com:  
[https://www.finning.com/es\\_CL/productos/nuevos/accesorios/acopladores-para-cargadores/acoplador-fusion-para-cargadores/17782026.html](https://www.finning.com/es_CL/productos/nuevos/accesorios/acopladores-para-cargadores/acoplador-fusion-para-cargadores/17782026.html)
- Análisis de elementos finitos (2022), obtenida de siemens.com:  
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/finite-element-analysis-fea>.
- Características de acero AISI – SAE 4340(2023), obtenida de oteroindustrial.cl: <https://oteroindustrial.cl/barra-de-acero-carbono-aisi-sae-4340-c-10.html>.
- Cargador frontal 962L (2023), obtenida cargadores de ruedas medianos en cat.com: [https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/medium-wheel-loaders/1000023499.html](https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/medium-wheel-loaders/1000023499.html)
- Características de acero ASTM-A36 (2023), obtenida de oteroindustrial.cl: <https://oteroindustrial.cl/plancha-laminada-astm-a-36.html>
- Características de acero AISI – SAE 1045 (2023), obtenida de oteroindustrial.cl: <https://oteroindustrial.cl/barra-de-acero-carbono-aisi-sae-1045-c-12.html>
- Enrolladores de cables (2023), obtenida de fmaindustrial.com:  
<https://fmaindustrial.com/familias/enrolladores-de-cable/>
- Especificaciones de cable XTMU (2023), obtenida de catálogos online prysmiangroup.com: <https://es.prysmiangroup.com/catalogos-online>
- Elementos y nodos, análisis elementos finitos (2023), obtenida de, esss.co:  
<https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>

- González, J. M. (2018). Procesos de Trasiego: Métodos y Aplicaciones. Editorial ABC.
- López, C. (2017). Procesos de Trasiego: Métodos y Aplicaciones. Editorial DEF.
- Martínez, E. (2019). Procesos de Trasiego: Métodos y Aplicaciones. Editorial GHI.
- Memoria de cálculo y certificación estructural (2022), obtenidas de Zepol Industrial limitada.
- Motor y válvulas (2023), obtenidas de tallereslucas.cl:  
[https://cdn.shopify.com/s/files/1/0606/8387/8573/files/Catalogo\\_de\\_Productos.pdf?v=1666267516](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0606/8387/8573/files/Catalogo_de_Productos.pdf?v=1666267516)
- Soporte con rodamiento (2023), obtenido de skf.com:  
<https://www.skf.com/cl/products/mounted-bearings/bearing-housings>
- Smith, A. (2020). Procesos de Trasiego: Métodos y Aplicaciones. Editorial XYZ.

## Glosario

### Trasiego:

Definición: El término "trasiego" se refiere al proceso de transferir o mover líquidos, gases o sólidos pulverizados de un contenedor a otro. Este proceso puede realizarse mediante distintos medios como bombas, gravedad o sistemas neumáticos, dependiendo de la naturaleza del material y las condiciones de transferencia.

### Sub Level Stopping:

Definición: Es un método de extracción de mineral en minería subterránea. En este método, la extracción se realiza en niveles horizontales sucesivos dentro del yacimiento, dejando áreas de mineral sin extraer para soportar el techo. Se emplean taladros y explosivos para fragmentar el mineral, que luego se extrae y se lleva a la superficie.

### Solenoides (Solenoides):

Definición: Un solenoide es un dispositivo electromagnético que convierte energía eléctrica en energía mecánica lineal. Consiste en una bobina de alambre conductor enrollada alrededor de un núcleo de material ferromagnético. Al aplicar corriente eléctrica a la bobina, se genera un campo magnético que produce un movimiento lineal, rotatorio o de apertura/cierre, dependiendo del diseño y uso específico.

### Válvula:

Definición: Una válvula es un dispositivo mecánico que regula, controla o dirige el flujo de líquidos, gases o sólidos a través de un conducto. Pueden tener diferentes formas y tamaños, y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones para controlar el paso de fluidos en sistemas industriales, comerciales y residenciales.

### Mufa Eléctrica:

Definición: Una mufa eléctrica, también conocida como conector o empalme, es un dispositivo que se utiliza para unir cables eléctricos de manera segura y estable, manteniendo la continuidad eléctrica y protegiendo las conexiones de la humedad y otros elementos ambientales. Se utiliza en instalaciones eléctricas para garantizar conexiones eléctricas sólidas y seguras.

### AISI - SAE:

Definición: AISI (American Iron and Steel Institute) y SAE (Society of Automotive Engineers) son organizaciones que establecen estándares y especificaciones para la clasificación y designación de los materiales utilizados en la industria del acero. AISI se enfoca en la industria del hierro y el acero en general, mientras que SAE se centra en la industria automotriz y de transporte. Estas designaciones ayudan a estandarizar la identificación de los materiales y sus propiedades para su aplicación en diversos sectores.