

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA SILLA DE RUEDAS A  
INSTALARSE EN UN BUS TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**CARLOS FERNANDO BEDÓN GAVILANEZ**

**carlos@bedonhermanos.com**

**DIRECTOR: ING. JAIME RAUL VARGAS TIPANTA**

**jaime.vargas@epn.edu.ec**

**Quito, Marzo 2011**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Carlos Fernando Bedón Gavilanez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad institucional vigente.

---

Carlos Fernando Bedón Gavilanez

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **CARLOS FERNANDO BEDÓN GAVILANEZ**, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Jaime Vargas T.

DIRECTOR

---

Dr. Víctor Cárdenas.

COLABORADOR

---

Dr. Álvaro Aguinaga.

COLABORADOR

## AGRADECIMIENTO

Al Señor mi Dios y a la Virgen Santísima, por brindarme salud y vida a lo largo de mi existencia.

A mis Padres José y Crucita, por saber guiarme en la vida con mucho amor para no perderme en las tinieblas de los malos vicios, y porque siempre serán el ejemplo a seguir de humildad y perseverancia

A mis hermanos Javier, Marcelo, Daniel y Marco, porque en todo momento y en todo lugar he sentido su apoyo incondicional

Al cuerpo Docente y Administrativo que conforman la Facultad de Ingeniería Mecánica, porque supieron enseñar a mas de sus respectivas cátedras los más grandes valores

Al Ingeniero Jaime Vargas, por su incondicional apoyo, paciencia y sus oportunos consejos que hicieron posibles el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos y compañeros, de este Centro Educativo en especial al grupo "Internous", que con su paciencia y estima, logramos disfrutar de cierta forma la vida universitaria.

## DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación lo dedico primeramente a Dios y la Virgen Santísima, por ser los mejores colaboradores y amigos en mi existencia.

A mis padres José y Crucita por sus eternos sacrificios y por brindarme la ayuda moral y económica para alcanzar una de mis metas en la vida.

A mis hermanos Javier, Marcelo, Daniel y Marco como muestra del cariño que les tengo.

A Carlitos Matías y Anita, los amores más grandes que he tenido en la vida.

A Santiago, Andrés, Verónica, Pablo, Omar, Darwin, Daniel, Xavier, Lucho, en fin los "Internous" en especial a los de la vieja guardia, por estar siempre en el lugar y tiempos oportunos.

A las personas que se adelantaron hacia el lugar del encuentro eterno, que ahora son mis ángeles, que siempre soñaron con verme como un profesional

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN .....	XV
PRESENTACIÓN .....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.1.1 Historia de las sillas de ruedas .....	1
1.1.2 Historia del elevador .....	1
1.2 LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA .....	2
1.2.1 Productos de apoyo.....	2
1.2.2 Clases.....	2

1.3 BUSES TIPO.....	4
1.3.1 Área para pasajeros con movilidad reducida .....	4
1.3.2 De elementos de seguridad y de control.....	4
1.3.3 Elevador (plataforma elevadora).....	5
1.4 ELEVADOR.....	6
1.4.1 Elementos constitutivos de un elevador.....	6
1.4.2 Elevadores para Minusválidos .....	7
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>8</b>
<b>ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>8</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	8
2.2 SISTEMA A: TIPO DE CARROCERÍAS.....	8
2.2.1 Alternativa 1. Carrocería con dos puertas.....	9
2.2.2 Alternativa 2. Carrocería con tres puertas. ....	11
2.2.3 Selección de la alternativa del sistema A.....	12
2.3 SISTEMA B: TIPO DE MECANISMO DE ELEVACION. ....	15
2.3.1 Alternativa 3. Elevación por medio de un motoreductor.....	16
2.3.2 Alternativa 4. Elevación por medio de sistema hidráulico. ....	18
2.3.3 Selección de la alternativa del sistema B.....	19
2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS. ....	23
2.4.1 Pruebas sobre el elevador de silla de ruedas .....	23

<b>CAPITULO III</b> .....	<b>25</b>
<b>DISEÑO DEL ELEVADOR PARA SILLA DE RUEDAS</b> .....	<b>25</b>
3.1 CÁLCULO DE LA BASE .....	25
3.1.1 Cálculo de la plataforma .....	25
3.1.2 Cálculo de soportes transversales .....	42
3.1.3. Cálculo de soportes longitudinales .....	50
3.1.4. Selección de las guías telescópicas de bolas.....	54
3.2. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA INTERNA.....	55
3.2.1 Cálculo de las pletinas de base. ....	55
3.2.2 Cálculo de los postes de la estructura interna. ....	62
3.2.3 Cálculo del cruce superior en la estructura de la jaula.....	64
3.3 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN. ....	68
3.3.1 Cálculo del cable elevador.....	69
3.3.2 Cálculo del eje del motoreductor.....	69
3.3.3 Selección de Soportes para rodamientos .....	73
3.3.4 Cálculo del tambor .....	74
3.3.5 Cálculo de la chaveta.....	76
3.3.6 Selección del motoreductor. ....	78
3.4 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR DEL ELEVADOR.....	79
3.4.1 Cálculo de transversales exteriores .....	79

3.4.2 Cálculo del cuadro superior. ....	82
3.4.3 Cálculo de los verticales externos.....	86
3.5 DIMENSIONAMIENTO DE PERNOS. ....	88
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>91</b>
<b>CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....</b>	<b>91</b>
4.1 CONSTRUCCIÓN.....	91
4.1.1 Requerimientos para la construcción.....	91
4.2 MONTAJE.....	93
4.3 PRUEBAS DE CAMPO.....	94
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>95</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>95</b>
5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	95
5.1.1 Costos de materiales directos.....	95
5.1.2 Costos de elementos terminados.....	96
5.1.3 Costo de maquinado.....	98
5.1.4 Costos de montaje.....	98
5.1.5 Costo directo total.....	99
5.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	100
5.2.1 Costos de Materiales indirectos.....	100
5.2.2 Costo del diseño.....	101

5.2.3 Gastos indirectos .....	101
5.2.4 Costo total indirecto .....	101
5.3 COSTO TOTAL DEL ELEVADOR PARA SILLA DE RUEDAS .....	102
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>103</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	103
6.2 RECOMENDACIONES .....	105
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2: Alternativa 1. Utilizar la puerta existente.....	9
Gráfico 2:: Alternativa 2. Utilizar una puerta nueva. ....	11
Gráfico 3: Alternativa 3. Elevación por medio de un motoreductor.....	16
Gráfico 4: Alternativa 4. Elevación por medio de un sistema hidráulico. ....	18
Gráfico 5: Sistema ganador en posición abierta y cerrada.....	22
Gráfico 6: Plataforma hiperestática .....	26
Gráfico 7: Plataforma híper estática 0ABC0´con elementos ficticios en los extremos.....	26
Gráfico 8: Segmento A-B.....	28
Gráfico 9: Segmento A-B con la deformación en cada uno de los apoyos.....	29
Gráfico 10: Segmento B-C .....	30
Gráfico 11: Segmento B-C con la deformación en cada uno de los apoyos.....	31
Gráfico 12: Segmento A-B con reacciones y momentos para cálculo de reacciones hiperestáticas .....	33
Gráfico 13: Segmento B-C con reacciones y momentos para cálculo de reacciones hiperestáticas .....	34
Gráfico 14: Parte izquierda de la plataforma que va desde $x = 0$ hasta 0.39 metros.....	35
Gráfico 15: Parte izquierda de la plataforma que va desde $x = 39.5$ hasta 0.60 metros.....	36

Gráfico 16: Parte izquierda de la plataforma que va desde $x = 0.65$ hasta 0.95 metros.....	37
Gráfico 17: Parte Derecha de la plataforma que va desde $x = 0$ hasta 0.34 metros .....	38
Gráfico 18: Esfuerzo cortante y momento flector en la plataforma .....	40
Gráfico 19: Esquema de la plataforma con sus dimensiones principales.....	41
Gráfico 20: Esquema del soporte transversal sometido a una carga uniformemente distribuida. ....	42
Gráfico 21: Parte izquierda del soporte transversal que va desde $x = 0$ hasta 0.8 metros.....	43
Gráfico 22: Esfuerzo cortante y momento flector en el soporte transversal .....	44
Gráfico 23: Esquema del soporte tipo “T” con sus dimensiones. ....	45
Gráfico 24: Esquema del soporte Longitudinal.....	50
Gráfico 25: Parte izquierda del soporte longitudinal que va desde $x = 0$ hasta 0.8 metros.....	51
Gráfico 26: Parte derecha del soporte longitudinal que va desde $x = 0$ hasta 0.65 metros.....	52
Gráfico 27: Esfuerzo cortante y momento flector en el soporte longitudinal.....	53
Gráfico 28: Esquema de las pletinas de base. ....	55
Gráfico 29: Parte izquierda de pletina de base que va desde $x = 0$ hasta 0.075 metros.....	56
Gráfico 30: Parte izquierda de pletina de base que va desde $x = 0.075$ hasta 0.4 metros.....	57

Gráfico 31: Parte derecha de pletina de base que va desde $x = 0$ hasta 0.075 metros.....	58
Gráfico 32: Parte derecha de pletina de base que va desde $x = 0.075$ hasta 0.4 metros.....	59
Gráfico 33: Esfuerzo cortante y momento flector en la pletina base .....	60
Gráfico 34: Esquema de la pletina de base con sus dimensiones principales.	61
Gráfico 35: Esquema de un poste de la estructura de la jaula sometido a cargas estáticas.....	63
Gráfico 36: Esquema de uno de los elementos del cruce superior de la estructura de la jaula. ....	64
Gráfico 37: Primera parte de un elemento de cruce de la estructura de la jaula que va desde $x = 0$ hasta 0.76 metros .....	65
Gráfico 38: Segunda parte de un elemento de cruce de la estructura de la jaula que va desde $x = 0.65$ hasta 1.53 metros .....	66
Gráfico 39: Esfuerzo cortante y momento flector en un elemento de cruce superior de la jaula. ....	67
Gráfico 40: Esquema del eje del motoreductor .....	70
Gráfico 41: Primera parte del eje del motoreductor que va desde $x = 0$ hasta 0.075 metros.....	70
Gráfico 42: Segunda parte del eje del motoreductor que va desde $x = 0$ hasta 0.075 metros.....	71
Gráfico 43: Esfuerzo cortante y momento flector del eje del motoreductor. ....	72
Gráfico 44: Cilindro hueco para el tambor de arrollamiento del cable. ....	74

Gráfico 45: Esquema de la chaveta para el eje del motoreductor.....	76
Gráfico 46: Esquema de un transversal exterior. ....	79
Gráfico 47: Primera parte de un elemento transversal exterior que va desde x = 0 hasta 0.40 metros.....	79
Gráfico 48: Segunda parte de un elemento transversal exterior que va desde x = 0 hasta 0.4 metros.....	80
Gráfico 49: Esfuerzo cortante y momento flector en elemento transversal exterior. ....	81
Gráfico 50: Esquema de un elemento del cuadro superior.....	82
Gráfico 51: Primera parte de un elemento del cuadro superior que va desde x = 0 hasta 0.58 metros.....	83
Gráfico 52: Parte intermedia de un elemento del cuadro superior que va desde x= 0.575 hasta 0.78 metros.....	83
Gráfico 53: Tercera parte de un elemento del cuadro superior que va desde x= 0 hasta 0.58 metros.....	84
Gráfico 54: Esfuerzo cortante y momento flector en un elemento del cuadro superior. ....	85
Gráfico 55: Esquema de un vertical externo sometido a cargas estáticas. ....	87
Gráfico 56: Esquema del perno sometido a esfuerzos cortantes. ....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ponderación de las alternativas de la Parte A .....	15
Tabla 2: Ponderación de las alternativas de la Parte B .....	21
Tabla 3: Reacciones calculadas y reacción total sobre la plataforma .....	34
Tabla 4: Dimensiones de Tees que más se acoplan al sistema .....	46
Tabla 5: Valores del centro de gravedad para cada dimensión a de las Tees. ....	47
Tabla 6: Valores de C y D para cada Tee. ....	48
Tabla 7: Valores del momento de inercia para cada Tee. ....	48
Tabla 8: Valores de los esfuerzos en cada Tee para soportes transversales. ....	49
Tabla 9: Valores de los esfuerzos en cada Tee para soportes longitudinales. ....	54
Tabla 10: Costos de Materiales Directos.....	96
Tabla 11: Costos de Materiales Normalizados .....	97
Tabla 12: Costo de Maquinado .....	98
Tabla 13: Costo de Montaje .....	99
Tabla 14: Costo Directo Total.....	99
Tabla 15: Costo de Materiales Indirectos .....	100
Tabla 16: Costo Total Indirecto. ....	101
Tabla 17: Costo Final del Elevador para Silla de Ruedas .....	102

## RESUMEN

Este proyecto se inicia en el marco teórico que aborda los siguientes puntos: Primero las necesidades de las personas con “movilidad reducida” que habitan en el Cantón Quito de la Provincia de Pichincha, luego, las variedades de sillas de ruedas existentes y las más usadas por las personas de bajos recursos económicos, finalizando en la Norma con la que se realiza este prototipo.

Utilizando el estudio comparativo y de ponderación de criterios, se procede a seleccionar la que mejor cumpla con los requerimientos planteados de una serie de alternativas, también se elabora el Protocolo de Pruebas para la máquina elevadora.

Una vez seleccionado el material a utilizarse, se realizan los cálculos estructurales del prototipo en función de la carga a elevar y los esfuerzos a los que está sometida en su funcionamiento habitual, así mismo se caracterizan los componentes que se requieren para su ensamble y funcionamiento adecuado.

Finalmente se presenta una estimación de los costos de construcción de la unidad y las conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta para su correcto trabajo.

## **PRESENTACIÓN**

El presente Proyecto de Titulación, tiene como fin el desarrollar una maquina que permita simplificar los problemas cotidianos de las personas con “movilidad reducida” de bajos recursos económicos al movilizarse en el transporte público masivo Ciudad de Quito.

Con los conocimientos adquiridos en los años de formación dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica, se plantea el diseño del elevador para silla de ruedas, cumpliendo con los objetivos de asegurar una fácil operación y un bajo costo.

Con el desarrollo de este proyecto se presentan los fundamentos teóricos para el diseño, cálculos estructurales y de elemento, funcionalidad de cada una de las piezas y su costo.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 GENERALIDADES**

#### **1.1.1 HISTORIA DE LAS SILLAS DE RUEDAS<sup>1</sup>**

La primera silla de ruedas conocida y creada especialmente para ese propósito fue la del rey Felipe II de España, que adolecía de un trastorno motriz que le imposibilitaba el desplazamiento normal y adecuado. La primera patente sobre una silla de ruedas data de 1869. Se trataba de un modelo bimanual impulsado por ruedas traseras. Con el transcurso del tiempo surgen otros tipos de sillas de ruedas modificadas, tales como las de tres ruedas. En la actualidad hay sillas que poseen impulso motriz eléctrico.

#### **1.1.2 HISTORIA DEL ELEVADOR**

La primera referencia de un elevador se halla en las obras del arquitecto romano Vitruvius, quien reporta que Arquímedes había construido un primer elevador probablemente en 236 AC. En algunas fuentes literarias de épocas posteriores, los ascensores se mencionaron como cabinas sostenidas con cuerda de cáñamo y accionadas a mano o por animales

---

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Discapacidad>

## **1.2 LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA**

Las personas con discapacidad o movilidad reducida han existido por siempre, tienen problemas de locomoción, como por ejemplo paraplejía, tetraplejía o basta con un fuerte dolor en las extremidades inferiores o también hiperobesidad para que se necesite utilizar un equipo de apoyo.

Con el pasar de los siglos han sido inventados varios productos y servicios de apoyo para este fragmento de la población.

### **1.2.1 PRODUCTOS DE APOYO**

Los productos de apoyo, antes denominadas ayudas técnicas, son elementos fundamentales para facilitar la vida cotidiana para esta parte de la sociedad, su libertad de acción como de movimiento y para adaptar los entornos de acuerdo a la accesibilidad universal. Algunos de estos son: las muletas, los andadores, la silla de ruedas, etc.

Para fines de este diseño se concentra el estudio de las sillas de ruedas como principales productos de apoyo.

### **1.2.2 CLASES**

En el mercado se encuentran sillas de ruedas de dos tipos, las eléctricas y las manuales, de estas últimas se crea otra clasificación que son: impulsadas por asistentes y las bimanuales impulsadas por ruedas traseras o delanteras.

En el país el uso de sillas de ruedas bimanuales impulsadas por ruedas traseras es mayoritario.

Se encuentran varios modelos de este producto técnico y el que mejor se adhiere a las posibilidades de adquisición de las personas de bajos recursos económicos con este problema es el mostrado en el gráfico 1 y cuyas características principales son:

Silla de ruedas bimanual<sup>2</sup>, modelo tipo 7, plegable en tijera, dotada de 2 ruedas traseras motrices de 60 (cm) de diámetro y 2 ruedas delanteras pivotantes de 20 (cm) de diámetro. Cuenta igualmente con reposabrazos desmontables de 33 (cm) de largo, una banda para apoyar las piernas y reposapiés divididos, extensibles, pivotantes, abatibles y desmontables, el accionamiento esta dado por el usuario, está diseñada tanto para niños como para adultos.



Fotografía 1: Silla de ruedas

Fuente: CEAPAT

Elaboración: Propia

Las medidas estándar de estos tipos de productos técnicos aparecen en la tabla del anexo 1.

---

<sup>2</sup> Manual de silla de ruedas: [http:// www.catalogo-ceapat.org](http://www.catalogo-ceapat.org)

### **1.3 BUSES TIPO**

En la constitución se han aprobado varios reglamentos, uno de estos habla sobre la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico, esto se aplica para los buses urbanos, en este caso para el Distrito Metropolitano de Quito se proyecta en los buses tipo, los cuales se encuentran normalizados por el INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización). Según su norma y reglamento NTE INEN 2205 y RTE INEN 38 respectivamente.

Dentro de esta disposición se expresa claramente el uso de estas unidades para personas con movilidad reducida y con la ayuda de productos técnicos de la siguiente forma.

En los siguientes literales se detallan ciertos numerales inherentes a esta Norma.

#### **1.3.1 ÁREA PARA PASAJEROS CON MOVILIDAD REDUCIDA**

En el literal b.4.4. de la Norma antes mencionada se encuentra: *“Se debe destinar una área interior libre para uso de pasajeros con movilidad reducida, en silla de ruedas, provista de cinturón de seguridad. Lo más cercano a la puerta de acceso<sup>3</sup>”*.

#### **1.3.2 DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y DE CONTROL**

En el literal 4.1.2.8, de la Norma, se menciona los dispositivos para personas con movilidad reducida.

Para el acceso o descenso de personas con movilidad reducida, se debe contar con una de las siguientes opciones:

- Elevador (plataforma elevadora) en el bus,
- Rampa en el bus y
- Rampa en las paradas.

---

<sup>3</sup> RTE INEN 38 pág. 11

Los dispositivos deben cumplir con los requisitos detallados en el numeral 1.3.3 del presente escrito que son presentados en la Norma antes mencionada:

### **1.3.3 ELEVADOR (PLATAFORMA ELEVADORA)**

#### **1.3.3.1 Requisitos mecánicos**

##### *1.3.3.1.1 Capacidad de elevación.*

La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser 150 kg. Queda excluido el peso de la plataforma y elementos desplazables con la misma.

##### *1.3.3.1.2 Superficie de la plataforma.*

La superficie de la plataforma debe ser del tipo antideslizante, por lo cual es admisible que se disponga de un bajo relieve cuya altura no debe exceder de 6 mm.

##### *1.3.3.1.3 Dimensiones de la plataforma.*

La plataforma debe tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1000 mm.

##### *1.3.3.1.4 Flexión útil de la plataforma.*

La plataforma en todo su recorrido no debe flexionar en cualquier dirección más de tres grados. Esta diferencia máxima admisible se entiende entre la plataforma en vacío y cargada con 140 kg. La rampa de acceso queda libre de esta particularidad.

##### *1.3.3.1.5 Velocidad de desplazamiento de la plataforma.*

La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 220 mm/s. en despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 330 mm/s.

#### *1.3.3.1.6 Acceso a la plataforma.*

La plataforma se debe diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto adelante como hacia atrás.

## **1.4 ELEVADOR**

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad

### **1.4.1 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN ELEVADOR**

#### **1.4.1.1 Cabina**

La cabina es el elemento portante del sistema de ascensores. Está formada por dos partes: el bastidor o chasis y la caja o cabina

#### **1.4.1.2 Grupo tractor en los ascensores electro-dinámicos**

Los grupos tractores para ascensores están formados normalmente por un motor acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada la polea acanalada que arrastra los cables por adherencia

Los ascensores facilitan nuestra vida diaria, casos como el ayudar a subir a un anciano que le cuesta ascender escaleras normalmente son muy cotidianos.

En la actualidad existen gran cantidad de empresas que se dedican al montaje de ascensores así como de montacargas y rampas o plataformas elevadoras para minusválidos.

### **1.4.2 ELEVADORES PARA MINUSVÁLIDOS**

Los elevadores son una gran ayuda para los minusválidos, hay elevadores de minusválidos para escaleras, donde se instalan al lado de la pared del edificio, por lo que hay un espacio especial para poner una silla para poder subir al minusválido, y la otra parte de la escalera deja un espacio libre para poder subir a pie. También existen elevadores para viviendas unifamiliares, que se instalan como si fuera un ascensor normal y corriente.

Para el caso del presente proyecto de titulación, este mecanismo se lo diseña para instalarlo dentro del bus urbano de transporte público masivo.

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo estudia las alternativas que satisfacen los parámetros de diseño. Dado que existen dos sistemas por analizar, el presente capítulo los estudia a cada uno de ellos, primero analizando el sitio en el interior del bus donde se pueda ubicar al mecanismo, para posteriormente llegar al segundo estudio que es la selección del mecanismo de elevación del equipo.

Con la ayuda de elevadores para silla de ruedas instaladas en las escaleras de edificios y otros similares se tiene una idea más clara del dispositivo y su funcionamiento para poder adaptarlo al diseño.

#### **2.2 SISTEMA A: TIPO DE CARROCERÍAS.**

Para el presente diseño se presentan dos alternativas considerando principalmente la carrocería del bus:

- a) Carrocería con dos puertas.
- b) Carrocería con tres puertas.

A continuación se detallan las opciones que se consideran importantes para el análisis:

- a) Facilidad de construcción y montaje.
- b) Facilidad de mantenimiento
- c) Funcionalidad

d) Bajo costo

Las alternativas a seleccionarse son las siguientes:

### 2.2.1 ALTERNATIVA 1. CARROCERÍA CON DOS PUERTAS.

La figura 2, muestra los elementos importantes de esta alternativa.

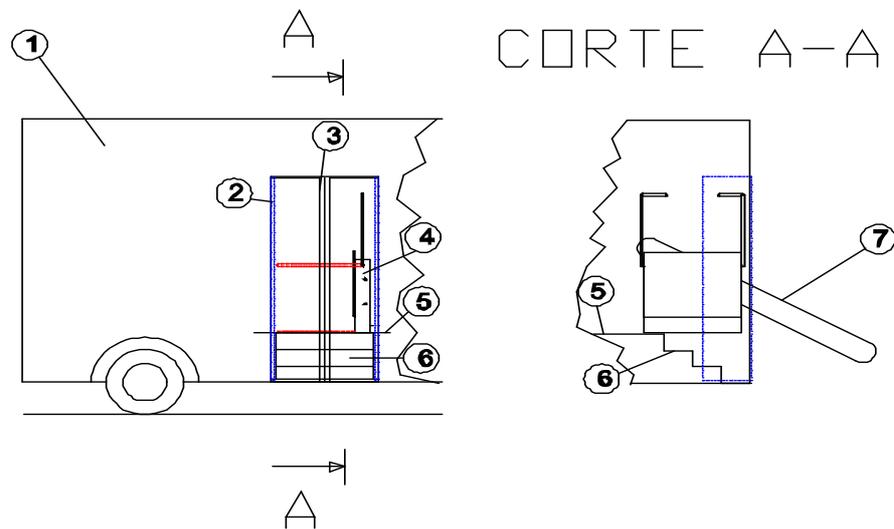


Gráfico 1: Alternativa 1. Utilizar la puerta existente.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Los componentes de esta alternativa son:

1. Carrocería del bus tipo
2. Puertas posteriores abatibles
3. Puertas posteriores cerradas
4. Elevador de silla de ruedas

5. Piso del bus
6. Gradadas del bus
7. Soporte del elevador

El funcionamiento es el siguiente:

Esta carrocería presenta un ascenso y un descenso de pasajeros, dos puertas abatibles de dos hojas plegables a los lados hacia el interior del vehículo, tres escalones de 200 mm. de alto cada una y 400 mm. de distancia tomada del piso con el primer estribo o escalón; las puertas cuentan con un sistema neumático para abrir y cerrar que son accionadas desde la cabina: los apoyos del mecanismo se encuentran empotrados en la carrocería del bus.

#### **2.2.1.1 Ventajas:**

1. Esta alternativa no necesita cambios en el diseño original de la carrocería del bus.
2. Se puede adaptar a los buses que circulan por el Distrito Metropolitano de Quito.
3. Ocupa menos espacio en el interior del vehículo.

#### **2.2.1.2 Desventajas:**

1. Reduce el espacio libre de las puertas que está destinada para el descenso de las personas por las escaleras.
2. Las escaleras del bus impiden que se tenga demasiado espacio para el despliegue de la plataforma.
3. Por la ubicación del sistema, la carcasa sufre daños superficiales puesto que la gente se apoya de éste para subir o bajar del vehículo.
4. Restringe el diseño puesto que debe ajustarse a las medidas dadas del bus tipo

## 2.2.2 ALTERNATIVA 2. CARROCERÍA CON TRES PUERTAS.

La figura 3, indica los elementos principales de esta alternativa

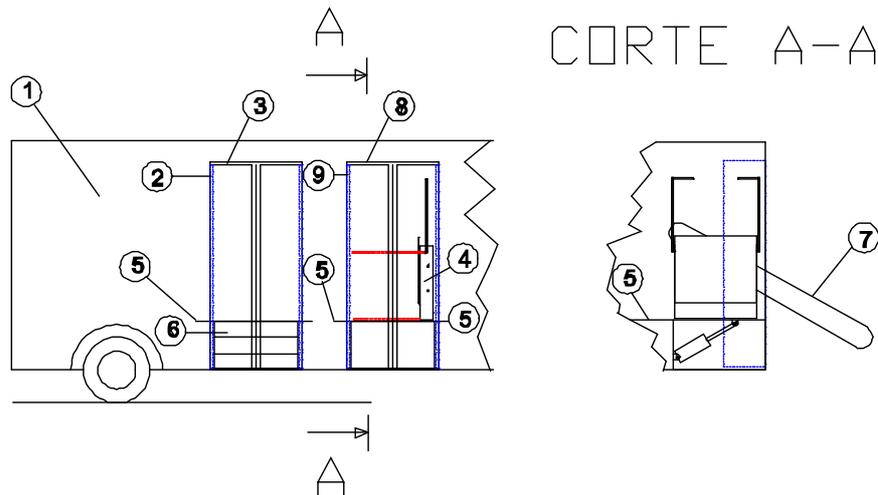


Gráfico 2:: Alternativa 2. Utilizar una puerta nueva.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Los componentes de esta alternativa son:

1. Carrocería del bus tipo
2. Puertas posteriores abatibles
3. Puertas posteriores cerradas
4. Elevador de silla de ruedas
5. Piso del bus
6. Gradas del bus
7. Soporte del elevador
8. Ingreso nuevo del bus
9. Puertas nuevas abatibles hacia el interior

El funcionamiento es el siguiente:

Esta carrocería presenta un nuevo acceso exclusivo para personas con movilidad reducida, la puerta para descenso de pasajeros se mantiene sin cambios, el prototipo por completo está ubicado en el acceso exclusivo que cuenta con un sistema neumático para la apertura y cierre de las puertas que son abatibles de dos hojas plegables a los lados hacia el interior del vehículo. En esta alternativa se crea un espacio de 600 mm de alto, que facilita el movimiento del elevador, este movimiento es horizontal y abarca una altura de 1000 mm.

#### **2.2.2.1 Ventajas:**

1. El espacio útil es exclusivo para el mecanismo.
2. Es independiente de los otros accesos.
3. El equipo está libre de la manipulación de los pasajeros.
4. El diseño carece de restricciones en las dimensiones del elevador

#### **2.2.2.2 Desventajas:**

1. Al crearse un nuevo acceso se realiza un plan de mantenimiento extra para esta puerta.
2. Se reduce el espacio para las personas que viajan de pie en el vehículo.

#### **2.2.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA A**

Todo proyecto está sometido a un conjunto de alternativas las cuales requieren una valoración con el fin de ayudar a la selección de la mejor.

### **2.2.3.1 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA A**

Para la elección de la mejor alternativa se recurre a los siguientes factores que son:

- a) Facilidad de construcción y montaje.
- b) Facilidad de mantenimiento
- c) Funcionalidad
- d) Bajo costo

#### *2.2.3.1.1 Facilidad de construcción y montaje.*

Todo diseño debe ser evaluado por el número de elementos que entran en su construcción y en su montaje, de estos dependen que tan fácil de realizar, teniendo en cuenta las facilidades que ofrece el país en cuanto a tecnología para hacer elementos poco esbeltos y con curvas.

#### *2.2.3.1.2 Facilidad de mantenimiento*

El proyecto consta de una valoración por la facilidad en el acceso con el que cuenta el equipo, así como también sus partes y piezas, para lograr alcanzar el mayor tiempo de vida útil de cada uno de estos.

#### *2.2.3.1.3 Funcionalidad*

Todo proyecto debe cumplir la función para la que fue creada, con el fin de realizar todas las operaciones a satisfacción tanto dentro del bus como fuera de este.

#### *2.2.3.1.4 Bajo costo*

La valoración del costo es determinante para la elección de la alternativa, puesto que se debe realizar con los mejores materiales y con el menor costo posible para

que el proyecto sea accesible y se pueda implementar en todas las unidades que circulan por el Distrito Metropolitano de Quito.

#### **2.2.3.2 Evaluación de la alternativa**

Se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

Se asigna una valoración numérica a cada factor que depende de lo que se esté evaluando, según esto se tiene lo siguiente.

Fácil, Alta, Bajo costo	4
Medio, Mediano, Módico	3
Difícil, Bajo, Alto costo	2

La alternativa a seleccionar debe ser la que reúna el puntaje más alto, luego de que se evalúen todos los factores mencionados.

#### **2.2.3.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA A**

Se puede apreciar esta ponderación en la Tabla 1, donde se toma de referencia el valor imaginario e ideal de 4.

CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA A			
FACTORES	Alternativa 1	alternativa 2	Alternativa ideal
Facilidad de construcción y de montaje	2	3	4
Facilidad de mantenimiento	2	3	4
Funcionalidad	2	3	4
Bajo costo	3	2	4
TOTAL	9	11	16
ÍNDICE %	56.2	68.8	100
ORDEN DE SELECCIÓN	2	1	

Tabla 1: Ponderación de las alternativas del sistema A

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

De lo que se obtiene en la Tabla 1. Se observa que la alternativa 2 (Creación de una nueva puerta para el elevador), es la que tiene el mejor porcentaje.

Una vez seleccionado la utilización de una puerta nueva en el bus empieza a continuación el estudio de la parte B que es el análisis y selección del mecanismo de elevación pertinente del sistema.

### **2.3 SISTEMA B: TIPO DE MECANISMO DE ELEVACIÓN.**

Para esta parte se presentan dos alternativas, considerando principalmente el mecanismo de elevación:

- a) Mecanismo de elevación por medio de un motoreductor.

b) Mecanismo de elevación por medio de sistema hidráulico.

### 2.3.1 ALTERNATIVA 3. ELEVACIÓN POR MEDIO DE UN MOTOREDUCTOR.

La figura 3, muestra los elementos de la alternativa en estudio.

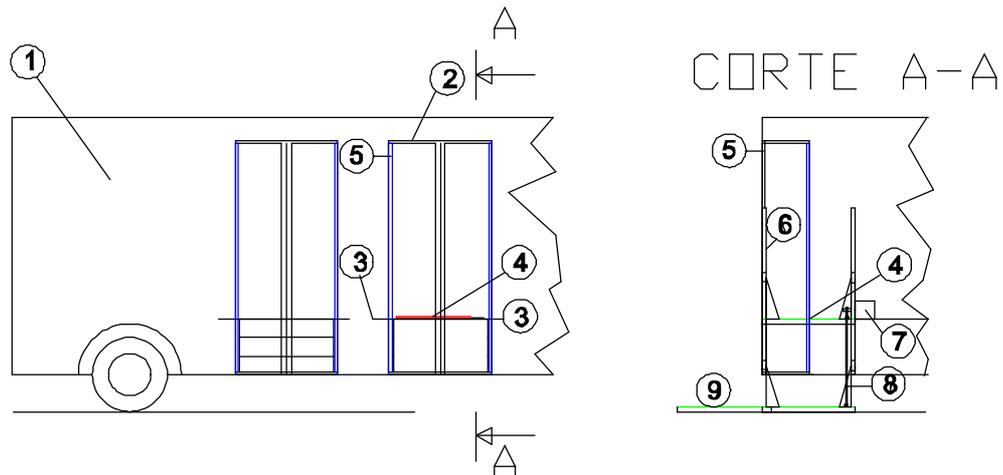


Gráfico 3: Alternativa 3. Elevación por medio de un motoreductor.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Los componentes de esta alternativa son:

1. Carrocería del bus tipo
2. Puertas nuevas abatibles
3. Piso del bus
4. Plataforma para la silla de ruedas
5. Puertas nuevas abatidas hacia el interior
6. Ejes para el soporte del elevador
7. Motoreductor
8. Nervios para el soporte del elevador

## 9. Plataforma desplegada

El funcionamiento es el siguiente:

Esta alternativa presenta un motoreductor que por medio de un cable de acero que pasa por una polea y sujeta a la plataforma, realiza el movimiento vertical de la misma; la plataforma se encuentra con una sola dirección de movimiento gracias a cuatro ejes ubicados en cada esquina de la plataforma que le brindan seguridad para que no se mueva en ningún otro sentido.

### **2.3.1.1 Ventajas:**

1. Pocos elementos intervienen en este diseño por lo que su facilidad en el montaje es apreciable.
2. Los costos son relativamente bajos.
3. El peso de los mecanismos y elementos en esta alternativa son bajos.

### **2.3.1.2 Desventajas:**

1. Utiliza un cable de acero lo que podría remorderse con prendas de la persona que utilice este servicio.

### 2.3.2 ALTERNATIVA 4. ELEVACIÓN POR MEDIO DE SISTEMA HIDRÁULICO.

En la figura 4, se detallan los elementos principales de esta alternativa.

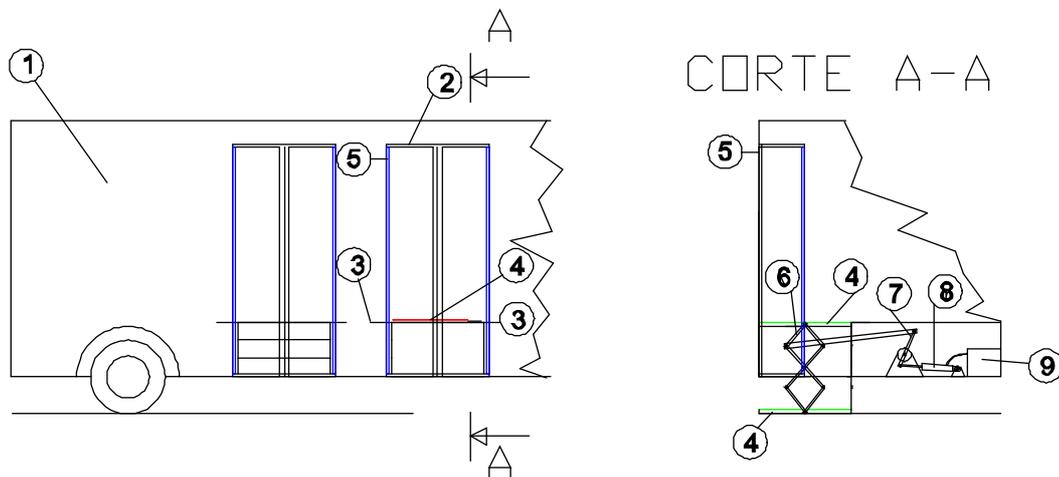


Gráfico 4: Alternativa 4. Elevación por medio de un sistema hidráulico.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Los componentes de esta alternativa son:

1. Carrocería del bus tipo
2. Puertas nuevas abatibles
3. Piso del bus
4. Plataforma para la silla de ruedas
5. Puertas nuevas abatidas hacia el interior
6. Elevador tipo tijera
7. Palanca para accionar el elevador
8. Cilindro hidráulico
9. Bomba hidráulica

El funcionamiento es el siguiente:

Esta alternativa consta de una bomba para generar presión en el fluido y que este por medio de la presión adquirida pueda mover un pistón situado en un cilindro que está sujeto a su vez a palancas que se conectan a la plataforma que generan el movimiento de elevación de la misma.

#### **2.3.2.1 Ventajas:**

1. No tiene elementos rotatorios que causan atascamientos en las prendas de los usuarios.

#### **2.3.2.2 Desventajas:**

1. Necesita una bomba para su funcionamiento por lo que los costos se incrementan notablemente.
2. Se aprecia demasiados elementos en esta alternativa por lo que el mantenimiento de este mecanismo será difícil y costoso.
3. El peso de los mecanismos y elementos del elevador son relativamente altos.

#### **2.3.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA B**

El presente numeral somete a las últimas dos alternativas a una valoración con el fin de ayudar a la elección de la mejor.

### **2.3.3.1 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA B**

Para la selección de la mejor alternativa se recurre a los siguientes factores que se explican en el numeral 2.2.3.1 y son:

- a) Facilidad de construcción y montaje.
- b) Facilidad de mantenimiento
- c) Funcionalidad
- d) Bajo costo

Para realizar esta nueva evaluación se lleva a cabo el procedimiento que se observa en el punto 2.2.3.2, es decir:

Se asigna una valoración numérica a cada factor que dependerá de lo que se esté evaluando, según esto se tiene lo siguiente.

Fácil, Alta, Bajo costo	4
Medio, Mediano, Módico	3
Difícil, Bajo, Alto costo	2

La alternativa que se seleccione debe ser la que reúna el puntaje más alto, luego de que se evalúen todos los factores mencionados.

### **2.3.3.2 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SISTEMA B**

Se puede apreciar esta ponderación en la Tabla 2. Se toma de referencia el valor imaginario e ideal de 4.

CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE LA PARTE A			
FACTORES	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa ideal
Facilidad de construcción y de montaje	3	1	4
Facilidad de mantenimiento	3	2	4
Funcionalidad	3	3	4
Bajo costo	3	1	4
TOTAL	12	7	16
ÍNDICE %	75	43.8	100
ORDEN DE SELECCIÓN	1	2	

Tabla 2: Ponderación de las alternativas del sistema B

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

De lo que se obtiene en la Tabla 2. Se observa que la alternativa 1 (elevación por medio de motoreductor), es la que tiene el mejor porcentaje.

Una vez terminada esta evaluación se determina que la utilización de un motoreductor para el mecanismo de elevación y la construcción de una nueva puerta en el bus tipo, satisfacen los parámetros de diseño del presente proyecto, la ilustración del mecanismo ganador se aprecia en el gráfico 5 en su posición cerrada y abierta respectivamente

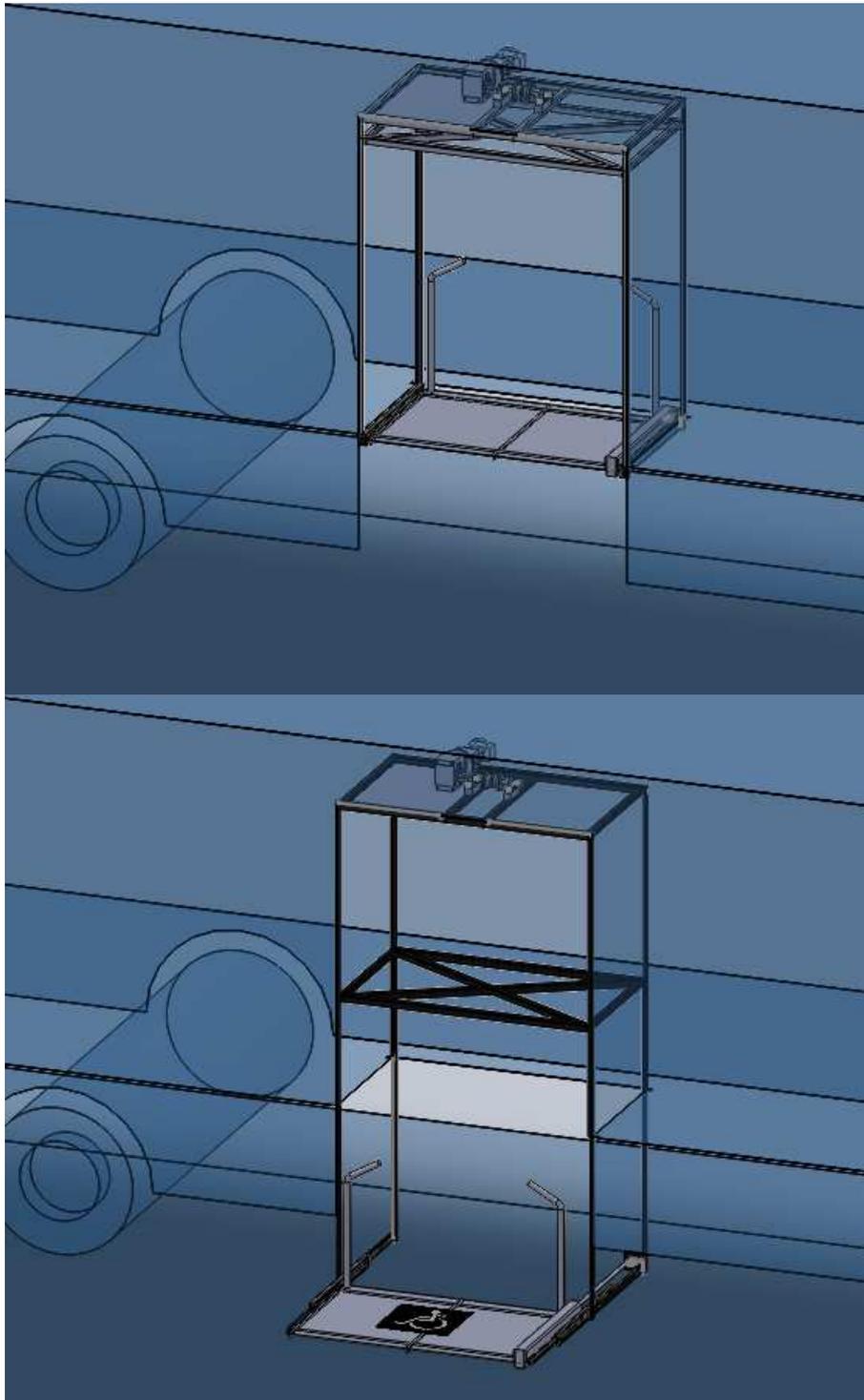


Gráfico 5: Sistema ganador en posición cerrada y abierta.

## **2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS.**

Al finalizar la construcción del elevador para silla de ruedas se debe verificar que la máquina cumpla satisfactoriamente con los parámetros y especificaciones del diseño, así como su correcto funcionamiento a través de un Protocolo de Pruebas, para esto se prueba a la máquina en situaciones similares a las reales.

Entre los principales aspectos a ser comprobados están:

- Dimensiones físicas.
- Velocidad de funcionamiento.
- Funcionamiento del motoreductor con voltajes nominales.
- Ergonomía.
- Seguridad para operar.
- Inspección de sujeción de juntas empernadas y soldadas.
- Control de carga

### **2.4.1 PRUEBAS SOBRE EL ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS**

Para el Protocolo de Pruebas deben evaluarse las siguientes características de la máquina elevadora.

#### **2.4.1.1 Control de las dimensiones físicas.**

Una vez ensamblada el elevador para silla de ruedas en el bus tipo, se compara las dimensiones establecidas en el diseño, para lo cual se utiliza un flexometro.

#### **2.4.1.2 Control de la velocidad de elevación**

Debido a que la velocidad de elevación esta normado según el reglamento RTE INEN 038, el control del tiempo para la elevación de la plataforma base se lo realiza en forma visual y con la ayuda de un cronometro

#### **2.4.1.3 Control de la ergonomía**

Una vez que la máquina se encuentre totalmente desplegada, se realiza el control de accesos al elevador con la ayuda de una silla de ruedas, a causa de que la norma así lo establece.

#### **2.4.1.4 Control de carga a elevar.**

El elevador está diseñado para cargas de elevación determinada. Por lo que el Reglamento impuesto por el INEN, exige una carga de elevación de 150 kg, esta inspección se la realiza visualmente.

Para la evaluación del elevador para silla de ruedas a instalarse en un bus tipo se aplicara el formato del Protocolo de Pruebas mostrado en el anexo 12.

Finalizado el diseño se realizan los correspondientes planos de taller y de montaje, los mismos que se presentan en el anexo 13 y 14 respectivamente

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DEL ELEVADOR PARA SILLA DE RUEDAS**

La mayoría de elementos utilizados en el presente diseño se calculan a partir de la propiedad física del acero A-36, como es el límite de fluencia, ya que este tipo de acero es fácil de encontrar en el mercado nacional así como el menos costoso en su categoría.

El presente estudio se ha dividido en cuatro partes que se las denomina de la siguiente forma:

- Cálculo de la base
- Cálculo de la estructura interna
- Cálculo del sistema elevador
- Cálculo de la estructura externa

#### **3.1 CÁLCULO DE LA BASE**

La base de la plataforma está descrita donde la persona con capacidades reducidas se ubica, para después de realizar un movimiento horizontal y finalmente ser elevada dentro del bus urbano. En esta parte se encuentran algunos elementos por investigar.

##### **3.1.1 CÁLCULO DE LA PLATAFORMA**

Para iniciar este análisis se recurre a los estudios de campo realizados para el presente tema de investigación, donde se toma en cuenta un peso promedio de

150 Kg. para una persona con capacidades reducidas. Así mismo se aplica la Norma INEN con su respectivo reglamento RTE INEN 038 (2R), que facilitan las dimensiones básicas de un bus tipo que se puede observar en el Capítulo 1 del presente proyecto.

Dado que la Norma coloca una restricción en el pandeo de la plataforma del presente diseño, se colocan tres soportes transversales, de esta forma el sistema se vuelve hiperestático como lo indica el gráfico 6.

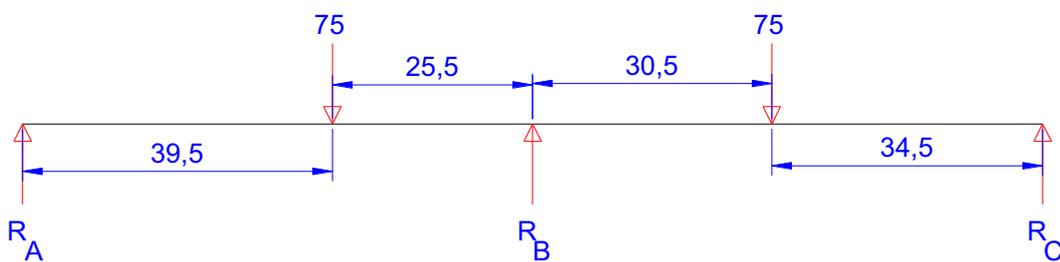


Gráfico 6: Plataforma hiperestática

Para realizar el análisis de este elemento se recurre a la ecuación 3.1, que se utiliza para encontrar las reacciones en sistemas hiperestáticos como se muestra en gráfico 7.

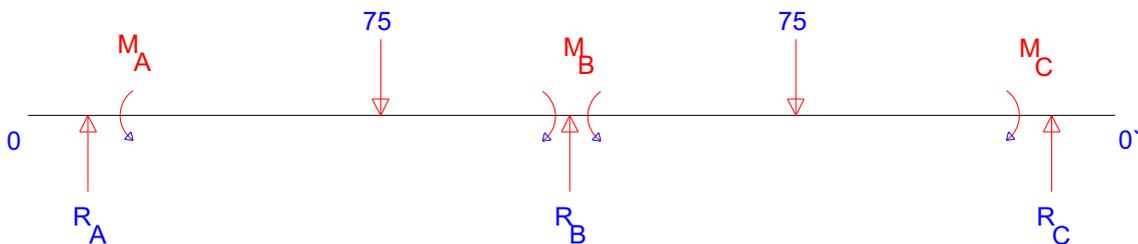


Gráfico 7: Plataforma hiperestática  $0ABC0'$  con elementos ficticios en los extremos

$$liMi + 2(li + ld)M + ldMd = -6(\alpha_0i + \alpha_0d) \quad \text{Ec. 3.1}^4$$

Este estudio se realiza para cada tramo de la plataforma, de esta forma se obtiene las ecuaciones 3.2, 3.4 y 3.6

Segmento: 0,A,B.

$$l_0M_0 + 2(0 + 65)M_A + 65M_B = -6 \overbrace{(\alpha_0i + \alpha_0d)}^{\text{en A}} \quad \text{Ec 3.2}$$

Donde,  $(\alpha_0i + \alpha_0d)$  están en el apoyo A,  $l_0 = 0$  y  $\alpha_0i = 0$

Se obtiene la ecuación 3.3

$$130M_A + 65M_B = -6\alpha_0d \quad \text{Ec 3.3}$$

Segmento: A,B,C.

$$65M_A + 2(65 + 65)M_B + 65M_C = -6 \overbrace{(\alpha_0i + \alpha_0d)}^{\text{en B}} \quad \text{Ec 3.4}$$

Donde,  $(\alpha_0i + \alpha_0d)$  está en el apoyo B

Obteniendo la ecuación 3.5

$$65M_A + 260M_B + 65M_C = -6(\alpha_0i + \alpha_0d) \quad \text{Ec 3.5}$$

Segmento: B,C,0`.

$$65M_B + 2(65 + 0)M_C + l_0M_0 = -6 \overbrace{(\alpha_0i + \alpha_0d)}^{\text{en C}} \quad \text{Ec 3.6}$$

Donde,  $(\alpha_0i + \alpha_0d)$  está en el apoyo C,  $l_0 = 0$  y  $\alpha_0d = 0$

---

<sup>4</sup> Ecuación tomada de apuntes de la materia de Resistencia de Materiales de la Ing. Estela Altuna, Profesora de la F.I.M. de la E.P.N.

Teniendo la ecuación 3.7

$$65M_B + 130M_C = -6\alpha_0 i \quad \text{Ec 3.7}$$

### 3.1.1.1 Cálculo de las reacciones isostáticas

Para resolver las incógnitas encontradas en las ecuaciones anteriores se procede a realizar el análisis de cada segmento de la plataforma, empezando por el primer segmento (A-B) como se ilustra en el gráfico 8, el mismo que permite calcular las reacciones a las que está sometido este segmento de la plataforma, esto se aprecia en las ecuaciones 3.8 y 3.9.

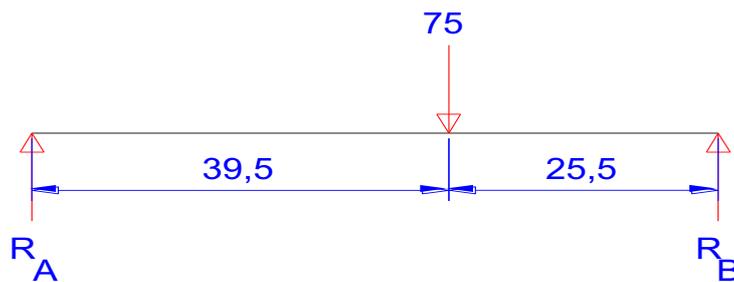


Gráfico 8: Segmento A-B

Donde se

$$M_A = 0 \quad \text{Ec 3.8}^5 \quad M_B = 0 \quad \text{Ec 3.9}$$

$$75 * 39.5 = 65 * B$$

$$75 * 25.5 = 65 * A$$

$$B = 45.58$$

$$A = 29.42$$

---

<sup>5</sup> Ecuación tomada de apuntes de la materia de Resistencia de Materiales de la Ing. Estela Altuna, Profesora de la F.I.M. de la E.P.N.

Se reemplazan estos valores en la tabla 3 en la fila de reacciones isostáticas para obtener las reacciones totales sobre la plataforma.

En el gráfico 9 se observan las deformaciones que ocurren cuando se aplica una fuerza en el segmento A-B, estos valores sirven para encontrar los valores de  $\alpha$  en el apoyo A y el apoyo B, según la ecuación 3.10

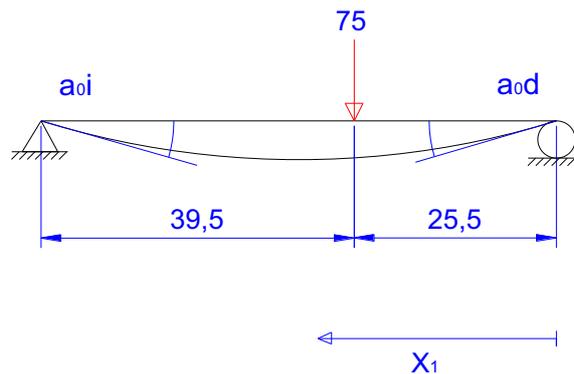


Gráfico 9: Segmento A-B con la deformación en cada uno de los apoyos

$$EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 45.6 * x - 75 \langle x_1 - 25.5 \rangle \quad \text{Ec 3.10}^6$$

$$EI \alpha_0 = \frac{45.6 * x^2}{2} - \frac{75 \langle x_1 - 25.5 \rangle^2}{2} + A$$

$$EI y_x = \frac{45.6 * x^3}{6} - \frac{75 \langle x_1 - 25.5 \rangle^3}{6} + A * x + B$$

Obtenidas las ecuaciones se encuentran las incógnitas, es decir A y B, teniendo en cuenta el gráfico 9, donde se observa que en los apoyos, tanto en A como en

---

<sup>6</sup> Ecuación tomada de apuntes de la materia de Resistencia de Materiales de la Ing. Estela Altuna, Profesora de F.I.M. de la E.P.N.

B, el desplazamiento vertical es cero, se aprecia en las ecuaciones 3.11 y 3.12, en donde utilizando artificios matemáticos se logra despejar las incógnitas.

$$x = 0 \quad \wedge \quad y = 0 \quad \Rightarrow \quad B = 0 \quad \text{Ec 3.11}$$

$$x = 65 \quad \wedge \quad y = 0 \quad \Rightarrow \quad EIy_x = \frac{45.6 * 65^3}{6} - \frac{75(65 - 25.5)^3}{6} + A * x = 0$$

$$A = -20258.1 \quad \text{Ec 3.12}$$

Se manejan estas igualdades para encontrar los valores de  $\alpha$  que solo sirven para el segmento A-B, como se aprecia en las ecuaciones 3.13 y 3.14.

$$x = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha_0 = \alpha_0 d = 20258.1 \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$x = 65 \quad \Rightarrow \quad \alpha_0 = \alpha_0 d = 17862.5 \quad \text{Ec 3.14}$$

Se realiza el mismo procedimiento hecho para el segmento A-B en el segmento B-C, tomado en cuenta el gráfico 10.

Es decir, se realizan los cálculos necesarios para encontrar los valores de las reacciones en B y en C de las ecuaciones 3.15 y 3.16, donde luego se colocan dichos valores en la tabla 3, en la fila de reacciones isostáticas.

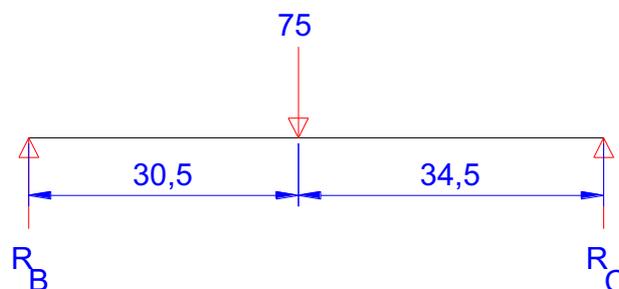


Gráfico 10: Segmento B-C

$$M_B = 0 \quad \text{Ec 3.15} \qquad M_C = 0 \quad \text{Ec 3.16}$$

$$75 * 30.5 = 65 * C$$

$$75 * 34.5 = 65 * B$$

$$C = 35.2$$

$$B = 39.8$$

El mismo proceso sigue para el cálculo de los diferentes ángulos de inclinación  $\alpha$  como se indica en el gráfico 11.

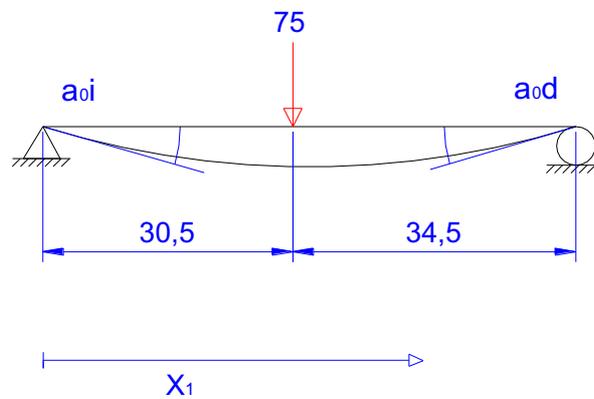


Gráfico 11: Segmento B-C con la deformación en cada uno de los apoyos

La ecuación 3.17 es la ecuación que después de ser integrada por dos ocasiones permite encontrar una nueva ecuación que es la del desplazamiento vertical.

$$EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 39.8 * x - 75 \langle x_1 - 30.5 \rangle \quad \text{Ec 3.17}$$

$$EI \alpha_0 = \frac{39.8 * x^2}{2} - \frac{75 \langle x_1 - 30.5 \rangle^2}{2} + A$$

$$EI y_x = \frac{39.8 * x^3}{6} - \frac{75 \langle x_1 - 30.5 \rangle^3}{6} + A * x + B$$

Se analizan las ecuaciones en cada uno de los extremos del segmento, se encuentran las incógnitas A y B, se puede apreciar en las ecuaciones 3.18 y 3.19

$$x = 0 \quad \wedge \quad y = 0 \quad \Rightarrow \quad B = 0 \quad \text{Ec 3.18}$$

$$x = 65 \quad \wedge \quad y = 0 \quad \Rightarrow \quad EIy_x = \frac{39.8 * 65^3}{6} - \frac{75(65 - 30.5)^3}{6} + A * x = 0$$

$$A = -20129 \quad \text{Ec 3.19}$$

De la misma forma con artificios matemáticos se logra encontrar los valores de los ángulos de deformación  $\alpha$  de este segmento de la plataforma, esto se aprecia en las ecuaciones 3.20 y 3.21

$$x = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha_0 = \alpha_0 d = 20129 \quad \text{Ec 3.20}$$

$$x = 65 \quad \Rightarrow \quad \alpha_0 = \alpha_0 d = 19314.1 \quad \text{Ec 3.21}$$

Obtenidos estos los valores de  $\alpha$  en los dos segmentos, se reemplaza en las ecuaciones principales que son 3.3, 3.5 y 3.7, y se obtienen las nuevas ecuaciones 3.22, 3.23 y 3.24

$$130M_A + 65M_B = -6(20258.1)$$

$$130M_A + 65M_B = -121548.6 \quad \text{Ec 3.22}$$

$$65M_A + 260M_B + 65M_C = -6(17862.5 + 19314.1)$$

$$65M_A + 260M_B + 65M_C = -223059.6 \quad \text{Ec 3.23}$$

$$65M_B + 130M_C = -6(20129)$$

$$65M_B + 130M_C = -120774 \quad \text{Ec 3.24}$$

Para resolver este sistema de ecuaciones se utiliza un programa informático que arroja los resultados que se muestran en las ecuaciones 3.25, 3.26 y 3.27 que son

los momentos a los que está sometido cada parte de la plataforma. Esto permite llegar al siguiente paso que es el encontrar las reacciones hiperestáticas

$$M_A = -673.712 \quad \text{Ec 3.25}$$

$$M_B = -522.555 \quad \text{Ec 3.26}$$

$$M_C = -667.753 \quad \text{Ec 3.27}$$

### 3.1.1.2 Cálculo de reacciones hiperestáticas

Para este cálculo se toma en cuenta el gráfico 12, en donde las reacciones ocurren por la diferencia entre los momentos antes calculados como se aprecia en la ecuación 3.28.



Gráfico 12: Segmento A-B con reacciones y momentos para cálculo de reacciones hiperestáticas

$$R_A = R_B = \frac{673.7 - 522.5}{65} = 2.33 \quad \text{Ec 3.28}$$

Se realiza el mismo procedimiento que el caso anterior para encontrar las reacciones hiperestáticas del segmento siguiente de la plataforma que es el B-C, donde para este análisis se emplea el gráfico 13 y la ecuación 3.29.



Gráfico 13: Segmento B-C con reacciones y momentos para cálculo de reacciones hiperestáticas

$$R_B = R_C = \frac{667.7 - 522 - 5}{65} = 2.23 \quad \text{Ec 3.29}$$

Los valores resultantes de las ecuaciones 3.28 y 3.29 se colocan en la tabla 3 en la fila de reacciones hiperestáticas, de esta forma solo falta calcular la suma algebraica de las diferentes reacciones en cada apoyo de la plataforma y se coloca estos resultados en la fila del total en la misma tabla.

Reacciones isostáticas	↑ 29.4	45.6	↑ 39.8	35.2 ↑
Reacciones hiperestáticas	↑ 2.33	2.33	↓ 2.23	2.23 ↑
Total por segmento	↑ 31.73	43.27	↑ 37.6	37.4 ↑
Total en plataforma	31.73	80.87		37.4

Tabla 3: Reacciones calculadas y reacción total sobre la plataforma

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Calculadas las reacciones totales que están ejerciendo sobre la plataforma se procede a calcular el momento máximo, lo que sirve para el dimensionamiento de la plataforma, para esto, se recibe ayuda de los gráficos del esfuerzo cortante y el momento flector.

Para llegar al gráfico mencionado se debe analizar por partes a la plataforma.

Se inicia con la primera parte que es para una distancia que va entre 0 y 0.39 m, contados desde la izquierda del elemento, para este gráfico, deben estudiarse colocando todas las fuerzas y reacciones ejercidas sobre esta parte como se observa en el gráfico 14.

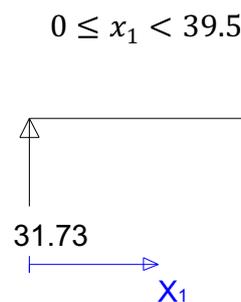


Gráfico 14: Parte izquierda de la plataforma que va desde  $x=0$  hasta 0.39m.

Con el gráfico realizado se calculan los esfuerzos cortantes y momentos flectores mediante sus respectivas formulas que son las ecuaciones 3.30 y 3.31

$$V(x_1) = 31.73 \quad \text{Ec 3.30}$$

$$x = 0 \quad V = 31.73$$

$$x = 39.5 \quad V = 31.73$$

$$M(x_1) = 31.73x \quad \text{Ec 3.31}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 39.5 \quad M = 1253.34$$

Se realiza el mismo procedimiento para la parte donde la distancia de análisis alcanza desde 0.39 hasta 0.65 metros contados desde la parte izquierda de la plataforma como lo ilustra el gráfico 15.

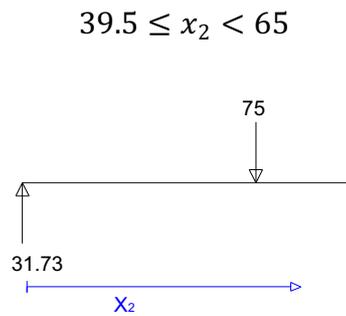


Gráfico 15: Parte izquierda de la plataforma que va desde  $x = 39.5$  hasta 0.60 metros

Con la ilustración, se calculan los esfuerzos cortantes y momentos flectores mediante las ecuaciones 3.32 y 3.33

$$V(x_2) = 31.73 - 75 = -43.27 \quad \text{Ec 3.32}$$

$$x = 39.5 \quad V = -43.27$$

$$x = 65 \quad V = -43.27$$

$$M(x_2) = 31.73x - 75(x - 39.5) \quad \text{Ec 3.33}$$

$$x = 39.5 \quad M = 1253.34$$

$$x = 65 \quad M = 149.95$$

En la siguiente parte el análisis recorre una distancia desde  $x=0.65$  hasta  $0.95$  metros que se puede apreciar en el gráfico 16

$$65 \leq x_3 < 95.5$$

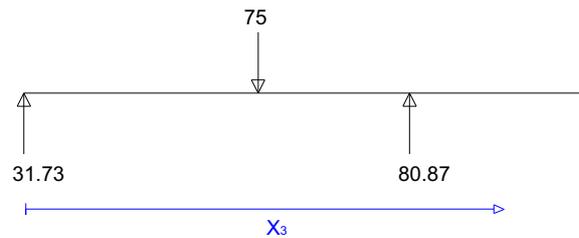


Gráfico 16: Parte izquierda de la plataforma que va desde  $x= 0.65$  hasta  $0.95$  metros

De igual forma se utiliza las ecuaciones 3.34 y 3.35 para encontrar los valores de cortantes y flectores.

$$V(x_3) = 31.73 - 75 + 80.87 = -37.6 \quad \text{Ec 3.34}$$

$$x = 65 \quad V = -37.6$$

$$x = 95.5 \quad V = -37.6$$

$$M(x_3) = 31.73x - 75(x - 39.5) + 80.87(x - 65) \quad \text{Ec 3.35}$$

$$x = 65 \quad M = 149.95$$

$$x = 95.5 \quad M = 1296.75$$

Para la última parte de la plataforma el estudio se vuelve complejo realizarlo por la parte izquierda, por lo que se realiza por la derecha como se muestra en el gráfico 17.

$$0 \leq x_4 < 34.5$$

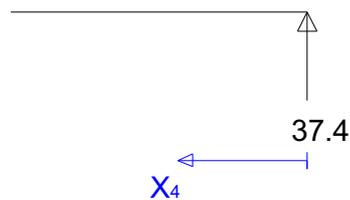


Gráfico 17: Parte Derecha de la plataforma que va desde  $x= 0$  hasta 0.34 metros

Lo que le diferencia de las ecuaciones anteriores es el signo que se toma para los esfuerzos cortantes, sin embargo, el análisis para el momento flector se mantiene con su signo como se aprecia en las ecuaciones 3.36 y 3.37

$$V(x_4) = -37.4 \quad \text{Ec 3.36}$$

$$x = 0 \quad V = -37.4$$

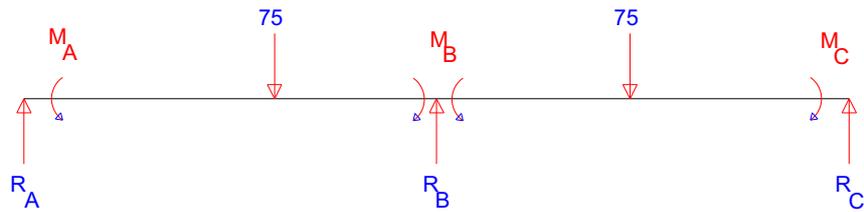
$$x = 34.5 \quad V = -37.4$$

$$M(x_4) = -37.4x \quad \text{Ec 3.37}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 37.4 \quad M = 1296.75$$

Una vez concluido el análisis anterior se procede a realizar el gráfico que ayuda a encontrar el punto sobre la plataforma que está sometida al mayor momento flector, esto se observa en el gráfico 18, donde se muestra la plataforma, las reacciones y los gráficos del esfuerzo cortante (V) y el momento flector (M)



↑ 29.4	45.6	↑ 39.8	35.2	↑
↑ 2.33	2.33	↓ 2.23	2.23	↑
↑ 31.73	43.27	↑ 37.6	37.4	↑
31.73		80.87		37.4

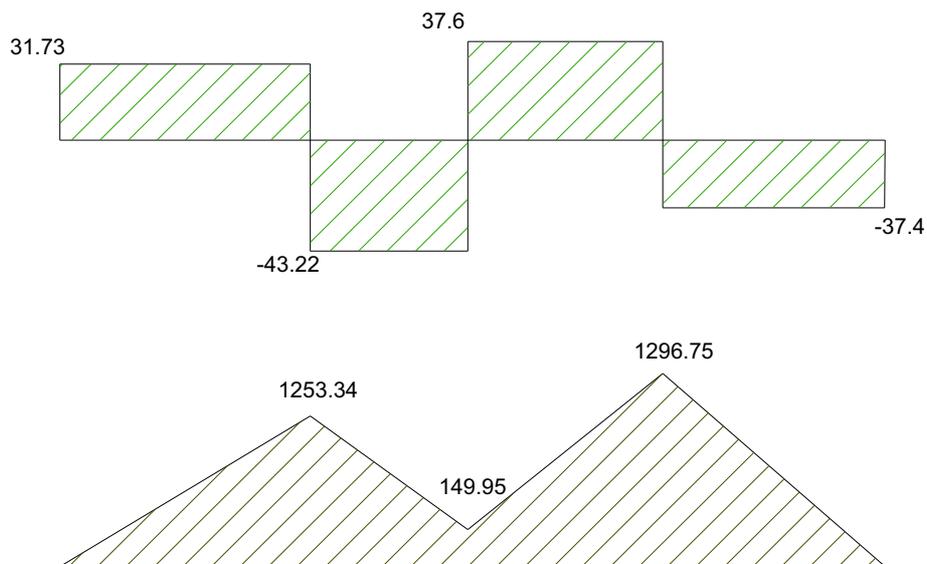


Gráfico 18: Esfuerzo cortante y momento flector en la plataforma

Como los datos obtenidos en el gráfico tienen unidades inglesas, se transforma a unidades del sistema internacional, teniendo para esto en cuenta la ecuación 3.38.

$$M_{max} = 1296.75 [Kg - f * cm] * \frac{9.8 N}{1 Kg-f} * \frac{1m}{100cm} = 127.1 Nm \quad \text{Ec 3.38}$$

El factor de seguridad a ser utilizado es de 2 porque si trabajamos con un valor menor se ingresa a una zona de confiabilidad baja. Por otra parte si el factor de seguridad es muy alto, el sistema se vuelve muy robusto y pesado, eso perjudica al objetivo de conseguir un diseño ligero para que no sea una gran carga muerta dentro del bus de transporte masivo

Para hallar el momento máximo permisible, la ecuación 3.39, la describe.

Con  $\eta = 2$

$$M_{max p} = M_{max} * \eta \quad \text{Ec 3.39}$$

Desarrollando la ecuación 3.39 se encuentra el valor del momento máximo permisible que es

$$M_{max p} = 254.163 Nm$$

Con las condiciones del elemento analizado cuya ilustración se aprecia en el gráfico 19, el esfuerzo permisible vale lo que consta en la ecuación 3.40

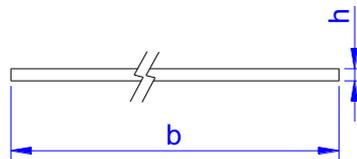


Gráfico 19: Esquema de la plataforma con sus dimensiones principales.

$$\sigma_p = \frac{M_{max p}}{I/c} \quad \text{Ec 3.40}$$

$$\sigma_p = \frac{M_{max} p}{\frac{b * h^2}{6}} = \frac{M_{max} p * 6}{0.8 * (h^2)}$$

El acero ASTM A36 tiene una resistencia en el punto de fluencia de 36000 lb/in<sup>2</sup>

$$36000 \frac{lb}{in^2} * \frac{6890 \frac{N}{m^2}}{1 \frac{lb}{in^2}} = 248040 \frac{KN}{m^2}$$

Donde

$$248040 \frac{KN}{m^2} = \frac{6 * (254.163 Nm)}{0.8(h^2)}$$

$$h = 2.7 mm$$

En el mercado nacional se encuentran varias dimensiones de este tipo de planchas, la que más se acopla a las necesidades del presente diseño es la de 3.0 mm como se observa en el anexo 2.

### 3.1.2 CÁLCULO DE SOPORTES TRANSVERSALES

El cálculo se realiza tomando en cuenta el soporte sometido a mayor carga, este es el de la mitad cuya carga es de 80.87 Kg-f = 792.526 N y se puede apreciar en el gráfico 20.

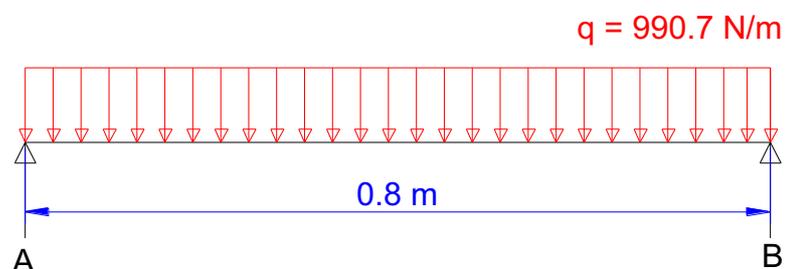


Gráfico 20: Esquema del soporte transversal sometido a una carga uniformemente distribuida.

Para solucionar este problema se debe encontrar las reacciones en cada apoyo del soporte transversal como se aprecia en la ecuación 3.41.

$$R_1 = R_2 = \frac{ql}{2} \quad \text{Ec. 3.41}$$

$$R_1 = R_2 = 396.3 \text{ N}$$

Se realiza el mismo análisis anterior, ésto es, analizar por segmentos al elemento que consiste en tomar un valor de  $x$  que este dentro de las dimensiones del elemento como se ve en la ecuación 3.42 y en el gráfico 21, y de esta manera utilizando las ecuaciones 3.43 y 3.44 se encuentra los esfuerzos cortantes y momentos flectores

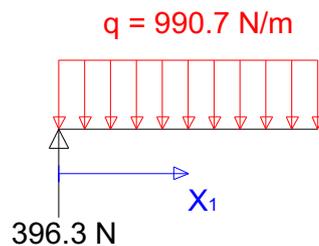


Gráfico 21: Parte izquierda del soporte transversal que va desde  $x=0$  hasta 0.8 metros

$$0 \leq x < 0.8 \quad \text{Ec 3.42}$$

$$V(x_4) = \frac{q \cdot 0.8}{2} - q \cdot x \quad \text{Ec 3.43}$$

$$x = 0 \quad V = 396.3$$

$$x = 0.8 \quad V = -396.3$$

$$M(x_4) = \frac{q \cdot x}{2} (0.8 - x) \quad \text{Ec 3.44}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.8 \quad M = 0$$

Al analizar los estos datos se procede a realizar los gráficos de cortante y flector como se ve en la ilustración 22, donde, el punto máximo de la gráfica del momento flector ocurre en la mitad del soporte que es en  $x = 0.4\text{m}$  en el cual,  $M = 79.3 \text{ Nm}$ .

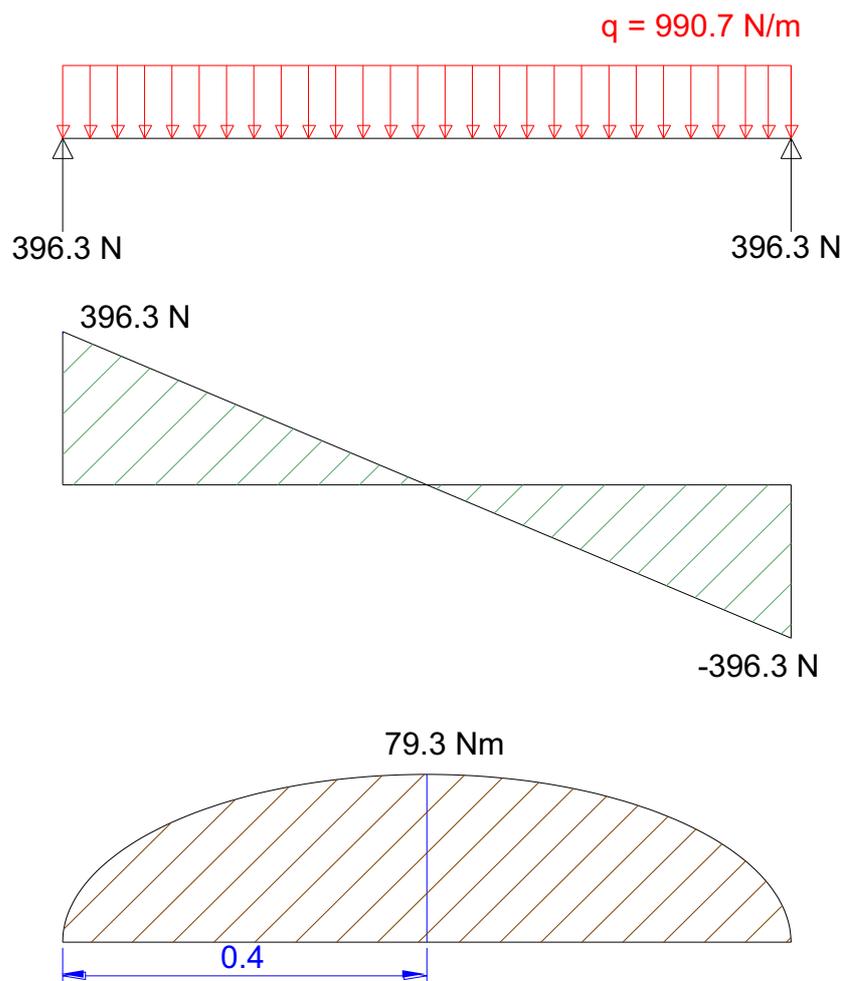


Gráfico 22: Esfuerzo cortante y momento flector en el soporte transversal

Como se advierte en las páginas anteriores, el factor de seguridad a ser utilizado es 2 como se aprecia en la ecuación 3.45, con lo que se procede al cálculo del momento máximo permisible como lo muestra la ecuación 3.46

$$\text{Con } \eta = 2 \quad \text{Ec. 3.45}$$

$$M_{max p} = M_{max} * \eta \quad \text{Ec. 3.46}$$

Por lo que, el momento permisible es

$$M_{max p} = 158.6 Nm$$

Para el siguiente cálculo se puede utilizar platinas de acero, no obstante la esbeltez que presentan estos elementos está restringido con el requerimiento de diseño del sistema, esto es el de aligerar pesos; Por lo que se utiliza como alternativa perfiles tipo "T" de acero A36

Para el cálculo del esfuerzo permisible es necesario poner atención al gráfico 23 que indica el esquema con sus principales dimensiones de este elemento.

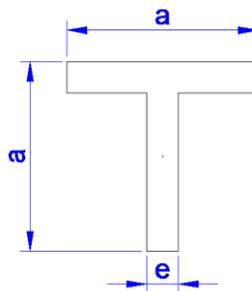


Gráfico 23: Esquema del soporte tipo "T" con sus dimensiones.

Donde el esfuerzo permisible se lo observa en la ecuación 3.47, que vale:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max p} * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec. 3.47}$$

El estudio de este componente se debe fundar en elementos existentes en el mercado, para lo cual se acude al anexo 3, donde se observa varias dimensiones sin embargo, las que más se acoplan al sistema se aprecian en la tabla 4

a (mm)	e (mm)
30	3
25	3
20	3

Tabla 4: Dimensiones de "T" que más se acoplan al sistema<sup>7</sup>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se calcula ahora el centro de gravedad ( $Z_0$ ) basándonos en la ecuación 3.48

$$Z_0 = \frac{\sum S_{Z(n)}}{\sum An} \quad \text{Ec 3.48}$$

Insertando los datos del estudio queda la ecuación 3.49

$$Z_0 = \frac{a*3*1.5+(a-3)*3*(a-3)/2}{a*3+(a-3)*3} \quad \text{Ec 3.49}$$

---

<sup>7</sup> Dimensiones tomadas del anexo 3

Ejemplo de cálculo, para;  $a = 30$  mm. y  $e = 3$  mm. Se aprecia en la ecuación 3.50

$$Z_0 = \frac{30*3*1.5+(30-3)*3*(30-3)/2}{30*3+27*3} \quad \text{Ec 3.50}$$

$$Z_0 = 7.18$$

Para los otros valores los resultados se encuentran en la tabla 5.

a (mm)	Z (mm)
30	7,18
25	5,94
20	4,71

Tabla 5: Valores del centro de gravedad para cada dimensión a de las "T".

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El siguiente paso es calcular el momento de Inercia ( $I_{en}$ ), que se observa en la ecuación 3.51.

$$I_{en} = \frac{a*3^3}{12} + \frac{3*(a-3)^3}{12} + a * 3 * C + (a - 3) * 3 * D \quad \text{Ec 3.51}$$

Cuyos valores de C y D se obtienen en la tabla 6 para cada dimensión

<b>a (mm)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
30	5,68	5,7
25	4,44	5,6
20	3,21	3,79

Tabla 6: Valores de C y D para cada "T".

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El ejemplo de cálculo, para; a = 30 mm. y e = 3 mm, se observa en la ecuación 3.52.

$$I_{en} = \frac{30 \cdot 3^3}{12} + \frac{3 \cdot (30-3)^3}{12} + 30 \cdot 3 \cdot 5.68 + (30 - 3) \cdot 3 \cdot 5.7 \quad \text{Ec 3.52}$$

Los resultados obtenidos se observan en la tabla 7

<b>a (mm)</b>	<b>Ien (mm<sup>4</sup>)</b>
30	10523.54
25	5883.57
20	2624.01

Tabla 7: Valores del momento de inercia para cada "T".

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Con estos resultados se calcula cuál se acerca más al esfuerzo permisible máximo del acero A36, que esta descrito en la ecuación 3.53.

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec 3.53}$$

$$\sigma_{max} = \frac{158.6K(N - mm) * Z_{max} (mm)}{I_{en} (mm^4)}$$

Los resultados que se obtienen se visualizan en la tabla 8

<b>a (mm)</b>	<b><math>\sigma</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
30	108.2
25	160.0
20	284.6

Tabla 8: Valores de los esfuerzos en cada "T" para soportes transversales.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Por lo que se elige la alternativa cuyas dimensiones están regidas por a = 25 mm.

### 3.1.3. CÁLCULO DE SOPORTES LONGITUDINALES

Para este cálculo se toma en cuenta la gráfica 3.19, que ilustra al soporte con cada una de sus cargas y apoyos

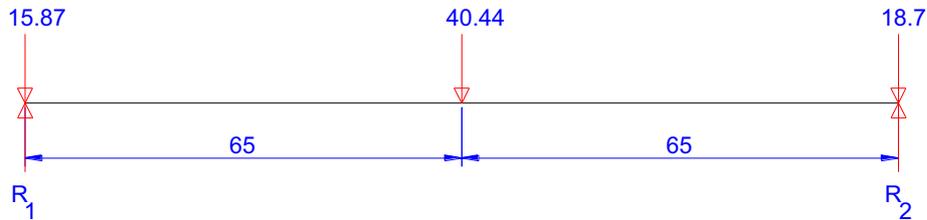


Gráfico 24: Esquema del soporte Longitudinal.

Para solucionar este problema se deben encontrar las reacciones en cada apoyo del soporte longitudinal utilizando para esto la sumatoria de fuerzas en Y, como se aprecia en la ecuación 3.54.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = 15.87 + 40.44 + 18.7 \quad \text{Ec 3.54}$$

Y sumatoria de momentos en el apoyo R<sub>1</sub> como se observa en la ecuación 3.55

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$R_2 * 130 - 40.44 * 65 - 18.7 * 130 = 0 \quad \text{Ec 3.55}$$

Desarrollando la ecuación 3.55 se obtiene la ecuación 3.56.

$$R_2 = 38.92 \text{ Kg} - f \quad \text{Ec 3.56}$$

Se reemplaza la ecuación 3.56 en la 3.54 y se obtiene la igualdad 3.57

$$R_1 = 36.09 \text{ Kg} - f \quad \text{Ec 3.57}$$

Se realiza el análisis gráfico de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, para lo cual se utiliza las ecuaciones desde la 3.58 hasta la 3.61. Tomando en cuenta los gráficos 25 y 26.

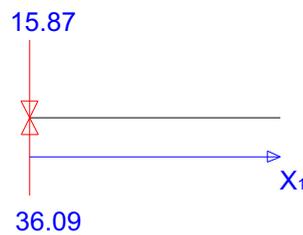


Gráfico 25: Parte izquierda del soporte longitudinal que va desde  $x=0$  hasta 0.8 metros

$$0 \leq x < 0.65$$

$$V(x_4) = -15.8 + 36.06 \quad \text{Ec 3.58}$$

$$x = 0 \quad V = 20.2$$

$$x = 0.65 \quad V = 20.2$$

$$M(x_4) = 36.09 * x - 15.8 * x \quad \text{Ec 3.59}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.65 \quad M = 1314.3$$

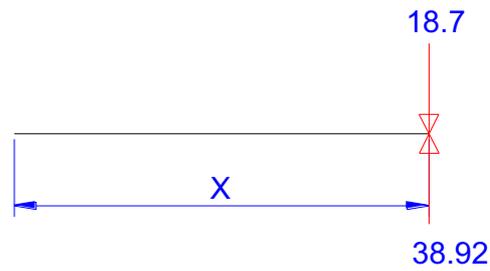


Gráfico 26: Parte derecha del soporte longitudinal que va desde  $x=0$  hasta 0.65 metros

$$0 \leq x < 0.65$$

$$V(x_4) = 38.92 - 18.7 \quad \text{Ec 3.60}$$

$$x = 0 \quad V = 20.2$$

$$x = 0.65 \quad V = 20.2$$

$$M(x_4) = 38.92 * x - 18.7 * x \quad \text{Ec 3.61}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.65 \quad M = 1314.3$$

Con los cálculos anteriores realizados, se realiza el análisis de esfuerzos en el gráfico 27, que muestra el punto más elevado en la gráfica de momentos ocurre en la mitad con un valor de 1314.3 N-m.

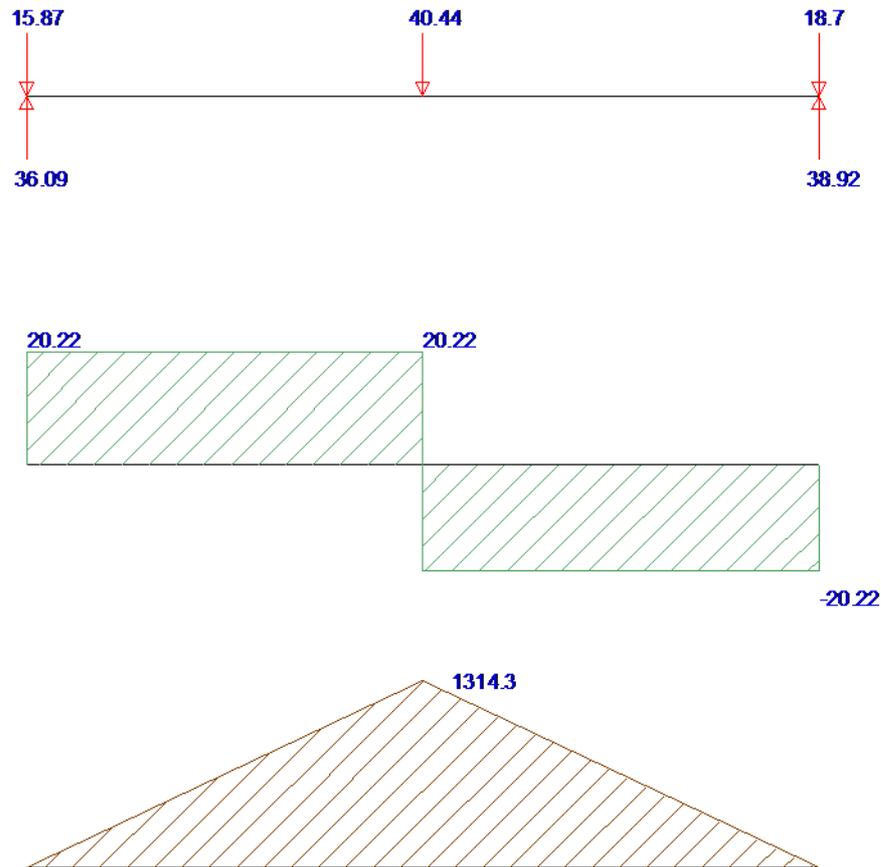


Gráfico 27: Esfuerzo cortante y momento flector en el soporte longitudinal

Observando los esfuerzos encontrados en este elemento, se precisa la utilización de acero A36 laminado tipo "T".

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se encuentra el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 257.6 N-m, con este valor se seleccionara las dimensiones a utilizarse en este elemento basando el cálculo en las tablas 4, 6, y utilizando la ecuación 3.62 cuyos resultados los apreciamos en la tabla 9.

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec 3.62}$$

$$\sigma_{max} = \frac{257.6K(N - mm) * Z_{max} (mm)}{I_{en} (mm^4)}$$

Los resultados obtenidos se visualizan en la tabla 9:

a (mm)	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
30	175.75
25	260.07
20	462.38

Tabla 9: Valores de los esfuerzos en cada "T" para soportes longitudinales.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Por lo que se elige la alternativa cuyas dimensiones están regidas por a = 30 mm.

### 3.1.4. SELECCIÓN DE LAS GUÍAS TELESCÓPICAS DE BOLAS.

Para esta selección se basa el presente diseño en las especificaciones proporcionadas por el fabricante de estos elementos, es decir, para soportar la carga de 150 kg. y que tenga una longitud total de extendido de 1600 mm. La que mejor se acopla a estas características son las Guías Telescópicas para cargas pesadas, RoHS, 500 - 1 600 mm, max. 565 kg | E1708, que se aprecia en el anexo 4.

### 3.2. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA INTERNA.

La estructura interna del elevador, conocida también como jaula, se denomina a la caja donde se ubica la persona con capacidades reducidas para ser elevada por el motoreductor al interior del bus.

#### 3.2.1 CÁLCULO DE LAS PLETINAS DE BASE.

Para este cálculo se toma en cuenta la gráfica 28, que ilustra al soporte con cada una de sus cargas y apoyos

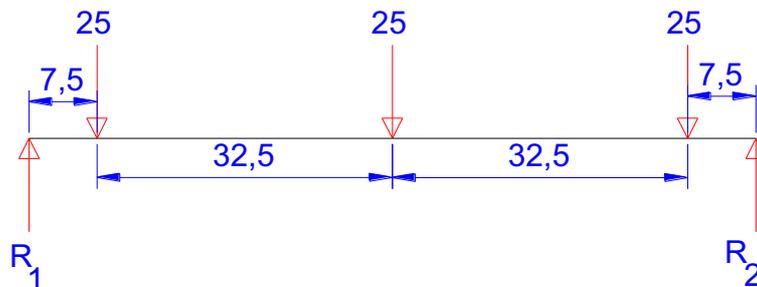


Gráfico 28: Esquema de las pletinas de base.

El siguiente paso es encontrar las reacciones en cada apoyo de la pletina utilizando para esto sumatoria de fuerzas en Y, como se aprecia en la ecuación 3.63.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = 75 \quad \text{Ec 3.63}$$

Y sumatoria de momentos en el apoyo  $R_1$  como se observa en la ecuación 3.64

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$R_2 * 80 - 25 * 72.5 - 25 * 40 - 25 * 7.5 = 0 \quad \text{Ec 3.64}$$

Desarrollando la ecuación 3.64 se obtiene la ecuación 3.65.

$$R_2 = 37.5 \text{ Kg} - f \quad \text{Ec 3.65}$$

Se reemplaza la ecuación 3.65 en la 3.63 y se obtiene la igualdad 3.66

$$R_1 = 37.5 \text{ Kg} - f \quad \text{Ec 3.66}$$

Se realiza el análisis gráfico de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, para lo cual se utilizan las ecuaciones desde la 3.67 hasta la 3.74. Tomando en cuenta los gráficos 29, 30, 31 y 32.

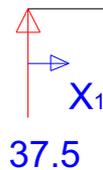


Gráfico 29: Parte izquierda de pletina de base que va desde  $x= 0$  hasta 0.075 metros

$$0 \leq x < 0.075$$

$$V(x_4) = 37.5 \quad \text{Ec 3.67}$$

$$x = 0 \quad V = 37.5$$

$$x = 0.075 \quad V = 37.5$$

$$M(x_4) = 37.5 * x \quad \text{Ec 3.68}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.075 \quad M = 281.25$$

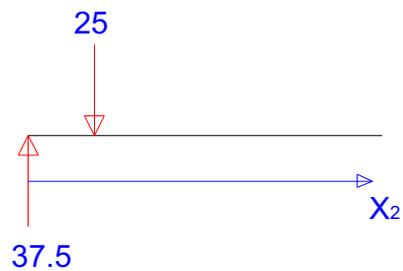


Gráfico 30: Parte izquierda de pletina de base que va desde  $x = 0.075$  hasta  $0.4$  metros

$$0.075 \leq x < 0.4$$

$$V(x_4) = 37.5 - 25 \quad \text{Ec 3.69}$$

$$x = 0.075 \quad V = 12.5$$

$$x = 0.4 \quad V = 12.5$$

$$M(x_4) = 37.5 * x - 25 * (x - 7.5) \quad \text{Ec 3.70}$$

$$x = 0.075 \quad M = 281.25$$

$$x = 0.4 \quad M = 687.5$$

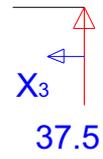


Gráfico 31: Parte derecha de pletina de base que va desde  $x= 0$  hasta 0.075 metros

$$0 \leq x < 0.075$$

$$V(x_4) = -37.5 \quad \text{Ec 3.71}$$

$$x = 0 \quad V = -37.5$$

$$x = 0.075 \quad V = -37.5$$

$$M(x_4) = 37.5 * x \quad \text{Ec 3.72}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.075 \quad M = 281.25$$

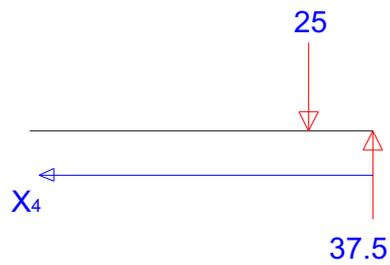


Gráfico 32: Parte derecha de pletina de base que va desde  $x = 0.075$  hasta  $0.4$  metros

$$0.075 \leq x < 0.4$$

$$V(x_4) = -37.5 + 25 \quad \text{Ec 3.73}$$

$$x = 0.075 \quad V = -12.5$$

$$x = 0.4 \quad V = -12.5$$

$$M(x_4) = 37.5 * x - 25 * (x - 7.5) \quad \text{Ec 3.74}$$

$$x = 0.075 \quad M = 281.25$$

$$x = 0.4 \quad M = 687.5$$

Con los cálculos anteriores se realiza el análisis de esfuerzos en el gráfico 33, que muestra, que el punto más elevado en la gráfica de momentos ocurre en la mitad con un valor de 687.5 Kgf-cm.

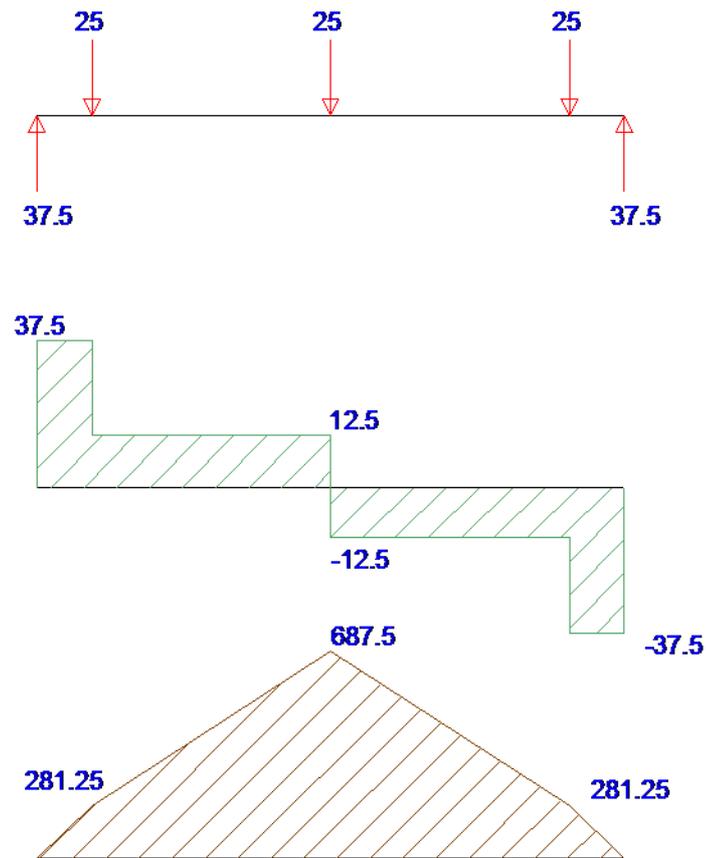


Gráfico 33: Esfuerzo cortante y momento flector en la pletina base

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se encuentra el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 134.75 N-m, con este valor se calcula el espesor de la pletina a ser utilizada.

Con las condiciones del elemento analizado cuya ilustración se aprecia en el gráfico 34, el esfuerzo permisible vale lo que consta en la ecuación 3.75

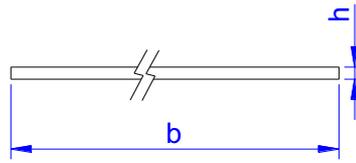


Gráfico 34: Esquema de la pletina de base con sus dimensiones principales.

Donde el esfuerzo permisible vale:

$$\sigma_p = \frac{M_{max} p}{I/c} \quad \text{Ec 3.75}$$

$$\sigma_p = \frac{M_{max} p}{\frac{b * h^2}{6}} = \frac{M_{max} p * 6}{0.8 * (h^2)}$$

El acero ASTM A36 tiene una resistencia en el punto de fluencia de  $248040 \frac{KN}{m^2}$

Donde

$$248040 \frac{KN}{m^2} = \frac{6 * (134.75 Nm)}{b(0.032^2)}$$

$$h = 2.7 mm$$

En el mercado nacional no se encuentran las dimensiones calculadas, se selecciona la pletina PL 38 x 4 cuyas medidas se las puede apreciar en el anexo 5.

### 3.2.2 CÁLCULO DE LOS POSTES DE LA ESTRUCTURA INTERNA.

Para este estudio se suma los diferentes pesos que intervienen en el diseño hasta el momento, observando lo que facilitan los fabricantes.

Peso de la plataforma	29.1 kg/m <sup>2</sup>	Anexo 2
Peso de cada soporte transversal	1.19 kg/m	Anexo 3
Peso de cada soporte longitudinal	1.41 kg/m	Anexo 3
Peso de pletina de acero 38x4	1.19 kg/m	Anexo 5

De donde se obtiene el peso de cada elemento con las dimensiones utilizadas.

$$P_{\text{plataforma}} = \frac{29.1 \text{ kg}}{\text{m}^2} * 1.04 \text{ m}^2 = 30.3 \text{ kg}$$

$$P_{\text{soporte trans}} = \frac{1.19 \text{ kg}}{\text{m}} * 2.4 \text{ m} = 2.9 \text{ kg}$$

$$P_{\text{plataforma}} = \frac{1.41 \text{ kg}}{\text{m}} * 1.04 \text{ m} = 3.7 \text{ kg}$$

$$P_{\text{plataforma}} = \frac{1.19 \text{ kg}}{\text{m}} * 1.04 \text{ m} = 5 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total adicional}} = 42 \text{ kg}$$

Se colocan cuatro postes en la estructura de la jaula, y éstas están sometidas a una carga igual al peso total dividido entre cuatro, esto se puede apreciar en la ecuación 3.76

$$P_{total} = P_{persona} + P_{adicional}$$

$$P_{total} = 150 + 42 = 192 \text{ kg}$$

$$F_{poste} = \frac{192}{4} = 48 \text{ kg} - f * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg} - f} = 470.4 \text{ N} \quad \text{Ec 3.76}$$

El gráfico de cada poste se observa en el esquema 35, que ilustra las fuerzas a las que está sometido cada poste.

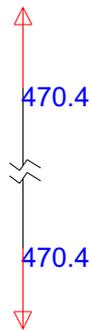


Gráfico 35: Esquema de un poste de la estructura de la jaula sometido a cargas estáticas.

Con el factor de seguridad igual a dos se calcula las dimensiones necesarias de este elemento, como se aprecia en la ecuación 3.77.

$$F = 2 * (470.4 \text{ N}) = 940.8 \text{ N}$$

Entonces:

$$\sigma_{acero A 36} = \frac{F}{A} \quad \text{Ec 3.77}$$

$$248040 \frac{KN}{m^2} = \frac{940.8 N}{A}$$

$$A = 3.79 \text{ mm}^2$$

En el mercado nacional no se encuentran elementos de estas magnitudes, así que se escoge la que más se aproxime, y esta es la AL 20x2 que se observa en el anexo 6.

### 3.2.3 CÁLCULO DEL CRUCE SUPERIOR EN LA ESTRUCTURA DE LA JAULA.

Para este estudio se realiza los pasos con los que se ha trabajado en todo este diseño, es decir, dado el esquema del elemento (ilustración 36), se realiza el análisis gráfico de los esfuerzos cortantes y momentos flectores.

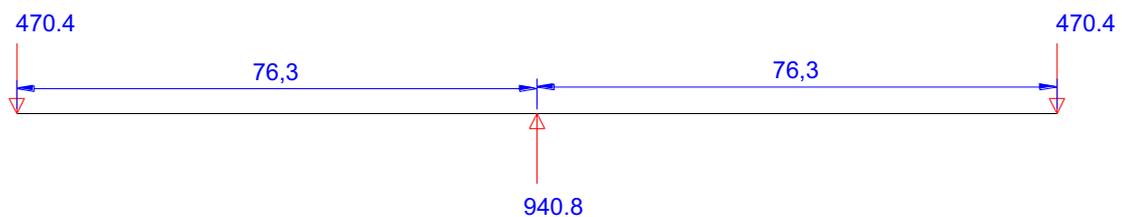


Gráfico 36: Esquema de uno de los elementos del cruce superior de la estructura de la jaula.

Para lo cual se utiliza las ecuaciones desde la 3.78 hasta la 3.81. Tomando en cuenta los gráficos 37 y 38.

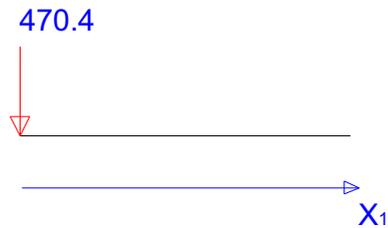


Gráfico 37: Primera parte de un elemento de cruce de la estructura de la jaula que va desde  $x=0$  hasta 0.76 metros

$$0 \leq x < 0.76$$

$$V(x_4) = -470.4 \quad \text{Ec 3.78}$$

$$x = 0 \quad V = -470$$

$$x = 0.76 \quad V = -470$$

$$M(x_4) = -470.4 * x \quad \text{Ec 3.79}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.76 \quad M = -35891.5$$



Gráfico 38: Segunda parte de un elemento de cruce de la estructura de la jaula que va desde  $x = 0.65$  hasta 1.53 metros

$$0.65 \leq x < 1.53$$

$$V(x_4) = -470.4 + 940.8 \quad \text{Ec 3.80}$$

$$x = 0.65 \quad V = 470.4$$

$$x = 1.53 \quad V = 470.4$$

$$M(x_4) = -470.4 * x - 940.8 * (x - 76.3) \quad \text{Ec 3.81}$$

$$x = 0.65 \quad M = -35891.5$$

$$x = 1.53 \quad M = 0$$

Con los cálculos anteriores realizados, se analizan los esfuerzos en el gráfico 39, que muestra que el punto más bajo en la gráfica de momentos ocurre en la mitad con un valor de 358.9 N-m.

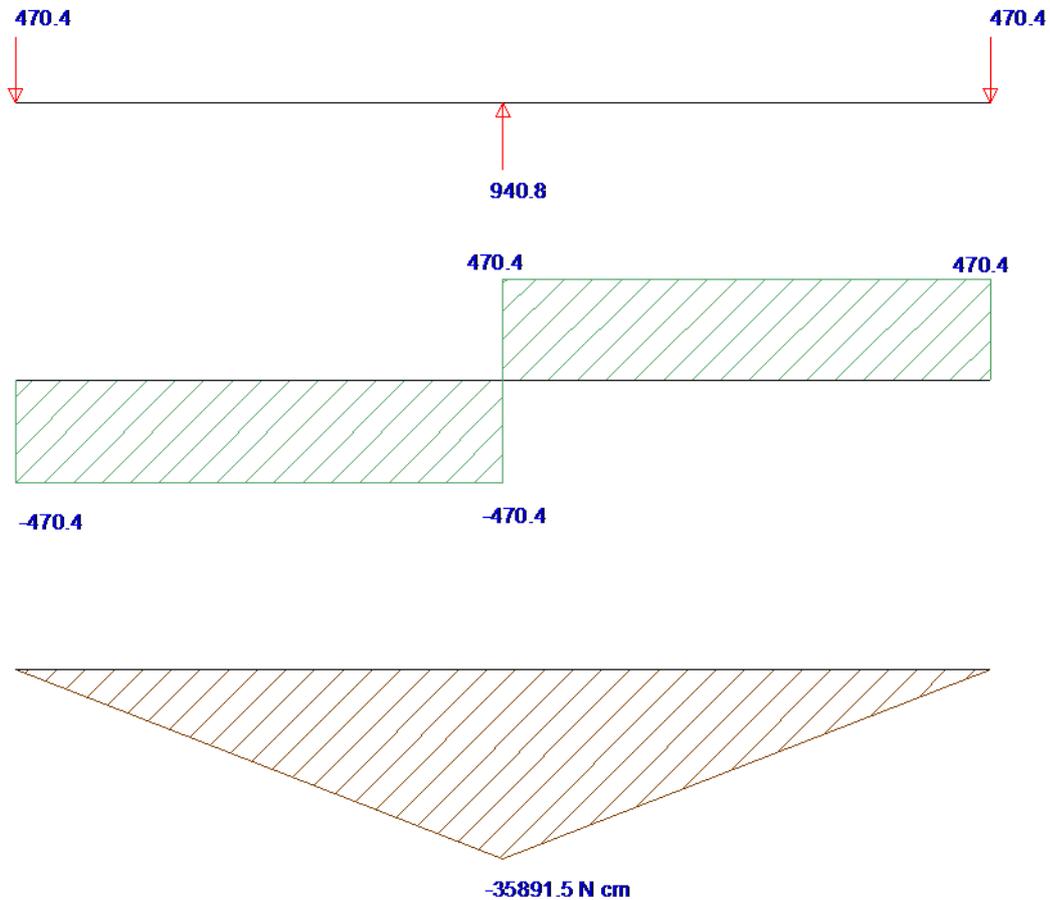


Gráfico 39: Esfuerzo cortante y momento flector en un elemento de cruce superior de la jaula.

Observando los esfuerzos encontrados en este elemento, es necesaria la utilización de acero A36 laminado tipo "T".

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se encuentra el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 717.8 N-m, con este valor se selecciona las dimensiones a utilizarse en este elemento basándonos en la ecuación 3.82

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec 3.82}$$

De donde en el elemento encontrado en el mercado nacional que es la "T 40x5", los valores son los siguientes

$$Z = 11.2 \text{ mm} \quad \text{Ec 3.83}^8$$

$$I_{en} = 52800 \text{ mm}^4 \quad \text{Ec 3.84}^9$$

Por lo que reemplazando se obtiene

$$\sigma_{max} = \frac{717.8(N - m) * Z_{max} (mm)}{I_{en} (mm^4)}$$

$$\sigma_{max} = 152.3 \text{ N/mm}^2$$

Si el  $\sigma_{acero} = 248.04 \text{ N/mm}^2$  y el calculado es menor, entonces el factor de seguridad aumenta y se ingresa en una zona de confianza favorable.

### 3.3 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN.

Al igual que en las anteriores estructuras, este sistema presenta varios elementos que se debe analizar.

---

<sup>8</sup> Tomado del anexo 7 de dimensiones de aceros laminados en frio tipo "T"

<sup>9</sup> Tomado del anexo 7 de dimensiones de aceros laminados en frio tipo "T"

### 3.3.1 CÁLCULO DEL CABLE ELEVADOR.

Para este estudio nuevamente se suman los pesos calculados en el subcapítulo 3.2.2 más el peso de la estructura de la jaula.

Peso de "T 45x5" = 2.96 kg-f                      Anexo 7

Si la cantidad utilizada es de 3 metros entonces el peso total es de 8 kg-f, solo de la estructura de la jaula.

El peso total de todo el diseño hasta ahora calculado es de 200 kg-f que es igual a 1968.6 N, con este valor y el factor de seguridad igual a dos, se encuentra la carga máxima que es de 400 kg-f o 3936 N.

Con estos datos se calcula un cable de acero con una resistencia de  $160 \text{ kg/m}^2$  y con una carga de rotura efectiva de 3350 kg-f, es decir, se selecciona un cable  $8 * 19 + 1$ , cuyas propiedades de este elemento son las siguientes, tiene 19 hilos de acero con una alma del mismo metal y diámetro nominal de 8 mm. Cuyo gráfico se puede apreciar en el anexo 8.

Se utiliza para este cable una eslinga para su sujeción, esta selección está basada en la Directiva de Maquinaria 98/37 EG EN 13414 – 2003, para un diámetro de 8 mm. Con ojo flamenco cuyo factor de seguridad es de seis y la carga máxima es de 700 kg-f.

### 3.3.2 CÁLCULO DEL EJE DEL MOTOREDUCTOR

Para este estudio se observa el esquema del elemento (ilustración 40).

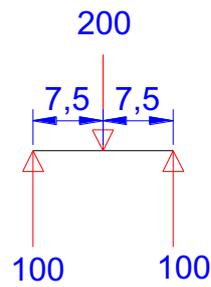


Gráfico 40: Esquema del eje del motoreductor

Se realiza el análisis gráfico de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, para lo cual se utilizan las ecuaciones desde la 3.85 hasta la 3.88. Tomando en cuenta los gráficos 41 y 42.

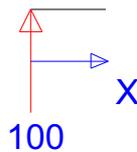


Gráfico 41: Primera parte del eje del motoreductor que va desde  $x= 0$  hasta 0.075 metros

$$0 \leq x < 0.075$$

$$V(x_4) = 100 \quad \text{Ec 3.85}$$

$$x = 0 \quad V = 100$$

$$x = 0.075 \quad V = 100$$

$$M(x_4) = 100 * x \quad \text{Ec 3.86}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.075 \quad M = 750$$

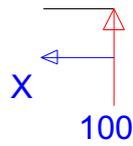


Gráfico 42: Segunda parte del eje del motoreductor que va desde  $x=0$  hasta 0.075 metros

$$0 \leq x < 0.075$$

$$V(x_4) = -100 \quad \text{Ec 3.87}$$

$$x = 0 \quad V = -100$$

$$x = 0.075 \quad V = -100$$

$$M(x_4) = 100 * x \quad \text{Ec 3.88}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.075 \quad M = 750$$

Se analizan los esfuerzos en el gráfico 43, que muestra que el punto más bajo en la gráfica de momentos ocurre en la mitad con un valor de 750 kgf-cm que es igual a 73.5 N-m.

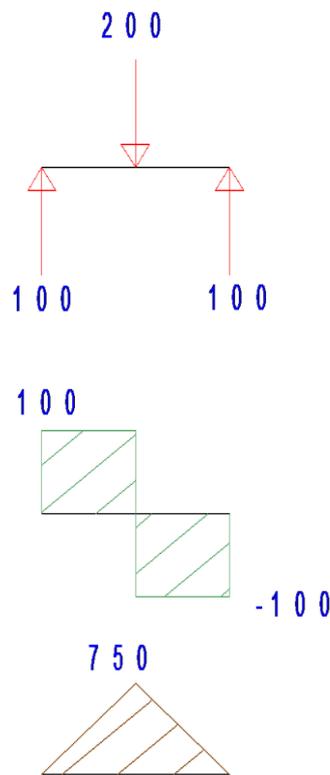


Gráfico 43: Esfuerzo cortante y momento flector del eje del motoreductor.

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se encuentra el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 147 N-m, con este valor se selecciona la dimensión que se utiliza en este elemento basándonos en la ecuación 3.89

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * C}{I} \quad \text{Ec 3.89}$$

Donde

$$C = \frac{\text{diametro}}{2} \quad \text{Ec 3.90}^{10}$$

$$I = \frac{\pi * \text{diametro}^4}{64} \quad \text{Ec 3.91}^{11}$$

$$\sigma_{acero} = 248.04 \text{ N/mm}^2$$

Por la simplificación de las ecuaciones 3.89, 3.90 y 3.91 se obtiene la ecuación 3.92, y se resuelve.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * 32}{\pi * d^3} \quad \text{Ec 3.92}$$

$$d = 1.82 \text{ cm}$$

Por la unión de este elemento con un soporte para rodamientos se tiene que observar en los catálogos de rodamientos las dimensiones con las que se puede diseñar (anexo 9), por este motivo el diámetro del eje es de 20 mm.

### 3.3.3. SELECCIÓN DE SOPORTES PARA RODAMIENTOS

Del mismo modo se utiliza un rodamiento de bolas que tiene un inserto y un soporte denominado UC204 y PE204 respectivamente, cuya figura se observa en el anexo 9.

---

<sup>10</sup> Ecuación tomada de apuntes de la materia de Elementos de Máquinas del Ing. Patricio Flores Profesor de la F.I.M. de la E.P.N.

<sup>11</sup> Ecuación tomada de apuntes de la materia de Elementos de Máquinas del Ing. Patricio Flores Profesor de la F.I.M. de la E.P.N.

### 3.3.4 CÁLCULO DEL TAMBOR

Para poder subir y bajar cómodamente la carga colgada de la extremidad del órgano de tracción, se emplea un tambor, sobre el cual el órgano de tracción se arrolla en forma de hélice, se realiza en dos partes soldables dando como resultado un cilindro hueco de fundición como se muestra en la figura 44.



Gráfico 44: Cilindro hueco para el tambor de arrollamiento del cable.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Suponiendo que el eje del motoreductor gira a 60 rev/min y la velocidad de arrollamiento es de 0.22 cm/s entonces el diámetro del tambor debe ser de 7cm. para de esta forma alcanzar la velocidad deseada.

El espesor de las paredes, en función del diámetro, se fija mediante la relación observada en la ecuación 3.93

$$S = (0.03 \text{ a } 0.04)R + 10 \quad \text{Ec 3.93}^{12}$$

Donde S es el espesor y R el radio del tambor

Se obtiene S = 12 mm.

El ancho de éste, esta dado por las vueltas que deba girar el órgano de tracción sobre el tambor para completar la altura necesaria, esto se observa en la ecuación 3.94.

$$n = \frac{H}{2R\pi} \quad \text{Ec 3.94}^{13}$$

Donde la longitud útil, L, del tambor depende de la altura, H, de elevación de la carga, para un tambor de radio R, la longitud útil de este se deducirá por la relación 3.95

$$L = n * e \quad \text{Ec 3.95}^{14}$$

De modo que (e), es el paso de la hélice que describe el cable sobre el tambor.

Y por último, la altura de los bordes del tambor se fija arbitrariamente.<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

<sup>13</sup> La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

<sup>14</sup> La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 560

<sup>15</sup> La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

### 3.3.5 CÁLCULO DE LA CHAVETA.

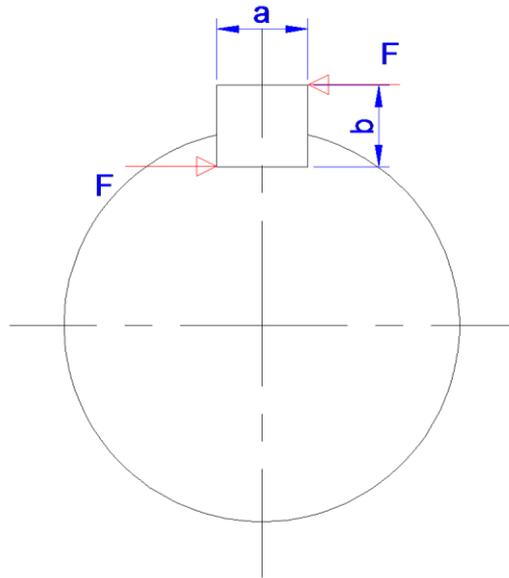


Gráfico 45: Esquema de la chaveta para el eje del motoreductor.

Las chavetas son utilizadas por lo general para fijar elementos que transmiten un momento torsor e impedir un movimiento axial relativo entre las partes como se aprecia en el esquema 45.

En la práctica se considera una chaveta cuyo tamaño está basado en el cuarto del diámetro del eje, se ajustan las demás dimensiones y la resistencia necesaria.

Las chavetas por lo regular fallan por aplastamiento o por corte, para el presente diseño el estudio se basa solo en la falla por corte ya que carece de fuerzas para realizar un análisis por aplastamiento, se aprecia el cálculo del torque del motoreductor en la ecuación 3.96 que es:

$$T = \frac{H*63000}{W} \quad \text{Ec 3.96}$$

Donde

H la potencia del motoreductor

W la velocidad a la que gira el eje

$$T = \frac{1 \cdot 63000}{60}$$

$$T = 1050 \text{ lb} \cdot \text{plg}$$

$$d = 20 \text{ mm} = 0.787 \text{ plg}$$

Se escoge una chaveta cuadrada de 5mm. x 6mm. Usando como material acero UNS G10200 estirado en frio cuya resistencia a la fatiga es de  $S_y = 448.8 \text{ Mpa} = 65076 \text{ lb/plg}^2$ .

Según la ecuación 3.97 y con un factor de seguridad igual dos, se calcula la longitud necesaria para que la chaveta soporte el esfuerzo de corte.

$$L \geq (2 * T * n) / (d * w_c * .040 * S_y) \quad \text{Ec 3.97}$$

$$L \geq \frac{2 * 1050 * 2}{0.787 * 0.236 * 0.40 * 65076}$$

$$L \geq 0.86 \text{ plg}$$

$$L \geq 22.06 \text{ mm} \quad \text{Ec 3.98}$$

Al ser el tambor una estructura soldable y hueca, se colocan dos chavetas, una en cada parte del tambor, estas deberán ser de una longitud de 12mm. cada una.

### 3.3.6 SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR.

Para esta selección se necesita el catalogo del fabricante y observar que especificaciones técnicas se solicitan sobre el presente diseño para escoger la mejor opción.

El trabajo a desarrollarse es de:

$$T = F * d * \cos \theta = 200kgf * 1m = 200kgf - m$$

Donde

F es el peso que debe elevar.

d es la distancia a elevar.

$\theta$  es 0 porque la fuerza está sobre el desplazamiento

La potencia del motor debe ser de:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{200kgf - m}{4.54 \text{ seg}} = \frac{44kgf - m}{\text{seg}} = 0.5 \text{ HP}$$

Donde t es el tiempo que tarda en subir la distancia de un metro, se calcula 4.54, porque la velocidad está regida por el Reglamento INEN 038 y es de 0.22 m/s o menos (anexo 10).

Si se utiliza un factor de seguridad de dos, se selecciona con una potencia de 1 o más HP.

Con estos datos, se observa el catalogo del fabricante (anexo 11); Se escoge la opción

de un motoreductor Vis sin fin con pre reducción Tipo PR 090 MSF 110.

### 3.4 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR DEL ELEVADOR.

Esta estructura está fija en el bus urbano, es donde se apoya todo el diseño.

#### 3.4.1 CÁLCULO DE TRANSVERSALES EXTERIORES

Para este estudio se realiza el esquema del elemento a analizar que se ilustra en el gráfico 46.

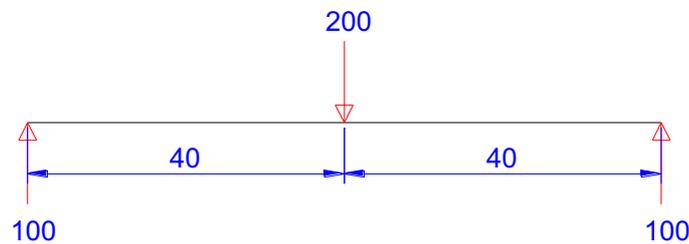


Gráfico 46: Esquema de un transversal exterior.

Se realiza el análisis gráfico de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, teniendo en cuenta las ecuaciones desde la 3.99 hasta la 3.102, realizando los gráficos 47 y 48.

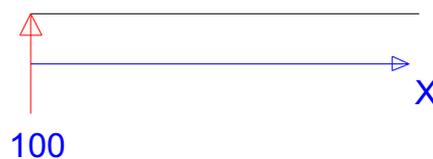


Gráfico 47: Primera parte de un elemento transversal exterior que va desde  $x=0$  hasta 0.40 metros

$$0 \leq x < 0.40$$

$$V(x_4) = 100 \quad \text{Ec 3.99}$$

$$x = 0 \quad V = 100$$

$$x = 0.40 \quad V = 100$$

$$M(x_4) = 100 * x \quad \text{Ec 3.100}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.40 \quad M = 40$$

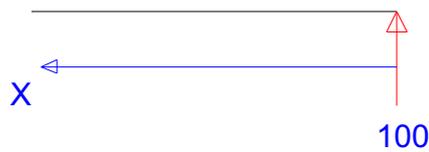


Gráfico 48: Segunda parte de un elemento transversal exterior que va desde  $x=0$  hasta 0.4 metros

$$0 \leq x < 0.40$$

$$V(x_4) = -100 \quad \text{Ec 3.101}$$

$$x = 0 \quad V = -100$$

$$x = 0.40 \quad V = -100$$

$$M(x_4) = 100 * x \quad \text{Ec 3.102}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.40 \quad M = 40$$

Se realiza el gráfico de esfuerzos cortantes y momentos flectores observando que el punto más alto del momento flector ocurre en la mitad a 40 kgf-m según la ilustración 49.

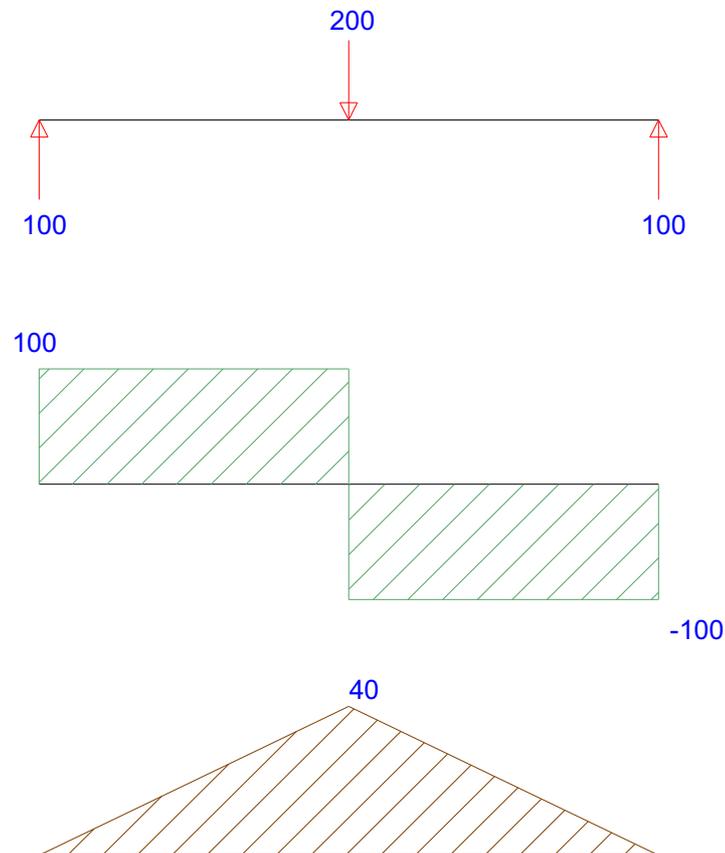


Gráfico 49: Esfuerzo cortante y momento flector en elemento transversal exterior.

$$M_{max} = 40 \text{ kgf} - m = 392 \text{ N} - m$$

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se encuentra el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 784 N-m.

Utilizando la ecuación 3.87, se selecciona las dimensiones a utilizarse en este elemento

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec 3.103}$$

De donde en el elemento encontrado en el mercado nacional "T 40x5", los valores son los siguientes

$$Z = 11.2 \text{ mm}$$

$$I_{en} = 52800 \text{ mm}^4$$

Reemplazando se obtiene

$$\sigma_{max} = \frac{784(N - m) * Z_{max} (mm)}{I_{en} (mm^4)}$$

$$\sigma_{max} = 166.3 \text{ N/mm}^2$$

Si el  $\sigma_{acero} = 248.04 \text{ N/mm}^2$  y el calculado es menor, entonces el factor de seguridad aumenta y se ingresa en una zona de confianza favorable, por lo que se decide a utilizar la "T 40 x 5".

### 3.4.2 CÁLCULO DEL CUADRO SUPERIOR.

Este análisis se realiza bajo el esquema del elemento que se ilustra en el gráfico 50.

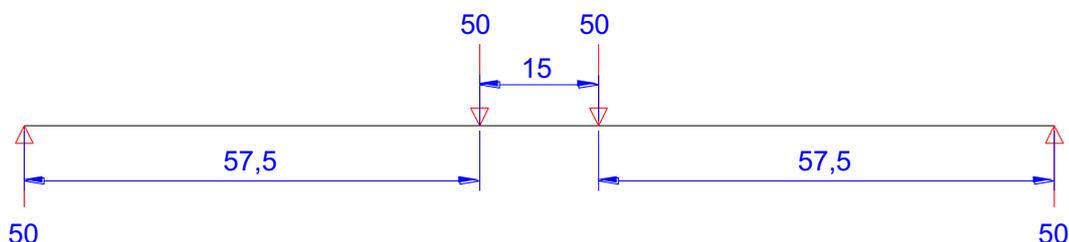


Gráfico 50: Esquema de un elemento del cuadro superior.

Se toma en cuenta los esfuerzos cortantes y momentos flectores, analizando las ecuaciones desde la 3.104 hasta la 3.109, realizando los gráficos 51, 52 y 53.

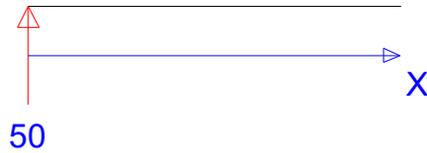


Gráfico 51: Primera parte de un elemento del cuadro superior que va desde  $x=0$  hasta 0.58 metros

$$0 \leq x < 0.58$$

$$V(x_4) = 50 \quad \text{Ec 3.104}$$

$$x = 0 \quad V = 50$$

$$x = 0.58 \quad V = 50$$

$$M(x_4) = 50 * x \quad \text{Ec 3.105}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.58 \quad M = 29$$

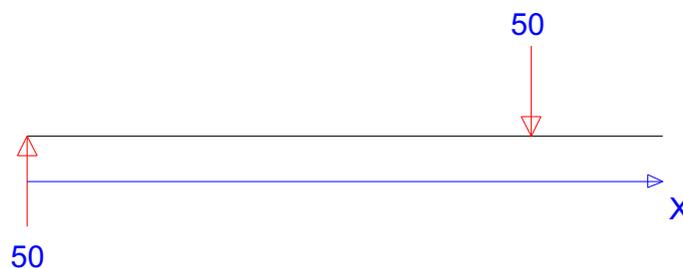


Gráfico 52: Parte intermedia de un elemento del cuadro superior que va desde  $x=0.575$  hasta 0.78 metros

$$0.58 \leq x < 0.73$$

$$V(x_4) = 0 \quad \text{Ec 3.106}$$

$$x = 0.58 \quad V = 0$$

$$x = 0.73 \quad V = 0$$

$$M(x_4) = -470.4 * x \quad \text{Ec 3.107}$$

$$x = 0.58 \quad M = 29$$

$$x = 0.73 \quad M = 29$$

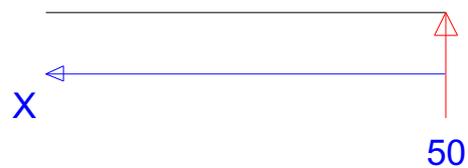


Gráfico 53: Tercera parte de un elemento del cuadro superior que va desde  $x=0$  hasta 0.58 metros

$$0 \leq x < 0.58$$

$$V(x_4) = -50 \quad \text{Ec 3.108}$$

$$x = 0 \quad V = -50$$

$$x = 0.58 \quad V = -50$$

$$M(x_4) = 50 * x \quad \text{Ec 3.109}$$

$$x = 0 \quad M = 0$$

$$x = 0.58 \quad M = 29$$

Se realiza el gráfico de esfuerzos cortantes y momentos flectores observando que el punto más alto del momento flector ocurre a 29 kgf-m, se puede observar en el gráfico 54.

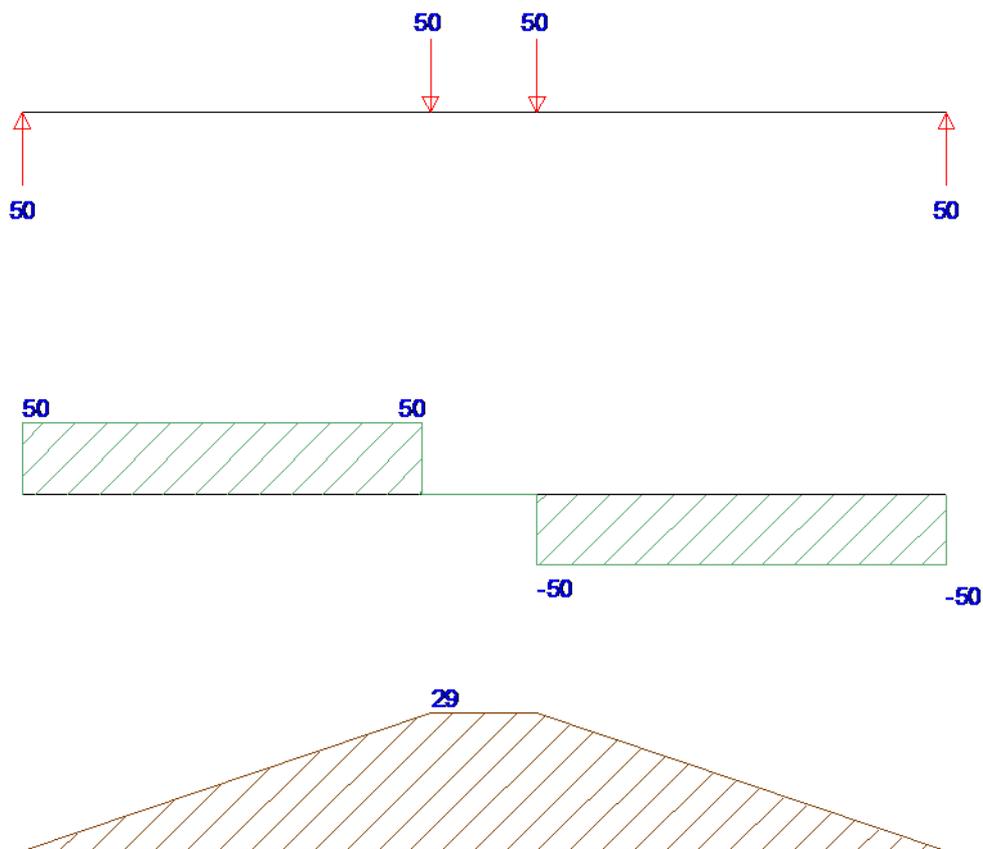


Gráfico 54: Esfuerzo cortante y momento flector en un elemento del cuadro superior.

$$M_{max} = 29 \text{ kgf} - m = 284.2 \text{ N} - m$$

Utilizando un factor de seguridad igual a dos, se deduce el esfuerzo cortante permisible máximo que es igual a 568.4 N-m.

Utilizando la ecuación 3.110, se selecciona las dimensiones a utilizarse en este elemento

$$\sigma_{acero} = 248.04 \frac{MN}{m^2} = 248.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} p * Z_{max}}{I_{en}} \quad \text{Ec 3.110}$$

De donde el elemento encontrado en el mercado nacional "T 40x5" (anexo 7), tiene los siguientes valores:

$$Z = 11.2 \text{ mm}$$

$$I_{en} = 52800 \text{ mm}^4$$

Por lo que reemplazando se obtiene

$$\sigma_{max} = \frac{568.4(N - m) * Z_{max}(mm)}{I_{en} (mm^4)}$$

$$\sigma_{max} = 120.56 \text{ N/mm}^2$$

Si el  $\sigma_{acero} = 248.04 \text{ N/mm}^2$  y el calculado es menor, entonces el factor de seguridad aumenta, por lo que se decide a utilizar la "T 40 x 5".

### 3.4.3 CÁLCULO DE LOS VERTICALES EXTERNOS.

Se colocan cuatro verticales en la estructura externa del elevador, y estas están sometidas a una carga igual al peso total dividido entre cuatro, esto se puede apreciar en la ecuación 3.111

$$F_{vertical} = \frac{200}{4} = 50 \text{ kg} - f * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg} - f} = 490 \text{ N} \quad \text{Ec 3.111}$$

El gráfico de cada poste se observa en el esquema 55, que ilustra las fuerzas a las que está sometido cada poste.



Gráfico 55: Esquema de un vertical externo sometido a cargas estáticas.

Con el factor de seguridad igual a dos se calcula las dimensiones necesarias de este elemento, como se aprecia en la ecuación 3.112.

$$F = 2 * (490 \text{ N}) = 980 \text{ N}$$

Entonces:

$$\sigma_{acero \text{ A } 36} = \frac{F}{A} \quad \text{Ec 3.112}$$

$$248040 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = \frac{980 \text{ N}}{A}$$

$$A = 4 \text{ mm}^2$$

En el mercado nacional no se encuentran elementos de estas magnitudes, de esta forma se escoge la que más se aproxime, y esta es la AL 20x2 que se observa en el anexo 6.

### 3.5 DIMENSIONAMIENTO DE PERNOS.

Los métodos comunes para sujetar o unir elementos incluyen el uso de tornillos de maquinaria, tuercas, pernos.

Para dimensionar los pernos se toma como referencia ilustrativa los que unen la guía telescópica de bolas con la pletina de la estructura interna.

Los pernos que se analizan soportan un esfuerzo cortante producido por el peso de los componentes de la base y por otra parte el del órgano de tracción.

En la figura 56 se muestra el esquema del perno que sujeta estas partes con las fuerzas que actúan sobre este.

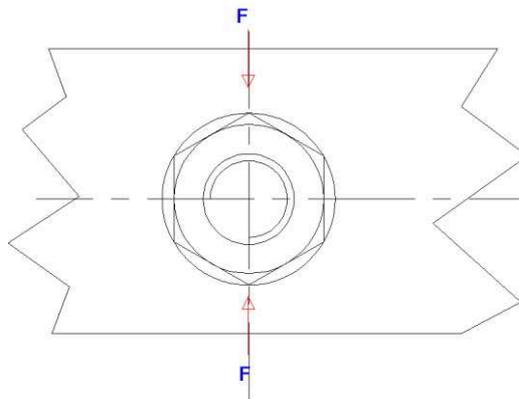


Gráfico 56: Esquema del perno sometido a esfuerzos cortantes.

La carga total que soportan los pernos es de  $F = 192\text{Kg}$ , la cual debe distribuirse en el número de pernos que están sujetando estas piezas.

Asumiendo que son 8 pernos los que van a soportar la carga, entonces la fuerza para cada perno es

$$F_i = \frac{F}{8}$$

$$F_i = 24$$

Para esta unión se selecciona un perno M5 x 1,75 grado métrico 4.6, cuyas propiedades son las siguientes:

$S_p$ = resistencia a la prueba, 32.6 kpsi

$S_{ut}$ = resistencia a la tensión, 60 kpsi

$S_y$ = Resistencia a la fluencia, 36 kpsi

$d_y$ = Diámetro nominal del perno, 5 mm

$A_t$ = Área del diámetro menor del perno, 12.7 mm<sup>2</sup> <sup>16</sup>

Para la falla por cortante puro en el perno, el esfuerzo esta dado por la ecuación 3.113.

$$\tau_r = \frac{F_i}{A_t} \quad \text{Ec 3.113}$$

$$\tau_r = 1.9 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = 2.7 \text{ Kpsi}$$

El factor de seguridad es:

$$n = \frac{0.5 * S_y}{\tau}$$

---

<sup>16</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley. J., 3ra edición. Pág. 382

$$n = 6.7$$

Para la falla por esfuerzo por aplastamiento la formula es la ecuación 3.114

$$\sigma_{ay} = \frac{F_i}{t * dp} \quad \text{Ec 3.114}$$

Donde

$\sigma_{ay}$  = esfuerzo de aplastamiento,  $\frac{kg}{mm^2}$

$F_i$  = Carga sobre cada perno, 24 Kg

$t$  = espesor de la placa más delgada 4mm.

$dp$  = Diámetro nominal del perno 5 mm.

$$\sigma_{ay} = 1.2 \frac{kg}{mm^2} = 1.7 \text{ kpsi}$$

El factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = 21.2$$

Se concluye que se utiliza los pernos M5 x 1,75.

Finalizado el diseño se elaboran los correspondientes planos de taller y de montaje, los mismos que se presentan en el anexo 14

## **CAPITULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO**

#### **4.1 CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se determinan las especificaciones para la construcción de la máquina. Se la debe construir en un taller mecánico, el cual debe encontrarse bien equipado, disponer de todas las herramientas necesarias para la construcción de los elementos que componen la máquina elevadora.

En el anexo 13 se encuentran las hojas de procesos para la fabricación de cada elemento que compone el mecanismo.

Se debe considerar que todos los elementos necesarios para la construcción del prototipo se encuentran con relativa facilidad en el mercado nacional.

##### **4.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Para la construcción de cada elemento de la máquina elevadora se requiere de: máquinas, equipos, herramientas, materiales, instrumentos, etc.

Se detallan a continuación los equipos y maquinas necesarias:

###### **4.1.1.1 Máquinas y equipos**

- Soldadura SMAW

- Taladro
- Esmeril
- Entenalla
- Torno
- Fresa

#### **4.1.1.2 Herramientas**

- Martillo
- Sierra de arco
- Brocas
- Escuadras
- Limas
- Llaves

#### **4.1.1.3 Instrumentos de medición y verificación**

- Calibrador pie de rey
- Flexometro
- Nivel

#### **4.1.1.4 Materia prima**

- Plancha de acero ASTM A36 estriada para pisos
- Perfil estructural tipo ángulo ASTM A36 Al 20 x 2
- Perfil estructural tipo T ASTM A36 40x5
- Perfil estructural tipo T ASTM A36 30x3
- Perfil estructural tipo T ASTM A36 25x3
- Platinas ASTM A36
- Hierro para fundición
- Eje de acero ASTM A36

#### **4.1.1.5 Elementos normalizados y seleccionados**

- Motoreductor vis sin fin con doble reducción de 2 HP
- Pernos
- Guías telescópicas de bolas
- Cable de acero para elevadores

#### **4.1.1.6 Elementos a construir**

- Eje para el motoreductor
- Estructura interna
- Estructura externa
- Estructura de la base
- Plataforma
- Tambor arrollador

Para la construcción del prototipo se debe seguir los Planos de Proceso presentados en el anexo 13.

## **4.2 MONTAJE**

Para realizar el montaje, el Técnico encargado debe tomar en cuenta el Plano de montaje número 1.2727.001, presente en el anexo 14.

La secuencia de montaje es:

- Colocar la plataforma sobre la estructura de la misma y sujetarla con los pernos, arandelas y tuercas respectivas.
- Unir la estructura de la plataforma con la guía telescópica de bolas con pernos.

- Sujetar la guía telescópica de bolas con la estructura interna del mecanismo mediante pernos.
- Ubicar el motoreductor sobre la estructura interna en la posición descrita en el plano de montaje.
- Colocar el tambor hueco en el eje del motoreductor con sus chavetas..
- Ubicar el eje dentro de los rodamientos.
- Unir los soportes de rodamientos con sus respectivas alzas sobre la estructura externa.
- Colocar la estructura externa en el interior del bus como lo describe el plano de montaje mediante pernos, arandelas y tuercas.
- Unir la estructura interna a la externa, tomando en cuenta que la una se desliza sobre la otra.
- Ubicar el cable elevador desde el tambor hueco hasta la estructura interna.

### **4.3 PRUEBAS DE CAMPO**

Para realizar las Pruebas de Campo se debe seguir el formato del Protocolo de Pruebas presentado en el anexo 12.

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

El presente análisis tiene como objetivo el determinar la cantidad de recursos que se emplean para la realización del proyecto, para lo cual interesa describir los costos directos e indirectos, ya que de este total de rubros se obtiene el costo final del elevador para silla de ruedas.

#### **5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS**

Los rubros a tomar en cuenta dentro de los costos directos son:

- Materiales Directos
- Elementos Normalizados
- Costo de Maquinado
- Costo de montaje

##### **5.1.1 COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS**

Es la materia prima que se emplea para construir los elementos que constituyen el elevador de silla de ruedas.

Se detallan los materiales utilizados como el costo y la cantidad de cada uno de estos en la tabla 10, que fueron obtenidos en el mercado local.

MATERIAL	DIMENSIONES (mm)	CANTIDAD (6m)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Plancha estriada ASTM A569	1220 x 920 x 3	2 planchas	210,31	420,62
Perfil angular ASTM A36	9800 x 20 x 2	2	19,5	39
Perfil laminado tipo Tee ASTM A 36	13500 x 40 x 5	3	40	120
Perfil laminado tipo Tee ASTM A 36	2600 x 25 x 3	1	32,5	32,5
Perfil laminado tipo Tee ASTM A 36	2400 x 30 x 3	1	25	25
Perfil laminado tipo platina ASTM A 36	3200 x 38 x 4	1	8	8
Cable de acero Seale Calidad 160kg/m <sup>2</sup>	8 x 19 + 1	1100 mm	9 c/m	9,9
Eje Acero inoxidable Calidad 304	Ø 30 x 6560	0,5	80,25	40,13
			<b>subtotal</b>	<b>695,15</b>

Tabla 10: Costos de Materiales Directos

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.1.2 COSTOS DE ELEMENTOS TERMINADOS

Son aquellos elementos que se encuentran disponibles en el mercado para su comercialización y sin alteración alguna para su uso.

Los costos de los elementos normalizados se los encuentra en la tabla 11 que se obtienen también en el mercado local.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Perno M8 x 1,25 x 70	4	0,2	0,8
Perno M8 x 1,25 x 30	4	0,15	0,6
Perno M5 x 1,25 x 10	10	0,08	0,8
Tuerca M8 x 1,25	8	0,06	0,48
Tuerca M5 x 1,25	2	0,04	0,08
Arandela M8	16	0,04	0,64
Arandela M5	4	0,03	0,12
Motoreductor corriente continua 1.5	1	1400	1400
Lengüeta 5 x 6 x 12	2	8,5	17
Cable 22	4	1,2	4,8
Pulsador On/Off	2	5,7	11,4
Chumacera PE210	2	12,2	24,4
Cilindro neumatico C95SDB32	1	220	220
Guia telescopica de bolas E800	2	60	120
<b>Subtotal</b>			<b>1801,12</b>

Tabla 11: Costos de Materiales Normalizados

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.1.3 COSTO DE MAQUINADO

Para determinar el costo de cada máquina y equipo empleado en la construcción, el costo establecido incluye el costo del operario para la misma, el tiempo que se señala en la tabla es el estimado para cada operación, en la tabla 12 se detallan los diferentes procedimientos, el tiempo y su costo total, proporcionados por el Taller de Máquinas Herramientas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional

OPERACIÓN	TIEMPO TOTAL (HORAS)	COSTO (USD/ h)	COSTO TOTAL (USD)
Corte de material	12	5,00	60
Esmerilado	3	5,00	15
Soldado	6	9,00	54
Taladrado	3	7,00	21
Torneado	4	11,40	45,6
Fresado	2	7,50	15
Rectificado	1	5,50	5,5
<b>Subtotal</b>			<b>216,1</b>

Tabla 12: Costo de Maquinado

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.1.4 COSTOS DE MONTAJE

Estos costos están relacionados con la mano de obra requerida para el armado y ensamblado de cada una de las partes y sistemas del elevador para silla de ruedas

Para el montaje se considera el trabajo de 3 personas durante 4 días, por 8 horas diarias de trabajo con un costo de 2.50 USD/hombre, el costo de la mano de obra se muestra en la tabla 13.

HORAS DE TRABAJO	OBREROS	COSTO HORA (USD)	COSTO TOTAL (USD)
32	3	2,5	240
<b>Subtotal</b>			<b>240</b>

Tabla 13: Costo de Montaje

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla 14 se indica la cantidad total del costo directo.

COMPONENTE DE COSTO	COSTO TOTAL
Materiales Directos	695,15
Elementos Terminados	1801,12
Costo de Maquinado	216,10
Costo de Montaje	240,00
<b>Subtotal</b>	<b>2952,37</b>

Tabla 14: Costo Directo Total

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

## 5.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos se deben tomar en cuenta de algunos rubros que son empleados para la fabricación de la máquina elevadora, para lo cual debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Costos de Materiales Indirectos
- Costos de Diseño
- Gastos Indirectos

### 5.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

En la tabla 15 se detallan los materiales ocupados, la cantidad y el costo de cada uno de los materiales utilizados para hacer posible la construcción, estos precios fueron ofertados por la ferretería Castillo Hermanos.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Electrodo E-6011 (kg)	12 kg	3,6	43,2
Lija para Hierro	5	0,65	3,25
Disco para Corte	4	2,2	8,8
Pintura anticorrosiva (1)	1 gal	5	5
Tinher (1)	1gal	1,75	1,75
Guaype	8	0,3	2,4
Varios		10	10
<b>Subtotal</b>			<b>74,4</b>

Tabla 15: Costo de Materiales Indirectos

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.2.2 COSTO DEL DISEÑO

Este tipo de costo representa al tiempo y esfuerzo que los ingenieros dedican para el diseño de la máquina elevadora, un método para evaluar el costo de diseño se basa en el porcentaje del costo de la máquina una vez construida

Este porcentaje depende del grado de dificultad tanto del diseño así como de la construcción de la máquina elevadora. Para el presente diseño este porcentaje está en el 30%.

### 5.2.3 GASTOS INDIRECTOS

Se relaciona con los gastos de movilización de las personas y del transporte de materiales, el costo estimado para el presente proyecto es de 150 USD.

### 5.2.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la tabla 16 se indica la cantidad del costo total indirecto

COSTO DEL COMPONENTE	VALOR (USD)
Materiales Indirectos	74,4
Costo de Diseño	885,71
Gastos Indirectos	150
<b>Subtotal</b>	<b>1110,11</b>

Tabla 16: Costo Total Indirecto.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 5.3 COSTO TOTAL DEL ELEVADOR PARA SILLA DE RUEDAS

El resultado es la suma de los subtotales de los costos directos con los indirectos, estos se indican en la tabla 17

DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
COSTOS DIRECTOS	2952,37
COSTOS INDIRECTOS	1110,11
<b>TOTAL</b>	<b>4062,48</b>

Tabla 17: Costo Final del Elevador para Silla de Ruedas

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de Titulación cumple con el objetivo inicial establecido, el cual es el diseño del elevador para silla de ruedas a instalarse en un bus tipo de la Ciudad de Quito, con los parámetros funcionales determinados.
- El desarrollo del presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, es de gran aporte al desarrollo tecnológico del país, especialmente para el sector automotriz de buses urbanos de transporte masivo (bus tipo).
- Al realizar el estudio de campo, se puede determinar las condiciones escasas a las que han sido sometidos la parte de la población de la ciudad llamada “Personas con Movilidad Reducida”, así como también las pequeñas condiciones de seguridad que ofrecen en la actualidad los buses urbanos de la Ciudad de Quito.
- La mayoría de los buses urbanos de la Ciudad de Quito no cumplen el mínimo de condiciones tanto en las especificaciones de la carrocería del bus urbano, como en la de seguridad y control del pasajero.
- Debido a que en el actual momento la mayoría de buses urbanos para transporte masivo no cumplen con los requerimientos descritos en la Norma y Reglamento RTE INEN 038, este diseño, será difícil de adaptar a las condiciones de estos buses.

- La elaboración de este proyecto ayuda principalmente a la interacción que debe tener un Profesional de la Escuela Politécnica Nacional con el medio externo, satisfaciendo las necesidades que encuentra en la población.
  
- Teniendo en cuenta el valor que se invierte en el chasis de un bus urbano así como también el de la carrocería, el valor total de la máquina elevadora, es exequible para que los nuevos buses urbano que se integren al parque automotor de la ciudad, tengan este requisito necesario según la Norma.
  
- El desarrollo del presente proyecto ayuda a su autor a reforzar los criterios de diseño y mejorar las consideraciones de construcción, costos, etc., debido a la falta de experiencia en la parte práctica.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para garantizar el buen funcionamiento de la máquina elevadora, es importante disponer de los materiales específicos, si esto no se cumple, puede causar problemas a corto, mediano o largo plazo en el funcionamiento de la misma.
  
- Los buses urbanos de transporte masivo de pasajeros que van a ingresar al parque automotor ecuatoriano, sean importados, ensamblados o fabricados en el país, deben cumplir con las Normativas y Reglamentos vigentes en el país.
  
- La instalación eléctrica de la máquina elevadora debes ser realizada por un técnico, ya que se debe tener en cuenta que la energía que utiliza el elevador es corriente continua y no corriente alterna.
  
- Es importante que la máquina elevadora cumpla con las especificaciones de tolerancia para poder realizar el montaje de una forma eficaz.
  
- El recubrimiento de la máquina debe ser con pintura anticorrosiva debido a que siempre estará en contacto con el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOHLER. Manual de Aceros
- DIPAC. Catalogo de Perfiles estructurales.
- INEN. Reglamento RTE INEN 038 “Bus Urbano”; Quito, 2008
- INEN. Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981
- WEITZEL. K; La Escuela del Técnico Mecánico, 3ra edición.
- POPE, E: Soluciones Prácticas para El Ingeniero Mecánico; Ed. McGraw-Hill, 1er edición; México 2000.
- SHIGLEY J; Manual de Ingeniería Mecánica; Ed. McGraw-Hill; 4ta Ed.; México 1989.
- SHIGLEY J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Ed. McGraw-Hill; 6ta Ed.; México 2002
- VARGAS J; Guía de los Fundamentos de Dibujo Industrial; 2004
- TIMOSHENKO-GEER; Resistencia de Materiales; Ed. McGraw-Hill, 5ta ed.; México; 1981.
- MIRALUBOV, Resistencia de Materiales, Brasil, 1985.
- <http://www.catalogo-ceapat.org>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Discapacidad>

- <http://www.r82.com/Default.aspx?ID=5555>
- SOLIDWORKS., Programa computacional de dibujo en 3D.

**ANEXO 1**

**MEDIDAS DE SILLAS DE RUEDAS**

 Medidas	28 cm	32 cm	36 cm	40 cm
<b>4-ruedas</b>	(11")	(12½")	(14")	(15½")
Anchura, sin frenos de disco	29 (23")	63 (24½")	67 (26")	71 (27¾")
Anchura, con frenos de disco	57 (22¼")	61 (23¾")	65 (25¼")	69 (27")
Anchura, entre ruedas, sin frenos de disco	35 (13¾")	39 (15¼")	43 (¾")	47 (18¼")
Anchura, entre ruedas, con frenos de disco	33 (12¾")	37 (14½")	41 (16")	45 (17½")
Altura	76 (29¾")	76 (29¾")	82 (32")	82 (32")
Longitud	77 (30")	77 (30")	77 (30")	77 (30")
Altura, cojín del respaldo	25 (9¾")	25 (9¾")	25 (9¾")	25 (9¾")
Anchura, cojín del respaldo	28 (11")	32 (12½")	36 (14")	40 (15½")
Anchura, cojín del asiento	28 (11")	32 (12½")	36 (14")	40 (15½")
Profundidad, cojín del asiento	29 (11¼")	35 (13¾")	41 (16")	45 (17½")
Altura del asiento sobre el suelo	50 (19½")	50-53 (19½-20¾")	50-55 (19½-21½")	50-56 (19½-21¾")
Altura del respaldo	25-28 (9¾-11")	25-28 (9¾-11")	25-28 (9¾-11")	25-28 (9¾-11")
Profundidad del asiento	24-29 (9¼-11¾")	30-35 (11¾-13¾")	35-40 (13¾-15½")	40-45 (15½-17½")
Anchura del asiento	28-32 (11-12½")	32-36 (12½-14")	36-40 (14-15½")	40 (15½")
Longitud máx. de la pata inferior	35 (13¾")	35-37 (13¾-14½")	44-48 (17¼-18¾")	44-48 (17¼-18¾")
Peso	11 kg (24 lb)	11 kg (24 lb)	11 kg (24 lb)	11 kg (24 lb)
Carga / peso máx. del usuario	75 kg (165 lb)	75 kg (165 lb)	75 kg (165 lb)	75 kg (165 lb)

**ANEXO 2**

**CATALOGO DE PLATAFORMA BASE**

## PLANOS



	Planchas Gruesas	Bobinas y Planchas Delgadas Laminadas en Caliente
	<b>Planchas estriadas para Piso</b>	Bobinas y Planchas Laminadas en Frío
	Bobinas y Planchas Zincadas Lisas	Planchas Zincadas Onduladas

### Planchas Estriadas Para Piso

### DESCRIPCION

#### Ficha Técnica

#### Características Dimensionales y de Forma

Dimensiones Nominales (mm)

Ancho	Espesor				
	2,5	3,0	4,5	5,0	6,0
920	x	x	x	x	x
1220			x	x	x

Longitudes: 2400 mm.

Nota.- Previa consulta se suministran otras dimensiones.

Tolerancia en el espesor (mm)

Espesor				
2,5	3,0	4,5	5,0	6,0
+/- 0,26	+/- 0,26	+/- 0,45	+/- 0,45	+/- 0,55

Tolerancia en el ancho (mm)

Para ancho 920 mm: + 10 -0

Para ancho 1220 mm: + 15 -0

Tolerancia en la longitud (mm): +25 -0

Tolerancia en Planicidad (mm): +30 máx

#### Forma de suministro

En cada paquete de planchas se coloca una tarjeta adhesiva con la identificación respectiva. Las planchas se suministran en paquetes de 2 t aproximadamente.

**ANEXO 3**

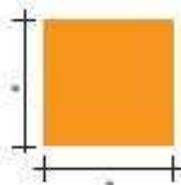
**CATALOGO DE PERFIL LAMINADO TIPO "T" 30 X 3 Y 25 X 3**

### Especificaciones Generales

#### PERFILES LAMINADOS

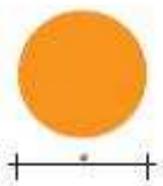
Calidad	ASTM A 36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m.
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta

#### VARILLA CUADRADA LISA



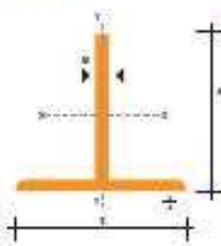
DENOMINACION	LADO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>	
VQU 5/6	8,0	0,57	3,41	0,72	
VQU 3/8	9,0	0,64	3,83	0,81	
VQU 1/2	11,0	0,95	5,70	1,21	
VQU 5/8	15,0	1,77	10,60	2,25	
VQU 3/4	18,0	2,54	15,26	3,24	
VQU 24,5	24,5	4,72	28,30	6,00	

#### VARILLA REDONDA LISA



DENOMINACION	DIAMETRO	PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
VRL 5,5	5,5	0,34	2,04	0,43
VRL 8	8,0	0,50	2,96	0,63
VRL 10	10,0	0,62	3,70	0,79
VRL 12	12,0	0,89	5,33	1,13
VRL 15	15,0	1,39	8,32	1,77
VRL 18	18,0	2,00	11,98	2,58
VRL 22	22,0	2,98	17,90	3,80
VRL 24,5	24,0	3,70	22,20	4,71

#### TEES



DENOMINACION	DIMENSIONES			PESO		AREA
	a	b	e	kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
TEE 20X3	20	20	3	0,90	5,40	1,15
TEE 25X3	25	25	3	1,19	7,14	1,52
TEE 30X3	30	30	3	1,41	8,48	1,80

**ANEXO 4**

**GUÍA TELESCÓPICA DE BOLAS**



**ANEXO 5**

**PLATINA PL 38 X 4**

## ▶ platinas



Fabricadas en largos estándar de 6 metros.  
Longitudes especiales bajo pedido.

### descripción

Platinas en acero de baja aleación laminadas en caliente de sección rectangular.

### USOS

Se utilizan para múltiples propósitos dentro del sector metal-mecánico, cerrajería ornamental, manufactura de muebles, carrocerías vehiculares, herramientas manuales y trabajos de carpintería metálica en general.

### normas técnicas

**NTE INEN 2215** ( ecuatoriana )

Perfiles de acero laminados en caliente.

Requisitos.

**NTE INEN 2222** ( ecuatoriana )

Barras cuadradas, redondas y platinas de acero laminadas en caliente. Requisitos.

## ▶ dimensiones y especificaciones técnicas

DIMENSIÓN		MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
mm	kg/m	kg/6m	Lado mm	Espesor mm	
12 X 3	0,283	1,698	+ -1,0	+ -0,50	
12 X 4	0,377	2,262			
19 X 3	0,477	2,682			
19 X 4	0,597	3,582			
25 X 3	0,589	3,534			
25 X 4	0,785	4,710			
25 X 6	1,178	7,068			
30 X 3	0,707	4,242			
30 X 4	0,942	5,652			
30 X 6	1,413	8,478			
38 X 3	0,895	5,370			
38 X 4	1,193	7,158			
38 X 6	1,790	10,740			
50 X 3	1,178	7,068			
50 X 4	1,570	9,420			
50 X 6	2,355	14,130			
65 X 6	3,062	18,372	+ -1,5		
75 X 6	3,533	21,198			

Tolerancia de longitud: + - 100 mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
<b>ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA Lo=5.65 * (Ao) 1/2mm</b>	<b>26%</b>

**ANEXO 6**

**ANGULO AL 20 X 2**

## Ángulos estructurales



### Descripción

Ángulos a 90° grados de alas iguales, en acero de baja aleación, laminados en caliente.

### Usos

En la construcción de estructuras espaciales, celosías, vigas, columnas, arcos, diafragmas, serchas.

Metal-mecánica: Industria de muebles, carrocerías para vehículos. Puertas, ventanas.

Elementos ornamentales, verjas y cerramientos. Herramientas manuales. Refuerzo para anclaje de maquinaria.

### normas técnicas

**NTE INEN 2215** (Ecuatoriana)

Perfiles de acero laminados en caliente.

Requisitos.

## Dimensiones y especificaciones técnicas

DIMENSIÓN	MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
	mm	kg/m	kg/6m	mm
20 X 3		0,871	5,226	
25 X 3		1,107	6,642	
25 X 4		1,484	8,904	
25 X 6		2,072	12,432	
30 X 3		1,342	8,052	
30 X 4		1,750	10,500	
30 X 6		2,540	15,250	
40 X 3		1,812	10,872	
40 X 4		2,386	14,316	
40 X 6		3,487	20,922	
50 X 3		2,284	13,704	
50 X 4		3,024	18,144	
50 X 6		4,427	26,562	

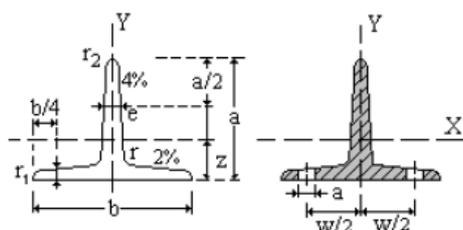
Tolerancia de longitud: ± 30 mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
ALARGAMIENTO (%) DENTRO CON PROBETA L <sub>0</sub> = 5,65 "A" 1/2000	25%

**ANEXO 7**

**PERFIL LAMINADO TIPO "T" 40 X 5**

**Tabla 2.A1.7.- Perfiles T**



A = Área de la de la sección

$I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X.

$W_x = I_x : (a-z)$ . Módulo resistente de la sección, respecto a X.

$i_x = (I_x : A)^{1/2}$ . Radio de giro de la sección, respecto a X.

$I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.

$W_y = 2 I_y : b$ . Módulo resistente de la sección, respecto a Y.

$i_y = (I_y : A)^{1/2}$ . Radio de giro de la sección, respecto a Y.

$I_t$  = Módulo de torsión de la sección

u = Perímetro de la sección.

p= Peso por metro.

	Dimensiones					Posición del centro z cm	Términos de la sección							Agujeros		Peso p kp/m	
	a=b mm	e=r mm	r <sub>1</sub> mm	r <sub>2</sub> mm	u mm		A cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	w mm		a mm
T 40 5	40	5	2,5	1,0	153	1,12	3,77	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	0,350	21	6,4	2,96
T 50 6	50	6	3,0	1,5	191	1,39	5,66	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03	0,757	30	6,4	4,44
T 60 7	60	7	3,5	2,0	229	1,66	7,94	23,8	5,48	1,73	12,20	4,07	1,24	1,450	34	8,4	6,23
T 70 8	70	8	4,0	2,0	268	1,94	10,6	44,5	8,79	2,05	22,10	6,32	1,44	2,520	38	11,0	8,32
T 80 9	80	9	4,5	2,0	307	2,22	13,6	73,7	12,8	2,33	37,00	9,25	1,65	4,110	45	11,0	10,70
T 100 11	100	11	5,5	3,0	383	2,74	20,9	179	24,6	2,92	88,30	17,70	2,05	9,380	60	13,0	16,40

**ANEXO 8**

**CABLE DE ACERO**

**Cable para elevadores y ascensores****engrasado****Calidad del acero** 160 Kgs/m<sup>2</sup>**"DUAL"****Calidad del acero** 140/180 Kgs/m<sup>2</sup>

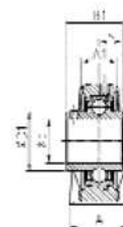
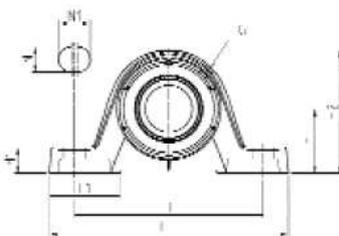
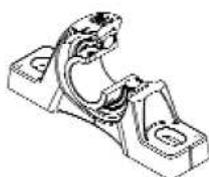
ISO 2408	Diámetro nominal	Peso aprox.	C. Rotura efectiva	Diámetro nominal	Peso aprox.	C. Rotura efectiva		
		mm.	Kg/100 m.		Kgf.	mm.	Kg/100 m.	Kgf.
<b>Cable de elevación</b>	8 x 19 + 1 Seale	8	21,6	3.350	8 x 19 + 1 Textil	8	21,6	2.866
		9	27,3	3.900		9	27,3	3.631
	Seale	10	33,7	4.800	10	33,7	4.489	
		11	40,8	6.600	11	40,8	5.426	
		12	48,5	7.250	12	48,5	6.456	
		13	57,0	8.350	13	57,0	7.578	
		14	66,1	10.300	14	66,1	8.782	
15	75,0	11.250	15	75,0	10.506			
<b>Cable de compensación</b>	6 x 19 + 1 Textil	6	12,5	1.770	8 x 19 + 1 Textil	14	66,1	8.782
		8	22,1	3.150		16	96,3	11.526
	Seale	9	28,0	3.980	18	109,0	14.484	
		10	34,6	4.920	20	135,0	17.952	
		11	41,9	5.950	22	163,0	21.310	
		12	49,8	7.080	24	194,0	25.806	
		<b>Cable de gobierno</b>	6 x 19 + 1 (1 + 6 + 12)	14	67,8	9.640	6 x 19 + 1 Seale	8
16	88,6			12.600	9	29,2		4.280
Textil	18		112	15.900	10	36,1	5.280	
	20		138	19.700	11	43,7	6.390	
				12	52,0	7.610		
				13	61,0	8.930		



**ANEXO 9**  
**RODAMIENTOS**

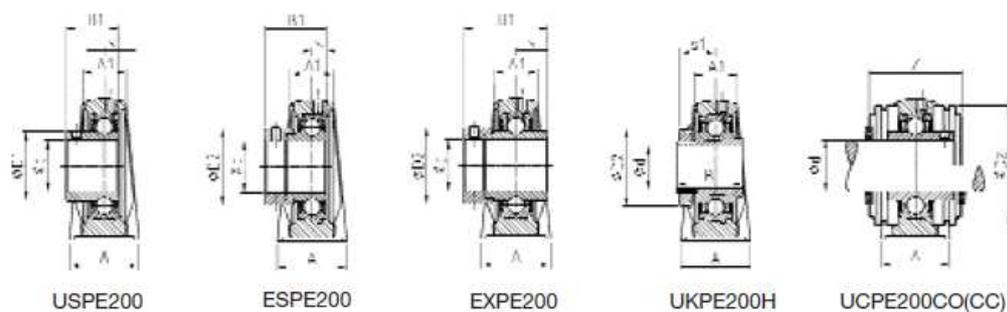

**Soportes de pie**

Soporte PE200 relubricable



UCPE200

Diámetro del eje Unidad		Dimensiones principales [mm]														
		d [mm]	L	H	A1	A	J	N	N1	L1	H1	H2	s1	B	B1	s
12	UCPE201	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	31,0	12,7	
	USPE201	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	22,0	6,0	
	ESPE201	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	28,6	6,5	
	EXPE201	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	43,5	17,0	
15	UCPE202	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	31,0	12,7	
	USPE202	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	22,0	6,0	
	ESPE202	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	28,6	6,5	
	EXPE202	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	43,5	17,0	
17	UCPE203	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	31,0	12,7	
	USPE203	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	22,0	6,0	
	ESPE203	125	30,2	18	30	95	11	19	38,0	10,0	57	-	-	28,6	6,5	
	EXPE203	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	43,5	17,0	
20	UCPE204	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	31,0	12,7	
	USPE204	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	25,0	7,0	
	ESPE204	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	30,9	7,5	
	EXPE204	130	33,3	19	32	97	11	19	40,0	14,5	64	-	-	43,5	17,0	
	UKPE205H	130	36,5	21	36	103	11	19	39,0	14,5	70	18,5	35	-	-	
25	UCPE205	130	36,5	21	36	103	11	19	39,0	14,5	70	-	-	34,0	14,3	
	USPE205	130	36,5	21	36	103	11	19	39,0	14,5	70	-	-	27,0	7,5	
	ESPE205	130	36,5	21	36	103	11	19	39,0	14,5	70	-	-	30,9	7,5	
	EXPE205	130	36,5	21	36	103	11	19	39,0	14,5	70	-	-	44,3	17,4	
	UKPE206H	158	42,9	25	40	118	14	22	47,0	17,0	82	20,5	38	-	-	
30	UCPE206	158	42,9	25	40	118	14	22	47,0	17,0	82	-	-	38,1	15,9	
	USPE206	158	42,9	25	40	118	14	22	47,0	17,0	82	-	-	30,0	8,0	
	ESPE206	158	42,9	25	40	118	14	22	47,0	17,0	82	-	-	35,7	9,0	
	EXPE206	158	42,9	25	40	118	14	22	47,0	17,0	82	-	-	48,3	18,2	
	UKPE207H	163	47,6	27	45	126	14	21	49,0	19,0	93	22,5	43	-	-	



D1	D2	G	Z	Dz	SopORTE	Inserto	Tapas protec- toras abiertas *	Tapas protec- toras cerradas **	Capacidad de carga dinámica	Capacidad de carga estática	Peso	Diámetro del eje
									C <sub>r</sub> [kN]	C <sub>0r</sub> [kN]	[kg]	d [mm]
29,0	-	R1/8"	44,6	54,0	PE204	UC201	CO	CC	12,80	6,65	0,5	12
24,6	-	M6x1	40,6	46,0	PE203	US201	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	***	***	PE203	ES201	***	***	9,55	4,78	0,5	
-	33,3	R1/8"	***	***	PE204	EX201	***	***	12,80	6,65	0,6	
29,0	-	R1/8"	44,6	54,0	PE204	UC202	CO	CC	12,80	6,65	0,5	15
24,6	-	M6x1	40,6	46,0	PE203	US202	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	***	***	PE203	ES202	***	***	9,55	4,78	0,5	
-	33,3	R1/8"	***	***	PE204	EX202	***	***	12,80	6,65	0,6	
29,0	-	R1/8"	44,6	54,0	PE204	UC203	CO	CC	12,80	6,65	0,5	17
24,6	-	M6x1	40,6	46,0	PE203	US203	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	***	***	PE203	ES203	***	***	9,55	4,78	0,5	
-	33,3	R1/8"	***	***	PE204	EX203	***	***	12,80	6,65	0,6	
29,0	-	R1/8"	44,6	54,0	PE204	UC204	CO	CC	12,80	6,65	0,5	20
29,0	-	R1/8"	42,6	54,0	PE204	US204	CO	CC	12,80	6,65	0,5	
-	33,3	R1/8"	***	***	PE204	ES204	***	***	12,80	6,65	0,5	
-	33,3	R1/8"	***	***	PE204	EX204	***	***	12,80	6,65	0,6	
-	38,0	R1/8"	47,8	60,0	PE205	UK205 + H2305	CO	CC	14,00	7,88	0,8	25
34,0	-	R1/8"	47,8	60,0	PE205	UC205	CO	CC	14,00	7,88	0,7	
34,0	-	R1/8"	47,8	60,0	PE205	US205	CO	CC	14,00	7,88	0,7	
-	38,1	R1/8"	***	***	PE205	ES205	***	***	14,00	7,88	0,7	
-	38,1	R1/8"	***	***	PE205	EX205	***	***	14,00	7,88	0,8	30
-	45,0	R1/8"	52,8	70,0	PE206	UK206 + H2306	CO	CC	19,50	11,20	1,2	
40,3	-	R1/8"	52,8	70,0	PE206	UC206	CO	CC	19,50	11,20	1,1	
40,3	-	R1/8"	52,8	70,0	PE206	US206	CO	CC	19,50	11,20	1,1	
-	44,5	R1/8"	***	***	PE206	ES206	***	***	19,50	11,20	1,1	30
-	44,5	R1/8"	***	***	PE206	EX206	***	***	19,50	11,20	1,2	
-	52,0	R1/8"	57,4	80,0	PE207	UK207 + H2307	CO	CC	25,70	15,20	1,6	

**ANEXO 10**

**REGLAMENTO INEN:**

**RTE INEN 038 LITERAL K**

*k) Dispositivos para personas con movilidad reducida.* Para el acceso o descenso de personas con movilidad reducida, se debe contar con una de las siguientes opciones: k.1) Elevador (plataforma elevadora) en el bus, k.2) rampa en el bus y k.3) rampa en las paradas. Los dispositivos deben cumplir con los siguientes requisitos:

k.1) *Elevador (plataforma elevadora)*

k.1.1) *Requisitos mecánicos*

k.1.1.1) *Capacidad de elevación.* La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser de 150 kg. Queda excluido el peso de la plataforma y elementos desplazables con la misma.

k.1.1.2) Como medida de seguridad imprescindible debe tenerse en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.

k.1.1.3) *Sistema de bloqueo del vehículo.* El sistema debe proyectarse de forma que para accionarse la plataforma se presente un bloqueo del vehículo. El bloqueo debe ser simultáneo con el inicio de la operación de despliegue por medio de un mando, el cual simultáneamente bloquee el vehículo y desbloquee la plataforma situada en un punto. Debe existir un dispositivo alternativo que tenga como misión sustituir al sistema principal, en el caso de avería o emergencia del mismo.

k.1.1.4) *Autonomía del elevador.* En caso de falta de energía el elevador debe tener una autonomía suficiente para efectuar un mínimo de maniobras de emergencia igual al número de plazas para sillas de ruedas que disponga el vehículo.

k.1.2) *Protecciones del elevador*

k.1.2.1) La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla

de ruedas se salga de la misma por sí sola.

2010-070 17 de 22

k.1.2.2) *Barrera de protección*. En el flanco de acceso a la plataforma desde el exterior, debe colocarse una protección abatible.

k.1.2.3) *Accionamiento de la barrera de protección*. Esta protección debe accionarse automáticamente al perderse el contacto en la plataforma y el suelo. También debe accionarse mediante un mando; en este caso su funcionamiento forma parte de un ciclo y la plataforma no debe continuar su desplazamiento mientras dicha protección no esté activada.

k.1.2.4) *Barandas*. La plataforma en posición de trabajo debe disponer al menos de una baranda lateral, la cual se debe desplazar solidaria con la plataforma.

k.1.2.5) *Superficie de la plataforma*. La superficie de la plataforma debe ser del tipo antideslizante, por lo cual es admisible que se disponga de un bajo relieve cuya altura no debe exceder de 6mm.

k.1.2.6) *Dimensiones de la plataforma*. La plataforma debe tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1000 mm.

k.1.2.7) *Flexión útil de la plataforma*. La plataforma en todo su recorrido no debe flexionar en cualquier dirección más de tres grados. Esta diferencia máxima admisible se entiende entre la plataforma en vacío y cargada con 140 kg. La rampa de acceso queda libre de esta particularidad.

k.1.2.8) *Velocidad de desplazamiento de la plataforma*. La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 220 mm/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 330 mm/s.

k.1.2.9) *Acceso a la plataforma*. La plataforma se debe diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto hacia adelante como hacia

atrás.

k.1.2.10) *Protecciones*. Cualquier parte del elevador debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.

k.1.2.11) *Resistencia a las vibraciones*. Todos los componentes del elevador que estuvieran en tensión deben estar diseñados de forma que no aflojen con las vibraciones del vehículo.

k.2) *Rampa en el bus*. Las rampas se deben situar en posición para el ascenso y el descenso de las sillas de una forma manual, eléctrica u otra.

k.2.1) *Dimensiones de la rampa*. El ancho libre mínimo de la rampa debe ser de la misma dimensión del ancho libre de la puerta de ingreso y salida para personas con movilidad reducida.

k.2.2) *Flexión de la rampa*. Las rampas deben diseñarse para soportar un peso mínimo de 150 kg, y ningún punto de su recorrido debe flexionar más de seis grados.

k.2.3) *Condiciones de seguridad*. Una vez situadas las rampas, tienen que quedar fijas al vehículo para impedir su deslizamiento.

k.2.4) El suelo de la rampa tiene que ser del tipo antideslizante, por lo que es aconsejable que se disponga de un bajo relieve, cuya altura no debe exceder de 6 mm.

2010-070 18 de 22

k.2.5) Cualquier parte de la rampa debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.

k.3) *Rampas en las paradas*. Las paradas de buses deben cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 292.

**ANEXO 11**  
**MOTOREDUCTOR**

**Prestaciones de los motoredutores de vis sin fin con prerreducción**  
**Performance of worm geared motors with pre-stage helical unit**

Motor		n2	i	M2	f.s	Tipo
Kw		rpm		Nm		Type
0.55	4P n1= 1400	7.8	180	425	1.7	PR 080
		5.8	240	513	1.2	MSF 110
		4.7	300	597	1.0	
	6P n1= 900	12	75	306	1.1	PR 080
		10	90	341	1.1	MSF 075
		10	90	357	2.0	
		7.5	120	441	1.4	PR 080
		6.0	150	516	1.1	MSF 090
		5.0	180	578	0.9	
		7.5	120	462	2.2	
		6.0	150	552	1.8	PR 080
		5.0	180	620	1.5	MSF 110
		3.8	240	756	1.0	
		3.8	240	756	1.6	PR 080
3.0	300	858	1.3	MSF 130		
0.75	4P n1= 1400	18.7	75	280	0.9	PR 080
		15.6	90	313	1.0	MSF 075
		15.6	90	327	1.7	
		11.7	120	405	1.2	PR 080
		9.3	150	483	0.9	MSF 090
		7.8	180	543	0.7	
		11.7	120	430	1.9	
		9.3	150	506	1.6	PR 080
		7.8	180	580	1.2	MSF 110
	6P n1= 900	5.8	240	700	0.9	
		5.8	240	712	1.4	PR 080
		4.7	300	813	1.1	MSF 130
		12.4	72.6	393	2.8	
		9.3	96.8	508	2.0	PR 090
		7.4	121	607	1.6	MSF 110
		6.2	145	682	1.3	
		4.6	193	832	0.9	
		12.4	72.6	399	4.4	
1.10	4P n1=1400	9.3	96.8	508	3.2	
		7.4	121	607	2.6	PR 090
		6.2	145	682	2.1	MSF 130
		4.6	193	832	1.5	
		3.7	242	944	1.2	
		19.3	72.6	392	2.2	
		14.5	96.8	508	1.6	PR 090
		11.6	121	599	1.3	MSF 110
		9.6	145	686	1.0	
	6P n1= 900	7.2	193	828	0.8	
		19.3	72.6	398	3.5	
		14.5	96.8	508	2.6	
		11.6	121	608	2.0	PR 080
		9.6	145	686	1.6	MSF 130
		7.2	193	843	1.2	
		5.8	242	962	0.9	
		12.4	72.6	576	1.9	
		9.3	96.8	746	1.4	PR 090
6P n1= 900	7.4	121	890	1.1	MSF 110	
	6.2	145	1000	0.9		
	12.4	72.6	585	3.0		
	9.3	96.8	746	2.2		
	7.4	121	890	1.7	PR 090	
	6.2	145	1000	1.4	MSF 130	
	4.6	193	1220	1.0		

Motor		n2	i	M2	f.s	Tipo
Kw		rpm		Nm		Type
1.50	4P n1= 1400	19.3	72.6	535	1.6	
		14.5	96.8	693	1.2	PR 090
		11.6	121	817	1.0	MSF 110
		9.6	145	936	0.8	
		19.3	72.6	542	2.6	
		14.5	96.8	693	1.9	PR 090
	2P n1= 2800	11.6	121	830	1.5	MSF 130
		9.6	145	936	1.1	
		7.2	193	1149	0.8	
2.20	2P n1= 2800	38.6	72.6	398	1.8	
		28.9	96.8	516	1.3	PR 090
		23.1	121	617	1.1	MSF 110
		38.6	72.6	409	2.9	
		28.9	96.8	545	2.0	PR 090
		23.1	121	654	1.6	MSF 130
	4P n1= 1400	19.3	145	752	1.3	

**ANEXO 12**

**FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL ELEVADOR**

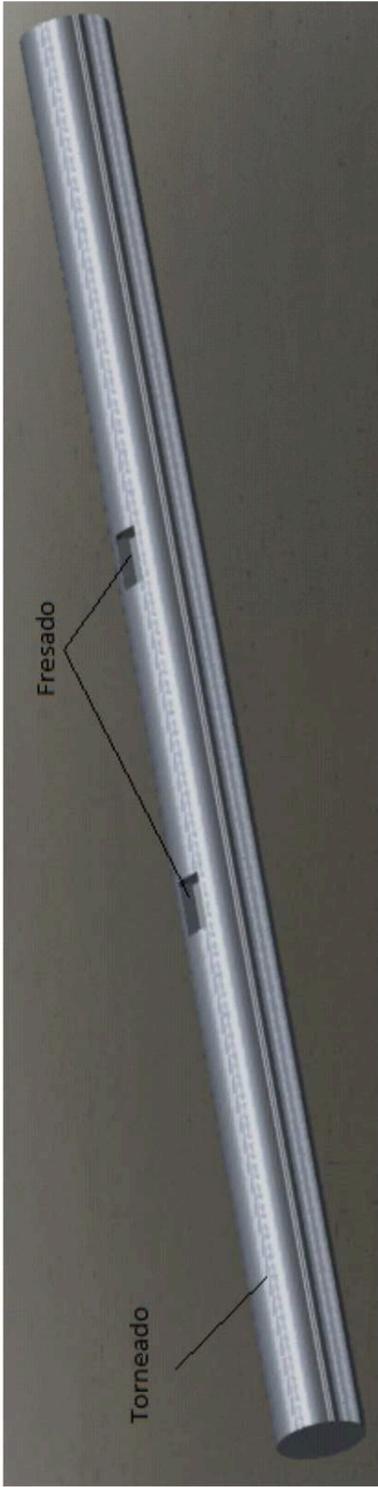
FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL ELEVADOR				
EMPRESA:				
EVALUADOR:				
FECHA:				
LUGAR				
PRUEBAS	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
	Peso	70 Kg	Peso	
	Ancho total	1900 mm	Ancho total	
	Alto total cerrado	1450 mm	Alto total cerrado	
Dimensiones Básicas	Alto total abierto	2830 mm	Alto total abierto	
	Ancho de la plataforma base	1300 mm	Ancho de la plataforma base	
	Largo de la plataforma base	800 mm	Largo de la plataforma base	
Velocidad de elevación	Plataforma	6.7 cm/seg.	Plataforma	
Carga de elevación	Sobre la base de la plataforma	150 kg.	Sobre la base de la plataforma	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

**ANEXO 13**

**HOJAS DE PROCESO**

HOJA DE PROCESOS				ELEMENTO		1			
				Tiempo total: horas		1			
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO		OBSERVACIÓN			
N/A	1	Eje del Motoreductor	Acero ASTM A36	3.2 cm de Diámetro 32 cm de Largo					
									
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	ÚTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TORNEADO	N/A	1	Comprobar medidas		N/A		calibrador	5	10
		2	Acoplar eje al torno		N/A			5	10
		3	Tornear en partes centrales		600	cuchilla		20	30
		4	Acabado final		800	cuchilla HSS	calibrador	10	15

### Continuación de hoja de proceso 1

FRESADO	N/A	5	Comprobar medidas		N/A	calibrador	5	10			
		6	Definir y marcar sitio de fresado						marcador	3	5
		7	Fresado						fresa	20	30

HOJA DE PROCESOS				ELEMENTO	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	Tiempo total: horas	
N/A	1	Estructura interna	Acero A36	Angulo Al 20 x 2 x 6 Tee 40 x 5 x 6 Platina Pl 38 x 4 x 6	2

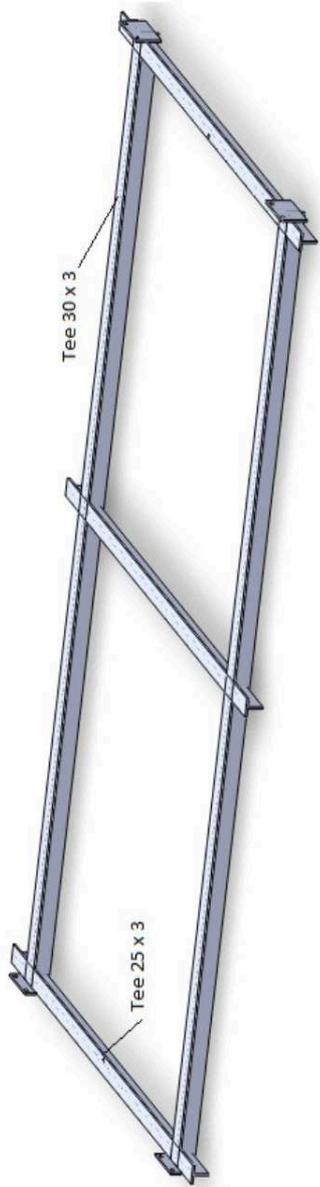
### Continuación de hoja de proceso 2

FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE	N/A	1	Comprobar medidas		N/A		flexometro	5	10
		2	Marcar para cortes		N/A	marcador	5	10	
		3	Corte		N/A	Arco de sierra	20	30	
SOLDADO	N/A	4	Comprobar medidas		N/A		flexometro	5	10
		5	Comprobar amperajes		N/A		2	5	
		6	Suelda		N/A	Suelda electrica	25	35	

HOJA DE PROCESOS				3	ELEMENTO	3
				Tiempo total: horas		
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN	
N/A	1	Estructura Externa	Acero A36	Angulo Al 20 x 2 x 6 Tee 40 x 5 x 6		

### Continuación de hoja de proceso 3

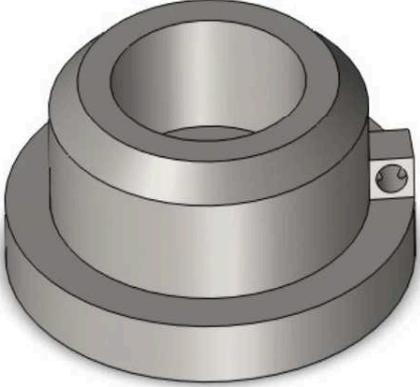
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE	N/A	1	Comprobar medidas		N/A		flexometro	5	10
		2	Marcar para cortes		N/A	marcador	5	10	
		3	Corte		N/A	Arco de sierra	15	25	
SOLDADO	N/A	4	Comprobar medidas		N/A		flexometro	5	10
		5	Comprobar amperajes		N/A		2	5	
		6	Suelda		N/A	Suelda electrica	15	25	

HOJA DE PROCESOS				4	ELEMENTO	4			
		Tiempo total: horas							
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO		OBSERVACIÓN			
N/A	1	Estructura de la Plataforma	Acero A36	Tee 25 x 3 x 6 Tee 30 x 3 x 6					
									
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	ÚTILES		TIEMPOS (min)	
CORTE	N/A	1	Comprobar medidas		N/A	trabajo	control	empleado	máximo
		2	Marcar para cortes			flexómetro	5	10	
		3	Corte			marcador	5	10	
					N/A	Arco de sierra	12	15	

### Continuación de hoja de proceso 4

SOLDADO	N/A	4	Comprobar medidas		N/A	flexómetro	5	10
		5	Comprobar amperajes				2	5
		6	Suelda				12	15
				Suelda eléctrica				

HOJA DE PROCESOS				5	ELEMENTO	5		
				Tiempo total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN			
N/A	1	Plataforma	Acero A36	Plancha 1220 x 2400 x 3				
								
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	ÚTILES	TIEMPOS (min)	
CORTE	N/A	1	Comprobar medidas		N/A	control	empleado	máximo
		2	Marcar para cortes		N/A	flexometro	5	10
		3	Corte		N/A			5
PERFORADO	N/A	4	Comprobar medidas		N/A	calibrador	5	10
		5	Definir y marcar sitio de perforado		N/A		3	5
		6	Perforado		400	broca	5	10

HOJA DE PROCESOS				ELEMENTO		6		
				Tiempo total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN			
N/A	2	Tambor	Hierro fundido	N/A	Se adquiere el hierro en partes o pedazos para ser fundido y colado en un molde de arena			
								
FASE	SUBFASE	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	ÚTILES		TIEMPOS (min)	
					trabajo	control	empleado	máximo
MOLDEADO	Diseño del molde	Se diseña el molde en dos piezas de tal manera que pueda desmoldarse		N/A			40	80

### Continuación de hoja de proceso 6

MOLDEADO		2	En madera o yeso	N/A	flexometro	180	240
Construcción del premolde	Preparación	3	Se coloca los moldes en cajas de madera con tierra para fundición, dejando un orificio para el ingreso de la colada	N/A		30	50
	del molde	4	Con el molde definitivo se vierte la fundición.	N/A		5	10
Desmolde		5	Se deja secar	N/A		240	300
		6	Se retira los moldes	N/A		5	10

**ANEXO 14**

**PLANOS DE MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN**