



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASCENSOR DE BUS  
AUTOMATIZADO, PARA PERSONAS DISCAPACITADAS  
DESTINADA A LA FUNDACIÓN VIRGEN DE LA MERCED.**

**AUTORES: NAULA GARCÍA, JOSÉ IVÁN  
ZAPATA PANELUISA, LUIS GABRIEL**

**DIRECTOR: ING. OLMEDO SALAZAR, FERNANDO.**

**SANGOLQUÍ**

**2017**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "***DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ASCENSOR DE BUS AUTOMATIZADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS DESTINADA A LA FUNDACIÓN VIRGEN DE LA MERCED***", ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***NAULA GARCÍA JOSÉ IVÁN*** y ***ZAPATA PANELUISA LUIS GABRIEL*** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de mayo del 2017



---

ING. JOSÉ FERNANDO OLMEDO SALAZAR  
DIRECTOR



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **NAULA GARCÍA JOSÉ IVÁN** y **ZAPATA PANELUISA LUIS GABRIEL**, con cédula de identidad N° 1720963337 y N° 1723171383 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ASCENSOR DE BUS AUTOMATIZADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS DESTINADA A LA FUNDACIÓN VIRGEN DE LA MERCED**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 15 de mayo del 2017

---

Naula García José Iván

172096333-7

---

Zapata Paneluisa Luis Gabriel

172317138-3



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **NAULA GARCÍA JOSÉ IVÁN y ZAPATA PANELUISA LUIS GABRIEL**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ASCENSOR DE BUS AUTOMATIZADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS DESTINADA A LA FUNDACIÓN VIRGEN DE LA MERCED**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 15 de mayo del 2017

Naula García José Iván

172096333-7

Zapata Paneluisa Luis Gabriel

172317138-3

**DEDICATORIA**

*Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a Dios por permitirme culminar mi carrera, su amor infinito y protección. A mi familia por su apoyo incondicional por su confianza en mí, especialmente a mi madre Rosario Paneluisa quien forjo en mi buenos hábitos y valores los cuales me ayudaran a salir adelante en la vida.*

**Luis Zapata**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios y a mi familia por su incondicional apoyo y por siempre guiarme por el camino correcto, especialmente a mis padres Carmen García e Iván Naula por haberme inculcado buenos valores y brindarme amor incondicional, quienes han sido un ejemplo de lucha y sacrificio diario lo que me ha forjado para poder perseverar y alcanzar mis metas.*

**Iván Naula García**

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir el presente trabajo de tesis de grado queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a:

- La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por su apoyo institucional para la realización del presente proyecto de grado.
- A los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por habernos impartido sus conocimientos durante todo el tiempo que duro la carrera.
- A la Fundación Virgen de la Merced por brindarnos toda la confianza y permitirnos trabajar junto a tan noble Institución.
- Al Ing. Fernando Olmedo, director de nuestra tesis, por habernos brindado apoyo y guía durante el desarrollo de nuestra tesis.
- Al Tigo. Oscar Cando por su valioso aporte y colaboración al permitirnos usar las instalaciones de Carrocerías Cando para el desarrollo del proyecto.
- A nuestro equipo de estudio y colaboradores por su apoyo incondicional en la realización de deberes, proyectos y pruebas durante el transcurso de la carrera.

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. ALCANCE.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. PERSONAS CON DISCAPACIDAD.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. ASCENSOR.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3. SISTEMA HIDRÁULICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. SISTEMA ELÉCTRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5. SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6. NORMATIVA APLICADA A ELEVADORES.....</b>	<b>22</b>
<b>2.7. NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1. PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. DISEÑO MECÁNICO.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4. SELECCIÓN DE PISTONES.....</b>	<b>43</b>

3.5	SELECCIÓN DE VÁLVULA CAMBIO DE DIRECCIÓN .....	44
3.6	DISEÑO SISTEMA DE CAÑERÍAS E INSTRUMENTACIÓN .....	45
3.7	DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	46
3.8	CONEXIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO .....	48
3.9	MODELADO Y ENSAMBLAJE DEL ELEVADOR.....	50
3.10	DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO .....	56
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>63</b>
4.	<b>CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>63</b>
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE .....	63
4.2	ENSAMBLAJE .....	68
4.3	ENSAMBLE DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN .....	71
4.5	PINTADO DE LA PLATAFORMA.....	74
4.6	INSTALACIONES DE SENSORES .....	76
4.7	ELABORACIÓN DE BOTONERA .....	77
4.8	ELABORACIÓN DEL CONTROL REMOTO DEL SISTEMA .....	77
4.9	ELABORACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	79
4.10	INSTALACIÓN DE ELEVADOR EN EL AUTOMOTOR .....	81
4.11	DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAMIENTO DE ELEVADOR .....	85
4.12	PRESUPUESTO .....	86
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>87</b>
5	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DESARROLLO.....</b>	<b>87</b>
5.1	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	87
5.2	PRUEBAS Y RESULTADOS DE SISTEMA MECÁNICO.....	87
5.3	PRUEBAS Y RESULTADOS DE SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	91
<b>CAPÍTULO VI .....</b>		<b>98</b>
6	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
6.1	CONCLUSIONES .....	98
6.2	RECOMENDACIONES .....	99
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>101</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 Control todo o nada de una planta.</b> Fuente: (Ogata, 2010).....	3
<b>Figura 2 Modulo Arduino Mega .</b> Fuente: (ARDUINO, 2017).....	4
<b>Figura 3 Sensores y Actuadores.</b> Fuente: (Sino First, 2017).....	5
<b>Figura 4 Modelo de teach pendant.</b> Fuente: (OSAI, 2015).....	6
<b>Figura 5 Módulo Bluetooth.</b> .....	6
<b>Figura 6 Software Libre Arduino.</b> .....	7
<b>Figura 7 Ascensor de columnas.</b> .....	8
<b>Figura 8 Ascensor de barras.</b> .....	9
<b>Figura 9 Ascensor de tijeras.</b> .....	9
<b>Figura 10 Bombas de pedal hidráulico accionamiento por aire.</b> .....	11
<b>Figura 11 Compresor de Aire.</b> .....	11
<b>Figura 12 Mangueras Hidráulicas Industriales.</b> .....	12
<b>Figura 13 Electroválvula 4/3</b> .....	13
<b>Figura 14. Válvula reguladora de presión de 2 vías.</b> .....	14
<b>Figura 15. Circuito hidráulico utilizando Mánifold.</b> .....	16
<b>Figura 16 Circuito puente H.</b> .....	18
<b>Figura 17 Etapas del sistema de control.</b> .....	19
<b>Figura 18 Bosquejo sensores de presencia en el elevador.</b> .....	20
<b>Figura 19 Sensor fin de carrera.</b> .....	20
<b>Figura 20 Sensores Ultrasónicos.</b> .....	21
<b>Figura 21 Bosquejo de la posición de los actuadores hidráulicos.</b> .....	22
<b>Figura 22 Dimensiones silla de rueda.</b> .....	25
<b>Figura 23 Modelamiento CAD del elevador.</b> .....	29
<b>Figura 24 Simulación de deformación para carga límite de 350 Kg.</b> .....	29
<b>Figura 25 Simulación de esfuerzo límite con carga de 350 Kg.</b> .....	30
<b>Figura 26 Diagrama de Cuerpo libre de la barra de la estructura.</b> .....	31
<b>Figura 27 Diagrama de Momento</b> .....	32
<b>Figura 28 Bosquejo sistema de eslabones en Working Model.</b> .....	35
<b>Figura 29 Sistema de eslabones del elevador.</b> .....	35
<b>Figura 30 Posición angular de eslabón 3 versus desplazamiento del pistón.</b> .....	37
<b>Figura 31 Posición angular de eslabón 4 vs. desplazamiento.</b> .....	38
<b>Figura 32 Velocidad angular de eslabón 3 vs desplazamiento.</b> .....	39
<b>Figura 33 Esquema de potencia de entrada y salida del mecanismo.</b> .....	40
<b>Figura 34 Fuerza máxima que ejercerán los pistón hidráulicos.</b> .....	41
<b>Figura 35 Simulación del mecanismo en Working Model.</b> .....	42
<b>Figura 36 Fuera máxima que ejercerán los pistones.</b> .....	43
<b>Figura 37 Electroválvula para el circuito hidráulico.</b> .....	45
<b>Figura 38 Bosquejo general del sistema Hidráulico.</b> .....	46
<b>Figura 39 Circuito Hidráulico.</b> .....	47
<b>Figura 40. Circuito de control</b> .....	48

<b>Figura 41 Conexión de los elementos hidráulicos para la función del sistema. ...</b>	<b>49</b>
<b>Figura 42 Modelado de estructura de rieles para elevador. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 43 Modelado de tornillos sin fin. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 44 Modelamiento engranes cónicos rectos.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 45 Modelado eje de transmisión.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 46 Modelado soporte para elevador. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 47 Modelado cilindros doble efecto.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 48 Modelado de Brazos hidráulicos. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 49 Modelado Brazo de soporte. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 50 Modelado estructura piso de la plataforma. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 51 Modelado de Bujes y Pasadores.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 52 Modelado Soporte para cilindros hidráulicos.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 53 Modelado de piñones para motor dc. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 54 Ensamble total del elevador hidráulico.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 55 Distribución del cableado de alimentación de la fuente.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 56 Diagrama Circuito Electroválvula ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 57 Diagrama Circuito Motor.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 58 Diagrama Circuito Sensores.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 59 Diagrama Circuito Completo del Ascensor.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 60 Circuito de acondicionamiento de electroválvulas.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 61 Circuito de acondicionamiento de electroválvulas.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 62 Tubos de acero de la base de la plataforma. ....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 63 Tubo rectangular para estructura de soporte. ....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 64 Base soldada para elevador con soldadura MIG.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 65. Maquinado de elementos para el ascensor en torno. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 66 Tuercas hexagonales de bronce maquinadas en torno. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 67 Piñones cónicos maquinados en fresadora. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 68 Maquinado de cajuelas metálicas para protección de rodamientos.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 69 Gata hidráulico de 6 toneladas modificada.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 70 Torneado de tornillos sin fin ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 71 Ensamblaje de sistema de desplazamiento elevador. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 72 Prueba sistema de desplazamiento con un taladro.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 73 Eje de soporte para brazos hidráulicos.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 74 Acople de catalina a tornillo sinfín.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 75 Sujeción de motor eléctrico a plataforma. ....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 76 Ensamble de brazos hidráulicos y de soporte.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 77 Acople de cilindros doble.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 78 Mangueras hidráulicas. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 79 Mangueras Hidráulicas y acoples.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 80 Conexión elementos hidráulicos. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 81 Conexión de ensamble hidráulico.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 82 Proceso de arenado de las partes metálicas.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 83 Proceso de pintura a la estructura del elevador.....</b>	<b>75</b>

<b>Figura 84 Secado de pintado de la plataforma a temperatura ambiente.</b> .....	76
<b>Figura 85 Instalación de sensor fin de carrera.</b> .....	76
<b>Figura 86 Elaboración de conexiones para botonera.</b> .....	77
<b>Figura 87 Diseño en SolidWorks del control remoto .</b> .....	78
<b>Figura 88 Control remoto Impreso en 3D.</b> .....	78
<b>Figura 89 Conexiones de la botonera al control remoto.</b> .....	79
<b>Figura 90 Conexiones del sistema electrónico.</b> .....	79
<b>Figura 91 Conexión de circuito electrónico del sistema</b> .....	80
<b>Figura 92 Caja de conexión.</b> .....	80
<b>Figura 93 Modificación del tubo de escape.</b> .....	81
<b>Figura 94 Modificación de puertas.</b> .....	82
<b>Figura 95. Sujeción de sistema de elevación a estructura del bus.</b> .....	83
<b>Figura 96 Calibración final de sensores de sensores.</b> .....	83
<b>Figura 97 Funcionamiento posterior a instalación en el bus.</b> .....	84
<b>Figura 98 Elevador instalado en bus de la Fundación.</b> .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Esfuerzos y deformaciones para diferentes cargas.</b> .....	30
<b>Tabla 2 Fuerza para diferentes posiciones del elevador</b> .....	34
<b>Tabla 3 Fuerzas máximas encontradas por diferentes métodos.</b> .....	43
<b>Tabla 4 Características del pistón.</b> .....	44
<b>Tabla 5 Especificaciones electroválvula</b> .....	45
<b>Tabla 6 Distribución de elementos</b> .....	49
<b>Tabla 7 Voltajes y corrientes que circulan por el cableado.</b> .....	57
<b>Tabla 8 Distribución de sensores.</b> .....	58
<b>Tabla 9 Presupuesto utilizado para el desarrollo del proyecto.</b> .....	86
<b>Tabla 10 Pruebas de funcionamiento en el desplazamiento de plataforma.</b> .....	87
<b>Tabla 11 Pruebas de velocidad para plataforma.</b> .....	88
<b>Tabla 12 Pruebas de carga para elevador.</b> .....	89
<b>Tabla 13 Funcionamiento de compuertas auxiliares de plataforma.</b> .....	90
<b>Tabla 14 Funcionamiento de cilindros hidráulicos.</b> .....	91
<b>Tabla 15 Pruebas de sensores.</b> .....	92
<b>Tabla 16 Funcionamiento motor dc 12 V.</b> .....	93
<b>Tabla 17 Pruebas de funcionamiento de activación de electroválvula.</b> .....	93
<b>Tabla 18 Pruebas de descenso con válvula reguladora de presión.</b> .....	94
<b>Tabla 19 Funcionamiento de Bomba hidroneumática.</b> .....	95
<b>Tabla 20 Pruebas de funcionamiento de Manifold.</b> .....	96
<b>Tabla 21 Prueba de señales de entra a placa.</b> .....	97

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se diseñó, construyó e implementó un ascensor automatizado para un bus que brinda el servicio a personas discapacitadas de la Fundación Virgen de la Merced. El mecanismo del ascensor está constituido por un sistema de control que se encargará del control de posicionamiento de la escalera dependiendo del tamaño, peso de la persona y de la silla de ruedas. El elemento encargado del control es un arduino el cual controla los actuadores y la adquisición de datos de los sensores. En el sistema está instalado una bomba hidroneumática alimentada por el sistema de aire del bus. El sistema consta de un motor, el cual se encarga del desplazamiento lineal del ascensor desde el interior del bus hacia la superficie del suelo. El desplazamiento vertical del ascensor se lo realiza mediante dos pistones hidráulicos los cuales son accionados por la bomba hidroneumática. También consta de Cadenas metalizas las cuales se encargan de la transmisión del movimiento del motor hacia el sistema de engranes con tornillos sin fin, el mismo cuenta con sensores para el posicionamiento de la rampa para la protección del ascensor y de los usuarios. El sistema tiene una válvula cambio de dirección con centro tandem que permite bloquear el elevador actuando como un sistema de seguridad, además un diodo de protección en la entrada de la alimentación de voltaje para evitar daños en el circuito electrónico de control. Como resultado se obtuvo un sistema modular robusto, de fácil uso, con un controlador adecuado a la aplicación, todo esto para brindar un mejor estilo de vida a personas discapacitadas.

### **Palabras Claves**

- **ASCENSOR**
- **ARDUINO**
- **ENERGÍA**
- **HIDRÁULICA**
- **ROBUSTEZ**

## **ABSTRACT**

In the present project, an automated elevator for a bus that provides the service to disabled people of “Virgen de la Merced” Foundation was design, reconstructed and implemented. The mechanism of the elevator is constituted by a control system that will be in charge of the control of positioning of the stairs depending on the size, weight of the person and the wheelchair. The element in charge of the control is an arduino that controls the actuators and the acquisition of data of the sensors. In the system is installed a hydro pneumatic pump powered by the bus air system. The system consists of an engine, which is in charge of the linear displacement of the elevator from the interior of the bus to the surface of the floor. The vertical displacement of the elevator is performed by two hydraulic pistons which are driven by the hydro pneumatic pump. It also consists of metal chains which are responsible for the transmission of the movement of the motor to the system of gears with endless screws, it has sensors for positioning the ramp to protect the elevator and users, the system also Consists of a tandem center valve that allows blocking acting as a security system, plus a protection diode in the input of the power supply to prevent damage to the electronic control circuit.

The result of this project was a modular, easy-to-use system with a controller suitable to the application, all this to provide a better lifestyle for people with disabilities.

### **Keywords**

- **ELEVATOR**
- **ARDUINO**
- **ENERGY**
- **HYDRAULIC**
- **ROBUS**

## **CAPÍTULO I**

### **1. FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El servicio social que brindan diferentes fundaciones desempeña un importante papel en el progreso de la sociedad actual, la Fundación Virgen de la Merced es un organismo que trabaja con niños, niñas y adolescentes con discapacidad, entre las actividades y servicios que se brindan a estas personas está el servicio de transporte.

En la actualidad, cada bus de la fundación dispone de una persona que se encarga de subir y bajar a las personas que en la mayoría son niños y niñas con capacidades físicas y mentales limitadas las cuales necesitan ayuda al momento de subir al vehículo lo que genera un esfuerzo físico considerable a los trabajadores de la fundación, el presente proyecto de diseño, construcción e implementación de un elevador automatizado para un bus de la Fundación Virgen de la Merced brinda una solución a este repetitivo y agotador esfuerzo.

La implementación del mecanismo y la estructura del elevador se puede realizar con piezas y elementos metálicos, los actuadores son pistones hidráulicos que son alimentados por una bomba hidroneumática accionada directamente del vehículo (compresor) y el desplazamiento lineal del ascensor se lo realiza mediante un motor dc y un sistema de engranes y tornillos sin fines.

La implementación de este tipo de control se puede realizar por medio del uso de un Arduino, el cual gracias a su memoria programable de almacenamiento interno de instrucciones orientan al usuario a establecer soluciones específicas como pueden ser funciones lógicas y aritméticas, con el cual, mediante sus entradas y salidas, digitales y analógicas se realiza el control de diversos tipos de procesos.

Para la programación de la placa Arduino es necesario el uso del entorno de desarrollo (IDE), a diferencia de otros dispositivos los cuales requieren la compra de licencias para su uso.

Las licencias de software libre existentes permiten la instalación del software tantas veces y en tantas máquinas como el usuario desee. Por esta razón, se emplea en un sin número de proyectos.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Diseñar, construir e implementar un ascensor de bus automatizado, para personas discapacitadas destinado a la fundación virgen de la merced.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- Diseñar y construir el ascensor de bus automatizado, integrando sistemas hidráulicos, eléctricos y electrónicos.
- Acoplar el mecanismo del ascensor automatizado al bus de recorrido de la fundación Virgen de la merced, ajustándose a las condiciones físicas del automotor sin modificar la carrocería.
- Realizar el control del sistema usando un microcontrolador, el cual puede ser programado y configurado por medio de software libre permitiendo controlar el sistema con un teach pendant o mediante aplicación móvil Android.
- Utilizar actuadores eléctricos e hidráulicos de tal manera que se puedan aprovechar los recursos brindados por el bus.

## **1.3. ALCANCE**

El presente proyecto pretende otorgar un mejor estilo de vida a niños que toman el servicio de recorrido de bus en la Fundación Virgen de la Merced,

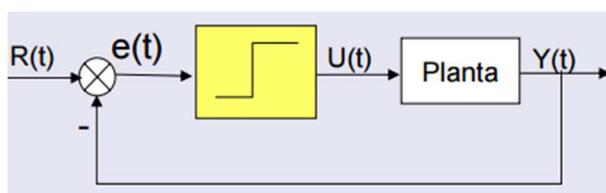
permitiendo realizar el control de posicionamiento, por medio de un microcontrolador usando software libre, evitando de esta manera los problemas por licenciamiento que generalmente se presentan en el ámbito educativo, debido a los altos costos que demanda la adquisición de este tipo de software.

Como alcance de este proyecto se pretende instalar el sistema de elevador hidráulico en al menos un bus de la fundación Virgen de la Merced y así poder dejar huella del trabajo para beneficio de niños y adolescentes que requieren una movilización diaria en el servicio de transporte que brinda la fundación.

### 1.3.1. CONTROLADORES

EL controlador a seleccionar es de suma importancia para desarrollo del proyecto, de tal manera que a partir de esto realizamos el modelamiento de la planta, lo cual comprendemos la conducta de los sensores y actuadores. Realizaremos el control del sistema utilizando un controlador, este es un control todo o nada.

El control todo o nada, es uno de los más utilizado en la industria, el control consta de dos posiciones en el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado. La estructura del control todo o nada se muestra en la Figura1:



**Figura 1 Control todo o nada de una planta.**

Fuente: (Ogata, 2010)

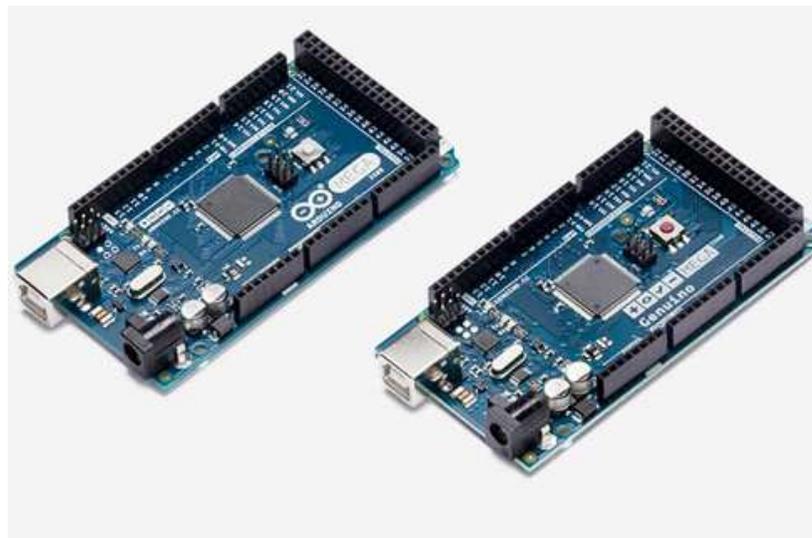
Ley de control (acciones limitadas, no lineales).

$$u(t) = u_{\max}, \text{ si } e(t) > 0$$
$$u(t) = u_{\min}, \text{ si } e(t) < 0$$

Un control todo o nada es una forma sencilla de implementar un control en realimentación con alta ganancia.

### 1.3.2. ARDUINO

Según con el sitio web de arduino “la placa Arduino (Figura 2) nació como una herramienta de fácil uso designada para todo público, diseñado para prototipos rápidos, pronto las necesidades de uso se ampliaron, de tal manera que la junta la plataforma fue modificada para adaptarse a nuevas necesidades y desafíos”. El software Arduino es muy flexible para usuarios avanzados, ejecutable en todos los sistemas operativos. (ARDUINO, 2017)



**Figura 2 Modulo Arduino Mega .**

Fuente: (ARDUINO, 2017)

### 1.3.3. SENSORES Y ACTUADORES

Los sensores (Figura 3) son dispositivos capaces de detectar magnitudes llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas, con el propósito de cuantificar y utilizar dicha información y transmitirla según la necesidad. Dependiendo el tipo de sensor la información entregada puede ser analógica o digital.

“Los sensores poseen características generales estáticas y dinámicas. Los actuadores son dispositivos capaces de convertir energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con el fin de realizar un efecto sobre un proceso automatizado.” (Sino First, 2017)



**Figura 3 Sensores y Actuadores.**

Fuente: (Sino First, 2017)

### 1.3.4. TEACH PENDANT

Es un dispositivo de control para programación y verificación de programas a ejecución por parte de una maquinaria industrial robótica, el control se lo realiza paso a paso, son típicamente dispositivos de uso manual, y pueden ser cableados o inalámbricos. Una de las últimas funciones ingresadas a los teach pendant (Figura 4) es la posibilidad de considerar situaciones de pánico, previniendo accidentes al operario.



**Figura 4 Modelo de teach pendant.**

Fuente: (OSAI, 2015)

### 1.3.5. MÓDULO BLUETOOTH

El módulo Bluetooth (Figura 5) es un dispositivo electrónico que utiliza el protocolo UART RS 232 serial, ideal para aplicaciones inalámbricas, muy fácil de implementar en módulos. Arduino, puede ser configurado como maestro esclavo. (Arduino, 2016)



**Figura 5 Módulo Bluetooth.**

Fuente: (Arduino, 2016)

### 1.3.6. SOFTWARE LIBRE

EL uso del software libre asegura al usuario la libertad de controlar el programa y lo que este hace, para cualquier tipo de trabajo o finalidad, siendo lo importante el propósito del usuario, no el del programador. Esto ha impulsado la innovación disminuyendo gastos, permitiendo la incorporación digital.

“EL modelo de la seguridad del software libre es basado en la transparencia, garantizando un rápido tipo de respuesta ante incidencias de seguridad.”. (ARDUINO, 2017)



**Figura 6 Software Libre Arduino.**

Fuente: (ARDUINO, 2017)

## **CAPÍTULO II**

### **2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

#### **2.1. PERSONAS CON DISCAPACIDAD**

Es aquella persona que presenta una limitación a la hora de realizar una actividad determinada y puede estar provocada por una deficiencia mental o física. La definición de Discapacidad según la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM) es “La Restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad en la forma que se considera normal para una persona.” (Abellán, 2011)

#### **2.2. ASCENSOR**

##### **2.2.1. DEFINICIÓN DE ASCENSOR**

Es una máquina elevadora conformada por un conjunto de sistemas que permite el traslado de personas u objetos entre diferentes niveles de altura de una estructura, edificio o vehículo.

## 2.2.2 TIPOS DE ASCENSORES

Los ascensores convencionales se dividen según el tipo de accionamiento que tienen y según su forma o tamaño y son los siguientes:

Según su accionamiento:

- Hidráulico
- Neumático
- Electromecánico Mecánico
- Mecánico

Según su tamaño o forma:

Columnas: Este tipo de elevador se caracteriza por tener dos o cuatro columnas como se aprecia en la figura 7 que sirven como soporte y rieles de desplazamiento del elevador.



**Figura 7 Ascensor de columnas.**

*Fuente: (Sánchez, 2013)*

Barras: Los elevadores de barras son un sistema de elevación que consta generalmente de eslabones como se observa en la figura 8 barras de simple o

doble manivela, son considerados como uno de los elevadores más seguros para aplicaciones donde se transporte personas.



**Figura 8 Ascensor de barras.**

*Fuente: (Mobility Networks, 2016)*

Tijeras: este tipo de elevadores consta de dos barras cruzadas como tijeras como se muestran en la figura 9 las cuales proporcionan el soporte para subir y descender, se utiliza en la mayoría de aplicaciones para movilizar carga a medianas y grandes alturas.



**Figura 9 Ascensor de tijeras.**

*Fuente: (Sino First, 2017)*

## **2.3. SISTEMA HIDRÁULICO**

El sistema hidráulico es un conjunto de elementos hidráulicos como válvulas, actuadores, conectores, bombas, etc., interconectados entre sí para cumplir con una función específica, se caracteriza por manejar altas presiones en sus distintas aplicaciones.

### **2.3.1. BOMBA HIDRÁULICA**

#### **2.3.1.1 DEFINICIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA**

Es una máquina que tiene como objetivo transformar la energía de accionamiento de sí misma en energía de un fluido incompresible ya sea este un líquido o una mezcla entre líquido y sólido, se emplean para amplificar presiones de un líquido añadiendo energía a la entrada del sistema, la bomba seleccionada para el elevador es una bomba hidráulica con accionamiento neumático aprovechando el compresor del vehículo. “La bomba tiene un caudal de 1.85 galones por minuto y una presión nominal de 10.000 psi que garantizan el buen funcionamiento del elevador.” (Sino First, 2017)

#### **2.3.1.2 TIPOS DE BOMBAS HIDRÁULICAS**

La clasificación de bombas hidráulicas se puede definir según su tipo de accionamiento, siendo estas, bombas de accionamiento neumático es decir tomando el aire comprimido de un compresor (ver figura 10), bombas de accionamiento mecánico, bombas eléctricas o electrobombas “son aquellas que utilizan un motor eléctrico para ser accionadas y bombas manuales siendo aquellas que utilizan el esfuerzo de un operador para ser accionadas generalmente utilizan mecanismos de balancín o tornillo giratorio”. (Maxflex, 2010)



**Figura 10 Bombas de pedal hidráulico accionamiento por aire.**

*Fuente:* (Sino First, 2017)

### **2.3.1.3 ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA HIDRÁULICA**

El accionamiento de la Bomba hidráulica del elevador es mediante aire a presión obtenido de un compresor (figura 11) que viene adaptado al motor de la unidad en el sistema mecánico del vehículo donde va a ser instalado el elevador.



**Figura 11 Compresor de Aire.**

*Fuente:* (Maxflex, 2010)

### **2.3.2. MANGUERAS HIDRÁULICAS**

#### **2.3.2.1. DEFINICIÓN MANGUERA HIDRÁULICA**

Las mangueras hidráulicas son cañerías diseñadas para transportar diferentes tipos de fluidos de un lugar a otro. Son usadas para aplicaciones con baja, mediana, alta y extrema presión. Dependiendo de la presión requerida están hechas con mallas metálicas trenzadas desde una hasta cuatro hilos. Las

mangueras hidráulicas son la parte más flexible de un sistema o circuito hidráulico, pero también la más débil.

Las mangueras hidráulicas (figura 12) están construidas bajo determinadas normas de seguridad y deben cumplir ciertos requisitos como:

- Durabilidad
- Flexibilidad
- Seguridad
- Resistencia



**Figura 12 Mangueras Hidráulicas Industriales.**

*Fuente: (Ferreterías ABA, 2014)*

### **2.3.2.2 TIPO DE MANGUERAS HIDRÁULICAS**

En este apartado se describe los tipos de mangueras industriales según el nivel de presión para la que fueron construidas independientemente de la aplicación que se las dé, es decir:

- **Mangueras hidráulicas de alta y extrema presión:** son utilizada para maquinaria pesa y equipo de construcción a gran escala en donde es necesario elevar cuerpos extremadamente pesados.
- **Mangueras hidráulicas de media presión:** son generalmente elaboradas con trenza de acero con una cubierta delgada y flexible, facilitando así el ruteo de ensambles en el circuito hidráulico.

- **Mangueras hidráulicas de baja presión:** son utilizadas en múltiples aplicaciones con presiones que operan por debajo de los 300 PSI.

### 2.3.3. ELECTROVÁLVULA

#### 2.3.3.1. DEFINICIÓN DE ELECTROVÁLVULA

Dentro del sistema hidráulico la válvula de control será de accionamiento eléctrico (figura 13) tendrá 3 posiciones con centro tandem para así poder bloquear la posición del elevador en cualquier instante. Una parte esencial para el buen funcionamiento del mismo es controlar adecuadamente el paso del fluido por la cañería hidráulica, para esto se necesita el uso de electroválvulas.

Las electroválvulas son válvulas que son accionadas de manera eléctrica en nuestro caso a 12 V aprovechando la fuente de energía eléctrica del vehículo: “Es decir, la conmutación de la válvula se realiza por medio de una señal eléctrica que actúa sobre un electroimán, el núcleo del electroimán se desplaza, provocando la apertura y/o cierre de los pasos correspondientes.” (UNIOVI, 2016)



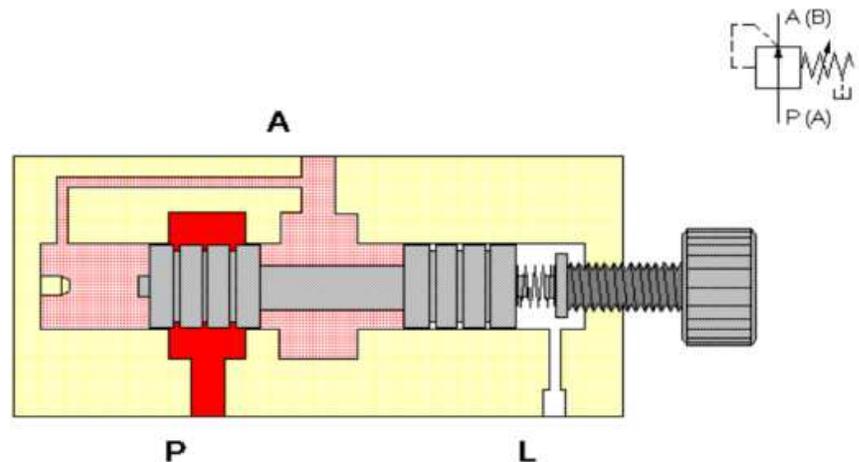
**Figura 13 Electroválvula 4/3 .**

*Fuente: (EYSER HIDRÁULICA, 2017)*

#### 2.3.3.2. DEFINICIÓN VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Este tipo de válvulas son utilizadas en la mayoría de sistemas hidráulicos en especial los que son accionados con bombas de alta presión, una de las principales funciones es evitar que las bombas se saturen y puedan causar un accidente. “La válvula reguladora (figura 14) necesita recibir una presión

determinada para su funcionamiento y así bombear la presión de salida adecuadamente. Es decir que son válvulas que disminuyen el nivel de presión del fluido en la salida del sistema hidráulico". (Gaona, 2016)



**Figura 14. Válvula reguladora de presión de 2 vías.**

*Fuente:* (Gaona, 2016)

## 2.3.4. ELEMENTOS ACTUADORES

### 2.3.4.1. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS ACTUADORES

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron actuadores lineales y rotativos como pistones hidráulicos y motores eléctricos para permitir el movimiento de los diferentes sistemas del elevador, los actuadores son los elementos encargados de transformar la energía de accionamiento ya sea esta hidráulica, neumática, eléctrica o mecánica en otro tipo de energía y así cumplir con un trabajo en específico. A continuación, se define dos tipos de actuadores muy comunes dentro de la industria que son: cilindros y motores.

- **Cilindros:** Estos actuadores transforman la energía hidráulica o neumática en energía mecánica. Existen dos grandes tipos de cilindros, es decir, cilindros de simple y doble efecto.

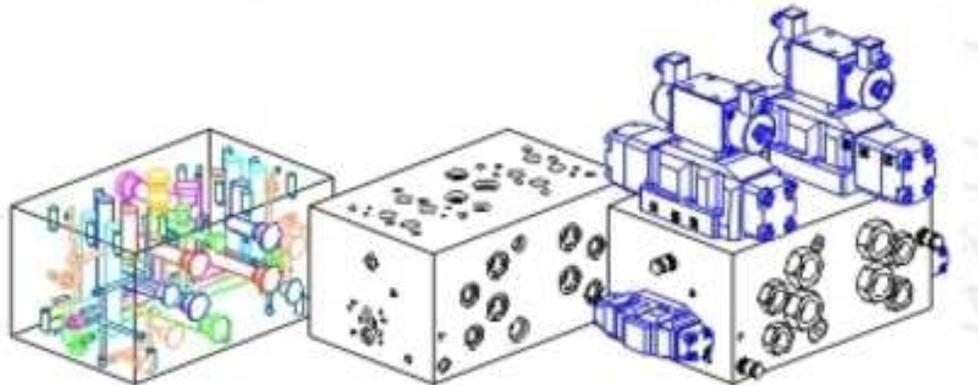
- **Cilindro simple efecto:** Son aquellos cilindros que realizan trabajo útil en el sentido de desplazamiento del vástago. Generalmente tienen un muelle para recuperar la posición de reposo.
  - **Cilindro doble efecto:** Estos actuadores lineales pueden realizar trabajo en ambas direcciones del vástago debido a que la presión aplicada está en ambas superficies del émbolo permitiendo realizar acciones de carga y descarga.
- **Motores:** Actuador giratorio capaz de realizar un trabajo gracias a que transforma algún tipo de energía de accionamiento en energía mecánica, pueden encontrarse en varios tipos como motores térmicos, de combustión interna, eléctricos de corriente alterna, eléctricos de corriente continua, neumáticos, hidráulicos entre otros. “Las características principales funcionamiento son las siguientes: rendimiento, velocidad nominal de funcionamiento, potencia, par del motor, voltaje de alimentación”. (Gaona, 2016)

### 2.3.5. MANIFOLD HIDRÁULICO

#### 2.3.5.1. DEFINICIÓN DE MÁNIFOLD

En el sistema hidráulico del mecanismo de elevación se realizaron diversas conexiones entre los varios elementos como válvula de cambio de dirección, bomba hidráulica, válvula reguladora de presión, tuberías y cañerías hidráulicas para realizar estas conexiones es recomendable utilizar bloques de conexión llamados Mánifolds, generalmente son hechos de aluminio de aleación 7075, hierro fundido, palanquilla de acero o también en aceros inoxidables, cubriendo así todas las necesidades industriales, militares, navales, automotrices, agrícolas o submarinas.

“Se denomina Manifold (figura 15) a un bloque que posee integrado un circuito hidráulico, con sus correspondientes válvulas, ya sea adosada o insertada, y que responde a una o varias funciones específicas”. (OOCITIES, 2009)



**Figura 15. Circuito hidráulico utilizando Mánifold.**

*Fuente:* (OOCITIES, 2009)

Se ha desarrollado la tecnología de Manifold para resolver necesidades con esta modalidad, ya sea circuitos abiertos, cerrados, transmisiones hidrostáticas, o cualquier combinación. “El desarrollo de esta técnica de conexión viene con el apoyo de sistemas CAE/CAD en 3D, obedeciendo siempre a los estándares para el desarrollo de este tipo de elementos como son las normas: ISO, DIN, CETOP, NFPA aplicados por los fabricantes de los componentes”. (OOCITIES, 2009)

## **2.4. SISTEMA ELÉCTRICO**

### **2.4.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico del elevador es el encargado de dar el movimiento lineal a la plataforma haciendo que la misma entre y salga de la estructura externa de cajón, dicho sistema está dotado de distintos elementos eléctricos y electrónicos necesarios para su accionamiento y correcto funcionamiento.

#### **2.4.1.1. FUENTE DE ENERGÍA**

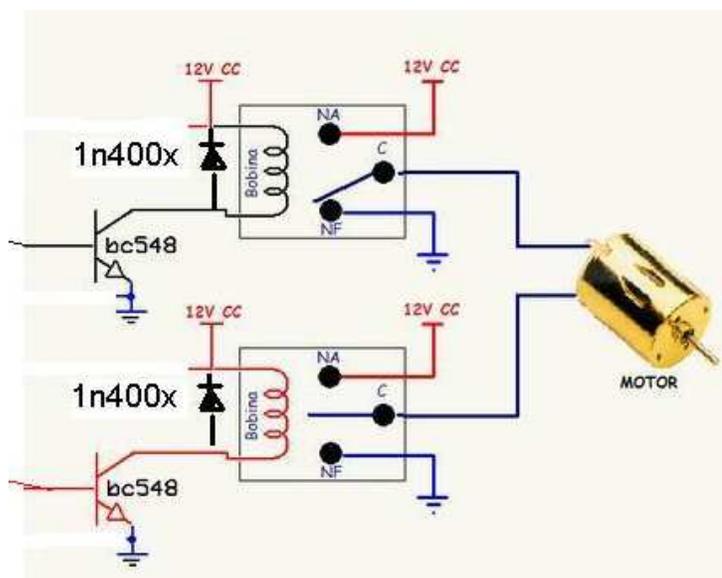
La fuente de energía es la encargada de brindar alimentación al sistema eléctrico, todo el sistema eléctrico del elevador será la batería corriente continua de 12 V que viene instalada en el vehículo en que será implementado el elevador automatizado, aprovechando y optimizando así la fuente de energía brindada por el automotor.

#### **2.4.1.2. MOTOR ELÉCTRICO**

Para impulsar la plataforma hacia el exterior de la caja que se encuentra anclada al chasis y contiene la plataforma se utiliza un motor de corriente continua a 12 v utilizando un sistema de engranes y una cadena para piñones se transforma el movimiento giratorio del motor a un movimiento lineal siendo capaz así de mover el peso total de la plataforma que es aproximadamente 50 kg a una distancia de 84 cm lo que se necesita para que la plataforma salga y entre de la estructura y opere sin dificultad.

#### **2.4.1.3. CIRCUITO H PARA CAMBIO DE GIRO DE MOTOR**

Se desarrolló con 4 relé de 5V un circuito de puente H semejante al de la figura 16 para permitir el cambio de giro automático del actuador eléctrico permitiendo así cumplir la necesidad de salida y entrada de la plataforma hacia el interior de la carrocería del bus donde fue instalado el elevador.” (TESLABEM, 2017)



**Figura 16 Circuito puente H.**

*Fuente:* (TESLABEM, 2017)

#### 2.4.1.4. RELÉS Y CONTACTORES

Al momento de realizar el control de encendido y apagado de varios de los elementos del sistema eléctrico del elevador como motores, luces indicadoras, entre otros elementos fue necesario utilizar elementos electromagnéticos de control como relés cuyas bobinas fueran accionadas a 12 V respetando así el nivel de voltaje que brinda el vehículo, cabe mencionar que para la conexión de estos elementos eléctricos es necesario la utilización de cableado eléctrico de diversa clase.

### 2.5. SISTEMA DE CONTROL

#### 2.5.1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control (figura 17) del elevador permite al mecanismo operar dentro de un rango determinado de parámetros físicos como son: distancia, número de revoluciones y grados de giro los mismos que son controlados por los componentes electrónicos traduciendo las señales eléctricas que perciben los

sensores por medio de un controlador y dando la acción hacia los actuadores mecánicos e hidráulicos del elevador.



**Figura 17 Etapas del sistema de control.**

*Fuente:* (Micronica, 2017)

### **2.5.2. SENSORES**

Los sensores que se incorporaron al elevador son dispositivos que recogen información del entorno del mismo, variables físicas como distancia lineal (entre la base de la plataforma y el suelo), posicionamiento giratorio (número de revoluciones del motor dc) entre otras variables.

### **2.5.3. SENSOR DE PRESENCIA**

Los sensores de presencia utilizados en el elevador están ubicados en la base del mismo como se observa en la figura 18, sirven para detectar la proximidad al suelo y el contacto con el mismo, también en la parte frontal para detectar objetos o personas que bloquean la salida de la plataforma, estos activan o desactivan automáticamente el mecanismo eléctrico al que están conectados dentro de un radio de acción determinado.



**Figura 18 Bosquejo sensores de presencia en el elevador.**

### 2.5.3.1. SENSOR DE PRESENCIA DE CONTACTO

Son dispositivos electromecánicos (figura 19) conocidos como interruptores de final de carrera, constan de un accionador vinculado mecánicamente de contactos, detectando la señal apenas el contacto entra en interacción física con el objeto para abrir o cerrar un circuito, son de fácil instalación y funcionamiento fiable.



**Figura 19 Sensor fin de carrera.**

*Fuente: (XinLING Electrical , 2017)*

### 2.5.3.2. SENSOR DE PRESENCIA ULTRASÓNICO

“Este tipo de sensor de presencia (figura 20) detectan proximidad sin necesidad de roces mecánicos es decir detectan presencias sin establecer contacto físico mediante el uso de ondas ultrasónicas que rebotan al elemento ultrasónico que emite y recepta las ondas”. (PEPPERL+FUCHS, 2017)



**Figura 20 Sensores Ultrasónicos.**

*Fuente: (PEPPERL+FUCHS, 2017)*

### **2.5.3.3. MICROCONTROLADOR**

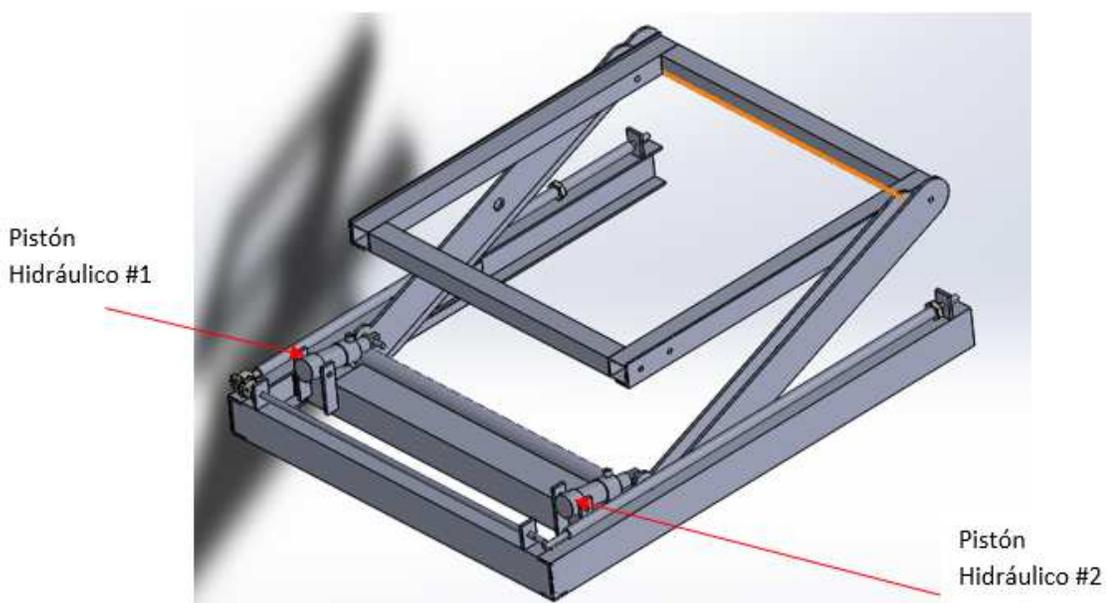
El microcontrolador que utilizaremos para el control del elevador es un Arduino Mega, este microcontrolador nos permite trabajar sobre las señales adquiridas de los diferentes sensores y poder procesarlas mediante el software para así ejecutar sentencias que puedan resolver las necesidades de operación del elevador mediante los diferentes actuadores eléctricos e hidráulicos del sistema del elevador.

Para poder diseñar el programa para el microcontrolador se debe conocer sentencias de funciones básicas del microcontrolador CPU y sus características como, por ejemplo:

- “Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de entrada de 7-12 V.
- 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM).
- 16 entradas análogas.
- 256k de memoria flash.
- Velocidad del reloj de 16Mhz” (Arduino, 2016)

#### 2.5.3.4. ACTUADORES

Los actuadores que se muestra en la figura 21 son los dispositivos que permiten a la plataforma actuar en rangos determinados de altura y distancia de alcance, para esto el sistema constan de 1 motor de corriente continua y 2 pistones hidráulicos doble efecto. Los actuadores eléctricos se encargan de dar el movimiento horizontal de entrada y salida a la plataforma, mientras que los pistones hidráulicos doble efecto se encargan de subir y bajar los brazos hidráulicos que hacen todo el esfuerzo para levantar el mecanismo.



**Figura 21 Bosquejo de la posición de los actuadores hidráulicos.**

#### 2.6. NORMATIVA APLICADA A ELEVADORES

Para el desarrollo de este proyecto se consideró las normativas ecuatorianas INEN que se enfocan en la movilización, construcción e instalación de elevadores para personas discapacitadas.

### 2.6.1. **NORMATIVA GENERAL REQUISITOS**

La norma CPE INEN 18:2013 menciona varios requisitos de seguridad para el código de seguridad de ascensores para pasajeros, para nuestro proyecto las normativas correspondientes son las siguientes:

#### *3. DISPOSICIONES GENERALES*

##### *5.3 PUERTAS DE PISO*

- 5.3.2 Las puertas de pisos y sus marcos deben ser rígidos y lo suficientemente resistentes para no ser deformados por esfuerzo manual.
- 5.3.8 Las puertas de la plataforma deben abrirse solo cuando la cabina descansa o esté en reposo sin obstáculos al momento de abrir.
- 5.3.10 El sistema operativo del elevador no debe abrirse mientras la cabina esté en movimiento y la fuerza de la zona y velocidad de nivelación.

##### *5.7 CABLES DE SUSPENSIÓN O TRACCIÓN*

- 5.7.2 El número mínimo de cables de suspensión se debe determinar de acuerdo al esfuerzo de tracción y al factor de seguridad, pero en ningún caso se emplearán menos de tres cables.
- 5.7.4 Si por razones técnicas, de seguridad o de mantenimiento se tienen que reemplazar uno o más cables de conexión, todos los cables deben ser cambiados.

##### *5.9 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD*

- 5.9.1 Los dispositivos de seguridad de los ascensores pueden ser de tipo:
  - Mecánico
  - Eléctrico
  - Electrónico
- 5.9.3 Los ascensores deben tener un sistema limitador de velocidad, el cual debe estar completo y operando de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- 5.9.6 Debe colocarse un interruptor fin de carrera con el objeto de detener el movimiento ascendente de la plataforma.
- 5.9.7 Debe colocarse un interruptor fin de carrera con el objeto de detener el movimiento descendente de la plataforma.
- 5.9.9 Cuando se abre el circuito de seguridades, esto debe producir el corte de alimentación de energía eléctrica al motor y a la aplicación inmediata del freno.
- 5.9.15 Los motores del ascensor deben estar protegidos mediante dispositivos adecuado contra corrientes eléctricas excesivas, sobrecalentamientos, sobrecargas o cortocircuitos.

- 5.9.17 Toda instalación eléctrica y electrónica de los ascensores debe estar debidamente protegida y conectada adecuadamente a un nivel de tierra.
- 5.9.20 Cuando un ascensor está en reparación queda terminantemente prohibida su operación para el público.
- 5.9.26 La cabina debe estar provista de un alumbrado, una iluminación de 50 lux como mínimo.

#### *5.10 CONTROLES*

- 5.10.1 Los controles pueden ser del tipo electrónico, electromagnético y mixto.
- 5.10.4 El conjunto de cables internos de un control debe estar perfectamente organizado y no se permiten empalmes intermedios.

#### *5.11 BOTONERAS E INDICADORES*

- 5.11.1 La botonera deben estar ubicadas de manera que estén al alcance del usuario.
- 5.11.2 No se permite que la botonera se encuentre rota o sus elementos internos expuestos.
- 5.11.3 Los indicadores de posición deben encontrarse en condiciones óptimas de funcionamiento.

#### *5.12 INSTALACIONES ELÉCTRICAS*

- 5.12.3 Los conductores deben estar diseñados y utilizados de manera que garanticen la correcta demanda de energía eléctrica para los elevadores.
- 5.12.6 Cualquier conexión eléctrica entre conductores debe hacerse a través de conectores y borneras.
- 5.12.7 No se permite conexiones eléctricas flojas ni rotas.
- 5.12.10 Si en el mismo ducto que contiene conductores existen circuitos con diferentes voltajes, todos los conductores deben tener el aislamiento necesario especificado para el voltaje más alto.

### *6 DISPOSICIONES GENERALES*

- 6.1.2 Para efectos de cálculo de capacidad se considera pasajero a una persona con el peso entre 66 Kg y 80 Kg.
- 6.1.17 Deberá cumplir todas las condiciones requeridas para transportar personas en sillas de ruedas conforme a la norma NTE INEN 2299 y deberá estar señalizados mediante el símbolo indicado en la norma NTE INEN 2240. (INEN, 2017)

## 2.7 NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ELEVADOR

Para la construcción e instalación del elevador se consideró varias normas INEN como son: NTE INEN 2205:2010 (Vehículos automotores, bus urbano requisitos), NTE INEN 2299:2001 (Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico para ascensores) y RTE INEN 038 literal K (Requisitos plataforma elevadora).

### 2.7.1 PLATAFORMA Y CABINA

Las puertas serán correderas y el sistema automático o semiautomático, tendrá un ancho recomendado de [60 a 80]cm (Figura 22) para que pueda recorrer una silla de rueda estándar o modificada. La cabina deberá tener sensores de detección de personas que cubran un rango de [25 a 100] cm de distancia desde la base del elevador.

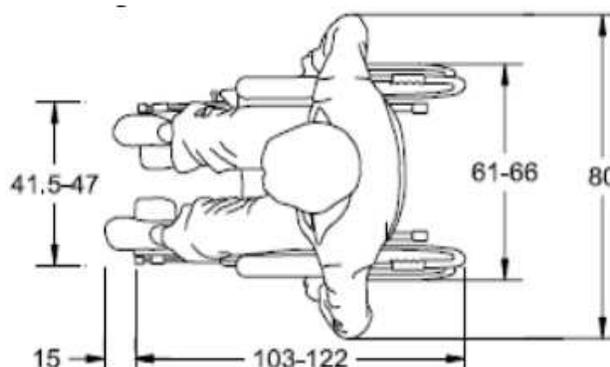


Figura 22 Dimensiones silla de rueda.

### 2.7.2 REQUISITOS MECÁNICOS PLATAFORMA (RTE INEN 038)

- K1.1.1 La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser **150 kg**, excluyendo el peso del elevador y elementos accionantes de la misma.

- K.1.1.2 Como medida de seguridad imprescindible debe tener en cuenta que a cualquier accionamiento en los mando 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 bloque 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.
- 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. (INEN, 2017)

### 2.7.3 PROTECCIONES DEL ELEVADOR (RTE INEN 038)

- K1.2.1 La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla de ruedas se salga de la misma por sí sola.
- 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 debe ser automático.
- K1.2.4 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 los 6mm.
- K.1.2.6 Dimensiones de la plataforma. La plataforma debe tener un ancho de 800 mm y una profundidad de 1000 mm.
- K.1.2.7 Flexión útil de la plataforma. En el recorrido no debe deformarse más de 3 grados en cualquier dirección.
- 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 frente.
- K.1.10 *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. (INEN, 2017)

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA**

El capítulo actual aborda todo referente al diseño y elección de elementos y materiales que conlleva el sistema mecánico, eléctrico y electrónico, ponderando cada elección en base a la utilidad y al factor costo otorgado a cada elemento que constituye el sistema de elevación, y los cálculos elaborados para factores de seguridad del elevador.

#### **3.1 PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO**

La planificación como lo explica (Ulrich & Eppinger, 2013) es la etapa inicial del proyecto; denominado como “fase cero” para la planeación del desarrollo del proyecto.

#### **3.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

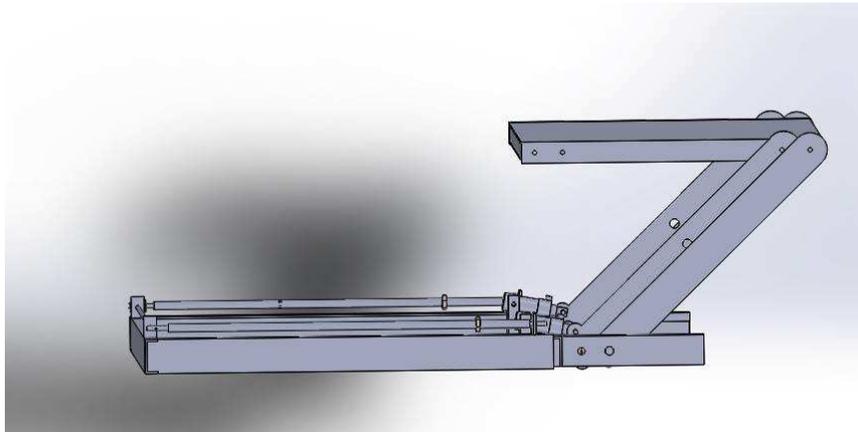
El mecanismo se diseñará de acuerdo a los requerimientos de la fundación Virgen de la Merced, considerando las condiciones actuales del bus y las todas las necesidades de los usuarios:

- EL equipo será un ascensor de tipo barras, se encargará de trasladar desde el exterior al interior del bus a todos los usuarios del recorrido de la fundación Virgen de la Merced.
- EL desplazamiento del asesor deberá ser mediana mente rápido (20s periodo de subida y 15s periodo de bajada) para una altura estimada de 90cm, es por esto que, considerando el alto número de usuarios del bus de recorrido, para esto el equipo debe contar con actuadores veloces y confiables.

- El ascensor deberá ser construido con alta resistencia mecánica a oscilaciones y sus elementos deben ser resistentes a fatiga (vida infinita) ya que el proceso de ascenso y descenso se realizará varias veces seguidas.
- La instalación del ascensor no deberá ocasionar daños mínimos, modificaciones ni cortes en la carrocería del bus.
- El mecanismo en conjunto deberá poseer un máximo espesor de 20 cm y una profundidad máxima de 95cm, de tal manera que evite el contacto con reductores de velocidad.
- Se dispondrá de fuentes de voltaje de 5VDC y 12VDC para la alimentación de los actuadores. Además de fuentes neumáticas e hidráulicas para el funcionamiento del mecanismo.
- Para el control y accionamiento del mecanismo se dispondrá de un teach pendant y también de tecnologías inalámbricas con software libre (aplicación Android).
- El mecanismo debe ser de manejo y entendimiento sencillo para los operarios.

### **3.3 DISEÑO MECÁNICO**

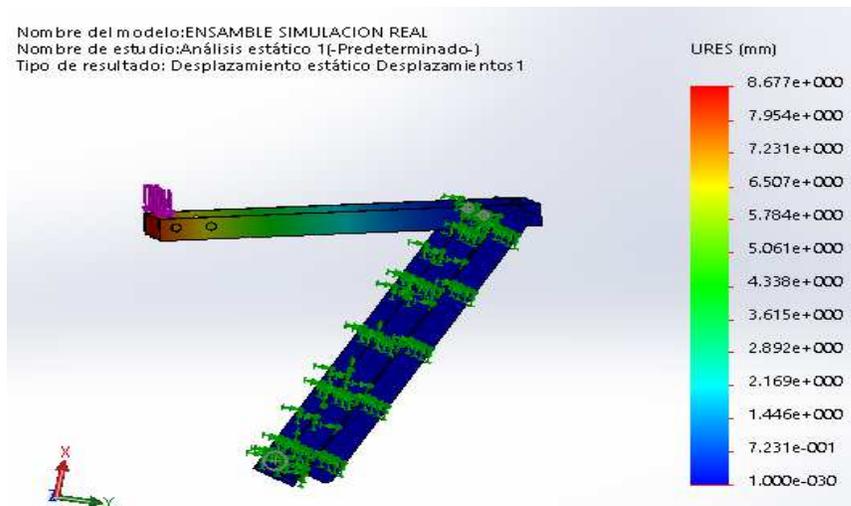
A partir del modelamiento CAD del mecanismo del elevador (Figura 23), se procedió con el análisis matemático del sistema, para definir el dimensionamiento de los elementos mecánicos, hidráulicos y electrónicos.



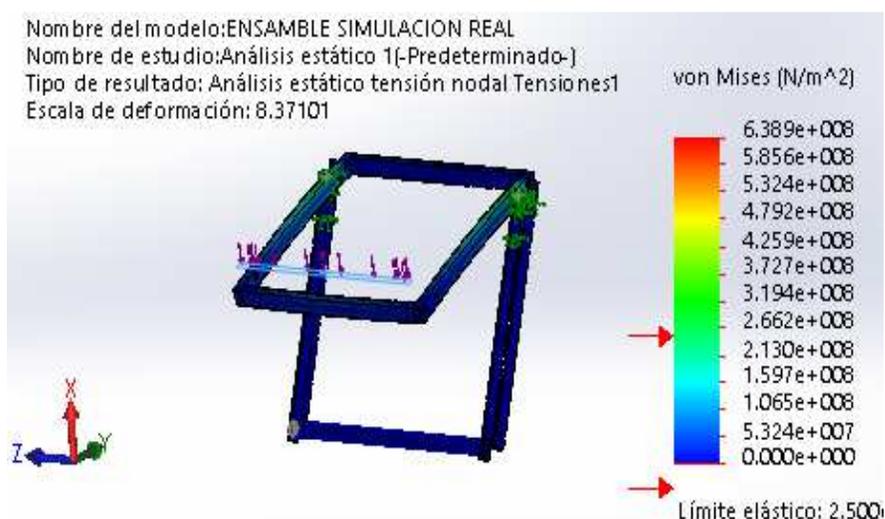
**Figura 23 Modelamiento CAD del elevador**

### 3.3.1 SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS DE CARGAS EN ELEVADOR

Bajo los parámetros de diseño establecidos se procedió a realizar la simulación de la estructura en SOLIDWORKS como se observa en las figuras 24 y 25 con el fin de analizar las esfuerzos y deformaciones en las partes críticas de la estructura, a continuación, se presenta los resultados para 350Kg para así poder analizar y concluir el diseño del elevador para la carga más crítica considerable.



**Figura 24 Simulación de deformación para carga límite de 350 Kg.**



**Figura 25 Simulación de esfuerzo límite con carga de 350 Kg.**

Para un análisis más claro se realiza diferentes simulaciones de carga y esfuerzo (Von Mises) como se muestra en la tabla 1 con una variación de carga de 50 Kg en cada simulación empezando en 50 hasta la carga límite de 250 Kg, esta última es el límite de carga que se ha considerado como parámetro de diseño y brinda un rango de seguridad apreciable para la deformación de la plataforma.

**Tabla 1**  
**Esfuerzos y deformaciones para diferentes cargas.**

CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO VON MISES (Pa)
250	6.67	64 M Pa
200	5.84	57 M Pa
150	4.63	51 M Pa
100	3.78	45 M Pa
50	2.62	39 M Pa

Se observa en los resultados de las simulaciones una deformación de 8.67mm y un esfuerzo máximo de 64 MPa al aplicar la carga máxima considerada y una deformación de 2.62 a la que se someterá el elevador.

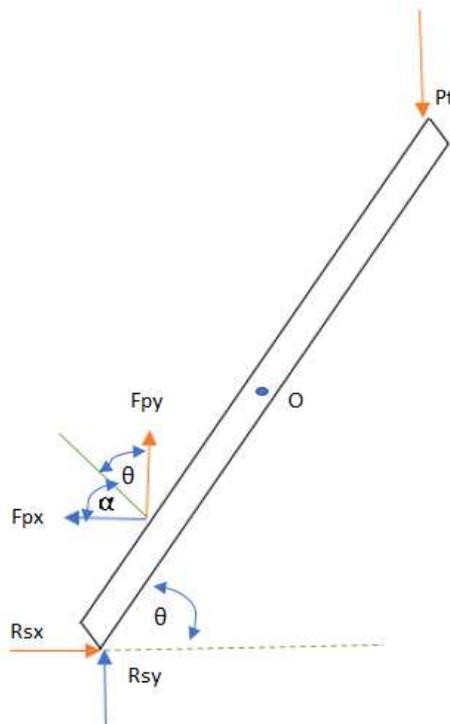
Este resultado de deformación está dentro de lo apreciable y no es una deformación que presente un riesgo de accidente físico al usuario, es así que se aprobó el diseño y se continuó con el desarrollo mecánico.

### 3.3.2 CÁLCULO DE FUERZAS Y VENTAJA MECÁNICA

Para el cálculo de fuerzas involucradas en el mecanismo y la ventaja mecánica del mismo se procedió en este apartado al análisis estático y dinámico de los elementos críticos del sistema.

#### 3.3.2.1 CÁLCULO POR ESTÁTICA

Reacciones y Fuerzas del pistón.



**Figura 26 Diagrama de Cuerpo libre de la barra de la estructura.**

Donde:

$F_t$ : Componente de trabajo.

$F_{sx}$ : Componente de la Reacción horizontal de la base.

$R_{sy}$ : Componente de la Reacción vertical de la base.

$F_{px}$ : Componente horizontal de la fuerza del pistón.

$F_{py}$ : Componente vertical de la fuerza del pistón.

Distribuidor de carga

Peso de la plataforma = 350 kg

Más el 25 % por seguridad

$$Pt = 437,5 \times 10 = 4375 \text{ N}$$

Carga de cada nodo de la mesa

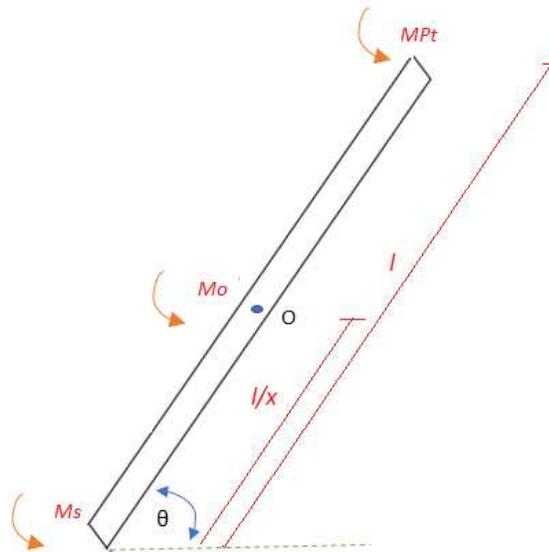
$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{sx} = F_{px}$$

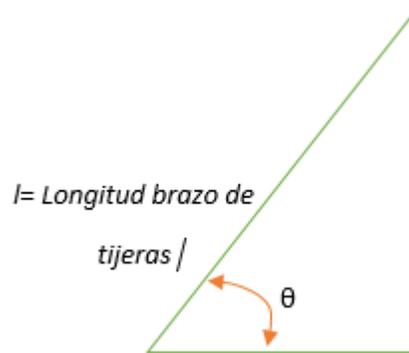
$$R_{sx} = F_p \cdot \cos \alpha$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{sy} = Pt - F_{py} \cdot \sin \alpha$$



**Figura 27 Diagrama de Momento**



$$l = 660 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{x} = \frac{660}{270} = \frac{22}{9} \text{ mm}$$

$$\Sigma M_o = 0$$

$$R_{sx} \left( \frac{l}{2} \sin \theta \right) - R_{sy} \left( \frac{l}{2} \cos \theta \right) - Pt \left( \frac{l}{2} \cos \theta \right) + F_{py} \left( \frac{9l}{22} \cos \theta \right) + F_{px} \left( \frac{9l}{22} \sin \theta \right) = 0$$

$$11 R_{sx} \sin \theta - 11 R_{sy} \cos \theta - 11 Pt \cos \theta + 9 F_{py} \cos \theta + 9 F_{px} \sin \theta = 0 \quad (\text{Ec.3})$$

Reemplazando:

Ec.1; Ec 2; Ec 3.

$$F_{px} = F_p \cdot \cos \alpha$$

$$F_{py} = F_p \cdot \sin \alpha$$

5

$$11 F_p \cdot \cos \alpha \sin \theta - 11(Pt - F_p \cdot \sin \alpha) \cos \theta - 11Pt \cos \theta + 9F_p \sin \alpha \cos \theta + 9 F_p \cos \alpha \sin \theta = 0$$

$$11F_p \cdot \cos \alpha \sin \theta - 11Pt \cos \theta + 11 F_p \sin \alpha \cos \theta - 11 Pt \cos \theta + 9 F_p \sin \alpha \cos \theta + 9 F_p \cos \alpha \sin \theta = 0$$

Reduciendo a términos semejantes

$$2 F_p \cdot \sin(\theta + \alpha) - 22 P_t \cos \theta = 0$$

$$2 F_p = 22 P_t \cos \theta$$

Reemplazando

$$P_t = 4375 N$$

Obtenemos

$$F_p = 48125 \cos \theta$$

Realizamos el análisis para diferentes ángulos

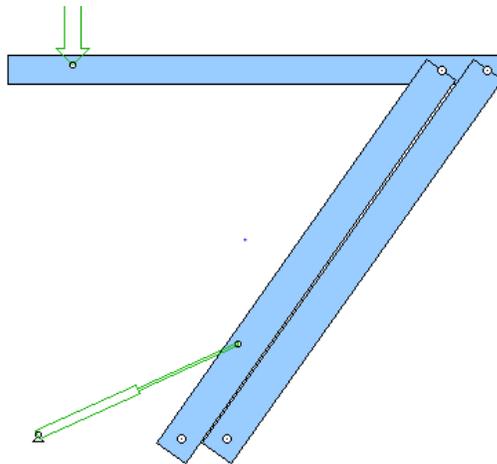
$$F_p = 48125 \cos \theta$$

**Tabla 2**  
**Fuerza para diferentes posiciones del elevador**

Ángulo	Fp
270	0
300	24062,5
315	34029,5
330	41677,4
345	46485,2
360	48125

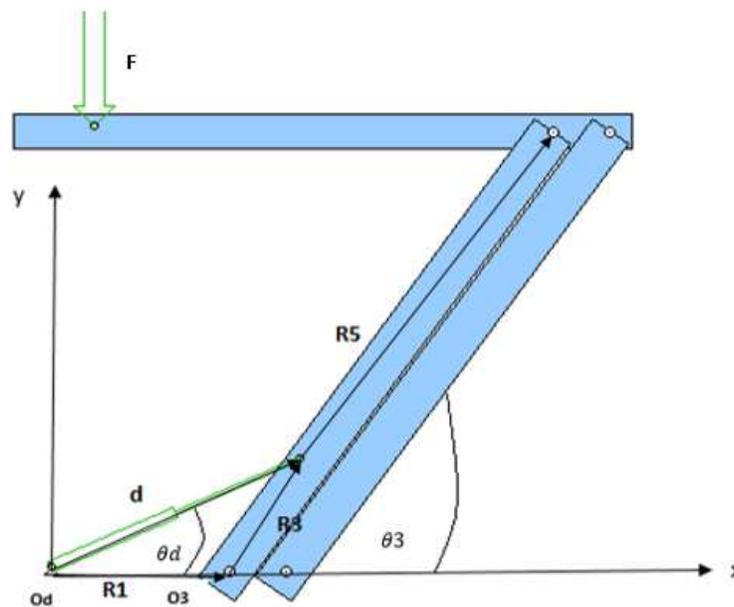
La fuerza máxima que ejerce un pistón hidráulico al momento de realizar la mecánica del movimiento de elevación encontrada desarrollando por cinemática es de **48 125 [N]** como se aprecia en la tabla 2 esta fuerza se produce al momento inicial de elevación cuando la plataforma se encuentra horizontal.

### 3.3.2.2 CÁLCULO POR CINEMÁTICA DE ESLABONES



**Figura 28 Bosquejo sistema de eslabones en Working Model.**

En este apartado se analiza la posición y velocidad de los elementos que influirán directamente en la ventaja mecánica del mecanismo del elevador, para lo cual se esquematiza el mecanismo 2D de eslabones (Figura 28) este análisis permite dimensionar los pistones hidráulicos también es fundamental al momento de seleccionar los elementos de accionamiento, control y demás componentes mecánicos y electrónicos que serán parte del sistema de elevación.



**Figura 29 Sistema de eslabones del elevador.**

**Parámetros:**

- $R_3 = 30 \text{ mm}$
- $R_1 = 127 \text{ mm}$
- $R_5 = 660 \text{ mm}$
- $d = [105 - 165] \text{ mm}$
- $m = 175 \text{ Kg}$

**Análisis de posición**

$$R_1 + R_3 = d$$

Pasando la ecuación de posición a notación de números complejos

$$R_1 e^{i0} + R_3 e^{i\theta_3} = d e^{i\theta_d}$$

$$R_1(\cos 0 + j\sin 0) + R_3(\cos \theta_3 + j\sin \theta_3) = d(\cos \theta_d + j\sin \theta_d)$$

Separando la parte real e imaginaria de la ecuación

$$R_1 + R_3 \cos \theta_3 = d \cos \theta_d$$

$$0 + R_3 \sin \theta_3 = d \sin \theta_d$$

Elevando al cuadrado ambos miembros

$$R_1^2 + 2R_1R_3 \cos \theta_3 + R_3^2 \cos^2 \theta_3 = d^2 \cos^2 \theta_d$$

$$R_3^2 \sin^2 \theta_3 = d^2 \sin^2 \theta_d$$

Sumando

$$R_1^2 + 2R_1R_3 \cos \theta_3 + R_3^2 = d^2$$

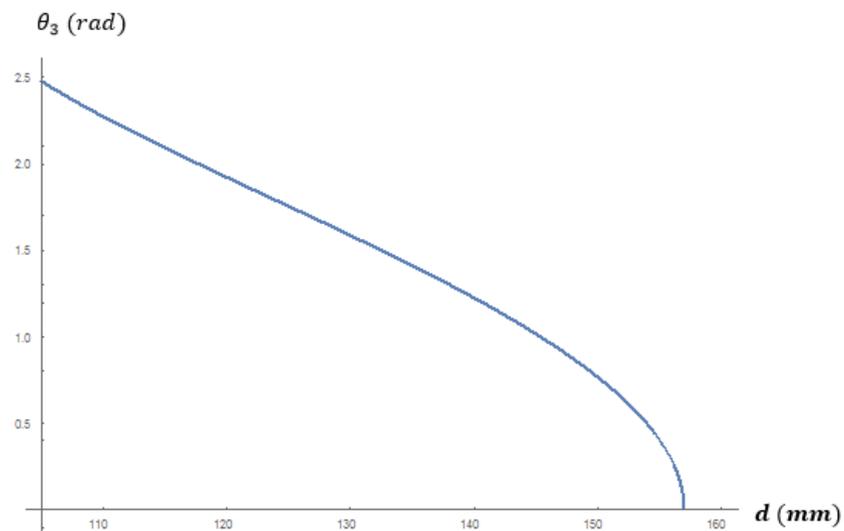
Entonces

$$\cos \theta_3 = \frac{d^2 - R_1^2 - R_3^2}{2R_1R_3}$$

$$\theta_3 = \arccos\left(\frac{d^2 - R_1^2 - R_3^2}{2R_1R_3}\right)$$

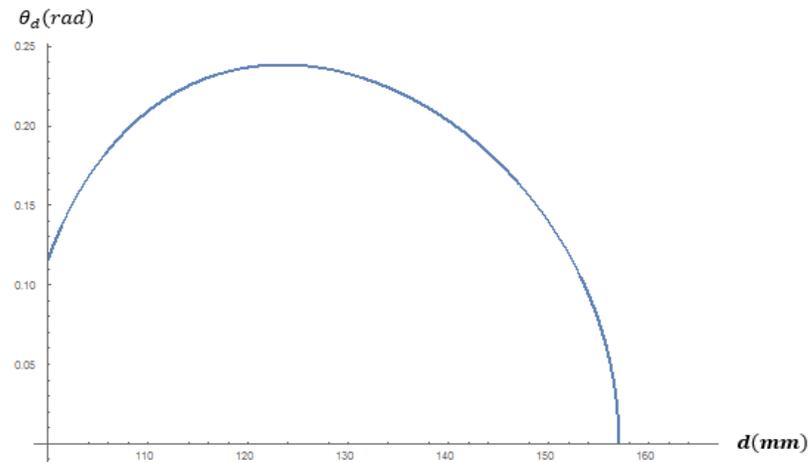
$$\theta_d = \arcsin\left(\frac{R_3 \sin\theta_3}{d}\right)$$

Reemplazando los parámetros definidos previamente por el mecanismo los valores para  $\theta_3$  (posición eslabón  $R_3$ ) son:



**Figura 30 Posición angular de eslabón 3 versus desplazamiento del pistón.**

Reemplazando los parámetros definidos previamente por el mecanismo los valores para  $\theta_d$  posición del pistón (eslabón  $d$ ) son:



**Figura 31 Posición angular de eslabón 4 vs. desplazamiento**

### Análisis de velocidad

$$\vec{R}_1 + \vec{R}_3 = \vec{d}$$

Pasando la ecuación de velocidad a notación de números complejos

$$\vec{R}_3 \omega_3 e^{i\theta_3} = \dot{\vec{d}} e^{i\theta_d} + d \omega_d i e^{i\theta_d}$$

Separando la parte real e imaginaria de la ecuación

$$-R_3 \omega_3 \sin \theta_3 = \dot{d} \cos \theta_d - d \omega_d \sin \theta_d$$

$$R_3 \omega_3 \cos \theta_3 = \dot{d} \sin \theta_d + d \omega_d \cos \theta_d$$

Multiplicando a la primera ecuación por  $\cos \theta_d$  y a la segunda por  $\sin \theta_d$

$$(-R_3 \omega_3 \sin \theta_3 = \dot{d} \cos \theta_d - d \omega_d \sin \theta_d) \cos \theta_d$$

$$(R_3 \omega_3 \cos \theta_3 = \dot{d} \sin \theta_d + d \omega_d \cos \theta_d) \sin \theta_d$$

Entonces

$$-R_3 \omega_3 \sin \theta_3 \cos \theta_d = \dot{d} \cos^2 \theta_d - d \omega_d \sin \theta_d \cos \theta_d$$

$$R_3\omega_3\cos\theta_3\sin\theta_d = \dot{d} + d\omega_d\sin\theta_d\cos\theta_d$$

Sumando ambas ecuaciones

$$R_3\omega_3(\cos\theta_3\sin\theta_d - \sin\theta_3\cos\theta_d) = \dot{d}$$

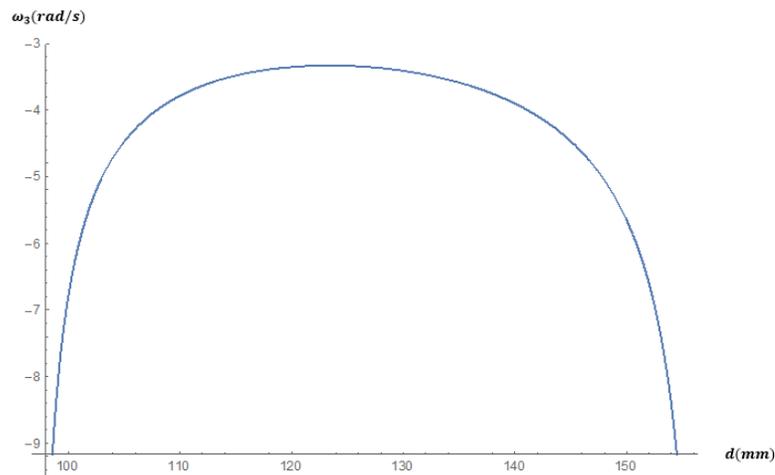
Aplicando identidades trigonométricas

$$R_3\omega_3\text{sen}(\theta_d - \theta_3) = \dot{d}$$

Entonces

$$\omega_3 = \frac{\dot{d}}{R_3\text{sen}(\theta_d - \theta_3)}$$

Reemplazando los parámetros definidos previamente por el mecanismo y los valores de posición  $\theta_d$  y  $\theta_3$  encontrados en el anterior apartado, los valores de velocidad  $\omega_3$  (velocidad eslabón  $R_3$ ) son:



**Figura 32 Velocidad angular de eslabón 3 vs desplazamiento.**

### Ventaja mecánica del mecanismo

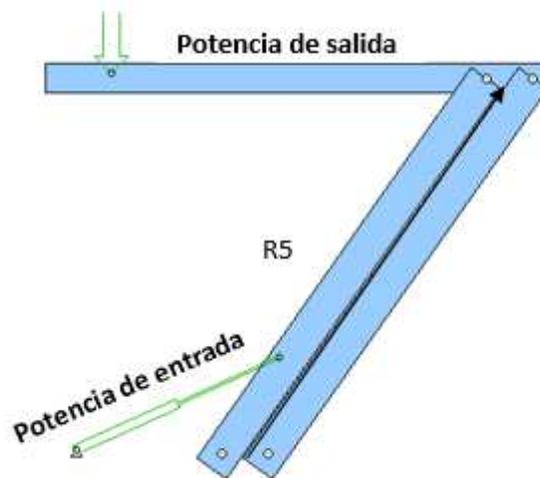
Asumimos para el análisis que el mecanismo es un sistema conservativo, es decir que las pérdidas de fricción, calor, etc., son despreciables en

comparación con la energía total que se va a transmitir desde la entrada del sistema hasta la salida del mismo.



**Figura 33 Esquema de potencia de entrada y salida del mecanismo.**

Entonces se define lo siguiente la potencia de entrada del elevador es igual a la potencia de salida.



$$Potencia_{entrada} = Potencia_{salida}$$

$$Fuerza_{pistón} * \dot{d} = Peso \ a \ elevar * V_y$$

Definimos la componente de la  $V_y$  para el eslabón  $R_5$

$$\dot{\vec{R}}_5 \omega_3 e^{i\theta_3} = R_5 \omega_3 i (\cos\theta_5 + i \sin\theta_5)$$

$$V_y = R_5 \omega_3 \cos\theta_3$$

Continuando en la ecuación de ventaja mecánica

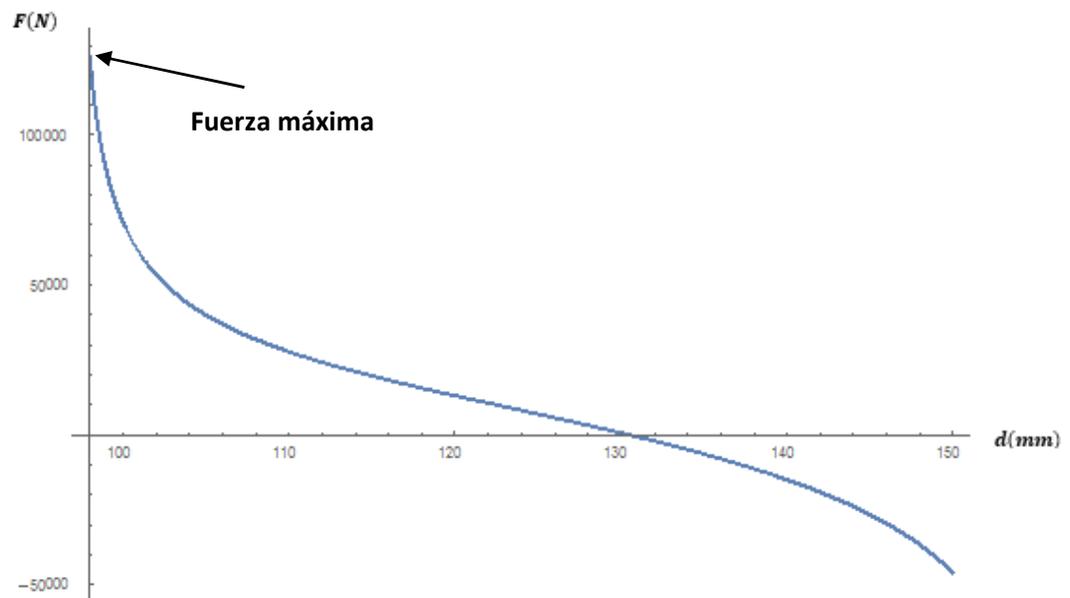
$$Fuerza_{pistón} * \dot{d} = Peso \ a \ elevar * R_5 \omega_3 \cos \theta_3$$

$$Fuerza_{pistón} = \frac{m * g * R_5 \omega_3 \cos \theta_3}{\dot{d}}$$

Reemplazando el valor de  $\omega_3$

$$Fuerza_{pistón} = \frac{m * g * R_5 * \cos \theta_3}{R_3 \sin(\theta_d - \theta_3)}$$

Reemplazando los parámetros definidos previamente por el mecanismo y los valores de posición  $\theta_d, \theta_3$  y  $\omega_3$  encontrados en el anterior apartado, los valores de fuerza del pistón son:

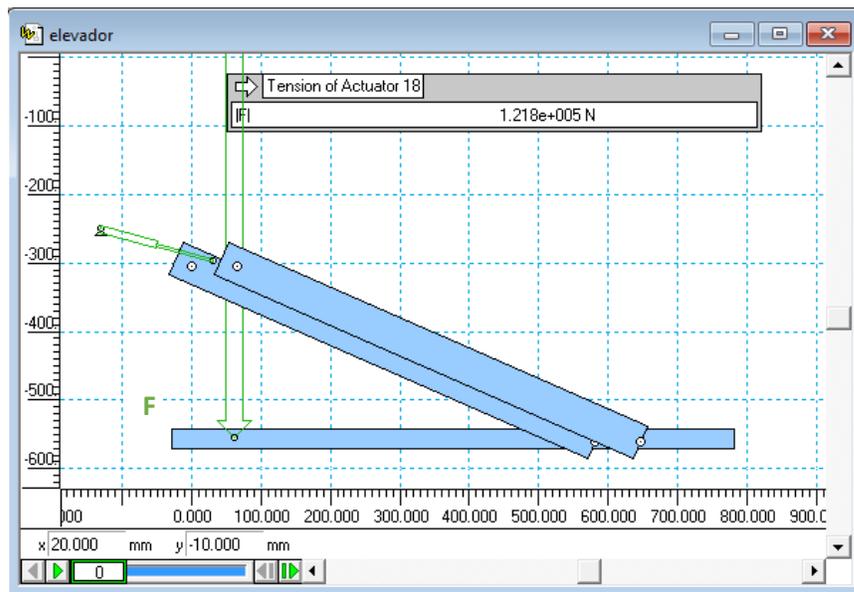


**Figura 34 Fuerza máxima que ejercerán los pistón hidráulicos.**

La fuerza máxima que ejerce el pistón hidráulico al momento de realizar la mecánica del movimiento de elevación encontrada desarrollando el análisis por cinemática de eslabones es de **120 000 [N]** esta fuerza se produce al momento inicial de elevación cuando la plataforma se encuentra a 28 cm por debajo del nivel de referencia (condición de diseño) es decir cuando se apoya completamente en el piso.

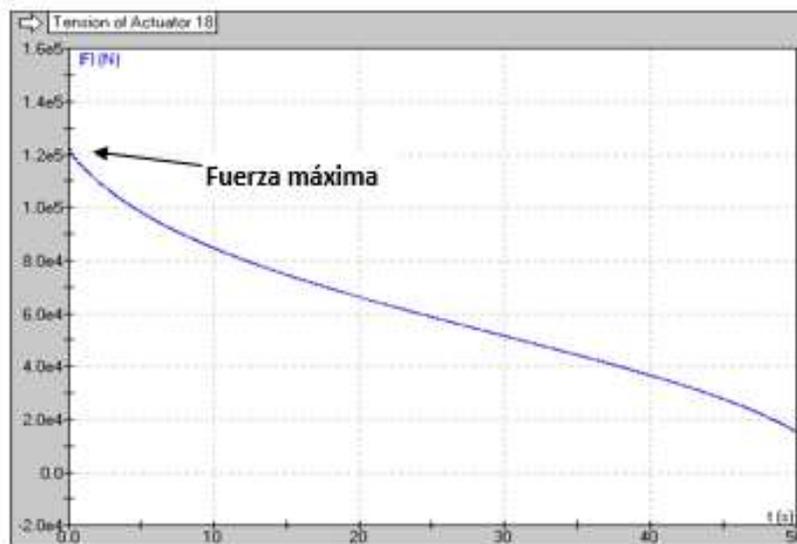
### 3.3.2.3 CÁLCULO DE FUERZA UTILIZANDO WORKING MODEL

Utilizando el software de simulación Working Model para el análisis en 2D del mecanismo (Figura 35) empezamos por definir geoméricamente los eslabones, definiendo los parámetros R5, R3, R1, y d que son los mismo que se definieron en el apartado anterior se precede a simular.



**Figura 35 Simulación del mecanismo en Working Model.**

La fuerza máxima que se observa en la figura 36 que ejerce el pistón hidráulico al momento de realizar la mecánica del movimiento de elevación encontrada utilizando Working Model es de **121 800 [N]** esta fuerza se produce al momento inicial de elevación cuando la plataforma se encuentra a 28 cm por debajo del nivel de referencia (condición de diseño) es decir cuando se apoya completamente en el piso.



**Figura 36** Fuerza máxima que ejercerán los pistones.

### 3.4 SELECCIÓN DE PISTONES

Para la selección de los actuadores hidráulicos partimos del análisis de fuerzas realizada en el apartado anterior, promediando las fuerzas máximas encontradas por los diferentes métodos utilizados para el diseño se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3**

**Fuerzas máximas encontradas por diferentes métodos.**

Método utilizado	Fuerza [N] máxima ejercida por cada pistón
Cinemática de eslabones	60 000
Simulación Working Model	60 900
Análisis Cinemático	48 125
<i>Promedio=</i>	56 341

El mecanismo consta de 2 pistones por lo que cada uno de ellos realizará la una fuerza máxima de:

$$Fuerza_{c/piston} = 56\,341[N]$$

Cálculo del tonelaje del pistón

$$Masa = \frac{Fuerza}{gravedad} = \frac{56\,341 [N]}{9.8 \left[\frac{m}{s^2}\right]}$$

$$Masa = 5\,749,08 [Kg] \cong 6 \text{ toneladas}$$

Comercialmente se encontró pistones hidráulicos de 6 toneladas que tiene las siguientes dimensiones que se muestran en la tabla 4:

**Tabla 4**  
**Características del pistón.**

Pistón de 6 toneladas	Dimensiones [mm]
<b>Diámetro interno de camisa</b>	40
<b>Diámetro externo de camisa</b>	70
<b>Longitud de vástago</b>	110,00
<b>Diámetro vástago</b>	25,4
<b>Carrera</b>	90,00
<b>Presión</b>	58.02 [MPa] – 8400 (psi)
<b>Caudal</b>	1.85 gal/min

### 3.5 SELECCIÓN DE VÁLVULA CAMBIO DE DIRECCIÓN

Los componentes del sistema hidráulico fueron seleccionados considerando el caudal y presión que tiene la bomba hidráulica con la que se va a alimentar al circuito hidráulico.

Para el elevador el control del fluido se lo realiza con una electroválvula (Figura 31) de 4 vías 3 posiciones con centro tandem, esta configuración de centro tandem permite que la electroválvula se bloquee el paso del fluido si se deja de accionar una de las bobinas es decir es necesario que se dé el enclavamiento para un continuo flujo del fluido en una de las dos vías, es así que esta configuración brinda seguridad al usuario en caso de una falla en el suministro

energético el elevador quedaría bloqueado en un posición evitando caídas o accidentes físicos



**Figura 37 Electroválvula para el circuito hidráulico.**

### 3.5.1 CARACTERÍSTICAS VÁLVULA CAMBIO DE DIRECCIÓN

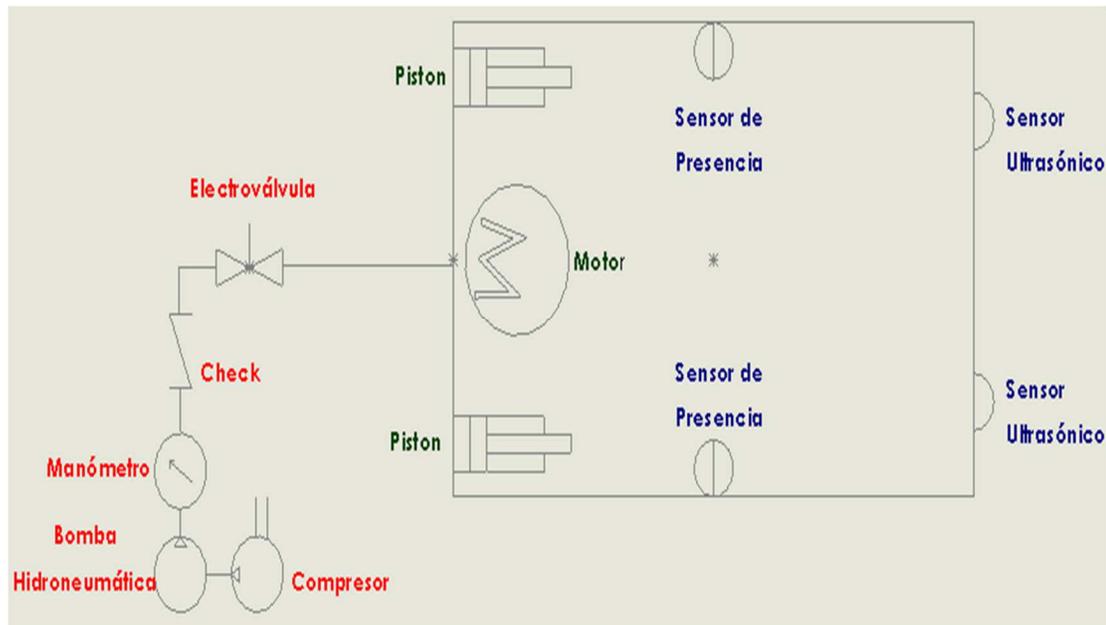
Las especificaciones de la electroválvula cambio de dirección se adecuan al requerimiento del proyecto por lo cual se seleccionó la electroválvula con las características que se muestran la tabla 5.

**Tabla 5**  
**Especificaciones electroválvula**

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Modelo	LEH DV 02
Presión máxima	315 bar
Temperatura de funcionamiento	30-70°C
Caudal	80 gal/min
Voltaje de bobinas	12 V
Dimensiones	18x6x5 cm

### 3.6 DISEÑO SISTEMA DE CAÑERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

El sistema de mangueras utilizado para el transporte de líquido del reservorio al depósito y viceversa, contiene elementos de instrumentación, válvulas, manómetro, actuadores hidráulicos y fuente de accionamiento neumática (compresor motor del vehículo) se muestran en la figura 38, los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del proceso de elevación.

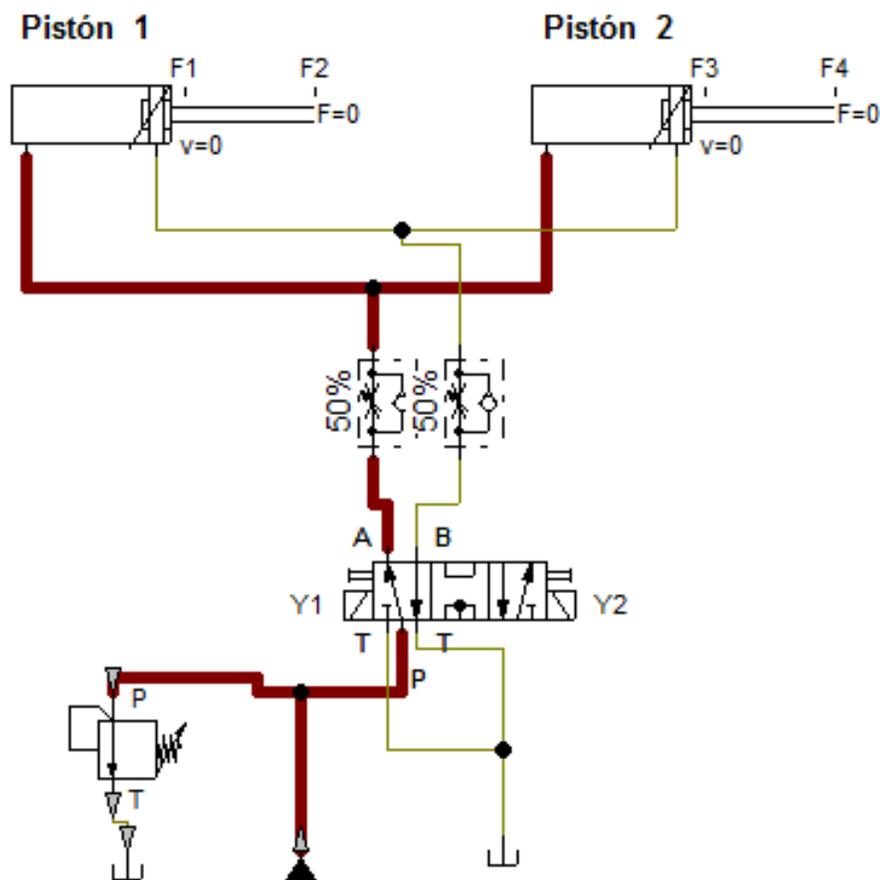


**Figura 38 Bosquejo general del sistema Hidráulico.**

El presente diagrama muestra la ubicación de los sensores de presencia y ultrasónicos, también indica la conexión de los actuadores tales como pistones y elementos de control como son válvulas de dirección, reguladora de presión, manómetros y bomba hidráulica.

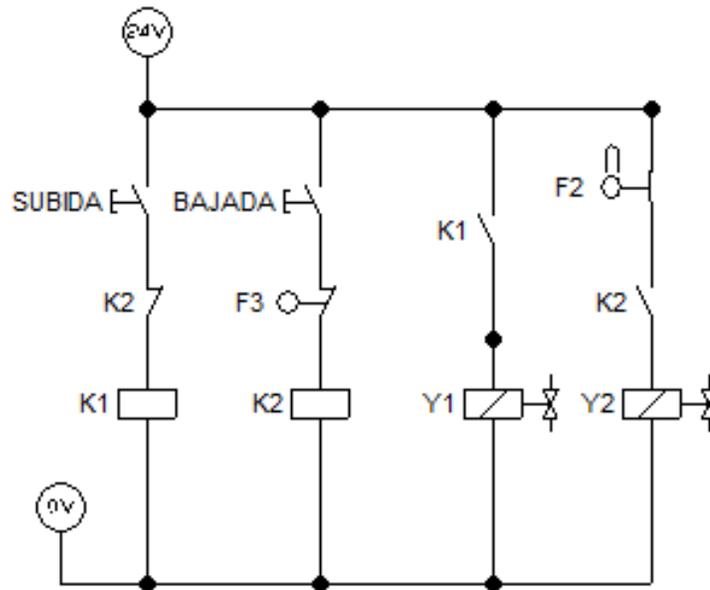
### **3.7 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO**

El circuito hidráulico de la figura 39 el encargado de accionar y controlar el sistema de elevación, la fuente de energía es una bomba hidráulica de 1.85 gal/min, sus elementos de control son: válvula cambio de dirección, válvula de alivio, cañerías hidráulicas, válvulas check (anti retorno) y como actuadores dos pistones de 6 toneladas, a continuación, se muestra el circuito hidráulico en Fluidsim y su correspondiente control eléctrico.



**Figura 39 Circuito Hidráulico.**

Para el circuito de control y potencia de la parte hidráulica (figura 40) se utilizó los siguientes elementos: 2 solenoides, 2 relés con sus respectivos contactos, 4 fines de carrera, pulsadores de subida y bajada elevador, la fuente de energía que se utiliza en la implementación es de 12 V y cañerías hidráulicas de alta presión.

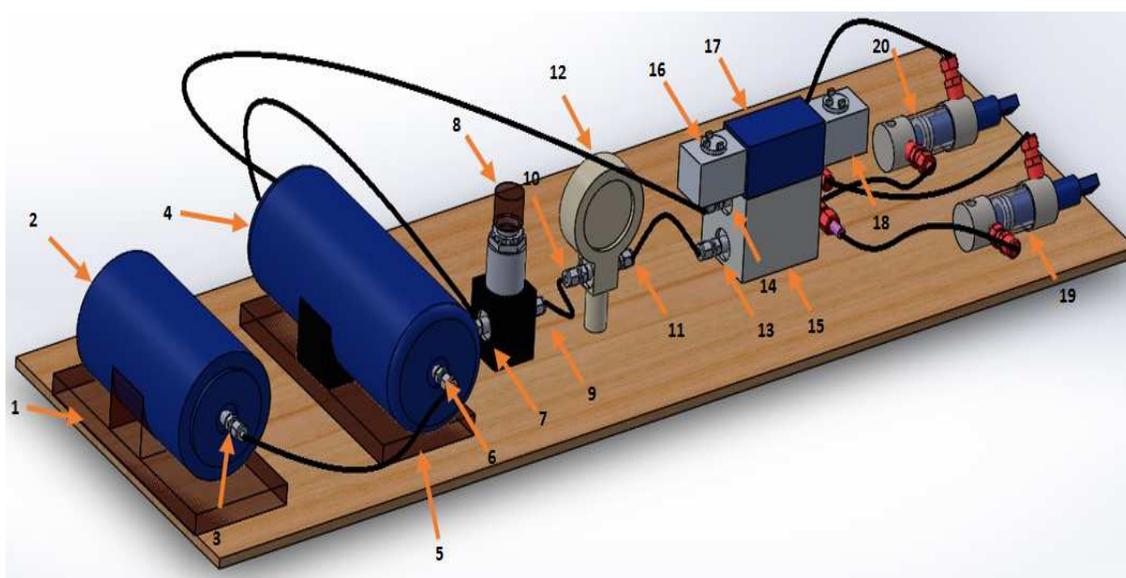


**Figura 40. Circuito de control**

### 3.8 CONEXIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

La conexión (figura 41) entre las válvulas, los actuadores y la bomba está estructurada mediante mangueras hidráulicas para el flujo del líquido. Se selecciona este sistema de conexión debido a la gran presión (10000 psi) ejercida por la bomba hidráulica con la que se va a trabajar, la facilidad de adquisición, manipulación y costo. Los accesorios que utiliza el equipo son los siguientes.

1. Líneas de adaptación de acero inoxidable
2. Unión Universal
3. Unión Sencilla
4. Neplos
5. Uniones T



**Figura 41 Conexión de los elementos hidráulicos para la función del sistema.**

Se muestra la distribución de cada elemento listado a continuación en la tabla 6 y su respectiva denominación con el fin de distinguir cada elemento.

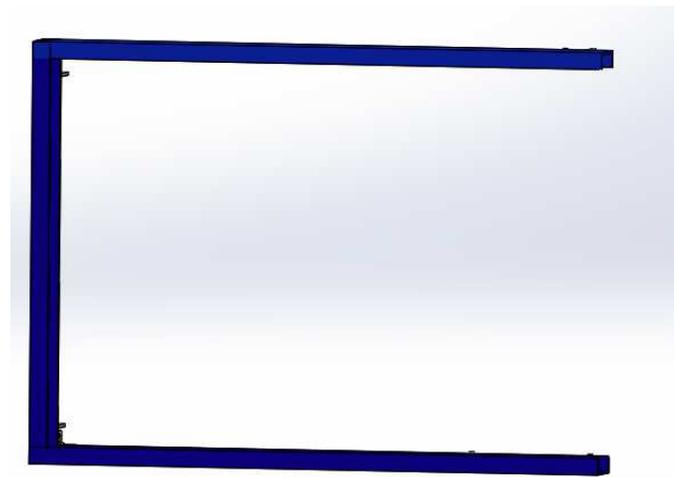
**Tabla 6**  
**Distribución de elementos**

DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS	
1	Soporte 1
2	Compresor
3	Adaptación de acero 1
4	Bomba Hidroneumática
5	Soporte 2
6	Valvular reguladora
7	Manómetro
8	Adaptación de acero 7
9	Adaptación de acero 8
10	Soporte de conexión Hidráulico
11	Solenoide 1
12	Electroválvula
13	Solenoide 2
14	Pistón 1
15	Pistón 2

### 3.9 MODELADO Y ENSAMBLAJE DEL ELEVADOR

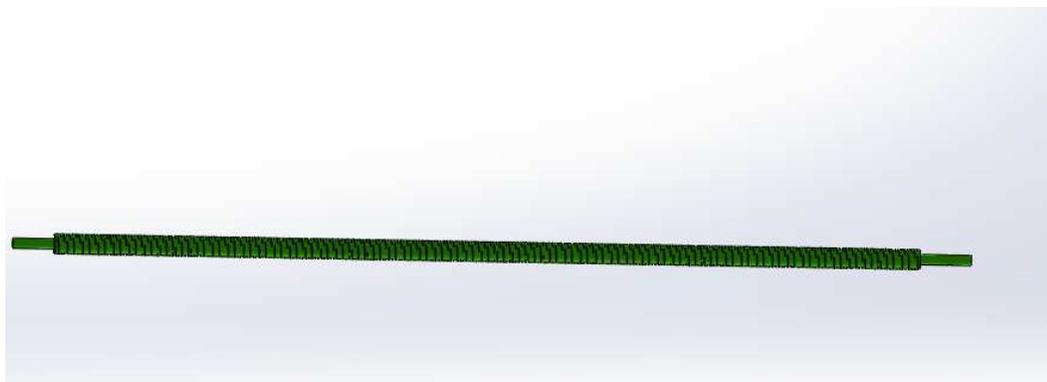
En esta sección se muestra las partes y ensambles principales del diseño CAD del elevador en el software SolidWorks, diseño basado en un mecanismo de palancas de doble manivela.

Como se muestra en la figura 42 el modelado 3D del soporte de la plataforma este es el encargado de proveer el anclaje de los elementos de transmisión como tornillos sin fin, engranes, motor, etc...



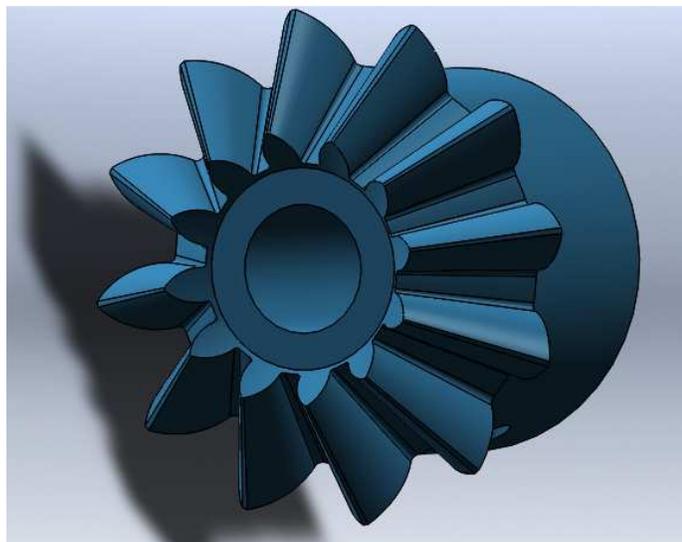
**Figura 42 Modelado de estructura de rieles para elevador.**

El modelado del tornillo sin fin se muestra en la figura 43, se utilizó dos de estos elementos en conjunto de piñones para la transmisión de movimiento giratorio del motor a movimiento lineal de la plataforma.



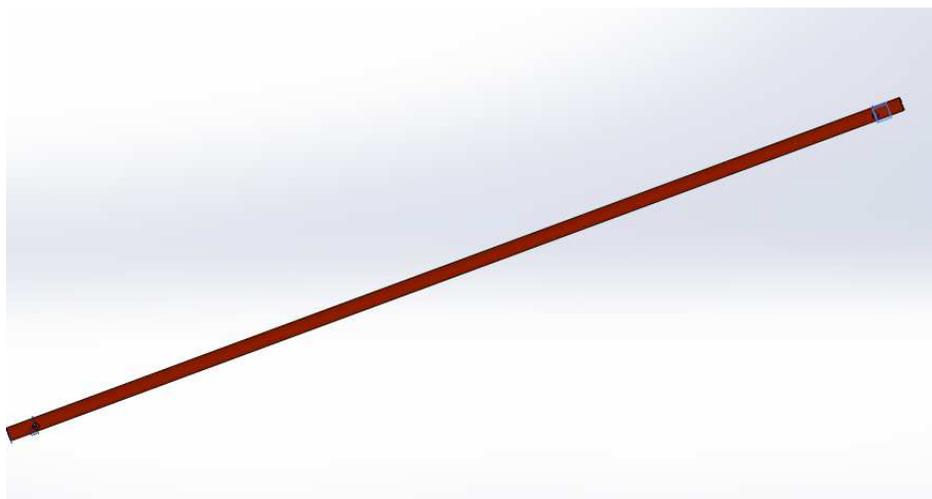
**Figura 43 Modelado de tornillos sin fin.**

Modelado de piñón (Figura 44) para sistema de transmisión, se realizaron 4 de estos elementos para adaptarlos al mecanismo de movimiento.



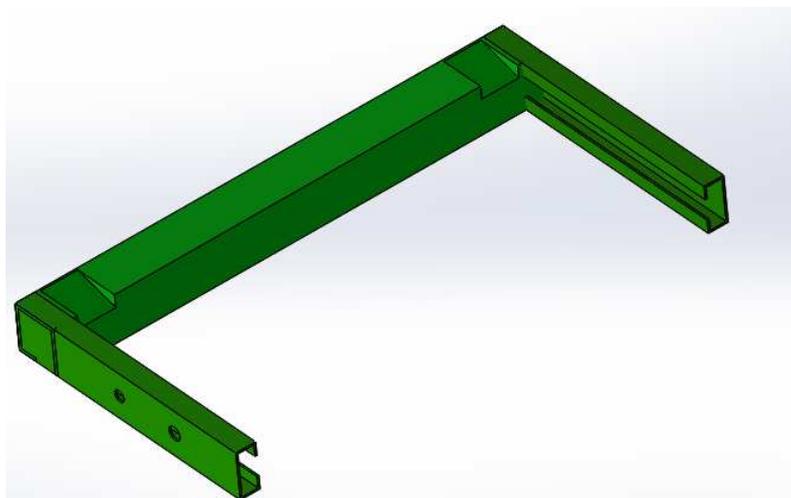
**Figura 44 Modelamiento engranes cónicos rectos.**

El eje de transmisión (Figura 45) está ubicado en la parte posterior de la plataforma brinda la transmisión entre los dos tornillos sin fin acoplados a los piñones cónicos rectos del mecanismo de movimiento del ascensor.



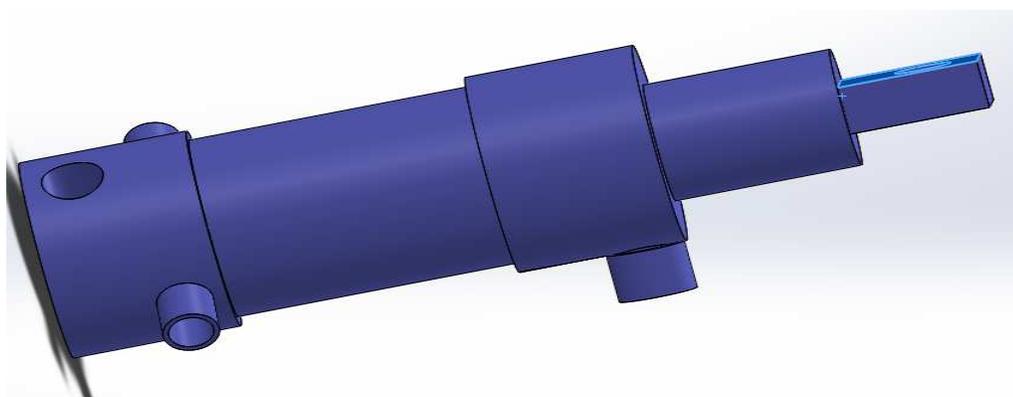
**Figura 45 Modelado eje de transmisión.**

El soporte estructural del elevador se muestra en la figura 46 y es el encargado de dar sujeción a los elementos de accionamiento como lo son los pistones hidráulicos doble efecto, así como sostener los ejes de giro y brazos.



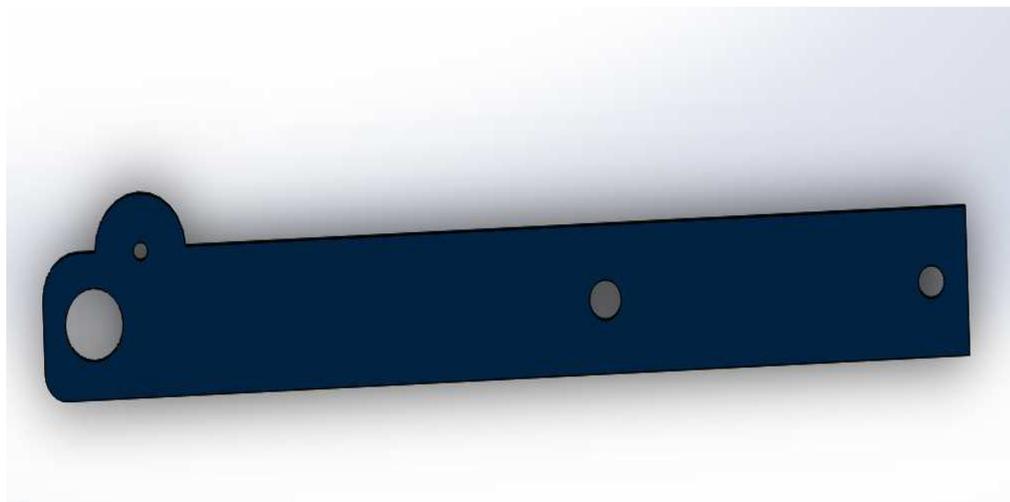
**Figura 46 Modelado soporte para elevador.**

El modelado de los gatos hidráulicos se muestra en la figura 47, se utilizaron dos de estos actuadores para el sistema de elevación cada uno con una capacidad de 6 toneladas.



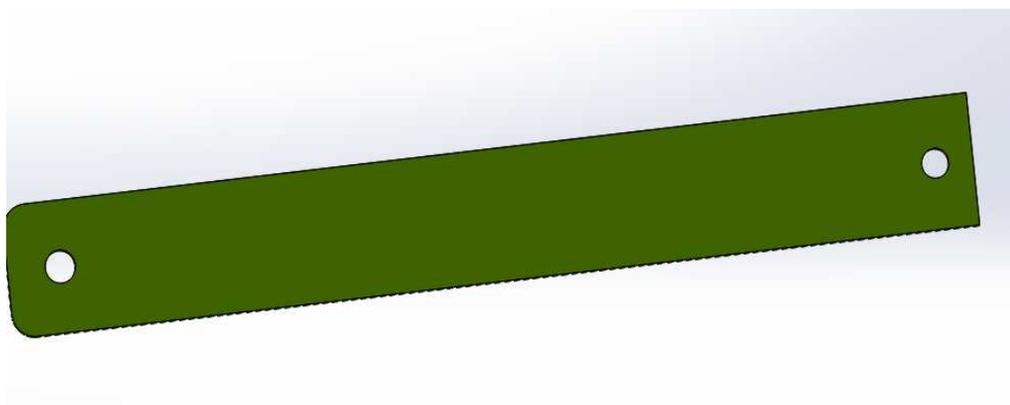
**Figura 47 Modelado cilindros doble efecto.**

Los brazos hidráulicos se muestran en modelados en la figura 48 estos eslabones del mecanismo forman parte del mecanismo de doble manivela del elevador.



**Figura 48 Modelado de Brazos hidráulicos.**

Los brazos de soporte hidráulicos se muestran en modelados en la figura 49 estos eslabones del mecanismo forman parte del mecanismo de doble manivela del elevador, cumplen la función de soporte a los brazos hidráulicos.



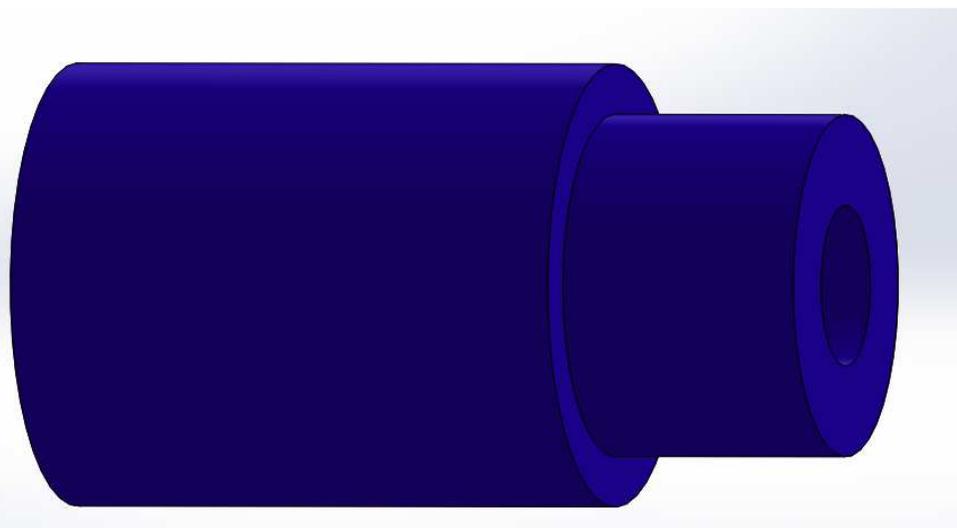
**Figura 49 Modelado Brazo de soporte.**

El modelado de la estructura de tubo para el piso de la plataforma se muestra en la figura 50, la cual será soporte para el piso corrugado de la plataforma.



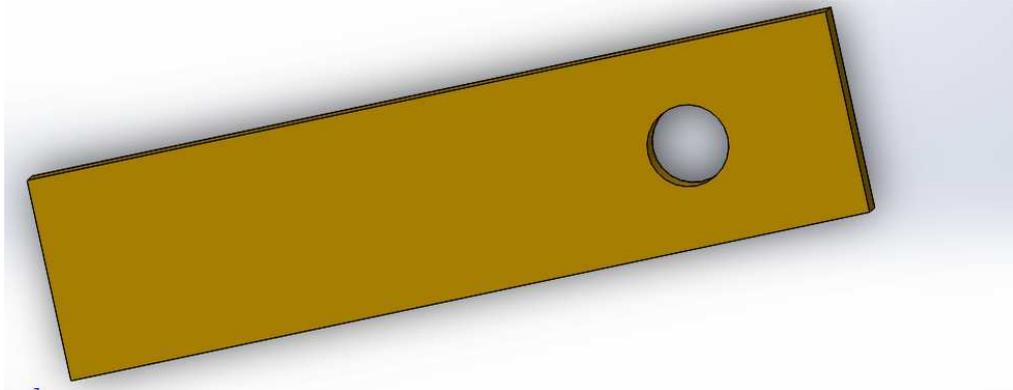
**Figura 50 Modelado estructura piso de la plataforma.**

El modelado de los bujes para unir diferentes partes de la estructura del elevador se muestra en la figura 51, se modelaron diferentes tipos para cada sujeción.



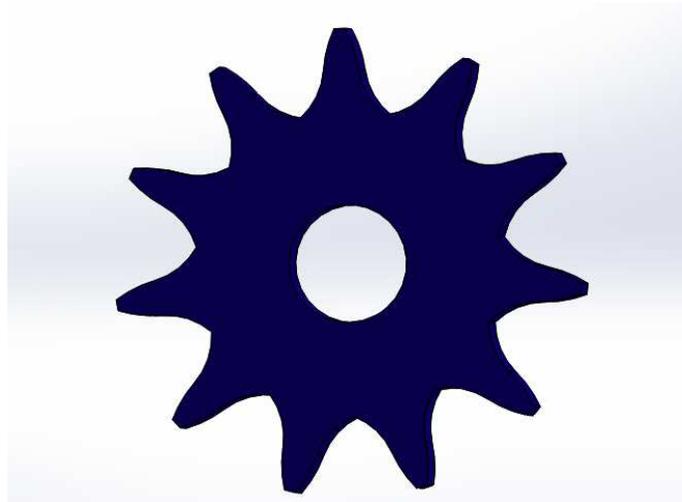
**Figura 51 Modelado de Bujes y Pasadores.**

Los soportes para los gatos hidráulicos se los muestra modelados en la figura 52, se construyó 4 de estos soportes que son soldados (MIG) a la base de la plataforma para realizar el trabajo de ascenso y descenso del elevador.



**Figura 52 Modelado Soporte para cilindros hidráulicos.**

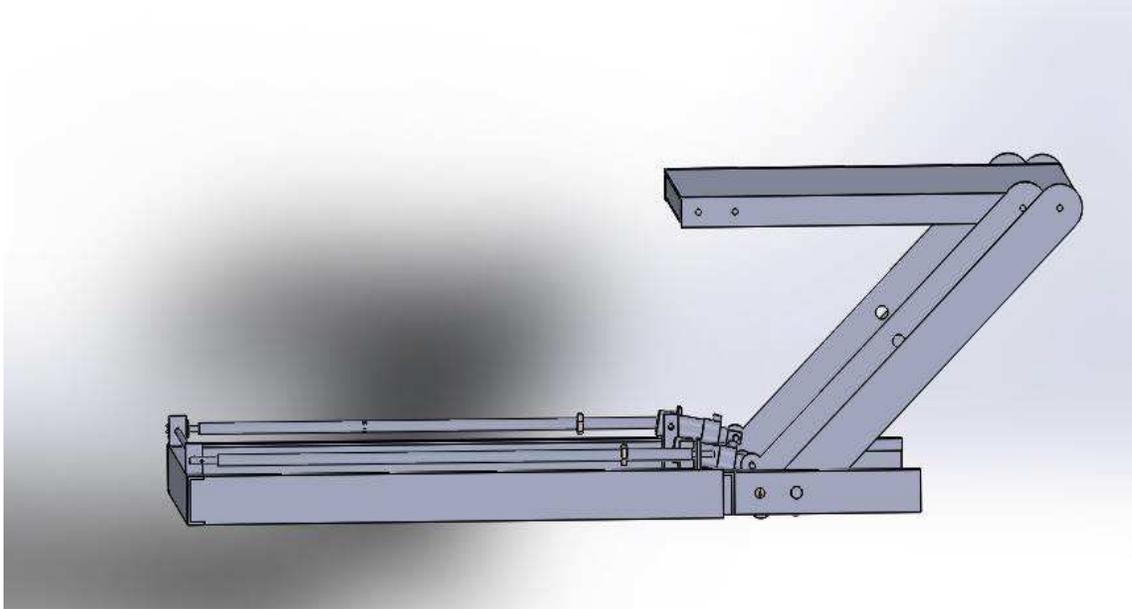
Se realizó el modelamiento de los piñones (figura 53) para la transmisión de movimiento del motor dc hacia la plataforma, este mecanismo sirve para convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal.



**Figura 53 Modelado de piñones para motor dc.**

Una vez habiendo modelado a escala real la mayoría de partes y componentes del elevador y realizado en análisis estático de cada componente crítico de la plataforma se procedió a realizar el ensamble total del elevador como se muestra

en la figura 54, se encuentra incluido todo lo correspondiente a la parte mecánica y estructura metálica del sistema.



**Figura 54 Ensamble total del elevador hidráulico.**

### **3.10 DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO**

El sistema eléctrico electrónico es el medio por el cual se puede automatizar el funcionamiento del elevador hidráulico, así como ayuda a optimizar el proceso, añadir dispositivos de seguridad y en general complementar el sistema de elevación.

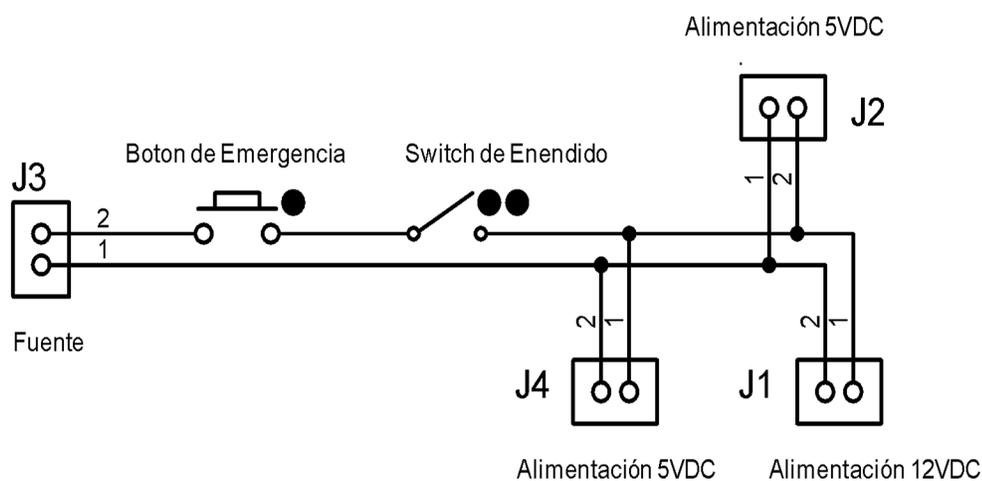
#### **3.10.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Se utilizó distintos tipos de cables, considerando parámetros como corrientes y voltajes, para un correcto funcionamiento del sistema, se utilizó cable del tipo 12 para fuentes de voltaje como lo es la batería del automotor y cable de calibre 16 para conexiones eléctricas y electrónicas de sensores, motores, electroválvulas, bobinas, relés, etc.

**Tabla 7**  
**Voltajes y corrientes que circulan por el cableado.**

Elemento	Voltaie	Corriente	Tipo de Cable
Pines del controlador	Max 5V DC	Max 0.3A	T/TBW 22-2
Motor 1	12V DC	Max 3.5 A	16 AWG
Electroválvulas	12V DC	0.3 A	16 AWG
Motor 2	12V DC	Max 3.5 A	16 AWG
Fuentes	5 y 12 V DC	-	16 AWG
Alimentación de las Fuentes	12V AC	-	12 AWG

Para el cableado de alimentación eléctrica de fuentes de 5V DC, 12V DC, se realizó el control mediante un contacto, que se encarga de encender y apagar el equipo, también posee un botón de emergencia de tipo hongo que desactivará encargado de la desactivación del sistema, a continuación, en la Figura 55, mostramos la distribución del cableado eléctrico del sistema.



**Figura 55 Distribución del cableado de alimentación de la fuente.**

### 3.10.2 CONEXIONES DE SENSORES Y ACTUADORES

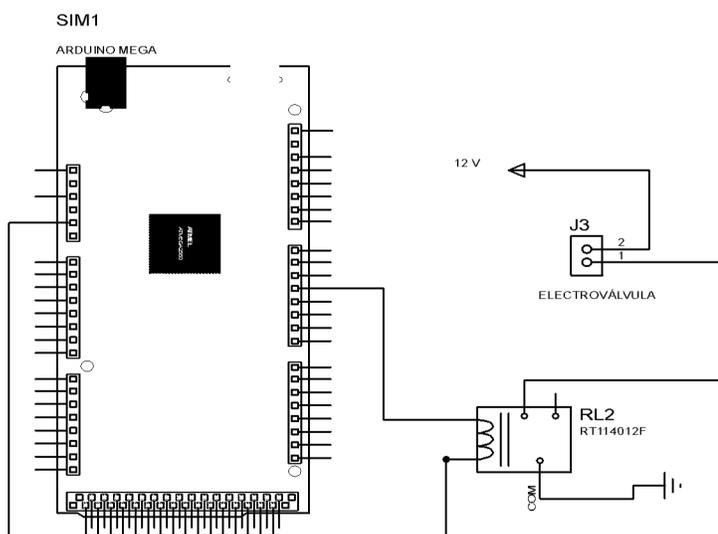
En la tabla 8 se listan los sensores, el tipo de señal y el Pin al que va conectado al microcontrolador.

**Tabla 8**  
**Distribución de sensores.**

SENSOR	NOMBRE	E/S	TIPO	PIN
Presencia	Ultrasónico	E	Análoga	5
	Ultrasónico	E	Análoga	7
Fines de Carrera para control de electroválvula cambio de dirección.	Fin de Carrera Nivel Superior	E	Digital	1
	Fin de Carrera Nivel Inferior	E	Digital	2
	Fin de Carrera para posicionamiento horizontal "Home".			
Fines de Carrera para control de motor dc.	Fin de Carrera cambio de dirección en sentido horario.	E	Digital	3
	Fin de Carrera cambio de dirección en sentido anti horario.	E	Digital	4

#### 3.10.2.1 CONEXIÓN DE ELECTROVÁLVULA

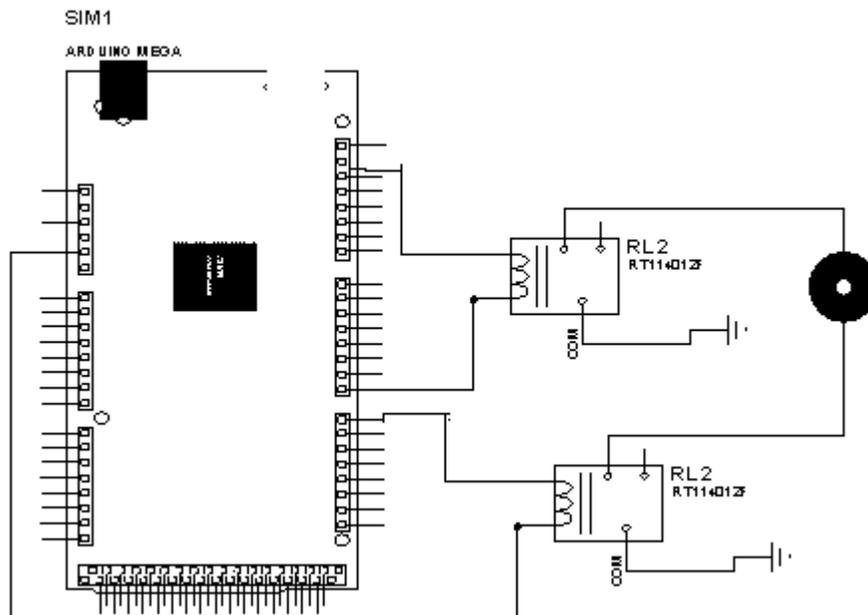
La electroválvula es accionada con la ayuda de un relé de 5 voltios, cuya bobina es accionado con un Arduino (Figura 56) en el instante que presionamos el botón de subir o bajar el ascensor.



**Figura 56 Diagrama Circuito Electroválvula**

### 3.10.2.2 CONEXIÓN DE MOTOR DC

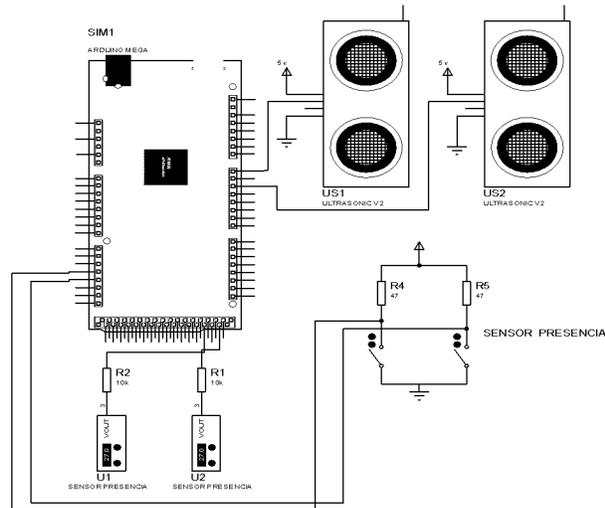
El motor eléctrico es accionado con la ayuda de dos relés de 5 voltios los cuales se encargan del cambio de giro, las bobinas de los relés son accionadas con el Arduino como se muestra en la figura 57 en el instante que presionamos el botón de salir o entrar el ascensor.



**Figura 57 Diagrama Circuito Motor.**

### 3.10.2.3 CONEXIÓN DE SENSORES

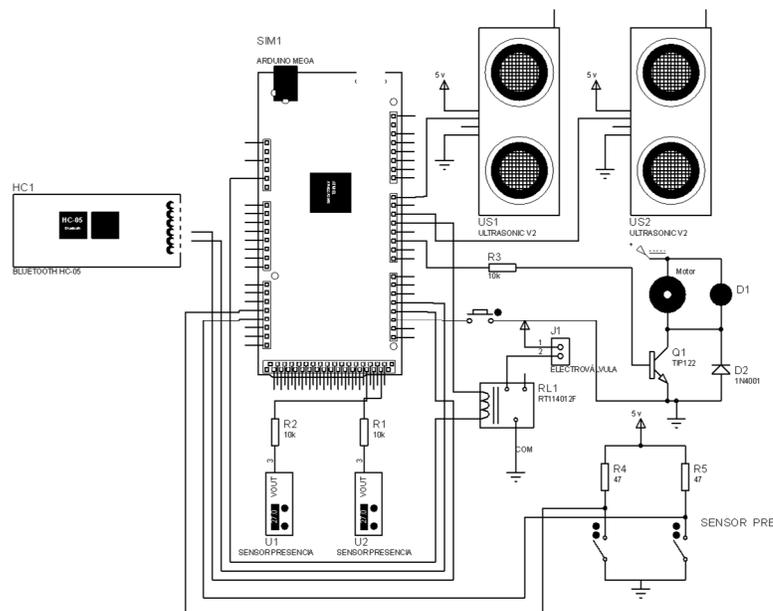
Los sensores infrarrojo y fin de carrera se encuentran conectados al Arduino como se muestra en la figura 58, en el caso de los sensores infrarrojo son activados al momento de detectar la presencia de algún objeto o persona a la salida del ascensor y los fines de carrera son activados en la posición máxima, mínima y central del ascensor



**Figura 58 Diagrama Circuito Sensores.**

### 3.10.2.4 DIAGRAMA COMPLETO ASCENSOR

EL diagrama completo muestra la conexión de todos los sensores, electroválvula, módulo Bluetooth y motor con el Arduino, como esta implementado en el ascensor como se muestra en la figura 59.



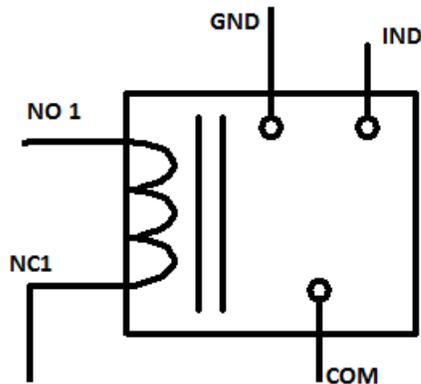
**Figura 59 Diagrama Circuito Completo del Ascensor.**

### 3.10.3 PANELES CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO

#### 3.10.3.1 CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO ELECTROVÁLVULA

Se utilizará un dispositivo electromagnético denominado relé, para el correcto funcionamiento de la electroválvula, activada con 5 VDC, el dispositivo se encarga de abrir o cerrar el circuito disipando una potencia mayor, el relé activa la electroválvula de 12 VDC.

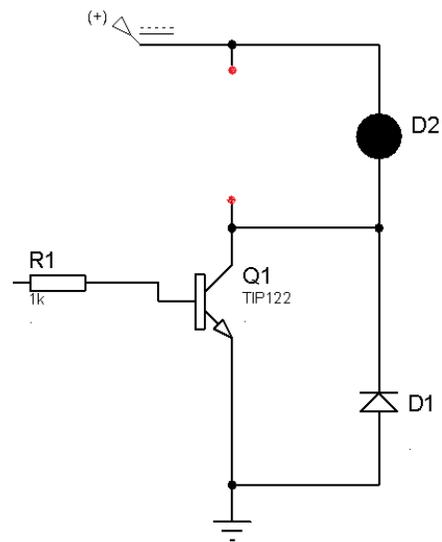
El diagrama de conexión del circuito de acondicionamiento para el funcionamiento de las electroválvulas se representa en la figura 60.



**Figura 60 Circuito de acondicionamiento de electroválvulas.**

#### 3.10.3.2 CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO MOTOR

El comportamiento es similar a un interruptor, cuando se cierra la corriente deja de circular través de sí. La activación es mediante un microcontrolador que además regula la velocidad del motor, el control del motor se realiza mediante un transistor NPN, un diodo y una resistencia como se observa en la figura 61.



**Figura 61 Circuito de acondicionamiento de electroválvulas.**

## CAPÍTULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo detalla el proceso de fabricación e implementación de todos los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos que estructuran el ascensor, iniciando con los elementos mecánicos los cuales conforman la estructura física del simulador, continuando con los actuadores y terminando con las instalaciones de los elementos eléctricos y electrónicos que se encargan del control y el funcionamiento total del sistema.

#### 4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

La elaboración de los elementos se realizó en Carrocerías Cando, la plataforma consta con varias piezas, entre los cuales están, piñones, carrocería, catalinas, pistones hidráulicos, soportes de pistón, brazos de palanca, porta sensores.

Se construyó la base de la plataforma de soporte, la base está constituida de acero de transmisión de 2 x 1 pulgadas y de 3 milímetros de espesor, como se muestra en la figura 62.



**Figura 62 Tubos de acero de la base de la plataforma.**

Para la construcción de la base de la plataforma se cortó dos elementos de 97cm y uno de 75cm como se muestra en la figura 63, las cuales serán utilizadas como rieles para la salida de la plataforma, también en el chasis se realizó perforaciones para el acople del resto del componente del sistema.



**Figura 63 Tubo rectangular para estructura de soporte.**

Las uniones de soldadura se las realizo con soldadura MIG, las cual nos ofrece más resistencia, facilidad de suelda, limpieza en la superficie soldada ya que el terminado es sin escoria como observamos en la figura 64.



**Figura 64 Base soldada para elevador con soldadura MIG.**

Para el desplazamiento horizontal y vertical del ascensor se utilizó elementos como, cadenas metalizas, tapas para pistones, tornillo sin fin, bujes, cajuelas metalizas y tuercas hexagonales, los cuales fuero maquinadas mediante la ayuda de un torno como se muestra en la figura 65.



**Figura 65. Maquinado de elementos para el ascensor en torno.**

Para el maquinado de las tuercas, las cuales se encargan del desplazamiento horizontal del sistema se utilizó tuercas de bronce hexagonal, el cual nos entrega un excelente terminado y resistencia como se muestra en la figura 66.



**Figura 66 Tuercas hexagonales de bronce maquinadas en torno.**

Para la elaboración de cuatro piñones cónicos como se muestra en la figura 67 los cuales se encargan de la transmisión de movimiento en el sistema de desplazamiento del ascensor se utilizó un tubo circular de 2" de diámetro, el mecanizado se lo realizó en una máquina fresadora.



**Figura 67 Piñones cónicos maquinados en fresadora.**

En la construcción de las cajuelas metálicas que se utilizarán como protección para los rodamientos en el sistema de desplazamiento se utilizó tubo circular de 2" de diámetro y el maquinado se lo realizó en un torno como se muestra en la figura 68.



**Figura 68 Maquinado de cajelas metálicas para protección de rodamientos.**

Para la construcción de los pistones hidráulicos se realizó la modificación de dos gatas hidráulicas de 6 toneladas como se muestra en la figura 69, con las cuales obtuvimos pistones de doble efecto, los cuales conjuntamente con el sistema hidráulico se encargan del proceso de elevación de la plataforma.



**Figura 69 Gata hidráulico de 6 toneladas modificada.**

El maquinado de los tronillos sin fines para el sistema de desplazamiento horizontal del ascensor se lo realizó con la ayuda de un torno, como se muestra en la figura 70, donde a un tubo circular de 2" de diámetro se remueve el material excesivo y se elabora el roscado.



**Figura 70 Torneado de tornillos sin fin .**

#### **4.2 ENSAMBLAJE**

La elaboración del ensamble para el sistema de desplazamiento de la plataforma empieza acoplando sobre la base del ascensor el sistema mecánico conformado por los tornillos sin fin, rodamientos, cajuelas, rodamientos y eje como se muestra en la figura 71.



**Figura 71 Ensamblaje de sistema de desplazamiento elevador.**

La verificación del correcto funcionamiento del sistema de desplazamiento se lo realizó gracias a la ayuda de un taladro como se muestra en la figura 72, cuyo motor se utilizó posteriormente para el desplazamiento de la plataforma.



**Figura 72 Prueba sistema de desplazamiento con un taladro.**

El eje de soporte para los brazos metálicos que es parte del sistema de elevación del ascensor está constituido por un tubo de 31,5 pulgadas de longitud, 2 pulgadas de diámetro como se muestra en la figura 73, dentro del cual está instalado un eje metálico circular de 3/8 pulgadas.



**Figura 73 Eje de soporte para brazos hidráulicos.**

Para el sistema de transmisión de movimiento desde el motor se utilizó dos catalinas de 11 dientes, con un diámetro de 1,8", un espesor de 0,6 mm de espesor, una catalina fue acoplada al tornillo sin fin como se muestra en la figura

74 y la otra fue acoplada al eje del motor. La transmisión de movimiento se la realizó mediante una cadena.



**Figura 74 Acople de catalina a tornillo sin fin.**

El ensamble del sistema de transmisión de movimiento desde el motor muestra el motor, piñones (bicicleta), cadena, tornillo sin fin y piñones cónicos como se muestra en la figura 75.



**Figura 75 Sujeción de motor eléctrico a plataforma.**

### 4.3 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN

El sistema de elevación se lo realizó con la ayuda de brazos mecánicos, los cuales se encuentran sujetos con ejes, bujes y rodamientos los mismos brindan alta resistencia y tienen un ajuste adecuado como se puede observar en la figura 76.



**Figura 76** Ensamble de brazos hidráulicos y de soporte.

Los actuadores utilizados para el sistema de elevación son pistones hidráulicos, para su creación se utilizó 2 gatos hidráulicos de 6 toneladas cuya estructura natural fue modificada, los pistones fueron acoplados al eje encargado para el desplazamiento vertical con se muestra en la figura 77, para obtener el doble efecto en los cilindros se agregó retenedores en el vástago y perforaciones en la camisa cilíndrica del pistón.



**Figura 77 Acople de cilindros doble.**

#### **4.4 INSTALACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO**

Las mangueras hidráulicas que se muestran en la figura 78 fueron escogidas por su alta resistencia a grandes presiones, flexibilidad y costos.



**Figura 78 Mangueras hidráulicas.**

A las mangueras fueron agregados elementos de sujeción denominados acoples como se muestra en la figura 79, los cuales tienen un ajuste NPT adecuado que brinda confiabilidad en el trabajo.



**Figura 79 Mangueras Hidráulicas y acoples.**

Los elementos de sujeción fueron utilizados también para la conexión entre la electroválvula, la válvula reguladora de presión, bomba hidroneumática y manifold, como se muestra en la figura 80.



**Figura 80 Conexión elementos hidráulicos.**

El ensamble hidráulico de elevación junto al ensamble de la estructura mecánica y a los elementos de control forman el sistema hidráulico total como se muestra en la imagen 81, el cual realizan la elevación automática del sistema.



**Figura 81 Conexión de ensamble hidráulico.**

#### **4.5 PINTADO DE LA PLATAFORMA**

Para la remoción de corrosión e impurezas se utilizó el proceso denominado sandblasting también conocido como arenado, se muestra en la figura 82 dicho proceso, el cual consiste en propulsar a alta presión un fluido, agua o aire, con alta fuerza abrasiva, el cual es aplicado contra una superficie para alisarla o eliminar el material contaminante.



**Figura 82 Proceso de arenado de las partes metálicas.**

El pintado de la plataforma se lo realizó con la ayuda de un compresor y un soplete como se muestra en la figura 83, la pintura fue preparada colocando el 20 % de thinner y 80% de pintura de poliuretano.



**Figura 83 Proceso de pintura a la estructura del elevador.**

Para el secado de la estructura se utilizó temperatura ambiente como se muestra en la figura 84, con la cual obtenemos un mejor acabado y mayor resistencia que someter las piezas a hornos de secado o elementos semejantes que disminuyen el tiempo de secado, pero pueden modificar la estructura de la pintura.



**Figura 84 Secado de pintado de la plataforma a temperatura ambiente.**

#### **4.6 INSTALACIONES DE SENSORES**

La plataforma cuenta con sensores fines de carrera, como se muestra en la figura 85, también sensores infrarrojos los cuales nos ayudan para el posicionamiento preciso del sistema, se utilizó 6 sensores fin de carrera para el posicionamiento horizontal de la plataforma y para el posicionamiento vertical del elevador.



**Figura 85 Instalación de sensor fin de carrera.**

#### 4.7 ELABORACIÓN DE BOTONERA

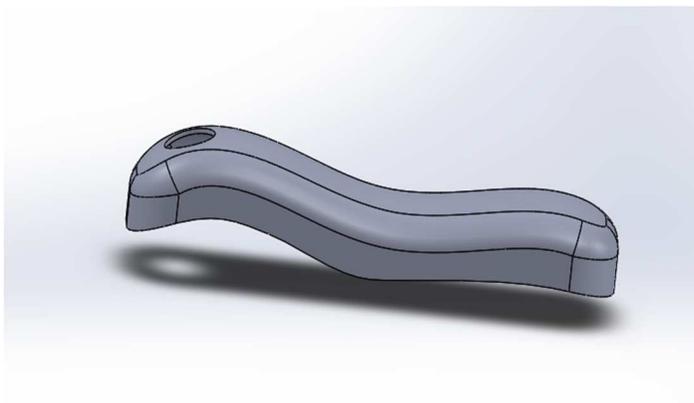
El elevador es controlado mediante una botonera la cual cuenta con 7 botones, para el posicionamiento vertical y horizontal, encendido del sistema, botón de home, el cual se encarga de trasladar el sistema a la posición inicial y un botón de emergencia que brinda seguridad al mecanismo como se muestra en la figura 86.



**Figura 86 Elaboración de conexiones para botonera.**

#### 4.8 ELABORACIÓN DEL CONTROL REMOTO DEL SISTEMA

Para el diseño del teach pendant o control remoto se utilizó el software SolidWorks para el diseño CAD, como se muestra en la figura 87, se considerando criterios de ergonomía y comodidad para el operario del elevador.



**Figura 87 Diseño en SolidWorks del control remoto .**

La impresión del control remoto se la realizó con la ayuda de una impresora 3D, tardando 15 horas para su impresión completa, utilizando un color natural como se muestra en la figura 88, la sujeción del control remoto se la realizó con la ayuda de cuatro tornillos de 5mm de diámetro y 25mm de longitud.



**Figura 88 Control remoto Impreso en 3D.**

Para el acople de la botonera con el control remoto diseñado e impreso se consideró parametros de espacio y funcionamiento como se muestra en la imagne 89.



**Figura 89 Conexiones de la botonera al control remoto.**

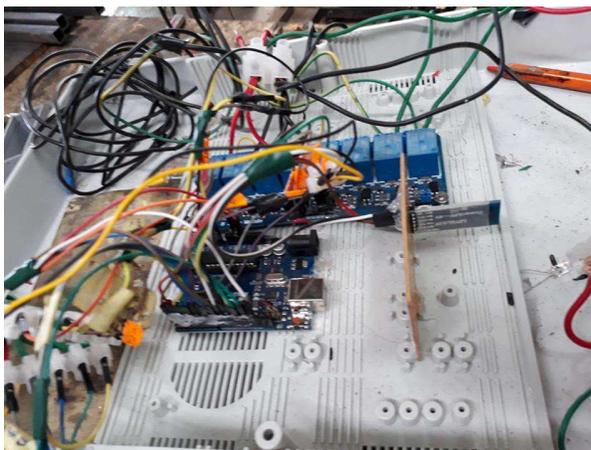
#### **4.9 ELABORACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO**

Para la instalación del sistema electrónico se utilizaron borneras de uso industrial las cuales brindan al sistema ajuste y facilidad en la instalación como se muestra en la figura 90.



**Figura 90 Conexiones del sistema electrónico.**

Los elementos como relés, arduino, módulo Bluetooth están unidos mediante alambre multifilar de cobre número 18 como se muestra en la figura 91, debido al voltaje y el amperaje que circulan por el circuito.



**Figura 91 Conexión de circuito electrónico del sistema .**

Todos los elementos previamente mencionados fueron ubicados en el interior de una caja de plástico ofreciendo comodidad y estética a la conexión de circuitos electrónicos como se muestra en la figura 92. Para protección del circuito se colocó un diodo en serie a paso de la señal negativa en la alimentación del sistema eléctrico.



**Figura 92 Caja de conexión.**

## 4.10 INSTALACIÓN DE ELEVADOR EN EL AUTOMOTOR

Una vez concluido la construcción del elevador se procedió a realizar la instalación de sistema en el bus de la Fundación Virgen de la Merced, el proceso inició con la modificación del tubo de escape, seguido por abrir 2 centímetros las puertas del bus para ganar espacio de holgura, sujeción del sistema de elevación y por último calibración de sensores para funcionamiento definitivo.

### 4.10.1 Modificación del tubo de escape

El tubo de escape se modificó para permitir una correcta instalación del elevador en el chasis, se subió 10 cm de la posición inicial como se observa en la figura 93 dando así espacio a la correcta sujeción del elevador en chasis del bus con esta modificación se solucionó el problema de espacio que impedía la colocación del sistema debajo del bus.



**Figura 93 Modificación del tubo de escape.**

#### 4.10.2 Modificación puertas de bus

Para conseguir el espacio necesario de holgura entre las puertas del bus y la plataforma de elevación se cortó una sección de 1 cm a lo largo de las dos puertas procedimiento que se puede apreciar en la Figura 94.



**Figura 94 Modificación de puertas.**

#### 4.10.3 Sujeción de elevador

Una vez que todas las modificaciones en el bus se realizaron correctamente se procedió a colocar el sistema de elevación en la estructura del chasis del bus mediante sujeciones empernadas y suelda lo que permitió tener una óptima sujeción que soporte vibraciones propias del movimiento del bus, el resultado de este proceso se visualiza en la Figura 95.



**Figura 95. Sujeción de sistema de elevación a estructura del bus.**

#### **4.10.4 Calibración final de sensores para funcionamiento.**

Para el funcionamiento final del sistema fue necesario calibrar los sensores de presencia a las medidas reales a las que van a trabajar dentro del espacio del bus, considerando que la altura del bus varía según el número de personas que estén dentro del automotor así también la superficie donde se encuentre operando el elevado, este proceso de calibración se aprecia en la Figura 96.



**Figura 96 Calibración final de sensores de sensores.**

#### 4.10.5 Resultado de instalación

Se instaló de forma adecuada el sistema de elevación en la estructura del chasis del automotor permitiendo que la plataforma cumpla correctamente con la operatividad del sistema con velocidades y dimensiones que estén dentro de las normas y estándares para uso de personas discapacitadas el resultado de la instalación se puede observar en las Figura 97.



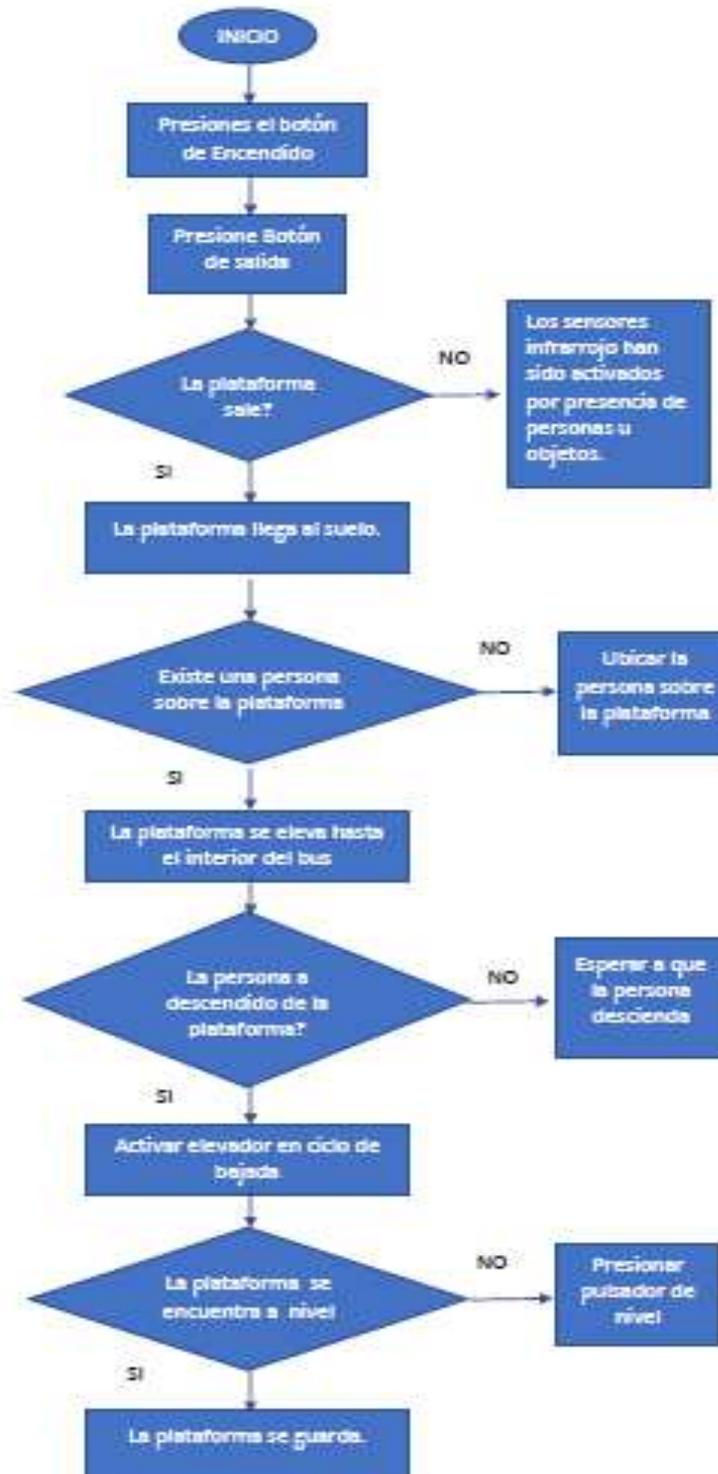
**Figura 97 Funcionamiento posterior a instalación en el bus.**

El elevador fue instalado en un bus de recorrido de la Fundación Virgen de la Merced como se observa en la Figura 98 el sistema se encuentra listo para operar bajo las necesidades y exigencias de la Fundación.



**Figura 98 Elevador instalado en bus de la Fundación.**

## 4.11 DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAMIENTO DE ELEVADOR



## 4.12 PRESUPUESTO

Para el desarrollo de proyecto se manejó un presupuesto el mismo que gracias al apoyo de la Fundación Virgen de la Merced fue financiado en un 50 % del monto total, el detalle de los costos se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9**  
**Presupuesto utilizado para el desarrollo del proyecto.**

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	PLC Siemens	\$ 330,00	\$ 330,00
2	1	Bomba Hidráulica alimentada por aire	\$450,00	\$ 450,00
3	2	Motor DC (incluyen caja reductora)	\$130,00	\$ 260,00
4	2	Pistones neumáticos (vástagos)	\$200,00	\$ 400,00
5	5	Sensor inductivo	\$50,00	\$ 250,00
6	7	Cañerías Hidráulicas	\$ 50,00	\$ 350,00
7	2	Módulo I2C BH1750	\$ 30,00	\$ 60,00
8	1	Cableado	\$ 80,00	\$ 80,00
9	1	Componentes electrónicos	\$ 250,00	\$ 250,00
10	1	<b>Estructura Mecánica del elevador</b>	-----	\$ 655,00
10.1	2	Palancas brazos principales	\$ 10,00	\$ 20,00
10.2	4	Platinas para brazo articulado	\$ 10,00	\$ 40,00
10.3	10	Procesos de fresado	\$ 10,00	\$ 100,00
10.4	3	Ejes Perforados para rodamientos	\$ 20,00	\$ 60,00
10.5	3	Rieles de 4 mm para movimiento plataforma	\$ 20,00	\$ 60,00
11	6	Engranajes helicoidales - Sistema de movimiento	\$ 40,00	\$ 240,00
12	1	Cadena de transmisión para engranes	\$ 30,00	\$ 30,00
13	2	Tornillo sin fin 8000mm	\$ 70,00	\$ 140,00
14	8	Sueldas Eléctricas para sujeción del mecanismo	\$ 10,00	\$ 80,00
15	2	Mangueras neumáticas	\$ 30,00	\$ 60,00
16	4	Electroválvulas	\$ 20,00	\$ 80,00
17	1	Teach Pendant (Controlador Manual)	\$ 75,00	\$ 75,00
18	1	Instalación del elevador	\$ 70,00	\$ 70,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3860,00</b>

## CAPÍTULO V

### 5 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DESARROLLO

#### 5.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

El protocolo de pruebas consiste en realizar pruebas de funcionamiento a las principales partes del sistema del elevador. Por lo cual se siguió fichas técnicas desarrolladas para cumplir con un nivel alto de funcionamiento en piezas y elementos críticos del elevador en los sistemas mecánicos, eléctrico y electrónico de la plataforma.

#### 5.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DE SISTEMA MECÁNICO

##### 5.2.1 FUNCIONAMIENTO MECÁNICO PARA MOVIMIENTO DE ENTRADA Y SALIDA

Se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema de engranes y tornillos sin fin que permite el movimiento lineal para la entrada y salida de la plataforma, así como el buen funcionamiento del motor eléctrico que genera el movimiento en ambos sentidos como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**

**Pruebas de funcionamiento en el desplazamiento de plataforma.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento salido de plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento entrado de plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	
Cambio de giro automático del motor plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	

Se concluye que el motor de 12 voltios utilizado tiene el suficiente torque y revoluciones para cumplir con las necesidades de sistema de desplazamiento lineal de la plataforma.

Las pruebas de velocidad de la plataforma se muestran en la tabla 11 estas deben cumplir con un desplazamiento máximo de **220mm/s** según la normativa INEN para desplazamiento de elevadores destinado en uso de personas discapacitadas.

**Tabla 11**  
**Pruebas de velocidad para plataforma.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento para velocidad de plataforma salida	1		X
	2		X
	3	X	
Funcionamiento para velocidad de plataforma entrada	1		X
	2	X	
	3	X	

### 5.2.2 FUNCIONAMIENTO MECÁNICO DE ELEVACIÓN DE PLATAFORMA CON SISTEMA DE PALANCAS HIDRÁULICAS.

Se probó el sistema de elevación en diferentes posiciones críticas como son la altura máxima (55 cm), altura mínima (-33 cm) y nivel horizontal cada prueba se la realizó varias cargas, para la prueba definitiva se utilizó una carga de 200 Kg como se muestra en la tabla 12 cumpliendo así con las normativas de fabricación para elevadores INEN.

**Tabla 12**  
**Pruebas de carga para elevador.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento de elevador al subir 200 Kg de carga.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de elevador al bajar 200 Kg de carga.	1		X
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de elevador al mantener horizontal la plataforma con 200 Kg de carga.	1	X	
	2	X	
	3	X	

Se concluyó a través de las pruebas que el sistema de palancas de doble manivela cumple con la normativa soportando la carga de prueba para todo el recorrido de elevación, sin presenta deformaciones considerables que puedan presentar un riesgo para los usuarios.

### **5.2.3 FUNCIONAMIENTO DE COMPUERTAS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA.**

Se realizó las pruebas de apertura y cierre de las puertas auxiliares posterior y traseras para la plataforma de elevación como se observa en la tabla 13, las cuales sirven para alcanzar los niveles del suelo del bus y ayudan a subir y bajar las sillas de ruedas del mecanismo al nivel deseado ya sea el piso del bus o el suelo.

**Tabla 13**  
**Funcionamiento de compuertas auxiliares de plataforma.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento de apertura de compuerta auxiliar frontal.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de apertura de compuerta auxiliar posterior.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de cierre de compuerta auxiliar frontal.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de cierre de compuerta auxiliar posterior.	1	x	
	2	x	
	3	x	

El elemento que define el correcto funcionamiento de las compuertas auxiliares el número de vueltas y longitud del resorte, ya que si tiene pocas vueltas la constante elástica del mismo no permitirá que las compuertas cumplan el giro total deseado.

#### **5.2.4 FUNCIONAMIENTO MECÁNICO DE PISTONES DOBLE EFECTO.**

Se realizó varias pruebas a los actuadores hidráulicos para probar el correcto funcionamiento del retorno del fluido en el sistema hidráulico ya que se presentó varios inconvenientes al momento de retornar el fluido al tanque por lo que el elevador no descendía correctamente dichas pruebas se observan en la tabla 14.

**Tabla 14**  
**Funcionamiento de cilindros hidráulicos.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento de pistón con porto hidráulico retorno del fluido.	1	X	
	2		X
	3		X
Funcionamiento de pistón con bomba hidráulica retorno de fluido.	1	X	
	2	X	
	3		X
Funcionamiento de pistón hidráulico avance del fluido	1	x	
	2	X	
	3	X	

Finalmente se solucionó el problema implementando dos pistones nuevos como actuadores, los cuales tienen mayor área de acción para que el pistón retorne y brindan un mayor caudal por lo que se puede regular de mejor manera las válvulas de alivio de presión

### **5.3 PRUEBAS Y RESULTADOS DE SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO**

Para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y electrónico se verificó el buen funcionamiento de los pulsadores, placas Arduino, sensores ultrasónicos, sensores de presencia, actuadores eléctricos, electroválvulas, terminales, conexiones y fuente de energía.

#### **5.3.1 FUNCIONAMIENTO DE SENSORES.**

Para la prueba en sensores se alimentó el terminal común con la señal positiva de 5 voltios y se procedió a medir el voltaje de salida en el terminal normalmente

abierto del sensor luego de conmutar el sensor, verificando así el correcto funcionamiento de cada fin de carrera, en el caso de los sensores infrarrojos se alimenta el terminal de entrada y se verifica la señal de salida observando el parpadeo del LED cuando se presenta un objeto frente al sensor los resultados se aprecia en la tabla 15.

**Tabla 15**  
**Pruebas de sensores.**

<b>TEST SEÑAL DE SENSORES</b>		
<b>SENSOR</b>	<b>Voltaje de entrada</b>	<b>Voltaje de Salida</b>
Fin de carrera de plataforma salida	5v	5v
Fin de carrera de plataforma entrada	5v	5v
Fin de carrera Ingreso de plataforma	5v	5v
Fin de carrera final (elevador en el suelo) de elevador	5v	5v
Fin de carrera (máx. altura) de inicio de elevador	5v	5v
Sensor Infrarrojo lado izquierdo de plataforma	5v	5v LED ENCENDIDO
Sensor Infrarrojo lado izquierdo de plataforma	5v	5v LED ENCENDIDO

### **5.3.2 FUNCIONAMIENTO DE MOTOR DC.**

Se realizó pruebas de funcionalidad al motor eléctrico de corriente continua para ambos sentidos de giro (horario y anti horario), para el cambio de giro se desarrolló un puente H con relés a 12 V y se procedió a realizar las pruebas de funcionalidad como se detalla en la tabla 16.

**Tabla 16**  
**Funcionamiento motor dc 12 V.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento del motor en sentido horario.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento del motor en sentido anti horario.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento cambio de giro utilizando un circuito de puente H con relés.	1	X	
	2	X	
	3	X	

### 5.3.3 FUNCIONAMIENTO ELECTROVÁLVULA CAMBIO DE DIRECCIÓN.

Para el cambio de sentido del fluido hidráulico se utilizó una electroválvula de 5 vías y 3 posiciones con centro tandem, de este modo el sistema hidráulico permite al elevador controlar la subida y descenso del elevador como se observa en la tabla 17.

**Tabla 17**  
**Pruebas de funcionamiento de activación de electroválvula.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento de electroválvula sentido de ascenso de elevador.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de electroválvula sentido de descenso de elevador.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de electroválvula posición centro tandem.	1	X	
	2	X	
	3	X	

Se obtuvo buenos resultados en las pruebas para la electroválvula cambio de dirección ya que se adquirió una electroválvula de marca que garantiza el óptimo control del fluido hidráulico en el sistema.

#### 5.3.4 FUNCIONAMIENTO VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Esta válvula permite regular la presión del fluido en un determinado sentido y aliviar el volumen que circula en el retorno, en el caso particular del proyecto tenemos un ascenso constante y con una velocidad adecuada para un elevador, pero el descenso del elevador tenía problemas al momento de descender, realizaba un descenso demasiado rápido que no era nada adecuado para esta aplicación, es por esta razón que se implementó una válvula reguladora de presión para disminuir la velocidad de descenso los resultados de las pruebas realizadas se aprecian en la tabla 18.

**Tabla 18**

**Pruebas de descenso con válvula reguladora de presión.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Descenso de elevador sin peso con ausencia de válvula reguladora de presión.	1	X	
	2		X
	3		X
Descenso de elevador con peso con ausencia de válvula reguladora de presión.	1		X
	2		X
	3		X
Descenso de elevador sin peso con presencia de válvula reguladora de presión.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Descenso de elevador con peso con presencia de válvula reguladora de presión.	1	X	
	2	X	
	3	X	

### 5.3.5 FUNCIONAMIENTO DE BOMBA HIDRONEUMÁTICA

Como fuente del sistema hidráulico se utilizó una bomba hidroneumática, con capacidad de presión máxima de 10.000 psi y caudal de 1.85 gal/min, esta bomba nos permite realizar presión en ambos sentidos del sistema, los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19**  
**Funcionamiento de Bomba hidroneumática.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento de Bomba hidráulica al activar presión de accionamiento.	1	X	
	2	X	
	3	X	
Funcionamiento de Bomba hidráulica al activar presión de retorno.	1	X	
	2	X	
	3	X	

### 5.3.6 FUNCIONAMIENTO DE MÁNIFOLD HIDRÁULICO.

Para la correcta conexión de elementos hidráulicos se utilizó un acoplador de aluminio llamado manifold el cual contiene perforaciones para las cañerías y así permitir la circulación de fluido hidráulico por todo el sistema en la tabla 20 se puede apreciar los resultados a este sistema.

Para el cambio de sentido del fluido hidráulico se utilizó una electroválvula de 5 vías y 3 posiciones con centro tandem, de este modo el sistema hidráulico permite al elevador controlar la subida y descenso.

**Tabla 20**  
**Pruebas de funcionamiento de Manifold.**

FUNCIÓN	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Flujo de líquido de P a vía A (cañería para elevación).	1	X	
	2	X	
	3	X	
Flujo de líquido de P a vía B (cañería para descenso).	1	X	
	2	X	
	3	X	
Flujo de líquido de vía B hacia T (tanque).	1	X	
	2	X	
	3	X	
Flujo de líquido de vía A hacia T (tanque).	1	X	
	2	X	
	3	X	

## 5.4 PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para las pruebas de funcionalidad del sistema de control se realiza test de continuidad a los cables, pruebas de señal en entrada y salida a sensores, actuadores como motores y electroválvulas, así como pruebas de correcto funcionamiento a la placa de control arduino.

### 5.4.1 PRUEBAS FUNCIONAMIENTO ARDUINO.

Para comprobar el correcto funcionamiento de la placa Arduino se procede a verificar la correcta conexión de su fuente de alimentación en nuestro particular caso una batería de 12 V, además comprobar

#### 5.4.1.1 PRUEBAS FUNCIONAMIENTO SEÑALES DE ENTRADA.

Las tablas 21 muestra las pruebas de las señales de entrada a la placa Arduino donde se midió la señal de cada pulsador que permite el control semiautomático

del elevador, de igual forma se midió las señales de los fines de carrera una vez conmutado y se mide el voltaje de paso en el terminal normalmente abierto.

**Tabla 21**  
**Prueba de señales de entra a placa.**

<b>ENTRADA</b>	<b>ACTIVADA</b>	<b>DESACTIVADA</b>
Pulsador salida plataforma	5 V DC	0 V
Pulsador entrada plataforma	5 V DC	0 V
Pulsador subida elevador	5 V DC	0 V
Pulsador bajada elevador	5 V DC	0 V
Pulsador de nivel	5 V DC	0 V
Fin de carrera A salida plataforma	5 V DC	0 V
Fin de carrera B salida plataforma	5 V DC	0 V
Fin de carrera altura máxima	5 V DC	0 V
Fin de carrera nivel suelo	5 V DC	0 V
Fin de carrera nivel horizontal	5 V DC	0 V
Sensor Infrarrojo #1	5 V DC	0 V
Sensor Infrarrojo #2	5 V DC	0 V

#### **5.4.1.2 PRUEBAS FUNCIONAMIENTO SEÑALES DE SALIDA.**

Se realizaron pruebas a las señales de salida como son: voltaje de salida al actuador eléctrico (motor), voltaje en ambos sentidos de la electroválvula cambio de dirección (fluido hidráulico), voltaje de salida a electroválvula neumática, señal de salida LED indicador, el resultado de las pruebas a las señales de salida se puede apreciar en la tabla 22.

**Tabla 22**  
**Prueba señales de salida.**

<b>ENTRADA</b>	<b>ACTIVADA</b>	<b>DESACTIVADA</b>
Señal de motor sentido horario	12V DC	0 V
Señal de motor sentido anti horario	12V DC	0 V
Señal electro válvula subida	12 V DC	0 V
Señal electro válvula descenso	12 V DC	0 V
Señal de salida válvula paso de aire	12V DC	0 V
Señal de salida LED indicador	12 V DC	0 V

## **CAPÍTULO VI**

### **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

- Se diseñó y construyó un ascensor de bus automatizado, para personas discapacitadas para la fundación virgen de la merced, utilizando herramientas CAD/CAM/CAE se logró integrar los conocimientos universitarios adquiridos para dimensionar los elementos mecánicos y electrónicos del sistema de elevación.
- Se construyó el ascensor considerando siempre los requerimientos del automotor de la fundación Virgen de la Merced y normas INEN como fueron las siguientes: NTE INEN 2205:2010 (Vehículos automotores, bus urbano requisitos), NTE INEN 2299:2001 (Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico para ascensores) y RTE INEN 038 literal K (Requisitos plataforma elevadora).
- El sistema fue instalado en el bus de recorrido de la fundación virgen de la Merced exitosamente, para ello se realizaron mínimas modificaciones en el bus para un funcionamiento óptimo del sistema.
- Se diseñó e implementó un mecanismo de dos barras paralelas conocido como mecanismo de doble manivela, siendo sometidos a varios ensayos y

pruebas físicas y simuladas, para poder verificar el correcto funcionamiento del sistema.

- Se desarrolló diferentes habilidades prácticas durante la elaboración del proyecto evidenciando que la teoría siempre debe ser complementada con talleres prácticos de nivel ingenieril para una formación integra y completa como profesional.
- El sistema de control fue realizado utilizando una placa y software Arduino, para aquello fue necesario utilizar circuitos de acondicionamiento para eliminar fallas y ayudar al correcto funcionamiento del sistema electrónico de control.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda no fabricar propiamente los pistones para el mecanismo de elevación, ya que el costo de rectificado de camisas metálicas de los pistones y el costo de retenedores son muy altos complicado así la continua adquisición de estos elementos en caso de reemplazo. En el mercado se pueden encontrar empresas que se dedican netamente a la venta de pistones hidráulicos y modificaciones de los mismo lo que ayuda a reducir el costo de elementos hidráulicos que generalmente son de alto costo.
- Se recomendable adquirir elementos genéricos como motores, bombas, electroválvulas, etc. Que cumplan las necesidades del proyecto, debido a que muchas veces los elementos de marcas reconocidas sobredimensionan las necesidades de funcionalidad en la aplicación que se requiere y además son mucho más costos.
- Para elaboración de sistemas similares es recomendable aumentar el diámetro de la camisa hidráulica y la longitud en caso de emplear pesos mayores a 300kg para que el sistema no presente inconvenientes en el

funcionamiento como fugas de aceite o daño en retenedores o fajas centradoras en los pistones.

- Se recomienda a nivel de legislación incorporar una ley o norma para incluir este tipo de sistemas de elevación para uso de personas con discapacidad en unidades de transporte público, con el fin de lograr una mejor integración al sistema de transporte urbano a personas con limitaciones móviles.
- Antes de utilizar el ascensor, es necesario leer en su totalidad el manual de usuario para un correcto entendimiento del sistema y su utilización.
- Es recomendable institucionalmente implementar más tiempo en laboratorios o talleres prácticos en materias que sean influyentes en la carrera de ingeniería mecatrónica debido a que se evidenció la necesidad de tener más practica al momento de construir el prototipo del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. (2011). *Definiciones de Discapacidad Española*. Madrid.
- Arduino. (2016). *Arduino Mega 2560 R3*. Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Cataños, E. (27 de 02 de 2016). *Lidia con la química*. Obtenido de <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/elevador-hidraulico/>
- EYSER HIDRÁULICA. (2017). *Electroválvulas*. Obtenido de <http://www.eyserhidraulica.com/Catalogo/?id=56>
- Ferreterías ABA. (02 de Abril de 2014). *Mangueras hidráulicas y sus tipos*. Obtenido de <http://www.pac.com.ve/contenido/industria/mangueras-hidraulicas-y-sus-tipos/11070/87>
- Gaona, K. (2016). *Válvulas de presión hidráulica*. <http://karlagaona.blogspot.com/?q=reguladora+de+presi%C3%B3n>.
- INEN. (2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Maxflex. (2010). *Turbocharger Expert*. Obtenido de [http://maxflex-valves.com/ProDetails\\_1463-29681.html](http://maxflex-valves.com/ProDetails_1463-29681.html)
- Micronica. (2017). *Sensore, Actuadores y Sistema de control*. Obtenido de [http://www.micronica.es/files/pdfs/SIHD/SIHD\\_Sens\\_Actu\\_EC.pdf](http://www.micronica.es/files/pdfs/SIHD/SIHD_Sens_Actu_EC.pdf)
- Mobility Networks. (2016). *Elevador F6 Tipo Casete*. Gales: Copyright Mobility Networks.
- OOCITIES. (2009). *Manifold*.
- PEPPERL+FUCHS. (2017). *Sensores Ultrasónicos*. Obtenido de [http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid\\_182.htm](http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm)
- Sánchez, M. (2013). *Rampa y Elevadores Automotrices*. Obtenido de [http://rampas-y-elevadores-automotrices.blogspot.com/2011\\_05\\_01\\_archive.html](http://rampas-y-elevadores-automotrices.blogspot.com/2011_05_01_archive.html)
- Sino First. (2017). *Sino First*. Obtenido de <http://www.liftawp.es/lift-table/standard-scissor-lift-table/double-scissors-lift-table.html>
- TESLABEM. (2017). *MODULO L298 PARA MOTORES PUENTE H*. Obtenido de <http://teslabem.com/modulo-para-motores-l298.html>
- UNIOVI. (2016). *AUTOMATISMOS NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS*. Obtenido de [http://isa.uniovi.es/docencia/ra\\_marina/cuatrim2/Temas/tema10.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/tema10.pdf)

XinLING Electrical . (2017). Obtenido de C-LIN : [http://es.made-in-china.com/co\\_clinelectrical/image\\_Limit-Switches-Micro-Switches-Position-Switch-AZ-7121-\\_hognssieg\\_sKSQOHZGfaqM.html](http://es.made-in-china.com/co_clinelectrical/image_Limit-Switches-Micro-Switches-Position-Switch-AZ-7121-_hognssieg_sKSQOHZGfaqM.html)