



# **Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras**

Darwin Fanor Castañeda Romero

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Riohacha - La Guajira, Colombia

2021

# **Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras**

**Darwin Fanor Castañeda Romero**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):

Ing. Leuman Mendoza

Codirector (a):

Ing. Martha Solano Moreno

Línea de Investigación:

Automatización industrial y resistencia de materiales

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Riohacha, Colombia

2021

Nota de aceptación:

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado 1

---

Firma del jurado 2

## Dedicatoria

*A mis padres*

*Luz Mónica Romero y Emerson Castañeda, quienes con mucho esfuerzo y sacrificios me han impulsado a hacer realidad mi sueño de ser un profesional en Colombia.*

*Agradezco a la compañía Cerrejón, al superintendente Marcos Atencio, y a supervisores de la superintendencia Camiones Mecánicos, por su apoyo incondicional y brindarme todas las facilidades para poder concluir de manera satisfactoria mi carrera universitaria. gracias al desarrollo del proyecto fui reconocido con dos insignias por la labor realizada, Ver anexos f-g.*

## Agradecimientos

A la compañía **Carbones del Cerrejón Limited**, Cerrejón, por apoyar a su clase trabajadora e hijos de trabajadores a cumplir sus sueños y metas, brindándoles el soporte económico para formar profesionales en La Guajira y parte de Colombia. También comprometida con el desarrollo sostenible de su entorno.

## Resumen

En este proyecto se realizó el diseño y posterior construcción de un ascensor de carga indispensable, para las operaciones de mantenimiento de la compañía Cerrejón, y esto permitió realizar análisis de selección de materiales, cálculos y detalles requeridos. El ascensor tiene una capacidad de 1000 Kg, con un sistema de tracción eléctrico para izaje de una canasta de transporte que permite el correcto desplazamiento vertical de herramientas, repuestos y partes para el mantenimiento de camiones. El sistema de control cuenta con dos botones para ascender y descender. La canasta de transporte cuenta con sistema de seguridad y cierre de puertas, y con un piso de acero corrugado que impide el deslizamiento de la carga; todo el desarrollo de éste se basó en las normas reguladoras.

Con el desarrollo de este proyecto, se redujo a un 50% aproximadamente el tiempo que toma transportar componentes mecánicos como: baterías, filtros, herramientas, hasta un segundo nivel. Además, permitió mitigar los riesgos físicos de los empleados del área de mantenimiento.

**Palabras claves:** Elevador, estructura metálica.

## Abstract

In this project, the design and subsequent construction of a freight elevator essential for the maintenance operations of the Cerrejón Company was carried out, this allowed for analysis of the selection of materials, calculations and required details. The elevator has a capacity of 1000 Kg, with an electric traction system for lifting a transport basket that allows the correct vertical movement of tools, spare parts and parts for truck maintenance. The control system has two buttons for ascending and descending. The transport basket has a security and door closing system and a corrugated steel floor that prevents the load from slipping; all the development of this was based on regulatory standards. With the development of this project, the time it takes to transport mechanical components such as: batteries, filters, tools, up to a second level, was reduced to approximately 50%. In addition, it allowed mitigating the physical risks of employees in the maintenance area.

**Keywords:** Elevator, Metal structure.

# Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>7</b>
<b>Lista De Figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>13</b>
<b>Lista de Anexos.....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>17</b>
1.1    Antecedentes .....	17
1.2    Planteamiento del Problema .....	18
1.3    Justificación.....	21
1.4    Objetivos .....	23
1.4.1    Objetivo General.....	23
1.4.2    Objetivos Específicos.....	23
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>24</b>
2.1    Marco Teórico .....	24
2.1.1    Ascensores de Carga .....	24
2.1.2    Historia de los Ascensores .....	24
2.1.3    Tipo de Ascensores .....	25
2.1.4    Composición y Funcionamiento .....	26
2.1.5    Partes de Un Ascensor .....	27
2.1.6    Estructuras Metálicas .....	32
2.1.7    Sujeción de estructuras metálicas .....	33



2.1.8	Soldadura .....	35
<b>Capítulo 3</b>	<b>.....</b>	<b>38</b>
3.1.	Metodología .....	38
3.1.1.	Identificación de Necesidades .....	39
3.1.2.	Espacio de Trabajo .....	39
3.1.3.	Consideraciones del Diseño .....	40
3.1.4.	Desarrollo del Diseño .....	43
3.1.5.	Estructura Metálica .....	43
3.1.6.	Diseño del Sistema Mecánico.....	44
3.1.7.	Cálculo Estático de la Estructura Metálica .....	45
3.1.8.	Cálculo de Resistencia - Viga Superior Transversal .....	46
3.1.1.	Cálculo de Esfuerzo Máximos .....	49
3.2.	Esfuerzos Y Tensiones En Estructura Metálica .....	51
3.2.1.	Factor de Seguridad Estructura Metálica .....	52
3.2.2.	Cálculo de Resistencia – Estructura Canasto .....	54
3.2.3.	Factor de Seguridad de Estructura Metálica Canasto .....	59
3.2.4.	Cálculo Dinámico del Ascensor de Carga.....	60
3.2.5	Calculo Estático De Elementos De Sujeción.....	61
3.3.	Especificaciones Y Planos del Diseño.....	65
3.3.1.	Sistema de Tracción .....	66
3.3.2.	Sistema Eléctrico .....	66
3.3.3.	Estructura Metálica .....	68
3.3.4.	Especificaciones de los Planos de Taller .....	70
3.4.	Construcción Y Puesta En Marcha.....	74
3.4.1.	Inspección de los elementos.....	74
3.4.2.	Construcción de Estructura Metálica.....	74
3.4.3.	Instalación del Sistema de Tracción .....	77

3.4.4.	Instalación Completa del Ascensor de Carga .....	78
<b>4</b>	<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>79</b>
4.2	4.1 Análisis Y Resultados.....	79
4.2.	Prueba de Parámetros de Funcionamiento .....	79
4.3.	Mantenimiento de Ascensor .....	80
4.3.1.	Mantenimiento Preventivo .....	81
4.3.2.	Mantenimiento Correctivo .....	82
<b>5</b>	<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>83</b>
5.1	Conclusiones.....	83
5.2	Recomendaciones.....	85
<b>6</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>86</b>
<b>7</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>89</b>

## Lista De Figuras

<b>Figura 1–1</b> Ubicación del Ascensor de Carga.....	19
<b>Figura 1–2</b> Componentes Mecánicos – Baterías 12 V .....	21
<b>Figura 2–1.</b> Avances del ascensor de carga.....	25
<b>Figura 2-2..</b> Cabina Ascensor de Carga.....	27
<b>Figura 2-3.</b> Grupo Tractor de Ascensor de Carga.....	28
<b>Figura 2-4.</b> Cuarto de Máquinas de Un Ascensor.....	30
<b>Figura 2-5.</b> Estructura Metálica Ascensor de Carga.....	31
<b>Figura 2-6.</b> Sistema de Control Subir Y Bajar Carga.....	32
<b>Figura 2-7.</b> Clasificación Pernos Y Tornillos.....	34
<b>Figura 2-8.</b> Ensamble Con Perno A Tensión.....	35
<b>Figura 2-9.</b> Unión a tope .....	37
<b>Figura 3-2.</b> Sistema Manual de Elevación de Carga del Hangar 3b.....	39
<b>Figura 3-3.</b> Ubicación del Ascensor de Carga.....	40
<b>Figura 3-4.</b> Estructura Ascensor de Carga.....	43
<b>Figura 3-5.</b> Grupo Tractor (Capacidad 1000 Kg).....	44
<b>Figura 3-6</b> DCL de la Estructura Superior del Ascensor de Carga.....	45
<b>Figura 3-7</b> Diagrama de Cuerpo Libre Y Reacciones de la Estructura.....	46
<b>Figura 3-8</b> Diagrama de Cuerpo Libre Sección A-D.....	47
<b>Figura 3-9.</b> DCL Sección A-C .....	47

<b>Figura 3-10</b> DCL Sección A-E.....	48
<b>Figura 3-11.</b> Diagramas de Cortante y Momento Flector. ....	49
<b>Figura 3-12.</b> Dimensiones de Sección rectangular de acero.....	50
<b>Figura 3-13.</b> Análisis de Esfuerzo y Tensiones. ....	51
<b>Figura 3-14.</b> Diagrama Esfuerzo Deformación.....	53
<b>Figura 3-15</b> Análisis de Tensión y Factor de Seguridad de Estructura Metálica.....	53
<b>Figura 3-16.</b> Estructura del Canasto. ....	54
<b>Figura 3-17</b> Estructura del Canasto. ....	55
<b>Figura 3-18.</b> Análisis de Resistencia de la Estructura del Canasto. ....	59
<b>Figura 3-19.</b> DCL Ascensor de Carga.....	61
<b>Figura 3-20.</b> Dimensiones Del Perno.....	62
<b>Figura 3-21</b> Dimensiones soldadura. ....	64
<b>Figura 3-22.</b> Tracción Eléctrica. ....	66
<b>Figura 3-23.</b> Tarjeta Eléctrica del Sistema de Tracción.....	67
<b>Figura 3-24.</b> Especificaciones de la Estructura de la Canasta. ....	68
<b>Figura 3-25.</b> Estructura Metálica del Ascensor de Carga.....	69
<b>Figura 3-26.</b> Ubicación Para Ascensor de Carga.....	69
<b>Figura 3-27.</b> Canasto de Elevación.....	70
<b>Figura 3-28.</b> Ascensor de Carga Vista Isométrica.....	71
<b>Figura 3-29.</b> Plano de Taller Ascensor de Carga. ....	72
<b>Figura 3-30.</b> Plano de Taller Y Detalles Ascensor de Carga.....	73
<b>Figura 3-31.</b> Perfiles de Acero ASTM A36 Rectangular. ....	74
<b>Figura 3-32.</b> Corte de Láminas de Metal.....	75
<b>Figura 3-33.</b> Proceso de Soldado Estructura Metálica. ....	76
<b>Figura 3-34.</b> Canasto Ascensor de Carga.....	77
<b>Figura 3-35.</b> Ascensor de Carga Instalado.....	78

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1-1.</b> Tiempo de Transporte de Elementos Mecánicos Sin Ascensor Y Costos. ....	20
<b>Tabla 3-1.</b> Perfil de Estructura.....	41
<b>Tabla 3-2.</b> Consideraciones Mecanismo de Tracción. ....	41
<b>Tabla 3-3.</b> Opciones de Fijación de la Estructura del Ascensor de Carga. ....	42
<b>Tabla 3-4.</b> Estructura de Elevación de Carga.....	42
<b>Tabla 3-5.</b> Análisis de Sección Transversal 1 de Tubería Rectangular.....	56
<b>Tabla 3-6.</b> Análisis de Sección Transversal 2 de Tubería Rectangular.....	56
<b>Tabla 3-7.</b> Análisis de Sección Transversal 3 de Tubería Rectangular.....	57
<b>Tabla 3-8.</b> Análisis de Sección Transversal 4 de Tubería Rectangular.....	57
<b>Tabla 3-9.</b> Análisis de Sección Transversal 5 de Tubería Rectangular.....	58
<b>Tabla 3-10.</b> Análisis en SolidWorks de la Estructura del Canasto. ....	58
<b>Tabla 3-11.</b> Especificaciones y Resistencia para pernos de acero SAE.....	62
<b>Tabla 3-12.</b> Dimensión estándar de Pernos .....	63
<b>Tabla 3-13</b> Carga permisible para varios tamaños. ....	64
<b>Tabla 4-1.</b> Datos de Operación. ....	80
<b>Tabla 4-2.</b> Tabla de Inspección de Mantenimiento. ....	80
<b>Tabla 4-3.</b> Tabla de Rutina de Mantenimiento.....	81

## Lista de Anexos

<b>Anexo a.</b> Fabricación de Estructura Con Soldadura Certificada.....	89
<b>Anexo b.</b> Inspección De Soldadura.....	90
<b>Anexo c.</b> Inspección con Instrumento Ultrasonido. ....	91
<b>Anexo d.</b> Instalación del Sistema de Tracción de Carga.....	92
<b>Anexo e.</b> Sistema de Control de Carga.....	93
<b>Anexo f.</b> Ascensor de Carga Instalado .....	94
<b>Anexo g.</b> Orden de Compra de la Plataforma Especial Para PM En Flota Camiones Mecánicos Y Ascensor de Carga. ....	95
<b>Anexo h.</b> Certificación de Reconocimiento. ....	96
<b>Anexo i.</b> Reconocimiento Corporativo.....	96

## Introducción

En la actualidad el uso de los ascensores o elevadores de carga se ha convertido en una necesidad, debido a facilitan movilizar objetos o componentes de carga pesada sin necesidad de realizar algún esfuerzo. Es un sistema de transporte vertical, diseñado para mover cargas entre diferentes niveles (APR Ingenieros SAS, 2016). Con el paso del tiempo se han desarrollado diferentes modelos para satisfacer las necesidades que tiene cada individuo.

Con el desarrollo de este proyecto se da solución apremiante al desplazamiento de elementos mecánicos como herramientas, y repuestos para el mantenimiento que se maneja dentro de la empresa Cerrejón; antes estos elementos industriales se desplazaban hacia un nivel superior de forma manual, es decir, que entre varios operadores tenían que subir esos elementos hasta una altura de 4 metros por medio de escaleras. Estos esfuerzos que se realizaban diariamente generaban algunos inconvenientes físicos en los trabajadores. La solución fue la implementación de un ascensor de cargas, cuyo diseño se realizó partiendo de las necesidades mencionadas y las dimensiones del área de trabajo, de forma que cumpliera con los estándares de calidad, y que éste pueda ser operado de forma fácil y segura al igual que su mantenimiento.

Para este proyecto se implementaron diferentes herramientas que sirvieron como apoyo para la elaboración de la estructura y diseño del sistema de tracción. Las cuales permitieron minimizar los tiempos de mantenimiento.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado y debido a la gran variedad de formas constructivas, el montacargas hidráulico se convierte en un artefacto muy versátil, por lo que se puede adaptar a la geometría y topografía del entorno en el cual se requiere su uso. No obstante, debido a esa gran variedad, en el mercado sólo se encuentran algunos tipos de montacargas que se adecúan de un modo muy general a la gran mayoría de espacios en los cuales se les necesita, obligando al usuario a apropiarse de las características del dispositivo en el lugar requerido.

En este proyecto se aplican los conocimientos adquiridos durante el ciclo lectivo como estudiantes del programa de ingeniería electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, mostrando y colocando en práctica cátedras como: Resistencia de Materiales, Máquinas Eléctricas, Diseño Industrial, Mantenimiento Industrial, entre otras; de modo que el proyecto culminado cumpla con las condiciones exigidas por el medio, y por el presupuesto aportado por la empresa.

Durante la implementación del ascensor, se realizó el análisis de cada uno de los elementos que conforman la máquina; luego se siguió con la metodología, utilizando las características de los sistemas que la integran como el Sistema Eléctrico, Mecánico, etc. Se diseñaron los respectivos circuitos, y con estos planos obtenidos se fueron ensamblando para dar forma final al Ascensor de Carga.



# Capítulo 1

## 1.1 Antecedentes

El ascensor de carga es un sistema de elevación de carga soportado, que utiliza un sistema de elevación por cable de pequeñas capacidades, con múltiples aplicaciones en el transporte de artículos pequeños utilizados en diferentes sectores de la industria como minería, agricultura, turismo (APR Ingenieros S.A.S, 2016).

En el mundo se han realizado diferentes proyectos sobre los sistemas de ascensor de carga, sobre todo en las empresas que almacenan, y cargan elementos de gran peso y que hizo necesaria la creación de estas máquinas.

Dentro de los antecedentes importantes se encuentra el trabajo realizado en la Universidad Tecnológica Equinoccial, que hizo un estudio para el diseño y construcción de un ascensor de carga con capacidad de 1 tonelada; en la realización de este trabajo se tiene en cuenta la presencia de un sistema de elevación de carga y a la vez optimizando el tiempo de despacho de carga, lo que significa más entregas en menor tiempo. El mecanismo y estructura del sistema de elevación para carga, utilizó un polipasto que será la parte principal para el accionamiento del sistema, además estos sensores mecánicos, son los encargados de enviar las señales para que el controlador interactúe y retorne una respuesta, la cual queda involucrada con la operación del sistema (Fierro, 2013).

En Colombia también se han desarrollado cantidades de proyectos de ascensores de carga, que han dado solución a un sinnúmero de inconvenientes presentados en la industria colombiana, tales como el diseño de un montacargas de elevación hidráulica que también es un tipo de ascensor, y que en la ciudad de Pereira desarrollaron dando respuesta a la problemática presentada en la institución superior donde se presentó la necesidad (Arcila & Garzon, 2015). De igual forma, en la ciudad de Medellín la empresa CODIMEC, ante un alto incremento de la propiedad vertical del sector industrial para el almacenaje y bodegaje desde el 2002 hasta la fecha, se ha generado una gran necesidad

de crear nuevos sistemas de transporte de carga, lo cual se vio como una oportunidad de crear negocio y formaron estas empresas, generando empleo y desarrollo a la ciudad y siendo alivio para estos sectores (Garcia & Uribe, 2006).

Existen temas similares que serán muy útiles para la investigación y desarrollo del proyecto; la fabricación de las piezas y partes del elevador resulta viable, por lo que los costos no son muy elevados, por lo que son asumibles por la empresa.

Para el diseño y simulación del sistema de elevación, se necesitan herramientas informáticas que requieren licencias de software de Diseño CAD; que están al alcance, lo que es muy conveniente para la empresa. Las adquisiciones de los equipos necesarios para conformar el sistema de elevación, no resultan muy costosos en la relación con los equipos ofertados por empresas dedicadas a la fabricación de elevadores.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La empresa Cerrejón tiene las operaciones mineras de exportación de carbón a cielo abierto más grandes del mundo, y es un importante actor de la economía en Colombia y motor de La Guajira, región en la que concentra su actividad productiva. Integra la exploración, extracción, transporte, embarque y exportación de carbón de diversas calidades. (CERREJON, 2020)

Esta empresa produce cerca de 30 millones de toneladas de carbón térmico al año, una línea de ferrocarril de 150 km de extensión y un puerto marítimo que recibe barcos de hasta 180.000 toneladas de carga, ubicado en la Alta Guajira, desde donde realizan el embarque del producto hacia diversos destinos internacionales, haciendo uso del sistema de cargue directo. (BEJARANO, 2018).

La empresa también cuenta con la flota de camiones mecánicos Caterpillar CAD 240 T, la cual está conformada por 113 camiones. Estos camiones son los encargados del acarreo de materiales estéril rocoso en el campo de explotación mineral (Carbón). Adicionalmente la flota cuenta con una frecuencia de mantenimiento preventivo cuya distribución está diseñada en intervalos entre PM 500-1000 y PM 1000-2000 horas; estos intervalos de horas cuentan con un grupo de técnicos y profesionales calificados para garantizar la confiabilidad de la flota. El mantenimiento de la flota de camiones se lleva a cabo en un

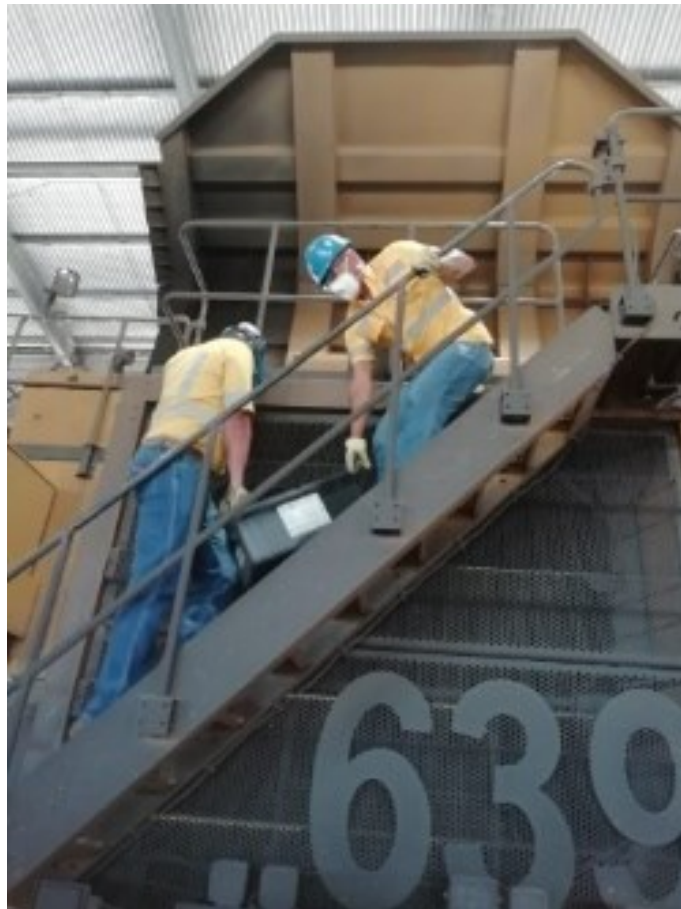
## Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras

---

área conocida como hangar 3b(F1). El trabajo pesado que se realiza en esta área de mantenimiento es demandante y se rige bajo tiempos de mantenimientos específicos.

La plataforma ubicada en el hangar 3b(F1) donde se realiza la actividad de mantenimiento, está a una altura de 3 metros, hasta donde se deben llevar los repuestos y elementos mecánicos. La anterior situación se lleva a cabo pasando por unas escaleras convencionales, por donde suben frecuentemente, baterías, filtros (PQS) y herramientas como se observa en la Figura 1-1. En la Figuras también se aprecia ver la cuadrilla de turno desplazando los elementos y herramientas para realizar las reparaciones de los camiones correspondientes. Al subir y bajar frecuentemente por la escalera llevando elementos mecánicos, produce desgaste físico en el personal encargado de realizar el mantenimiento, y considerando que los elementos tienen un peso aproximado entre 20 y 60 kilogramos, hace que esa labor sea aún más difícil.

**Figura1-1.** Ubicación del Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboracion propia.

## Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras

---

Esta situación de la manera como se está llevando también repercute en el tiempo que se toma en subir esos elementos, por ende, en el mantenimiento de los camiones. La empresa realizó una toma de datos para el transporte vertical de seis (6) tanques PQS con un peso de 12 Kilogramos, arrojando como resultado 6 minutos en realizar esta actividad, como lo muestra la Tabla 1-1. Tiempo que se puede mejorar si se implementa un mecanismo de carga automatizado.

**Tabla 1-1.** Tiempo de Transporte de Elementos Mecánicos Sin Ascensor Y Costos.

Plataforma	Tiempo traslado Sin Ascensor (minutos)
Transporte de tanques PQS Peso aproximado (c/u = 12Kg) Total de 6 Tanques Tiempo de transporte por tanque de 1 minuto	6
Cantidad de PM en 24 Horas	4
Cantidad de PM en 1 mes	120
Tiempo empleado en la tarea de traslado de tanques PQS durante el mes (minutos) sin ascensor	720
Delta de tiempo (Minutos) al mes	600
Delta de tiempo (Horas) al mes	10
Costo de producción x horas de un camión CAT 240 (USD)	\$15.400
Costos no percibidos en 10 horas	\$154.000

**Fuente:** Elaboración Propia.

Los casos de accidentes relacionados con el subir y bajar escaleras es una situación preocupante para la compañía, ya que los datos de accidentes registrados desde 2019 hasta la fecha indican que presentaron 21 casos de accidentes asociados a esta tarea. Con la propuesta de este proyecto de investigación, se busca reducir en el área del taller permanente específicamente en el hangar 3b (F1), la cantidad de casos de accidentes relacionados a la misma tarea.

¿Será viable e indispensable realizar el diseño y la implementación de un ascensor de carga, para mejorar los tiempos de entrega de elementos mecánicos hacia el mantenimiento de los camiones, y a su vez salvaguardar la salud física de los empleados del Cerrejón?

### 1.3 Justificación

El presente proyecto se justifica teniendo en cuenta la importancia de implementar un sistema de elevación de carga, debido a que existe la necesidad de facilitarle al personal encargado del mantenimiento en el hangar 3b (F1); su labor que consiste en subir los componentes como baterías, filtros, turbos, compresores, bombas, tanques de polvos químicos secos “PQS” por las escaleras hasta el segundo piso, para que puedan realizar el mantenimiento de los camiones. Esta actividad se les dificulta a los obreros de esta área, porque exceden en cierta parte las capacidades de carga establecidas por la compañía que son 20Kg por persona y algunos de los elementos como baterías y otros, sobrepasan este estándar.

El ascensor será una solución que servirá para que los trabajadores puedan subir los componentes como se muestra en la Figura 1-2, esto sin necesidad de realizar un sobreesfuerzo físico o algún mal movimiento que pueda causarle alguna afectación en la columna, mangos rotadores, entre otros, y posibles resbalones con los mismos componentes que pueden causarles una lesión.

**Figura 1-2.** Componentes Mecánicos – Baterías 12 V.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se propone por parte de la empresa que el sistema de potencia cuente con una carga para izaje de 1000Kg; hay que considerar que los elementos mecánicos (filtros de aires, baterías, turbos, bombas, herramientas, tanques PQS) a transportar están en el rango de los 60 Kg y que en cada transporte se lleven entre 3 y 5 elementos, además el peso de la canasta es un valor adicional que se debe tener en cuenta, por lo que la carga útil sería el número de componentes a transportar por peso de cada uno, lo que indica que si son 8

componentes cada uno a 60Kg y una carga de 480 Kg, sería la carga útil para el proyecto, por lo que se establece un factor de seguridad de 2, si son más componentes éste podría soportar esa carga última sin inconvenientes, es decir, si se multiplica la carga útil por el factor de seguridad establecido éste sería un valor de 960Kg; este valor permite conocer que el ascensor de carga soporta el peso de los componentes sin que exista riesgo de fractura.

La capacidad que está por debajo del límite permisible del mecanismo de izaje y que soportará las cargas a transportar, la flexión generada por la carga, permite que el material se recupere elásticamente y no exista deformación en la viga; los cálculos realizados serán constatados, en el desarrollo del TIG.

Debido al espacio de trabajo, el área donde se pretende instalar el ascensor está limitado por estructuras alternas y hace que el ascensor tenga una capacidad limitada.

Con el desarrollo de este proyecto se reducirá tiempo de traslado de los componentes mecánicos, permitiendo que se agilice el mantenimiento de los camiones y se entreguen en el menor tiempo posible.

Además, se sustenta esta investigación mediante el Reglamento de Seguridad Minera que menciona en el artículo 375 lo siguiente: "Los ascensores utilizados para el transporte de personal o de materiales en los edificios de plantas, fundiciones, campamentos o estructuras similares deben cumplir con los siguientes requisitos básicos (Ministerio de Minas, 2002, pág. 58).

- a) Mantener registro u hoja de vida de la instalación, consignando especificaciones técnicas, procedencia e intervenciones por razones de reparación o mantención.
- b) Registro riguroso de la vida de los cables como así mismo el tipo de pruebas a que es sometido el sistema y su periodicidad.
- c) Instalación de sistemas de seguridad que impidan en forma absoluta el movimiento del equipo, cuando alguna de sus puertas se encuentra abierta.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Diseñar e implementar un ascensor de carga de capacidad de una tonelada en la empresa cerrejón en faenas mineras.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las condiciones de la estructura actual para dimensionar el ascensor de carga en el hangar 3B.
- Desarrollar el diseño de ascensor que se ajuste a la infraestructura del hangar 3B.
- Seleccionar los componentes mecánicos según las características requeridas por el sistema.
- Implementar el sistema de ascensor de carga y puesta en marcha.

## Capítulo 2

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 Ascensores de Carga

Un elevador o ascensor de carga es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o en una construcción subterránea; éste se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad. (Pujota & Rosales, 2013, pág. 3)

#### 2.1.2 Historia de los Ascensores

Los ascensores primitivos, accionados con energía humana y animal o con norias de agua, ya eran utilizados en el siglo III a.C. Se estima que el primer ascensor fue desarrollado por Arquímedes en el año 230 a.C. y que funcionaba con cuerdas y poleas. Sin embargo, el ascensor moderno es fundamentalmente un producto del siglo IX, como consecuencia de James Watt, inventor de la máquina a vapor. La mayoría de los elevadores del siglo XIX eran accionados por una máquina de vapor, en forma directa o a través de algún tipo de tracción hidráulica.

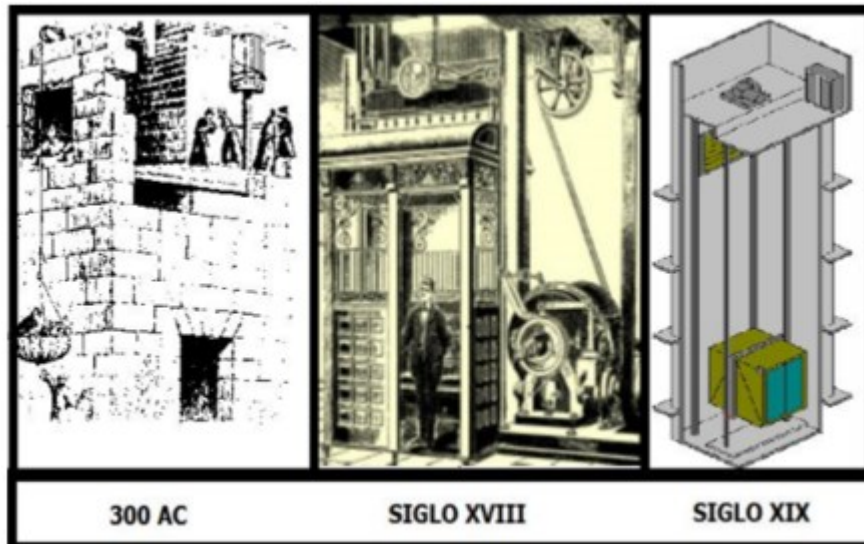
A principios del siglo XIX los ascensores de pistón hidráulico ya se usaban en algunas fábricas europeas. En este modelo la cabina estaba montada sobre un émbolo de acero hueco que se introducía en una perforación cilíndrica en el suelo. El agua forzada dentro del cilindro a presión subía el émbolo y la cabina. Para descender el agua se liberaba de dicha presión y por gravedad la cabina bajaba (Maldonado , 2013, pág. 40).

A medida que avanza el tiempo se evidencia la evolución de los ascensores como se observa en la Figura 2-1. Una línea de tiempo desde los años 300 A.C, hasta nuestros días, se observa que estos sistemas de izaje con el pasar del tiempo han tenido mejoras



sustanciales y mayor seguridad para el transporte de pasajeros y de carga, dando así pautas para mejorar y hasta llegar a ser automatizados, partiendo del mismo principio.

**Figura 2-1.** Avances del ascensor de carga



Fuente: (Fierro, 2013).

## 2.1.3 Tipo de Ascensores

### 2.1.3.1 Ascensores Eléctricos

Tipo de ascensores que se caracterizan principalmente por la constitución de un sistema de tracción: grupo motor, freno, reductor y polea de adherencia o tambor de arrollamiento, aunque este último está en desuso. Éste incorpora el cuarto de máquinas en la parte superior del hueco, donde van ubicados los componentes principales del sistema a tracción ya denominados, y un contrapeso que equilibra el peso de la cabina y la parte de la carga útil, que suele ser la mitad en la mayoría de los casos (Pujota & Rosales, 2013, pág. 3).

### 2.1.3.2 Ascensor Hidráulico

Es aquel en el cual la energía es suministrada por medio de un émbolo o pistón accionado por líquido a presión, de un cilindro. Están compuestos por una central hidráulica, cilindro, pistón, cabina y cuarto de máquinas. A diferencia del ascensor eléctrico, este tipo de elevador no incorpora contrapeso (Maldonado , 2013).

### **2.1.3.3 Montacargas**

Mantienen los mismos principios generales del ascensor con la única variante en lo que respecta a la cabina, que no se encuentra específicamente preparada para el transporte de personas.

#### **2.1.3.3.1 Tipos de montacargas**

Los montacargas dependen de su uso y principalmente de su capacidad.

##### **2.1.3.3.1.1 Montacargas Pequeños**

Aparato elevador instalado de forma permanente que sirve a niveles definidos, consta de una cabina inaccesible a las personas por sus dimensiones y su constitución, que se desplaza a lo largo de guías verticales o con inclinación inferior a 15°. Para cumplir con la condición de inaccesibilidad, las dimensiones de la cabina deben ser:

Superficie: 1.00 m Máx.

Profundidad: 1.00 m Máx.

Altura: 1.20 m Máx.

##### **2.1.3.3.1.2 Montacargas Grandes**

No presentan las restricciones de dimensiones del caso anterior. Cuando se selecciona el tamaño de la cabina y la carga a elevar es muy importante tener en cuenta no solamente la carga a transportar, sino también el equipo de carga y el tipo de vehículos de transporte de cargas utilizado.

### **2.1.4 Composición y Funcionamiento**

El ascensor y las partes de un ascensor deben responder a las necesidades de un determinado trabajo. Dependiendo de los pisos o plantas del edificio o casa, las dimensiones o espacio planificado para el ascensor y la cantidad de carga o personas que necesiten utilizarlo durante el día, sus características variarán. Las principales características de un ascensor serán diferentes según el ancho por largo (dimensiones) y la capacidad de peso recomendado (limitación de kilogramos) (Domingo Ascensores, 2017).

## 2.1.5 Partes de Un Ascensor

### 2.1.5.1 Cabina

La cabina es uno de los elementos de gran importancia del elevador, formado por paredes verticales, piso, techo, puerta y otros accesorios en la que viajan los pasajeros y/o carga. En la Figura 2-2 se muestra una estructura de una cabina, donde se muestra el chasis y la caja con sus elementos de seguridad. La cabina esencialmente está formada por dos partes importantes que son:

- Bastidor o chasis
- Caja.

**Figura 2-2** Cabina Ascensor de Carga.



**Fuente:** (DIMEI, 2020).

### 2.1.5.2 Bastidor

El bastidor o chasis es un elemento al que se fijan los cables de tracción por lo que debe estar diseñado para resistir las cargas normales durante el arranque, funcionamiento y parada del elevador, tomando en cuenta los valores máximos de carga que se pueden transportar. Fijados al bastidor van las guideras, deslizaderas, rodaderas u otros sistemas que amortigüen y reduzcan los ruidos y desgaste por el paso de la cabina sobre los rieles de guía (Fierro, 2013, pág. 10).

### 2.1.5.3 Contrapeso

La mayoría de los ascensores tienen un contrapeso, que tiene una masa igual a la de la cabina, más la mitad de la carga máxima autorizada, para que el motor no tenga que mover

toda la masa de la cabina, sino solo una fracción. Debido a ello, un ascensor vacío, pesa menos que el contrapeso. El contrapeso también está conducido por unas guías. Su función es equilibrar la carga para facilitar el trabajo del motor y no forzarlo en su funcionamiento (WIKIPEDIA , 2020).

#### **2.1.5.4 Grupo de Tracción**

El grupo de tracción para ascensores comúnmente cuenta con un motor acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada la polea que embobina el cable de acero tal como se muestra en la Figura 2-3.

**Figura 2-3** Grupo Tractor de Ascensor de Carga.



**Fuente:** (ATES, 2020).

Los motores más utilizados para elevadores de gran capacidad son trifásicos, debido a que tendría muchos arranques y funcionamiento por día, lo que significa mayor consumo de energía en monofásica o bifásica.

#### **2.1.5.5 Sistema de Pesacargas**

En los ascensores modernos suele instalarse un dispositivo llamado pesacargas. La función de este elemento es evitar que el ascensor mueva más peso del máximo permitido, evitando así el desgaste excesivo del grupo tractor y los frenos. Hay varios tipos de estos sistemas y en la actualidad todos ellos son digitales, por lo que tienen una exactitud bastante elevada.

En ascensores antiguos a los que quiera adaptarse un sistema de pesacargas, se suele emplear un mecanismo que consta de sensores que se adaptan en los cables de tracción y una centralita que recoge la información dada por los sensores. Esta centralita está

conectada a su vez a la caja de revisión del ascensor, por lo que el cuadro de maniobra sabe en cada momento si el ascensor tiene más peso del permitido.

En los ascensores nuevos, el sistema es parecido, pero los sensores se colocan entre el suelo de la cabina y el chasis, permitiendo una exactitud todavía mayor.

Los cuadros de maniobra tienen 3 estados diferentes en lo que al pesacargas se refiere:

- **Normal:** La cabina tiene menos peso del máximo permitido, por lo que todos los sistemas funcionarán normalmente.
- **Completo:** El ascensor ha llegado al peso máximo permitido, por lo que el cuadro de maniobra permitirá a la cabina hacer el viaje programado, pero no permitirá que nadie más entre en la cabina hasta que no baje uno de los pasajeros o carga. En caso de ascensores con maniobra selectiva (el ascensor va recogiendo pasajeros según suba o baje), no parará en ninguna planta hasta que el estado del pesacargas vuelva a ser normal, es decir, hasta que alguna persona o carga salga de la cabina.
- **Exceso de Carga:** El ascensor no permitirá ningún viaje hasta que alguna persona o algún bulto salga de la cabina. En este caso suele haber una indicación luminosa y sonora que indica el estado de exceso de carga. Las puertas no se cerrarán y el ascensor no se moverá hasta que vuelva al estado normal (WIKIPEDIA , 2020).

#### 2.1.5.6 Cuarto de Máquinas

Cuando se trata de ubicar el cuarto de máquinas de un ascensor lo más apropiado y recomendable es situarlo justo sobre el hueco que será la ruta a seguir del elevador; claro que en algunas aplicaciones especiales de elevadores las máquinas pueden estar instaladas al lado, debajo, detrás o cerca del hueco, esto en el caso de los elevadores eléctricos, por factores como potencia, espacio, energía, seguridad, entre otros.

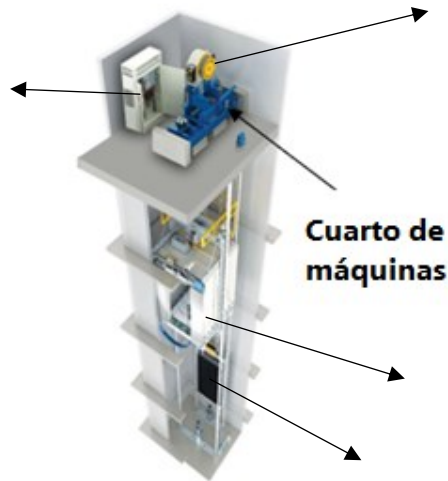
Por otro lado, en los ascensores hidráulicos, el cuarto de máquinas puede estar alejado del hueco con la tubería correspondiente puede llevar el aceite desde la bomba hasta el cilindro donde se acciona el pistón que mueve el ascensor (Fierro, 2013, pág. 17).

En la Figura 2-4 se muestra el cuarto de máquinas de un ascensor; éste se encuentra ubicado en el un espacio que está al final de la carrera de ascenso, y esto permite ahorrar espacio, y mejor acceso para realizar mantenimiento. El cuarto de máquinas debe tener

una instalación de potencia eléctrica para el equipo, iluminación, ventilación para el funcionamiento óptimo del ascensor en su totalidad.

Se debe asegurar que el acceso al cuarto de máquinas sea fácil, porque en este lugar, se realizarán trabajos de mantenimiento, del cual depende el desempeño y durabilidad del elevador.

**Figura 2-4.** Cuarto de Máquinas de Un Ascensor.



**Fuente:** (GIE, 2018).

#### **2.1.5.7 Estructura Metálica**

Una estructura metálica es un conjunto de elementos ubicados de tal forma que permiten soportar grandes cargas que pueden venir de fuerzas verticales u horizontales, sin que existan fracturas del sistema o mecanismo, debido a que las barras de las estructuras metálicas trabajan a diferentes esfuerzos tanto de compresión como de flexión. En La Figura 2-5 se observa un ascensor de carga y se puede identificar la estructura metálica con cada uno de sus componentes ensamblados que soportar la carga requerida. Los miembros principales que soportan la carga en una estructura que trabaja a tensión son cables, cadenas, riostras o tirantes; la combinación de todos estos permite que una estructura tenga un buen desempeño a la hora de trabajo (Fierro, 2013, pág. 23).

### 2.1.5.8 Sistema de Control

Los botones son mandos de control que tienen la interface con el usuario, la cantidad de botones está dada dependiendo de los niveles en los que se desplace el elevador, más uno en el cuarto de máquinas en caso de emergencia y/o mantenimiento.

**Figura 2-5** Estructura Metálica Ascensor de Carga.



**Fuente:** (SERRETECNO, 2020).

Éstos se encuentran ubicados dentro de la cabina, y en cada nivel junto a la puerta del elevador deben estar instalados los botones de llamada, o en el caso de los elevadores de carga pueden estar las botoneras de piso con todos los botones, tal como en la cabina.

Para llevar la señal desde la cabina se utiliza un cable viajero, el cual como su nombre lo dice se moviliza conjuntamente con la cabina cuando se está trabajando. En la Figura 2-6 se observa el sistema de control eléctrico, que muestra un sistema sencillo de dos botones: uno de ellos permite subir la carga y el otro bajar; si uno de éstos se deja de presionar automáticamente el sistema se detiene.

**Figura 2-6.** Sistema de Control Subir Y Bajar Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En el Anexo c, se evidencia el sistema de control que se instalará en el ascensor de carga, en él se observan los botones de control para subir y bajar la carga.

## **2.1.6 Estructuras Metálicas**

La primera familia de aceros que aparece en la industria, es la relacionada con las estructuras y con el progreso actual de la tecnología y la rápida expansión de la fabricación de estructuras soldadas, aparece el desarrollo de nuevos y mejores aceros y los ingenieros y arquitectos tienen una buena oportunidad de escoger los que mejor se adapten para sus proyectos. (Mantilla Nieto & Lizcano Paez, 2015)

### **2.1.6.1 Tipos de Aceros**

En el diseño de edificios, puentes y estructuras similares, los ingenieros y arquitectos escogen los aceros estructurales de los siguientes grupos:

#### **2.1.6.1.1 Aceros al carbono**

Grados ASTM A7, A373 Y A36

El campo estructural de los aceros, se mueve en las especificaciones ASTM A7, A373 Y A36, los principales agentes fortalizadores de estos aceros son el carbono y el manganeso. Su punto de fluencia está en el Rango 32.000 PSI para el A-373 y 36.000 PSI para el A36.

#### **2.1.6.1.2 Acero de Baja Aleación y Alta Resistencia Mecánica**

ASTM Grados A242, A440 Y A441



Los aceros de alta resistencia son el A242, A440 y el A441, con un punto de fluencia mayor, entre 42.000 y 50.000 Psi dependiendo del espesor del material. Estos aceros fueron ofrecidos con puntos de fluencia de entre 42.000 y 50.000 PSI, ellos mostraron mayor resistencia a la corrosión que el ASTM A7. (Mantilla Nieto & Lizcano Paez, 2015)

#### **2.1.6.1.3 Aceros Aleados y Tratados Térmicamente**

Las primeras dos de estas categorías incluyen seis grados básicos del ASTM, los cuales están incluidos en la especificación AISC y son adoptados en Colombia por el Código Colombiano Sismo Resistente (CCSR).

### **2.1.7 Sujeción de estructuras metálicas**

En todo tipo de construcción metálica, y más concretamente en el caso de las estructuras metálicas resulta necesario enlazar entre si perfiles simples para formar barras compuestas, como también es necesario fijar las barras, ya sean simples o compuestas, en su posición definitiva dentro del conjunto de la construcción. Denominamos uniones, o costuras de fuerza, a las que tienen por misión fundamental la transmisión de cargas de un perfil a otro, o de una barra a otra, y uniones o costuras de simple acoplamiento a aquellas cuya misión principal es la de mantener unidos entre si los perfiles que forman una barra compuesta. Los empalmes empleados en las uniones de barras o perfiles en prolongación se consideran, a todos los efectos, como uniones de fuerza.

#### **2.1.7.1 TIPO DE SUJECION**

Uno de los elementos más importantes del diseño de máquinas son el tipo de sujeción, los pernos y tornillos es uno de los elementos fundamentales para que un mecanismo funcione. Los tornillos se usan como sujetadores para mantener elementos juntos y para mover cargas con los llamados tornillos de potencia o tornillos de avance. Los tornillos como sujetadores se pueden configurar para soportar cargas de tensión, cargas cortantes o ambas. Se explorará la aplicación de precargas en tornillos sujetadores, lo cual beneficia considerablemente sus habilidades (L.Norton, 211, pág. 721)de transporte de carga.

Hay disponible gran variedad de estilos de tornillos, muchos de los cuales son para aplicaciones especializadas. Los pernos y las tuercas convencionales generalmente usan cuerdas estándar.

### 2.1.7.1.1 Pernos Y Tornillos Para Máquinas

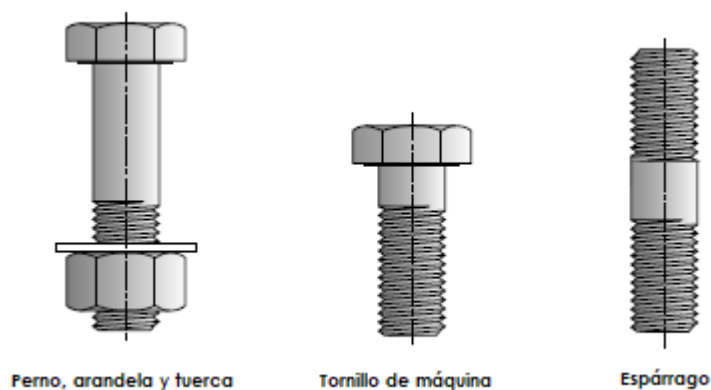
El mismo sujetador llega a tener un nombre diferente cuando se usa de manera especializada. Por ejemplo, un perno es un sujetador con cabeza, un vástago recto roscado para usarse con una tuerca y así mantener junto un ensamble.

### 2.1.7.1.2 Espárragos

Un espárrago es un sujetador sin cabeza, con cuerda en ambos extremos, cuya finalidad es estar atornillado semipermanentemente por un lado en la mitad de un ensamble. Un orificio en la parte emparejada se ajusta en el otro extremo del espárrago y se asegura con una tuerca. Cada extremo del espárrago puede tener el mismo o diferente paso de cuerda. El extremo permanente algunas veces tiene una clase más alta en la cuerda para que se apriete ajustadamente en el orificio roscado y resista el aflojamiento cuando la tuerca se quita de la mitad superior.

La Figura 2-7 muestra un perno (con tuerca y arandela), un tornillo de máquina y un espárrago. Otra diferencia entre tornillos y pernos es que un perno tiene sólo cuerdas rectas y uniformes, mientras que un tornillo tiene cualquier forma de cuerda, incluyendo cónicas o discontinuas. (L.Norton, 211, pág. 739)

**Figura 2-7.** Clasificación Pernos Y Tornillos.



**Fuente:** Robert L. Norton

### 2.1.7.2 Resistencias De Pernos Estándares Y De Tornillos De Máquina

Los pernos y tornillos para aplicaciones estructurales o cargas pesadas se deberían seleccionar con base en la resistencia de prueba  $S_p$ , como está definida en las

especificaciones de SAE, ASTM o ISO. Estas organizaciones definen los grados o las clases de perno que especifican el material, el tratamiento térmico y la resistencia mínima de prueba, para el perno o el tornillo. La resistencia de prueba  $Sp$  es el esfuerzo con el cual el perno comienza a tener una distorsión permanente; está cerca de la resistencia a la fluencia del material, pero no más debajo de ésta. (L.Norton, 211, pág. 743)

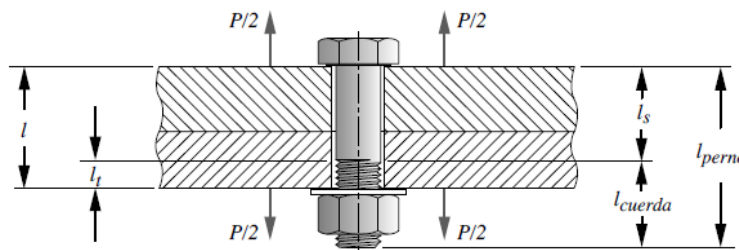
El esfuerzo en una varilla roscada, debido a una carga  $F$  de torsión axial pura es, entonces la ecuación viene dada por:

$$\sigma_t = \frac{F}{A_t} \quad \text{Ec.} \quad 2.1$$

### 2.1.7.2.1 Sujetadores Precargados A La Tensión

Una de las aplicaciones fundamentales de pernos y tuercas es sujetar piezas para mantenerlas juntas en situaciones donde las cargas aplicadas someten el(los) perno(s) a tensión, como se indica en la Figura 2-8. Es una práctica común precargar la junta apretando el(los) perno(s) con un torque suficiente para crear cargas de tensión aproximadas a su resistencia de prueba. Para ensambles cargados estáticamente, se utiliza algunas veces una precarga que genera un esfuerzo en el perno tan alto como el 90% de la resistencia de prueba. Para ensambles cargados dinámicamente (carga de fatiga), se usa comúnmente una precarga del 75% o más de la resistencia de prueba.

**Figura 2-8.** Ensamble Con Perno A Tensión.



**Fuente:** Robert L. Norton

## 2.1.8 Soldadura

Las soldaduras (ensambles soldados) se utilizan en muchas aplicaciones como bastidores, piezas de maquinaria, estructuras para construcción, puentes, barcos, vehículos, equipo

de construcción y muchos otros sistemas. Aquí el enfoque estará en su aplicación en el diseño de máquinas, en vez de en elementos estructurales de edificios y puentes, aun cuando los principios del diseño de soldadura son similares en todas las aplicaciones en general. (L.Norton, 211, pág. 789)

#### 2.1.8.1 Tipos de soldadura de uso común

- Soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido (**SMAW**), llamada también “soldadura con varilla”, utiliza trozos de electrodos (varillas) que están recubiertas con fundente en el exterior.
- La soldadura de arco con núcleo de fundente (**FCAW**) emplea un electrodo de alambre hueco, con el fundente atrapado en su núcleo hueco. Ello le permite formar cordones de longitudes grandes.
- La soldadura de arco de gas con electrodo metálico (**GMAW**), conocida también como soldadura MIG (electrodo con gas inerte), emplea un electrodo de alambre sin fundente. Se dirige un gas inerte hacia la soldadura para desplazar el aire.
- Soldadura de arco de gas con electrodo de tungsteno (**GTAW**), conocida también como TIG (tungsteno con gas inerte) o soldadura Heliarc, emplea un electrodo de alambre de tungsteno que no se consume. Por separado, se alimenta una varilla o alambre de metal al charco fundido. Un gas inerte como el argón se dirige hacia la soldadura para protegerla.
- La soldadura de arco sumergido (**SAW**) usa fundente pulverizado aplicado en una cantidad tal que sepulta o “sumerge” toda la soldadura en un manto tan grueso que no se observa el arco.

#### 2.1.8.2 Carga Estática En Soldaduras

Comparado con el cálculo de esfuerzos en piezas de máquinas con geometría compleja, el cálculo de esfuerzos en soldaduras es bastante sencillo. Si se evitan soldaduras cargadas a la flexión, por lo general las cargas serán de tensión/compresión directa o de corte directo. En cualquier caso, la ecuación de esfuerzo es simple. Para tensión o compresión axial, el esfuerzo normal se definió en la ecuación como:

$$\sigma_x = \frac{P}{A} ;$$

Ec. 2.2

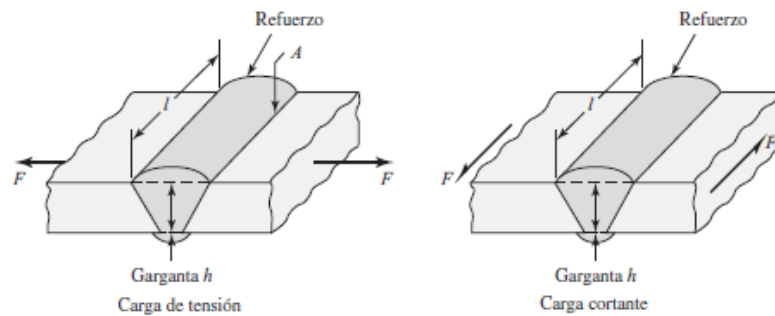
### 2.1.8.3 Soldaduras a Tope y de Filete

En la figura 2-9, se presenta una soldadura en una ranura en V sometida a una carga de tensión  $F$ . En el caso de cargas de tensión o de compresión, el esfuerzo normal está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec: 2.3}$$

donde  $h$  es la garganta de la soldadura y  $l$  es la longitud de la soldadura, como se muestra en la figura 2-9. Observe que el valor de  $h$  no incluye el refuerzo. (Shigley, 2012, págs. 456-457)

**Figura 2-9.** Unión a tope.



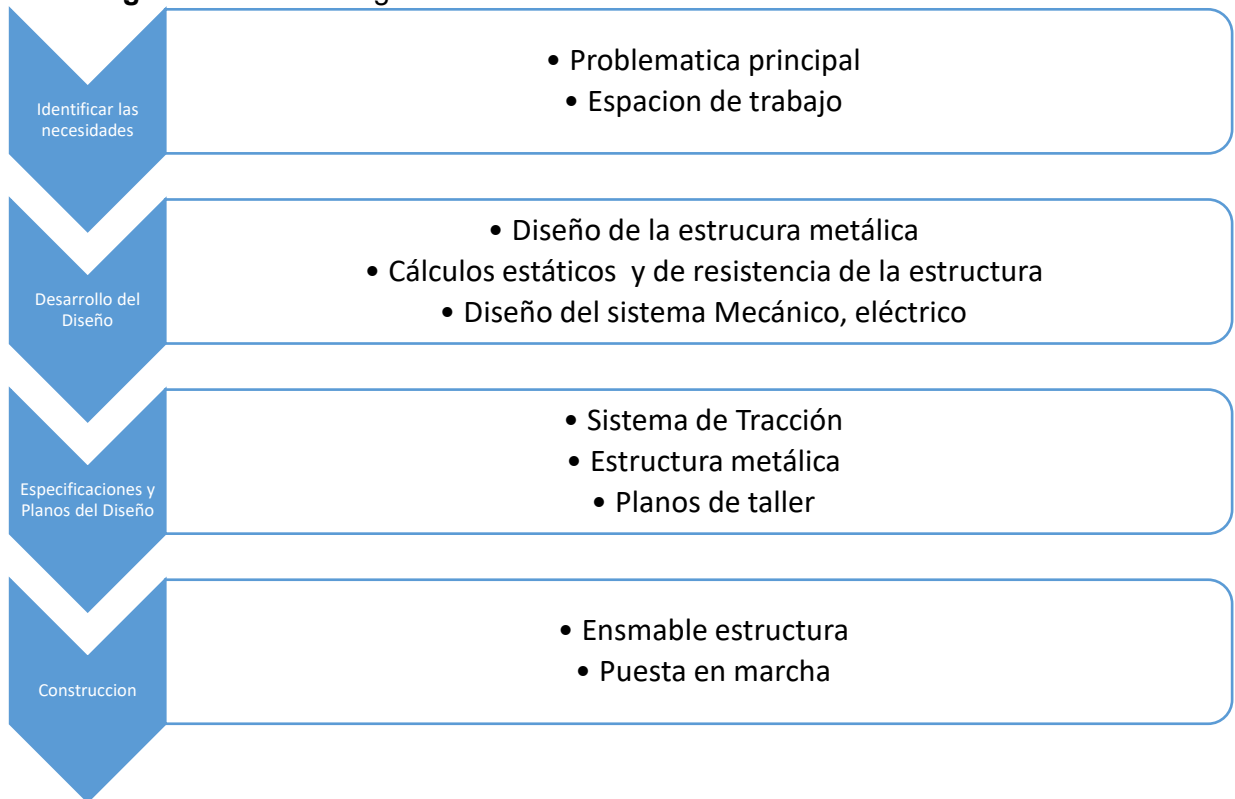
Fuente: SHIGLEY

## Capítulo 3

### 3.1. Metodología

Se tomó una metodología basada y adaptada en el diseño mecánico de David. G. Ullman. Basado en 4 etapas tales como: Identificar las necesidades, planificar el proyecto, establecer especificaciones, desarrollo de soluciones y desarrollo del producto. (Gomez, Garcia, Alcaide, Collado, & Peris, 2010, págs. 86-88), dicha metodología tiene grado de flexibilidad para el desarrollo del proyecto y cumplimiento de los objetivos específicos, tal como se muestra en la Figura 3-1.

**Figura 3-1.** Metodología del Diseño.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.1. Identificación de Necesidades

### 3.1.2. Espacio de Trabajo

Ante la necesidad propuesta de mejora a la hora de realizar levantamiento de elementos industriales para mantenimiento en el hangar, se puede identificar de manera urgente el crear una máquina para levantar estos elementos que se hace de manera manual y que, si toma mucho tiempo, se afecta la salud física de los empleados. Situación que ha llevado a desarrollar este proyecto para mejorar los tiempos en la entrega de los mantenimientos, y al mismo tiempo se salvaguarda la integridad física de los trabajadores. En la Figura 3-2 se observa cómo era el sistema para llevar repuestos y elementos mecánicos hasta la plataforma que está en un nivel de 4 metros, y que se evidencia el riesgo físico al que está expuesto el personal de mantenimiento.

**Figura 3-2.** Sistema Manual de Elevación de Carga del Hangar 3b.

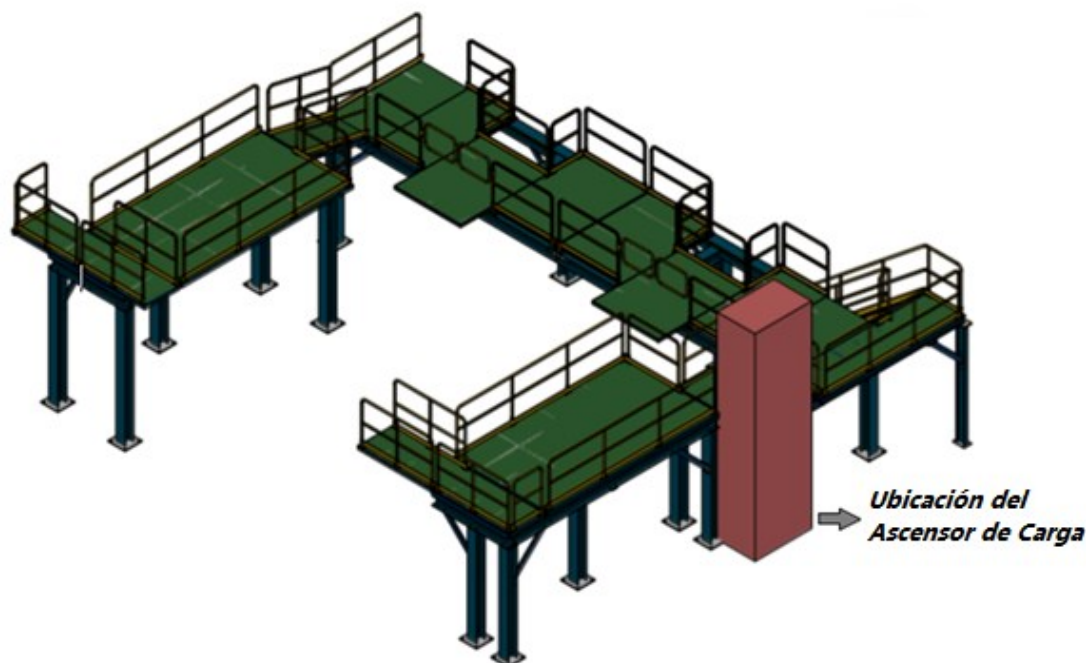


**Fuente:** Elaboración propia (Foto tomada en el hangar de la empresa Cerrejón).

A través del diseño de la estructura metálica completa se ubicará en el siguiente espacio de trabajo; esto permitirá el ascenso y descenso de carga de forma rápida y sin obstrucción

de elementos o personas, acoplándose perfectamente en la estructura denominada plataforma móvil de mantenimiento de camión 190. En la Figura 3-3 se muestra la estructura que es un conjunto donde se realiza mantenimiento de equipos pesados para las faenas mineras de la compañía Cerrejón, e identificar el espacio donde se ensamblará el ascensor de carga.

**Figura 3-3.** Ubicación del Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.3. Consideraciones del Diseño

Antes de desarrollar el proyecto se tuvieron en cuenta algunas consideraciones importantes de diseño, que dio pie para comenzar a estructurar el ascensor de carga.

#### a) Perfil de la Estructura

Es importante conocer el tipo de material y el perfil con el que se empezará a dar forma a la estructura; a continuación, se muestra qué tipo y cuál se adapta mejor al proyecto en la Tabla 3-1 Se identifican algunas consideraciones del diseño.

#### b) Sistema de Potencia



Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras

---

El sistema de potencia es importante en los ascensores, aunque muchas veces la selección de éstos sólo se selecciona sin tener en cuenta la carga a soportar y el peso a levantar. La Tabla 3-1 muestra las diferentes opciones para el mecanismo de tracción del ascensor de carga.

**Tabla 3-1.** Perfil de Estructura.

	<b>Perfil en C</b>	<b>Perfil en L</b>	<b>Perfil Rectangular</b>
<b>PERFIL DE LA ESTRUCTURA</b>	Aunque el material seleccionado cuenta con la resistencia, el perfil en C es inestable y podría producir un desequilibrio y un volcamiento de la carga.	El perfil en L no tiene la capacidad, es inestable y se gasta material uniendo dos perfiles.	Este perfil tiene las características y como su centro de gravedad está bien ubicado, puede soportar esfuerzos y ser estable.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 3-2.** Consideraciones Mecanismo de Tracción.

	<b>Poleas- manual</b>	<b>Motor eléctrico</b>	<b>Sistema hidráulico</b>
<b>MECANISMO DE LEVANTAMIENTO DE CARGA</b>	Este antiguo sistema, usa el juego de poleas para levantar, elementos pesados, pero de forma manual resta hombres de trabajo en el área.	El uso de motores eléctricos, facilita el levantar elementos industriales, además del bajo costo.	Los sistemas hidráulicos pueden levantar grandes pesos, para nuestro proyecto el costo de estos sistemas es muy alto.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**c) Elementos de Sujeción de Estructura**

El fijar bien la estructura genera estabilidad en la misma, dándole la rigidez necesaria para evitar pandeo y deformaciones en el ascensor de carga; de esta manera sólo se tiene la seguridad de que, a la hora de levantar los elementos industriales pesados, ésta no cederá ante esos esfuerzos que va a soportar. La Tabla 3-3 proporciona opciones para fijar la estructura, considerando si ésta será desmontable o fija.

**Tabla 3-3.** Opciones de Fijación de la Estructura del Ascensor de Carga.

	<b>Soldadura</b>	<b>Remache</b>	<b>Pernos</b>
<b>Elementos de sujeción de la estructura</b>	El sujetar con soldadura la- estructura da la rigidez requerida, pero se sabrá que esta estructura estará de forma permanente, lo que no es conveniente debido a que el proyecto está contemplado hasta un tiempo determinado, y una vez terminado el desmonte es costoso	Los remaches soportan grandes cargas y esfuerzos cortantes, pero al igual que la soldadura, ésta queda fija y el costo de desmonte no es conveniente y el mantenimiento de algún elemento se hace complejo	Los pernos cumplen con las características que requiere el proyecto, porque además que tiene la resistencia mecánica para soportar, a la hora de mantenimiento es fácil su desmonte y económico, acomodándose a la vista de cada proyecto, haciendo la estructura portátil.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**d) Estructura de elevación**

Para elevar elementos industriales desde el piso hasta una altura determinada, es necesario que éstos sean sujetos por un sistema que le permita trasportarse hasta un lugar predeterminado, por lo que se hace necesario considerar la selección del mismo sistema como se muestra en la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4.** Estructura de Elevación de Carga.

	<b>Tipo canasto</b>	<b>Tipo grúa</b>
<b>Sistema elevación</b>	El que la estructura sea tipo canasto hace que la carga a transportar tenga estabilidad y sea segura, permitiendo que los elementos industriales de gran peso puedan ser llevados hasta una altura determinada sin inconvenientes.	El transporte tipo grúa funciona, pero hay que hacer mayores procedimientos, amarra bien los elementos, amárrale una guía para éstos a la hora de subir no tengan movimientos bruscos y genera incertidumbre

**Fuente:** Elaboración Propia.

Con las anteriores consideraciones, se inicia el desarrollo del diseño, tomando las recomendaciones y decisiones sobre otros sistemas y mecanismos que también pueden funcionar para elevar elementos pesados.

### 3.1.4. Desarrollo del Diseño

Como primer punto se considera el estudio de uso de esta máquina, el cual hace referencia a la frecuencia de uso del equipo.

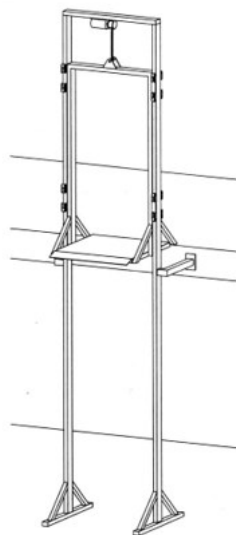
Seguidamente se tomará en cuenta las características del área de trabajo para proceder con el diseño del modelo considerando dimensiones de cabina, izaje, dimensiones de puertas, velocidad, capacidad, número de niveles, seguridades entre otros, los que debidamente serán justificados y fundamentados con cálculos.

### 3.1.5. Estructura Metálica

Se propone un diseño ajustado al espacio de trabajo en la cual el ascensor será acoplado a un sistema de plataforma de mantenimiento de camión; en la Figura 3-3 se muestra el diseño de la estructura que estará ensamblada a la estructura principal.

Conociendo las características del espacio de trabajo se sigue con el diseño y observando los elementos del mercado, por lo que el conjunto de tracción seleccionado es el sistema de tracción eléctrica eléctrico de capacidad de tracción de 1000 Kg, que se acomodan a las características del proyecto. En la Figura 3-4, muestra el conjunto tractor para transportar la carga hasta un punto requerido.

**Figura 3-4.** Estructura Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

El sistema de tracción tiene engranajes planetarios junto con el embrague de bobinado libre, y el control remoto montado en el manillar ofrece un excelente control mientras se utiliza el cabrestante. A su vez, este cabrestante cuenta con un frenado dinámico del tambor del cabrestante para que tenga la potencia de frenado que necesita para cada trabajo. Con una relación de reducción de engranajes de 153: 1, el cabrestante cuenta con una velocidad de línea de 3.3 pies por minuto con carga completa y 10.5 pies por minuto sin carga. Acompañada por el gancho de horquilla de alta resistencia y la práctica correa, esta herramienta compacta y liviana es todo menos liviana cuando se trata de potencia, ofreciendo mucho más que un motor y un carrete de cuerda. (torque, 2021).ver Figura 3-5

**Figura 3-5.** Grupo Tractor (Capacidad 1000 Kg)



Fuente: (torque, 2021)

### 3.1.6. Diseño del Sistema Mecánico

Para inicial con el Diseño del sistema mecánico del ascensor de carga hay que tener lluvia de ideas y estructurar un modelo usando los conceptos y modelos matemáticos adquiridos durante el estudio de ingeniería, teniendo en cuenta también factores como materiales metálicos y accesorios que componen la máquina, la forma y estética del diseño se desarrolló en software de diseño mecánico CAD y simulaciones en SolidWorks® que permitan dar solución a la necesidad antes mencionada.

La masa se pretende sostener la estructura será de 1000 Kg, por lo que la estructura que soportará una fuerza en Newton de:

$$m = 1000 \text{ kg}; \text{ masa}$$

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}; \text{ Gravedad}$$

$$F = m * g \text{ (Fuerza)} \qquad \text{Ecuación (3.1)}$$

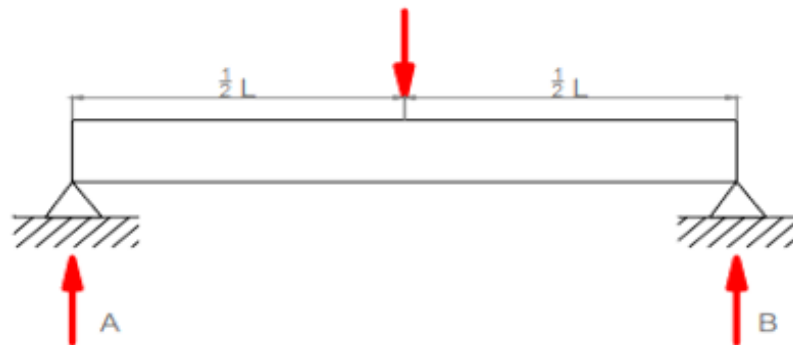
$$F = 1000 \text{ kg} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 9,8 \text{ kN}$$

### 3.1.7. Cálculo Estático de la Estructura Metálica

Para el cálculo de las reacciones de la estructura se debe tener en cuenta que la fuerza que soporta el travesaño metálico estará empotrada, de tal forma que ésta generará una reacción contraria a la fuerza, y haciendo una sumatoria de fuerza se puede obtener el valor de las reacciones de cada uno de los apoyos como se muestra en la Figura 3-6.

**Figura 3-6.** DCL de la Estructura Superior del Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración propia.

Se realizó una sumatoria de fuerzas en el eje, y para poder obtener ecuaciones que permitan calcular el valor de las reacciones.

$$\uparrow \Sigma f_y = 0$$

$$R_a + R_b = 9,8 \text{ KN} \qquad \text{Ecuación (3.2)}$$

Para el cálculo de cada una de las reacciones, se hará una sumatoria de momento para obtener los valores requeridos.

$$\curvearrowleft \Sigma MR_a = 0;$$

$$R_b * 0,8 \text{ m} - 9,8 \text{ KN} * (0,8 \text{ m}/2) = 0$$

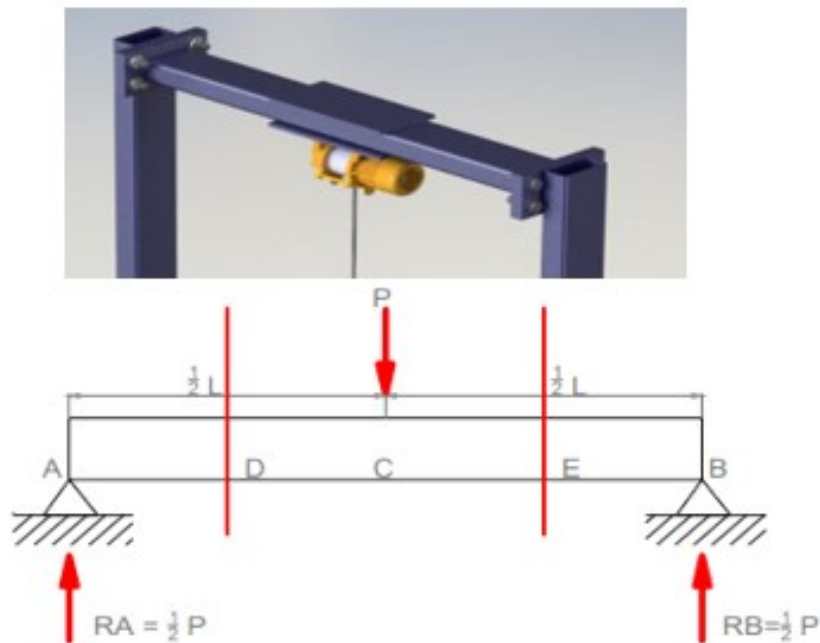
$R_b = 4900 \text{ N}$  , con este valor calculado se obtiene la reacción en el punto A.

$$R_a = 4900 \text{ N}$$

### 3.1.8. Cálculo de Resistencia - Viga Superior Transversal

Para el cálculo de resistencia de esta estructura se deben conocer los momentos que esto genera, y los diagramas de cortante y momento flector. Se sabe que esta estructura se comporta como una viga; en la Figura 3-7, se pueden identificar las reacciones y apoyos de la estructura metálica del ascensor.

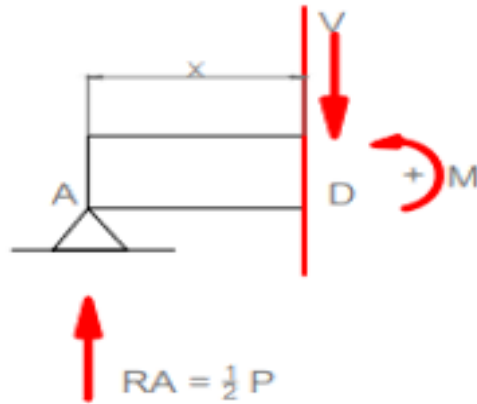
**Figura 3-7.** Diagrama de Cuerpo Libre Y Reacciones de la Estructura.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Suponiendo que el corte y el momento flector son positivos, se generan cortes en la viga para mostrar el valor de estos componentes. Ver Figura 3-8 (Beer, Russell, & DeWolf, 2010).

**Figura 3-8.** Diagrama de Cuerpo Libre Sección A-D.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Del diagrama se realiza una sumatoria de fuerzas y de momentos.

$$\uparrow \Sigma f_y = 0 ;$$

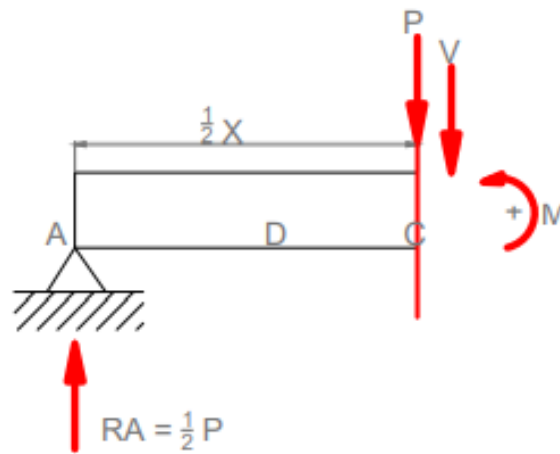
$$R_a = V_1 = 4900 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \Sigma MD = 0$$

$$-R_a * (x) + M_D = 0; M_D = R_a * (x)$$

De igual forma se realizó otro corte en la mitad de la estructura. Como se muestra en la Figura 3-9.

**Figura 3-9.** DCL Sección A-C



**Fuente:** Elaboración Propia.

$$\uparrow \Sigma f_y = 0$$

$$R_a = V_2 = 4900 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \Sigma MC = 0$$

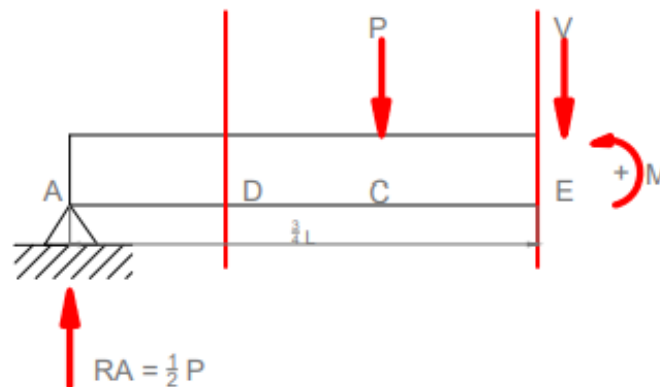
$$-R_a * (x/2) + M_C = 0$$

$$M_C = R_a * (x/2)$$

$$M_C = 1960 \text{ Nm}$$

Por último, se realiza un corte a  $\frac{3}{4}$  partes de la viga empotrada como se muestra en la Figura 3-10.

**Figura 3-10.** DCL Sección A-E.



**Fuente:** Elaboración Propia.

$$\downarrow \Sigma fy = 0$$

$$R_a - V_3 = 9800 \text{ N}$$

$$V_3 = 1000 \text{ kg} - R_a$$

$$V_3 = -4900 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \Sigma ME = 0$$

$$-R_a * \left(\frac{3x}{4}\right) + 1000 \text{ kg} \left(\frac{x}{4}\right) + M_E = 0$$

$$M_E = R_a * \left(\frac{3x}{4}\right) - 1000 \text{ kg} \left(\frac{x}{4}\right)$$

Para conocer el comportamiento de las fuerzas y esfuerzos a los que va a estar sometida la estructura, se debe realizar un diagrama para visualizar el valor del momento máximo; a continuación, se muestran los diagramas de cortante y de momento.



Se observa que el momento máximo es de 1960N.m; con esto se calcula el esfuerzo que puede soportar el ascensor de carga.

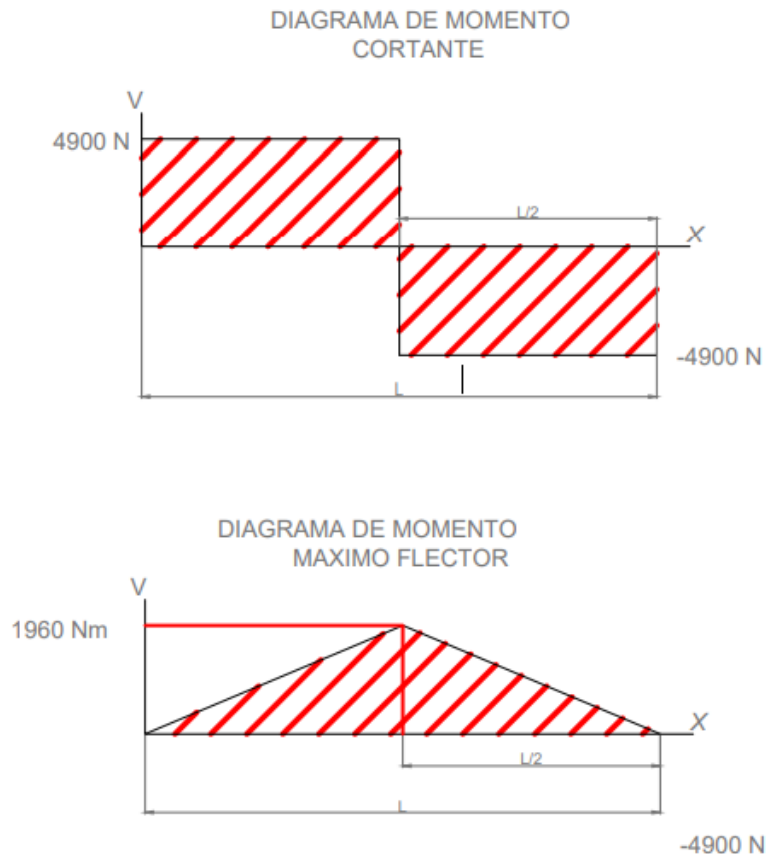
### 3.1.1. Cálculo de Esfuerzo Máximos

La ecuación de la flexión elástica para el esfuerzo máximo normal, permitirá conocer la resistencia a esfuerzos normales a los que está sometido por medio de la Ecuación 3.3.

El momento máximo se obtiene de las ecuaciones de momento y/o de los diagramas de momento como se muestra en la Figura 3-11.

$$\sigma_M = \frac{M}{S} \quad (3.3)$$

**Figura 3-11.** Diagramas de Cortante y Momento Flector.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En donde S es el módulo de sección de la viga.

Para calcular el módulo de sección se realizará con la siguiente Ecuación.

$$S = \frac{1}{6} b * h^2 \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

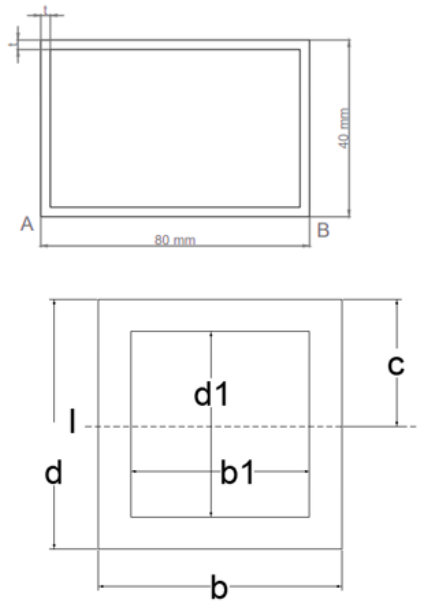
Este módulo de sección es adecuado para la viga, que es de forma rectangular como se ve en el la Figura 3-12. Módulo de sección de viga hueca cuadrada.

$$S = \frac{1}{6 * 0,08m} ((0,08m) * (0,04m)^2 - (0,074m) * (0,034m)^2)$$

$$S = 8,854x10^{-5}m^3$$

Conociendo el módulo de sección se calcula el esfuerzo máximo de la viga. De la Ecuación 3.3 se calcula

**Figura 3-12.** Dimensiones de Sección rectangular de acero.



**Fuente:** (Recursosbiblio.url.edu.gt)

$\sigma_{Max} = \frac{M_{Max}}{S}$ ; El momento máximo se puede ver y tomar del gráfico de momento de flexión.

$$\sigma_M = \frac{1960Nm}{8,854x10^{-5}m^3}$$

$$\sigma_M = 22136887,728 N/m^2 \text{ ò pascales}$$

$$\sigma_M = 22,136 Mpa$$

En la fabricación de estructuras de ascensor de carga, la norma ASTM para este tipo de materiales A36 es de 400 MPa, lo que permite comparar que la estructura y el tipo de

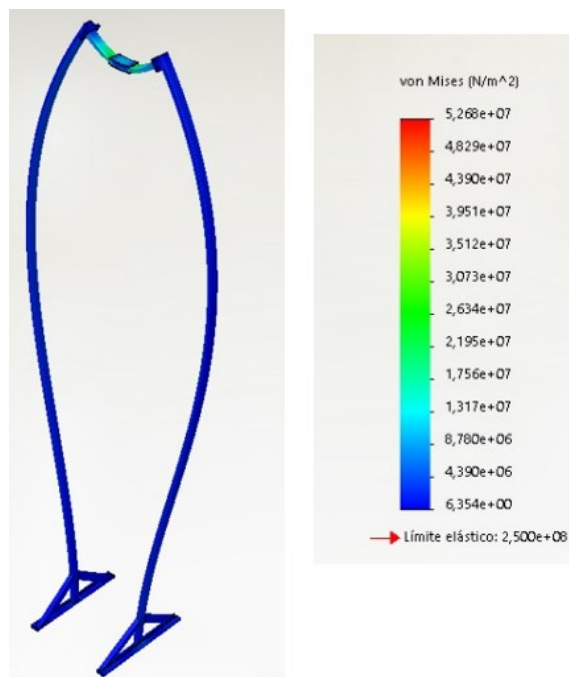
material seleccionado tiene mayor resistencia a la tracción y, por ende, cumple con los requerimientos propuestos.

### 3.2. Esfuerzos Y Tensiones En Estructura Metálica

Para el cálculo estructural y esfuerzos de tensiones de la estructura metálica, se utilizó un software tipo CAD, en la que simula las cargas máximas aplicadas y se observa el comportamiento de la estructura con respecto a estas cargas aplicadas, y a través del siguiente Figura 3-13, se muestran las tensiones y esfuerzos que puede soportar la estructura.

La estructura se encuentra en un estado multiaxial de tensiones; es el estado más general que puede presentarse ante una condición. Componentes ingenieriles están sujetos a cargas complejas de presión, tracción, compresión, torsión, o una combinación de ellas, de forma tal que para un cierto punto del material se producen tensiones en más de una dirección. El cálculo manual de estas tensiones, suele ser complejo y hasta a veces imposible para idear experimentos que puedan cubrir cada detalle, y cada particular combinación de tensiones, atento a las dificultades en afán de concretarlo como al extraordinario costo que el procedimiento implica.

**Figura 3-13.** Análisis de Esfuerzo y Tensiones.



Fuente: Elaboración Propia.

Por tal razón se necesitan Hipótesis, Teorías o Criterios que permitan evaluar, comparar y relacionar un estado de tensión cualquiera con los resultados experimentales del ensayo típico de tracción, cuyo costo es relativamente bajo (Teoria de Fallas o comparacion, 2010). Por tal motivo se simula en un software de diseño, que toma esas cargas axiales y muestra la posibilidad de falla del elemento.

Considerando las condiciones de estrés aplicados al material a temperatura de 50 °C, cargas axiales de tensión y compresión, esto con cargas de 1000Kg, se realizó la simulación en el software, con estas condiciones de trabajo real que se aplicó a la estructura en SolidWorks. El Software con los parámetros entregados, realizó la simulación, obteniendo como resultado el análisis de esfuerzo y tensiones (Von Mises) se muestra las deformaciones de la estructura, y es el mejor indicador de diseño en los materiales que se ha utilizado como acero estructural ASTM A36, a su vez que identifica la energía de distorsión. Mostrando como resultados los esfuerzos de tensión máxima y mínima de:

**Tensión mínima:** 6,354 Pa

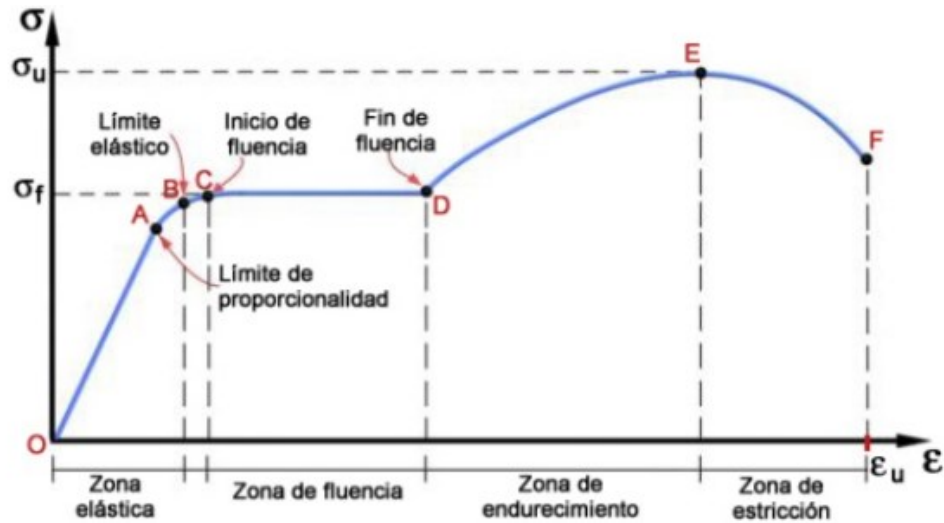
**Tensión Máxima:** 52,68 MPa

### **3.2.1. Factor de Seguridad Estructura Metálica**

Una de las incógnitas más importantes dentro del diseño de máquinas y elementos siempre ha sido conocer el punto en el cual la estructura empieza a perder sus propiedades elásticas, justo antes de que empiece a fallar el material.

En teoría, los diseños mecánicos se conceptualizan para que funcionen dentro de la zona elástica del material, es decir, una vez retiradas las condiciones a las que se encuentra sometido regresará a su forma original (INTELLIGY, 2020). El diagrama de esfuerzo y de deformación muestra claramente el comportamiento de los materiales, es decir, que para que una estructura pueda soportar la carga requerida, ésta debe estar por debajo de la zona elástica  $\sigma_F$  y de esta manera no exista deformación como indica la Figura 3-14.

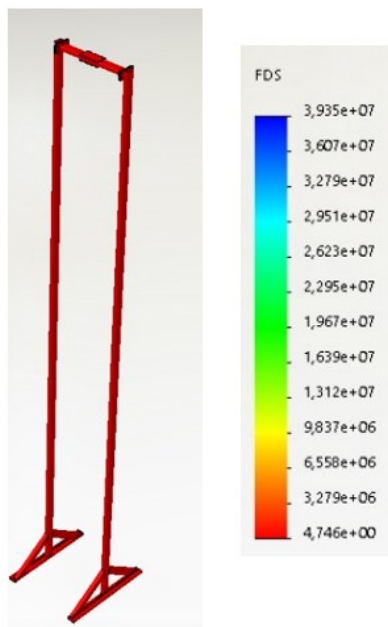
Figura 3-14. Diagrama Esfuerzo Deformación.



Fuente: Slideshare

En este gráfico se puede observar visualmente cómo se comporta cada sección de la pieza respecto a las cargas de tensión aplicadas, de manera que se especifica tanto el área más segura como la más insegura; en este caso la zona más insegura será el factor mínimo que se haya calculado, como se muestra a continuación en la Figura 3-15.

Figura 3-15. Análisis de Tensión y Factor de Seguridad de Estructura Metálica.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede evidenciar claramente que el factor de seguridad mínimo para esta estructura es de **4,7** dando la confianza necesaria para el desarrollo del diseño.

### **3.2.2. Cálculo de Resistencia – Estructura Canasto**

Para el desarrollo de esta estructura a través de SolidWorks como se puede observar en la Figura 3-16, se llevará a cabo el estudio estático y de resistencia, por lo que principalmente hay que realizar el dibujo de la estructura y ensamblarlo, y luego se hace el estudio.

**Figura 3-16.** Estructura del Canasto.

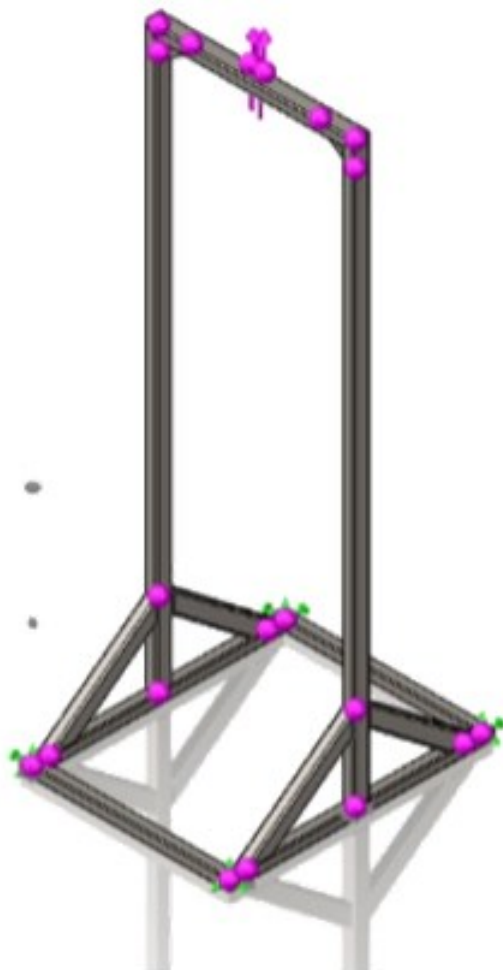


**Fuente:** Elaboración Propia.

Al igual que los cálculos realizados de forma manual, se analizará la estructura aplicándole cada una de las cargas necesarias para simular cargas, y ver los efectos causados por las

mismas, como en la Figura 3-17, donde se evidencia los puntos de las fuerzas aplicadas en puntos críticos e importantes a tener en cuenta para la fabricación.

**Figura 3-17.** Estructura del Canasto.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En cada uno de los elementos se realizó el respectivo análisis, dando la información necesaria para la construcción del proyecto. La información detallada de esta estructura que incluye el módulo de sección, el peso de cada elemento, así como las dimensiones del mismo, se mostrará a continuación en las Tablas 3-5 hasta la Tabla 3-9; esto es para identificar cada elemento de la estructura y las dimensiones que ésta tienen, como la masa, el peso y el área de la sección de cada tramo.

Con el uso del software CAD (SolidWorks), se analizó cada estructura de forma individual mostrando el tanto el peso de la estructura como algunas de sus propiedades. En la Tabla


3-10, se muestra el análisis completo a la estructura de la canasta, mostrando una propiedad como lo es el límite elástico, el límite de tracción y el módulo elástico de la canasta.

**Tabla 3-5.** Análisis de Sección Transversal 1 de Tubería Rectangular.

	<b>Elemento</b>	<b>Propiedades</b>
	Sección Transversal 1	<p><b>Estándar de sección-iso/Tube (rectangular):</b> 60 x 40 x 3.2</p> <p><b>Área de sección:</b> 0,00057267m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b> 1.945,1mm</p> <p><b>Volumen:</b> 0,00111391m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b> 7.850Kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b> 8,74419Kg</p> <p><b>Peso:</b> 85,693N</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.

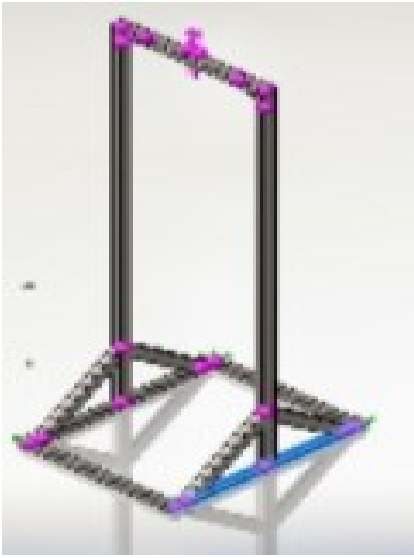
**Tabla 3-6.** Análisis de Sección Transversal 2 de Tubería Rectangular.

	<b>Elemento</b>	<b>Propiedades</b>
	Sección Transversal 2	<p><b>Estándar de sección-iso/Tube (rectangular):</b> 60 x 40 x 3.2</p> <p><b>Área de sección:</b> 0,00057267m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b> 396,947mm</p> <p><b>Volumen:</b> 0,000227319m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b> 7.850Kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b> 1,78445Kg</p> <p><b>Peso:</b> 17,4876N</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Tabla 3-7.** Análisis de Sección Transversal 3 de Tubería Rectangular.

	<b>Elemento</b>	<b>Propiedades</b>
	Sección Transversal 3	<p><b>Estándar de sección-iso/Tube (square):</b>40 x 40 x 2.6</p> <p><b>Área de sección:</b>0,000371551m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>860mm</p> <p><b>Volumen:</b>0,000319539m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850Kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>2,50838Kg</p> <p><b>Peso:</b>24,5821N</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 3-8.** Análisis de Sección Transversal 4 de Tubería Rectangular.

	<b>Elemento</b>	<b>Propiedades</b>
	Sección Transversal 4	<p><b>Estándar de sección-iso/Tube (square):</b>40 x 40 x 2.6</p> <p>Área de sección:0,000371551m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>670mm</p> <p><b>Volumen:</b>0,000248943m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850Kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>1,9542Kg</p> <p><b>Peso:</b>19,1512N</p>

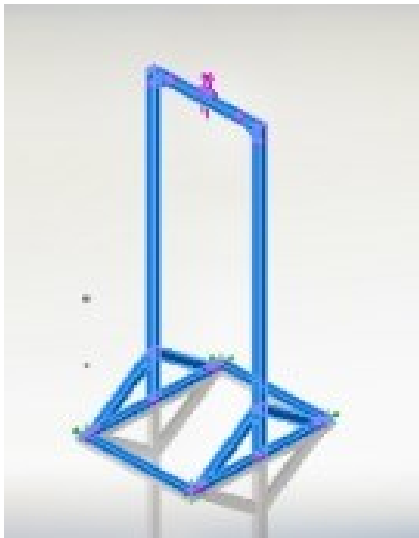
**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 3-9.** Análisis de Sección Transversal 5 de Tubería Rectangular.

	<b>Elemento</b>	<b>Propiedades</b>
	Sección Transversal 5	<b>Estándar de sección-iso/Tube (square):</b> 40 x 40 x 2.6 <b>Área de sección:</b> 0,000371551m <sup>2</sup> <b>Longitud:</b> 670mm <b>Volumen:</b> 0,000248943m <sup>3</sup> <b>Densidad:</b> 7.850Kg/m <sup>3</sup> <b>Masa:</b> 1,9542Kg <b>Peso:</b> 19,1512N

**Fuente:** Elaboración Propia.

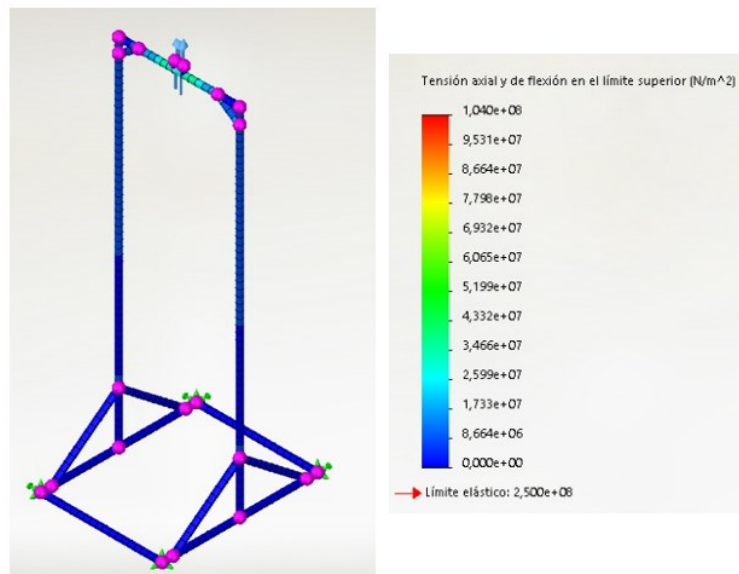
**Tabla 3-10.** Análisis en SolidWorks de la Estructura del Canasto.

	Elemento	Propiedades
	Estructura Completa	<b>Nombre: ASTM A36 Acero</b> Tipo de modelo: Isotrópico elástico <b>Límite elástico:</b> 2,5e+08 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 4e+08 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2e+11 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0,26 <b>Densidad:</b> 7.850 Kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 7,93e+10 N/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos muestran la resistencia de la estructura del canasto, y se puede realizar de forma manual, pero con la simulación se muestra en detalle las zonas críticas. En la Figura 3-18 se muestra en detalle que la simulación muestra el límite elástico y que las zonas de mayor color de intensidad no son muchas.

**Figura 3-18.** Análisis de Resistencia de la Estructura del Canasto.



**Fuente:** Elaboración Propia.

El análisis de flexión arroja un esfuerzo de deformación máximo de  $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , es decir **25 MPa**, un dato similar a la estructura transversal superior, que es la que soporta la mayor cantidad de esfuerzos.

### 3.2.3. Factor de Seguridad de Estructura Metálica Canasto

Al igual que el análisis de la estructura, se utilizó el mismo análisis de Von Mises para el análisis de cargas axiales en la estructura completa, mostrando un **factor de seguridad** de la canasta de **2,4** como muestra la Figura 3-14; cabe destacar que cada elemento de la estructura tiene un factor que demuestra cuán confiable es el diseño.

Se observa que el límite elástico de la estructura del canasto es de  $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , dando la seguridad para continuar con el diseño del ascensor de carga, de 1000 Kg de capacidad.

### 3.2.4. Cálculo Dinámico del Ascensor de Carga

Para determinar el movimiento de una partícula, se hace necesario conocer la posición de la partícula para un valor del tiempo ( $t$ ); el comportamiento del ascensor es de forma rectilínea uniforme debido a que el sistema de tracción empieza su recorrido y termina con la misma velocidad para evitar cambios de velocidad, que generen aceleraciones que puedan producir vibraciones a la estructura y desajustando ésta.

Se sabe que la velocidad es:

$$V = \frac{dx}{dt} \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

De igual manera se sabe que la aceleración es:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

La mayoría de estos dispositivos son estándar y vienen con velocidad constante, para el caso de cargas de 1 tonelada es de 18 m/min, es decir 0,3 m/s

La aceleración es gravitacional y es  $9,8 \text{ m/s}^2$  y la aceleración del sistema se calcula a continuación.

Para el cálculo de tensión se tiene que realizar una suma de fuerzas en el eje (Y),

Si se sabe que la tensión es la misma fuerza entonces:

$\Sigma f_y = 0$  cuando ésta está en reposo.

$$T - W = 0 \text{ se sabe que } W = mg$$

$$T - mg = 0 ; T = mg$$

$$T = 1000kg * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$T = 9,8 \text{ KN}$$

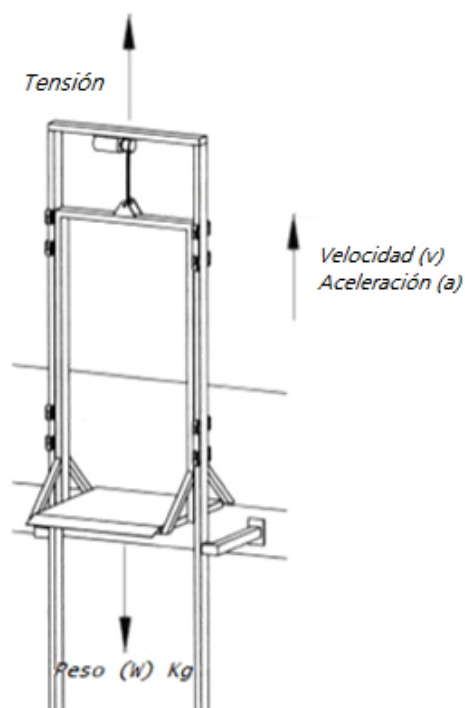
Se aplica la fórmula de aceleración

$$F = m * a$$

$$a = \frac{9800 \text{ N}}{1000 \text{ kg}}; a = 9,8 \text{ m/s}^2$$

De esta manera se comprueba que la aceleración es la gravitacional, lo que es constante, que aumenta por cada segundo y como nuestro sistema, si avanza hacia arriba, sería negativo, y hacia abajo, positivo. La dirección como la indica la Figura 3-19, es que si se dirige hacia abajo y con el efecto de la gravedad ésta muestra signo (+)

**Figura 3-19.** DCL Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

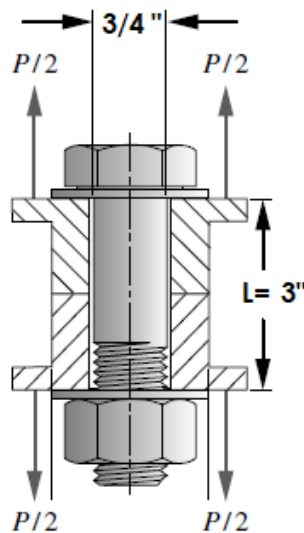
## 3.2.5 Calculo Estático De Elementos De Sujeción

### 3.2.5.1 Pernos

El diámetro del perno seleccionado tiene unas dimensiones de  $\frac{3}{4}$ " y longitud de 3 "y la carga aplicada es la máxima soportada por la estructura que en este caso sería 1000 Kg es decir que multiplicado por la fuerza gravitacional (Gravedad =  $9.8 \text{ m/s}^2$ ) es de  $F = 9800 \text{ N}$ . el grado seleccionado del perno es de 2. Tenemos que en la Figura 3-20:

$$F_i = 0,9S_p * A_t$$

Figura 3-20. Dimensiones Del Perno.



Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla 3-10 Se muestra las especificaciones y resistencia de los pernos de acero según la SAE

Tabla 3-11. Especificaciones y Resistencia para pernos de acero SAE

Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
1	0.25-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25-0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25-1.5	65	100	115	medio carbono, forjado en frío
5	0.25-1.0	85	92	120	medio carbono, Q&T*
5	1.125-1.5	74	81	105	medio carbono, Q&T
5.2	0.25-1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T
7	0.25-1.5	105	115	133	aleación al medio carbono, Q&T
8	0.25-1.5	120	130	150	aleación al medio carbono, Q&T
8.2	0.25-1.0	120	130	150	martensita al bajo carbono, Q&T

Fuente: Norton

Con las dimensiones estándar de los pernos según la Tabla 3-12 obtenemos los datos del área.

**Tabla 3-12.** Dimensión estándar de Pernos

Tamaño	Cuerdas gruesas, UNC				Cuerdas finas, UNF		
	Diámetro mayor $d$ (in)	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo por tensión $A_t$ (in <sup>2</sup> )	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo por tensión $A_t$ (in <sup>2</sup> )
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560
3/4	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630

**Fuente:** Shigley

$$F_i = 0,9 * 5500lb * 0,3345 \text{ in}^2$$

$$F_i = 1655,775lb$$

Lo que indica que soporta la capacidad aplicada de 1000 kg, el esfuerzo maximo soportado por los pernos es de:

$$\sigma_{Max} = \frac{F}{A_t}$$

$$\sigma_{Max} = \frac{1655,774 \text{ lb}}{0,3345 \text{ in}^2}$$

$$\sigma_{Max} = 4949 \text{ lb/in}^2, \text{ es decir uqe esta soportando aproximadamente } 34,128 \text{ Mpa}$$

### 3.2.5.2 Soldadura

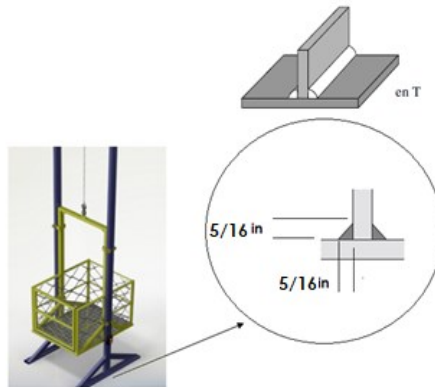
El tipo de soldadura a utilizada es una soldadura 7018, lo que indica que tiene 70 psi y bajo hidrogeno y arranque con estabilidad de arco.

En la figura 3-21 se muestra las dimensiones de la altura y el espesor de la soldadura 7018 para acero estructural

Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa Cerrejón En Faenas Mineras

---

**Figura 3-21.** Dimensiones soldadura.



**Fuente:** Elaboración Propia

De la tabla 3-13, tomamos la fuerza permisible por longitud unitaria de un electrodo de metal E7030 es de 5/16" 4,64 kip/in

**Tabla 3-1** Carga Permisible para Varios Tamaños.

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)							
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$^{\dagger}f =$	12.73 <i>h</i>	14.85 <i>h</i>	16.97 <i>h</i>	19.09 <i>h</i>	21.21 <i>h</i>	23.33 <i>h</i>	25.45 <i>h</i>
Tamaño del cateto <i>h</i> , pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	4.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	2.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	1.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

**Fuente:** Shigley



$$F = 5,57l$$

$$F = 5,57 * 6 In$$

$$F = 27,84Kips$$

Como 27,84 Kips > 2200 lbs, la resistencia del metal de aporte es satisfactoria.

$$S_y = 27,5 Kpsi$$

$$\tau_{permisible} = 0,4S_y$$

$$\tau_{permisible} = 0,4 * 27,5Kpsi = 11Kpsi$$

El esfuerzo cortante  $\tau$  en el metal base de la soldadura es:

$$\tau = \frac{F}{2hl}$$

$$\tau = \frac{2200 lb}{2(0,3125in) * 2} = 1,760 lb$$

Como  $t_{permisible} > t$ , los cordones de soldaduras cumplen satisfactoriamente con las cargas aplicadas.

El esfuerzo a la tensión viene dado por:

$$\sigma = \frac{F}{tl}$$

$$\sigma = \frac{2200 lb}{\left(\frac{3}{8} in\right) * 2} = 2933, Kpsi$$

### 3.3. Especificaciones Y Planos del Diseño

El diseño de un ascensor tiene detalles, y sólo con planos se puede mostrar cada detalle e identificar puntos en los que hay mayor riesgo a mejorar. A continuación, se mostrará cada una de las especificaciones necesarias y requeridas según el diseño.

### 3.3.1. Sistema de Tracción

Una de las características principales de este sistema de elevación de carga es que cuenta con un sistema de tracción que tiene una capacidad de 1000 Kg; éste cuenta con un cable de 7.6 metros de largo, con diámetro de 4,8 mm y una velocidad de línea de 0,6 metros /minutos. Esta velocidad garantiza que la carga no sufra cambios bruscos de velocidad, y se evita el movimiento excesivo de los elementos industriales. Tal como se muestra en la Figura 3-22. En el Anexo b se observa la instalación de este sistema.

**Figura 3-22.** Tracción Eléctrica.



**Fuente:** Tomado de BADA ®

#### Especificaciones

- Tracción: 1000Kg
- Longitud de cable: 7,6 metros
- Velocidad: 0,6 metros/minutos
- El motor: 24V DC 0,9 KW y 1,2 HP
- Tamaño del tambor:(Diámetro X Longitud):1.5"x 3,15" (38x80mm)
- Gancho de tracción

### 3.3.2. Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico de tracción es sencillo, cuenta con una fuente de energía como se muestra en la Figura 3-23, desde fuente de energía eléctrica, pasa por un circuito de

breaker transistores y condensadores y transformadores y diodos rectificadores para poder energizar y poner en función el sistema de tracción eléctrico, además cuenta con una caja botonera para ascender o descender la canasta.

Este sistema contiene una tarjeta electrónica donde se produce el control directo de todo el sistema, y está constituido por dos transformadores, condensadores, transistores, diodos, reguladores, resistencias y la caja en aluminio.

**Figura 3-23.** Tarjeta Eléctrica del Sistema de Tracción.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3.3. Estructura Metálica

Para la estructura metálica se utilizó los siguientes materiales; cabe destacar que para la obtención de estas especificaciones se tuvo en cuenta los cálculos del diseño realizados con anterioridad:

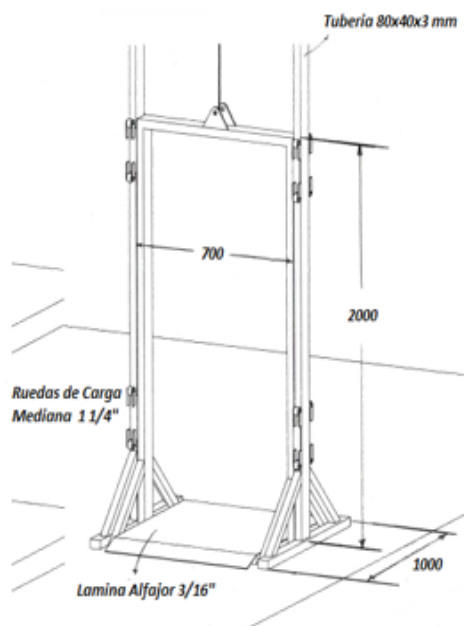
#### Para el Malacate. Ver Figura 3-24

- Chasis en tubería rectangular 80 x 40 x 2,5 mm
- Tracción eléctrica con transformador a 110v.
- Cabina de elevación en tubería redonda 1 ½", malla expandida EXR 16 calibre 18 y piso en lámina alfajor 3/16".
- Ruedas de carga liviana de 2" con soporte en platina 3/8".

#### Para La pluma de Izaje. Ver Figura 3-25

- Estructura en viga HEA 150, brazo rotativo en IPE 200 y piso en lámina HR en 5/8".
- La plataforma en el hangar fue fijada con pernos de anclaje de ¾" x 3".

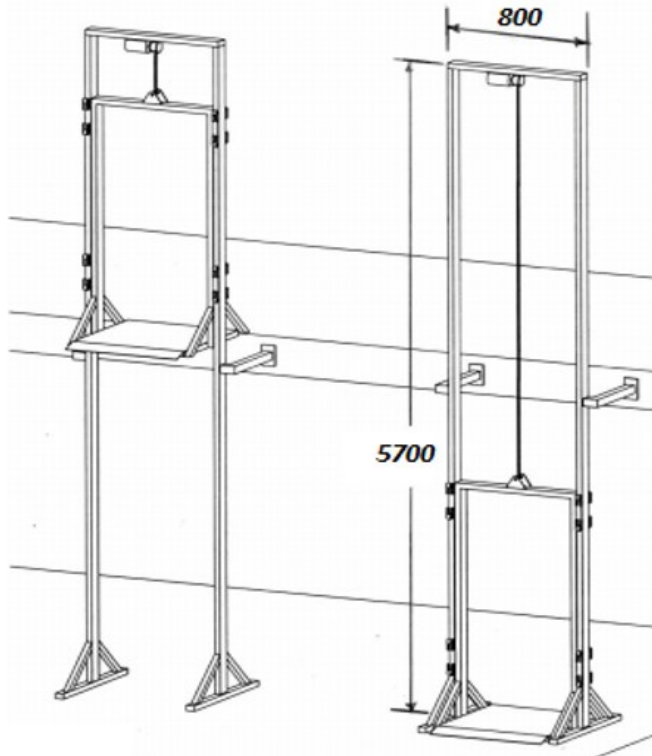
Figura 3-24. Especificaciones de la Estructura de la Canasta.



Fuente: Elaboración Propia.

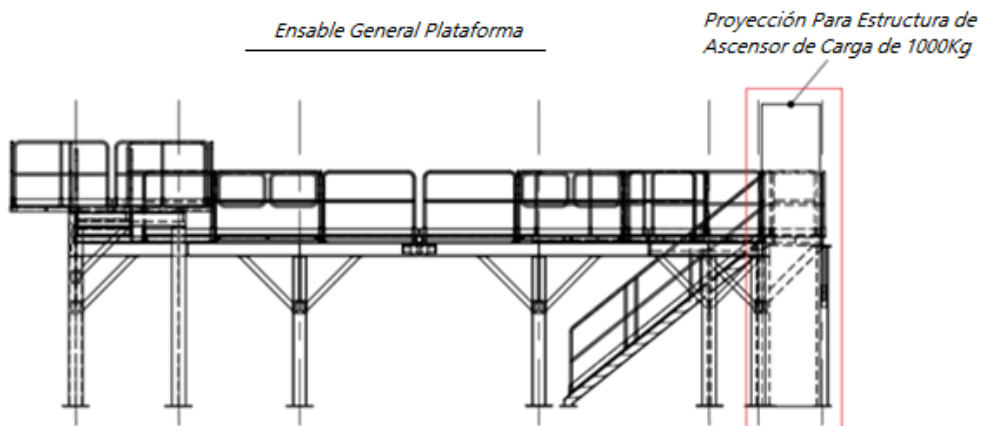
Dicha estructura estará empotrada en un sistema amplio de plataforma para darle la funcionalidad que se requiere. En la Figura 3-26, se observa la plataforma metálica donde estará ubicado el ascensor de carga.

**Figura 3-25.** Estructura Metálica del Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 3-26.** Ubicación Para Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3.4. Especificaciones de los Planos de Taller

En SolidWorks se realizó el diseño de la estructura dando como resultado los diseños y planos de taller acabados para su construcción. En la Figura 3-27, se muestra el ensamble de la estructura diseñada, el canasto de elevación.

**Figura 3-27.** Canasto de Elevación.



**Fuente:** Elaboración Propia.

El diseño terminado en el software CAD, en este caso en SolidWorks®, muestra el ascensor de carga listo para ser construido con detalles y generando el plano de taller para su manufactura, como se muestra en la Figura 3-28; un plano Isométrico y renderizado, y el plano de taller de la Figura 3-29 y 3-30.

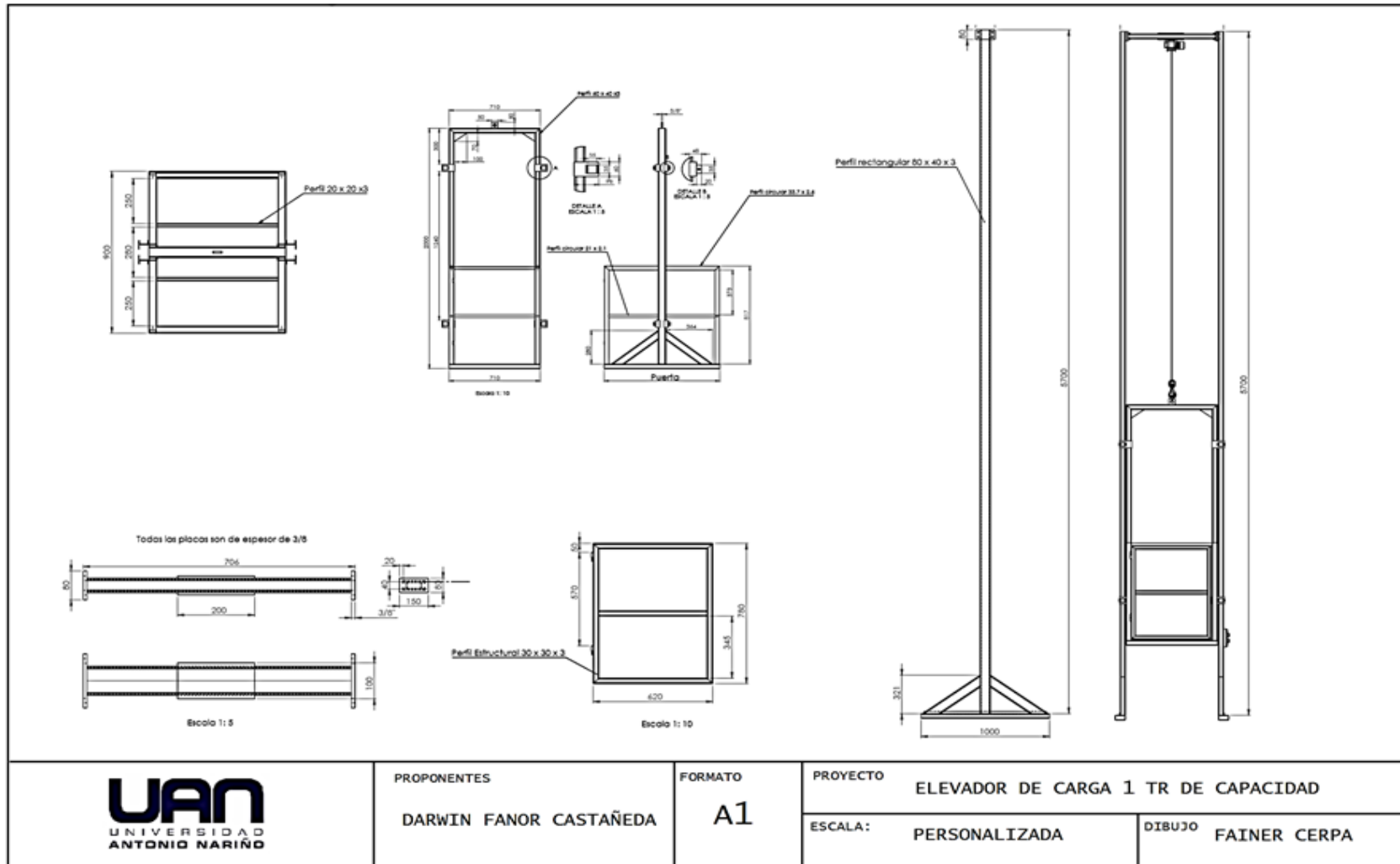
**Figura 3-28.** Ascensor de Carga Vista Isométrica.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa  
Cerrejón En Faenas Mineras

**Figura 3-29.** Plano de Taller Ascensor de Carga.

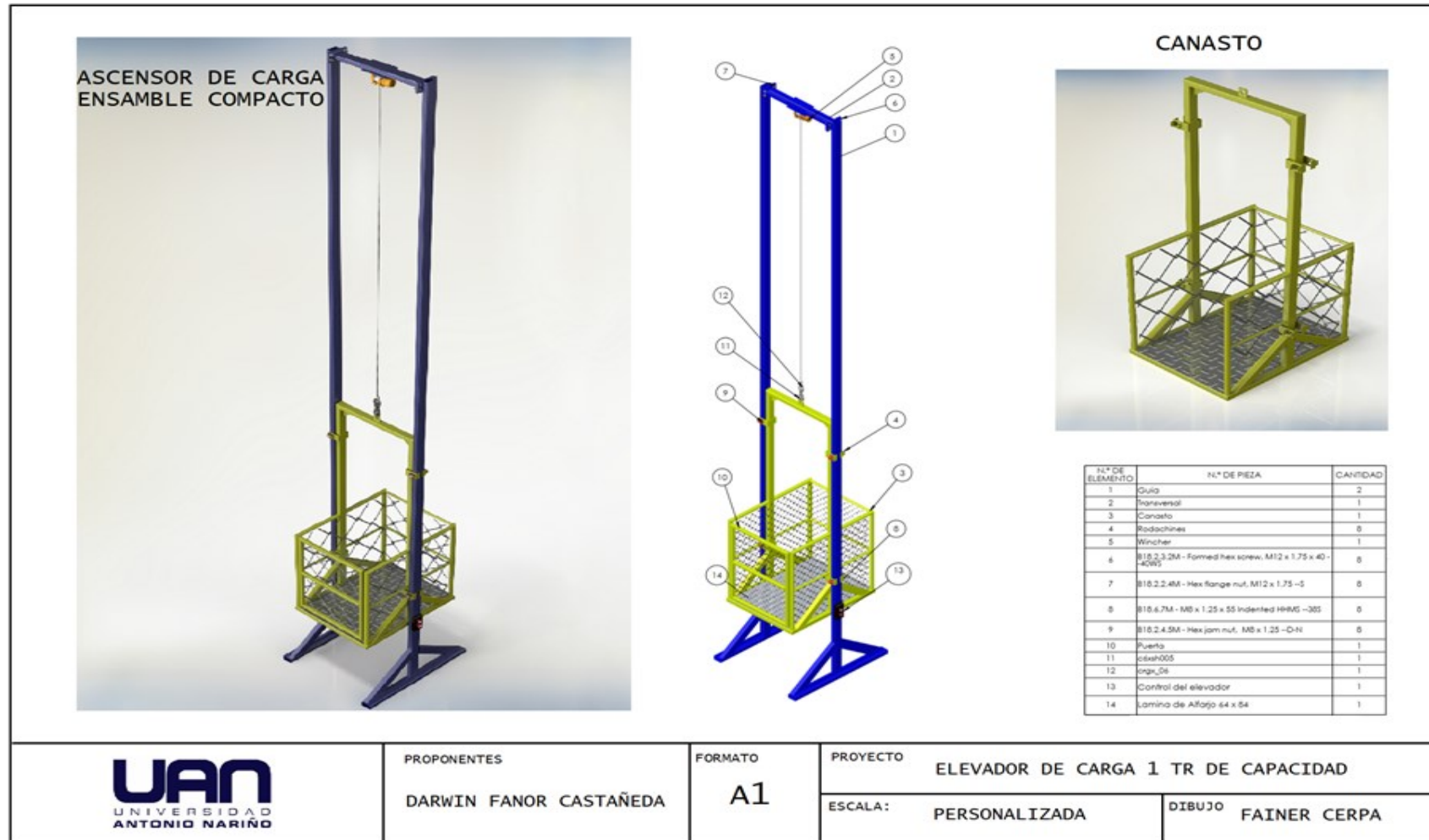


**Fuente:** Elaboración Propia.



Diseño E Implementación de Un Ascensor de Carga de Capacidad de Una Tonelada Para la Empresa  
Cerrejón En Faenas Mineras

**Figura 3-30.** Plano de Taller Y Detalles Ascensor de Carga.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### **3.4. Construcción Y Puesta En Marcha**

#### **3.4.1. Inspección de los elementos**

Para la construcción del ascensor de carga de 1000 Kg, el proceso se realizó en fases y etapas básicas. Durante la primera etapa se buscó la consecución de los tubos metálicos y cada uno de los elementos que forman el elevador, y se hizo una inspección de tal forma que no faltara ningún elemento, verificando que no existieran cortes, corrosión, y elementos distorsionados; posteriormente se hizo una limpieza y se colocaron en un sistema de secado para evitar humedad en cada uno de los elementos. La Figura 3-31 muestra los tubos rectangulares de acero estructural A-36, para inicio de la construcción del ascensor.

**Figura 3-31.** Perfiles de Acero ASTM A36 Rectangular.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se revisaron los tornillos que serían de 1" para empotar la estructura, arandelas y la base de pintura de la estructura, verificando cada detalle las bases metálicas.

#### **3.4.2. Construcción de Estructura Metálica**

Para la construcción de la estructura metálica, se contó con el personal calificado de la compañía Cerrejón, quien con sus competencias iniciaron la construcción del ascensor de carga. Principalmente se inició con el corte de las láminas, con las especificaciones anteriormente mostradas y la soldadura de los tubos para los travesaños y ángulos de la estructura. Cabe destacar que la soldadura utilizada estaba de acuerdo con las normas colombianas de soldadura NTC-4040, procedimiento para soldadura de aceros estructura (Norma Técnica Colombiana,

1997). La Figura 3-32 muestra el proceso de corte y preparación de los perfiles para posterior ensamble.

**Figura 3-32.** Corte de Láminas de Metal.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Para la realización de la estructura se utilizó la soldara F7018, autorizada y reglamentada. Ver Anexo a

En esta segunda etapa se realizó el ensamble de los elementos; con el plano de taller realizado, se comenzó a soldar principalmente la estructura metálica del Malacate y la del canasto.

A continuación, se muestra el proceso de soldar la estructura en la Figura 3-33 el lugar y los elementos necesarios para inicio de soldar la estructura.

**Figura 3-33.** Proceso de Soldado Estructura Metálica.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Para la construcción del canasto una vez soldados los perfiles y tubos, se continúa con el ensamble de la maya de protección que permitirá que los elementos, que van a ser transportados, se deslicen y ocasionen y riesgo para los trabajadores.



Esta malla será soldada alrededor del canasto como lo muestra la siguiente Figura 3-34. Posteriormente se le aplicó pintura anticorrosiva, seguido la pintura de color amarillo, y finalmente se le indica un aviso con el uso exclusivo y la capacidad de carga a transportar.

**Figura 3-34.** Canasto Ascensor de Carga.



Fuente: Elaboración Propia.

### **3.4.3. Instalación del Sistema de Tracción**

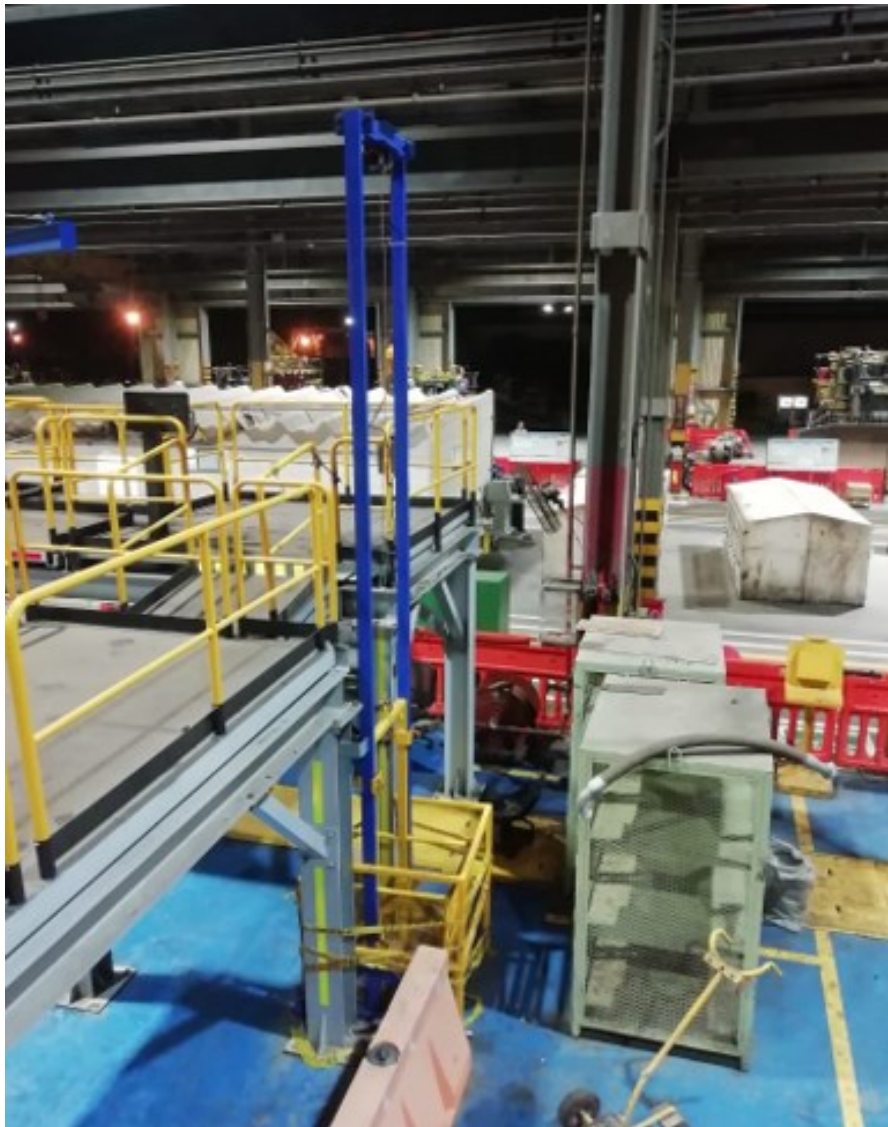
Una vez instalada la estructura del malacate a la plataforma se procede a instalar el sistema de tracción eléctrico, que sería el sistema de tracción con capacidad de 1000 Kg, y éste estará ajustado en la parte superior de la tubería de la sección transversal de la estructura.

Esta tendrá doble protección porque con una placa metálica estará soldada y a su vez estará ajustadas por pernos, que se empotrará en la tubería rectangular dando firmeza, solidez y seguridad para el levantamiento de cargas.

### 3.4.4. Instalación Completa del Ascensor de Carga

En la Figura 3-35, se evidencia el ascensor de carga ya instalado en el lugar especificado, con todos los elementos según el plano de taller y con acabados según normativas internas de la empresa, listo para operar. Ver Anexo d. El proyecto realizado fue financiado por la compañía cerrejón quien apoya el desarrollo y la investigación dentro de sus instalaciones, el costo la inversión, se puede ver en el Anexo e.

**Figura 3-35.** Ascensor de Carga Instalado.



**Fuente:** Elaboración Propia.

## 4 Capítulo 4

### 4.2 4.1 Análisis Y Resultados

Al instalar el ascensor de carga, se ultimaron detalles para realizar una prueba de funcionamiento buscando verificar su funcionalidad y tomar datos como amperaje, voltaje. Inicialmente se hizo sin carga y posteriormente se le colocó un peso, y se volvió a medir los parámetros anteriormente mencionados.

En la prueba se tuvieron en cuentas los siguientes chequeos

- Revisión y verificación del desplazamiento ascendente y descendente de la cabina.
- Revisión y verificación de la alineación con el piso de la cabina.
- Revisión y verificación del funcionamiento de las cerraduras de las puertas y sus sensores.
- Revisión y verificación del cable de enganche.
- Revisión y verificación del sistema al accionar el botón de parada de emergencia.
- Revisión y verificación del funcionamiento de todos los controles.
- Revisión y verificación de lubricación de los rieles y sistema de tracción.

Cada una de estas revisiones se hizo con estricto rigor, para evitar riesgos que pongan en juego la integridad de los trabajadores y de los elementos industriales, y cargas a llevar.

El operario es quien será encargado de verificar que todos los sistemas estén funcionando perfectamente, y llevará un control del peso de la carga para así evitar que el ascensor se sobrecargue y que puedan existir deformaciones en la estructura.

### 4.2. Prueba de Parámetros de Funcionamiento

Una vez instalado el ascensor se hizo una prueba de funcionamiento, que permitirá ajustar y verificar que éste tenga los parámetros necesarios para el buen funcionamiento. En la Tabla 4-1 se ingresaron los datos y se comprobaron con los datos reales obtenidos, que se observa que

está dentro del rango estimado, por lo que se puede decir que los parámetros son normales y que el ascensor de carga funciona según lo especificado.

**Tabla 4-1.** Datos de Operación.

<b>Parámetro</b>	<b>Placa</b>	<b>Real o funcionamiento</b>
Voltaje del motor	24 V	22,8 V
Voltaje transformador	12V- 110V	115,3 V

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **4.3. Mantenimiento de Ascensor**

A continuación, se puede observar de qué manera se llevará a cabo este mantenimiento, teniendo en cuenta su tipo de revisión.

Se debe también tener en cuenta, quien realiza el mantenimiento, que especifique su período, la fecha y algunas observaciones, las cuales permitirán que este ascensor se mantenga operativo. Se diseñará una tabla de inspección de mantenimiento y se asignará un responsable en cada turno de diligenciarla. Ver Tabla 4-2.

**Tabla 4-2.**Tabla de Inspección de Mantenimiento.

<b>Responsable de mantenimiento</b>	<b>Periodo del mantenimiento</b>	<b>Tipo de Inspección</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observaciones</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.



Para un buen funcionamiento del ascensor, es necesario realizar un mantenimiento que garantice la utilidad y duración del mismo. Es por esto que se hace necesario el uso del mantenimiento preventivo, el cual permite que se haga de manera eficiente.

Para realizar el mantenimiento preventivo también se realizó una rutina de mantenimiento; en la Tabla 4-3 es una tabla de chequeo de la rutina que permite llevar el registro de funcionamiento del ascensor de carga, si está operativo y en buen o mal estado.

**Tabla 4-3.** Tabla de Rutina de Mantenimiento.

<b>Rutina de mantenimiento</b>		
<b>Fecha</b>		
<b>Realizado por</b>		
<b>Tipo de revisión</b>		
<b>Elementos principales</b>	<b>Óptimas Condiciones</b>	<b>Mal estado</b>
• Sistema de tracción		
• Estado del cáncamo		
• Funcionamiento de la caja de control		
• Verificar señal del ascensor		

**Fuente:** Creación Propia.

### **4.3.1. Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es prioritario y necesario, porque permite alargar la vida útil del ascensor de carga y el buen funcionamiento de medio de transporte.

Para esto se debe llevar un plan estricto que se cumpla, y de esta manera se evita el deterioro o daños de la estructura metálica, por lo que hay que tener en cuenta los siguientes detalles: inspección superficial como limpieza de suciedades, en la estructura y también en el canasto, limpieza del sistema de tracción eléctrica y verificar sus parámetros de funcionamiento.

El encargado de turno del mantenimiento del ascensor de carga, debe realizar las siguientes inspecciones y actividades de mantenimiento:

- Eliminar el polvo y suciedades en la cabina y la estructura metálica.
- Ajustar de partes mecánicas, en pernos y tuercas.
- Verificación del funcionamiento de botones de control.
- Verificar el estado de la guaya y ruedas guías.

#### **4.3.2. Mantenimiento Correctivo**

El objetivo del operador es mantener en óptimas condiciones todas las partes del ascensor, respetando los ciclos de mantenimientos y cumpliendo los protocolos de seguridad, de manera que se realicen los cambios de elementos averiados o desgastados en el tiempo plasmado en el plan de mantenimiento.

Es indispensable para esta tarea tener un stock disponible de cada elemento utilizado en la estructura, esto aumenta la disponibilidad y confiabilidad del ascensor y por ende el resultado de mantener operativo este mecanismo de transporte disminuye los tiempos para la ejecución del mantenimiento en los camiones Caterpillar del Hangar 3B.

## 5 Capítulo 5

### 5.1 Conclusiones

- Con las condiciones entregadas y con la plataforma se pudo diseñar el ascensor de carga con los requerimientos exigidos por la empresa, de tal manera que este equipo de transporte vertical pudiera izar 1000 Kg de peso en el área de la plataforma.
- El diseño e infraestructura del ascensor de carga fue diseñado de acuerdo con cálculos estructurales, dando como resultado que la resistencia de la estructura y del material utilizado (acero ASTM A-36), está por encima de la carga a soportar, por lo que se encuentra en rango de confiabilidad alto y que por ende no tendrá daños por este tipo de deformaciones, siempre y cuando no exceda el límite elástico del material, es decir, si no supera la carga máxima.
- La velocidad del ascensor es de 0,6 m/min, que es una velocidad constante y aunque la carga sea menor, de igual manera el sistema mantendrá la misma velocidad; esto permitirá que los elementos que van a ser transportados no sufran cambios bruscos de velocidad y cambios en la aceleración.
- Para la selección de los componentes mecánicos del ascensor se tuvo en cuentas algunas consideraciones tales como:
  - a) Perfil de la estructura: Se tomó un perfil tipo rectangular de acero estructural, debido a que este nos genera estabilidad y soporta una fuerza de 9800N a lo largo de su sección transversal.
  - b) Sistema de potencia: se seleccionó un motor eléctrico, que facilito el levantamiento de elementos mecánicos a bajo costo.
  - c) Sistema de sujeción de la estructura: se utilizo soldadura en el ensamble de los perfiles F7018 y para la fijación y empotramiento de la estructura junto con la base, se tomó tornillos de 1" con el objetivo de desmontar y realizar mantenimiento en la misma.
  - d) Sistema de elevación de carga: se seleccionó una estructura tipo canasta que permite estabilidad y seguridad en la carga a levantar.

## Conclusiones

---

- A la hora de fabricar el ascensor, se pudo constatar que los planos de taller son fundamentales y que permite llevar un control y una guía de cada elemento y que permite llevar control del desarrollo del proyecto.
- Con la instalación de este ascensor de carga se suple una necesidad apremiante, los grandes esfuerzos que se realizaban al subir elementos industriales hasta la plataforma se han eliminado, y rendimiento de los trabajadores es mayor en comparación de cuando no existía el ascensor de carga.
- Con la implementación del ascensor, se ha aumentado la productividad en un 10 % con respecto a cuándo no se contaba con este medio de transporte, que se tomaba 12 horas para entrega de mantenimiento general y ahora es de 10 horas, en promedio en los equipos de camiones.

## 5.2 Recomendaciones

- Revisar las cargas y que éstas no superen el límite superior permitido.
- Antes de elevar cualquier tipo de elemento industrial hay que verificar que cada uno de sus componentes de seguridad sean inspeccionados, que las puertas del canasto estén perfectamente cerradas y que la carga no supere la capacidad instalada.
- Evitar que la operación esté en distancia cercana en el momento que la carga tiene plena subida de carga y bajada de canasto; se recomienda que el operario esté a 2 metros de la operación del ascensor de carga.
- Se recomienda implementar en lo posible que los indicadores de seguridad y delimitación del espacio de trabajo, sean según normas de seguridad y salud ocupacional.
- Proponer automatizar con finales de carreras y puertas, de manera que facilite el trabajo del operador del ascensor y de esta manera se ahorra tiempo.
- Mantener una fuente de energía regulada y constante, para evitar picos de voltaje que puedan afectar al sistema de tracción y quemar el sistema.

## 6 Bibliografía

- APR Ingenieros SAS. (12 de Mayo de 2016). *Ascensor de Carga*. Obtenido de Ascensor de Carga: <https://apringenieros.com/ascensor-carga-y-obra/>
- APR Ingenieros S.A.S. (2016). *APR Ingenieros S.A.S.* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de <https://apringenieros.com/ascensor-montaplatos/>
- Arcila, C. M., & Garzon, M. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MONTACARGAS DE ELEVACIÓN HIDRÁULICA*. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.
- ATES. (7 de Mayo de 2020). *ATES - Grupos Tractores*. Obtenido de [https://www.ates.es/org\\_oficiales\\_y\\_publicos/producto/Grupos-Tractores/45.html](https://www.ates.es/org_oficiales_y_publicos/producto/Grupos-Tractores/45.html)
- Beer, F., Russell, E., & DeWolf, J. (2010). *Mecanica de Materiales*. Mexico D.F: McGrawHill.
- BEJARANO, C. (2018). *Informe de sostenibilidad Cerrejon*. Obtenido de [https://www.cerrejon.com/wp-content/uploads/2019/informesostenibilidad\\_2018\\_cerrejon.pdf](https://www.cerrejon.com/wp-content/uploads/2019/informesostenibilidad_2018_cerrejon.pdf). 2018.
- CERREJON. (2020). *CERREJON MINERIA RESPONSABLE*. Obtenido de <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/nuestra-empresa/>. 2020.
- DIMEI. (Mayo de 2020). *DIMEI - Soluciones Industriales*. Obtenido de <http://www.equiposdime.com/ascensor-de-carga/>
- Domingo Ascensores. (2017). *Partes de un Ascensor*. Valencia.
- Fierro, J. I. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASCENSOR DE CARGA CON CAPACIDAD DE 1 TONELADA, PARA EL ÁREA DE BODEGA DE LA SÚPER DESPENSA MARK*. Quito: Universidad Tecnologica Equinoccial.
- Garcia, C. M., & Uribe, A. (2006). *DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ELEVADOR INDUSTRIAL DE CARGA PARA LA EMPRESA CODIMEC*. Medellin: CODIMEC.

## Bibliografía

---

- GIE. (2018). *GIE ELEVADORES* . Obtenido de Montacargas de traccion : <https://gieelevadores.com/montacargas-de-tracci%C3%B3n>
- Gomez, T., Garcia, M., Alcaide, J., Collado, D., & Peris, J. (2010). *FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN LA INGENIERIA*. Valencia: Limusa- universidad politecnica de Valencia.
- INTELLIGY. (Mayo de 2020). *Intelligy Blog*. Obtenido de <https://intelligy.com/blog/2019/05/07/calculo-e-interpretacion-del-factor-de-seguridad/>
- LineaPrevencion. (7 de Mayo de 2020). *LineaPrevencion.com* . Obtenido de <http://www.lineaprevencion.com/ProjectMiniSites/IS32/html/cap-2/db-prl-in/seccion-prl-in4/seccion-prl-in4.htm>
- Maldonado , G. E. (2013). *AUTOMATIZACIÓN DE UN ASCENSOR PARA DISCAPACITADOS DEL MIRADOR PARQUE DE GUAYAQUIL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. Quito: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo .
- MARDONES, M. (2012). *Reglamento en seguridad mineras e Hidrocarburos. Acta de Derecho de Energia*.
- Ministerio de Minas. (2002). *Normativa de seguridad Minera*. Ministerio de Minas.
- Norma Técnica Colombiana. (1997). *NTC 4040 - Procedimiento de Acero para Acero*. Bogota: INCONTEC.
- Pujota, J. J., & Rosales, B. (2013). *Diseño y Construcción de un Elevador de carga con capacidad de 200 kg y 20 m de elevación para el laboratorio de energías Alternativas y Eficiencia Energetica*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Recursosbiblio.url.edu.gt*. (s.f.). Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de [http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio\\_sin\\_paredes/fac\\_arqui/dis\\_simpli\\_estruc/05.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_arqui/dis_simpli_estruc/05.pdf)
- SERRETECNO. (7 de Mayo de 2020). *Elevadores de carga*. Obtenido de <https://serretecno.com/pic2aa/>
- slideshare. (2015). *Capitulo1*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/WilmerTenTen/capitulo-n-1-presentacin-2015>
- Teoria de Fallas o comparacion*. (2010). Obtenido de [http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad\\_2/Cap04-Falla.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad_2/Cap04-Falla.pdf)

## Bibliografía

---

torque. (Mayo de 2021). *Torque.co*. Obtenido de [https://www.torque.com.co/MCO-614595916-winch-electrico-2000-lb-champion-power-equipment-12003-\\_JM](https://www.torque.com.co/MCO-614595916-winch-electrico-2000-lb-champion-power-equipment-12003-_JM)

WIKIPEDIA . (7 de Abril de 2020). *WIKIPEDIA*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor#Cabina>



## 7 Anexos

### Anexo a. Fabricación de Estructura Con Soldadura Certificada.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la imagen del anexo a, se evidencia el proceso de fabricación de la estructura metálica con acero estructural A36, proceso que se realizó usando los elementos de protección personal y procedimientos exigidos por la empresa Cerrejón.

**Anexo b.** Inspección De Soldadura.



**Fuente:** Elaboración Propia

La soldadura fue debidamente inspeccionada a detalle con los instrumentos de ultra sonido que están en la compañía como se muestra en la figura de este anexo b

**Anexo c.** Inspección con Instrumento Ultrasonido.



**Fuente:** Elaboración Propia

La inspección de la soldadura se hace con equipos calibrados de ensayos no destructivos, que emiten ondas sonoras de alta frecuencia desde un traductor hacia el material aportado permiten conocer la profundidad posibles anomalías en la soldadura realizada. En el anexo d, se observa la inspección que realizo al ascensor de carga, inspección que cumplió con los requisitos mínimos exigidos por la empresa.



**Anexo d. Instalación del Sistema de Tracción de Carga**



**Fuente:** Elaboración Propia.

El sistema de izaje, se instaló una vez ensamblados las partes de la estructura, este sistema de tracción ubicado centrado en la parte superior de la estructura, permite que las cargas a transportar sean distribuidas de forma uniforme como se observa en el anexo d.

**Anexo e. Sistema de Control de Carga.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

El sistema de control de izaje del ascensor de carga, es un sistema sencillo con botones para ascender y descender la carga a transportar, ya mencionado en el capítulo 3, permite el control y manejo simple. Ver anexo e.



## Anexo f. Ascensor de Carga Instalado



**Fuente:** Elaboración Propia.

Con la estructura ubicada en la plataforma, está listo para iniciar a operar, pero antes se requiere de pruebas que permitan verificar que este puede cumplir con los requisitos mínimos. Ver anexo f.

**Anexo g.** Orden de Compra de la Plataforma Especial Para PM En Flota Camiones Mecánicos Y Ascensor de Carga.

## CARBONES DEL CERREJON - ICOR



### Orden de Compra - Original

**Orden de Compra Número:** G73792  
**Versión Número:** 0001

**Fecha Orden de Compra:**  
21/03/2019

CARBONES DEL CERREJON - ICOR  
Av. Calle 100 No. 21-64 Piso 12  
Bogota D.C - Colombia  
Sur America  
COLUMBIA

**PROVEEDOR:** 132064  
**INGEFIME SAS**  
CL 50A No. 46 - 05  
ITAGUI - ANTIOQUIA  
05360  
COLUMBIA

**DESPACHAR A:** MINA  
BODEGA LMN DE EL  
CERREJON

**FACTURAR A:** Carbones del Cerrejon Limited  
Oficina de Radicacion y Pagos  
Edificio Prime Tower  
Calle 100 # 19-54, Piso 12  
COLOMBIA

**Atención:** CARLOS MARIO PARRA ZAPATA  
**Tel:** 3773964  
**Fax:** 2706671  
**Email:** INDUSTRIASFIME@UNE.NET.CO

**Comprador:** SAFADI, AMED DE JESUS  
**Fax:** (57 5) 3502098  
**Email:** [amed.safadi@cerrejon.com](mailto:amed.safadi@cerrejon.com)

**MONEDA:** PES  
**FORMA DE PAGO:** 30 Days

Item	Descripción	Cant.	UNIDAD	Fecha de Entrega (dd/mm/yyyy)	Precio Unitario	Valor Total Item
001	Número Fabricante: FABRICACION NACIONAL DE PARTES-FNP-INSTALACION Número Cerrejón: No Aplica Número Pedido: E20952/001 Posición Arancelaria: ARANCEL SUMINISTRO; INSTALACION DE UNA PLATAFOR MA ESPECIAL PARA PM EN FLOTA CAT 789SUMINISTRO E INSTALACION Y PUESTA EN FUN CIONAMIENTO DE UNA PLATAFORMA ESPECIAL P ARA PMS,EN FLOTA CAT 789 Y MALACATE	1.00	EA	19/06/2019	383,000,000.00	383,000,000.00

\*\*Item  
has  
been  
added\*\*

### Resumen Orden de Compra

Número Total de Items : 0001

Valor Total : 383,000,000.00 PES

**Fuente:** Orden de compra autorizado por carbones del Cerrejón.

**Anexo h. Certificación de Reconocimiento.**



**Fuente:** Certificación otorgada por Cerrejón.

**Anexo i. Reconocimiento Corporativo.**



**Fuente:** Reconocimiento Otorgado Por Cerrejón

Con el desarrollo del proyecto se obtuvieron reconocimientos corporativos, avalados por la superintendencia de camiones mecánicos CAT 240 de la empresa Cerrejón, obteniendo así dos insignias como contribución a la mejora continua del área de mantenimiento. Ver anexos f y g.