



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

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

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

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL
ELECTRÓNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE ASCENSORES
DE FABRICACIÓN NACIONAL**

AUTOR: VIZUETE RENGIFO, OSWALDO ALEXIS

DIRECTOR: Ing. ORTIZ TULCÁN, HUGO RAMIRO

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL ELECTRÓNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE ASCENSORES DE FABRICACIÓN NACIONAL*" realizado por el señor *OSWALDO ALEXIS VIZUETE RENGIFO*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor *OSWALDO ALEXIS VIZUETE RENGIFO* para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de Marzo del 2017.



Ing. Hugo Ortiz Tulcán
Director



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **OSWALDO ALEXIS VIZUETE RENGIFO**, con cédula de identidad N° 1715568612, declaro que este trabajo de titulación "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL ELECTRÓNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE ASCENSORES DE FABRICACIÓN NACIONAL**" 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, 01 de Marzo del 2017

Oswaldo Alexis Vizúete Rengifo
CC: 1715568612



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, **OSWALDO ALEXIS VIZUETE RENGIFO**, 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 CONTROL ELECTRÓNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE ASCENSORES DE FABRICACIÓN NACIONAL"** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 01 de Marzo del 2017

Oswaldo Alexis Vizuete Rengifo
CC: 1715568612

DEDICATORIA

A Dios, por haberme brindado salud y bendiciones en cada etapa de mi vida.

A mis padres, Javier y Yolanda, les dedico este trabajo de titulación, por haberme formado como una persona de bien.

A mi madre Yolanda por su apoyo incondicional, su paciencia, bondad y preocupación durante cada etapa de mi vida.

A mi padre Javier por haber sembrado en mí, la responsabilidad de trabajo y el empeño para conseguir mis metas con esfuerzo y dedicación.

A mi hermano Byron quien ha sido una de las personas más importantes en mi vida, al ser mi apoyo, mi ejemplo y quien me ha guiado desde pequeño.

A mi hermana Mishell, por siempre apoyarme y confiar en cada una de mis decisiones.

Por todo lo que he conseguido en mi vida, este logro va por ustedes. Los amo infinitamente Familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco nuevamente a Dios en primer lugar por haberme permitido llegar hasta este momento.

Un agradecimiento especial a mi madre Yolanda, quien ha sido un ejemplo de perseverancia, amor y entrega hacia cada uno de sus hijos, valores que puedo mencionar para la mejor madre del mundo.

Agradezco a mi familia porque siempre su apoyo fue incondicional para conseguir todas mis metas y objetivos que me he trazado a lo largo de mi vida.

A la empresa J.V. Ascensores Cía. Ltda., donde se me permitió desarrollar el presente proyecto de titulación, aplicando los conocimientos adquiridos en mi etapa de formación.

A mis maestros, agradezco infinitamente por cada una de las enseñanzas impartidas en mi formación profesional.

A mi Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, de la cual me llevo muchos recuerdos, que los guardo dentro de mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e importancia.....	4
1.3. Alcance del proyecto	5
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Introducción	8
2.2. Historia del ascensor	8
2.3. Componentes del ascensor	13
2.3.1. Componentes mecánicos del ascensor.....	14
2.3.2. Componentes eléctricos y electrónicos del ascensor	20
2.4. Clasificación de los ascensores	23
2.4.1. Ascensores hidráulicos	23

2.4.2.	Ascensores eléctricos.....	24
2.4.2.1.	Ascensores eléctricos con sala de máquinas.....	24
2.4.2.2.	Ascensores eléctricos sin sala de máquinas.....	25
2.5.	Tipos de maniobra de un ascensor	26
2.5.1.	Maniobra universal	26
2.5.2.	Maniobra colectiva en descenso	27
2.5.3.	Maniobra colectiva – selectiva en ascenso y descenso.....	28
2.5.4.	Maniobra de grupo o batería.....	28
2.6.	Control electrónico de ascensor	29
2.6.1.	Control de velocidad mediante variación de frecuencia.....	30
2.7.	Componentes de un tablero de control de ascensor	31
2.7.1.	Dispositivos de control	31
2.7.2.	Dispositivos de protección.....	32
2.8.	Normativa para la fabricación de tableros de control de ascensores.....	33
CAPÍTULO III.....		35
3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL		35
3.1	Introducción	35
3.2.	Requerimientos.....	38
3.3.	Diseño del control electrónico de ascensor	38
3.3.1.	Dimensionamiento de los elementos de control	39
3.3.1.2.	Dimensionamiento del controlador del sistema.....	43
3.3.1.3.	Selección del controlador del sistema.....	46
3.3.1.8.	Dimensionamiento de los elementos de mando.....	60
3.3.1.9.	Dimensionamiento de elementos de protección	62
3.3.2.	Listado de componentes	72
3.3.3.	Ubicación de los componentes	73
3.4.	Diagramas eléctricos	75
3.4.1.	Diagrama unifilar.....	75
3.4.2.	Diagramas de conexión.....	75
3.5.	Lógica del sistema	75

3.5.1. Diagrama de bloques	76
3.5.2. Diagramas de flujo.....	76
CAPÍTULO IV	80
4. IMPLEMENTACIÓN.....	80
4.3. Construcción del tablero de control	80
4.4. Integración del sistema eléctrico, electrónico y de control	82
4.5. Programación del controlador del sistema	86
4.6. Parametrización del drive del motor acorde al sitio de trabajo	88
4.7. Pruebas de funcionamiento en modo de revisión.....	90
CAPÍTULO V.....	95
5. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	95
5.3. Pruebas del sistema implementado	95
5.3.1. Operación de botones dentro de la cabina	95
5.3.2. Operación de señales luminosas dentro de cabina.....	96
5.3.3. Señalización del indicador de piso	96
5.3.4. Operación de circuito de seguridad	97
5.3.5. Operación de rayo electrónico (fotocelda) o cortina de luz.....	98
5.3.6. Apertura y cierre de puertas.....	98
5.3.7. Mecanismo del operador de puertas	99
5.3.8. Operación de arranque y paro, aceleración y desaceleración	99
5.3.9. Nivelación de pisos.....	101
5.3.10. Operación de botones de llamadas en los pasillos.....	101
5.4. Análisis de resultados.....	103
CAPÍTULO VI.....	109
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
6.3. Conclusiones	109
6.4. Recomendaciones.....	110
7. BIBLIOGRAFÍA	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas de los sistemas programables.....	40
Tabla 2. Entradas del sistema.....	44
Tabla 3. Salidas del sistema	45
Tabla 4. Características técnicas del controlador lógico programable.....	47
Tabla 5. Características técnicas del módulo de expansión de señales SM1223	48
Tabla 6. Análisis general de entradas y salidas del controlador	49
Tabla 7. Potencia de arranque	52
Tabla 8. Especificaciones de contactores marca Schneider	54
Tabla 9. Características técnicas del contactor para el control del motor trifásico.....	54
Tabla 10. Características técnicas variador de velocidad Siemens Micromaster 440...	59
Tabla 11. Características técnicas del relé de control	60
Tabla 12. Características técnicas selector de 2 posiciones	61
Tabla 13. Características técnicas del pulsador	62
Tabla 14. Coeficientes de sobrecarga.....	64
Tabla 15. Tabla de conductores para instalaciones en general	67
Tabla 16. Especificaciones del conductor de circuito de iluminación	69
Tabla 17. Especificaciones del conductor de circuito de fuerza	70
Tabla 18. Especificaciones del conductor de circuito de fuerza	71
Tabla 19. Especificaciones del conductor de circuito de control.....	71
Tabla 20. Listado de componentes del tablero de control electrónico.....	72
Tabla 21. Especificaciones del control electrónico de ascensor	80
Tabla 22. Parametrización del variador de velocidad	89
Tabla 23. Tiempo de apertura y cierre de puertas	98
Tabla 24. Parámetros de aceleración y desaceleración del variador de velocidad.....	100
Tabla 25. Análisis de fallos del sistema.....	102
Tabla 26. Prueba 1 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente	104
Tabla 27. Prueba 2 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente	104
Tabla 28. Prueba 3 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente	104

Tabla 29. Prueba 1 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente	105
Tabla 30. Prueba 2 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente	105
Tabla 31. Prueba 3 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente	106
Tabla 32. Análisis de resultados	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ascensor "Teagle", Inglaterra (1845).....	9
Figura 2. Demostración del primer ascensor para personas	10
Figura 3. Esquema del primer ascensor con mecanismo de seguridad.....	10
Figura 4. Ascensor hidráulico con el cilindro accionando un sistema de poleas.....	11
Figura 5. Ascensor eléctrico con polea de tracción	12
Figura 6. Esquema general de un ascensor	14
Figura 7. Rieles de cabina: a) Contrapeso, b) Cabina.....	15
Figura 8. Máquinas de tracción de ascensor	15
Figura 9. Tipos de entradas de puertas.....	16
Figura 10. Chasis de contrapeso de ascensor.....	17
Figura 11. Paracaídas de ascensor de aplicación instantánea	17
Figura 12. Polea tensora de ascensor	18
Figura 13. Cable de acero de tracción.....	18
Figura 14. Cabina de ascensor	19
Figura 15. Operador de puertas con apertura lateral.....	19
Figura 16. Amortiguadores de ascensor.....	20
Figura 17. Botonera de mantenimiento de ascensor	20
Figura 18. Indicador de cabina de ascensor	21
Figura 19. Finales de carrera tipo rodillo.....	21
Figura 20. Sensores de posición de ascensor: a) magnético, b) fotoeléctrico.....	22
Figura 21. Contacto de puerta de cabina de ascensor	22
Figura 22. Cortina de luz para reapertura de puerta.....	23
Figura 23. Ascensor hidráulico	24
Figura 24. Ascensor con sala de máquinas	25
Figura 25. Ascensor sin cuarto de máquinas	26
Figura 26. Botonera con único pulsador	27
Figura 27. Grupo de ascensores	29
Figura 28. Control de frecuencia variable.....	30

Figura 29. PLC (Controlador Lógico Programable).....	31
Figura 30. Interruptores termomagnéticos.....	33
Figura 31. Ascensor panorámico de 3 plantas, Conjunto Hábitat Guápulo.....	35
Figura 32. Cuadro de control antiguo del ascensor.....	37
Figura 33. Vista frontal del tablero de control y máquina de tracción del ascensor.....	37
Figura 34. PLC Simatic S7-200, CPU 224.....	43
Figura 35. Controlador Lógico Programable S7 – 1200 1214C AC/DC/RLY.....	48
Figura 36. Módulo de señales digitales SM1223.....	49
Figura 37. Máquina de tracción del ascensor de 3 plantas.....	50
Figura 38. Contactor LC1 - D18 para motor trifásico.....	55
Figura 39. Curva de par vs velocidad.....	57
Figura 40. Variador de velocidad Siemens Micromaster 440.....	58
Figura 41. Relé de control encapsulado Siemens.....	60
Figura 42. Selector de 2 posiciones.....	61
Figura 43. Pulsador rasante de doble contacto.....	62
Figura 44. Interruptores termomagnéticos: a) monofásico, b) bifásico, c) trifásico.....	63
Figura 45. Distribución de elementos en el tablero de control.....	73
Figura 46. Ubicación física de los componentes en el gabinete de control.....	74
Figura 47. Montaje de elementos en el gabinete de control.....	74
Figura 48. Diagrama de bloques - sistema de control de un ascensor.....	76
Figura 49. Diagrama de flujo general de un ascensor.....	77
Figura 50. Diagrama de flujo maniobra de inspección de un ascensor.....	78
Figura 51. Diagrama de flujo maniobra normal de un ascensor de 3 plantas.....	79
Figura 52. Ubicación del control electrónico en el cuarto de máquinas del ascensor ...	81
Figura 53. Conexionado del control electrónico.....	82
Figura 54. Etapa de conexión del control electrónico.....	82
Figura 55. Conexión del cuadro electrónico mediante esquemas eléctricos.....	83
Figura 56. Etiquetado componentes de control y protección.....	84
Figura 57. Etiquetado cableado del control electrónico.....	84
Figura 58. Implementación del control electrónico para un ascensor de 3 paradas.....	85

Figura 59. Entorno de programación TIA PORTAL V13	86
Figura 60. Monitoreo de variables del programa.....	88
Figura 61. Placa de motor del ascensor	89
Figura 62. Botonera de inspección sobre la cabina del ascensor.....	91
Figura 63. Limitadores de carrera.....	91
Figura 64. Sensor magnético YG-1	92
Figura 65. Sensores de ducto del ascensor	93
Figura 66. Comando de cabina sin indicador de posición	94
Figura 67. Indicador de posición electrónico del ascensor	94
Figura 68. Prueba de botones dentro de cabina del ascensor.....	95
Figura 69. Prueba de señales luminosas dentro de la cabina del ascensor	96
Figura 70. Prueba del indicador de posición binario de matriz de puntos.....	97
Figura 71. Límites inferiores del ducto del ascensor	97
Figura 72. Prueba de cortina de luz del ascensor.....	98
Figura 73. Curva de aceleración y desaceleración variador Micromaster 440	99
Figura 74. Ajuste de banderolas para mejorar la nivelación del ascensor	101
Figura 75. Prueba de botoneras de pasillo	102

RESUMEN

El presente proyecto de titulación comprende el diseño y la implementación de un control electrónico aplicado en la repotenciación de un ascensor panorámico de fabricación nacional, el cual se encuentra instalado en el Conjunto Habitacional “Hábitat Guápulo”, en la ciudad de Quito. Este proyecto se ha enfocado para realizar la automatización de un ascensor, debido a que el sistema de control previamente implementado, tiene 15 años de operación, por tal motivo su funcionamiento en la actualidad no es el adecuado. Se diseñará la lógica de control del sistema, validando condiciones de operación y seguridad en elevadores. La elaboración del tablero electrónico para un ascensor, comprende: la integración de elementos de control, mando y protección, para lo cual será necesario calcular, dimensionar y seleccionar cada uno de los componentes a utilizarse. Se realizará un levantamiento de diagramas eléctricos del nuevo sistema, a fin de contar con una guía técnica del nuevo tablero de control electrónico. En la implementación de la lógica de control del ascensor se utilizará un controlador lógico programable (PLC), al ser un dispositivo industrial que puede dotar de robustez y escalabilidad al sistema. Por medio de una interfaz de visualización implementada en cabina, el usuario podrá conocer la posición y dirección en la que se encuentra viajando el ascensor. Con el nuevo control electrónico se busca también, generar confort a los usuarios, durante el arranque, paro y los desplazamientos verticales que realiza el ascensor, a través de un control de velocidad generado por un inversor de frecuencia.

Palabras Clave

- **ASCENSOR**
- **REPOTENCIACIÓN**
- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**
- **RUIDO ELÉCTRICO**
- **INVERSOR DE FRECUENCIA**

ABSTRACT

The present degree project aims to provide information on the design and implementation of an electronic control used in the repowering of a panoramic elevator of national manufacturing. It is installed in the "Habitat Guápulo" Housing Complex, in Quito. The project focuses on the automation of an elevator that currently presents a malfunction because the control system previously installed has already 15 years of operation. The system control logic will be designed to validate operating and safety conditions in elevators. The procedure for the elaboration of the electronic controller cabinet for an elevator must consider the integration of control, command and protection elements, being necessary to calculate, size and select each of the components to be used. Electrical diagrams of the new system will be implemented, in order to have a technical guide of the new electronic controller cabinet. For the implementation of the elevator control logic, a programmable logic controller (PLC) will be used. The PLC is an industrial device that can provide robustness and scalability to the system. A visualization interface adapted in the cabin will allow the user to know the position and direction of the elevator. The new electronic control is also designed to provide comfort to users during the start, stop and vertical displacements of the elevator, through a speed control generated by a frequency inverter.

Keywords:

- **ELEVATOR**
- **REPOWERING**
- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER**
- **ELECTRIC NOISE**
- **FREQUENCY INVERTER**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado para ascender o descender en un edificio o en una construcción subterránea. Este sistema de elevación está conformado con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad (Azuaje , 2009).

El ascensor tal como se lo conoce en la actualidad, tuvo sus comienzos alrededor del año 1800, el cual era propulsado por vapor dentro de cilindros que elevaban la cabina, mientras que para realizar la acción de descenso se abría una válvula y por acción de la gravedad la cabina bajaba. Debido a que no existía control en la operación de bajada con demasiada frecuencia los elevadores se desplomaban, lo cual no contribuyó a su utilización. Uno de los avances en la historia del ascensor fue la utilización de cables de acero y poleas de tracción para realizar las maniobras de desplazamiento vertical. Durante el transcurso de los años se trabajó en la búsqueda de sistemas que eviten trágicos accidentes con la utilización de un elevador, es así que en 1852 el estadounidense Elisha Graves Otis, ideó un dispositivo paracaídas de seguridad que dio lugar a elevadores confiables, debido a que este sistema evitaba la caída y frenaba el ascensor en caso de rotura del cable de sujeción. En el año 1887, el inventor alemán Werner von Siemens comienza a utilizar la energía eléctrica para impulsar los ascensores, al ocupar un motor eléctrico en la parte inferior de una cabina de ascensor, a partir de este momento la tecnología de motores y control de ascensores comienza a evolucionar crecientemente. En 1889 hace su aparición el ascensor con motor eléctrico y reductor, haciendo posible el

desarrollo de edificios más altos al poder transportar pasajeros a mayor altura (Miravete & Larrodé, 2007).

A partir del siglo XX con la aparición de la electrónica, los controles de los ascensores comienzan a hacerse más complejos, optimizando tiempos de viaje, permitiendo hacer los viajes más confortables al agregar velocidades intermedias de nivelación, brindando seguridad a los usuarios y minimizando costos de operación, ya que presentan menores eventos de fallos y el controlador no requiere de mano de obra para su mantenimiento (Tedesco, 2010).

En el Ecuador se ha incrementado el mercado destinado a satisfacer las necesidades existentes en cuanto al servicio de trasportación vertical de pasajeros; J.V. Ascensores Cia. Ltda., es una empresa fundada en el país en el año de 1998, con la finalidad de proveer a sus clientes el mejor servicio en mantenimiento, reparación y modernización de elevadores, a fin de ofrecer productos selectos, innovadores y de tecnología de punta. La empresa J.V. Ascensores tiene alrededor de 200 ascensores a su servicio a nivel nacional, siendo su mayor fuente de ingreso el mantenimiento y la modernización de ascensores (Peralta, 2016).

Mediante un análisis técnico se ha podido determinar que el 30 % de los ascensores a cargo de la empresa J.V. Ascensores Cia. Ltda., tienen un ciclo de funcionamiento de 20 años, por lo que los componentes de los tableros de mando y operación se encuentran en malas condiciones, la mayoría de estos elementos se han dejado de fabricar, por lo que su reposición es difícil realizarla en la actualidad. Ante este inconveniente la empresa opta por mejorar el servicio de transportación vertical, implementando un nuevo tablero de control automatizado, el cual cumpla con los requerimientos del antiguo sistema y brinde una mejor funcionalidad a los usuarios.

El tablero de control es el elemento que controla todas las acciones que realiza el ascensor: apertura de puertas, movimientos ascendentes y descendentes, estados de

operación: manual y autónomo, cambios de velocidades, sensado de posición, se podría decir que es el cerebro de la instalación (Tarrada, 2011), únicamente repotenciando el control del ascensor se puede reutilizar la parte mecánica del equipo, para de esta manera incrementar la vida útil del elevador.

El código para ascensores de pasajeros CPE INEN 018 vigente en el país, tiene por objeto establecer los requisitos mínimos que deben cumplir los ascensores para pasajeros, a fin de proveer un grado de seguridad en transportación vertical (INEN, 1999). Dentro de la normativa se especifican reglas para el diseño del tablero de control, las cuales se basan en la ubicación del control para tareas de ajuste, reparación, inspección o mantenimiento, además de la identificación de las borneras, tarjetas electrónicas, fusibles, relés, contactores, etc., todo esto para brindar seguridad a los operarios, y una rápida identificación de los elementos del cuadro de maniobras del equipo.

En la actualidad existen en el mercado nacional diferentes tecnologías para el control y operación de un ascensor, las cuales son importadas y vienen configuradas desde fábrica, por tal motivo son sistemas cerrados que no permiten realizar ninguna modificación en su lógica de control y operación.

Debido al cambio de la matriz productiva actualmente implantada en el país, J.V. Ascensores Cia. Ltda., ha decidido buscar una alternativa para dejar de realizar importaciones de tarjetas controladoras de ascensor en la construcción de tableros de control para elevadores, por ende el proyecto se ha planificado para realizar la modernización de un ascensor, a través del diseño de una nueva lógica de control y procesamiento, por medio de componentes electrónicos presentes en el país, desarrollando de esta manera un sistema que pueda ser modificado o configurado acorde a los requerimientos de la empresa y de sus respectivos clientes.

1.2. Justificación e importancia

Según datos referenciales del INEC, en la provincia de Pichincha en el año 2011 se entregaron 640 permisos para construir edificios de más de cuatro pisos, en el 2012 fueron 1237 y en el 2013, 263 (Jácome, 2015). Por lo tanto realizando un análisis de estos 3 años se puede determinar que en la ciudad de Quito, existe una diversa gama de edificaciones, divididas en dependencias públicas, privadas o domiciliarias, en las cuales día a día se transportan por los ascensores miles de personas en el cumplimiento de sus actividades, por ende es necesario tener permanentemente un servicio de transportación vertical adecuado.

Cuando los ascensores han cumplido su ciclo de funcionamiento se presentan fallos continuos en su sistema de control y operación, lo cual resulta complejo entender por el tamaño de tableros relemticos de control, diagramas eléctricos en mal estado y componentes discontinuados.

Una solución viable para el problema mencionado anteriormente, es la repotenciación del tablero de control para de esta manera reducir el tamaño, cableado y consumo eléctrico, reutilizando la parte mecánica en buen estado: puertas de piso, puertas de cabina, guías y contrapeso, los cuales son elementos que se pueden conservar de esta manera se invierte menos tiempo, dinero y se evita obras innecesarias, contrario al momento de adecuar un nuevo ascensor.

La empresa J.V. Ascensores Cia. Ltda., al adquirir componentes controladores de trasportación vertical importados para la repotenciación de ascensores, no tiene acceso a la modificación o configuración de las diferentes entradas, salidas y modo de operación del equipo, debido a que tanto el software como el código fuente son propios del fabricante, limitando de esta manera la implementación de mejoras al sistema requeridas por la empresa en conjunto con el cliente. Con el diseño y la implementación de un tablero de control electrónico fabricado en la empresa, se puede manejar el sistema libremente.

Con la repotenciación además se brindará suavidad en los desplazamientos verticales, se eliminará las vibraciones, los arranques y los frenazos bruscos. Esto se debe al control de velocidad implementado en el tablero de control a través del variador de velocidad, el cual evita los tirones y movimientos fuertes en la cabina (Tedesco, 2010).

Una ventaja importante del diseño y la implementación de tableros de control realizados nacionalmente, es que se contribuye a la producción y economía del país, debido a que no se importa tecnología extranjera, favoreciendo de esta manera la inclusión de nuevas fuentes de trabajo en la construcción de tableros de control para ascensores.

Con el proyecto a realizarse, la empresa se beneficia de manera competitiva, tecnológica y económicamente, respecto a un amplio mercado en transportación vertical actualmente desarrollado en el país.

1.3. Alcance del proyecto

El presente proyecto, se plantea como el diseño e implementación de un control electrónico aplicado en la repotenciación de un ascensor para un edificio de 3 paradas, el cual se encuentra fuera de servicio debido a que su sistema de control presenta fallos continuos en la operación del ascensor, dando un servicio ineficiente a los usuarios. Se reutilizará el hardware del ascensor en buen estado, como: cabina, contrapeso, rieles de cabina y contrapeso, puertas de pasillo, sistema mecánico para la apertura y cierre de la puerta de cabina, poleas y máquina de tracción.

La primera etapa del proyecto consiste en realizar un levantamiento de información acerca de la identificación de los componentes de un ascensor, para de esta manera tener clara la lógica de entradas y salidas del sistema, así como también la revisión de la normativa técnica para la elaboración de un tablero eléctrico - electrónico para un

ascensor de pasajeros en nuestro país, esto ayudará a la propuesta de diseño para el tablero de control del ascensor.

Se realizarán cálculos de los dispositivos de control y protección del tablero de control, como: contactores, relés y fusibles, además de la selección e instalación de nuevos sensores y controladores electrónicos del sistema.

Una vez seleccionados y calculados todos los elementos eléctricos y electrónicos necesarios, se elaborarán los diagramas eléctricos y de interconexión del tablero de control, con lo que se conseguirá una guía para el personal técnico de la empresa con objeto de que se pueda realizar una revisión eléctrica y electrónica del sistema, como: circuitos de seguridades, circuitos de ducto, circuitos de puertas, conexión e interconexión de todos los dispositivos electrónicos, sensores y actuadores.

Se realizará la lógica de control del sistema para generar el funcionamiento adecuado del ascensor, posteriormente se realizará la programación del controlador del ascensor, validando: condiciones de operación en modo de revisión y automático, control de velocidad del motor acorde a la altura del edificio, comunicación entre el controlador y el driver del motor, además de la parametrización del drive para brindar estabilidad en el desplazamiento vertical del elevador, garantizando de esta manera la fiabilidad del ascensor.

Completo el hardware y software del sistema se realizará la construcción del tablero de control electrónico de ascensor, tomando en cuenta la normativa técnica revisada y vigente en el país, para brindar seguridad al operario del equipo en tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Como parte final se plantea realizar varias pruebas de funcionamiento que obedezcan a protocolos de operación en transportación vertical, para de esta manera verificar que los sensores y actuadores trabajan en el sistema de manera adecuada

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un control electrónico para la repotenciación de ascensores de fabricación nacional, mediante la integración de hardware y software de un sistema que obedezca a protocolos de operación en transportación vertical.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar la lógica de control que permita establecer las diferentes condiciones de operación de un ascensor.
- Manejar un control de maniobra colectivo – selectivo en ascenso y descenso en el ascensor para poder atender un mayor número de registro de llamadas en el edificio.
- Generar confort en el arranque, paro y el desplazamiento vertical del ascensor, por medio de la programación y configuración adecuada de los controladores implementados en el tablero de control.
- Construir un tablero de control electrónico que cumpla con la normativa técnica vigente en el país, para garantizar la seguridad del operario del sistema.
- Dotar al usuario de una interfaz visual que le permita conocer la ubicación y dirección del ascensor.
- Analizar la funcionalidad del nuevo sistema implementado respecto al antiguo sistema reemplazado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

El presente capítulo se centra en el estudio del ascensor, realizando un levantamiento de información, acerca de su historia, componentes, clasificación, lógica de control y la normativa que debe cumplir un tablero de control electrónico, para ser implementado en elevadores, en nuestro país; con el objetivo de que se tenga una idea clara de lo que se trata la construcción de un transporte vertical y la aplicación directa del proyecto a desarrollarse, la cual conlleva al diseño e implementación de un control electrónico, específicamente utilizado para la repotenciación de ascensores de fabricación nacional.

2.2. Historia del ascensor

El ascensor es un dispositivo que ha ido evolucionando en el tiempo. En la antigüedad hacia el siglo XXII a.C. la Humanidad había recurrido a medios como palancas, rodillos y los planos inclinados para transportar cargas pesadas a lugares elevados. En la edad media (siglo V d.C a XVII d.C), el desarrollo del comercio, la navegación y la industria, contribuyó al perfeccionamiento de las máquinas de elevación y a su mayor popularización. Leonardo da Vinci creó una grúa móvil utilizada en labores de construcción con el objeto de levantar cargas pesadas. Dicha grúa se encontraba montada sobre un vehículo y se gobernaba en la parte superior con un cable tensado, la máquina dotada de un brazo y una polea podía ser accionada con una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas, con esto se podía conseguir elevar la carga y el gancho que sujetaba la carga poseía de un dispositivo que podía soltar la carga a una distancia determinada (Miravete & Larrodé, 2007).

James Watt en el año de 1800 inventó la máquina de vapor, con lo cual se dio comienzo a utilizar esta forma de energía en dispositivos de elevación, especialmente en el sistema de tracción, haciendo uso de este sistema por primera vez en una mina de carbón con objeto de subir el mineral. Aparecen también las grúas móviles, las cuales eran movidas por máquinas de vapor, usualmente eran utilizadas para mover carga y ocasionalmente como transporte vertical de las personas. En esta etapa fue difícil lidiar con algún tipo de contrapeso satisfactorio para que el peso variable de la cuerda colgante bajara o subiera dentro del pozo (Pascual, 2013). En el año de 1845 en Inglaterra fue desarrollado el ascensor "Teagle", como se puede observar en la **Figura 1**, este elevador era accionado hidráulicamente, contemplaba el concepto de la polea de tracción con contrapeso, diseño que es utilizado hoy en día en varios modelos de ascensores.

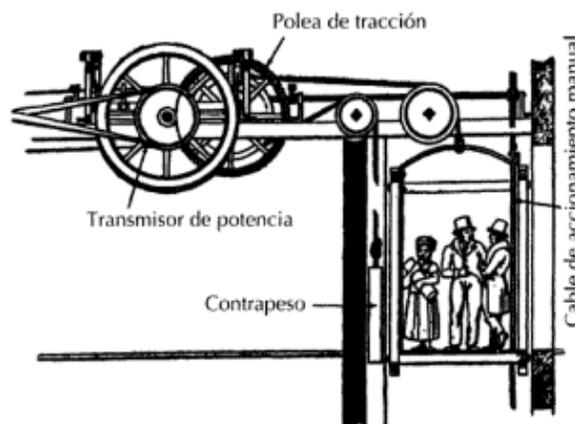


Figura 1. Ascensor "Teagle", Inglaterra (1845)

Fuente: (Miravete & Larrodé, 2007)

En el año de 1852, el estadounidense Elisha Graves Otis diseñó e instaló lo que él llamó el ascensor seguro, el primer elevador con un dispositivo automático de seguridad, el cual evitaba la caída del elevador cuando el cable se rompía. Dos años más tarde hizo una demostración pública en el Palacio de Cristal de Nueva York, como se pudo observar en la **Figura 2**, haciendo que un ascensor suba hasta una cierta altura, cortó el cable de sujeción, y no se produjo en estrellamiento del equipo, mostrando así la seguridad de su

aparato (Miravete & Larrodé, 2007). Su ascensor disponía de un sistema de seguridad consistente en una cabina con trinquetes, los cuales engranaban a la cabina con muescas dispuestas en los costados del foso del ascensor en caso de la rotura de algún cable, como se puede ver en la **Figura 3**.



Figura 2. Demostración del primer ascensor para personas

Fuente: (Pascual, 2013)

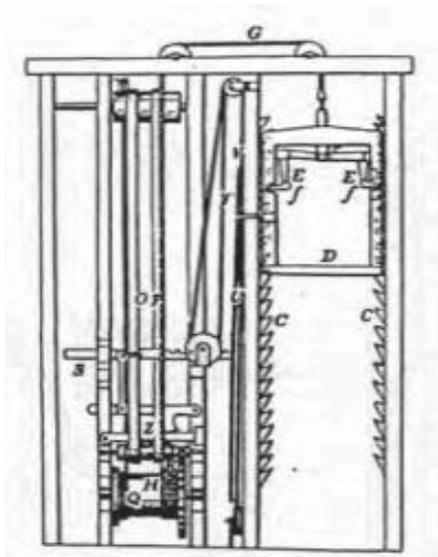


Figura 3. Esquema del primer ascensor con mecanismo de seguridad

Fuente: (Miravete & Larrodé, 2007)

En el año de 1878, se utiliza por primera vez el ascensor hidráulico, el cual utilizaba agua en lugar de vapor, esto permitió simplificar las instalaciones y conseguir mayores velocidades y recorridos. De esta manera se evolucionó hacia un ascensor hidráulico compuesto por un cilindro que accionaba un sistema de poleas, como se puede ver en la **Figura 4**, este sistema permitía alcanzar velocidades hasta 3.5 m/s y una altura de 30 pisos. Los ascensores hidráulicos tenían un funcionamiento silencioso y se los consideraban seguros, dotaban al sistema de arranques y paradas suaves, con una alta precisión de parada, sin embargo en su contra pesaba su elevado coste de instalación, debido al complicado y voluminoso equipo de bombeo, el cual utilizaba presiones de agua hasta de 7 MPa, por lo cual requería de un gran consumo de agua, cuyo precio empezó a dejar a un lado la utilización de la hidráulica para la construcción del ascensor (Miravete & Larrodé, 2007).

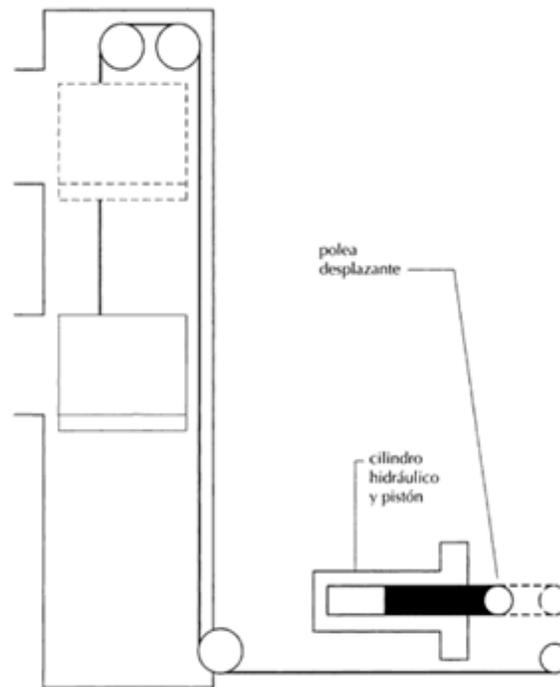


Figura 4. Ascensor hidráulico con el cilindro accionando un sistema de poleas

Fuente: (Miravete & Larrodé, 2007)

A finales del siglo XIX, se perdió la popularidad del ascensor hidráulico, pero como avance significativo de la época se da comienzo a una nueva era impulsada por la energía eléctrica, con lo cual nace el ascensor eléctrico. Se incorporaron muchos de los aspectos que se tienen hoy en día en los ascensores, como por ejemplo, se cerraron los huecos, instalándose una puerta de ascensor en cada piso del edificio, se registraban las llamadas desde los pisos mediante pulsadores, comenzaron a instalarse grupos de ascensores. El ascensor eléctrico desde sus comienzos tuvo un gran éxito, debido a su menor coste de instalación y funcionamiento, pero tenía problemas con la poca precisión de sus paradas, este defecto fue corregido totalmente con la instalación de los grupos de regulación de corriente continua Ward Leonard, aplicados en máquinas de tracción de corriente directa. Con la creciente demanda arquitectónica, la cual caracterizó a los comienzos del siglo XX, aspectos tales como: cantidad, tamaño, velocidad y localización de los ascensores empezaron a diseñarse, con esta necesidad nació la tecnología del tráfico vertical (Miravete & Larrodé, 2007). Conforme la electricidad se iba extendiendo por todo el mundo, el ascensor hidráulico iba desapareciendo dando paso al ascensor eléctrico con polea de tracción, como se observa en la **Figura 5**.

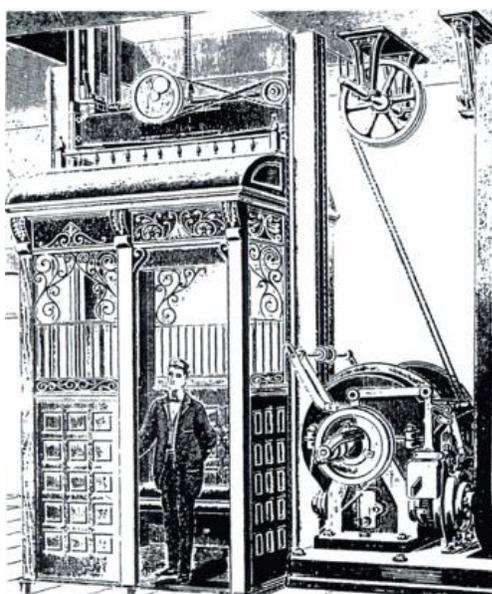


Figura 5. Ascensor eléctrico con polea de tracción

Fuente: (Miravete & Larrodé, 2007)

En 1925, en el continente europeo se fabrica un nuevo sistema de tracción en corriente trifásica, este sistema poseía 2 velocidades en el motor de la máquina del ascensor, con lo cual se obtenía una velocidad alta durante recorridos largos y una velocidad baja durante el paro y arranque del elevador, con lo cual se podía conseguir una parada de precisión. En la década de 1970 se crean los circuitos integrados, con lo cual se logra desarrollar el primer sistema de control de ascensor con microprocesador integrado, para grupos de ascensores, con esto se da inicio a una nueva era tecnológica en los ascensores, basada en la electrónica y los sofisticados controles espaciales, se alcanza hasta los años 80 un grado de eficiencia y rendimiento jamás alcanzado, los circuitos de maniobra fueron progresivamente evolucionando desde los relés o la electrónica lógica cableada hasta un pequeño computador que ejecutaba un programa de ordenador donde se establecía en un lenguaje informático la maniobra a realizar. Como uno de los últimos avances significativos en la evolución del ascensor, en el año de 1986 se introduce el sistema de frecuencia variable para el control de ascensores de alta velocidad con motores trifásicos, de esta forma se buscaba dejar de lado el sistema Ward Leonard de corriente directa, el cual consumía mayor energía (Miravete & Larrodé, 2007).

Realizando un resumen general de lo que fue la historia del ascensor, los avances significativos que se obtuvieron fueron: el ascensor podía conseguir mayores velocidad de marcha (hasta 3.5 m/s), mayor confort de desplazamiento vertical, nivelaciones más exactas e independientes de la carga, disminución de los tiempos de espera, máxima seguridad de uso de funcionamiento y máxima fiabilidad de respuesta en cuanto a la demanda del servicio de transportación vertical.

2.3. Componentes del ascensor

Un ascensor es construido en base a diferentes componentes, entre los cuales se destacan como principales: mecánicos, eléctricos y electrónicos, estos elementos se distribuyen desde el cuarto de máquinas, el ducto y el pie de pozo del ascensor. En la **Figura 6** se puede observar un esquema general del ascensor.

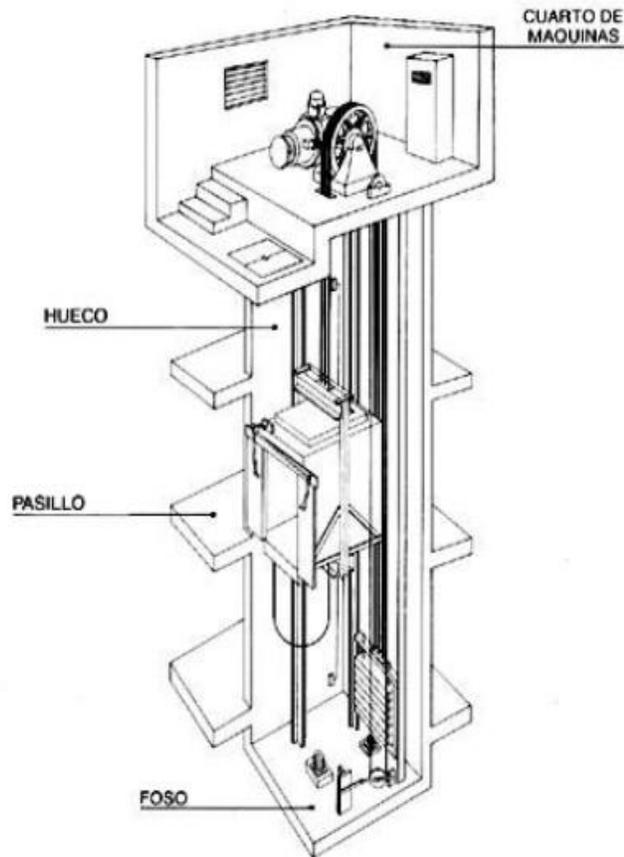


Figura 6. Esquema general de un ascensor

Fuente: (Enor, 2007)

2.3.1. Componentes mecánicos del ascensor

2.3.1.1. Rieles o guías de cabina y contrapeso

Son los componentes por los cuales el ascensor se guía para realizar el recorrido. El tipo de rieles se elige teniendo en cuenta: la capacidad del ascensor, velocidad a la que funcionará el equipo y la altura del edificio. La separación entre apoyos de instalación no puede ser superior a 3 metros (Cárdenas, 2012). Generalmente deben ser instalados 2 rieles para guiar a la cabina y 2 rieles para guiar al contrapeso, en la **Figura 7** se observa en: a) rieles de contrapeso y en b) rieles de cabina. El material de construcción para este tipo de guías debe ser de acero estirado o las superficies deben ser mecanizadas.



Figura 7. Rieles de cabina: a) Contrapeso, b) Cabina

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.2. Máquinas

El tipo de máquinas para ascensores pueden ser del tipo con engranajes y sin engranajes. Las máquinas con engranajes, como se observa en la **Figura 8-a**, pueden llegar a 1 m/s en 2 velocidades y hasta 2 m/s utilizando un inversor de frecuencia. Las máquinas sin engranajes, como se puede observar en la **Figura 8-b**, puede alcanzar velocidad mayores o iguales a 1.75 m/s, sin embargo se puede utilizar este tipo de máquinas para ascensores con velocidad de 1 m/s (Cárdenas, 2012).

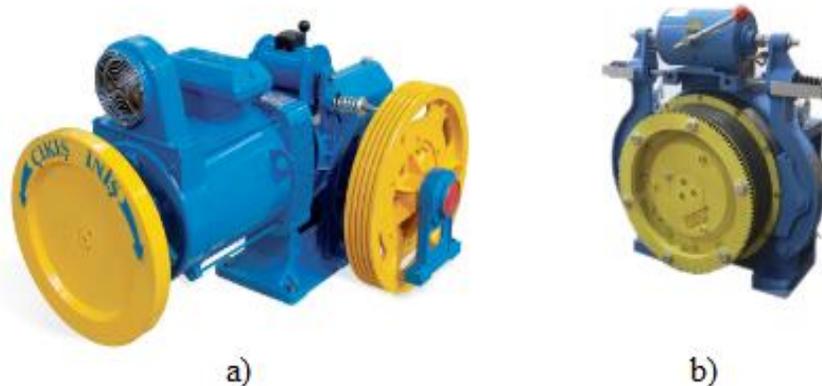


Figura 8. Máquinas de tracción de ascensor

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.3. Entradas de puertas

Las puertas de ascensores se instalan acorde al ducto del ascensor, de esta manera se clasifican en puertas de apertura central, como se observa en la **Figura 9-a** y puertas de apertura lateral, como en la **Figura 9-b**, la primera es correspondiente a dos hojas batientes que se desplazan desde la mitad de la entrada del ascensor hasta cada costado, mientras que la segunda se basa en un sistema que desplaza dos hojas batientes desde la esquina derecha o izquierda de la entrada del elevador.



Figura 9. Tipos de entradas de puertas

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.4. Contrapeso

Se lo construye en una sola pieza, en un marco metálico donde va situado en la parte superior una polea para guiar los cables de acero de tracción. Posee porta zapatas en todos los extremos para que el chasis se fije a las rieles de contrapeso. Dentro del chasis se ubican las pesas del contrapeso (ver **Figura 10**), éstas pueden ser de cemento o hierro, lo importante es que se coloque el peso requerido, generalmente el peso del contrapeso equivale al peso de la cabina más el 50 % de la capacidad del ascensor. Una prueba rápida para saber si se encuentra ingresado el peso total en el contrapeso es soltando el freno de la máquina, en esta instancia la cabina debe subir rápidamente (Cárdenas, 2012). Cuando se ponen la cabina y el contrapeso a mitad de recorrido, se debe realizar un balanceo de carga esto se realiza poniendo peso en cabina, el cual corresponde al 50 % de la carga nominal, en esta instancia la cabina y el contrapeso deben permanecer sin movimiento, es decir equilibrados.

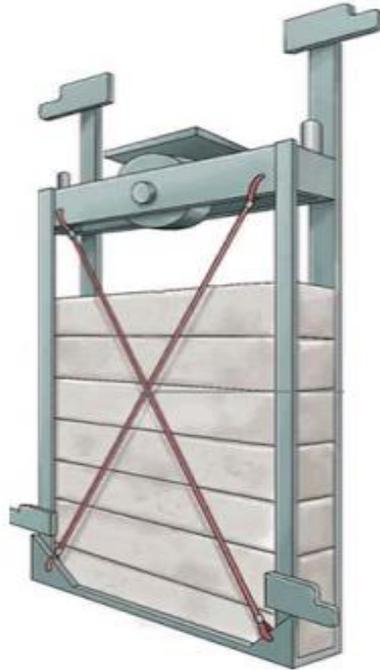


Figura 10. Chasis de contrapeso de ascensor

Fuente: (Muñoz, 2013)

2.3.1.5. Dispositivo paracaídas

Este es uno de los componentes más importantes dentro del funcionamiento del ascensor (ver **Figura 11**), se ubica generalmente junto a la máquina de tracción. Se encarga de parar la caída de la cabina en caso de que se rompan los cables de acero de tracción, las cuñas metálicas se aprietan de manera uniforme al riel, provocando que la cabina frene y evitando la caída libre (Muñoz, 2013).



Figura 11. Paracaídas de ascensor de aplicación instantánea

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.6. Polea tensora

Este elemento se ubica en el fondo del ducto del ascensor, se une con el dispositivo paracaídas mediante un cable de acero tensionado. Posee un contacto de seguridad eléctrico que se activa en caso de que se rompa el cable o se pierda la tensión (Cárdenas, 2012). En la **Figura 12** se muestra la polea tensora aplicada en el ascensor.



Figura 12. Polea tensora de ascensor

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.7. Cables de acero de tracción

El cable de acero de tracción como se puede ver en la **Figura 13**, permite realizar la unión entre la cabina y el contrapeso. Además a través de la polea superior que está engranada con la máquina de tracción y junto con los cables de acero, generan el movimiento del elevador (Muñoz, 2013).



Figura 13. Cable de acero de tracción

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.3.1.8.Cabina

Es el cuerpo donde viajan los usuarios dentro del ducto del ascensor (ver **Figura 14**), está diseñada de tal forma que permita ingresar ventilación dentro de la cabina.



Figura 14. Cabina de ascensor

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.9.Operador de puertas

Este mecanismo, como se observa en la **Figura 15**, instalado permite la apertura y cierre de las puertas de cabina, debe ser instalado de tal forma que se deje un espacio libre máximo de 6 mm entre las puertas de pasillo y las puertas de cabina (Cárdenas, 2012). Su modo de funcionamiento lo realiza a través de un motor acoplado al operador de puertas.



Figura 15. Operador de puertas con apertura lateral

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.1.10. Amortiguador en pozo

El amortiguador se diseña en base a características propias de cada ascensor, como: capacidad, altura y velocidad. Este es el dispositivo que soportaría el peso total de la cabina en caso de que esta pierda el control y los límites finales de carrera no se activen. Pueden instalarse tres tipos de amortiguadores, para velocidades hasta 1,0 m/s pueden instalar del tipo: resorte (ver **Figura 16-a**) o del tipo poliuretano (ver **Figura 16-b**), y para velocidades hasta 1,6 m/s puede ser del tipo hidráulico con resorte, como en la **Figura 16-c** (Cárdenas, 2012).

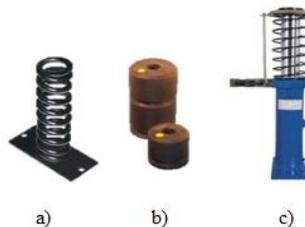


Figura 16. Amortiguadores de ascensor

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.3.2. Componentes eléctricos y electrónicos del ascensor

2.3.2.1. Botonera de mantenimiento

Este es un dispositivo ubicado sobre la cabina del ascensor, generalmente posee los siguientes elementos: un selector de dos posiciones, para escoger el modo de trabajo de inspección o automático, un pulsador con enclavamiento de parada de emergencia, un botón de subir y un botón de bajar, como se observa en la **Figura 17**.



Figura 17. Botonera de mantenimiento de ascensor

2.3.2.2. Comando de cabina

Es el elemento que permite registrar las llamadas a los diferentes pisos desde la cabina del ascensor, está compuesto por botoneras de piso y un indicador electrónico de posición y dirección, como se observa en la **Figura 18**.



Figura 18. Indicador de cabina de ascensor

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.3.2.3. Finales de carrera

Su función es limitar el recorrido superior e inferior del ascensor. Puede ser del tipo rodillo (ver **Figura 19**), su contacto es normalmente cerrado (NC) y es de reposición automática cuando el ascensor deja de accionar este dispositivo. Existen también los pre finales de carrera los cuales realizan un cambio de velocidad en los extremos finales del ascensor, para ello se emplean contactos normalmente abiertos (NO) (Cárdenas, 2012).



Figura 19. Finales de carrera tipo rodillo

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.3.2.4.Sensores de posición

Pueden ser del tipo magnético (ver **Figura 20-a**) o fotoeléctrico (ver **Figura 20-b**), se ubican generalmente sobre la cabina del ascensor a una medida específica para detectar la posición de cada pantalla de piso, de esta forma el sistema puede conocer la posición del elevador.



Figura 20. Sensores de posición de ascensor: a) magnético, b) fotoeléctrico

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.3.2.5.Contactos de puertas

Se basan en un candado o enclavamiento de las puertas de pasillo y de cabina del ascensor (Cárdenas, 2012), como se muestra en la **Figura 21**. Por medio de este elemento se puede comprobar que todas las puertas se encuentran cerradas, si una puerta se encuentra abierta, el ascensor no entra en operación, de esta manera se dota de seguridad a los usuarios.



Figura 21. Contacto de puerta de cabina de ascensor

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.3.2.6. Barrera infrarroja

Permite cubrir toda la puerta de cabina mediante un haz infrarrojo de piso a techo. Si se corta el haz de luz, inmediatamente esta señal reabre la puerta, de esta forma el sistema evita golpear al usuario cuando ingresa o sale de la cabina del ascensor. Posee en dispositivo emisor y otro receptor, como se observa en la **Figura 22**.



Figura 22. Cortina de luz para reapertura de puerta

Fuente: Adaptado de (Cárdenas, 2012)

2.4. Clasificación de los ascensores

2.4.1. Ascensores hidráulicos

Este ascensor (ver **Figura 23**), fue el más utilizado años anteriores en la transportación vertical dentro de viviendas y oficinas debido a que no requería instalación de un cuarto de máquinas en el último piso, haciendo que de esta forma no se dañe el diseño arquitectónico del edificio. Está compuesto por una central hidráulica la cual tiene como objetivo generar la presión adecuada para elevar el pistón de un cilindro por una tubería, cuyo pistón sostiene y empuja la cabina (Miravete & Larrodé, 2007). Como ventajas se tienen el control de velocidad, consumo de energía únicamente en el ascenso que realiza el ascensor debido que este mecanismo desciende por efecto de la gravedad, mientras que su desventaja radica en el alto costo de instalación y el mantenimiento que incurre este tipo de sistema.



Figura 23. Ascensor hidráulico

Fuente: (Enor, 2007)

2.4.2. Ascensores eléctricos

Este tipo de ascensor normalmente está formado por un grupo motor, acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida se acopla una polea con distintos canales donde se colocan los cables de tracción. Los motores eléctricos que se utilizan generalmente son de corriente alterna, de una o dos velocidades, regulado con un inversor de frecuencia. Descrito de forma general la instalación de este tipo de ascensor, se compone de un circuito de tracción, compuesto por: motor, freno, reductor y polea de tracción, un circuito de elevación compuesto por la cabina, el contrapeso, el cable de tracción, el cable de compensación, se implanta un circuito limitador de velocidad y el cable paracaídas con el dispositivo paracaídas que detiene la cabina en caso de exceso de velocidad. Además es necesaria la instalación de guías de cabina y contrapeso, los amortiguadores al final del pozo, el tablero de control, las poleas y las puertas de acceso en cada piso (Miravete & Larrodé, 2007).

2.4.2.1. Ascensores eléctricos con sala de máquinas

Los ascensores con cuarto de máquinas, como se observa en la **Figura 24**, generalmente ubican la máquina de tracción y el cuadro de maniobra sobre la última planta

del edificio. En la actualidad los cuadros de maniobra son conocidos también como controles electrónicos, al basar su operación en la configuración, ajuste y programación de diferentes controladores (Tedesco, 2010). Usualmente estos gabinetes poseen en su interior la parte de control y potencia, se montan sobre la pared, de tal forma que el operario pueda acceder a todos los elementos, en caso de una revisión rutinaria de mantenimiento.



Figura 24. Ascensor con sala de máquinas

Fuente: (Ascensor eléctrico con sala de máquinas, s.f.)

2.4.2.2. Ascensores eléctricos sin sala de máquinas

Los ascensores eléctricos sin sala de máquinas, generalmente se ubican en el último piso del edificio, como se puede observar en la **Figura 25**. De esta manera el diseño inicial del edificio no se ve afectado, debido a que no es necesaria la construcción de un cuarto de máquinas. La desventaja de estos tableros de control es su alto costo de implementación, al realizarse un diseño especial. Para la colocación de la máquina se dimensiona un sobre-recorrido en la última planta aproximadamente de 4500 mm, medida que se modifica acorde a la velocidad del ascensor (Silva, 2010).

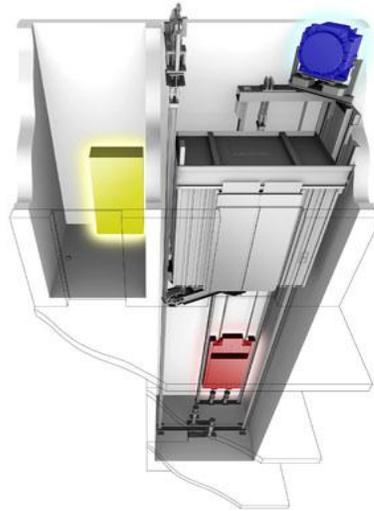


Figura 25. Ascensor sin cuarto de máquinas

Fuente: (Ascensor sin sala de máquinas, s.f.)

2.5. Tipos de maniobra de un ascensor

El control de un ascensor puede gestionarse utilizando diferentes tipos de maniobra, las cuales coordinan el funcionamiento de los ascensores.

2.5.1. Maniobra universal

La operación de la maniobra universal se basa en que la cabina puede ser llamada y usada solo por una persona o por un grupo de personas a la vez. Cuando se registra una llamada de piso, se encienden todas las botoneras de piso, de esta manera se indica al usuario, que el ascensor está siendo utilizado, por lo tanto mientras no concluya con el primer registro asignado no podrá atender a otro llamado (Blanco, 2012). Cuando las luces de los indicadores se encuentran desactivadas, se podrá hacer uso del elevador. Una de las características de esta clase de maniobra es que puede memorizar varios llamados, pero como se lo ha explicado anteriormente solo ejecuta uno a la vez, es decir se estaría hablando de un registro tipo FIFO, el primero que entra es el primero que sale, hasta que el registro se encuentre vacío.

Este tipo de maniobra tiene un bajo costo de inversión, por lo cual varios ascensores la poseen, pero se debe tomar en cuenta que esta operación es aceptable para edificios de baja altura, donde no exista tráfico de personas, debido a que como se ha explicado, es una maniobra de bajo rendimiento, lo cual provoca tiempos de espera elevados (Miravete & Larrodé, 2007).

2.5.2. Maniobra colectiva en descenso

Este tipo de maniobra suele aplicarse para edificios de varias viviendas y gran altura, donde la frecuencia de tráfico de un piso a otro es relativamente baja. El principio de operación es similar a la maniobra universal, con registro de llamadas comandadas por un único pulsador en cada piso (ver **Figura 26**), pero además permite recoger pasajeros cuando el ascensor se encuentra con dirección de bajada. Es decir si el elevador se encuentra en el último piso, y un usuario realiza una llamada desde un piso inferior, intermedio o el más bajo, todas estas llamadas serán atendidas en sentido descendente.

La desventaja principal de esta maniobra se basa en que si un usuario desea ir a un piso superior al que se encuentra debe esperar a que sean atendidas todas las llamadas descendientes para poder llegar a su destino. Las botoneras de registro de piso disponen de un único botón que oscila intermitentemente cuando es accionado, hasta que el ascensor atiende su llamado (Blanco, 2012).



Figura 26. Botonera con único pulsador

Fuente: (Pulsadores, s.f.)

2.5.3. Maniobra colectiva – selectiva en ascenso y descenso

El modo de operación de la maniobra colectiva – selectiva de un ascensor resulta ser uno de los sistemas más complejos y costoso de implementarse. El sistema de control del ascensor debe tener un registro de almacenamiento de llamadas tanto para las llamadas de cabina, así como también un registro para las llamadas realizadas desde cada piso del edificio. Este tipo de maniobra fue diseñada en específico para solventar la necesidad de alto tráfico que demandan diferentes entidades, como pueden ser edificios de viviendas, oficinas, centros comerciales, hospitales, donde se requiere una pronta respuesta de servicio de transporte vertical.

El principio de funcionamiento del ascensor, es como se explica a continuación: se registra una llamada desde cabina o desde un piso en específico, si esta solicitud es superior al piso que se encontraba la cabina, entonces el ascensor toma la dirección de subida, en esta dirección el elevador atenderá todos los llamados, si existiera una llamada en forma descendente, se tendrá que esperar a que se terminen todas las solicitudes en forma ascendente para comenzar atender las llamadas en la otra dirección. Una vez terminados todos los llamados, el ascensor puede permanecer estacionado en el último piso utilizado (Miravete & Larrodé, 2007).

2.5.4. Maniobra de grupo o batería

Este tipo de maniobra se utiliza cuando se tiene dos o más ascensores en una misma edificación. A través de esta maniobra se puede reducir al máximo el tráfico de transportación vertical que se origina en los edificios con gran afluencia de personas, además de que existe un mayor número de equipos que cubre esta necesidad.

El funcionamiento de este sistema es similar a la maniobra colectiva-selectiva en ascenso y descenso, mantiene las mismas botoneras, pero la ventaja es que al existir un mayor número de equipos, la cabina que este más cercana al registro exterior realizado

atenderá la solicitud del usuario, de esta manera solo acude un ascensor al llamado, mientras se puede hacer uso del resto de ascensores.

En la actualidad se han desarrollado sistemas que permiten interconectar hasta 8 ascensores en grupo, los cuales se han instalado en grandes hoteles, centros comerciales, oficinas, como se observa en la **Figura 27**, donde la afluencia de personas nunca se detiene (Blanco, 2012).



Figura 27. Grupo de ascensores

Fuente: (Ascensores en grupo, 2005)

2.6. Control electrónico de ascensor

Un control electrónico dentro de la transportación vertical ha sido desarrollado para optimizar los tiempos de viaje, brindar seguridad y confort de funcionamiento. Lo primero que se debe tomar en cuenta con un ascensor electrónico es que el controlador trabaja con voltajes mínimos que van desde los 3, 5, 12 y 24 voltios.

Un controlador electrónico correctamente instalado, es un equipo robusto, ya que cada etapa está conformada por circuitos integrados y memorias pre-grabadas para todas las funciones que se especificaron con anterioridad a su fabricación. Estas dificultades, no eran apreciadas en el pasado con la tecnología electromecánica, puesto que en el comando general del equipo sólo había tensiones superiores a los 110 voltios de corriente alterna o continua, mientras que las señales de marcha y parada se realizaba por selectores

electromecánicos. Es recomendable que para el sistema de comunicación entre el controlador y los indicadores de piso de un ascensor electrónico, esto se realice a través de un tipo de cable coaxial o mallado, ya que la malla envuelve la señal, protegiendo la información enviada al controlador contra ruidos eléctricos y corrientes espurias que pueden alterar el correcto funcionamiento del sistema, dando como resultados pisos equivocados o manifestar mensajes erróneos de fallas inexistentes que pueden confundir al técnico y al usuario (Tedesco, 2010).

2.6.1. Control de velocidad mediante variación de frecuencia

El control de frecuencia variable (ver **Figura 28**), posee como ventajas: tiene un menor consumo de corriente, aplica al motor la corriente que necesita para la carga, ahorra energía, proporciona un arranque y parada suave, los motores son de menor capacidad por la eficacia del inversor, alarga la vida útil de la máquina de tracción y dota al sistema de una nivelación precisa. Las desventajas presentes son muy pocas, entre las cuales se puede mencionar, su costo, la disipación de energía se la realiza a través de una resistencia que eleva la temperatura en el cuarto de máquinas y los armónicos producidos necesitan ser filtrados para evitar enviar ruido eléctrico a la red (Cárdenas, 2012).



Figura 28. Control de frecuencia variable

Fuente: (Cárdenas, 2012)

2.7. Componentes de un tablero de control de ascensor

Los tableros de control son herramientas importantes dentro de procesos que realizan un sin número de actividades, debido a que a través del tablero el operador facilita sus tareas y permite un mayor alcance de su control. Los tableros de control constituyen el soporte para el automatismo de varios procesos industriales, en especial para países en desarrollo. Como automatismo se entiende a “un sistema que realiza una labor de manera automática de acuerdo a parámetros con los cuales ha sido diseñado” (Daneri; 2008, p.13).

Los componentes utilizados en la construcción de cuadros de maniobra y control tienen la función de transmitir señales desde distintos puntos con diversos accionamientos y tiempos de función hacia el controlador principal del sistema.

2.7.1. Dispositivos de control

Los elementos de control son dispositivos que pueden ser programados por el operador, para su operación de forma automática o semiautomática, donde el operador no necesariamente debe encontrarse en el sitio de tablero. Dentro de este grupo se encuentran: contactores, relés, temporizadores, driver, controlador principal, entre los que se puede mencionar (Maldonado, 2013). En la **Figura 29** se observa un PLC el cual es un dispositivo programable, que permite operar de forma automática un sistema.



Figura 29. PLC (Controlador Lógico Programable)

Fuente: (Contreras, 2015)

En este grupo pueden introducirse dispositivos de mando, cuando se incluye la botonera de mantenimiento en el tablero de control del ascensor, pero generalmente se ubican sobre la cabina del ascensor, con objeto de que el operario realice tareas rutinarias de mantenimiento.

2.7.2. Dispositivos de protección

Son los elementos encargados de proteger a personas, líneas y equipos ante sobre cargas por picos de corriente o cortocircuitos eléctricos generados en el sistema. Se utilizan tanto en circuitos de fuerza, de mando y en las líneas de entrada de los equipos.

Cuando se habla de sobre carga por picos de corrientes, generalmente se hace referencia a un exceso de corriente de alimentación de un sistema, respecto a una corriente de entrada máxima de operación, con lo cual en caso de producirse esta falla eléctrica se desconectan automáticamente todos los elementos del sistema de alimentación principal.

Un cortocircuito es el contacto directo de dos puntos con potenciales eléctricos distintos. Las causas pueden ser varias: cables rotos, flojos o pelados, presencia de cuerpos metálicos extraños, depósitos conductores (polvo, humedad, etc.), filtraciones de agua o de otros líquidos conductores, deterioro del receptor o error de cableado durante la puesta en marcha o durante una manipulación. Esta falla eléctrica se puede producir tanto en corriente alterna como en corriente continua, como se detalla a continuación:

- En corriente alterna: contacto entre fases, entre fase y neutro o entre fases y masa conductora.
- En corriente continua: contacto entre los dos polos o entre la masa y el polo aislado.

El cortocircuito desencadena un brutal aumento de corriente que en milésimas de segundo puede alcanzar un valor cien veces superior al valor de la corriente de empleo. Por lo tanto, es preciso que los dispositivos de protección detecten el fallo e interrumpan

el circuito rápidamente, de ser posible antes de que la corriente alcance su valor máximo (Manual Electrotécnico Telesquemario, 1999). Generalmente en este grupo se encuentran: fusibles, interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales, guardamotores, relés térmicos, entre otros. En la **Figura 30** se observan varios interruptores termomagnéticos de 1, 2, 3 y 4 polos, desde la izquierda a la derecha respectivamente.



Figura 30. Interruptores termomagnéticos

Fuente: (Dispositivos de protección eléctrica, s.f.)

2.8. Normativa para la fabricación de tableros de control de ascensores

En el Ecuador la normativa que rige la fabricación de control de ascensores es la CPE INEN 018 (2000) (Spanish): Código de seguridad de ascensores para pasajeros.

Esta normativa define al control de un ascensor como: “Conjunto de dispositivos eléctricos, electromecánicos y/o electrónicos destinados a controlar, el arranque, parada, dirección de movimiento, aceleración, desaceleración y velocidad del carro. El control debe responder a las señales enviadas por los diferentes dispositivos del ascensor” (INEN; 1999, p.10)

El apartado 5.10 de esta norma, remite 12 disposiciones generales aplicables en la implementación de un control de ascensor, con el objeto de garantizar la seguridad de los pasajeros y los operarios del sistema. A continuación, se especifican los requerimientos necesarios para su construcción.

- Los controles pueden ser del tipo electrónico, electromagnético o mixto.
- La ubicación del control debe ser tal que el operador pueda observar el movimiento de la máquina cuando se realicen tareas de ajuste, reparación, inspección o mantenimiento.
- Los fusibles o disyuntores del motor deben tener la capacidad adecuada, de acuerdo a sus especificaciones técnicas, y no deben encontrarse puenteados.
- El conjunto de cables internos de un control debe estar perfectamente organizado y no se permiten empalmes intermedios.
- Dentro del control las borneras, tarjetas electrónicas, fusibles, relés, contactores, etc., deben estar plenamente identificados.
- Todo control debe tener un disyuntor que corte la energía eléctrica.
- Todo ascensor debe tener un disyuntor principal en la sala de máquinas que permita desconectar la alimentación de energía eléctrica al ascensor. En caso de que la alimentación sea trifásica o bifásica se debe utilizar un disyuntor que corresponda a cada caso.
- En el control no se permiten conexiones rotas, resistencias desajustadas o rotas, contactos inadecuados o desgastados, resortes desgastados o contactos sin platinas ni circuitos de seguridades puenteados.
- No se permite que en los controles existan bobinas con sobrecalentamiento, circuitos abiertos o en cortocircuito, contactores o relés en mal estado.
- Cada control debe ser identificado con su respectiva máquina y su disyuntor principal.
- Todo control debe estar conectado a tierra.
- Todo control debe estar anclado y fijado a una pared o al piso.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

3.1 Introducción

El proyecto será desarrollado en el Conjunto Habitacional Hábitat Guápulo de la ciudad de Quito, donde actualmente se encuentran instalado un ascensor de tres plantas panorámico de fabricación nacional (ver **Figura 31**). Como antecedentes se tienen que el ascensor tiene un ciclo de funcionamiento aproximadamente de 15 años, por tal motivo elementos que comandaban la lógica de control del sistema como: memorias UV-Eprom, relés, transistores, placas de control se encuentran en mal estado y actualmente no se fabrican, siendo difícil su reposición.



Figura 31. Ascensor panorámico de 3 plantas, Conjunto Hábitat Guápulo

Las fallas del ascensor a ser repotenciado, se basan en la operación del controlador, como: pérdida de información del ducto ocasionándose un bloqueo del ascensor, falsas activaciones de piso y cabina por lo que el tiempo de atención de llamadas tiene un constante retardo, problemas con el cierre de puertas generándose golpes a los usuarios.

Además la lógica de control con la que fue programada el ascensor es antigua, al ser un tipo de maniobra universal, es decir un sistema sin memoria de llamadas, por lo que el ascensor únicamente ejecuta la primera llamada realizada, sin poder ingresar una segunda orden, mientras que el ascensor no concluya la primera instrucción.

Este sistema no tiene un tipo de control de velocidad implementado, únicamente permite implementar una sola velocidad, por lo que el arranque y paro que realiza la máquina de tracción tiende a ser brusco, además de que las nivelaciones son inexactas según la variación de carga en la cabina del ascensor.

La cabina no posee un indicador de posición y dirección por tal motivo es difícil para los usuarios conocer la ubicación en la que se encuentran mientras se encuentran viajando en el elevador.

Otro inconveniente se halla en el cableado de control y ducto del ascensor, el cual actualmente se encuentra deteriorado y con empalmes no adecuados para su funcionamiento, por tal motivo no se puede tener una secuencia clara de las conexiones del ascensor.

Los problemas previamente mencionados han causado problemas en el correcto funcionamiento del ascensor, por tal motivo se generan varias molestias en los usuarios. En la **Figura 32** y **Figura 33**, se muestra el tablero de control a ser repotenciado, donde se evidencia el mal estado en el que este se encuentra el mismo.



Figura 32. Cuadro de control antiguo del ascensor



Figura 33. Vista frontal del tablero de control y máquina de tracción del ascensor

3.2. Requerimientos

Después de un análisis se ha decidido repotenciar el tablero de control del ascensor, por medio de un control electrónico acorde a la tecnología actualmente presente en el país y según lo especifica la normativa técnica CPE INEN 018 la cual rige para el Código de seguridad de ascensores para pasajeros.

Se diseñará una nueva lógica de control para un ascensor de 3 plantas de fabricación nacional, con objeto de mejorar todos los inconvenientes presentes actualmente en el elevador. La maniobra de control del ascensor será colectiva y selectiva en dirección ascendente y descendente, con lo cual se establece un sistema de memoria para registrar todas las llamadas desde la cabina y en los pasillos ingresadas por los usuarios.

Por medio de la implementación de un variador de velocidad, se podrá utilizar el motor del ascensor con diferentes velocidades, de esta forma se puede dotar de confort al sistema, brindando a los usuarios suavidad en el arranque, paro y en los desplazamientos verticales que realiza el ascensor.

Con el nuevo sistema se puede dotar de una interfaz de visualización de dirección y posición dentro de la cabina del ascensor. Además mediante la implementación de una cortina electrónica de luz en la puerta de cabina, se puede evitar que las puertas golpeen sobre los usuarios, cuando estas comienzan su operación de cerrado, de esta forma se puede dotar de seguridad en el elevador.

3.3. Diseño del control electrónico de ascensor

En la etapa de diseño del tablero de control será necesario el dimensionamiento y la selección de diferentes elementos que forman parte del tablero de control, con objeto de garantizar un funcionamiento óptimo del mismo.

3.3.1. Dimensionamiento de los elementos de control

Previo a la obtención de los elementos de control y potencia necesarios para la construcción del tablero electrónico del ascensor, es necesario realizar varios cálculos matemáticos que permiten una selección adecuada de cada componente, entre los cuales se pueden destacar: controlador del sistema, drive de motor, contactores y relés.

3.3.1.1. Controlador del sistema

Los controladores utilizados para el diseño de tableros de control con aplicación específica de transportación vertical, pueden construirse en base a dos sistemas que han sido implementados, hasta el momento:

- Sistemas cableados: de relés
- Sistemas programables: lógica a medida (puertas lógicas, memorias, microcontroladores) y los PLC (controladores lógicos programables).

En la **Tabla 1**, se tiene un cuadro comparativo acorde a características generales de cada tecnología, de la cual se han seleccionado las especificaciones necesarias para establecer el tipo de controlador a utilizarse en el desarrollo de este proyecto. A continuación se revisan las principales características que debe poseer el controlador a ser implementado:

- Debe permitir la reducción del tamaño del tablero de control
- Generar un bajo consumo de energía
- Dotar de una alta respuesta al sistema
- Debe ser un sistema robusto
- El controlador debe ser escalable
- Modificaciones sin detener el proceso
- Se debe tener un diagnóstico de fallos

- Permitir la implementación de diferentes protocolos de comunicación
- Presentar lazos de control
- Debe garantizarse su stock en el mercado

Tabla 1.
Ventajas de los sistemas programables

Características	Sistemas programables		
	Sistemas cableados	Lógica a medida	PLC
Tamaño	Alto	Bajo	Bajo
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Velocidad de respuesta	Baja	Baja	Baja
Interconexión con otros procesos	Difícil	Difícil	Fácil
Desgaste	Alto	Bajo	Bajo
Robustez	Alta	Baja	Media
Ampliación (escalabilidad)	Difícil	Muy Difícil	Fácil
Flexibilidad	Baja	Nula	Alta
Costo por variable interna	Alto	Media	Bajo
Costo por E/S > 15			
Pequeñas series	Alto	Medio	Bajo
Grandes series	Alto	Bajo	Medio
Especialización del personal de mantenimiento	Baja	Alta	Media
Herramientas de diagnóstico de fallas	Nula	Baja	Alta
Modificaciones sin parar el proceso (en línea)	Nula	Nula	Alta
Cantidad de mano de obra para la implementación del proyecto	Alta	Media	Baja
Hardware estándar para diferentes aplicaciones	Nula	Nula	Alta

Continúa



Repuestos en el mercado		Altos	Nulos	Medios
Funciones	Lógica combinacional	Sí	Sí	Sí
	Lógica secuencial	Limitada	Sí	Sí
	Instrucciones aritméticas	No	Sí	Sí
	Lazos de control PID	No	Sí	Sí
	Textos y gráficos	No	Sí	Sí
	Protocolos de comunicación estándar	No	Sí	Sí
	Toma de decisiones	Bajo nivel	Sí	Sí
	Lenguajes de programación estándar	No	No	Sí

Fuente: (Daneri, 2008)

De la **Tabla 1**, y acorde a las características de diseño planteadas para el controlador, se descarta utilizar el sistema de lógica cableada a relés, debido a que es una tecnología antigua. Para su implementación es necesario construir el tablero de control de gran tamaño, lo cual genera un alto consumo de energía eléctrica.

En cuanto a las tecnologías de los sistemas programables se tiene que tanto los de lógica a la medida y PLC son dispositivos de menor tamaño, por tal forma favorecen en la reducción de tableros de control, además al ser dispositivos compuestos por elementos electrónicos, presentan un bajo consumo de energía eléctrica. Los dos sistemas pueden realizar distintas funciones de control sin alterar su configuración física, solo cambiando el programa de control (Daneri, 2008). Las principales diferencias entre estos dos sistemas programables, se centran en la robustez, escalabilidad, diagnóstico de fallas, modificaciones del programa de control y el stock de repuestos en el mercado

Por una parte el PLC dota al sistema a implementarse de robustez por su alto rechazo al ruido eléctrico con el que fue diseñado, por esta razón es el dispositivo más utilizado dentro de la industria, contrario a un dispositivo de lógica a la medida el cual se ve afectado en gran medida ante la presencia de ruido eléctrico, si no existe un adecuado tratamiento de señales, haciendo que el sistema trabaje con errores durante su operación, activando falsos positivos.

La escalabilidad es otra diferencia entre estos dos sistemas una vez que se ha implementado un tablero de control electrónico, por un lado el PLC compacto o modular, permite la expansión de módulos de comunicación, módulos de entradas y salidas digitales/análogas o a relé, mientras que un dispositivo de lógica a medida es un chip embebido, al cual no se le puede añadir ninguna función adicional a las que el elemento posee.

Otra diferencia se basa en el diagnóstico de fallas, con la utilización de un PLC conectado a un ordenador, se puede determinar si alguna bandera del PLC se desbordó o en que parte el programa se detuvo para que el proceso no haya podido ser ejecutado, diferente a la utilización de un dispositivo de lógica a la medida, con el cual estas características no pueden ser analizadas y únicamente se recurre a un reset del sistema en caso de un error presente.

Es muy importante que el sistema implementado pueda ser modificado sin que el proceso se detenga, esta es la versatilidad que posee un PLC, al permitir conectarse en línea con el proceso y poder modificar ciertas condiciones del programa de control sin recurrir al hecho de volver a grabar el programa principal, como ocurre con un dispositivo programable de lógica a la medida.

Otra diferencia se encuentra en el hecho de conseguir repuestos del dispositivo controlador a ser implementado, lo cual resulta favorable al momento de seleccionar un PLC, debido a que en el Ecuador varias tiendas dedicadas a la venta de productos de

automatización tienen estos equipos y sus componentes adicionales, contrario al momento de revisar en una tienda electrónica dispositivos de lógica a medida, como: memorias de programa EPROM o EEPROM, compuertas lógicas; elementos que en la actualidad difícilmente se los consigue en nuestro país, algunos fabricantes ya no las producen y traerlas del extranjero resulta un inconveniente de tiempo y dinero.

Por otro lado, el aspecto económico es importante, debido a que una compuerta lógica, una memoria o un microcontrolador son elementos que se los pueden conseguir a un menor costo que el PLC, pero la selección final del dispositivo controlador con el que se desea trabajar, depende generalmente de la aplicación que se pretende realizar.

Por estas razones, y previa la revisión de ventajas, desventajas y diferencias entre estos 3 tipos de controladores, para el desarrollo del presente proyecto, se ha escogido al autómatas programable PLC (ver **Figura 34**), como controlador del sistema.

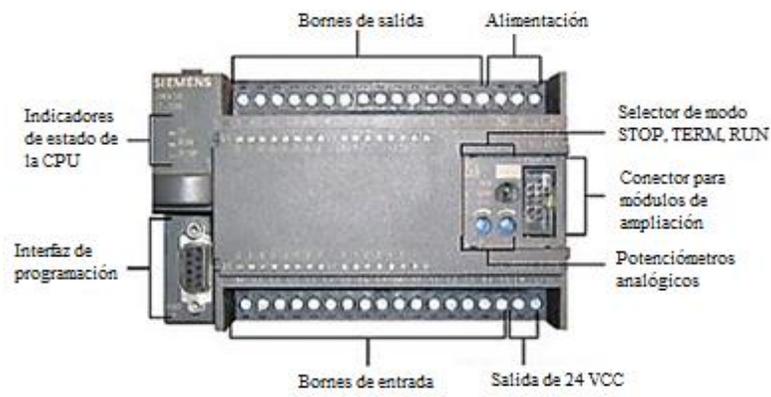


Figura 34. PLC Simatic S7-200, CPU 224

Fuente: Adaptado de (Daneri, 2008)

3.3.1.2. Dimensionamiento del controlador del sistema

Para el dimensionamiento adecuado del PLC se debe tomar en cuenta generalmente, el número de señales de entrada y de salida que son capaces de manejar, y

la complejidad de operaciones que es capaz de realizar. Por señales de entrada se entiende al conjunto de consignas y de realimentación que ingresa al controlador, en cuanto a señales de salida, se definen como las señales de control obtenidas desde el PLC. Tanto las señales de entrada como salidas, pueden ser del tipo analógicas/digitales o a relé. Como característica fundamental, se recomienda sobredimensionar en un 20% al número de canales de entrada y salida, esto es necesario para realizar posibles adaptaciones futuras la aplicación (Daneri, 2008).

3.3.1.2.1. Entradas del sistema

A continuación en la **Tabla 2**, se detallan el total de entradas que se conectarán al controlador, para que el sistema correspondiente a la operación de un ascensor de 3 plantas pueda ser implementado.

Tabla 2.
Entradas del sistema

Número	Tipo	Símbolo	Descripción
1	Digital	I0.0	Normal / Inspección
2	Digital	I0.1	Pulsador subir
3	Digital	I0.2	Pulsador bajar
4	Digital	I0.3	Pulsador de pasillo piso 1
5	Digital	I0.4	Pulsador de pasillo piso 2
6	Digital	I0.5	Pulsador de pasillo piso 3
7	Digital	I0.6	Pulsador abrir puertas
8	Digital	I0.7	Pulsador cerrar puertas
9	Digital	I1.0	Pulsador de cabina piso 1
10	Digital	I1.1	Pulsador de cabina piso 2
11	Digital	I1.2	Pulsador de cabina piso 3

Continúa 

12	Digital	I1.3	Sensor subir
13	Digital	I1.4	Sensor de nivelación
14	Digital	I1.5	Sensor bajar
15	Digital	I8.0	Límite desacelerador en dirección ascendente
16	Digital	I8.2	Límite desacelerador en dirección descendente
17	Digital	I8.3	Señal de seguridades
18	Digital	I8.4	Señal de puertas

Una vez que se han obtenido las entradas del sistema, es necesario sobredimensionar en un 20% el número de entradas del sistema, con lo cual a través de la ecuación (1) se ha calculado un total de número de entradas de 22, y con esto se puede optar por implementaciones o modificaciones en el futuro en el sistema.

$$\mathbf{Total\ entradas} = Ent.\ del\ sistema + (Ent.\ del\ sistema \times 0.2) \quad (1)$$

$$\mathbf{Total\ entradas} = 18 + (18 \times 0.2) = 21.6 \approx 22$$

$$\mathbf{Total\ entradas} = 22$$

3.3.1.2.2. Salidas del sistema

En cuanto a las salidas a utilizarse en el controlador, en la **Tabla 3**, se describen el total de salidas de control que conectarán a diferentes componentes del tablero que comandará la operación del ascensor.

Tabla 3.
Salidas del sistema

Número	Tipo	Símbolo	Descripción
1	Relé	Q0.0	Señal subir
2	Relé	Q0.1	Señal bajar

Continúa 

3	Relé	Q0.2	Señal rápida
4	Relé	Q0.3	Señal lenta
5	Relé	Q0.4	Señal abrir puertas
6	Relé	Q0.5	Señal cerrar puertas
7	Relé	Q0.6	Indicador de piso bit 0
8	Relé	Q0.7	Indicador de piso bit 1
9	Relé	Q1.0	Indicador de piso bit 2
10	Relé	Q8.0	Luz de pulsador de pasillo piso 1
11	Relé	Q8.1	Luz de pulsador de pasillo piso 2
12	Relé	Q8.2	Luz de pulsador de pasillo piso 3
13	Relé	Q8.3	Luz de pulsador de cabina piso 1
14	Relé	Q8.4	Luz de pulsador de cabina piso 2
15	Relé	Q8.5	Luz de pulsador de cabina piso 3

Una vez que se han revisado las salidas del sistema, es necesario dimensionar en un 20% el número de salidas que se conectarán al controlador, con lo cual a través de la ecuación (2) se ha calculado un total de 15 salidas que se necesita para la selección del controlador, con esto además se puede optar por implementaciones o modificaciones en el futuro.

$$\mathbf{Total\ salidas} = \mathbf{Sal.\ del\ sistema} + (\mathbf{Sal.\ del\ sistema} \times 0.2) \quad (2)$$

$$\mathbf{Total\ salidas} = 15 + (15 \times 0.2)$$

$$\mathbf{Total\ salidas} = 18$$

3.3.1.3. Selección del controlador del sistema

De acuerdo a la tecnología y la disponibilidad en el mercado de automatización en nuestro país, se ha decidido trabajar con los controladores de marca Siemens para el desarrollo del proyecto a realizarse.

3.3.1.3.1. PLC Siemens Simatic S7-1200 1214C AC/DC/RLY

El modelo del controlador con el cual se ha decidido trabajar es el Simatic S7 – 1200 1214C AC/DC/RLY (ver **Figura 35**), este dispositivo posee 14 entradas de tipo digital y 10 salidas a relé, además permite la integración de varios módulos de expansión, entre los que se destacan: módulos de entradas, salidas y de comunicación. En la **Tabla 4** se observan características específicas del controlador.

Tabla 4.
Características técnicas del controlador lógico programable

Modelo	CPU 1214C AC/DC/Relé
Marca	Siemens
Alimentación	120 – 240 V AC
Entradas digitales	14
Tipo	Fuente o sumidero
Tensión nominal	24V DC
Entradas analógicas	2
Tipo	Tensión
Rango	0 – 10 V
Salidas digitales	10
Tipo	Relé de contacto seco
Rango de tensión	5 a 30 V DC o 5 a 250 V AC
Rechazo de interferencias	10, 50 o 60 Hz
Memoria	Memoria de trabajo 25 KB
	Memoria de carga 1 MB
	Memoria remanente 2 KB
Velocidad de procesamiento	0,1 us por instrucción booleana
	18 us por instrucción de función matemática
Puerto de comunicación	1 puerto PROFINET



Figura 35. Controlador Lógico Programable S7 – 1200 1214C AC/DC/RLY

Fuente: (Siemens, 2017)

3.3.1.3.2. Módulo de expansión SM1223

Con objeto de cumplir con el dimensionamiento calculado para las entradas y salidas del presente proyecto a desarrollarse, se utilizará un módulo de expansión modelo SM1223 compatible con el controlador Simatic S7 – 1200 de la marca Siemens, como se observa en la **Figura 36**, el cual consta de 8 entradas digitales y 8 salidas a relé. Las características técnicas del presente módulo se especifican en la **Tabla 5**.

Tabla 5.

Características técnicas del módulo de expansión de señales SM1223

Modelo	SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8xrelé
Alimentación	24 V DC
Número de entradas	8
Tipo	Fuente o sumidero
Tensión nominal	24V DC
Número de salidas	10
Tipo	Relé de contacto seco
Rango de tensión	5 a 30 V DC o 5 a 250 V AC



Figura 36. Módulo de señales digitales SM1223

Fuente: (Siemens, 2017)

De esta forma se tienen un total de 22 entradas digitales y 18 salidas a relé con el controlador S7-1200 1214C AC/DC/RLY y el módulo de expansión SM 1223, cumpliéndose así la característica de dimensionamiento del controlador lógico programable (PLC), dejando entradas y salidas libres para modificaciones o adaptaciones futuras que pueda presentarse en el sistema. En la **Tabla 6** se hace un análisis general del uso de entradas y salidas del controlador del ascensor.

Tabla 6.

Análisis general de entradas y salidas del controlador

	Entradas a utilizarse	Salidas a utilizarse	Entradas libres	Salidas libres
S7-1200 1214C	14	10	0	0
SM1223	4	4	4	4

3.3.1.4. Dimensionamiento de los elementos de control y potencia

La condición actual de la máquina de tracción permite implementar el nuevo tablero de control electrónico del ascensor, al mantener el devanado de la alta velocidad en buenas condiciones de operación. En la **Figura 37**, se puede observar una vista lateral de la máquina del elevador actualmente instalada.



Figura 37. Máquina de tracción del ascensor de 3 plantas

3.3.1.4.1. Cálculos de corriente del motor trifásico del ascensor

Para comenzar con el dimensionamiento de los elementos del control será necesario realizar el cálculo de la corriente nominal del motor trifásico del ascensor, debido a que los contactores y el drive del motor a utilizarse requieren este valor para ser implementados. Se utilizará la ecuación (3), con objeto de obtener este parámetro.

$$P [W] = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_n \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Donde:

P: potencia que desarrolla el motor, se expresa en watts

V: tensión a la que se conecta el motor, se expresa en voltios

I_n : corriente nominal que consume el motor, se expresa en amperios

cos φ : factor de potencia

Reemplazando los datos de la placa del motor trifásico del ascensor actualmente instalado, se tiene:

$$P = 2.237 \text{ W}$$

$$V = 220 \text{ VAC}$$

$$\cos \varphi : 0,40$$

Por lo tanto de la ecuación (3), despejamos la variable desconocida I_n , como se ve en la ecuación (4) para obtener el valor de la corriente nominal del motor trifásico.

$$I_n [A] = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

$$I_n [A] = \frac{2.237}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.40}$$

$$I_n [A] = 14,67 \text{ Amperios}$$

3.3.1.4.2. Cálculos de la corriente de arranque

Para motores entre 1,5 Kw a 5 Kw, la relación entre la intensidad de arranque y la nominal no puede exceder de un factor de 3, como se visualiza en la ecuación (5), según el reglamento electrotécnico de baja tensión instrucción MI BT 034, sección 1.5, como se observa en la **Tabla 7**.

$$I_a [A] = 3 \times I_n \quad (5)$$

Donde:

I_a : intensidad de arranque

I_n : intensidad nominal

$$I_a [A] = 3 \times 14,67$$

$$I_a [A] = 44,02 \text{ Amperios}$$

Tabla 7.
Potencia de arranque

Motores de corriente alterna	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de carga y a plena carga,
De 0.75 Kw a 1.5 Kw	4,5
De 1.5 Kw a 5 Kw	3,0
De 5,0 Kw a 15,0 Kw	2,0
De más de 15,0 Kw	1,5

Fuente: (Colegio de arquitectos técnicos de Barcelona, 1973)

Por lo tanto la intensidad máxima en el arranque será de 44 amperios aproximadamente, correspondiente al motor trifásico instalado.

3.3.1.4.3. Cálculo del par nominal

Acorde a las especificaciones de la placa del motor se debe realizar el cálculo del par nominal, debido a que este valor permite la selección del inversor de frecuencia, para lo cual a través de la ecuación (6), se puede obtener este parámetro.

$$P = \Gamma n \cdot \omega \text{ [w]} \quad (6)$$

Donde:

P: potencia del motor en W

Γn : torque nominal en Nm

ω : velocidad angular en rad/s

Sustituyendo $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$ en la ecuación del par nominal y despejando el torque nominal, se tiene en la ecuación del par nominal:

$$\Gamma n = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} [Nm] \quad (7)$$

Donde:

n : número de revoluciones del motor en RPM

Reemplazando los datos de la placa del motor se tiene:

$$P = 2.237 W$$

$$n = 1.120 RPM$$

$$\Gamma n = \frac{2.237 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1120} [Nm]$$

$$\Gamma n = 19,07 [Nm]$$

3.3.1.5. Selección de contactores de potencia

En la construcción del tablero de control del ascensor, es necesario la utilización de 2 contactores, los cuales comandarán la operación del motor trifásico del ascensor y el freno de la máquina de tracción. La elección del contactor con el calibre más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación. Cada fabricante incluye en sus catálogos tablas que permiten determinar el calibre de los contactores en función del tipo general de aplicación (distribución o control de motores), de acuerdo a las tensiones y corrientes utilizadas. Un contactor puede conmutar con una corriente igual a su propia corriente asignada de empleo según las categorías de empleo AC – 1 o AC – 3, o de ser el caso, se puede utilizar un contactor de calibre superior que se determina usando las tablas correspondientes.

En el tablero se emplea el contactor para controlar el arranque y paro de un motor trifásico asíncrono, generalmente el funcionamiento de esta aplicación pertenece a la categoría de empleo AC – 3. Esta aplicación puede tener un número elevado de ciclos de maniobras. Acorde al cálculo de corriente nominal a la que trabaja el motor trifásico $I_n [A] = 14,67 A$ y la corriente máxima de arranque o corriente temporal admisible $I_a [A] = 44 A$, según la revisión de la **Tabla 8**, el contactor con el que se debe trabajar es el modelo LC1-D18 (ver **Figura 38**), elemento que se describe en la **Tabla 9**.

Tabla 8.
Especificaciones de contactores marca Schneider

Características							
Alimentación del circuito de control: corriente alterna							
Contactores			LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	
Número de polos			3	3-4	3	3-4	
Corriente asignada de empleo (I_e)($U \leq 440V$)	En AC-3, $\theta \leq 55^\circ\text{C}$	A	9	12	18	25	
	En AC-1, $\theta \leq 40^\circ\text{C}$	A	25	25	32	40	
Poder asignado de cierre		A	250	250	300	450	
Poder asignado de corte		220-380-415-440 V	A	250	250	300	450
		500 V	A	175	175	250	400
		660 V – 690 V	A	85	85	120	180
Corriente temporal admisible En caso de corriente nula durante los 15 min previos con $\theta \leq 40^\circ\text{C}$		Durante 1 s	A	210	210	240	380
		Durante 5 s	A	130	130	185	290
		Durante 10 s	A	105	105	145	240
		Durante 30 s	A	76	76	105	155
		Durante 1 min	A	61	61	84	120
		Durante 3 min	A	44	44	58	80
		Durante 10 min	A	30	30	40	50

Fuente: (Manual Electrotécnico Telesquemario, 1999)

Tabla 9.
Características técnicas del contactor para el control del motor trifásico

Dispositivo de control	Contactador Schneider LC1-D18
Alimentación de la bobina	220 V AC
Tipo	AC - 3
Temperatura de empleo	$\leq 55^\circ\text{C}$
Corriente máxima de arranque	Durante 5 segundos 185 Amperios
Contactos auxiliares	1 contacto NA, 1 contacto NC

Deben ser considerados de la misma manera 2 contactores que comanden la apertura y cierre de puertas de la cabina del ascensor. Acorde a la placa del motor operador de puertas la corriente nominal del motor trifásico es de 2 Amperios, según la revisión de la **Tabla 8**, el contactor con el que se debe trabajar es el modelo LC1-D09.



Figura 38. Contactor LC1 - D18 para motor trifásico
Fuente: (Manual Electrotécnico Telesquemario, 1999)

3.3.1.6. Dimensionamiento del drive del motor

Este dispositivo de control, también conocido como inversor de frecuencia o variador de velocidad, es indispensable para el desarrollo del proyecto, debido a que permite realizar el control de velocidad y giro del motor de inducción de corriente alterna del elevador. Este dispositivo se alimenta con un voltaje y una frecuencia constantes, y entrega al motor un voltaje y frecuencia variables.

Para la elección del variador de velocidad se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones de funcionamiento en base a: el tipo del motor que se alimenta, la tensión de red, la potencia del motor. En cuanto a condiciones difíciles de funcionamiento se consideran factores de temperatura ambiente superior a 40 °C, altitud superior a 1000 metros. Para esto es necesario revisar el catálogo del fabricante.

Para escoger de manera correcta la potencia del inversor respecto al motor trifásico que va a controlar, es necesario realizar un análisis del par y la velocidad del motor. Por lo tanto se debe revisar en la placa del motor el número de revoluciones y la frecuencia de operación que ofrece la máquina de tracción. Según la ecuación (8), se calcula la potencia necesaria para el ascensor, para lo cual se utilizará el valor del par previamente calculado.

$$P_n [w] = C \cdot \omega \cdot n \quad (8)$$

Donde:

P_n : potencia necesaria

C : par nominal en Nm

$$C = 19,07 \text{ Nm}$$

$$\omega = 0,104 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \text{ constante}$$

$$n = 1.120 \text{ rpm}$$

$$P_n [w] = 19,07 \cdot 0,104 \cdot 1.120$$

$$P_n [w] = 2.221,27 \text{ W}$$

El uso del variador de frecuencia para alimentar el motor obliga a rebajar en un factor de 0.9 la velocidad necesaria, por lo cual es necesaria realizar esta compensación por medio del cálculo de la potencia útil del motor, según ecuación (9).

$$P_{\text{útil}} [w] = \frac{P_n}{0.9} \quad (9)$$

$$P_{\text{útil}} [w] = \frac{2.221,27}{0,9}$$

$$P_{\text{útil}} [w] = 2.468,08 \text{ W}$$

En cuanto a la consideración de velocidad, la máquina instalada en el ascensor, muestra que puede alcanzar 1.120 rpm, entonces se debe realizar otro cálculo acorde al número de velocidades que tendrá el sistema, por lo tanto se ha planteado utilizar 2 velocidades por lo que se considera que la velocidad baja será de 560 rpm. Por lo tanto

según la ecuación (10), se calcula la frecuencia correspondiente a la baja velocidad y con este valor de frecuencia en la **Figura 39** correspondiente a la curva del par del inversor, se selecciona el factor de rebaja que finalmente determinará la potencia del inversor.

$$f_{baja} [Hz] = \frac{f_{red}}{n_{velocidades}} \quad (10)$$

Donde:

f_{red} : frecuencia de la red

n : número de velocidades de la aplicación

Reemplazando estos valores se tiene:

$$f_{baja} [Hz] = \frac{60}{2}$$

$$f_{baja} [Hz] = 30 \text{ Hz}$$

Al ser el motor a utilizarse, un motor autoventilado, se considera la curva 1 de la **Figura 39**, por lo tanto si el valor de baja frecuencia se dio en 30 Hz, el factor de par en baja velocidad corresponde a 0.95. En la ecuación (11), se reemplaza el parámetro del par obtenido, el valor de potencia del drive necesario para controlar el motor trifásico del ascensor que se encuentra instalado.

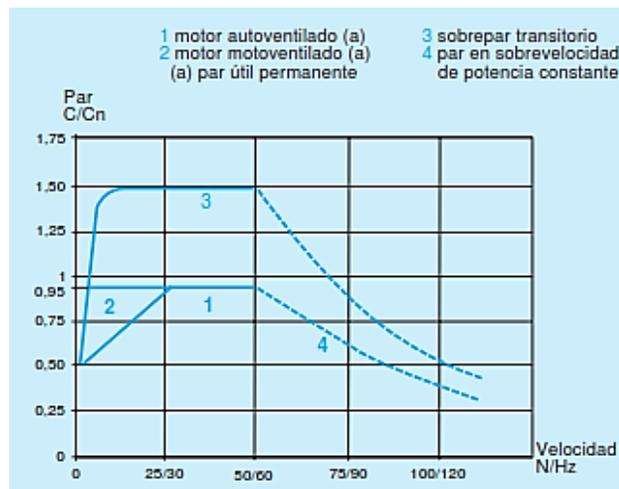


Figura 39. Curva de par vs velocidad

Fuente: (Manual Electrotécnico Telesquemario, 1999)

$$P_{inversor} [w] = \frac{P_{\acute{u}til}}{n_{reductor}} \quad (11)$$

Donde:

P inversor: potencia del inversor

Pútil: potencia compensada del motor en wats

n reductor: valor del par en velocidad baja

$$P_{inversor} [w] = \frac{2.468,08}{0.95}$$

$$P_{inversor} [w] = 2.597,98 W$$

Por lo tanto para controlar la velocidad y sentido de giro del motor trifásico del ascensor actualmente instalado, se ha decidido adquirir un inversor de frecuencia trifásico de 3 Kw marca Siemens, modelo Micromaster 440 (ver **Figura 40**), dimensionando adecuadamente el drive, debido a que el par que maneja el variador será variable, dependiendo de la carga que tenga la cabina del ascensor, para lo cual en la **Tabla 10**, se han especificado características técnicas del inversor.



Figura 40. Variador de velocidad Siemens Micromaster 440

Fuente: (Siemens, 2017)

Tabla 10.

Características técnicas variador de velocidad Siemens Micromaster 440

Dispositivo de control	Variador de frecuencia Micromaster 440
Alimentación de red	200-240 V AC \pm 10%
Frecuencia de red	47-63 Hz
Potencia	3 Kw – 4 HP
Rendimiento del convertidor	96 al 97 %
Sobrecarga	150 % en 60 segundos
Rango para el control de velocidad	0 – 650 Hz
Método de control	Característica v/f lineal Característica v/f cuadrática Característica multipunto
Frecuencia de pulsación	16 KHz, 4 KHz, 2 KHz
Entradas digitales	6
Entradas analógicas	2
Salidas analógicas	2
Salidas a relé	3
Interfaces seriales	RS 485, opcional RS 232
Temperatura admisible	-10 a 50 °C

3.3.1.7. Relés de control

Será necesaria la utilización de relés de control (ver **Figura 41**), correspondientes a: puertas de pasillo del ascensor, puerta de cabina, seguridades, conexiones de potencia y freno del motor, debido a que son señales de entrada que trabajan con un voltaje de 110 V AC, por esta razón no pueden ingresar directamente al controlador y es necesario realizar un tratamiento de cada señal a 24 V DC por medio de este dispositivo de control. Las características del relé a utilizar se presentan la **Tabla 11**.

Tabla 11.

Características técnicas del relé de control

Dispositivo de control	Relé
Marca	Siemens
Tipo	Encapsulado
Alimentación de la bobina	110 V AC
Contactos	2 contactos normalmente abiertos 2 contactos normalmente cerrados
Corriente térmica	10 Amperios

**Figura 41.** Relé de control encapsulado Siemens

Fuente: (Siemens, 2017)

3.3.1.8. Dimensionamiento de los elementos de mando

Los elementos de mando serán únicamente implementados sobre la cabina del ascensor. Esto es necesario en el ducto del elevador debido a que el operario debe realizar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo en el equipo. En el desarrollo del presente proyecto se hará uso de una botonera, compuesta por: un interruptor para selección de inspección o normal, pulsadores para maniobra ascendente y descendente.

3.3.1.8.1. Interruptor de 2 posiciones

Es necesario el uso de un selector de 2 posiciones (ver **Figura 42**), el cual permita poner al ascensor en dos modos de operación: normal e inspección, de esta forma el operario puede realizar su labor de mantenimiento accionando este interruptor. Las características técnicas de este interruptor se muestran en la **Tabla 12**.



Figura 42. Selector de 2 posiciones

Fuente: (Catálogo de productos Siemens, 2015)

Tabla 12.

Características técnicas selector de 2 posiciones

Nombre	Perilla conmutadora completa
Material	Plástico
Dispositivo de mando	Selector de 2 posiciones con retención
Marca	Siemens
Tipo de conmutador	Rotativo
Medida estándar	22 mm
Forma de botón	Saliente
Contactos	1 contacto normalmente abierto 1 contacto normalmente cerrado
Nivel de protección	IP 54
Máxima corriente del contacto	10 Amperios a 600 V AC

3.3.1.8.2. Pulsadores para subir y bajar el ascensor

Estos elementos de mando serán utilizados para realizar tareas de mantenimiento en el ascensor, con objeto de guiar al equipo en dirección ascendente y descendente. Se puede observar en la **Figura 43** este elemento y en la **Tabla 13** se definen sus principales características.



Figura 43. Pulsador rasante de doble contacto
Fuente: (Catálogo de productos Siemens, 2015)

Tabla 13.
Características técnicas del pulsador

Dispositivo de mando	Pulsador no iluminado
Marca	Siemens
Tipo de pulsador	Pulsador rasante de empuje momentáneo
Medida estándar	22 mm
Contactos	1 contacto normalmente abierto 1 contacto normalmente cerrado
Material del cabezal	Plástico
Nivel de protección	IP66

3.3.1.9. Dimensionamiento de elementos de protección

Mediante el cálculo previo de las corrientes utilizadas en el tablero de control, es necesario proteger al operario y a los equipos ante posibles fallas eléctricas, como cortocircuitos o sobre intensidades que puedan presentarse en el sistema.

3.3.1.10. Selección de interruptores termomagnéticos

Es necesario ubicar una protección ante cortocircuitos y sobre corrientes en las líneas de entrada correspondientes a cada fuente de alimentación implementada en el ascensor, entre las que se pueden mencionar: luz de cabina y ducto, alimentación de circuitos de seguridades, alimentación de motor de tracción, alimentación de la fuente de poder, alimentación del controlador lógico programable.

En cuanto a la selección del interruptor termomagnético (ver **Figura 44**) de manera estándar se encuentran en magnitudes de corriente monofásica, bifásica y trifásica, como se describe a continuación:

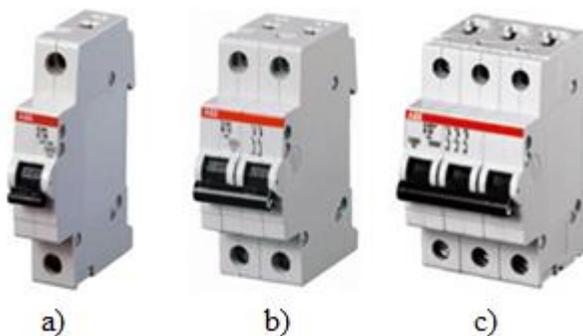


Figura 44. Interruptores termomagnéticos: a) monofásico, b) bifásico, c) trifásico

Fuente: (Interruptores termomagnéticos, s.f.)

- Monofásico: 10, 15, 20, 30, 40, 50 Amperios
- Bifásico y trifásico: 10 a 70 Amperios

Una consideración importante acerca de los interruptores termomagnéticos, es que esta protección se aplica sobre las líneas de alimentación principales del sistema, no en el neutro o conductor de retorno. Para una selección efectiva de un interruptor termomagnético se deben considerar el factor de corriente como se detalla en la **Tabla 14** según el tipo de circuito a utilizarse, como: iluminación, fuerza y motores.

Tabla 14.
Coeficientes de sobrecarga

Circuito de alimentación	Coefficiente de sobrecarga
Iluminación	1.8
Fuerza	1
Motores	1.25

Fuente: (Encinas, 2009)

- **Circuitos de iluminación**

En los circuitos de iluminación se puede considerar cada salida como un carga monofásica de 1 amperio o agrupadas con circuitos de 10 a 12 salidas. Al ser iluminación se debe considerar sobredimensionar la corriente en 80% de la capacidad nominal, como se detalla en la ecuación (12).

Número de luminarias en cuarto de máquinas= 1

Número de luminarias en cabina= 2

Número de luminarias en ducto= 3

$$I_n = 1 \text{ A c/luminaria}$$

$$\text{Carga total del circuito eléctrico} = 6 \text{ A}$$

$$I_c = I_n \cdot 1,8 \tag{12}$$

Donde:

I_c: corriente de carga del circuito

I_n: corriente nominal del circuito

$$I_c [A] = 6 \cdot (1,8)$$

$$I_c [A] = 10,8 \text{ A} \approx 11 \text{ A}$$

Por lo que se escoge un interruptor termomagnético de 1 polo de 15 Amperios con objeto de protección del circuito de iluminación utilizado en el ascensor.

- **Circuitos de fuerza**

En el caso de tomacorrientes se hará un circuito por cada 10 salidas, considerando 1,5 a 2A por salida ya que generalmente no se conoce los artefactos que se vaya a instalar. Al ser circuito de fuerza según la **Tabla 14**, no es necesario sobredimensionar la corriente de la capacidad nominal, por lo cual se calcula como se detalla en la ecuación (13).

Número de tomacorrientes en cuarto de máquinas= 1

Número de tomacorrientes sobre la cabina= 1

$$\begin{aligned}
 I_n &= 2 \text{ A } c/\text{tomacorriente} \\
 \text{Carga total del circuito eléctrico} &= 4 \text{ A} \\
 I_c &= I_n
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Donde:

I_c: corriente de carga del circuito

I_n: corriente nominal del circuito

$$I_c [A] = 4 \text{ A}$$

Por lo que se escoge un interruptor termomagnético de 1 polo de 15 Amperios, debido a que se desconoce el tipo de carga que se vaya a instalar y con objeto de precautar el funcionamiento del ascensor.

- **Circuitos de conexión de motores**

En los circuitos de motores, se debe considerar que la corriente que circula por ellos es trifásica, generalmente se la encuentra en la placa de cada motor, según la

conexión con la que se encuentre trabajando delta o estrella. Para sobredimensionar la corriente del motor se hace uso de la **Tabla 14** donde el factor de sobrecarga equivale a 1.25, y se utiliza en la ecuación (14).

Número de motores en cuarto de máquinas= 1

$$I_n = 14,67 A \text{ (motor cuarto de máquinas)}$$

$$I_c = I_n \cdot 1,25 \quad (14)$$

Donde:

I_c: corriente de carga del circuito

I_n: corriente nominal del circuito

$$I_c [A] = 14,67 \cdot (1,25)$$

$$I_c [A] = 18,33 A \approx 18 A$$

Por lo que se escoge un interruptor termomagnético de 3 polos de 25 Amperios con objeto de protección del circuito de motores utilizado en el ascensor.

3.3.1.11. Dimensionamiento de conductores

El tablero de control será implementado bajo temperatura ambiente, por lo cual se ha revisado la normativa CPE INEN 19:2001, en la cual la sección 310, se refiere a los conductores para instalaciones en general. Se realizará el cálculo de los conductores a ser implementados en el control electrónico del ascensor, sin embargo se realizará un análisis general de los conductores de los motores, circuitos de iluminación y de fuerza que se utilizan en un ascensor, con objeto de mantener un diseño eléctrico del sistema.

Para lo cual se hará referencia a la **Tabla 15**, la cual se refiere a capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60° C a 90° C. No más de tres conductor es portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30° C.

Tabla 15.
Tabla de conductores para instalaciones en general

Sección transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S,	Tipos	Tipos	Tipos	Tipos	Tipos	
	TW',	FEPW',RH'	TBS,SA,SIS,FEP',F	TW',UF	RH',RHW',T	TBS,SA,SIS,TH	
	UF'	,RHW',TH	EPB',MI,RHH',RH		HHW',THW'	HN',THHW',T	
		HW',THW'	W-		,THWN',XH	HW-2,THWN-	
		,THWN',X	2,THHN',THHW',T		HW',USE'	2,RHH',RHW-	
		HHW',USE	HW-2',THWN-			2,USE-	
		',ZW'	2',THWN-2',USE-			2,XHH,XHHW,	
			E,XHH,XHHW',X			XHHW-2,ZW-2	
			HHW-2-,ZW-2				
mm^2	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,38	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1

Continúa



53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	70
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1000
633,38	495	590	665	405	485	545	1250
760,05	520	625	705	435	520	585	1500
886,73	545	650	735	455	545	615	1750
1013,4	560	665	750	470	560	630	2000

Fuente: (INEN, 2010, p.159)

3.3.1.12. Dimensionamiento de conductores para circuitos de iluminación

Previa la obtención de los elementos de protección del sistema, se calculó la corriente de carga que ocupan los circuitos de iluminación, la cual corresponde a $I_c [A] = 11 A$. Las características técnicas por las que debe trabajar el conductor son las siguientes:

- **Voltaje** = 120 V AC
- **Temperatura ambiente** = 30 °C
- **Potencia** = 1320 W

Acorde a la **Tabla 15**, para el circuito de iluminación que utiliza 2 conductores y acorde a las características técnicas previamente definidas, se recomienda el uso de un cable Tipo THHN, de calibre 14 AWG, las especificaciones del conductor a ser seleccionado se describen en la **Tabla 16**.

Tabla 16.

Especificaciones del conductor de circuito de iluminación

Conductor	Circuito de Iluminación
Tipo	THHN
Calibre	14 AWG
Sección transversal	2.08 mm ²
Corriente máxima	25 Amperios
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Dimensión de tubería	½ pulgada

3.3.1.13. Dimensionamiento de conductores para circuitos de fuerza

Previa la obtención de los elementos de protección del sistema, se calculó la corriente de carga que ocupan los circuitos de fuerza, la cual corresponde a $I_c [A] = 4 A$. Las características técnicas por las que debe trabajar el conductor son las siguientes:

- **Voltaje** = 120 V AC
- **Temperatura ambiente** = 30 °C
- **Potencia** = 480 W

Para el circuito de fuerza que utiliza 2 conductores y acorde a las características técnicas previamente definidas, se ha dimensionado el uso de un cable Tipo THHN, de calibre 12 AWG, debido a que no se conoce concretamente el tipo de carga que se vaya a

conectar a los tomacorrientes del cuarto de máquinas y sobre la cabina del ascensor, las especificaciones se describen en la **Tabla 17**.

Tabla 17.

Especificaciones del conductor de circuito de fuerza

Conductor	Circuito de fuerza
Tipo	THHN
Calibre	12 AWG
Sección transversal	3.30 mm ²
Corriente máxima	30 Amperios
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Dimensión de tubería	½ pulgada

3.3.1.14. Dimensionamiento de conductores para circuitos de motores

Previa la obtención de los elementos de protección del sistema, se calculó la corriente de carga que ocupan los motores, la cual corresponde a $I_c [A] = 18 A$. Las características técnicas por las que debe trabajar el conductor son las siguientes:

- ***Voltaje*** = 220 V AC
- ***Temperatura ambiente*** = 30 °C
- ***Potencia*** = 2744 W

Para el circuito de conexión de motores se utiliza 3 conductores y acorde a las características técnicas previamente definidas, se ha dimensionado el uso de un cable Tipo THHN, de calibre 10 AWG, las especificaciones técnicas se describen en la **Tabla 17**.

Tabla 18.

Especificaciones del conductor de circuito de fuerza

Dimensionamiento de conductores	Circuito de conexión del motor
Tipo	THHN
Calibre	10 AWG
Sección transversal	5.25 mm ²
Corriente máxima	40 Amperios
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Dimensión de tubería	1 pulgada

3.3.1.15. Dimensionamiento de conductores para el tablero de control

Siguiente los lineamientos de la normativa CPE INEN 19:2001, se recomienda:

- Para circuitos de control de no más de 7 A se permite alambre con sección transversal de 0,82 mm² (18 AWG).
- Para circuitos electrónicos se permiten alambres con sección transversal no menor a 0,51 mm² (20 AWG).

Por lo cual se ha decidido trabajar con un calibre 18 AWG y tipo de conductor THHN, como se especifica en la **Tabla 19**.

Tabla 19.

Especificaciones del conductor de circuito de control

Conductor	Circuito de control
Tipo	THHN
Calibre	18 AWG
Sección transversal	0.82 mm ²

Continúa 

Corriente máxima	14 Amperios
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Condición	Aire libre

3.3.2. Listado de componentes

Una vez calculados y dimensionados todos los elementos dentro del tablero de control electrónico del ascensor, se listarán todos los elementos a utilizarse, como se muestra en la **Tabla 20**.

Tabla 20.

Listado de componentes del tablero de control electrónico

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Controlador Lógico Programable PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY	1
2	Módulo de expansión 8 DI/ 8 DQ SM1223	1
3	Variador de velocidad modelo Micromaster 440 de 4 HP	1
4	Fuente de alimentación regulada de 24 V DC	1
5	Contactores de 18 Amperios modelo LC1-D18	2
6	Contactores de 9 Amperios modelo LC1 – D09	2
7	Relés de control marca Siemens	7
8	Selector de posición de 22 mm, contacto NO y NC	1
9	Pulsador rasante sin iluminación de 22 mm	2
11	Breaker termomagnético, de 3 polos, 25 Amperios	1
12	Breaker termomagnético, de 2 polos, 10 Amperios	1
13	Breaker termomagnético, de 1 polo, 15 Amperios	2
14	Breaker termomagnético, de 1 polo, 15 Amperios	2
15	Conductor tipo THHN calibre 18 AWG	50 metros
16	Borneras de conexión para calibre 18 AWG	50 unidades
17	Borneras de potencia para calibre 10 AWG	5 unidades
18	Etiquetadora de cables MP150	1

3.3.3. Ubicación de los componentes

Como características del diseño, se ha propuesto una solución ergonómica, acorde al dimensionamiento que tiene el tablero de control: 60 (cm) x 40 (cm) x 30 (cm) (alto x ancho x profundidad). Se ha considerado dejar una reserva en espacio y capacidad de 10% en la parte inferior del tablero de control para cualquier modificación que se desee realizar. En la **Figura 45** se muestra una distribución representativa de cada uno de los elementos previamente seleccionados y calculados.

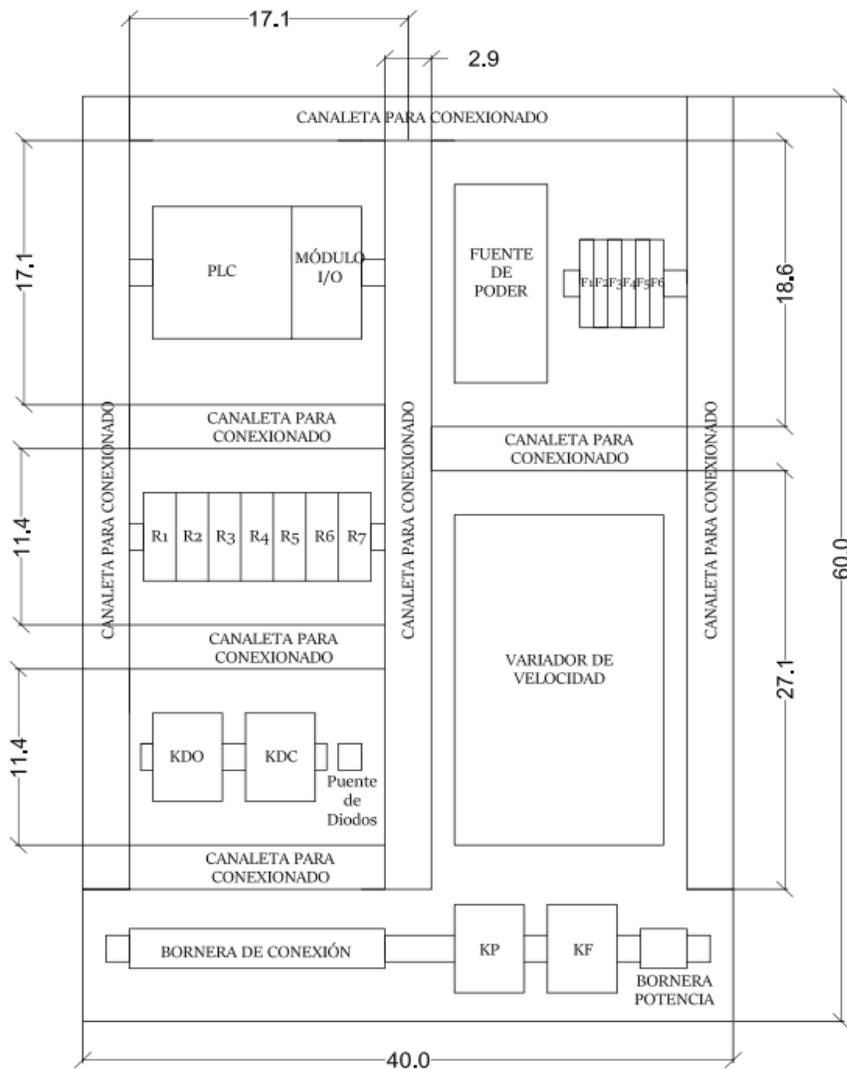


Figura 45. Distribución de elementos en el tablero de control

En la **Figura 46**, se puede observar cómo se va colocando cada elemento en el panel metálico del nuevo control electrónico, acorde al diseño previamente establecido.

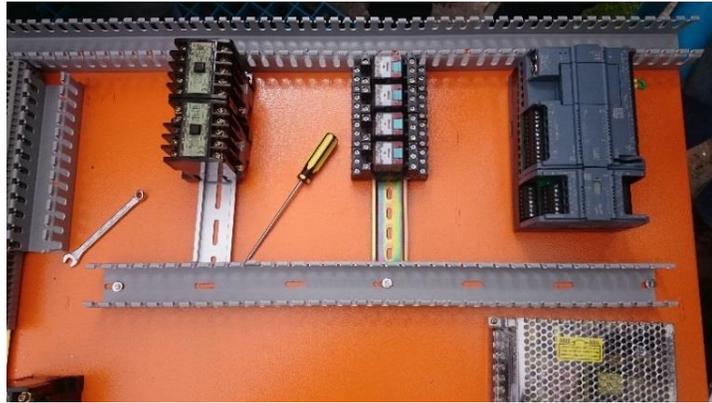


Figura 46. Ubicación física de los componentes en el gabinete de control

Finalmente se puede ver en la **Figura 47**, la ubicación de la mayor parte de componentes calculados y seleccionados, los cuales se han montado sobre el nuevo gabinete de control.

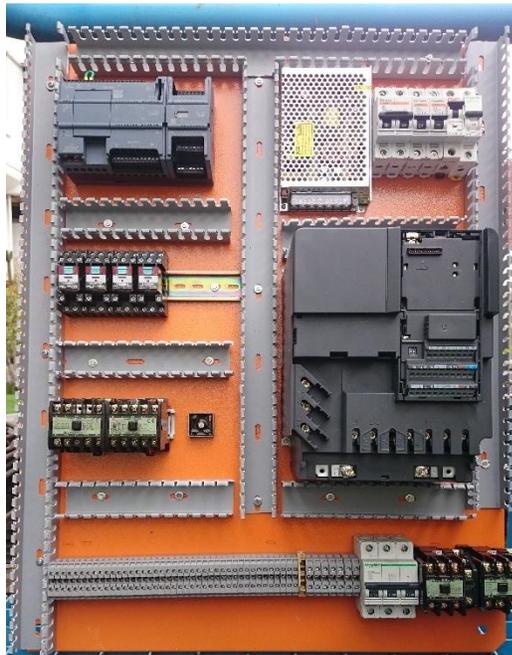


Figura 47. Montaje de elementos en el gabinete de control

3.4. Diagramas eléctricos

Como parte final del diseño del tablero de control electrónico del ascensor, se han realizado los diagramas eléctricos con objeto de contar con esquemas que representen el desarrollo del presente proyecto. Se ha utilizado el software de diseño AUTOCAD ELECTRICAL 2014, lo cual ha permitido utilizar en el diseño de los planos eléctricos, elementos de la normativa internacional IEC 1082-1.

3.4.1. Diagrama unifilar

En cuanto al diagrama unifilar del ascensor, se ha tomado en cuenta cálculos previamente realizados, como dimensionamiento de conductores y la selección de los elementos de protección para los circuitos de iluminación, fuerza y conexión de motores. Para lo cual en el Anexo 01 se adjunta el diagrama unifilar del ascensor de 3 plantas de fabricación nacional a ser repotenciado.

3.4.2. Diagramas de conexión

Los diagramas de conexión se han implementado acorde a todos los circuitos necesarios para que el ascensor pueda operar correctamente, especificando conexiones de dispositivos de control, dispositivos de mando, dispositivos de protección, circuitos de seguridades, circuitos de sensores, circuitos del ducto del ascensor, circuitos de indicadores de posición, circuitos de pulsadores, y en general de todo el cableado que conecta al control electrónico del ascensor, con lo que se conseguirá una guía técnica para el operario del sistema. En el Anexo 02 se adjuntan todos los diagramas de conexión del ascensor de 3 plantas de fabricación nacional al cual se lo repotenciará por medio del diseño y la implementación de un control electrónico de ascensor.

3.5. Lógica del sistema

Previo a la implementación y programación del controlador, es necesario realizar un análisis del funcionamiento y operación que maneja el ascensor, para lo cual se ha realizado diagramas que permitan tener clara la lógica del sistema. Se ha utilizado el

software SMARTDRAW, una herramienta utilizada en la automatización de procesos con el objeto de esquematizar de forma clara los diagrama de flujo.

3.5.1. Diagrama de bloques

Por medio de un diagrama de bloques como se muestra en la **Figura 48**, se plantea representar el sistema de control de un ascensor, de tal forma que de manera general se entienda el funcionamiento de un servicio de transportación vertical.

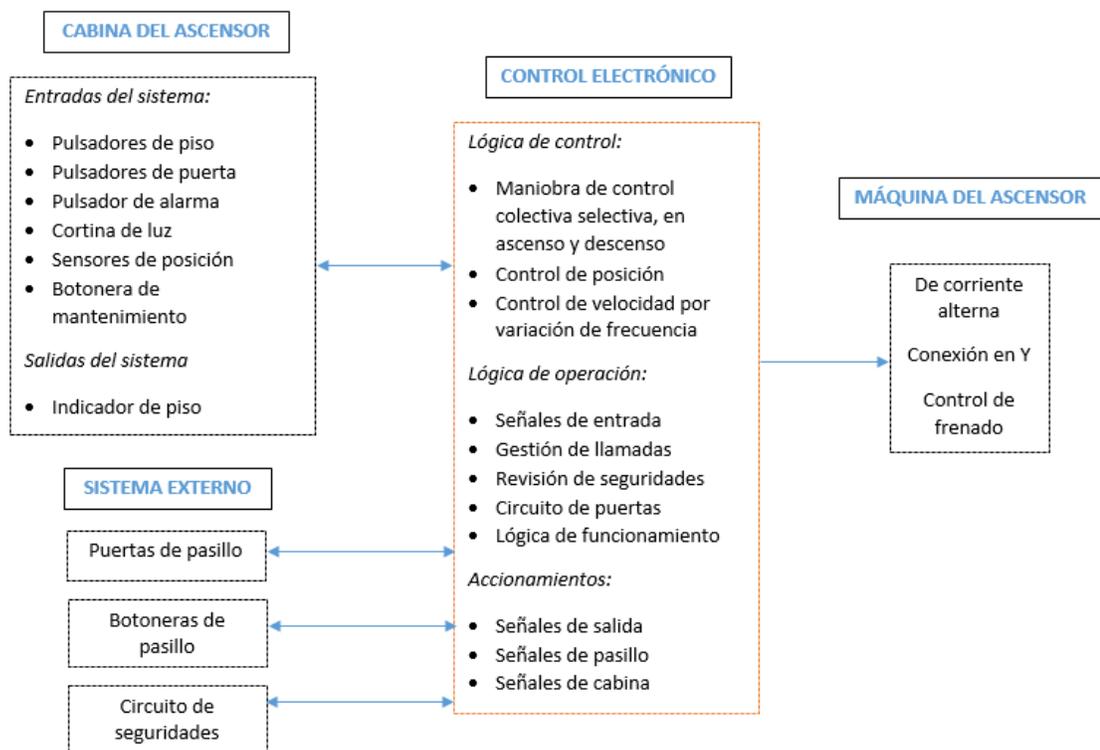


Figura 48. Diagrama de bloques - sistema de control de un ascensor

3.5.2. Diagramas de flujo

Se ha realizado diagramas de flujo que representan de forma general la secuencia de operación de un ascensor de 3 plantas. Además debido a que existen 2 modos de funcionamiento se desarrollaron dos subrutinas correspondientes a maniobras de normal

e inspección, indispensables en la implementación de la lógica de control de un ascensor. En la **Figura 49** se muestra el diagrama de flujo general del ascensor. En la **Figura 50** se detalla la maniobra de inspección del ascensor y en la **Figura 51** se explica la maniobra normal de un ascensor de tres pisos.

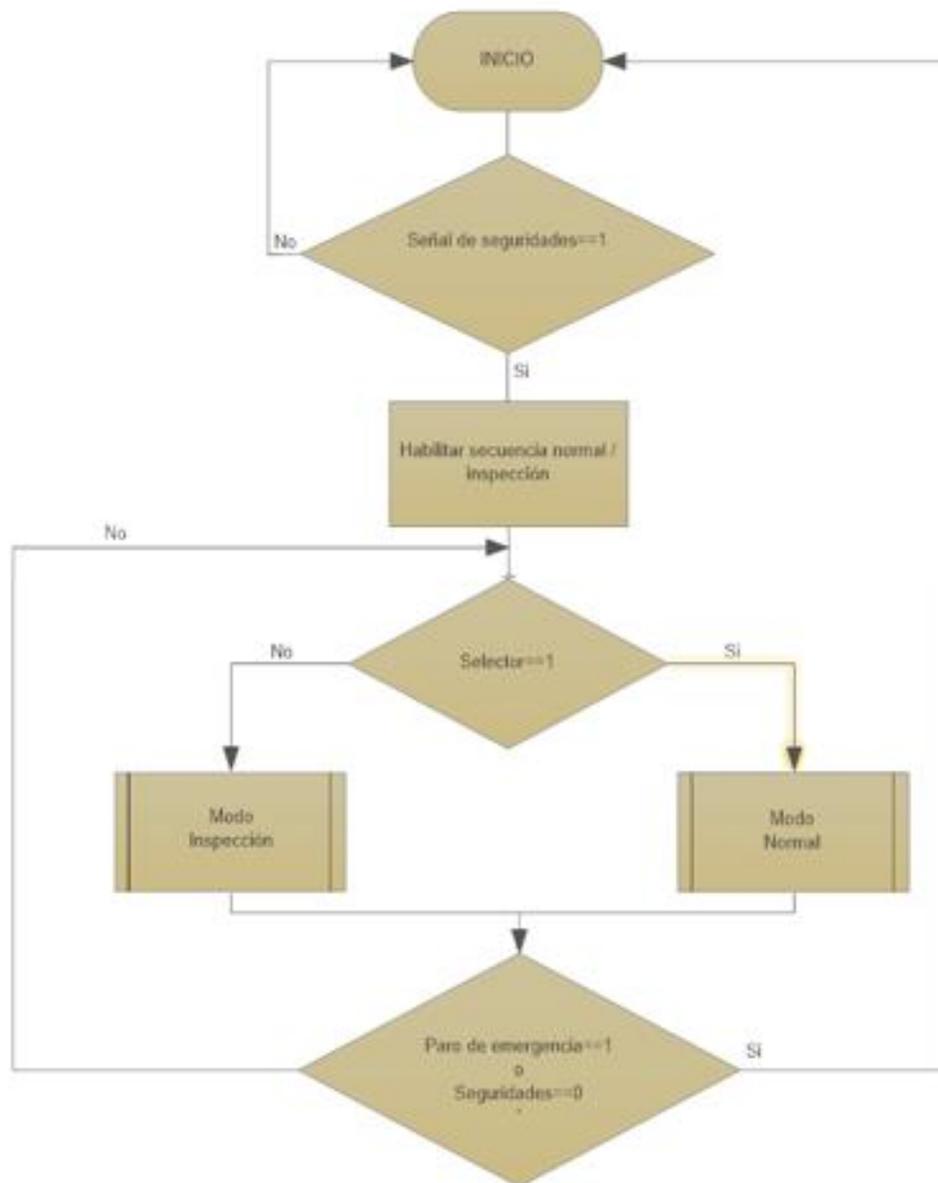


Figura 49. Diagrama de flujo general de un ascensor



Figura 50. Diagrama de flujo maniobra de inspección de un ascensor

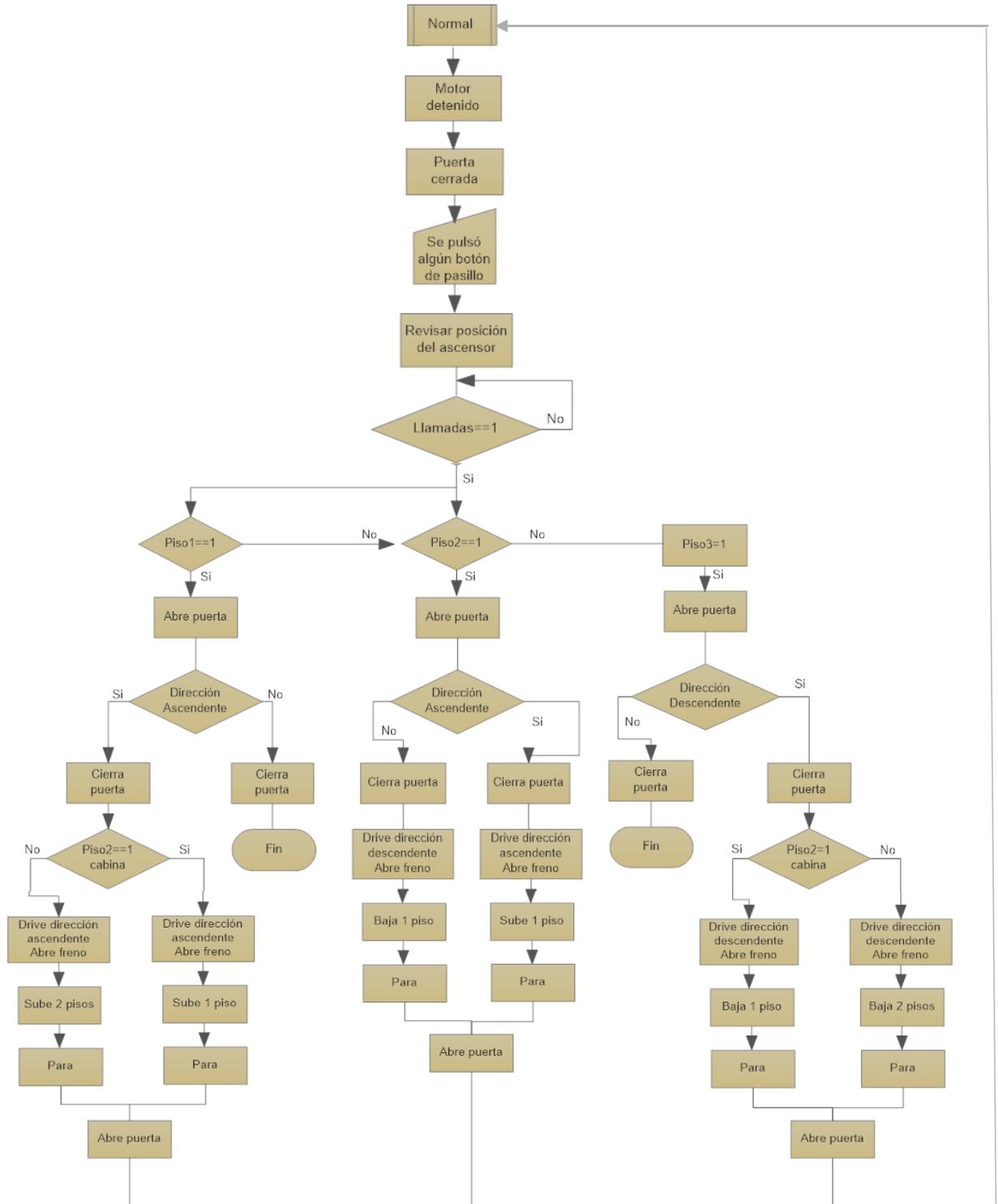


Figura 51. Diagrama de flujo maniobra normal de un ascensor de 3 plantas

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN

4.3. Construcción del tablero de control

Finalizada la etapa de diseño, se puede dar comienzo a la implementación del tablero de control en el cuarto de máquinas del ascensor, para lo cual es necesario definir características del nuevo control electrónico a implementarse, como se describe en la **Tabla 21**.

Tabla 21.
Especificaciones del control electrónico de ascensor

Especificaciones	Control electrónico de ascensor de 3 plantas
Tipo de Control	Electrónico
Ubicación	En sala de máquinas
Maniobra de control	Colectivo – selectivo, ascendente y descendente
Tipo de comunicación	Paralela
Entradas digitales	18
Voltaje entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	15
Voltaje salidas relé	24 V DC / 110 V AC
Interruptores termomagnéticos	3 polos - 25 A, 2 polos 10 A, 1 Polo 10 A, 1 Polo 6 A.
Fuente de alimentación	Regulada 24 V DC
Voltaje del Inversor de frecuencia	220 V AC
Potencia del Inversor de frecuencia	4 HP

El nuevo tablero de control electrónico se ha decidido implementar en un gabinete de 600 mm x 400 mm x 300 mm (alto x ancho x profundidad), con objeto de cubrir a cabalidad el diseño y la ubicación de elementos previamente definido en el capítulo 3, donde se encuentra un bosquejo del tablero de control armado con todos los componentes. En este diseño se puede separar la parte de control, la parte de protección y la parte de potencia del tablero de control, de esta manera la correcta operación de todos los elementos dentro del nuevo tablero de control electrónico del ascensor.

La implementación del tablero de control, ha sido ubicada junto a la máquina de tracción, según indica la normativa CPE INEN 018, con el objeto de que el operario pueda visualizar la operación del motor, como se observa en la **Figura 52**, además de mejorar la ubicación del cuadro de mando en el cuarto de máquinas del ascensor.



Figura 52. Ubicación del control electrónico en el cuarto de máquinas del ascensor

4.4. Integración del sistema eléctrico, electrónico y de control

Finalmente se ha conseguido montar todos los componentes previamente establecidos en la etapa de diseño como se muestra en la **Figura 53** y **Figura 54**, con objeto de comenzar con el cableado y conexionado para la integración del sistema eléctrico, electrónico y de control del cuadro de maniobras.



Figura 53. Conexionado del control electrónico



Figura 54. Etapa de conexión del control electrónico

Los planos eléctricos diseñados para la implementación del nuevo tablero de control, se han realizado en el capítulo 3, mediante un levantamiento previo de información de todos los componentes eléctricos, electrónicos, sensores y actuadores que actualmente posee el ascensor de 3 plantas, debido a que todos estos elementos serán conectados en el tablero de control. Estos diagramas (ver **Figura 55**) han permitido realizar la interconexión del sistema eléctrico, electrónico y de control del sistema.



Figura 55. Conexión del cuadro electrónico mediante esquemas eléctricos

Además los nuevos componentes electrónicos como indicador de piso de cabina, controlador lógico programable, inversor de frecuencia y las botoneras de micro pulso de movimiento en cada piso se han incluido en los diagramas de conexiones del ascensor en general, con lo cual se posee una guía para cablear adecuadamente cada señal que ingresa y sale en el control electrónico.

Siguiendo con el reglamento de la normativa CPE INEN 018, para la fabricación de cuadros de control electrónicos de ascensor, en cuanto al conexionado del tablero de control, con el dispositivo de etiquetado electrónico 3M PL150, se ha procedido a colocar

una marca en cada cable que envía y recibe señales dentro del control electrónico, en cada elemento de control y protección, acorde a la nomenclatura previamente establecida en el diseño de los planos eléctricos. En la **Figura 56** y **Figura 57** se observa el etiquetado de los componentes en el tablero de control.



Figura 56. Etiquetado componentes de control y protección

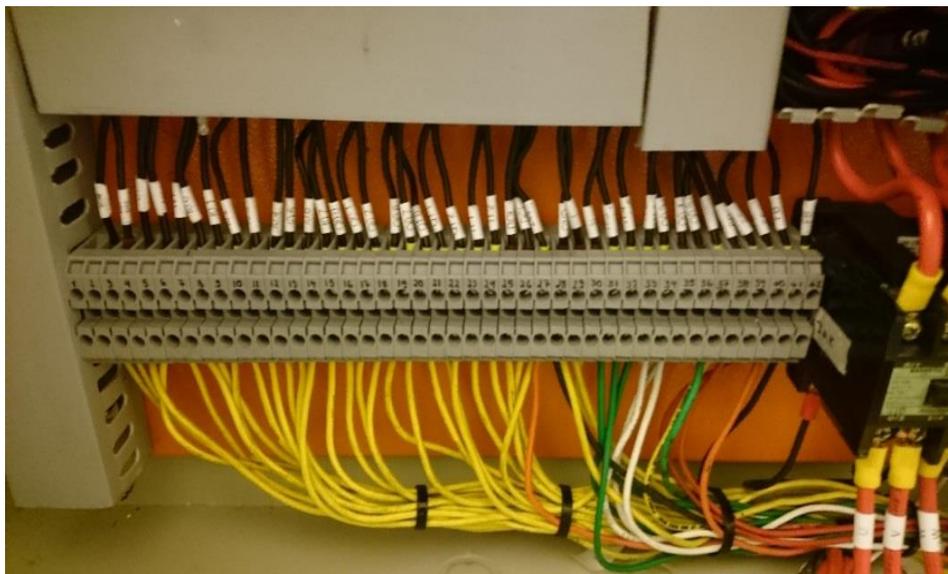


Figura 57. Etiquetado cableado del control electrónico

Una vez integrado el sistema eléctrico, electrónico y de control, siguiendo la normativa CPE INEN 018, se ha concluido con la fase de construcción del tablero de control, como se puede observar en la **Figura 58**. A continuación se procederá con la implementación de la lógica de control en el controlador electrónico del sistema.

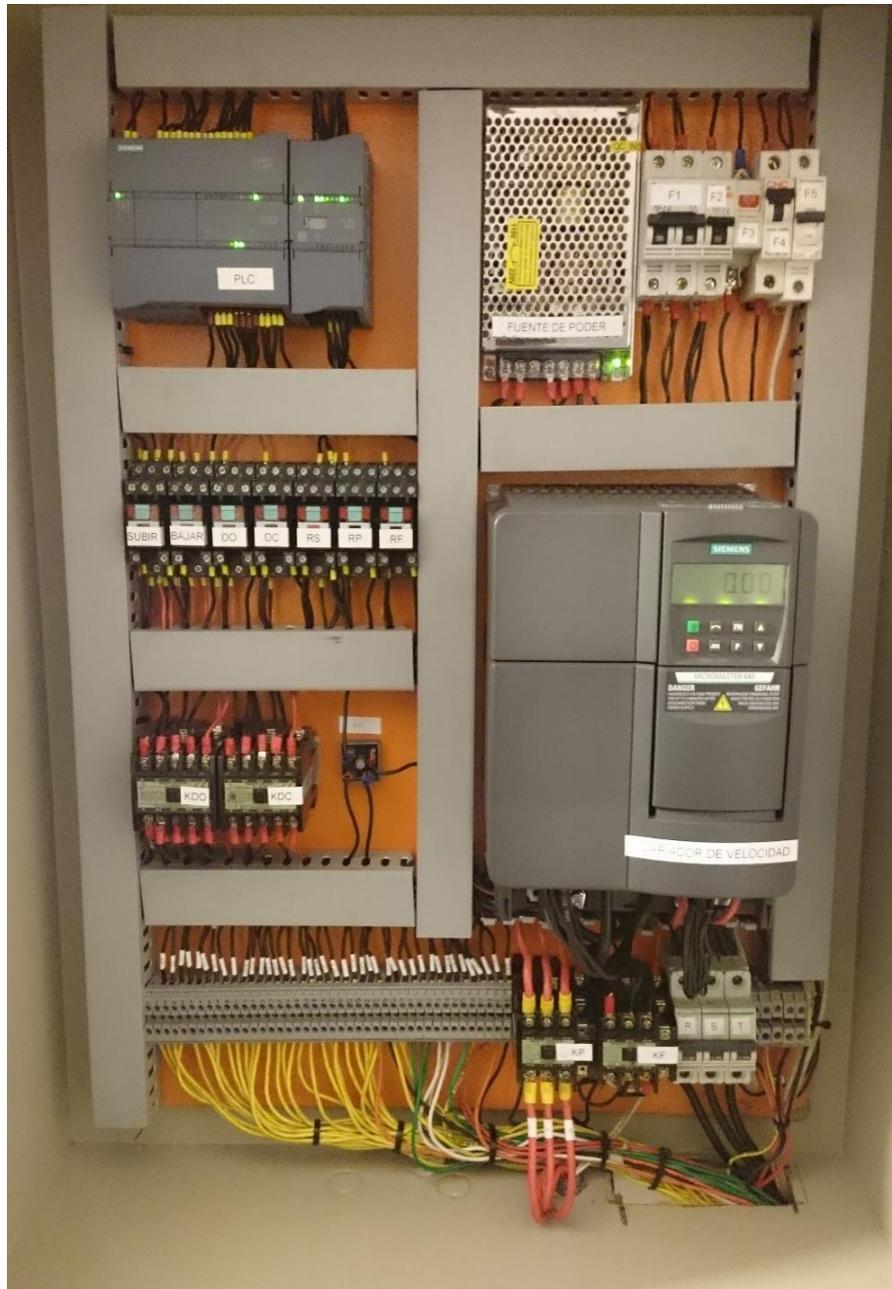


Figura 58. Implementación del control electrónico para un ascensor de 3 paradas

4.5. Programación del controlador del sistema

Construido el tablero de control, cableado y conexas cada elemento implementado dentro del mismo, se procede a realizar la programación del controlador lógico programable S7-1200 1214 C AC/DC/RLY, validando condiciones previas de operación descritas en los diagramas de flujos y bloque para un ascensor de 3 plantas, especificados en la etapa de diseño del presente proyecto a realizarse.

Ha sido necesaria evaluar diferentes condiciones de seguridad como por ejemplo: evitar la abertura de puertas mientras el ascensor se encuentra viajando, dar tiempos adecuados en la activación de cada señal que ejecuta funciones de operación del ascensor y controlar adecuadamente la posición del elevador, todo esto mediante diferentes funciones que posee el controlador lógico programable.

El programa del ascensor de 3 plantas con maniobra de control colectiva – selectiva, en dirección ascendente y descendente, ha sido desarrollado en el entorno de programación de TIA PORTAL V13, el cual es la interfaz entre el controlador lógico programable y el ordenador del programador (ver **Figura 59**).

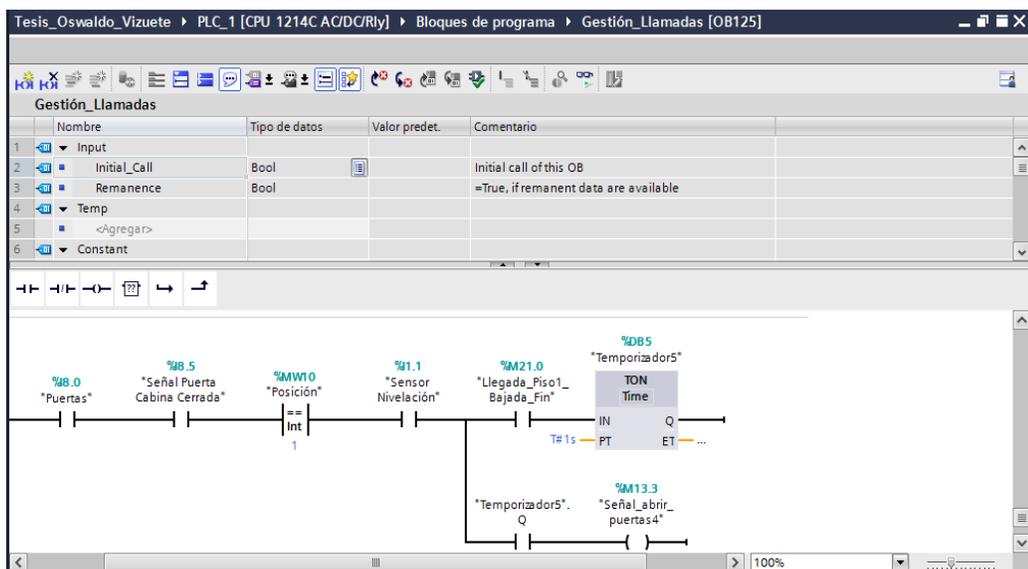


Figura 59. Entorno de programación TIA PORTAL V13

El programa y el controlador aceptan tres tipos de lenguajes de programación, definidos según el estándar de programación IEC 61131 en: diagramas de escalera, diagramas de bloques y diagramas de texto estructurado. Se ha decidido trabajar con el modo de programación de diagrama de escalera, debido a que este, permite realizar una lógica clara, explícita y fácil de analizar, similar a un sistema antiguo de relés de un ascensor, pero el cual ahora se encuentra embebido en un solo dispositivo.

Ha sido necesaria la programación de una rutina de rescate que realiza el ascensor, en caso de falla del sistema o corte de energía, en este punto el ascensor, pierde posición y se dirige hacia el piso más bajo con objeto de encerrar todas sus variables para que pueda realizar un cuadro de posicionamiento y pueda operar sin inconvenientes nuevamente.

Se han desarrollado 3 rutinas principales que comandan el modo normal, inspección y rescate automático que realiza el ascensor. Además se han implementado dos subrutinas que permiten ejecutar las operaciones de diferentes activaciones y gestión de llamadas que posee el elevador de 3 plantas. En el Anexo 03 se adjunta el código del programa con el cual se consiguió la implementación a cabalidad del control electrónico en la repotenciación de ascensores de fabricación nacional.

Mediante el puerto de comunicación PROFINET, que incluye el PLC S7-1200 1214 AC/DC/RLY y un cable de red Ethernet, se puede cargar el programa en el controlador, sin necesidad de recurrir a un cable especial que involucre un alto costo dentro del desarrollo del proyecto. Además es posible verificar el estado de activación de cada variable, mediante la opción Activar Observación que ofrece el software TIA PORTAL V13, una vez que se ha compilado y se ha cargado el código del programa en el controlador. En la **Figura 60** se puede observar cómo se realiza el monitoreo del programa a través del computador, por medio de la visualización del estado de cada entrada y salida del sistema.



Figura 60. Monitoreo de variables del programa

4.6. Parametrización del drive del motor acorde al sitio de trabajo

El drive del motor a ser utilizado es de marca Siemens y el modelo a ser implementado en el control electrónico es el MICROMASTER 440. Los parámetros de este variador de frecuencia se encuentran preestablecidos, por lo que se lo debe adecuar al sitio de trabajo, en este caso utilizado para realizar maniobras de arranque, paro y cambio de velocidad que debe realizar el ascensor, a plena carga y sin carga. Previamente se ha realizado la conexión del variador de velocidad según como se describen los diagramas eléctricos en el Anexo 02, esto ha sido realizado acorde a las condiciones de entradas y salidas necesarias que se utilizan para implementar la aplicación.

A continuación en la **Tabla 22** se describe la parametrización necesaria para realizar una puesta en marcha de la máquina de tracción, según los datos de la placa actual del motor trifásico del ascensor (ver **Figura 61**).



Figura 61. Placa de motor del ascensor

Tabla 22.

Parametrización del variador de velocidad

Parámetros	Significado	Valor
P0010	Puesta en servicio rápida	1
P0100	Potencia: Hp/Kw	1
P0205	Aplicación del convertidor	1
P0300	Selección del tipo de motor	1
P0304	Tensión nominal del motor	220V
P0305	Corriente nominal del motor	14 A
P0307	Potencia nominal del motor	3 HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	40 %
P0310	Frecuencia nominal del motor	60
P0311	Velocidad nominal del motor	1120 RPM
P0320	Corriente de magnetización del motor	Calculado en el motor tuning

Continúa 

P0335	Ventilación del motor	0
P0640	Factor de sobrecarga del motor (%)	80%
P0700	Selección de la fuente de órdenes	2
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	3
P1080	Velocidad mínima	0
P1082	Velocidad máxima	60
P1120	Tiempo de aceleración	2 s
P1121	Tiempo de desaceleración	2 s
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	0
P1300	Modo de control	2
P1500	Selección consigna de par	0
P1910	Cálculo de los parámetros del motor	3
P3900	Fin de puesta en servicio	1

Fuente: Adaptada de (Micromaster 440, 2001)

4.7. Pruebas de funcionamiento en modo de revisión

Una vez concluida la etapa de programación del controlador, parametrización del variador de velocidad, validados los circuitos de seguridad en el tablero de control, se procede a realizar la puesta en marcha del equipo en velocidad baja, activando la botonera de inspección sobre la cabina del ascensor (ver **Figura 62**). Además es necesario condicionar el recorrido del ascensor mediante limitadores de carrera superiores e inferiores como se observa en la **Figura 63**, esto con objeto de que el elevador no continúe con la operación ascendente o descendente si se acciona cualquiera de estos sensores.



Figura 62. Botonera de inspección sobre la cabina del ascensor



Figura 63. Limitadores de carrera

Debido a que el ascensor es de tipo panorámico, los sensores se encuentran expuestos a los rayos solares, por tal motivo los sensores infrarrojos pueden generar problemas de activaciones con falsos positivos. El sensor magnético YG-1 (ver **Figura 64**) es un sensor con forma de U, está compuesto de dos contactos un abierto y un cerrado, con lo cual, depende de cómo se encuentre la conexión del sensor, para realizar la lógica de programación en el controlador.



Figura 64. Sensor magnético YG-1

Se ha decidido instalar 3 sensores de ducto magnéticos (ver **Figura 65**), en el lado derecho de la cabina del ascensor, visualizados desde el lado frontal. Dos sensores son utilizados para realizar el cambio de velocidad en sentido ascendente y descendente, mientras que el tercer sensor realiza la función de nivelación de la cabina con una banderola metálica en cada piso del Edificio. Además es importante recalcar que el funcionamiento de estos sensores permite realizar el condicionamiento de posición del ascensor, por tal motivo deben ser correctamente instalados de tal forma que no se produzca ninguna perturbación de movimiento que pueda afectar a la lógica de control del elevador. Mediante la monitorización del programa se puede visualizar la activación de cada uno de los sensores de ducto, esto es importante realizar antes de poner en funcionamiento al elevador, debido a que esto garantiza la fiabilidad del sistema y la lógica de control.



Figura 65. Sensores de ducto del ascensor

En la **Figura 66** se observa el estado del comando de llamadas de cabina, previa la repotenciación realizada. Una de las mejoras significativas del sistema ha sido implementar un indicador de posición en la cabina (ver **Figura 67**), con objeto de dotar de una interfaz de ubicación y dirección a los usuarios del Edificio, con lo cual se consigue implementar completamente el control electrónico del ascensor. Debido a que es un elevador con parqueadero, una planta principal y una planta alta, se ha decidido cambiar los botones de cabina, acorde a la nomenclatura correspondiente.



Figura 66. Comando de cabina sin indicador de posición



Figura 67. Indicador de posición electrónico del ascensor

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.3. Pruebas del sistema implementado

Una vez terminada la etapa de implementación del nuevo control electrónico del ascensor para el edificio de 3 plantas y previo a la puesta en marcha del equipo, con objeto de verificar las conexiones realizadas y que la lógica de control no presentan inconvenientes, se debe realizar 10 pruebas de funcionamiento las cuales obedecen a protocolos de operación de un servicio de transportación vertical para pasajeros (ISSSTE, 2002).

5.3.1. Operación de botones dentro de la cabina

Se han presionado todos los botones de llamadas de piso dentro de la cabina, los cuales corresponden a los pisos marcados. Se ha revisado la operación de los botones abrir y cerrar dentro de la cabina del ascensor, dando como resultado una correcta activación, como se observa en la **Figura 68**.



Figura 68. Prueba de botones dentro de cabina del ascensor

5.3.2. Operación de señales luminosas dentro de cabina

Se han verificado todas las señales luminosas de los botones de llamadas en la cabina del ascensor se enciendan (ver **Figura 69**), acorde a la lógica de programación implementada.



Figura 69. Prueba de señales luminosas dentro de la cabina del ascensor

5.3.3. Señalización del indicador de piso

La posición y la dirección del ascensor se encuentran acorde a casa piso del edificio, logrando cambiar de forma adecuada la ubicación y dirección en la que viaje el ascensor, mediante un indicador de posición binario de matriz de puntos. En la **Figura 70**, se observa el indicador instalado en la cabina del ascensor, el cual gráfica la flecha direccional en sentido descendente, cuando el elevador viaja desde un piso superior hasta el piso de subsuelo 1.



Figura 70. Prueba del indicador de posición binario de matriz de puntos

5.3.4. Operación de circuito de seguridad

Se ha cortado una seguridad de ducto, en específico accionando los límites finales (ver **Figura 71**) durante la operación del ascensor, dando como resultado un paro inmediato del elevador, esto permite limitar en forma ascendente y descendente al ducto del ascensor, con objeto de que el ascensor no pueda subir o bajar si estos límites son accionados.



Figura 71. Límites inferiores del ducto del ascensor

5.3.5. Operación de rayo electrónico (fotocelda) o cortina de luz

Se ha podido comprobar la alineación del transmisor y receptor de la cortina de luz de la cabina en la puerta de cabina. Al bloquear el haz luminoso de la fotocelda la puerta reabre (ver **Figura 72**), permanece abierta un tiempo determinado y posteriormente se cierra automáticamente.



Figura 72. Prueba de cortina de luz del ascensor

5.3.6. Apertura y cierre de puertas

Se ha configurado el tiempo total que permanece la puerta abierta de cabina en 12 segundos, con objeto de los usuarios puedan salir o ingresar en la cabina sin ningún inconveniente. Esto ha sido realizado acorde a una muestra de 3 personas, lo cual representa a la capacidad máxima de la cabina del ascensor. Los datos de tiempo tomados se pueden observar en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Tiempo de apertura y cierre de puertas

Número de personas	Tiempo de entrada o salida de la cabina
1	4 segundos
2	8 segundos
3	12 segundos

5.3.7. Mecanismo del operador de puertas

Se ha revisado las puertas de la cabina con el personal de mecánica de la empresa, con lo cual se ha determinado que las mismas se encuentran a plomo y alineadas. Además las puertas de cabina y las puertas de pasillo poseen una separación de 6mm (1/4”), esta distancia permite que el operador de puertas de cabina pueda abrir a la puerta de pasillo sin problemas.

5.3.8. Operación de arranque y paro, aceleración y desaceleración

Se debe configurar la rampa de aceleración y desaceleración (ver **Figura 73**) en el variador de velocidad con objeto de que brinde al sistema de confort en el arranque, paro y desplazamiento vertical que realice el ascensor.

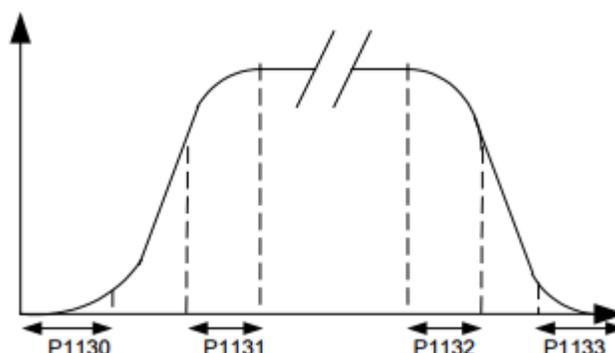


Figura 73. Curva de aceleración y desaceleración variador Micromaster 440

Fuente: (Micromaster 440, 2001)

Para razones de cálculo se tomará en cuenta la máxima frecuencia que puede ingresar a la máquina de tracción del ascensor. Los parámetros P1130, P1131, P1132, P1133, posterior a realizar varias pruebas de arranque y paro que realiza el ascensor, se configuran en el variador de velocidad con valores de tiempo acorde al proyecto realizado, con objeto de calibrar la curva de aceleración y desaceleración del sistema. El significado de cada parámetro se describe en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Parámetros de aceleración y desaceleración del variador de velocidad

Parámetros	Significado	Valor
P1130	Tiempo de redondeo inicial de aceleración	0,10
P1120	Tiempo de aceleración	1,2
P1131	Tiempo de redondeo final de aceleración	0,10
P1132	Tiempo de redondeo inicial de desaceleración	0,10
P1121	Tiempo de desaceleración	1,4
P1133	Tiempo de redondeo final de desaceleración	0,10

A través de la ecuación (15) podemos hallar el factor de frecuencia, donde X , corresponde a la variación de frecuencia que realiza el ascensor sobre la frecuencia máxima aplicada. Mediante la ecuación (16), podemos calcular el tiempo total que emplea el variador en alcanzar la velocidad máxima y acorde a la ecuación (17), se puede calcular el tiempo total que emplea el variador de velocidad para que la máquina de tracción frene sin ningún problema. Se toma el factor de 1 para reemplazar el valor de X , debido a que este valor corresponde al valor máximo de frecuencia en el sistema.

$$X = \frac{\Delta f}{f_{\text{máx}}} \quad (15)$$

$$X = \frac{(0 - 60) \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}}$$

$$T_{\text{aceleración total}} = \frac{1}{2} P1130 + X \cdot P1120 + \frac{1}{2} P1131 \quad (16)$$

$$T_{\text{aceleración total}} = \frac{1}{2} \cdot (0,10) + 1 \cdot (1,2) + \frac{1}{2} \cdot (0,10)$$

$$T_{\text{aceleración total}} = 1,3 \text{ segundos}$$

$$T_{desaceleración\ total} = \frac{1}{2}P1132 + X \cdot P1121 + \frac{1}{2}P1133 \quad (16)$$

$$T_{desaceleración\ total} = \frac{1}{2} \cdot (0,10) + 1 \cdot (1,4) + \frac{1}{2} \cdot (0,10)$$

$$T_{desaceleración\ total} = 1,5\ segundos$$

5.3.9. Nivelación de pisos

Se ha reajustado las pantallas de nivelación en cada piso del ducto del ascensor, con objeto de conseguir un nivel de +/- 10 mm, con diferentes cargas en la cabina del ascensor. Esto se ha realizado a través de un ajuste mecánico de cada banderola metálica de piso (ver **Figura 74**).



Figura 74. Ajuste de banderolas para mejorar la nivelación del ascensor

5.3.10. Operación de botones de llamadas en los pasillos

Se han revisado las 3 plantas del Edificio, al estar cerrando las puertas se oprime el botón llamador de piso (ver **Figura 75**), la puerta reinicia la apertura. Además se ha verificado que cada botón de piso corresponde a la posición de viaje determinada.



Figura 75. Prueba de botonerías de pasillo

Con las pruebas antes descritas las probabilidades de falla se reducen, mejorando el funcionamiento del sistema implementado, En la **Tabla 25**, se especifican los fallos que han sido superados en el modo de funcionamiento normal que realiza el ascensor.

Tabla 25. Análisis de fallos del sistema

Fallo del ascensor	Fallo Superado	Fallo No Superado
Llamada no atendida.	√	
No cambia la dirección del viaje y se queda parado.	√	
Cambia la dirección del viaje antes de terminar de atender llamadas en una sola dirección.	√	
No para en pisos intermedios o se sobrepasa en pisos extremos.	√	
Para fuera de nivel.	√	

Continúa 

Para fuera de la zona de nivelación.	√
No cancela llamadas.	√
Alejándose desde un piso hay fallas en el movimiento.	√
Irregularidad de movimiento de cabina en viaje.	√
Cabina viaja lentamente.	√
Botones y luces indicadoras de señal fallan.	√
Interruptores de seguridad no operan.	√
Golpea al abrir o cerrar puertas.	√
No reabre en pisos o dentro de cabina.	√

5.4. Análisis de resultados

Se ha realizado un análisis de resultados en base a una comparación entre el nuevo sistema implementado y el antiguo sistema reemplazado en el ascensor, por lo que mediante 30 pruebas se ha determinado el tiempo de viaje que emplea el nuevo control electrónico en atender diferentes instrucciones que se generan en el ascensor.

Mediante 6 opciones posibles de viaje en dirección ascendente y descendente que puede realizar el ascensor, se han registrado diferentes datos de tiempo, especificándose un promedio general de cada prueba realizada, tal como describe en las **Tabla 26 y 27, 28, 29, 30 y 31**. Además en estas tablas se ha realizado una comparación correspondiente a los tiempos del nuevo sistema respecto al anterior, en lo que respecta al servicio de atención de llamadas.

Tabla 26.

Prueba 1 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 1 – Piso 2	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	13,98	14,57
Prueba 2	13,87	14,55
Prueba 3	14,15	14,65
Prueba 4	14,02	14,63
Prueba 5	13,95	14,59
Promedio	13,99 \approx 14	14,60 \approx 15

Tabla 27.

Prueba 2 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 2 – Piso 3	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	28,23	29,25
Prueba 2	28,19	29,14
Prueba 3	27,90	29,12
Prueba 4	27,94	29,22
Prueba 5	28,15	29,17
Promedio	28,08 \approx 28	29,18 \approx 29

Tabla 28.

Prueba 3 de tiempo de atención de llamadas en dirección ascendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 1 – Piso 3	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	36,17	37,21
Prueba 2	35,93	37,15
Prueba 3	36,04	37,18

Continúa 

Prueba 4	36,02	37,22
Prueba 5	36,01	37,19
Promedio	36,03 \approx 36	37,19 \approx 37

Acorde a los resultados obtenidos de las **Tablas: 26, 27 y 28** se puede determinar que en dirección ascendente la nueva lógica de control posee una mejora en respuesta de tiempo de 1 segundo respecto a la antigua lógica de control reemplazada.

Tabla 29.

Prueba 1 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 3 – Piso 2	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	27,10	28,75
Prueba 2	27,25	28,83
Prueba 3	27,07	28,81
Prueba 4	27,09	28,85
Prueba 5	27,12	28,84
Promedio	27,13 \approx 27	28,82 \approx 29

Tabla 30.

Prueba 2 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 2 – Piso 1	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	13,39	14,57
Prueba 2	13,23	14,55
Prueba 3	13,32	14,65
Prueba 4	13,28	14,63
Prueba 5	13,27	14,59
Promedio	13,30 \approx 13	14,60 \approx 15

Tabla 31.

Prueba 3 de tiempo de atención de llamadas en dirección descendente

Llamada	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Piso 3 – Piso 1	Tiempo (s)	Tiempo (s)
Prueba 1	35,18	37,21
Prueba 2	34,97	37,19
Prueba 3	34,66	37,22
Prueba 4	34,63	37,17
Prueba 5	34,67	37,15
Promedio	34,82 \approx 35	37,19 \approx 37

Según los resultados obtenidos de las **Tablas: 29, 30 y 31** se ha determinado que en dirección descendente el nuevo sistema posee una mejora de 2 segundos respecto al anterior sistema en cuanto a la atención de llamados realizados.

Si se realiza una comparación entre los dos sistemas se establece que existe una mejora de tiempo en cuanto a la atención de llamados, lo que se complementa también con la nueva lógica de control implementado en el controlador del ascensor la cual es colectiva, selectiva en ascenso y descenso, permitiendo atender todos los llamados registrados en el ascensor en las dos direcciones, contrario a la antigua maniobra de control reemplazada que únicamente permitía atender una instrucción a la vez, por lo cual se muestra que el nuevo sistema resulta ser más eficiente que el anterior.

Además en este proyecto en específico se debe tomar en cuenta que la altura entre pisos es variante, teniendo así una mayor altura cuando el ascensor va desde el piso 2 al piso 3 o viceversa, por este motivo el tiempo empleado en concluir esta instrucción de llamada es mayor. Se ha determinado así también, que la dirección descendente es relativamente 1 segundo más rápida que la dirección ascendente, esto debido a la parametrización empleada en el inversor de frecuencia.

Se han realizado varios viajes en el ascensor, variando la carga de la cabina, de 1 a 3 pasajeros, ocupando la carga máxima de 225 Kg. En estas pruebas realizadas, se puede notar que el dimensionamiento del variador previamente calculado es el adecuado, debido a que el arranque y paro del ascensor no se ven afectado por los pesos que se aplican en el elevador, aproximadamente de 75, 150 y 225 Kg, manejando como peso promedio de un pasajero en 75 Kg.

Todas las llamadas que han sido registradas por los usuarios han sido atendidas tanto desde la cabina, así también de los pasillos del edificio, por lo cual el diseño de la lógica de control del ascensor, ha sido correctamente implementado.

El ascensor con el nuevo tablero de control electrónico implementado, tiene 15 días de operación, los cuales han servido para realizar una comparación referente al antiguo sistema reemplazado, como se muestra en la **Tabla 32**.

Tabla 32. Análisis de resultados

Condiciones de operación	Nuevo sistema	Antiguo sistema
Gabinete de control	Nuevo	Pequeño y en mal estado
Controlador	PLC	Memorias de programa
Maniobra	Colectiva – selectiva, ascendente y descendente.	Universal
Regulación de velocidad	Frecuencia variable	1 velocidad
Capacidad	225 Kg	225 Kg
Fallos presentes	No presenta fallos en 15 días de funcionamiento	15 fallos, presentaba 1 fallo cada día
		Continúa 

Seguridad de los usuarios	Sistema redundante	Únicamente en el controlador
Estado del cableado del control	Nuevo	En condiciones deficientes de operación
Estado del cableado de ducto	Nuevo	En condiciones deficientes de operación
Sensores de desaceleración	Electrónicos	Electromecánicos
Sensor de nivelación	Electrónico	Electromecánico
Programación	Puede realizarse	No permite ninguna modificación
Extensión de entradas	Puede realizarse	No permite ninguna modificación
Extensión de salidas	Puede realizarse	No permite ninguna modificación
Indicador de posición	Implementado	No implementado
Alarma en cabina	Implementado	No implementado
Luz de cabina	Implementado	No implementado

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.3. Conclusiones

- Se ha realizado el diseño y la implementación de un control electrónico para la repotenciación de un ascensor panorámico de fabricación nacional, integrando un nuevo sistema compuesto por hardware y software, el cual obedece a protocolos de operación en transportación vertical.
- La lógica de control del ascensor ha sido desarrollada validando diferentes condiciones de operación de un ascensor de fabricación nacional.
- El tipo de maniobra de control con el cual se ha implementado el tablero de control electrónico para el ascensor de fabricación nacional es colectivo – selectivo en ascenso y descenso, reemplazando de esta manera la antigua maniobra de control universal que se encontraba implementada en el ascensor, mejorando los tiempos de espera y atendiendo un mayor número de registro de llamadas en el edificio.
- La utilización de dispositivos electrónicos en la construcción del tablero de control, han permitido reducir el cableado en el cuadro de control del ascensor, debido a que son elementos que permiten establecer varias condiciones de operación dentro de su configuración y programación, sin necesidad de implementar hardware en el sistema.
- Mediante el drive del motor se ha conseguido dotar de confort al arranque, paro y al desplazamiento vertical del ascensor, esto debido a la correcta configuración de la rampa de aceleración y desaceleración realizada en este dispositivo.

- Se han diseñado planos eléctricos y de interconexión del nuevo control electrónico del ascensor, con el objetivo de contar con una guía técnica para el personal de la empresa J.V. Ascensores Cía. Ltda., en caso de algún inconveniente presente en el elevador.
- La normativa utilizada en la construcción del control electrónico para un ascensor de fabricación nacional ha sido CPE INEN 018, la cual se basa en el Código de seguridad de ascensores para pasajeros, específicamente se han tomado en cuenta diferentes puntos de esta normativa, como: ubicación del control, capacidad adecuada de las protecciones del tablero de control, cables de control perfectamente organizados sin empalmes intermedios, elementos de control y protección plenamente identificados y conexión a tierra del mismo.
- En la cabina del ascensor se ha implementado un indicador de posición de matriz de puntos con activación binaria desde el controlador del sistema, el cual permite al usuario conocer la ubicación y la dirección en la que se encuentra viajando el ascensor.
- Se ha revisado la funcionalidad del nuevo control electrónico implementado respecto al antiguo sistema reemplazado, por lo que la repotenciación realizada ha permitido incluir mejoras en cuanto a la operación del sistema actualmente implementado.

6.4.Recomendaciones

- Es necesario realizar un levantamiento previo de información acerca de todos los componentes que integra un ascensor, debido a que en el control electrónico a implementarse se integran cada una de las señales de estos elementos.
- Dimensionar adecuadamente el controlador del sistema, acorde al número de entradas y salidas necesarias para el desarrollo de la aplicación.

- Calcular y dimensionar adecuadamente todos los elementos de control y protección a utilizarse en la implementación del control electrónico del ascensor.
- Realizar tareas de mantenimiento preventivo mensual en el ascensor, siguiendo parámetros que permitan garantizar el correcto funcionamiento del ascensor, como se adjunta en el Anexo 04.
- Para aplicaciones futuras se puede realizar un control en lazo cerrado de posicionamiento del ascensor, con objeto de tener una mayor precisión en la nivelación del elevador.
- Se puede disminuir considerablemente el cableado en el ascensor, mediante el reemplazo de comunicación paralela por comunicación serial para botoneras de pasillo, botoneras de cabina e indicador de posición.
- Implementar un sistema de control de accesos en el ascensor, para garantizar mayor seguridad en cuanto a la accesibilidad de los usuarios hacia cada planta del edificio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ascensor eléctrico con sala de máquinas.* (s.f.). Obtenido de Ascensores electromecánicos: <http://paantec.com/wp-content/uploads/2015/05/SMR.bmp>
- Ascensor sin sala de máquinas.* (s.f.). Obtenido de http://www.arkigrafico.com/wp-content/uploads/2015/06/7158572965_973a75f56e.jpg
- Ascensores en grupo.* (28 de 01 de 2005). Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:240_Sparks_Elevators.jpg
- Azuaje , W. (04 de 05 de 2009). *Definiciones.* Recuperado el 18 de 10 de 2016, de Circulación Vertical: <http://circulacionvertical.blogspot.com/>
- Blanco, V. (2012). *Modernización de una Instalación Existente de Ascensores.* Madrid, España.
- Cárdenas, J. (2012). *LA INGENIERÍA DEL ASCENSOR.* Caracas.
- Catálogo de productos Siemens.* (07 de 05 de 2015). Obtenido de Siemens: https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens_MAY2015.pdf
- Colegio de arquitectos técnicos de Barcelona.* (03 de 12 de 1973). Obtenido de <http://www.miliarium.com/Paginas/Leyes/seguridad/estatal/orden31-10-73B.pdf>
- Contreras, J. (13 de 11 de 2015). *PLC.* Obtenido de <http://jesusconl.blogspot.com/>
- Daneri, P. A. (2008). *PLC Automatización y Control Industrial.* Buenos Aires: HASA.
- Díaz, V. (1977). *Transporte Vertical, ascensores, montacargas, rampas móviles, escaleras mecánicas.* Argentina: Espacio.
- Dispositivos de protección eléctrica.* (s.f.). Obtenido de Bodega Eléctrica: <http://www.grupolabodega.co/productos.html>
- Encinas, D. (2009). *Estudio técnico de instalaciones eléctricas.* Leganés.
- Enor. (2007). *La mecánica del ascensor.* Obtenido de <http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/474/ENOR.pdf>
- INEN. (1999). Obtenido de CPE INEN 018 (2000): <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.018.2000.pdf>
- INEN. (2010). Obtenido de CPE INEN 019: Código eléctrico nacional: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.19.2.2001.pdf>

- ISSSTE. (01 de 08 de 2002). *Guía Técnica de Operación y Mantenimiento de Equipos de Transportación Vertical*.
- Jácome, E. (10 de 04 de 2015). El ascensor define al Quito vertical. *El Comercio*.
- Maldonado, G. (2013). AUTOMATIZACIÓN DE UN ASCENSOR PARA DISCAPACITADOS DEL MIRADOR DEL PARQUE GUAYAQUIL (PARQUE INFANTIL) DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Manual Electrotécnico Telesquemario*. (01 de 06 de 1999). Obtenido de Schneider Electric España, S.A.: <http://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>
- Miravete, A., & Larrodé, E. (2007). *Elevadores: principios e innovaciones*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Mitrotti, C. (2003). *Optimización del Sistema de Ascensores de un Hospital, por medio del Estudio de Tráfico Vertical*. Caracas.
- Muñoz, J. (20 de 04 de 2013). *Protección contra caídas de las pesas del contrapeso*. Obtenido de Construcción : <http://jorgeconstructor.blogspot.com/2013/04/ascensores.html>
- Pascual, J. (31 de 10 de 2013). *Breve historia del ascensor*. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de Curiosidades e información sobre ascensores: <http://ascensoresjpasual.blogspot.com/2013/10/breve-historia-del-ascensor.html>
- Peralta, E. (19 de 10 de 2016). *¿Quiénes somos?* Recuperado el 18 de 10 de 2016, de JV ASCENSORES: www.jvasensores.com.ec
- Pulsadores*. (s.f.). Obtenido de Sael Ascensores: <http://www.sael-ascensores.com/componentes-de-ascensores/>
- Siemens. (2001). Micromaster 440. En *Lista de parámetros* (pág. 80). Erlangen.
- Siemens. (2017). Obtenido de Catálogo de Productos: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045652?tree=CatalogTree>
- Silva, C. (2010). Sistemas de control para ascensores. *Hidra*, 10-17.
- Tarrada, M. G. (16 de 09 de 2011). *¿Cómo funciona un cuadro de maniobras?* Recuperado el 18 de 10 de 2016, de GMV We Know how: <http://blog.gmveurolift.es/%C2%BFcomo-funciona-un-cuadro-de-maniobras/>
- Tedesco, C. F. (2010). *Ascensores electrónicos y variadores de velocidad*. Argentina: Alsina.

ANEXO 01

DIAGRAMA UNIFILAR DEL ASCENSOR

ANEXO 02

DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA

ANEXO 03

PROGRAMA DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA

ANEXO 04

HOJA TÉCNICA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE ASCENSOR