



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ELEVACIÓN AUTOMÁTICA DE USO VEHICULAR PARA
DISCAPACITADOS**

**REALIZADO POR:
SR. GUACHAMIN GUAMANTICA DIEGO XAVIER**

DIRECTOR: ING. ORTIZ HUGO

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de investigación: “DISEÑO E IMPLMETACION DE UNS SITEMA DE ELEVACION AUTOMATICA DE USO VEHICULAR PARA DISCAPACITADOS”, realizado por el señor Diego Xavier Guachamin Guamantica, 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 al señor Diego Xavier Guachamin Diego, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, febrero 2017



Ing. Hugo Ramiro Ortiz Tulcan



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Diego Xavier Guachamin Guamantica con cédula de identidad N°: 1724348972, declaro que este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN AUTOMÁTICA DE USO VEHICULAR PARA DISCAPACITADOS” 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 mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, febrero 2017


Sr. Diego Xavier Guachamin Guamantica
C.C. 1724348972



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Xavier Guachamin Guamantica, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN AUTOMÁTICA DE USO VEHICULAR PARA DISCAPACITADOS”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, febrero 2017



Sr. Diego Xavier Guachamin Guamantica
C.C. 1724348972

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi familia, en especial a mi padre Luis Guachamin y a mi madre Lucia Guamantica, quienes han sido el pilar fundamental durante toda mi vida, cuidándome guiándome y por todo el amor y ayuda que me brindaron a lo largo de mi carrera universitaria y especialmente por todos los instantes de su desvelo cariñoso y comprensible para con su hijo, por lo que estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos, que siempre se han preocupado por mí en todo momento y han sido un ejemplo de lucha y valentía, les agradezco por estar presente en los buenos y malos momentos de mi vida.

Diego Xavier Guachamin Guamantica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y bienestar, por permitirme lograr uno de mis sueños, y por concederme una maravillosa familia.

A mis padres por brindarme, la educación, por todo el tiempo dedicado en mí, por su ayuda, preocupación y entrega, les estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos y familiares por apoyarme en el transcurso de mi formación académica y aconsejarme en el trajinar de la vida cotidiana, por ser ejemplos a seguir en la parte humana e intelectual.

Al Ingeniero Hugo Ortiz por brindarme su valiosa ayuda, su conocimiento y experiencia para el desarrollo del proyecto y la facilidad para el desarrollo del mismo.

A todos mis compañeros que tuve el agrado de conocer en mi formación académica y se convirtieron en grandes amigos, que siempre han estado en el momento necesario, cuando he necesitado un poco de apoyo, con todos y cada uno de ustedes he quedado en deuda por su constante preocupación hacia mi persona

Diego Xavier Guachamin Guamantica

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Alcance del proyecto.....	3
1.4. Descripción general del proyecto.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivo específicos.....	4

CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Movilidad para discapacitados.....	6
2.1.1. Elevadores.....	6
2.1.2. Tipos de mecanismos de elevación.....	7
2.1.3. Tipos de sistemas de elevación.....	9
2.1.4. Elevador para personas con discapacidad.....	12
2.1.5. Tipos de elevadores personas con discapacidad.....	12
2.1.6. Automatización.....	15
2.1.7. Interfaces de operador.....	16
CAPÍTULO III.....	18
DISEÑO ELECTROMECAÁNICO.....	18
3.1. Plataforma de elevación.....	18
3.1.1. Requisitos.....	18
3.2. Diseño y construcción del área de elevación.....	21
3.2.1. Selección del material para el área de elevación.....	21
3.2.2. Selección del tipo de sistema de elevación.....	26
3.2.3. Dimensionamiento del area de elevación.....	30
3.2.4. Simulación del área de elevación.....	37
3.2.5. Selección de motor área de elevación.....	38
3.2.6. Planos.....	43

3.3. Diseño y construcción estructura base y soporte de plataforma	43
3.3.1. Selección del material para la estructura.....	43
3.3.2. Dimensiones.....	44
3.3.3. Sistema de desplazamiento horizontal	44
3.3.4. Sistema de desplazamiento vertical	45
3.3.5. Simulación de la estructura base y soporte	45
3.3.6. Conclusiones	47
3.3.7. Planos.....	47
CAPÍTULO IV.....	48
DISEÑO ELECTRÓNICO	48
4.1. Diseño electrónico del elevador.....	48
4.1.1. Requisitos.....	48
4.2. Elementos de control en el elevador	50
4.2.1. Control de movimiento	50
4.2.2. Sistema de salida del elevador	51
4.2.3. Sistema de guardado del elevador.....	51
4.2.4. Control de la plataforma	51
4.3. Selección sensor limitador de carrera	52
4.3.1. Selección del sensor.....	52
4.3.2. Fin de carrera	53
4.3.3. Limitador Pin Switch	53

4.3.4. Sensor de proximidad	54
4.3.5. Matriz morfológica	55
4.3.6. Conclusión	57
4.4. Controlador del sistema	57
4.4.1. Selección del tipo de controlador.....	58
4.4.2. Selección del Arduino.....	63
4.4.3. Conexión del Arduino Mega.....	67
4.5. Circuito de potencia	69
4.5.1. Diseño de circuito de potencia.....	70
4.5.2. Diseño placa del circuito de potencia.....	71
4.6. Circuito de acoplamiento de sensores.....	71
4.6.1. Características de diseño.....	71
4.6.2. Diseño del circuito acople.....	72
4.6.3. Diseño placa del circuito.....	72
4.7. Diseño de la interfaz del sistema.....	73
4.7.1. Criterios del software y hardware	73
4.7.2. Desarrollo de la interfaz HMI.....	74
4.8. Diseño de la interfaz dispositivo móvil.....	77
4.8.1. Diseño de la interfaz en App Inventor	78
4.9. Conexión del elevador.....	79
4.9.1. Planos.....	80

CAPÍTULO V.....	81
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR	81
5.1. Determinación de características de programación del Arduino	81
5.2. Librerías implementadas en la programación del Arduino	81
5.2.1. Descripción y funcionamiento de las rutinas implementadas	82
5.2.2. Subrutina ingreso al elevador.....	84
5.2.3. Subrutina manual	85
5.2.4. Subrutina guardar elevador	86
5.2.5. Subrutina mostrar ayuda	87
CAPÍTULO VI.....	88
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	88
6.1. Tipos de pruebas	88
6.2. Pruebas mecánicas	88
6.2.1. Prueba 1: Espacio de silla de ruedas	88
6.2.2. Prueba 2: Estructura.....	89
6.3. Pruebas eléctricas y electrónicas.....	89
6.3.1. Prueba 1: Funcionamiento del sensor limitador de carrera.....	90
6.3.2. Prueba 2: Funcionamiento de los actuadores del elevador	90
6.3.3. Prueba 3: Funcionamiento conexiones y cableado	91
6.4. Pruebas del elevador en funcionamiento	91
6.4.1. Prueba 1: Funcionamiento movimientos del elevador.....	91

6.4.2. Prueba 2: Funcionamiento ingreso al elevador	92
6.4.3. Prueba 3: Funcionamiento guardar elevador.....	93
6.4.4. Prueba 4: Funcionamiento App Android	94
6.5. Conclusiones de las pruebas	94
CAPÍTULO VII	95
ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	95
7.1. Presupuesto	95
7.2. Presupuesto de inversión.....	95
7.3. Financiamiento.....	96
7.4. Ingresos del proyecto	96
7.5. Egresos.....	97
7.6. Gastos.....	97
7.7. Egresos totales	98
7.8. Precio de elevadores similares	98
7.9. Conclusión	100
CAPÍTULO VIII.....	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
8.1. Conclusiones	101
8.2. Recomendaciones	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz morfológica material área de elevación.....	25
Tabla 2. Puntaje del material área de elevación	26
Tabla 3. Matriz morfológica del sistema de elevación.....	29
Tabla 4. Puntaje del sistema de elevación.....	30
Tabla 5. Distancia del piso a la base de los vehículos.....	30
Tabla 6. Medidas de la base de la plataforma	32
Tabla 7. Especificación medidas corrección de la plataforma	33
Tabla 8. Medidas rampa	34
Tabla 9. Medidas de los brazos de seguridad	36
Tabla 10. Propiedades de las estructuras.....	37
Tabla 11. Simulación de tensiones	38
Tabla 12. Resultado de la simulación.....	38
Tabla 13. Matriz morfológica motor del sistema	40
Tabla 14. Requerimientos del motor del sistema	42
Tabla 15. Propiedades de la estructura elevación.....	46
Tabla 16. Características de la pantalla de selección	46
Tabla 17. Características de la pantalla de procesos	47
Tabla 18. Matriz morfológica sensor limitador de carrera	55

Tabla 19. Puntajes del sensor limitador.....	57
Tabla 20. Características del microcontrolador.....	58
Tabla 21. Características del Arduino	59
Tabla 22. Características de los PLC.....	60
Tabla 23. Matriz morfológica selección del controlador del elevador.....	61
Tabla 24. Puntaje controlador.....	62
Tabla 25. Características Arduino UNO	63
Tabla 26. Características Arduino Leonardo.....	64
Tabla 27. Características Arduino Mega.....	65
Tabla 28. Matriz morfológica Arduino del sistema.....	66
Tabla 29. Puntaje Modelos Arduino.....	67
Tabla 30. Entradas y salidas Arduino.....	69
Tabla 31. Entradas y salidas para módulos externos.....	69
Tabla 32. Presupuesto estimado	95
Tabla 33. Presupuesto de inversión.....	96
Tabla 34. Ingresos del proyecto.....	96
Tabla 35. Presupuesto estimado	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elevador-ascensor	7
Figura 2. Elevador de carga.....	8
Figura 3. Elevador, ascensor de pasajeros.....	8
Figura 4. Elevador de carga y pasajero	9
Figura 5. Elevador hidráulico uso automotriz	10
Figura 6. Elevador con sistema Tijeral	10
Figura 7. Elevador con sistema Tecles	11
Figura 8. Plataforma tipo carretilla.....	12
Figura 9. Elevador para personas con discapacidad móvil.....	12
Figura 10. Plataforma tipo ingreso de silla de ruedas	13
Figura 11. Plataforma tipo rampa ingreso de silla de ruedas.....	14
Figura 12. Elevador para discapacitados tipo grúa.....	15
Figura 13. Interfaz HMI en touch panel	17
Figura 14. Mundo de materiales programa CES	22
Figura 15. Mundo de materiales colores programa CES.....	22
Figura 16. Ingreso de datos al programa CES	23
Figura 17. Ingreso de datos al programa CES	23

Figura 18. Resultados programa CES materiales óptimos	23
Figura 20. Sistema electromecánico.....	28
Figura 23. Diseño base de la plataforma de elevación	32
Figura 24. Dimensiones de la base de la plataforma elevación.....	33
Figura 26. Diseño rampa plataforma de elevación.....	34
Figura 27. Medida del brazo fijo del sistema tijera.....	35
Figura 28. Medida del brazo móvil del sistema tijera	35
Figura 29. Medida del riel de base	35
Figura 30. Diseño sistema de elevación	36
Figura 31. Diseño barandas	36
Figura 32. Motor reductor 12Vdc.....	43
Figura 33. Dimensión de la estructura base.....	44
Figura 34. Dimensión de la estructura base.....	44
Figura 35. Sensor fin de carrera	53
Figura 36. Sensor Pin Switch (M, 2009).....	54
Figura 37. Sensor de proximidad.....	55
Figura 38. Microcontrolador PIC16F877A	58
Figura 40. PLC Siemens.....	60
Figura 41. Arduino UNO.....	63
Figura 42. Arduino Leonardo	64

Figura 44. Diagrama de conexión de relés de salida a motores.	70
Figura 45. PCB circuito de potencia.....	71
Figura 46. Diagrama de conexión del octoacoplador	72
Figura 47. PCB circuito de potencia.....	72
Figura 48. Shield TFT	74
Figura 49. Pantalla TFT, 4.3 pulgadas	74
Figura 50. Interfaz pantalla TFT.	75
Figura 51. Interfaz modo Salir.....	75
Figura 52. Interfaz modo Guardar	76
Figura 53. Interfaz modo Manual.....	76
Figura 54. Interfaz modo Ayuda	77
Figura 55. App Inventor desarrollo de la interfaz.	78
Figura 56. Estructura de la aplicación en bloques.	78
Figura 57. Emulador App inventor interfaz grafica	79
Figura 58. Diagrama flujo Rutina principal	84
Figura 59. Diagrama de flujo, subrutina ingreso	85
Figura 60. Diagrama de flujo, subrutina manual	86
Figura 61. Diagrama de flujo, subrutina guardar	87
Figura 62. Diagrama de flujo, subrutina ayuda	87
Figura 63. Prueba espacio silla de ruedas.....	89

Figura 64. Prueba estructura del elevador	89
Figura 65. Prueba funcionamiento del sensor	90
Figura 66. Prueba funcionamiento de los actuadores	90
Figura 67. Prueba conexiones y cableado	91
Figura 68. Prueba, elevador modo manual.....	92
Figura 69. Prueba, elevador modo ingreso desde el piso	92
Figura 70. Prueba, elevador modo ingreso desde arriba	93
Figura 71. Prueba, elevador guardar.....	93
Figura 72. Prueba funcionamiento App Android	94
Figura 73. Elevador silla de ruedas, Tekno	99
Figura 74. Elevador silla de ruedas, Promotor Mobility	99

RESUMEN

El proyecto diseño e implementación de un sistema de elevación automática de uso vehicular tiene como objetivo desarrollar un sistema de elevación el cual ayude a las personas con discapacidad física en sillas de ruedas el ingreso al transporte público o privado, incorporando tecnologías actuales para la visualización y el control de los movimientos del elevador. Para ello, se realizó una caracterización de los elevadores en el mercado actual, detallando la operación y funcionamiento de los mismos; se desarrolló el diseño electromecánico y electrónico del sistema de elevación estableciendo características necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, adaptaciones mecánicas, eléctricas y de instrumentación; una vez instalado todos los componentes y elementos que permiten el correcto funcionamiento del sistema de elevación se realizó la programación del controlador estableciendo técnicas y estrategias para el control de los movimientos del elevador. En la tercera etapa se procedió a la implementación y puesta en marcha del sistema de elevación, junto con el desarrollo de la interfaz de visualización realizada en una pantalla TFT de 4.2 pulgadas y esta a su vez replicada en una aplicación móvil Android. Finalmente se realizó pruebas eléctricas, electrónicas, mecánicas al sistema de elevación, y se elaboró un manual de usuario para su uso correcto.

Palabras claves:

- **ELEVADOR**
- **TFT**
- **DISCAPACIDAD FÍSICA**
- **SILLA DE RUEDAS**
- **ANDROID**

ABSTRACT

The project design and implementation of an automatic lifting system for vehicular use aims to form a lifting system which helps people with physical disabilities, in wheelchairs to enter public or private transport, incorporating current technologies for visualization and control of elevator movements. In the first stage of the project a characterization of the elevators was carried out in the current market, detailing the operation and operation of the same. After the previous stage, the electromechanical design of the lifting system was developed, establishing the necessary characteristics for the correct functioning of the system, the electronic design stage was developed in which the mechanical, electrical and instrumentation adaptations were carried out; Once installed all the components and elements that allow the correct operation of the lift system was carried out the programming of the controller establishing techniques and strategies for the control of elevator movements. In the third stage we proceeded to the implementation and start up of the lifting system, along with the development of the visualization interface realized in a screen TFT of 4.2 inches and this in turn replicated in an android mobile application. Finally, electrical, electronic, mechanical tests were performed on the lifting system, and a user manual was developed for its correct use.

Keywords:

- **ELEVATOR**
- **TFT**
- **PHYSICAL DISABILITY**
- **WHEELCHAIR**
- **ANDROID**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La discapacidad a través de los años se ha visto como algo extraño, penoso, o que se debe ocultar; la sociedad ha sido la primera discriminadora de este grupo vulnerable por estas y otras razones varias organizaciones nacionales e internacionales han realizado proyectos, leyes o han buscado estrategias para lograr la integración de las personas con discapacidad en la sociedad (Espinosa, 2011).

También se ha observado que las personas con discapacidad siguen encontrando obstáculos para integrarse en la comunidad en equidad de condiciones ya que se siguen incumpliendo sus derechos humanos en todas las partes del mundo.

En nuestro país, de acuerdo al VI Censo de Población y V de Vivienda (INEC, 2001), el porcentaje de habitantes ecuatorianos que informa tener discapacidad fue de 4.7%, datos que en el lapso de una década ascendió a 5.6%, según los datos del VII Censo de Población y VI Vivienda (INEC, 2010). Por otro lado, el estudio “Ecuador: la discapacidad en cifras” (CONADIS - INEC, 2005), establece que el 12.14% de habitantes ecuatorianos poseen algún tipo de discapacidad; y, el estudio bio-psico-social Misión Solidaria Manuela Espejo, da cuenta de 294.803 personas con discapacidad.

El tipo de discapacidad física abarca un gran porcentaje. Las personas que usan sillas de ruedas tienen problemas para acceder al transporte público y privado ya que las unidades de transporte constan de baja cobertura y deficiente calidad para prestar servicio de transporte a estas personas.

Actualmente la atención a las personas con discapacidad al abordar el transporte público o privado requieren de la presencia de personas que aseguren la silla de ruedas y eleve a la persona discapacitada al asiento correspondiente, de la misma

manera al momento de salir del vehículo lo cual requiere cierto tiempo y esfuerzo físico de las personas.

El presente proyecto se presenta con la finalidad de plasmar los conocimientos obtenidos específicamente en las asignaturas de la carrera para con ellos diseñar e implementar un sistema de elevación automática de uso vehicular que cuente con una interfaz que permita de manera eficaz realizar un adecuado uso del Sistema de elevación. Con esto, se logrará que el sistema permita elevar a las personas discapacitadas con su silla de ruedas y ubicarlas dentro del vehículo.

1.2. Justificación e importancia

La principal razón para realizar la implementación de un sistema de elevación de uso vehicular para discapacitados, es facilitar el proceso de abordaje al transporte público o privado optimizando tiempos y asegurando las condiciones óptimas para las personas con movilidad reducida (silla de ruedas).

Este proyecto permitirá mejorar la movilidad de las personas con discapacidad física ayudándoles a desplazarse de un lugar a otro ya sea en un transporte público o privado, permitiéndoles así ser incorporados en las actividades diarias.

Otro factor de gran importancia es la seguridad, debido a que, con este sistema de elevación de uso vehicular para discapacitados, se limita a las personas a actuar en el proceso únicamente cuando sea necesario, lo cual a la vez involucra una mejora en las labores cotidianas de las personas con discapacidad física.

Promover la transferencia e intercambio del aprendizaje entre comunidad y universidad, acercando al estudiante y docentes a un contexto real a través de proyectos que generen impacto positivo especialmente en grupos vulnerables de la sociedad.

El proyecto otorgará una oportunidad importante al estudiante encargado del mismo para afianzar conocimientos y reafirmar las bases teórico – prácticas impartidas en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, ya que se pone en práctica lo aprendido al enfrentarse a problemas reales.

El proyecto es un aporte para la empresa y la comunidad, ya que en el país estos tipos de sistemas de elevación automática no se encuentran disponibles y tienen un costo que es inalcanzable para la mayoría de personas con problemas de movilidad.

1.3. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye el diseño e implementación de un sistema de elevación de uso vehicular para personas con discapacidad física, el sistema posee entre sus componentes una plataforma que permitirá elevar a las personas junto con sus sillas de ruedas hacia el vehículo, sensores de presencia, motores DC, interruptores, etc. El proyecto se dividirá en cuatro etapas: integración del sistema mecánico necesario con todos sus componentes, identificación de elementos a usar en el sistema ya mencionado, implementación del diseño realizado, pruebas de funcionamiento tanto mecánico como electrónico y documentación.

En la primera etapa se enfocará en la integración del sistema mecánico, para lo cual será necesario identificar posibles alternativas en dispositivos, tanto en marca comercial como en características propias de los mismos. Dentro de esto es importante siempre tener en cuenta la cantidad de elementos que se van a colocar, debido a que esto radica directamente en el costo de implementación del proyecto. Un equipo indispensable que se deberá seleccionar es el controlador programable a utilizarse y el medio de transmisión por el cual se va a difundir la información a la interfaz.

Posterior a la etapa anterior, se realizará una identificación tanto de sensores y actuadores que participan en el sistema de elevación, así como de sus

especificaciones técnicas y funciones para agilizar la implementación del sistema mecánico y programación en general. Para esto se realizarán los respectivos diagramas de conexiones, tras esto se obtendrán las variables con las que trabajan los dispositivos presentes en el sistema de elevación y que serán visualizadas en la interfaz a desarrollarse.

Se desarrollará la implementación y puesta en marcha del mismo, así como la selección del tipo de programación que se ejecutará en el controlador programable, de igual manera se procederá a desarrollar la interfaz. Las simulaciones se realizarán en el respectivo software en el que se esté trabajando el programa del controlador programable.

La última parte del proyecto corresponderá básicamente a la implementación y pruebas del sistema de elevación, tomando en cuenta los dispositivos presentes en el sistema mecánico. De ser necesario un posible reajuste tanto en el programa del controlador como en la interfaz, se lo realizará tomando en cuenta las consideraciones del patrocinador del proyecto.

1.4. Descripción general del proyecto

1.4.1. Objetivo General

Mejorar las condiciones de movilidad de las personas con discapacidad física mediante el diseño y la construcción de un sistema de elevación automático para uso vehicular.

1.4.2. Objetivo específicos

- Determinar las características funcionales idóneas del sistema automático de elevación.

- Garantizar características óptimas de funcionamiento del sistema automático a través de un diseño consistente basado en normas internacionales de ingeniería.
- Asegurar una operación confiable y eficiente del sistema a través de una implementación y posterior evaluación basada en normas internacionales de ingeniería.
- Proveer sostenibilidad al proyecto mediante la generación de documentación técnica apropiada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

“En el Ecuador: la discapacidad en cifras” (CONADIS - INEC, 2005), establece que el 12.14% de la población ecuatoriana tiene algún tipo de discapacidad; y, el estudio bio-psico-social Misión Solidaria Manuela Espejo, da cuenta de 294.803 personas con discapacidad y muchas de estas no tienen acceso adecuado al servicio de transporte público y privado, causando así discriminación y actitudes prejuiciadas de la sociedad.

En el presente capítulo se detalla los diferentes tipos de sistemas de elevación y plataformas elevadoras que existen en el mercado actual; utilizadas en diferentes campos de trabajo, además se realiza una descripción de la importancia de la automatización e interfaces del usuario en estos sistemas.

2.1. Movilidad para discapacitados

Las personas con discapacidad, movilidad reducida y las delicadas o adultos mayores necesitan transporte para ir a su trabajo, escuela, recreación, servicios médicos y otras actividades de su vida cotidiana. Es necesario que los transportes públicos y privados sean accesibles para las personas con discapacidad, para los débiles visuales, las personas con impedimentos de movilidad y cognoscitivas. Las personas con discapacidad y las personas mayores necesitan la movilidad que les proporcionan los autobuses, furgonetas, taxis, camionetas, entre otros medios de transporte.

2.1.1. Elevadores

Los elevadores son sistemas o máquinas de transporte que son utilizados para levantar o elevar cargas en una trayectoria vertical, en un determinado campo de

trabajo. Para trasladar estas cargas, humanas o materiales, se utilizan, plataformas denominadas cabinas, las cuales utilizan guías rígidas para el desplazamiento en una determinada dirección ya sea vertical u horizontal; un elevador típico de transporte de personas y cargas, compuesto de por partes mecánicas, hidráulicas, electrónicas y eléctricas se muestran en la Figura 1.

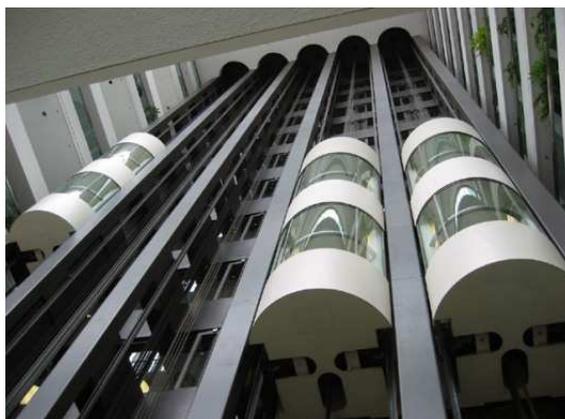


Figura 1. Elevador-ascensor

Fuente: (Wikimedia Commons, 2015)

2.1.2. Tipos de mecanismos de elevación

Actualmente, se puede ver que existen varios tipos de elevadores y diferentes tipos de clasificaciones para éstos. Estos, se clasifican según el tipo de carga u objeto que transportan.

2.1.2.1. Elevadores de carga

Los elevadores de carga o conocidos como montacargas se muestra en la Figura 2, son un sistema de transporte vertical, diseñado para trasladar, transportar objetos o materiales con un determinado peso desde un lugar a otro.



Figura 2. Elevador de carga

Fuente: (Auto Gruas Alfer E.U, 2015)

2.1.2.2. Elevador (ascensor de pasajeros)

El elevador (ascensor de pasajeros) es un sistema de transporte vertical, diseñado para trasladar personas en plena condición física como para personas que se encuentren con alguna discapacidad móvil, y objetos entre diferentes niveles de una edificación o estructura, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Elevador, ascensor de pasajeros

Fuente: (All-Biz Ltd , 2010)

2.1.2.3. Elevador de carga y pasajeros

Elevadores de carga son utilizados para transportar tanto cargas como personas según sea la necesidad requerida en lugar en el que se utilicen como se muestra en la

Figura 4. Estos elevadores principalmente se utilizan en plantas industriales, así como en pequeños almacenes y laboratorios.



Figura 4. Elevador de carga y pasajero

Fuente: (Mecalux México S.A de C.V., 2016)

2.1.3. Tipos de sistemas de elevación

Existen diversos tipos de sistemas de elevación usados en las diferentes industrias, estos se diferencian según el tipo de aplicación que se les asigne.

2.1.3.1. Elevadores con sistemas hidráulicos.

Los elevadores hidráulicos son aparatos mecánicos que son utilizados para levantar objetos pesados. Se caracterizan por funcionar en base a un pistón o cilindro hidráulico que lleva aceite a una presión determinada generando el movimiento del elevador.

En la Figura 5, se muestra el uso de este tipo de elevador, usado para levantar automóviles, cambiar una rueda o para cualquier mantenimiento; usados en varias industrias para levantar aviones, autos de carreras y camionetas.



Figura 5. Elevador Hidráulico uso automotriz

Fuente: (BendPak, In, 2010)

2.1.3.2. Elevador con sistema vertical.

Este tipo de elevador es conocido comúnmente como ascensor, como se muestra en el punto 2.1.2.2, el cual se emplea para transportar personas, la cantidad de personas a transportar varía respecto a los elementos y sistema empleado; estos pueden ser tanto hidráulicos como eléctricos siendo los últimos los más utilizados actualmente.

2.1.3.3. Elevador con sistema tijeral

Son mayormente conocidos en el mercado por su forma típica del tipo tijeral como se muestra en la Figura 6. Estas, son utilizadas mayormente para transportar cargas hacia grandes alturas. Además, son muy utilizadas en el ámbito industrial debido a la flexibilidad que presentan ya que son del tipo móvil siendo transportables a diferentes lugares con la capacidad de transportar cargas muy pesadas.



Figura 6. Elevador con Sistema Tijeral

Fuente: (JLG Industries Inc, 2017)

2.1.3.4. Elevador con sistema tecles

Los elevadores con sistema tecles son equipos que se utilizan principalmente en ambientes industriales, tienen como finalidad levantar objetos para trasladarlos de un lugar a otro. Se pueden encontrar en el mercado actual, destacan los tecles manuales de cadena, los tecles tipo Ratchet, tecla eléctrica de cadena el cual se puede apreciar en la Figura 7. Este se utiliza principalmente para elevar cargas verticales de hasta 10 toneladas.



Figura 7. Elevador con Sistema Tecles

Fuente: (Extranet Emaresa, 2015)

2.1.3.5. Elevador con sistema tipo carretilla

Es una plataforma que sirve para trasladar y transportar objetos a una determinada altura, puede ser del tipo manual o eléctrica; estas requieren ser operadas por una persona y pueden transportar diferentes rangos de pesos según sea necesario. Un ejemplo de carretilla elevadora móvil se puede apreciar en la Figura 8; es un vehículo pesado de acero u otro metal, que está elaborados con una plataforma que se desliza por una guía lateral o vertical rígida o bien por dos guías rígidas paralelas.

Su uso rudo e industrial permite en almacenes y tiendas de autoservicio para transportar tarimas o mercancías y acomodarlas en estanterías o racks.



Figura 8. Plataforma tipo carretilla

Fuente: (Encyclopédie en ligne, 2016)

2.1.4. Elevador para personas con discapacidad

Este tipo de elevadores son utilizados para movilizar personas en condición de discapacidad física o que cuentan con algún tipo de lesión, estos equipos, les permiten acceder a aéreas con cierta altura con mayor facilidad. Un claro ejemplo de este tipo de elevador se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Elevador para personas con discapacidad móvil

Fuente: (Nival técnicas de nivelación S.L, 2013)

2.1.5. Tipos de elevadores personas con discapacidad

La plataforma móvil de uso vehicular es una máquina elevadora destinada a desplazar persona con movilidad reducida, así como personas en silla de ruedas hasta una posición donde pueda ser asegurado para su respectiva movilidad, transporte en el vehículo.

2.1.5.1. Plataforma para ingreso de sillas de ruedas a vehículos

Las plataformas, permiten subir a una persona con discapacidad móvil con una silla de ruedas. La diferencia que tiene respecto a los demás elevadores, aparte de que se puede subir con silla de ruedas, va instalada en un carril para poder desplazarse y dependiendo de las medidas este, puede instalarse un carril o en la parte posterior.

La plataforma es plegable y no ocupa mucho espacio. Es de fácil acceso con la silla de ruedas, ya que disponen de una pequeña rampa de acceso que se pliega cuando está en funcionamiento, como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Plataforma tipo ingreso de silla de ruedas

Fuente: (Tekvo Bioingeniería, 2016)

2.1.5.2. Rampas para ingreso a vehículos

Dispositivo conformado por un plano inclinado para unir el piso del compartimiento de pasajeros del vehículo, con la acera o la calzada, con una pendiente adecuada para el uso cómodo de todas las personas y especialmente para aquellas con movilidad reducida. En el caso de sistema de transporte público y privado, que cuentan con andenes de espera determinados, la rampa une el piso terminado del andén y el piso del compartimento del vehículo.

Las rampas plegables como se muestra en la Figura 11, están pensadas para múltiples usos, son muy cómodas, fáciles de transportar y seguras para la subida y bajada por pequeñas barreras arquitectónicas. Particularmente indicadas para sillas de ruedas manuales.



Figura 11. Plataforma tipo rampa ingreso de silla de ruedas

Fuente: (Tekvo Bioingeniería , 2016)

2.1.5.3. Grúa para ingreso a automóviles

Las grúas para ingreso a automóviles permiten subir y bajar fácilmente a un vehículo a las personas con limitaciones motrices, son personalizados de acuerdo a la discapacidad del paciente. Como se observa en la Figura 12, las grúas para ingreso a automóviles son pequeñas (en altura), ya que esto es lo que permite que la persona y el brazo de la grúa ingresen por completo en la cabina del automóvil.

Las grúas para ingreso a automóviles, deben ser usadas en conjunto con un arnés sentado de respaldo.



Figura 12. Elevador para discapacitados tipo grúa

Fuente: (Tekvo Bioingeniería, 2016)

2.1.6. Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos (Automatizacion, 2016); para las personas con discapacidad la automatización ayuda en el mejoramiento de la calidad de vida de las mismas aprovechando, el desarrollo de las tecnologías, optimizando recursos , manejando sistemas inteligentes, permitiendo así mayor accesibilidad a las funciones a través de sistemas sencillos de control. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre los dispositivos, elementos, maquinas que permiten realizar la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, fines de carrera (Automatizacion, 2016).

La Parte de Mando es la parte programable (tecnología programada), tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado (Automatizacion, 2016).

2.1.6.1. Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de vida de las personas con discapacidad, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el usuario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

2.1.7. Interfaces de operador

Los entornos de fabricación son complejos y requieren productos que ofrezcan control, reduzcan el tiempo de inactividad y aumenten la eficiencia. Las interfaces electrónicas de operador ofrecen todas estas posibilidades sino que, además, son fáciles de instalar, entender, modificar y utilizar (EATON, 2013).

HMI es una interfaz de usuario asistida por ordenador, en cual todas las partes de un sistema (software o hardware) proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos, en la Figura 13 se muestra un ejemplo de un HMI aplicado en un touch panel.



Figura 13. Interfaz HMI en touch panel

Fuente: (PROGEA, s.f.)

CAPÍTULO III

DISEÑO ELECTROMECAÁNICO

En este capítulo se trata sobre el diseño y construcción mecánica y la selección de los diferentes elementos que van a conformar la máquina elevadora de uso vehicular para personas con movilidad reducida, y se muestran los diferentes dispositivos, elementos usados y sus respectivos dimensionamientos, así como las diferentes piezas y partes construidas, que son necesarias en el ensamblaje del sistema.

3.1. Plataforma de elevación

3.1.1. Requisitos

Dentro de los requerimientos funcionales para el desarrollo del proyecto, se considera necesario los parámetros mínimos que se deben cumplir en la parte técnica de la estructura del elevador, dentro de los cuales se destacan:

- Función principal
- Estructura
- Aplicación
- Dimensiones
- Desplazamiento y velocidad
- Materiales
- Costos
- Seguridad
- Ergonomía

Función Principal

El elevador se utilizará para el transporte de una persona en silla de ruedas en el vehículo. Este transportará a los usuarios por una trayectoria vertical rectilínea

desde el piso hacia la plataforma del vehículo que se encuentra a 60 cm de altura desde el suelo el cual podrá ser ajustable. Se debe tomar en cuenta que el usuario será una persona en condición de discapacidad. El sistema de elevación tendrá que soportar un peso de 200 kg considerando el usuario, la silla de rueda y la estructura del mismo.

Estructura

La estructura del elevador deberá soportar el peso de 1 persona, silla de ruedas durante un viaje en trayectoria vertical rectilínea. Se deberá tener en cuenta el peso de la persona, la silla de ruedas, así como de la cabina de elevador al momento de determinar el peso máximo admisible que deberá soportar la estructura.

La dimensión de la estructura de la cabina para personas en condición de discapacidad deberá ser de 0,90 metros de ancho por 1 metros de profundidad, esto debido a que se aprovechará el máximo espacio. Los pasamanos de la cabina deberán estar ubicados a una altura de 60 cm de modo tal que brinden comodidad y seguridad a los usuarios.

Aplicación

El diseño del elevador servirá para reemplazar el esfuerzo de las personas al intentar subir a las personas con discapacidad móvil al vehículo, facilitando el acceso de una persona en condición de discapacidad al vehículo, el cual se encuentra ubicado a 60 cm del piso.

Dimensiones

El máximo espacio a ocupar del elevador dentro del vehículo deberá ser del área existente en la silla de ruedas, es decir el elevador no podrá ocupar un espacio mayor al de la silla de ruedas y de ser posible deberá tener dimensiones inferiores a ésta,

teniéndose 0.9 metros de ancho por 1.0 metros de largo aproximadamente disponibles.

Desplazamiento y velocidad

El elevador deberá realizar un movimiento en una trayectoria vertical tanto ascendente como descendente para desplazarse. La velocidad de desplazamiento para personas en condición de discapacidad debe estar en un rango no mayor a los 0,1metros /segundo. Al tener que elevarse únicamente 70cm respecto del suelo se ha creído conveniente que la velocidad de desplazamiento del elevador sea de 4 cm/segundo.

Materiales

La estructura del sistema de elevación será construida a partir de materiales que aseguren la rigidez y estabilidad, de tal manera que en los trayectos de ida, vuelta, ascenso y descenso el elevador no genere deformaciones en las piezas que lo integran. Sus componentes deben ser de fácil obtención en el mercado local permitiendo la rapidez de los trabajos de mantenimiento en caso se tenga que sustituir algún componente.

Costos

El elevador deberá ser lo más económico posible en función de su eficiencia, es decir deberá ser construido en base a materiales que obtengan la mejor relación coste/beneficio, se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento del mismo, los cuales deberán ser los más económicos posibles.

Seguridad

El elevador deberá cumplir con todas las medidas de seguridad que garanticen el funcionamiento sin mayores inconvenientes de la plataforma elevadora, garantizando la seguridad y salud de las personas que transporte. El elevador deberá estar dentro del vehículo, la plataforma a nivel del suelo deberá contar una rampa que permita la seguridad de los pasajeros al momento de acceder al mismo. Además, la cabina del mismo deberá tener barandas que eviten la caída de los pasajeros al suelo.

Ergonomía

El diseño del elevador deberá asegurar una fácil manipulación de sus componentes, además la persona que utilice el equipo deberá acceder con facilidad a los controles del mismo; el acceso a la cabina del elevador deberá ser lo más sencilla posible, contemplando los espacios necesarios para que el usuario ingrese sin dificultad y no tenga que inclinarse o comprimirse para acceder al mismo.

3.2. Diseño y construcción del área de elevación

3.2.1. Selección del material para el área de elevación

En el diseño del área de elevación es muy importante debido a que en él soporta el peso del usuario y podrá ascender y descender, se han seleccionado 3 tipos de materiales a partir de sus propiedades y uso en la industria.

Se utilizará el programa CES para el estudio de las propiedades de los materiales, CES es un programa educativo y de circulación gratuita. Parámetros a definir en el programa:

- Propiedades Mecánicas
- Propiedades eléctricas y de temperatura
- Precio y densidad
- Tipo de material

El programa CES detalla en la Figura 14 y Figura 15 los diferentes tipos de materiales que existen en el mercado, ubicando en el eje Y (La densidad del material) y en el eje X (Precio del material).

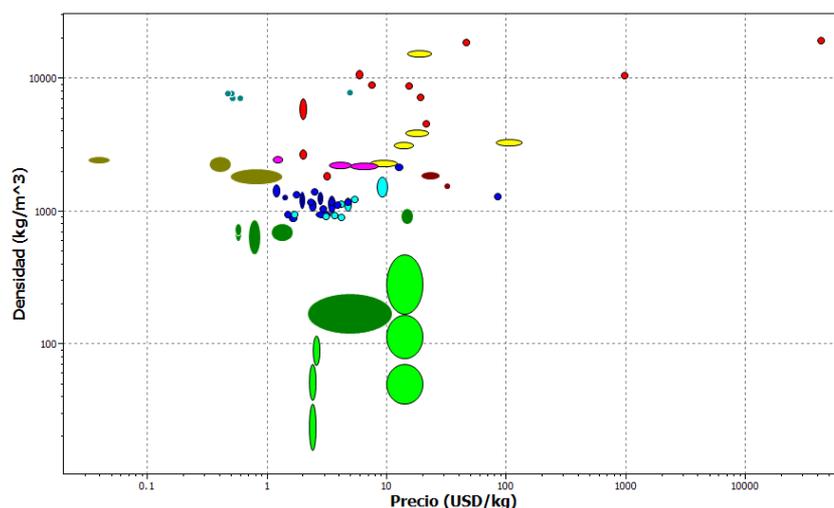


Figura 14. Mundo de materiales Programa CES

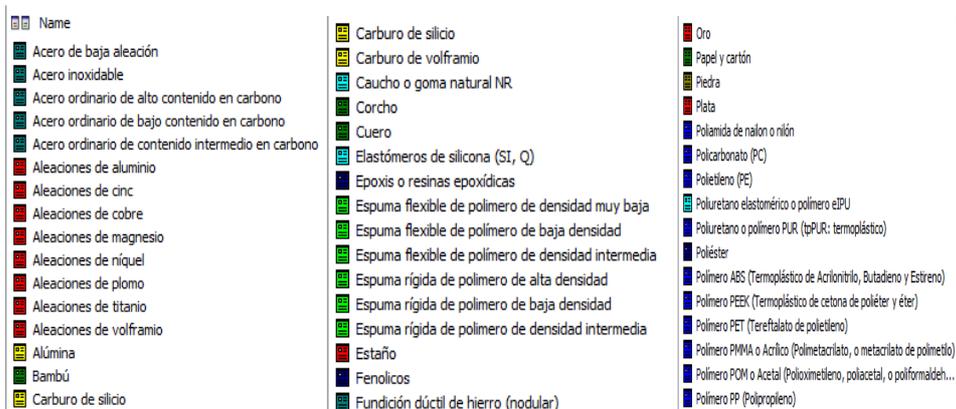


Figura 15. Mundo de materiales colores programa CES

Dentro del programa CES se selecciona las propiedades del material, estableciendo rangos:

- Dureza (200-1000Mpa)
- Limite elástico(200-1000Mpa)
- Punto de fusión (500-1400Mp)
- Propiedades ópticas (Opaco)

A continuación se muestra en la Figura 16, el ingreso de los datos al programa CES.

The screenshot shows the 'Propiedades mecánicas' (Mechanical Properties) and 'Propiedades térmicas' (Thermal Properties) sections of the CES software. The mechanical properties section includes input fields for Modulo de Young (GPa), Límite elástico (MPa), Resistencia a tracción (MPa), Elongación (% strain), Dureza-Vickers (HV), Resistencia a fatiga para 10^7 ciclos (MPa), and Tenacidad a fractura ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$). The thermal properties section includes input fields for Punto de fusión ($^{\circ}\text{C}$), Máxima temperatura en servicio ($^{\circ}\text{C}$), Conductividad térmica ($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$), and Calor específico ($\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$). There is also a dropdown menu for '¿Conductor térmico o aislante?' with options: Buen conductor, Mal conductor, Mal aislante, and Buen aislante.

Figura 16. Ingreso de datos al programa CES

Con las propiedades ya establecidas, se dispone a seleccionar el tipo de material a utilizar del universo de materiales como se muestra en la Figura 17.

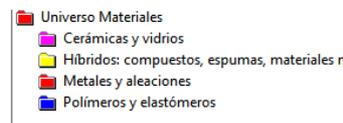


Figura 17. Ingreso de datos al programa CES

En la Figura 18, el programa CES muestra los materiales más óptimos para los parámetros planteados estos se muestran dentro del área roja.

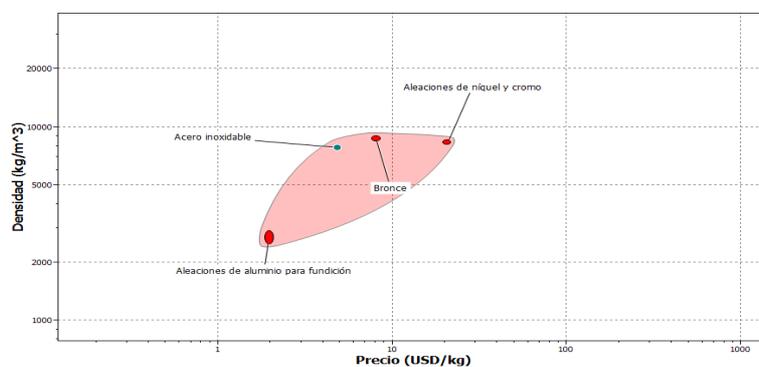


Figura 18. Resultados programa CES Materiales óptimos

Los materiales dentro del área roja podrán ser usados para la elaboración del elevador automático:

- Aleaciones de Aluminio
- Aleaciones de Acero inoxidable
- Aleaciones de Níquel

3.2.1.1. Aleaciones de aluminio

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. (Wikipedia, 2016).

3.2.1.2. Aleaciones de acero inoxidable

El acero inoxidable se define como una aleación de acero (con un mínimo del 10 % al 12 % de cromo contenido en masa.), es un acero de elevada resistencia a la corrosión, Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno. (Wikipedia, 2016).

3.2.1.3. Aleaciones de níquel

Es un metal de transición de color blanco con un ligerísimo tono amarillo, conductor de la electricidad y del calor, muy dúctil y maleable por lo que se puede laminar, pulir y forjar fácilmente. (Wikipedia, 2016)

Es un producto absolutamente esencial para el desarrollo de la industria, no sufre el llamado efecto "galleo" el cual sí padece el cobre, se utiliza en muchos productos. Algunos ejemplos son las cuerdas de la guitarra eléctrica, los imanes y baterías recargables. Las propiedades magnéticas de níquel en realidad hacen que sea un material muy importante para fabricar discos duros de ordenador. (Elementos, 2015)

3.2.1.4. Matriz morfológica

La matriz morfológica muestra las ventajas y desventajas de cada material, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador observar que material podría satisfacer mejor sus necesidades; las características de los elementos de los materiales seleccionados se detallan Tabla 1.

Tabla 1

Matriz morfológica material área de elevación

Gráfico	Aluminio	Acero inoxidable	Aleación de níquel
			
Ventajas	Uso Industrial	Uso Industrial	Color blanco tono amarillo
	Inoxidable	Inoxidable	Resistente a la corrosión
	Precio reducido	Precio reducido	Precio reducido
	Reciclable	Resistente(480 a 2.24×10^3 Mpa)	elevada permeabilidad magnética
		Fácil soldadura, doblado y troquelado	
Desventajas	Difícil mecanizado(doblado y troquelado)	Precio Alto	
	actúa como conductor térmico	Es un material pesado	
	Gran huella ecológica		

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del material a utilizar, detallados en la Tabla 2.

Los requerimientos son:

- Costo 20/100
- Resistencia 10/100
- Funcionalidad 20/100
- Montaje 10/100
- Acoplamiento 20/100
- Adquisición 20/100

Tabla 2
Puntaje del material área de elevacion

	Alumi nio	Acero Inoxidable	A.Ní quel
Costo	20	15	20
Resistenci a	5	10	5
Funcionali dad	5	10	5
Montaje	5	10	5
Acoplami ento	15	20	15
Adquisició n	10	20	15
Total	60	85	65

3.2.1.5. Conclusión

El acero inoxidable es el material más idóneo para la construcción del área de elevación debido a las propiedades, ventajas y requerimientos planteados.

3.2.2. Selección del tipo de sistema de elevación

En el diseño del sistema de elevación es muy importante debido a que en él soporta el peso del usuario y permite ascender y descender al usuario, se han seleccionado 3 tipos de sistemas de elevación.

- Elevador Hidráulico
- Elevador electromecánico
- Elevador electromecánico con pistón

3.2.2.1. Elevador sistema hidráulico

Este tipo de elevadores como se observa en la Figura 19, utiliza la hidráulica para la transmisión de grandes fuerzas mediante fluidos a presión. La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería como es maquinaria pesada, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. (Monografias, 2015).

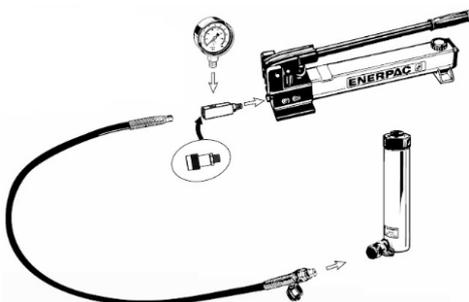


Figura 19. Sistema Hidráulico

Fuente: (ENERPAC , 2016)

3.2.2.2. Elevador con sistema electromecánico

Los elevadores con sistema electromecánico permiten incorporar motores DC para su accionamiento como se muestra en la Figura 20, permitiendo controlar la velocidad de desplazamiento y es aconsejable para alturas medianas, dependiendo del motor puede soportar velocidad máxima de 120mts/min, con una capacidad que va desde 200 a 5000kg de carga.

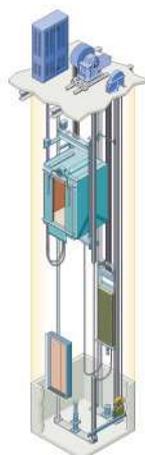


Figura 20. Sistema Electromecánico

Fuente: (Otis Elevator Company, 2016)

3.2.2.3. Elevador sistema electromecánico con pistón

El sistema electromecánico con pistón son usados para alturas pequeñas y en forma de tijera, los pistones como se observa en la Figura 21, son actuadores líneas que permiten la elevación vertical, donde la fácil integración en el diseño garantiza la máxima libertad de diseño.



Figura 21. Sistema Electromecánico con pistón

Fuente: (SoloStocks, 2016)

3.2.2.4. Matriz morfológica sistema de elevación

La matriz morfológica detallada en la Tabla 3, muestra las ventajas y desventajas de cada sistema, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador observar que sistema podría satisfacer mejor sus necesidades.

Tabla 3
Matriz morfológica del sistema de elevación

	Elevador Hidráulico	Elevador Electromecánico	Elevador E. Pistón
Grafico			
Ventajas	Montaje superficial	Montaje superficial con regulación	Montaje superficial con regulación
	Fácil manejo	Precio reducido	Precio alto
	Transmisión de grandes fuerzas	Incorpora motores DC/AC	Incorpora motores con pistón
	Ambiente Industrial	Control de velocidad de desplazamiento	Fácil integración en el diseño
Desventajas	Tamaño considerable	Velocidad de detección baja	Desplazamiento corto
	Precio muy alto depende de la fuerza	Rebotes en el contacto depende de la fuerza del motor	Velocidad lenta depende de la distancia

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del sistema de elevación a utilizar, detallados en la Tabla 4 .

Los requerimientos son:

- Costo 20/100
- Tamaño 10/100
- Funcionalidad 20/100
- Montaje 10/100
- Acoplamiento 20/100
- Adquisición 20/100

Tabla 4
Puntaje del sistema de elevación

	Hidráulico	Electromecánico	E. Pistón
Costo	10	20	20
Tamaño	5	10	10
Funcionalidad	15	15	15
Montaje	5	10	5
Acoplamiento	10	10	15
Adquisición	10	20	15
Total	60	85	80

3.2.2.5. Conclusión

De los 3 tipos de sistemas el que obtuvo mayor puntuación es la del elevador electromecánico ya que cumple con los requerimientos necesarios para el funcionamiento, su diseño compacto, conectividad, fácil manejo, costo lo hacen el más idóneo en la implementación del elevador automático.

3.2.3. Dimensionamiento del área de elevación

3.2.3.1. Elevación

Los vehículos de transporte en los que podrá ser implementado el elevador; son los vehículos SUV, furgonetas, minibús, la distancia del piso a la base del vehículo se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5

Distancia del piso a la base de los vehículos

Vehículos de Transporte	
Distancia del piso a la base	
Suvs	450 mm
Furgonetas	540 mm
Mini Buses	600 mm

Fuente: (INEN, 2011)

La distancia máxima a ocupar del piso a la base es 600 mm, este desplazamiento deberá realizar el elevador de forma ascendente y descendente.

3.2.3.2. Área de la silla de ruedas

Las sillas de ruedas tienen dimensiones estándar, que se detallaron en la Figura 22, este espacio a ocupar del elevador dentro del vehículo deberá ser del área existente en la silla de ruedas, es decir el elevador podrá ocupar un espacio mayor al de la silla de ruedas y de ser posible deberá tener dimensiones inferiores a esta, teniéndose 0.65 metros de ancho por 1.21 metros de largo aproximadamente disponibles.

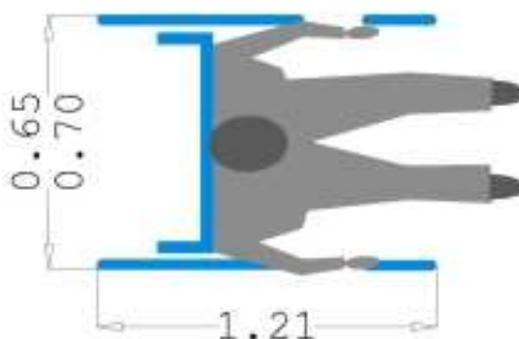


Figura 22. Dimensiones de silla de ruedas (en metros)

Fuente: (UnaCiudadParaTodos, 2008)

El espacio ocupado por los usuarios de sillas de ruedas, estará en relación con la edad y con el tipo de silla de ruedas a ocupar.

3.2.3.3. Dimensiones y materiales

La distancia del piso a la base y las medidas de la silla, mostradas en los puntos anteriores proporcionan las dimensiones necesarias para cubrir el área de elevación, la cual constará de 5 partes:

- Base de la plataforma de elevación
- Corredizo de la plataforma de elevación

- Rampa de la plataforma de elevación
- Sistema tipo tijera de elevación
- Brazos de Seguridad

3.2.3.3.1. Base de la plataforma de elevación

En base de la plataforma se utilizará el material ya antes seleccionado que es el acero, acero ASTM 36, tubo cuadrado de 1 pulgada sus características se muestran en los Anexos A-Tubo cuadrado; el cual tendrá una forma rectangular como se muestra en la Figura 23 y las medidas indicadas en la Tabla 6 y en la Figura 24.

Tabla 6

Medidas de la base de la plataforma

Medidas [mm]	
Ancho	538 mm
Largo	870mm
separación	414mm

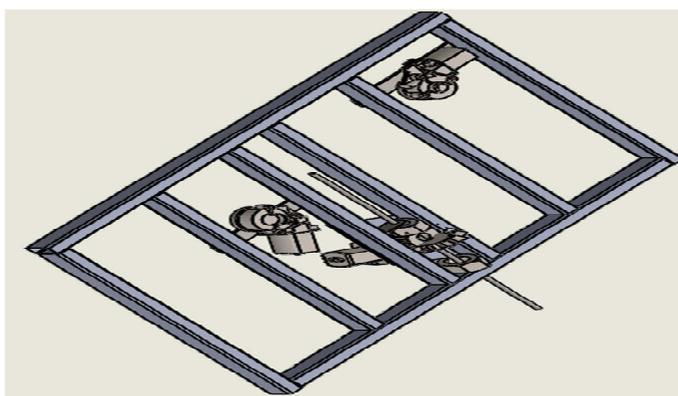


Figura 23. Diseño base de la plataforma de elevación

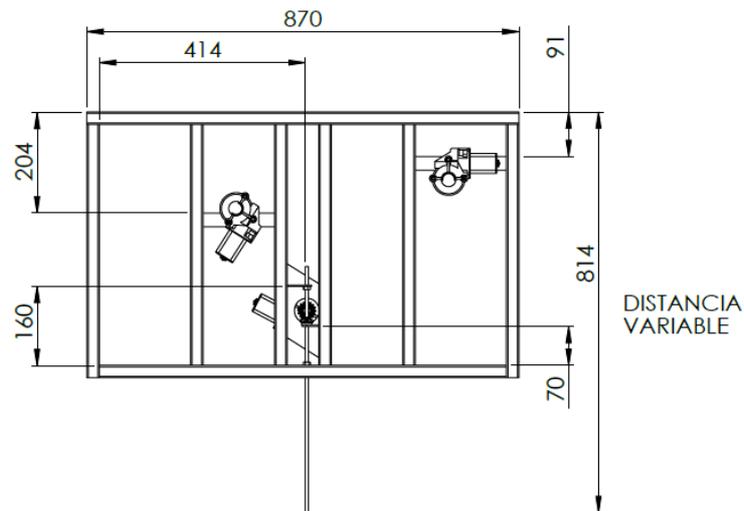


Figura 24. Dimensiones de la base de la plataforma elevación (en milímetros)

3.2.3.3.2. Corredizo de la plataforma de elevación

Para esta parte se utilizará el material tubo de acero cuadro de 3/4 pulgadas, 1/4 pulgadas menos debido a que esta parte se incrustará dentro de la base de la plataforma de elevación como se muestra en la Figura 25, y las medidas indicadas en la Tabla 7

Tabla 7

Especificacion medidas corredizo de la plataforma

Medidas [mm]	
Ancho	450 mm
Largo	540mm

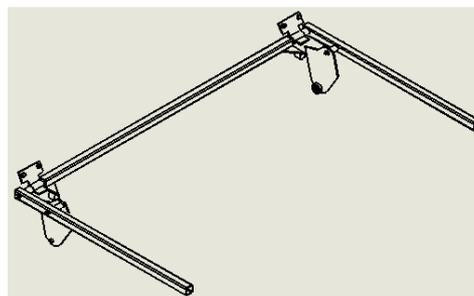


Figura 25. Diseño corredizo de la plataforma de elevación

3.2.3.3.3. Rampa de la plataforma de elevación

La rampa de la plataforma ayuda a cubrir la distancia necesaria que necesita la silla de ruedas para el acceso a la plataforma, también su diseño ayuda al ingreso, salida del usuario en silla de ruedas. Para esta parte se utilizará el material lámina de aluminio antideslizante, sus características se muestran en los Anexos A-Lamina de aluminio

Las medidas de la rampa se muestran en la Tabla 8 y su forma en la Figura 26.

Tabla 8

Medidas rampa

Medidas [mm]	
Anc	450 mm
ho	
Lar	540 mm
go	

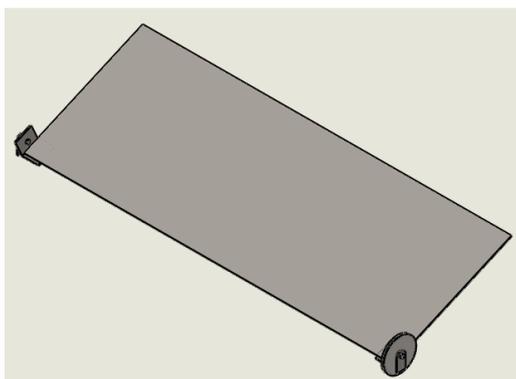


Figura 26. Diseño Rampa plataforma de elevación

3.2.3.3.4. Sistema tipo tijera de elevación

En el sistema de elevación elegido se determinó el uso de un sistema de elevación electromecánico, el cual necesita de un motor eléctrico que será detallado en el punto 4.2.4.5. Este sistema tendrá despliegues en forma de tijera el cual

permitirá subir y bajar la plataforma. El material usado en estos brazos es de acero Astm 36; sus características se muestran en los Anexo A- Perfiles.

Las medidas de estos brazos tipo tijera están detallados en la Figura 27, Figura 28, Figura 29, y se muestra su forma en la Figura 30.

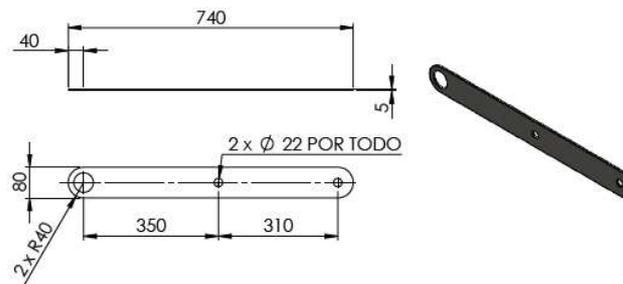


Figura 27. Medida del brazo fijo del sistema tijera (en milímetros)

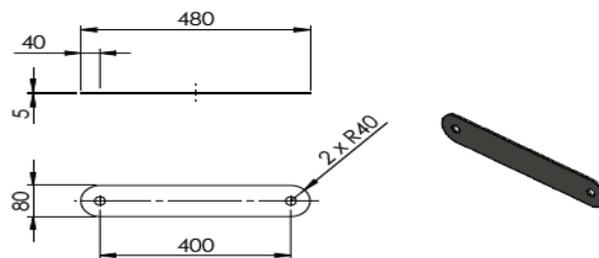


Figura 28. Medida del brazo móvil del sistema tijera (en milímetros)

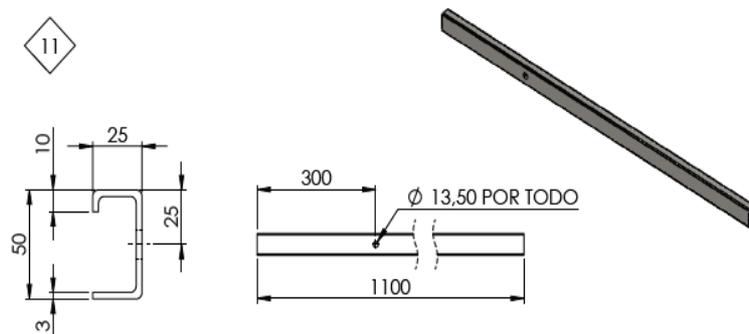


Figura 29. Medida del riel de base (en milímetros)

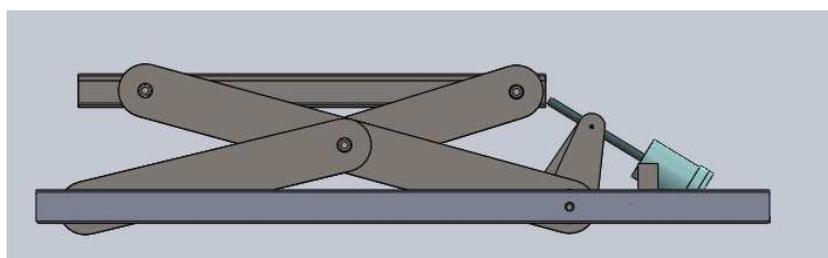


Figura 30. Diseño Sistema de elevación

3.2.3.3.5. Brazos de Seguridad (barandas)

Los brazos de seguridad son barandas ubicadas en el área de elevación el cual evitará la caída de los pasajeros al suelo. Estos serán ubicados a 75 cm de la base del piso tomando en cuenta la distancia de del soporte de los brazos de la silla de ruedas, su diseño y medidas se detallan en la Tabla 9 y Figura 31.

Tabla 9

Medidas de las barandas de seguridad

Medidas [mm]	
Anch	534 mm
Largo	548 mm

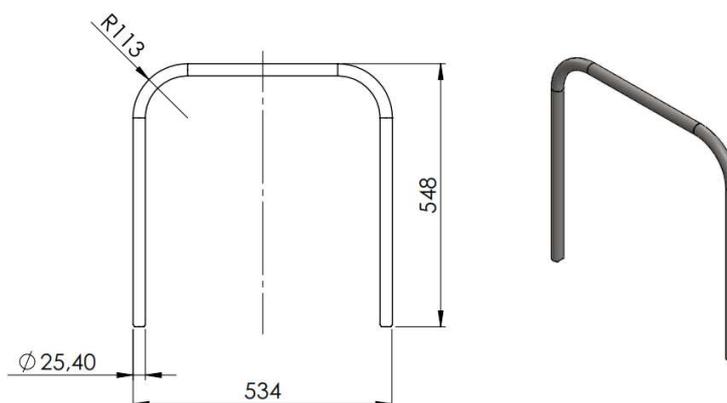


Figura 31. Diseño Barandas (en milímetros)

3.2.4. Simulación del área de elevación

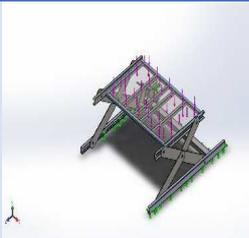
Se utilizó el programa Solid Work, para el diseño mecánico, simulaciones y conocer comportamientos de las partes del área de elevación.

SolidWorks es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. (Wikipedia, 2016).

El área de elevación comprende la base, corredizo, rampa, brazos tipo tijera, y los brazos de seguridad se procederá a unir las partes mencionadas para mostrar una simulación de estructura en el programa Solid Works presentadas en las siguientes tablas; la Tabla 10 muestra las propiedades de las estructuras empleadas en el área de elevación.

Tabla 10

Propiedades de las estructuras

Modelo 3D	Propiedades	Detalles de carga
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Placa Aplicar Fuerza-1)</p>

La Tabla 11 muestra el ensamblaje del área de elevación e indica la fuerza y la dirección a ser aplicada para la simulación de tensiones.

Tabla 12 muestra el resultado de la simulación, el ensamblaje del área de elevación con la tensión aplicada.

Tabla 11

Simulación de tensiones

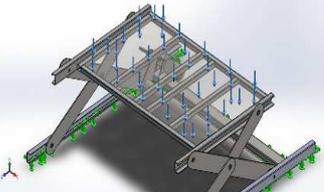
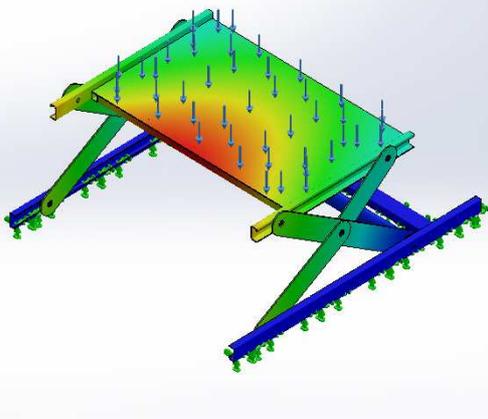
Nombre de carga	Modelo 3D	Detalles de carga
Fuerza		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf

Tabla 12

Resultado de la simulación

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 96836	2.12659 mm Nodo: 70546
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="311 1032 592 1070"> <small>Nombre de el modelo: Ensamblaje Simulación 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predeterminado) Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1</small> </p> <div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="368 1541 1230 1570">Ensamblaje Simulación 1-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1</p> </div>			

3.2.4.1. Conclusión

La estructura del área de elevación soporta el peso de 250 kg sin provocar deformaciones en la estructura.

3.2.5. Selección de motor área de elevación

La selección del motor es de principal importancia en el elevador, para poder generar movimiento de la estructura del mismo en sus mejores condiciones.

Para el motor se va a realizar una selección que cumpla con las características deseadas para permitir el mejor funcionamiento elevador. Requisitos mínimos del motor del sistema:

- Compacto
- Robusto
- Fácil de encontrar
- Fácil de montar
- Económico

3.2.5.1. Selección

Dado el mercado actual y de mayor popularidad se han seleccionado 3 tipos de Motores:

- Motores AC
- Motores DC
- Motores DC con reductor

3.2.5.2. Motor AC

Los motores de corriente alterna son utilizados para la mayor parte de las aplicaciones, debido a que se alimentan con los sistemas de distribución de energía, poseen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción. Los motores AC se pueden diferenciar por su velocidad de giro y por el rotor a usar.

3.2.5.3. Motor DC

Los motores DC pueden regular continuamente la velocidad del motor, además, trabajan con corriente directa, como es el caso de motores accionados por pilas o baterías. Este tipo de motores debe de tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. (S.A., 2015).

3.2.5.4. Motor DC con reductor

Los motores DC con reductor trabajan con corriente continua en la cual la parte mecánica se añade un sistema de engranajes que permiten adaptar la velocidad y

potencia mecánica montada en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad. Los motores DC con reductor son muy utilizados en aplicaciones que se requieren velocidades de giro de motor bajas.

3.2.5.5. Matriz Morfológica

Para la selección del motor a ocupar se establecerá una matriz morfológica la cual permitirá describir las ventajas y desventajas de los dispositivos, detallada en la Tabla 13.

Tabla 13

Matriz morfológica motor del sistema

Gráfico	Motor AC	Motor DC	Motor DC con Reductor
			
Ventajas	motores más usados en la industria	Tamaño compacto	Tamaño compacto
	motores más usados en la industria	Accionados por pilas o baterías	Accionados por pilas o baterías
	diseño más simple	Precio muy reducido	Precio reducido
	bajo mantenimiento y sencillez	ajustar la velocidad mediante la tensión	Adaptable a la velocidad necesaria
Desventajas	No trabajan a velocidades bajas	piezas se desgastan con el tiempo	piezas se desgastan con el tiempo
	Trabajan con voltajes Ac	velocidades altas	
	Trabaja con velocidades fijas		

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del motor a utilizar, detallados en la Tabla 14; los requerimientos son:

Costo

El motor con mayor popularidad, adquisición y bajo precio se asignó un valor de 30 puntos, siendo cero el valor cuando el motor es de difícil adquisición y precio alto.

Tamaño

El tamaño del motor es de gran importancia debido a que se requiere ocupar el menor espacio en la implementación posible y facilitando el conexionado de los elementos. Menor tamaño se asigna 20 puntos y de mayor tamaño 0 puntos.

Funcionalidad

El motor debe trabajar con voltajes DC provenientes de baterías, al que cumpla se asigna el valor de 20 puntos y al que no cumpla se asigna el valor de cero.

Montaje

El motor debe ser de fácil montaje, desmontaje y regulación, así permitirá realizar mantenimiento e instalación rápida y sencilla. Se asignó el valor de 20 puntos al cumplimiento de este requerimiento.

Acoplamiento

El motor con más conexionado de elementos externos para el acople con el controlador se asigna el valor de cero al de menor conexionado 10 puntos.

- Costo 30/100
- Tamaño 20/100

- Funcionalidad 20/100
- Montaje 20/100
- Acoplamiento 10/100

Tabla 14
Requerimientos del motor del sistema

	Motor Ac	Mot or Dc	Motor Dc con reductor
Costo	20	30	28
Tamaño	10	10	20
Funcionalidad	0	20	10
Montaje	10	20	20
Acoplamiento	0	4	10
Total	40	84	88

3.2.5.6. Conclusión

De los 3 tipos de motores el que obtuvo mayor puntuación es el motor DC con reductor ya que cumple con los requerimientos necesarios para el funcionamiento, su diseño compacto, trabaja con baterías, fácil manejo, adaptabilidad de velocidad, costo lo hacen el más idóneo en la implementación del elevador automático.

3.2.5.7. Selección del motor DC con reductor

En la selección del Motor con reductor se procederá con preselección de 3 tipos de Motores los de mayor popularidad y más utilizados en el mercado actual, que cumplan con las siguientes características:

- Funcionamiento con Baterías de autos
- Torque Medio de 50-100kgfcm
- Compacto

3.2.5.8. Motor DC 12V-10A (80RPM)

El motor reductor a utilizar es uno de las más populares en el ambiente automotriz, usado como evalunas para el desplazamiento de los vidrios en los automóviles como se muestra en la Figura 32.

Características del motor:

- Diseño compacto
- Trabaja a 12 Vdc-10A
- Torque de 80kgfcm



Figura 32. Motor reductor 12VDC

Fuente: (Wikimedia, 2017)

3.2.6. Planos

Para la parte mecánica se ha considerado mostrar la constitución y características de la plataforma a utilizarse, así como también detallar los distintos montajes requeridos en el mismo, estos planos se encuentran en los Anexos B-planos Mecánicos.

3.3. Diseño y construcción estructura base y soporte de plataforma

3.3.1. Selección del material para la estructura

Como se muestra en el punto 3.2.2.5 el material a utilizar es el acero inoxidable, Acero Astm 36 el cual permite mayor resistencia ante doblamientos, golpes.

3.3.2. Dimensiones

La estructura base permitirá acoger el área de elevación, que actuará como soporte del mismo, el peso de la persona y silla de ruedas; las medidas y forma de la estructura

se muestra Figura 33 y Figura 34.

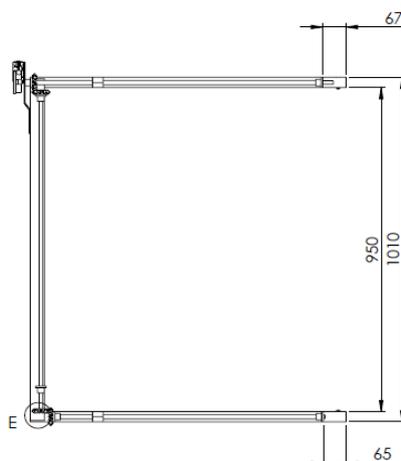


Figura 33. Dimensión de la estructura base (en milímetros)

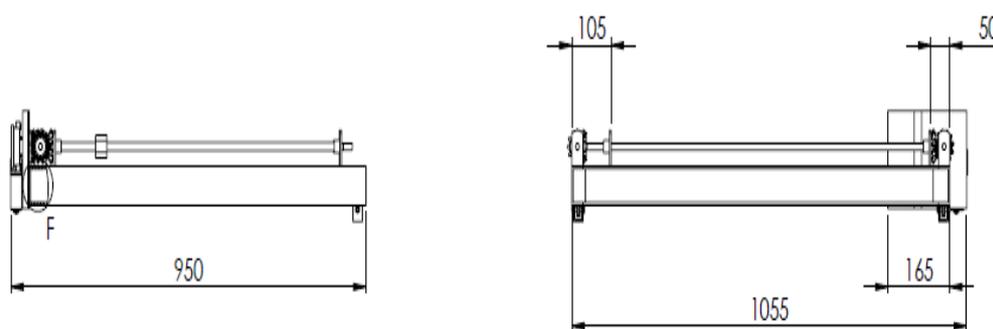


Figura 34. Dimensión de la estructura base (en milímetros)

3.3.3. Sistema de desplazamiento horizontal

El elevador automático deberá realizar desplazamiento horizontal para esto se utilizará un motor el cual permita accionar el movimiento de los ejes a través de los piñones helicoidales. Estos están detallados en el anexo Planos mecánicos.

3.3.3.1. Motor DC para el desplazamiento horizontal

El motor a utilizar es el seleccionado en el punto 3.2.5.8, motor con reductor utilizado en evaluaciones, vidrios eléctricos de los automóviles ya que cumplen con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento.

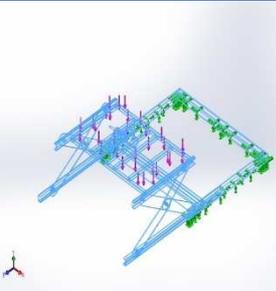
3.3.4. Sistema de desplazamiento vertical

El elevador automático deberá realizar desplazamiento vertical para esto se utilizará un motor el cual permita accionar el movimiento del área de elevación a través de del movimiento del motor. Estos están detallados en el anexo Planos mecánicos.

3.3.5. Simulación de la estructura base y soporte

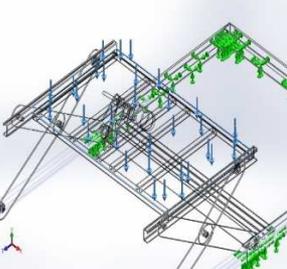
La estructura base comprende varios elementos sumado a este el área de elevación simulado anteriormente, se procederá a unir las partes mencionadas para mostrar una simulación de estructura en el programa Solid Works presentadas en las siguientes tablas; la Tabla 15 muestra las propiedades de las estructuras empleadas en la base y soporte con el área de elevación.

Tabla 15
Propiedades de la estructura elevación

Modelo 3D	Propiedades	Detalles de carga
	Nombre:	AISI 1020
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
	Límite elástico:	3.51571e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	4.20507e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson:	0.29
	Densidad:	7900 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.7e+010 N/m ²
	Coefficiente de dilatación:	1.5e-005 /Kelvin
		Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BASE-1/FRONTAL-1),

La Tabla 16 muestra el ensamblaje del área de elevación e indica la dirección de la fuerza a ser aplicada para la simulación de tensiones.

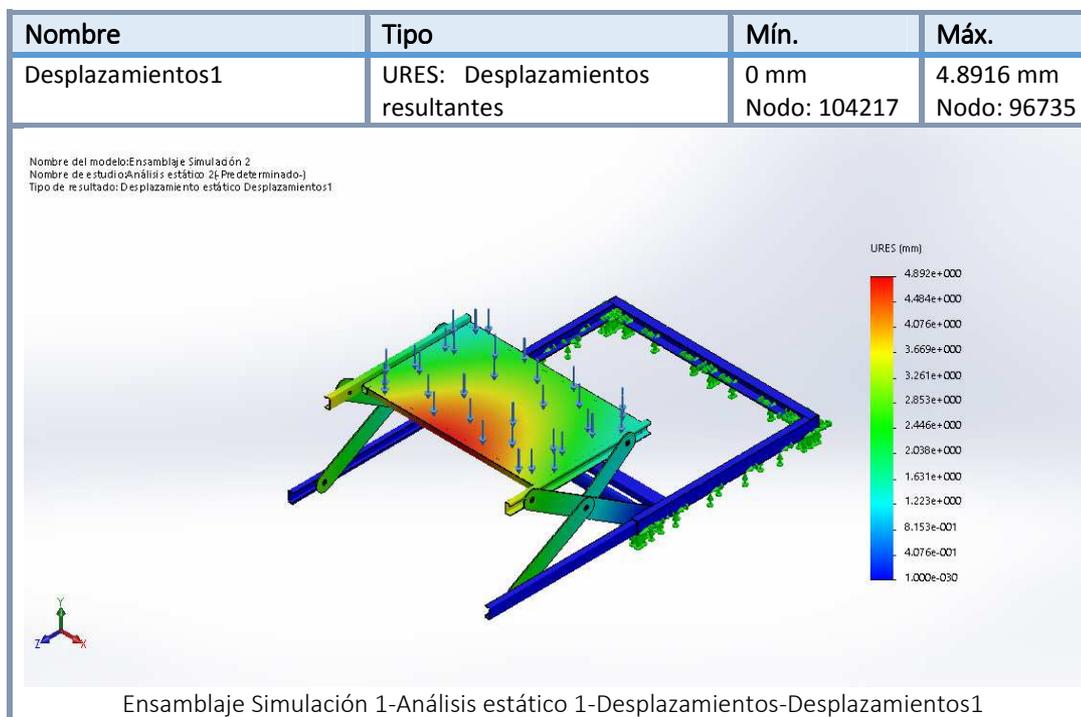
Tabla 16
Características de la pantalla de selección

Nombre de carga	Modelo 3D	Detalles de carga
Fuerza		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf

La Tabla 17 muestra el resultado de la simulación, el ensamblaje del área de elevación con la tensión aplicada.

Tabla 17

Características de la pantalla de procesos



3.3.6. Conclusiones

La estructura base diseñada soporta el peso de 250 kg y el peso del área de elevación sin provocar deformaciones en la estructura.

3.3.7. Planos

Para la parte mecánica se ha considerado mostrar la constitución y características de la plataforma a utilizarse, así como también detallar los distintos montajes requeridos en el mismo, estos planos se encuentran en los Anexos B-Planos Mecánicos.

CAPÍTULO IV

DISEÑO ELECTRÓNICO

4.1. Diseño electrónico del elevador

4.1.1. Requisitos

Dentro de los requerimientos funcionales para el desarrollo del proyecto, se considera necesario los parámetros mínimos que se deben cumplir en la parte electrónica del sistema de elevación, dentro de los cuales se destacan:

- Función principal
- Aplicación
- Acondicionamiento de señales
- Dimensiones
- Materiales
- Costos
- Operación
- Seguridad
- Ergonomía

Función Principal

Controlar el movimiento del elevador el cual se utilizará para el transporte de una persona en silla de ruedas hacia el vehículo.

Aplicación

El diseño electrónico del elevador servirá para accionar, controlar y visualizar el movimiento del elevador, facilitando el acceso de una persona en condición de discapacidad al vehículo, el cual se encuentra ubicado a 6.70 cm del piso.

Dimensiones

El máximo espacio a ocupar de la placa del elevador dentro del vehículo deberá ser del área 0,60x 0,50 cm, podrá ocupar un espacio mayor, pero de ser posible deberá tener dimensiones inferiores a esta.

Acondicionamiento de señales

Las señales de entrada y salida deberán tener un acondicionamiento para su buen manejo e ingreso al controlador a utilizarse.

Materiales

El sistema electrónico deberá ser construido en base a materiales que garanticen fiabilidad. Asimismo, el abastecimiento de sus componentes debe ser de fácil obtención en el mercado local permitiendo la rapidez de los trabajos de mantenimiento en caso se tenga que sustituir algún componente.

Costos

El elevador deberá ser lo más económico posible en función de su eficiencia, es decir deberá ser construido en base a materiales que obtengan la mejor relación coste/beneficio, se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento del mismo, los cuales deberán ser los más económicos posibles.

Operación

El elevador deberá proveer al usuario una interfaz amigable y eficiente para la operación y manipulación del mismo. En tal sentido, los pasajeros deberán acceder a la pantalla de control que se encuentra dentro del vehículo cercano al equipo de elevación en el cual podrá ejercer el control del desplazamiento horizontal derecho e izquierdo, así como el de subida y bajada del elevador, el cual deberá ser fácil de

manipular. También se considerará la posibilidad de que el usuario pueda direccionar el elevador a distancia a través de una aplicación móvil Android.

Seguridad

El elevador deberá cumplir con todas las medidas de seguridad que aseguren el funcionamiento sin mayores inconvenientes de la plataforma elevadora, se contará con un sistema de redundancia con los sensores para garantizar la seguridad y salud de las personas que transporte.

Ergonomía

El diseño de la interfaz del elevador deberá garantizar una fácil manipulación del mismo, es decir la persona que utilice el equipo deberá acceder con facilidad a los controles del mismo.

4.2. Elementos de control en el elevador

4.2.1. Control de movimiento

Para el control del movimiento del elevador, se realizará un sistema de supervisión y accionamiento a los motores del elevador; el sistema va a necesitar:

- Sensor fin de carrera
- Motores DC
- Pantalla TFT
- Aplicación Android
- Cables y otros.

4.2.2. Sistema de salida del elevador

Para que el elevador efectúe el movimiento de salida, dentro de la estructura base, debe realizar varios movimientos en la plataforma horizontal y de sus demás componentes, si esta se encuentra en su límite se detiene y permite el ingreso al usuario. Para realizar este sistema se va a necesitar:

- Sensor fin de carrera
- Motores DC
- Pantalla TFT
- Aplicación Android
- Cables y otros.

4.2.3. Sistema de guardado del elevador

Para que el elevador efectúe el movimiento de guardar, hacia la estructura base, debe realizar varios movimientos de la plataforma horizontal y de sus demás componentes, si esta se encuentra en su límite se detiene y el elevador estará guardado. Para realizar este sistema se va a necesitar:

- Sensor fin de carrera
- Motores DC
- Pantalla TFT
- Aplicación Android
- Cables y otros.

4.2.4. Control de la plataforma

Para tener control del elevador y este efectúe el movimiento, se necesita de un sistema que supervise, administre, revise las señales de los sensores, active actuadores, realice modificaciones y permita una función optima posible. Para realizar este sistema se va a necesitar:

- Microcontrolador
- Interfaz humano maquina(HMI)
- Protecciones
- Relés
- Circuitos acopladores
- Fuente de voltaje
- Panel de montaje
- Aplicación Android
- Cables y otros

4.3. Selección sensor limitador de carrera

Para el sensor limitador de carrera se va a realizar una selección que cumpla con las características deseadas para permitir el mejor funcionamiento del elevador.

Este sensor es de principal importancia en el elevador, para poder preservar el movimiento y la estructura del mismo en sus mejores condiciones.

Requisitos mínimos del sensor:

- Compacto
- Robusto
- Protocolo estándar automotriz
- Fácil de montar
- Regulable

4.3.1. Selección del sensor

Dado el mercado actual y de mayor popularidad se han seleccionado 3 tipos de sensores de fin de carrera:

- Fin de carrera
- Limitador Dip Switch
- Sensor de proximidad

4.3.2. Fin de carrera

Los interruptores o sensores finales de carrera, también llamados interruptores de posición, son interruptores que detectan la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico para cerrar o abrir una conexión eléctrica. (NDU, 2016).

Estos sensores son muy utilizados en el ámbito industrial, existen varios modelos de estos sensores los cuales se distingue por el elemento móvil que proporciona la señal eléctrica de salida. Como se muestra en la Figura 35, fin de carrera tipo palanca con rodillo.

Entre sus características, se destaca la unión entre el cabezal de operación y el cuerpo, que usa un innovador sistema de fijación de bayoneta del accionador, lo que permite removerlo y reposicionarlo sin la utilización de herramientas.



Figura 35. Sensor Fin de carrera

Fuente: (Xinling Electrical, 2016)

4.3.3. Limitador Pin Switch

El limitador Pin Switch es un disparador, sensor similar al que los fabricantes de automóviles usan en las puertas de los carros, este sirve para transportar señales,

generalmente de polaridad negativa que se encuentran en el chasis del vehículo (M, 2009).

El pin Switch opera bajo dos condiciones:

Al conectarse al chasis del vehículo mediante las tuercas rojas como se muestra en la Figura 36, y si esta sufre alguna presión en el cilindro se corta la señal transportada del chasis al cable conector.

Si el cilindro no está sometido a presión, esta transmite la señal negativa del chasis hacia el cable conector como se puede observar en la Figura 36.

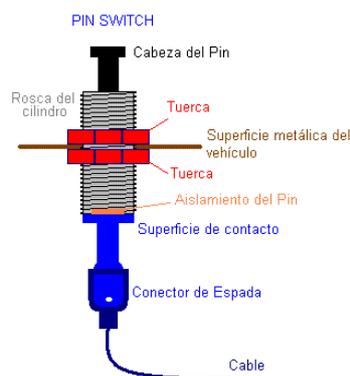


Figura 36. Sensor Pin Switch (M, 2009)

Fuente: (M, 2009)

4.3.4. Sensor de proximidad

Es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan, como se muestran en la Figura 37; los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y los fotoeléctricos, como el de infrarrojos (Wikipedia, 2016).



Figura 37. Sensor de proximidad

Fuente: (MIndiamart, 2016)

4.3.5. Matriz morfológica

Para la selección del sensor a ocupar se establecerá una matriz morfológica la cual permitirá describir las ventajas y desventajas de los dispositivos se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18

Matriz morfológica sensor limitador de carrera

	Sensor de fin de carrera	Sensor Pin Switch	Sensor Proximidad
Gráfico			
	Tamaño compacto	Tamaño compacto	Tamaño compacto
Ventajas	Montaje superficial	Montaje superficial con regulación	Montaje superficial con regulación
	Precio reducido	Precio muy reducido	Precio alto
	Trabaja como interruptor (NA/NC)	Trabaja como interruptor (NC)	Trabaja como interruptor (NA/NC)
	Ambiente Industrial	Ambiente Automotriz	Ambiente Industrial
Desventajas	Velocidad de detección baja	Velocidad de detección baja	Velocidad de detección baja
	Rebotes en el contacto	Rebotes en el contacto	Sensible a golpes
	depende de la fuerza	depende de la fuerza	depende de la distancia

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del sensor a utilizar, se detallan en la Tabla 19.

Los requerimientos son:

- Costo 30/100
- Tamaño 20/100
- Funcionalidad 20/100
- Montaje 20/100
- Acoplamiento 10/100

Costo

El sensor con mayor popularidad, adquisición y bajo precio se asignó un valor de 30 puntos, siendo cero el valor cuando el sensor es de difícil adquisición y precio alto.

Tamaño

El tamaño del sensor es de gran importancia debido a que se requiere ocupar el menor espacio posible haciendo más fácil el montaje y facilitando el conexionado de los elementos. Menor tamaño se asigna 20 puntos y de mayor tamaño 0 puntos.

Funcionalidad

El sensor de mayor facilidad de funcionamiento se asigna el valor de 20 puntos y de mayor complejidad cero.

Montaje

El sensor debe ser de fácil montaje, desmontaje y regulación, así permitirá realizar mantenimiento e instalación rápida y sencilla. Se asignó el valor de 20 puntos al cumplimiento de este requerimiento.

Acoplamiento

El sensor con más conexiones de elementos externos para el acople con el controlador se asigna el valor de cero al de menor conexiones 10 puntos.

Tabla 19
Puntajes del sensor limitador

	Fin de Carrera	n Pi Switch	Sensor proximidad
Costo	30	30	20
Tamaño	20	20	15
Funcionalidad	10	20	10
Montaje	10	20	10
Acoplamiento	10	5	5
Total	80	95	60

4.3.6. Conclusión

De los 3 tipos de sensores el que obtuvo mayor puntuación es el Sensor Pin Switch ya que cumple con los requerimientos necesarios para el funcionamiento, su diseño compacto, conectividad, fácil manejo, costo lo hacen el más idóneo en la implantación del elevador automático.

4.4. Controlador del sistema

Para la automatización del proceso es necesario el uso de controlador, existen varias alternativas de la cual se realizará una selección de acuerdo a las necesidades planteadas y su grado de complejidad. En los cuales tenemos:

- Microcontrolador PIC 16F877A

- Arduino modelo Atmega
- PLC
-

4.4.1. Selección del tipo de controlador

4.4.1.1. Microcontrolador PIC 16F877A

PIC 16F887A es un microcontrolador programable capaz de realizar diferentes actividades, permite ser reprogramado el número de veces que se necesite, procesa datos digitales, control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

El microcontrolador genera un consumo de potencia muy bajo, en la Figura 38 se muestra el microcontrolador en un encapsulado de 40 pines y en la Tabla 20 las características del mismo.

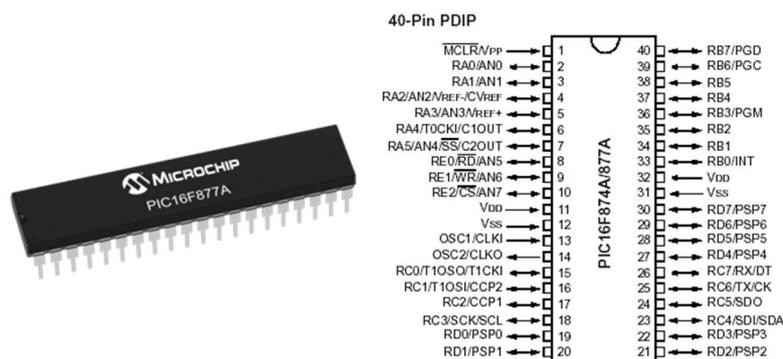


Figura 38. Microcontrolador PIC16F877A

Fuente: (Microchip Technology, 2003)

Tabla 20

Características del microcontrolador

	PIC16F877A
Voltaje de funcionamiento	3.0-5.5 VDC
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Puertos	A,BC,D,E
Numero de pines	40 Pines
Comunicación Serial	MSSP, USART
Canal PWM	10 Bits
Precio	Muy económico

4.4.1.2. Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto y hardware ampliable. El logo de se muestra en la Figura 39, software de Arduino es fácil de usar para los usuarios, pueden ser ejecutados en Mac, Windows y Linux. (ARDUINO, s.f.); las placas Arduino son relativamente baratos en comparación con otras plataformas de microcontroladores. Características del Arduino se detallan en la Tabla 21.



Figura 39. Arduino

Fuente: (Arduino, 2017)

Tabla 21

Características del Arduino

Arduino	
Asequible	Los Arduinos son relativamente baratos en comparación con otras plataformas de microcontroladores.
Multiplataforma	El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux.
Código abierto	El software de Arduino trabaja con código abierto, a través de bibliotecas de C ++, y la programación C AVR.
Hardware ampliable	Las placas Arduino usan licencia Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo y mejorándolo.

4.4.1.3. PLC

PLC es un dispositivo electrónico, basado en un microprocesador o microcontrolador, diseñado para controlar procesos secuenciales y trabajar en un ambiente industrial con el fin de controlar un dispositivo o proceso, en la Figura 40, se muestra diferentes tipos de PLC de la marca Siemens y sus características descritas en la Tabla 22.



Figura 40. PLC Siemens

Fuente: (Control Concepts, 2016)

Tabla 22

Características de las pantallas de mantenimiento

PLC	
Tiempo	Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
Modular	Puede expandirse a través de entradas y salidas digitales, análogas, así como también con unidades remotas y de comunicación.
HMI	Permite la conexión de HMI para mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus órdenes e informando del estado del proceso.
Comunicación	Plc ofrecen estándares globales para la comunicación y el intercambio de datos entre plc a tiempo real.

4.4.1.4. Matriz morfológica

La matriz morfológica muestra las ventajas y desventajas de cada elemento de control preseleccionado, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador observar que equipo podría satisfacer mejor sus necesidades; estas se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23

Matriz morfológica selección del controlador del elevador.

Gráfico	Microcontrolador	Arduino	PLC
			
Ventajas	Tamaño compacto	Tamaño compacto	Tamaño compacto
	Montaje superficial	Plataforma de código y hardware abierto	Montaje superficial sencillo
	Precio muy reducido	Precio reducido	Precio alto
	código de programación libre	Gran cantidad de librerías	Robusto y fiable
	Varias E/S	Varias E/S	Ambiente Industrial
Desventajas	Necesita de una placa base	Susceptible a variación de voltaje	Requieren de licencias
	No tiene HMI	Velocidad de detección baja	Precio alto
	Susceptible a variación de voltaje	PCB del Arduino	E/S limitadas

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del sensor a utilizar; los requerimientos son detallados en la Tabla 24:

- Costo

20/100

- Tamaño 10/100
- Funcionalidad 10/100
- Montaje 10/100
- Acoplamiento 20/100
- Interfaz Humano Maquina 20/100
- Adquisición 10/100

Tabla 24**Puntaje controlador**

	Microcontrolador	Arduino	LC
Costo	20	20	0
Tamaño	10	10	0
Funcionalidad	5	10	0
Montaje	0	10	0
Acoplamiento	0	10	5
HMI	0	20	0
Adquisición	10	10	0
Total	45	90	0

4.4.1.5. Conclusión

Arduino es el más idóneo para la implementación de un sistema de control o automatización no industrial, al tener un buen tamaño y accesibilidad al precio y poseer una infinidad de módulos de expansión, cuenta con una interfaz humano-maquina, junto a su sencilla y rápida programación y a su fácil implementación, hacen del Arduino la mejor opción para una implementación.

4.4.2. Selección del Arduino

En la selección del Arduino se procederá con preselección de 3 tipos de Arduino los de mayor popularidad y más utilizados en el mercado actual.

4.4.2.1. Arduino UNO

Arduino Uno es una de las placas electrónicas de la familia Arduino que utiliza un microcontrolador ATmega328, basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar a trabajar (Arduino, 2016); su diseño se muestra en la Figura 41, y sus características se detallan en la Tabla 26.



Figura 41. Arduino UNO

Fuente: (ARDUINO S.R.L, 2016)

Tabla 25

Características Arduino UNO

Arduino	UNO
Tensión de funcionamiento	5VDC
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12VDC
Voltaje de entrada (límite)	6-20VDC
E / S digitales prendedores	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2 KB (ATmega328P)

4.4.2.2. Arduino Leonardo

El Arduino Leonardo es una placa con un microcontrolador ATmega32U4, su diseño es sencillo y económico y se muestra en la Figura 42. Una de las ventajas de este microcontrolador es que dispone de USB nativo por hardware y por lo tanto no necesita de ninguna conversión serie-USB. (Arduino, 2016). También permite a la placa ser utilizada y programada como un dispositivo de entrada para emular un teclado, ratón; sus principales características se detallan en la Tabla 26.



Figura 42. Arduino Leonardo

Fuente: (Arduino, 2016)

Tabla 26

Características Arduino Leonardo

Arduino	Leonardo
Tensión de funcionamiento	5VDC
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12VDC
Voltaje de entrada (límites)	6-20VDC
E / S digitales predefinidos	20
Canales PWM	7
Los canales de entrada analógicos	12
Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega32u4)
SRAM	2,5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm

4.4.2.3. Arduino Mega

El MEGA 2560 es una placa con un microcontrolador ATmega2560, el cual permite mayores velocidades de transmisión por su puerto USB y no requiere drivers para Linux o MAC además cuenta con la capacidad de ser reconocido por el PC como un teclado, mouse, joystick, etc (Arduino, 2016).

Su diseño se muestra en la Figura 43, y sus características se detallan en la Tabla 27, este modelo de Arduino ocupa un espacio más grande que los anteriores modelos mencionados, es muy utilizado para proyectos con mayor uso de entradas y salidas.



Figura 43. Arduino Mega 2560

Fuente: (2017Hackster, Inc)

Tabla 27

Características Arduino Mega

Arduino	Mega
Tensión de funcionamiento	5VDC
Voltaje de entrada	7-12VDC
Voltaje de entrada (límite)	6-20VDC
E / S digitales	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	dieciséis
Corriente continua para Pin I/ O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB.8 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

4.4.2.4. Matriz morfológica

La matriz morfológica muestra las ventajas y desventajas de cada elemento de control preseleccionado, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador el observar que equipo podrá satisfacer mejor sus necesidades; la matriz se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Matriz morfológica Arduino del sistema

Gráfico	Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Atmega
			
Ventajas	Tamaño compacto	Tamaño compacto	256KB de memoria flash
	Plataforma de código y hardware abierto	Plataforma de código y hardware abierto	Plataforma de código y hardware abierto
	Precio muy reducido	Precio reducido	Precio reducido
	14 pines E/S digitales	20 pines E/S digitales	54 pines E/S digitales
	Trabaja con voltajes 7 y 12v	0,5 KB de memoria flash	Dispone de HMI
Desventajas	Susceptible a variación de voltaje	Susceptible a variación de voltaje	Susceptible a variación de voltaje
	No tiene HMI	No tiene HMI	PCB tamaño reducido
	Baja memoria flash	E/S Limitadas	E/S limitadas

Se establecerá una puntuación sobre 100, para valorar los requerimientos necesarios del sensor a utilizar; detallados en la Tabla 29.

Los requerimientos son:

- Costo 20/100
- Tamaño 10/100
- Funcionalidad 10/100
- Montaje 10/100
- Acoplamiento 20/100
- Interfaz Humano Maquina 20/100
- Adquisición 10/100

Tabla 29**Puntaje modelos Arduino**

	A. UNO	A. Mega	A.Leon ardo
Costo	20	20	20
Tamaño	10	5	10
Funcionalidad	5	10	5
Montaje	10	10	10
Acoplamiento	10	15	10
HMI	0	20	0
Adquisición	10	10	10
Total	65	90	65

4.4.2.5. Conclusión

Arduino mega es el más idóneo para la implementación de un sistema de control o automatización no industrial, al tener un buen tamaño, accesibilidad, precio y gran cantidad de entradas, salidas y poseer una infinidad de módulos de expansión, cuenta con una interfaz humano- maquina, junto a su sencilla y rápida programación y a su fácil implementación, hacen del Arduino la mejor opción para una implementación.

4.4.3. Conexión del Arduino Mega

Para montar el Arduino atmega en el panel que va a hacer designado de control, se debe de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Desconectar siempre la alimentación antes de cablear, montar o desmontar el Arduino.
- Separar siempre el cableado dc y el cableado de señal
- Los cables deben tener una longitud que brinde un alivio de tracción en el caso necesario.

El Arduino Mega soporta máximo, 54 entradas digitales, 24 entradas analógicas, 16 entradas PWM y Comunicación serial.

4.4.3.1. Conexión sensores Arduino Mega

Las entradas del Arduino mega funcionan a 5VDC, se utilizarán 12 sensores con las entradas A4-A15 del Arduino, los sensores funcionan con potencial de referencia masa para cual se necesita un circuito de acoplamiento.

4.4.3.2. Conexión de las salidas

Para las salidas del Arduino, se utilizarán las salidas A0-A3 Y D8-D13 el cual permitirá activar los actuadores correspondientes.

4.4.3.3. Limitación de entradas y salidas Arduino Mega

Las entradas y salidas seleccionadas del Arduino se detallan en la Tabla 30 y vienen dadas por la utilización de cada sistema, entre los sistemas que se utilizaran serán:

- Sistema de control
- Sistema de guardado
- Sistema de ingreso
- Sistema Bluettooh

Tabla 30
Entradas y salidas Arduino

E/S	Entradas	salidas
A0		X
A1		X
A2		X
A3		X
A4-A15	X	
D8-D13		X

Se requiere un total de 12 entradas las cuales son entradas digitales básicas, y con un total de 10 salidas que serán conectadas a los relés. El Arduino mega cubre también la necesidad de entradas y salidas para conectar módulo bluetooth y la pantalla TFT.

La Tabla 31 muestra las entradas y salidas necesarias para cubrir los requerimientos ya planteados del elevador.

Tabla 31
Entradas y salidas para módulos externos

E/S	TFT	Bluetooth
D22-D53	X	
3.3 VDC	X	
GND	X	
TX1		X
TR1		X

4.5. Circuito de potencia

En el diseño, los circuitos de potencia son utilizados para proteger a los dispositivos en el control, siendo estos entre el controlador y los actuadores. Para el funcionamiento del elevador, se diseñó un circuito de potencia, basado en 10 relés de 12VDC, y con una capacidad de hasta 20A cada uno, por mediciones y

experimentación la corriente más alta que se va a tener es de hasta 10A, en los motores de 12VDC.

4.5.1. Diseño de circuito de potencia

En el diseño y construcción del circuito de potencia se consideró varios puntos:

- Fuente de alimentación
- Protecciones
- Entradas para activación de los relés
- Led indicador

Se utilizó el programa Isis Proteus para el diseño electrónico, simulaciones y conocer comportamientos de los circuitos. En la Figura 44, se muestra el esquema implementado en el acondicionamiento de la señal de salida.

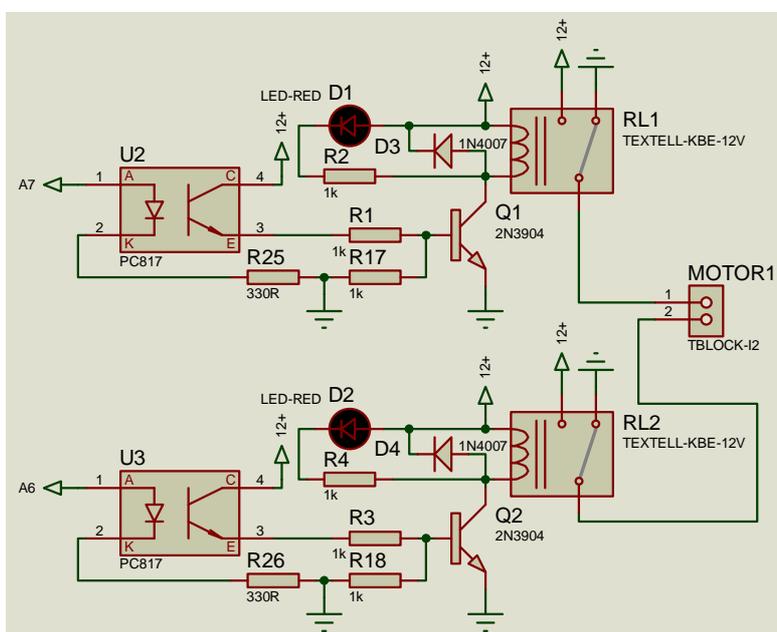


Figura 44. Diagrama de conexión de relés de salida a motores.

4.5.2. Diseño placa del circuito de potencia

Se procede a realizar la puesta de los componentes del circuito en el programa de diseño Ares Proteus, y realizar el mapeado de las líneas de la PCB como se observa en la Figura 45.

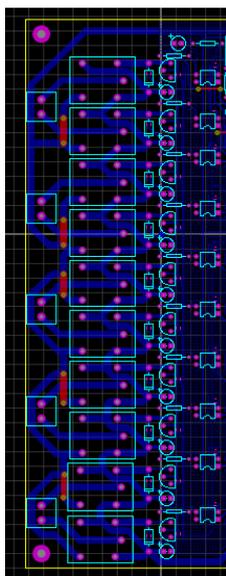


Figura 45. PCB circuito de potencia

4.6. Circuito de acoplamiento de sensores

Los sensores utilizados funcionan con potencial referencia a masa (chasis de carro), La batería del vehículo entrega 12 VDC a 10 A, se utilizará las entradas del Arduino digitales que trabajan con 0 a 5 VDC, siendo necesario realizar un circuito de acoplamiento, el cual permita tomar los 12VDC, y dar una salida de 5VDC.

4.6.1. Características de diseño

El circuito de acoplamiento de señal de los sensores debe:

- Interpretar la señal de 12 voltios y dar 5 voltios a la salida.
- Tomar la señal y proteger los elementos de variaciones de voltaje y corriente.
- Indicador de activación de la señal del sensor

4.6.2. Diseño del circuito acople

Se utilizó octoacopladores PC817 ya que permite aislar un circuito de alto voltaje y alta corriente de un circuito de bajo voltaje; como se observa en la Figura 46, se utilizó el programa Isis Proteus para el diseño electrónico, simulaciones y conocer comportamientos de los circuitos.

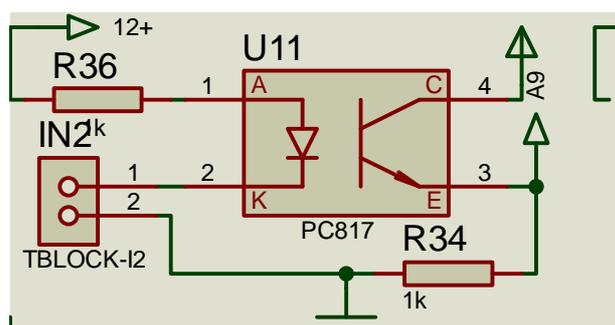


Figura 46. Diagrama de conexión del octoacoplador

4.6.3. Diseño placa del circuito

Se procede a realizar la puesta de los componentes del circuito en el programa de diseño Ares Proteus, y realizar el mapeado de las líneas de la Pcb como se observa en la Figura 47.

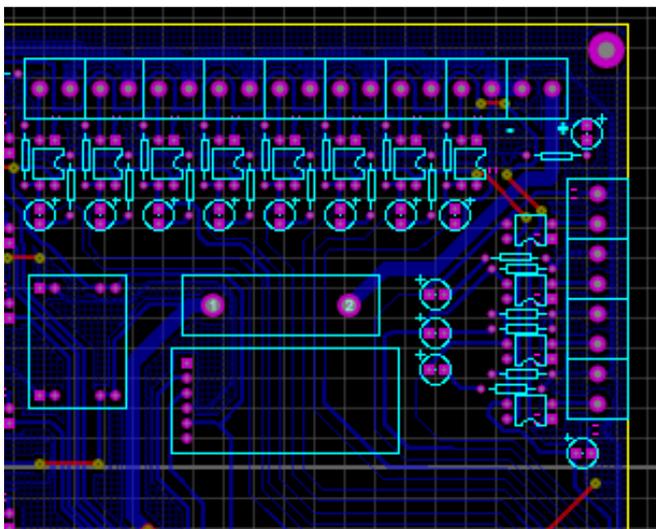


Figura 47. PCB circuito de potencia.

4.7. Diseño de la interfaz del sistema

Para una buena interacción hombre-máquina es necesario que el usuario disponga de una interfaz de fácil uso y a su vez con la información suficiente para que el mismo tenga, en todo momento, un dominio total del elevador y su vez sepa el estado en el que se encuentra el elevador.

4.7.1. Criterios del software y hardware

Para la realización del diseño de la interfaz se utilizó el software de programación Arduino, dicho software se basa en la programación processing; el criterio más importante tomado en cuenta en la selección de este software.

Su facilidad de crear interfaces gráficas y también la facilidad de programación que este software presenta, ya que esta programación se embeberá en el mismo controlador Arduino mega250.

En la parte de hardware se utilizó una pantalla TFT de 4.3 pulgadas, el cual detecta la presión del dedo en cualquier parte de la pantalla y posee una función de conexión de tarjeta SD; su tamaño compacto permite optimizar espacio.

Para su correcto funcionamiento se utilizó una Shield TFT el cual permite adaptar las señales del microcontrolador a la pantalla TFT estos dispositivos se muestran en la Figura 48 y Figura 49 .

En el diseño, los circuitos de potencia son utilizados para proteger a los dispositivos en el control, siendo estos entre el controlador y los actuadores. Para el funcionamiento del elevador, se diseñó un circuito de potencia, basado en 10 relés de 12VDC.

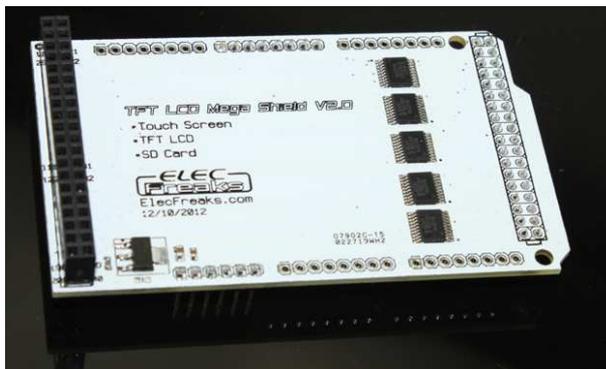


Figura 48. Shield TFT

Fuente: (INDIEGOGO, 2016)



Figura 49. Pantalla TFT, 4.3 pulgadas

Fuente: (Electrónica ElectroPro - Piura, 2017)

4.7.2. Desarrollo de la interfaz HMI

Para la interacción entre el usuario y el elevador es necesario que la interfaz sea lo suficiente entendible y amigable con el usuario, para que sea capaz de controlar el elevador y la plataforma sin mayores inconvenientes. En la Figura 50, se muestra el diseño de la interfaz, con cada una de las opciones para el control de los motores del elevador.

Las diferentes acciones que realizara cada uno de los botones, para el control del elevador, son enviadas hacia el microcontrolador, en donde cada acción está relacionada a un comando en específico.



Figura 50. Interfaz pantalla TFT.

Para que el elevador realice todas las operaciones ordenadas por usuario es necesario que el usuario seleccione el modo a utilizar. El modo ingreso es el encargado de permitir al elevador desplazarse en modo horizontal y vertical e ubicarlo a nivel del piso suelo o a nivel del auto (arriba), cuando se ejecute esta operación los demás modos dejan de funcionar hasta terminar la acción, como se observa en la Figura 51.



Figura 51. Interfaz modo ingreso

El modo manual, es el encargado de permitir al elevador desplazarse en modo horizontal y vertical mediante los botones de dirección como se muestra en la Figura

52, cuando se ejecute esta operación los demás modos dejan de funcionar hasta terminar la acción.



Figura 52. Interfaz modo manual

El modo guardar se observa en la Figura 53, es el encargado de permitir al elevador desplazarse en modo horizontal y vertical e ubicarlo a su posición inicial, el cual es dentro del vehículo donde será instalado, cuando se ejecute esta operación los demás modos dejan de funcionar hasta terminar la acción.



Figura 53. Interfaz modo guardar

El modo ayuda permite visualizar una ventana de ayuda en cual se muestra información de los modos de control e información sobre la empresa para soporte técnico, como se muestra en la Figura 54.

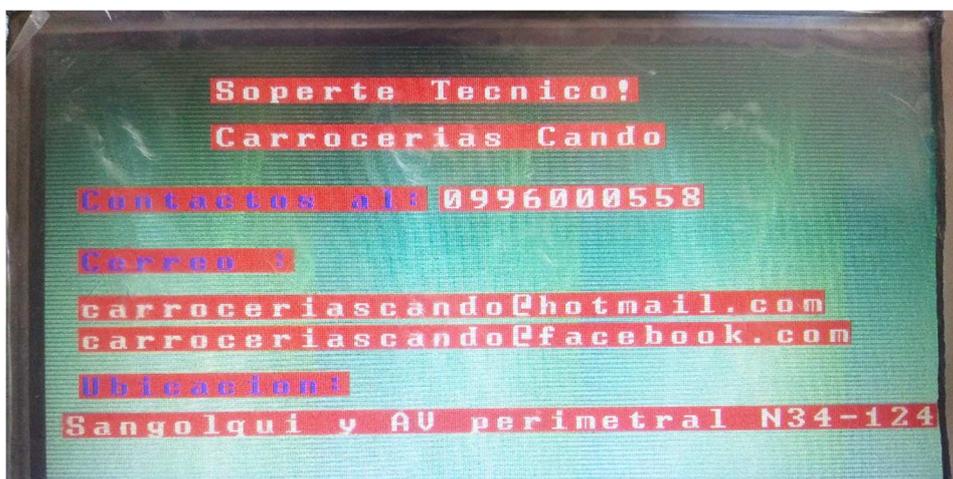


Figura 54. Interfaz modo ayuda

4.8. Diseño de la interfaz dispositivo móvil

Realizar una interface en un dispositivo móvil, facilita el uso y manipulación de parámetros para controlar los procesos, para el caso puntual del proyecto se tiene varias ventajas al tele-operar el elevador con la ayuda de un dispositivo móvil.

La principal ventaja es la facilidad de movimiento, puesto que el operador se puede cambiar de ubicación en el entorno mientras ejecuta los comandos, debido a que el elevador lleva el módulo bluetooth.

La selección del software para realizar el HMI en el dispositivo móvil, es tomada en cuenta básicamente por el tipo de comunicación que puede realizarse para comunicarse con el entorno. App inventor es una plataforma que permite crear, desarrollar aplicaciones móviles en dispositivos Android, esta se muestra en la Figura 55.

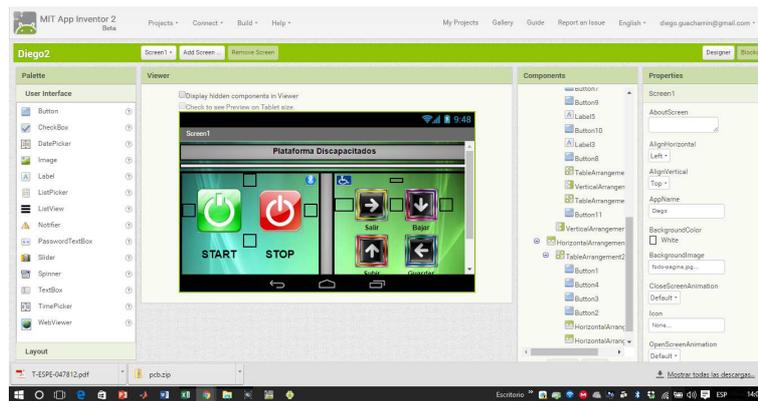


Figura 55. App Inventor desarrollo de la interfaz.

4.8.1. Diseño de la interfaz en App Inventor

La creación de aplicaciones de software para el sistema operativo Android se lo realiza de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, el usuario puede ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación como se muestra en la Figura 56.

La interfaz realizada en app inventor es semejante a la desarrollada en la pantalla TFT ya q tendrá los mismos modos de operación y también gráficos como se muestra en la Figura 57.

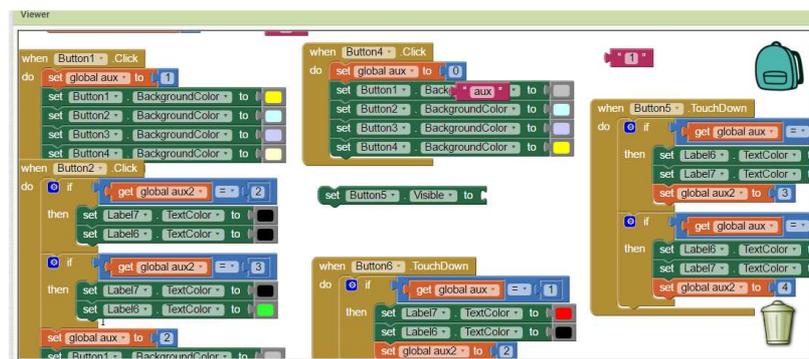


Figura 56. Estructura de la aplicación en bloques.



Figura 57. Emulador App inventor interfaz grafica

4.9. Conexionado del elevador

Para la selección del conductor adecuado a utilizarse en los conexionados del elevador es necesario analizar las magnitudes eléctricas a los que estarán expuestos, así como las distancias de los conductores y disponibilidad en el mercado.

Suponiendo que se requiere dar una vuelta completa de cableado a través de las dimensiones del tablero se sabe que la mayor distancia posible a cubrir sería aproximadamente 5m, es por esto que este valor es tomado para realizar el cálculo o dimensionamiento del conductor.

El voltaje del sistema al tratarse de equipos alimentado con corriente continua es de 12 VDC. Se calcula la sección transversal del conductor mediante la siguiente formula:

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{V}$$

En donde:

S: sección transversal del conductor.

ρ : resistividad volumétrica.

L: longitud del conductor.

I: corriente del sistema.

V: voltaje del sistema.

Ahora, teniendo en cuenta que el conductor a utilizarse es constituido de cobre:

$$\rho = 0.017241[\text{mm}^2\Omega/\text{m}]$$

Con la anterior ecuación se tiene:

$$S = \frac{2 * 0.017241 * 5 * 10}{12}$$

$$S = 0.1436 [\text{mm}^2]$$

Por lo tanto, se requiere un conductor con una sección transversal de mínimo 0.1436, teniendo en cuenta que el conductor elegido es tipo THHN con calibre del cable de 20AWG para conexiones de los sensores y actuadores al tablero de control.

4.9.1. Planos

Los planos electrónicos para el presente proyecto fueron desarrollados en las revisiones para construcción. Los mismos que se encuentran detallados de mejor manera en el Anexo C-Planos Electrónicos.

CAPÍTULO V

PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

5.1. Determinación de características de programación del Arduino

El Programa de Control es el que permite manejar las salidas (motores) de acuerdo con los eventos que se produzcan, tanto por los sensores como por los cambios que haga el usuario presente en el lugar por medio de la pantalla TFT o vía remota mediante su terminal celular.

La plataforma Arduino se programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing que es similar a C++. En el cual se ha implementado un conjunto de instrucciones que permiten una programación estructurada de la lógica de control diseñada.

Se determinan las principales características del programa del elevador automático en las cuales encontramos:

- Controlar el movimiento del elevador
- Direccionar el movimiento de la persona con discapacidad
- Elevar a la persona en silla de ruedas
- Guardar el elevador automáticamente
- Controlar al elevador con la pantalla TFT
- Controlar el elevador desde el móvil

5.2. Librerías implementadas en la programación del Arduino

El entorno Arduino se puede extender mediante el uso de bibliotecas, igual que la mayoría de las plataformas de programación. Las bibliotecas proporcionan funcionalidad adicional para su uso en bocetos, por ejemplo, trabajar con el hardware o manipular los datos. (Arduino, 2016).

Las librerías vienen incluidas en el IDE de Arduino, se pueden descargar o crear propiamente, las principales librerías a utilizar en el desarrollo del programa son: SD, SoftwareSerial, TFT.

SD

Esta librería permitirá utilizar imágenes guardadas en la memoria y poder mostrarlas en la pantalla TFT

Software Serial

Esta librería permitirá para la comunicación serie en cualquier pin digital. Así se podrá comunicar con el módulo bluetooth y el móvil.

Pantalla TFT

Esta librería permite la elaboración de texto, imágenes y formas en la pantalla TFT de Arduino.

5.2.1. Descripción y funcionamiento de las rutinas implementadas

En este punto se detallará el funcionamiento de cada una las rutinas y subrutinas implementadas en el controlador Arduino que permiten el funcionamiento del elevador automático, se detallaran mediante su respectivo diagrama de flujo.

5.2.1.1. Rutina de encendido

Esta rutina se ejecuta cada vez que se realiza el encendido del controlador Arduino, en esta muestra una imagen de inicio de la marca auspiciante y apaga todos los actuadores del elevador, además evita activaciones inesperadas de procesos que no hayan sido desactivados antes de apagar el elevador.

5.2.1.2. Rutina de ingreso a silla de ruedas

Esta rutina del programa contiene un conjunto de instrucciones y lógica necesaria para controlar el movimiento del elevador para el ingreso y descenso de la persona en sillas de ruedas ya sea desde el piso o desde el interior del vehículo. Para ello se utilizan varias instrucciones implementadas en las subrutinas y detalladas en el punto 5.2.2.

5.2.1.3. Rutina manual

Esta rutina del programa contiene un conjunto de instrucciones y lógica necesaria para controlar el movimiento del elevador. Permitiendo el control de todos los actuadores del elevador, los cuales son: desplazamiento vertical, desplazamiento horizontal, desplazamiento plataforma horizontal, rampa, brazos (baranda). Para ello se utilizan varias instrucciones implementadas en las subrutinas y detalladas en el punto 5.2.3.

5.2.1.4. Rutina de ayuda

Esta rutina del programa contiene un conjunto de instrucciones que brindan información al usuario del manejo del elevador presentado imágenes y texto con la información adecuada al. Para ello se utilizan varias instrucciones implementadas en las subrutinas y detalladas en el punto 5.2.5.

5.2.1.5. Rutina de comunicación Bluetooth

Esta rutina del programa contiene un conjunto de instrucciones que permiten la comunicación serie del controlador Arduino y la aplicación móvil Android, estableciendo tipo de comunicación, velocidad de transmisión, y datos a enviar y recibir.

5.2.1.6. Rutina principal

Esta rutina del programa contiene un conjunto de instrucciones que se encargan de ejecutar las subrutinas programadas para cada proceso del elevador, esto lo realiza utilizando variables que indican que subrutinas deben ejecutarse primero, en la Figura 58, se muestra el diagrama de flujo de la rutina principal.

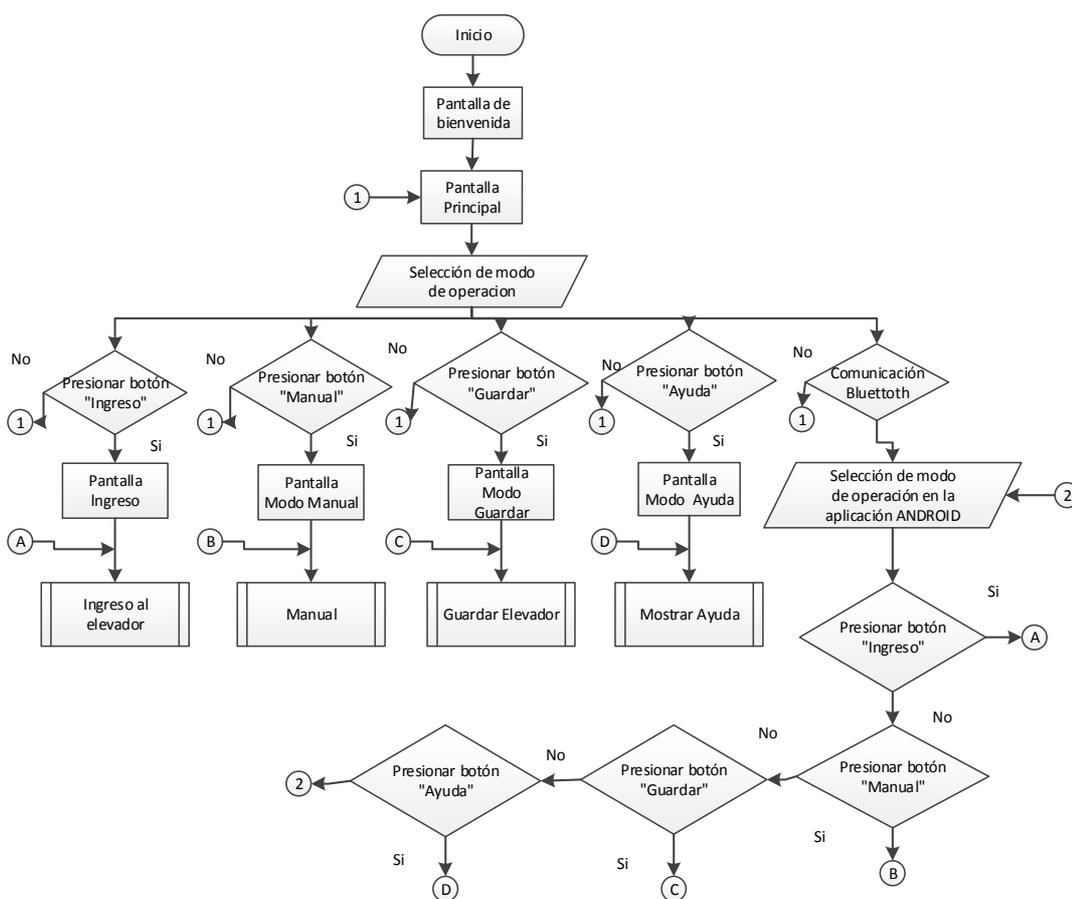


Figura 58. Diagrama flujo rutina principal

5.2.2. Subrutina ingreso al elevador

La subrutina del ingreso al elevador realiza el control de activación de los relés de los motores del elevador mediante el estado de los sensores limitadores de carrera. El elevador se puede encontrar ubicado en dos partes a la altura del vehículo y dentro del vehículo en su estructura base, la cual será identificada por los sensores el cual permitir establecer la lógica necesaria para llevar al elevador al piso o al auto según

sea el caso, y permitir al usuario el acceso con su silla de ruedas. Su diagrama se muestra en la Figura 59.

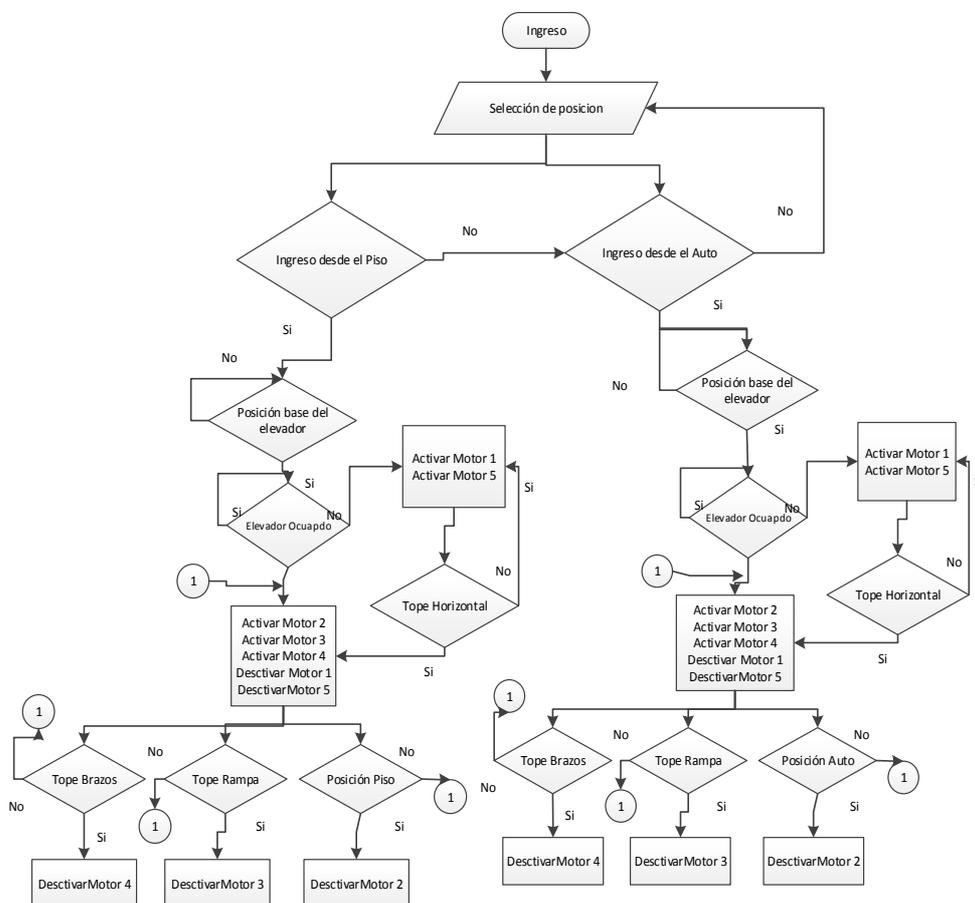


Figura 59. Diagrama de flujo, subrutina ingreso

5.2.3. Subrutina manual

La subrutina gestiona la activación de los relés de los motores del elevador, dependiendo de la información ingresada en la pantalla TFT. Los motores a controlar permiten los diferentes movimientos del elevador como son desplazamiento vertical, desplazamiento horizontal, movimiento de los brazos (barandas), movimiento de la rampa, mediante el estado de los sensores limitadores de carrera; su diagrama de flujo se muestra en la Figura 60.

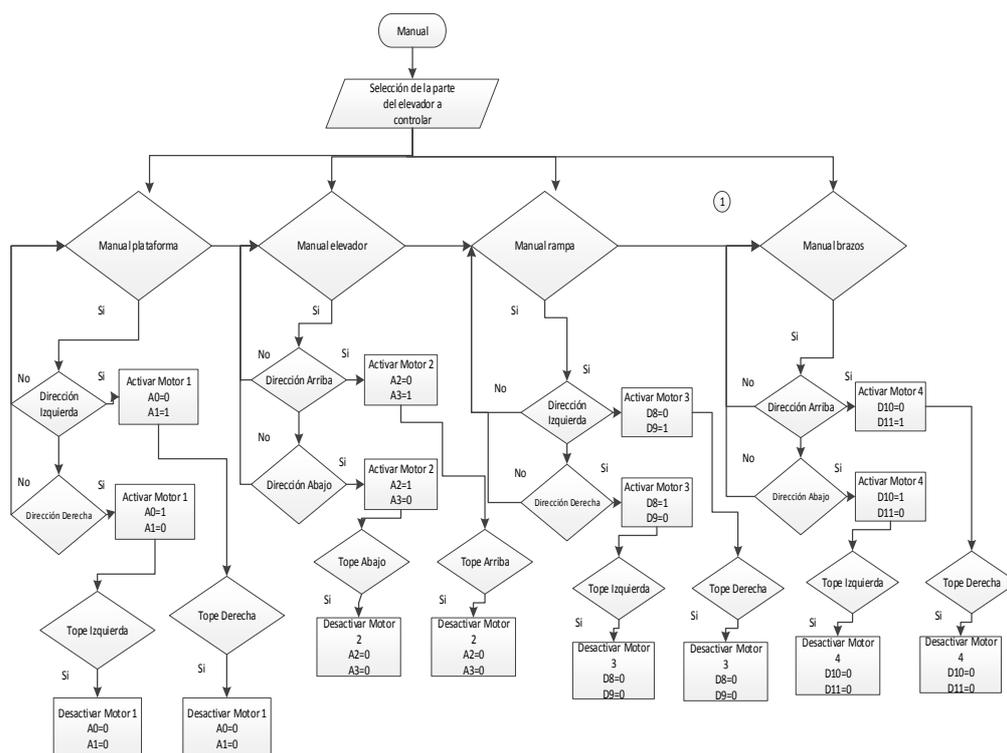


Figura 60. Diagrama de flujo, subrutina manual

5.2.4. Subrutina guardar elevador

La subrutina gestiona la activación de los relés de los motores del elevador, mediante el estado de los sensores limitadores de carrera. El elevador se puede encontrar ubicado en dos partes a nivel del piso, a la altura del vehículo para el ingreso la cual será identificada por los sensores el cual permitir establecer la lógica necesaria para llevar al elevador dependiendo de su ubicación a la estructura base; su diagrama de flujo se muestra en la Figura 61.

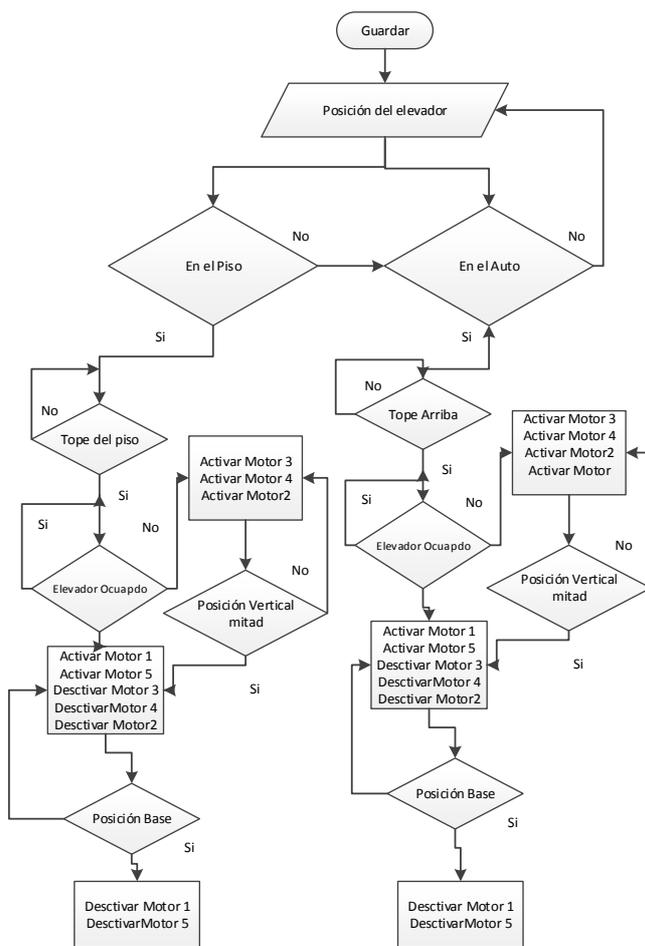


Figura 61. Diagrama de flujo, subrutina guardar

5.2.5. Subrutina mostrar ayuda

La subrutina gestiona el uso de la pantalla TFT, haciendo un barrido de pantalla, cargado fondo e insertando necesario para brindar información correcta sobre el soporte técnico del elevador, su diagrama de flujo se muestra en la Figura 62.

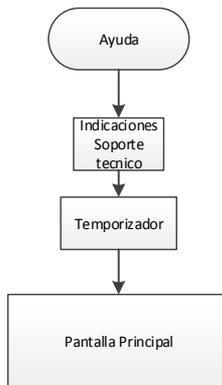


Figura 62. Diagrama de flujo, subrutina ayuda

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. Tipos de pruebas

En esta etapa se verificará el funcionamiento del elevador, para saber si este cumple con los requerimientos planteados. Se va a tomar varios aspectos esenciales en las pruebas en el cual se podrá conocer si el elevador, cumple los requerimientos necesarios para el funcionamiento.

En las pruebas se va a establecer 3 tipos de control, las cuales van a permitir observar el desempeño del elevador, partiendo de cada uno de sus componentes, hasta el funcionamiento completo del elevador.

- Pruebas mecánicas
- Pruebas eléctricas y electrónicas
- Pruebas de máquina en funcionamiento

6.2. Pruebas mecánicas

En las pruebas mecánicas se ha establecido verificar si el elevador posee los requerimientos necesarios y ver si cumple o no con el diseño planteado. Los formatos utilizados en las pruebas se encuentran ubicados en el Anexo D-Formatos Pruebas.

6.2.1. Prueba 1: Espacio de silla de ruedas

En esta sección, se estableció que el elevador SI CUMPLE, en espacio, largo y ancho suficiente para el ingreso de la persona en silla de ruedas, como se observa en la Figura 63.



Figura 63. Prueba espacio silla de ruedas

6.2.2. Prueba 2: Estructura

En esta sección, se estableció que el elevador SI CUMPLE, en estructura, compacta y en mantener el peso de los elementos, sillas de ruedas, y el usuario con discapacidad, como se observa en la Figura 64.



Figura 64. Prueba estructura del elevador

6.3. Pruebas eléctricas y electrónicas

En estas pruebas se ha establecido verificar si el elevador cumple las características eléctricas electrónicas deseadas y planteadas.

6.3.1. Prueba 1: Funcionamiento del sensor limitador de carrera

En esta sección se comprobó que el sensor limitador de carrera funciona de manera de correcta brindando el voltaje de 12VDC a adecuado para la detección sin ningún problema, como se muestra en la Figura 65. Por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.



Figura 65. Prueba funcionamiento del sensor

6.3.2. Prueba 2: Funcionamiento de los actuadores del elevador

En esta sección se comprobó que las salidas del controlador activen a los actuadores correspondientes, brindando el voltaje a adecuado para su funcionamiento sin ningún problema, como se muestra en la Figura 66. Por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.



Figura 66. Prueba funcionamiento de los actuadores

6.3.3. Prueba 3: Funcionamiento conexiones y cableado

En esta sección se comprobó que el conexionado y cableado de todos los elementos del elevador brinden un buen funcionamiento, los sensores llevan la información adecuada a la placa donde está el controlador y está activa los actuadores del elevador sin ningún problema, como se muestra en la Figura 67.



Figura 67. Prueba conexiones y cableado

6.4. Pruebas del elevador en funcionamiento

Las pruebas en funcionamiento del elevador, se ha establecido para comprobar si la maquina cumple con las necesidades planteadas, y cubre todos los requerimientos necesarios para los cuales fue diseñado, dando una correcta programación y por tal teniendo una buena implementación.

En esta sección se comprobó que los modos de operación del elevador funcionan correctamente, brindando movimientos adecuados para su funcionamiento sin ningún problema, como se muestra en la Figura 68, Figura 69, Figura 70, por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.

6.4.1. Prueba 1: Funcionamiento movimientos del elevador

En esta prueba se observó que el elevador al entrar al menú de operación manual permite el manejo de todos los actuadores del elevador sin ningún problema, como se

muestra en la Figura 68. Por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.



Figura 68. Prueba, elevador modo manual

6.4.2. Prueba 2: Funcionamiento ingreso al elevador

En esta prueba se observó que el elevador, al entrar al menú de ingreso, permite el manejo de todos los actuadores para que el elevador se desplace hacia el piso o a la altura del auto para el ingreso de las persona en silla de ruedas sin ningún problema, como se muestra en la Figura 69 y Figura 70. Por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.



Figura 69. Prueba, elevador modo ingreso desde el piso



Figura 70. Prueba, elevador modo ingreso desde arriba

6.4.3. Prueba 3: Funcionamiento guardar elevador

En esta prueba se observó que el elevador en el menú guardar, maneja el comportamiento de todos los actuadores para que el elevador se desplace hacia la estructura base del elevador sin ningún problema, como se muestra en la Figura 71. Por tal razón SI CUMPLE el elevador en esta sección.



Figura 71. Prueba, elevador guardar

6.4.4. Prueba 4: Funcionamiento App Android

En esta prueba se observó que la aplicación Android, permite el manejo de todos los actuadores para que el elevador se desplace hacia el piso o a la altura del auto para el ingreso de las persona en silla de ruedas sin ningún problema, como se observa en la Figura 72. Por tal razón SI APRUEBA el elevador en esta sección.



Figura 72. Prueba funcionamiento App Android

6.5. Conclusiones de las pruebas

Con las pruebas realizadas al elevador se determinó que cumple de manera correcta con los requerimientos de diseño, construcción, programación dando como resultado un elevador con un correcto funcionamiento, optimo y eficiente para realizar el trabajo para cual fue desarrollado.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En este capítulo se detalla el análisis costo-beneficio del desarrollo del proyecto, se evalúa la factibilidad y la rentabilidad del proyecto, teniendo en cuenta los estudios de la inversión y el estudio de los ingresos y egresos realizados previamente.

7.1. Presupuesto

El presupuesto referencial estimado, presentado en la Tabla 32, trata de incluir la mayoría de factores que intervienen en la construcción del elevador automático de sillas de ruedas.

Tabla 32

Presupuesto Estimado

Nombre	Cantidad	V. Unitario (USD)	V.Total(USD)
Sensor Pin Switch	12	3	36
Motor DC 12v-10A	4	25	100
Materiales Mecánicos	60	1.50	200
Acero ASTM36	1	40	40
Arduino Mega	1	50	50
Pantalla TFT	1	45	45
Modulo Bluetooth	1	15	15
Placa PCB	10	135	135
Materiales Eléctricos	60	1.5	200
Gastos Varios	1	200	200
TOTAL			1021

7.2. Presupuesto de inversión

La presupuesto de inversión está definida como el monto de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto para poder cumplir de la mejor manera el cronograma de actividades planteado, los cuales comprenden los gastos previstos por parte del diseñador, se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33**Presupuesto de inversión**

Descripción	Valor(U SD)
Gastos por Movilización	200
Gastos por Comunicación	50
Gastos por Administrativo	50
Gastos por Alimentación	100
Mano de obra directa	0
Mano de obra indirecta	150
Total	550

7.3. Financiamiento

El financiamiento del elevador automático corresponde a la empresa Carrocerías Cando y al Sr Diego Guachamin diseñador del proyecto, por tal, dueños del elevador automático, el mismo que será posteriormente implementado en una furgoneta escolar.

7.4. Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto son todas las entradas económicas que forman parte del total de la inversión para el desarrollo del proyecto, se muestra en la Tabla 34

Tabla 34**Ingresos del proyecto**

Descripción	Valor(US D)
Abono Etapa 1 de construcción	100
Abono Etapa 2 de construcción	100
Abono Etapa 3 de construcción	100
Abono Compra de Equipos	200
Abono Ensamblaje y Pruebas	50

7.5. Egresos

Los egresos representan un gasto o salida de dinero que la empresa Carrocerías Cando y el diseñador de proyecto Sr Diego Guachamin deben pagar para la adquisición de equipos, servicios o materiales necesarios para la construcción e implementación del elevador automático. Estos valores son presentados en la Tabla 35.

Tabla 35

Presupuesto estimado

Nombre	Cantidad	V. Unitario (USD)	V.Total(USD)
Sensor Pin Switch	12	3	36
Motor DC 12v-10A-60RPM	1	60	60
Motor DC 12v-10A-120RPM	4	25	100
Acero ATMI36	1	100	100
Pernos	30	0.15	4.50
Rodamientos	16	0.45	7.2
Tubos cuadrado de acero	1	15.7	15.7
Resortes	4	4	16
Sin fin 20cm	1	45	45
Sin fin 170cm	2	70	140
Piñones helicoidales	6	20	120
Materiales Mecánicos	20	2	40
Acero ASTM36	1	40	40
Arduino Mega	1	50	50
Pantalla TFT	1	45	45
Shield TFT	1	15	15
Regulador de voltaje	1	4.50	4.50
Modulo Bluetooth	1	15	15
Placa PCB	10	135	135
Materiales Eléctricos	30	0.50	15
Gastos Varios	1	100	100
TOTAL			1103

7.6. Gastos

En tabla se muestra los valores adquiridos tanto de bienes o servicios, los cuales permiten el desarrollo y producción del elevador automático, detallados en la Tabla 36.

Tabla 36

Gastos del proyecto

Descripción	Valor(U SD)
Gastos por Movilización	100
Gastos por Comunicación	30
Gastos por Administrativo	30
Gastos por Alimentación	100
Mano de obra directa	200
Mano de obra indirecta	0
Total	480

7.7. Egresos totales

En esta sección se muestra en la Tabla 35, los egresos totales representan la suma de los valores correspondientes a los valores de costos, así como de gastos totales utilizados en el desarrollo del elevador automático.

Tabla 37

Egresos totales del proyecto

Descripción	Valor(US D)
Materiales-Equipos	1103
Mano de Obra	100
Gastos	480
Total	1683

7.8. Precio de elevadores similares

Existen pocos lugares en el país en la elaboración de este tipo de elevadores para discapacitados la mayoría de ellos son importados de otros países, como lo realizan las concesionarias Cinascar, Ford, Hyundai en Quito. Estas concesionarias de vehículos ofrecen elevadores para sillas de ruedas, como se muestran a continuación.

Plataforma elevadora de sillas de ruedas de la marca Tekvo ofrece una cómoda y fácil utilización, la fuerte estructura de acero y su potente bomba hidráulica garantizan la entrada y salida rápida y segura al vehículo, de las personas en silla de ruedas. El precio de este elevador es de 6556.63 dólares y se muestra en la Figura 73.



Figura 73. Elevador silla de ruedas, Tekno

Fuente: (TEKNO, 2017)

Protor Mobility empresa ubicada en Samborondon-Ecuador, oferta un elevador de silla de ruedas modelo Steppper que permite elevar al usuario en silla de ruedas y soporta un peso de 300kg, su precio 12944.



Figura 74. Elevador silla de ruedas, Promotor Mobility

Fuente: (Protor Mobility, 2016)

7.9. Conclusión

Como se puede apreciar en el punto 7.7, la inversión total para el sistema de elevación automático es aproximadamente de 1668 Dólares. El costo del elevador lo hace muy accesible debido a que actualmente en el Ecuador existen diferentes tipos de elevadores que tienen un precio aproximado de 6000 y 12000 dólares.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Se diseñó y construyó un sistema de elevación para personas en silla de ruedas, tipo tijeral con una carga total de 250kg para la Empresa Carrocerías Cando.

El sistema de tipo tijeral presenta la mejor solución técnica, económica, ya que sus componentes y materiales se encuentran muy fácilmente en el mercado local además proporciona el menor espacio posible y alturas de elevación relativamente pequeñas.

El uso de motores DC con reductor en el sistema electromecánico presenta la mejor solución técnica y económica, ya que son utilizados en los vidrios eléctricos de los vehículos lo cual lo hacen muy fácil de encontrar en el mercado local y a un precio económico.

Mediante la integración de la pantalla TFT se construyó una interfaz HMI simplificada, que cuenta con funciones de control de movimientos del elevador.

El elevador puede activarse vía remota mediante la aplicación Android del celular o local mediante la pantalla TFT.

El elevador ayuda al usuario, con o sin discapacidad realizar un menor esfuerzo al ingreso al vehículo en silla de ruedas.

Los materiales empleados en el diseño del elevador pueden soportar cargas mayores a la establecida en el diseño, en base a su factor de seguridad $s=3$ empleado en las simulaciones de solid work.

8.2. Recomendaciones

Para una mejora en beneficio del proyecto y de las personas con discapacidad, se recomienda a futuros estudiantes incorporar nuevas tecnologías, elementos, dispositivos; con el propósito de mejorar el elevador y desarrollar conocimiento referente al control de procesos y manejo de nuevas tecnologías.

Se debe realizar mantenimiento preventivo una vez por año, en el sistema mecánico y electrónico para evitar daños en la estructura, equipos electrónicos, desgates de elementos que afecten el tiempo de vida útil del elevador.

Se recomienda utilizar el modo manual de operación del elevador automático para regular los límites de desplazamiento del elevador mediante los sensores Pin Switch.

Ante un paro eventual del elevador automático, se recomienda utilizar el modo de operación manual del elevador para controlar los movimientos del elevador.

BIBLIOGRAFÍA

- AG, S. (28 de Septiembre de 2015). *SIMATIC HMI*. Obtenido de https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/21084461/hmi_tp177a_tp177b_op177b_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf?download=true
- All-Biz Ltd . (2010). Obtenido de <http://valencia-ca.all.biz/mantenimiento-de-ascensores-s2133#.WHwX2vl97IV>
- ARDUINO. (s.f.). Obtenido de electronics, MCI: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Arduino. (2016). Obtenido de <http://www.arduino.org/products/boards/arduino-uno>
- Arduino. (2016). Obtenido de <http://www.ardumania.es/ardutienda/es/arduino/85-arduino-leonardo.html>
- Arduino. (2016). Obtenido de BoardMega: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- Arduino. (2016). Obtenido de Libraries: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>
- Arduino. (2017). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Trademark/CommunityLogo>
- Auto Gruas Alfer E.U. (2015). Obtenido de <http://sites.amarillasinternet.com/autogruasalfereu/montacargas.html>
- Automation, R. (28 de 09 de 2015). *Logix5000 Controllers Function Block Diagram*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm009_-en-p.pdf
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). *Automatas programables*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Bishop, R. D. (1993). *Modern control systems analysis and design using MATLAB*. Addison-Wesley, .
- Bouzán Matanza, J. M. (03 de Marzo de 2016). *WebArdora.net*. Obtenido de http://webardora.net/index_cas.htm
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2005). *Sistemas de control moderno*. Madrid: Pearson educacion S.A.
- EATON. (2013). Obtenido de <http://www.eaton.com.co/Andean/ProductsandSolutions/Energia/ProductosyServicios/AutomationandControl/PantallasHMI/index.htm>
- Elementos. (2015). Obtenido de <http://elementos.org.es/niquel>

- Encyclopédie en ligne.* (2016). Obtenido de http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Carretilla_elevadora/es-es/
- Eras, W., & Arguero, D. (2010). Incorporación de la tecnología Allen Bradley a la estación de control de proceso PS2800 del CIM 2000. Quito, Ecuador.
- Espinosa, N. M. (Noviembre de 2011). Recuperado el 30 de 01 de 2017, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2933/1/UPS-QT00073.pdf.pdf>
- ENERPAC*. (2016). Obtenido de <http://www.enerpac.com/es/manual-de-seguridad-para-Extranet-Emaresa>.
- Emaresa*. (2015). Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://extranet.emaresa.cl/industrial/tecles/er1velcarroel.htm>
- INEN. (2011). Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_041_1.pdf
- JLG Industries Inc.* (2017). Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/jlg-industries-inc/product-9090-1486125.html>
- Johnson, C. D. (1997). *Process control instrumentation technology*. México: Prentice Hall Hispanoamerica S.A.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de control automático*. México: Prentice Hall-Inc.
- M, C. (25 de 10 de 2009). Obtenido de www.instalandofacil.com
- MIndiamart*. (2016). Obtenido de <http://dir.indiamart.com/impcat/optical-proximity-sensor.html>
- Monografias*. (2015). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos97/sistema-hidraulico/sistema-hidraulico.shtml>
- NDU. (2016). Obtenido de Soluciones Electricas: <http://www.ndu.cl/final-de-carrera>
- Ogata, K. (1992). *Ingeniería de control moderna*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Perez de Diego, D. (28 de 01 de 2016). *Sensores de distancia por ultrasonido*. Obtenido de http://picmania.garcia-cuervo.net/recursos/redpictutorials/sensores/sensores_de_distancias_con_ultrasonidos.pdf
- PROGEA*. (s.f.). Obtenido de 2014: <http://www.progea.us/embedded-hmi>
- Protor Mobility*. (2016). Obtenido de <http://www.protor.com.ec/product/plataforma-salvaescalera-stepper>

- S.A., M. (2015). *Monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/motores-corriente-directa.shtml#ixzz4O4TR8o3M>
- Smith, C. A., & Corripio, A. B. (1991). *Control automatico de procesos*. México: LIMUSA S.A.
- TEKNO. (2017). Obtenido de <http://www.tekvobioingenieria.com/soluciones/elevadores-para-ingreso-a-vehiculos/ad/plataforma-para-ingreso-de-sillas-de-ruedas-a-vehiculos,129>
- Tekvo *Bioingeniería*. (2016). Obtenido de <http://www.tekvobioingenieria.com/soluciones/gruas-para-pacientes/ad/grua-para-ingreso-a-automoviles,126>
- Tekvo *Bioingeniería*. (2016). Obtenido de <http://www.tekvobioingenieria.com/soluciones/elevadores-para-ingreso-a-vehiculos/ad/plataforma-para-ingreso-de-sillas-de-ruedas-a-vehiculos,129>
- UnaCiudadParaTodos. (2008). Obtenido de <http://www.unaciudadparatodos.com/scs/manual.php?id=2>
- Wikimedia. (20 de Mayo de 2017). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Elevalunas#/media/File:Windowlifter_motor.JPG
- Wikimedia Commons. (4 de Mayo de 2015). Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:240_Sparks_Elevators.jpg
- Wikipedia. (2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>
- Wikipedia. (2016). Obtenido de Acero: <https://es.wikipedia.org/wiki/Acero>
- Wikipedia. (2016). Obtenido de Niquel: <https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADquel>
- Wikipedia. (Septiembre de 2016). Obtenido de Solid Works: <https://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- Wikipedia. (10 de 10 de 2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_proximidad