



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“DISEÑO ELÉCTRICO, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL ASCENSOR DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**ACOSTA ROMERO DANILO PATRICIO
ORTIZ CARRERA RENÁN SANTIAGO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Para a la obtención de título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA-ECUADOR
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-04-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

**ACOSTA ROMERO DANILO PATRICIO
ORTIZ CARRERA RENÁN SANTIAGO**

Titulado:

**“DISEÑO ELÉCTRICO, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN
MARCHA DEL ASCENSOR DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán Gallegos
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Johnny Orozco
**ASESOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ACOSTA ROMERO DANILO PATRICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO ELÉCTRICO, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL ASCENSOR DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-02-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|----------------|-------------------|--------------|
| Ing. Geovanny Novillo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Marco Santillán Gallegos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| Ing. Johnny Orozco Ramos ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ORTIZ CARRERA RENÁN SANTIAGO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO ELÉCTRICO, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL ASCENSOR DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-02-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|------------|-------|
| Ing. Geovanny Novillo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Marco Santillán Gallegos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| Ing. Johnny Orozco Ramos ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORIA

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Acosta Romero Danilo Patricio

Ortiz Carrera Renán Santiago

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Acosta Romero Danilo Patricio y Ortiz Carrera Renán Santiago, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Acosta Romero Danilo Patricio
Cédula de Identidad:

Ortiz Carrera Renán Santiago
Cédula de Identidad:

DEDICATORIA

A mis padres: Roger Ortiz y Ara Carrera, gracias por su apoyo incondicional brindado hasta el final de mi carrera. A mis hermanos: Patricia Ortiz y Roger Ortiz por demostrarme que somos una familia y nos apoyamos en todo momento.

A mi esposa Karen Mina gracias por su apoyo diario brindado hasta la culminación de mi carrera, a mis hijos Thiago y Renata Ortiz Mina quienes son mi pilar fundamental para vencer todos las barreras que se me presentaron y finalizar con éxitos todas mis metas planteadas.

Renán Santiago Ortiz Carrera

A mis padres: Lidia Natalia Acosta Romero y Edgar Salguero por todo el apoyo que me han brindado para poder culminar una etapa más en mi vida.

A mis abuelitos: Adán Acosta Y Filomena Romero que dios les tenga en la gloria quienes fueron un pilar fundamental en las primeras etapas de mi vida y los consejos que me dieron.

Danilo Patricio Acosta Romero

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría todos los días de mi vida para seguir adelante en mi formación profesional y personal.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

Y en especial para toda mi familia, los amigos y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito otra etapa de mi vida.

Renán Santiago Ortiz Carrera

A dios por darme la fortaleza espiritual, la sabiduría los conocimientos y por cuidarme en todo instante de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas de tan prestigiosa institución, con cariño a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional útil para la sociedad.

A toda la familia de mantenimiento, docentes amigos (a), quienes nos brindaron su amistad y conocimientos y de una u otra forma fueron parte de mi formación como ingeniero de mantenimiento.

Danilo Patricio Acosta Romero

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Justificación | 1 |
| 1.3 Objetivos | 2 |
| 1.3.1 <i>Objetivo general.</i> | 2 |
| 1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> | 2 |
| 2. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Tipos de ascensores | 3 |
| 2.1.1 <i>Ascensores electromecánicos.</i> | 3 |
| 2.1.2 <i>Ascensores hidráulicos.</i> | 3 |
| 2.2 Partes del Ascensor | 4 |
| 2.2.1 <i>Cabina.</i> | 4 |
| 2.2.2 <i>Guías de cabina.</i> | 5 |
| 2.2.3 <i>Cables de tracción.</i> | 6 |
| 2.2.4 <i>Botones de llamada.</i> | 6 |
| 2.2.5 <i>Puertas de piso.</i> | 7 |
| 2.2.6 <i>Puertas de cabina.</i> | 8 |
| 2.2.6.1 <i>Tiempo de apertura.</i> | 9 |
| 2.2.7 <i>Cabecero de puerta de cabina.</i> | 9 |
| 2.3 Maniobras de Control | 10 |
| 2.3.1 <i>Relé térmico.</i> | 11 |
| 2.3.2 <i>Controlador lógico.</i> | 12 |
| 2.3.2.1 <i>Especificaciones.</i> | 12 |
| 2.3.2.2 <i>Distribución física.</i> | 13 |
| 2.3.2.3 <i>Accesorios</i> | 14 |
| 2.3.3 <i>Fuente de alimentación de 24 (VDC).</i> | 14 |
| 2.3.4 <i>Sensor fotoeléctrico de barrera.</i> | 15 |
| 2.3.5 <i>Motor trifásico de 4 polos (1800 rpm), 60 Hz IP55.</i> | 15 |
| 2.3.5.1 <i>Características mecánicas.</i> | 16 |
| 2.3.5.2 <i>Cálculo del tiempo.</i> | 16 |
| 2.3.5.3 <i>Cálculo de la fuerza en Newton.</i> | 17 |
| 2.3.5.4 <i>Dimensionamiento del motor.</i> | 17 |
| 2.3.6 <i>Variador de frecuencia.</i> | 18 |
| 2.3.6.1 <i>Características.</i> | 18 |
| 2.3.6.2 <i>Especificaciones técnicas.</i> | 19 |
| 2.4 Componentes de seguridad en un ascensor eléctrico | 20 |
| 2.4.1 <i>Amortiguadores.</i> | 20 |
| 2.4.2 <i>Finales de carrera.</i> | 21 |
| 3. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN | |
| 3.1 Diseño eléctrico | 22 |
| 3.1.1 <i>Cuarto de máquinas.</i> | 22 |
| 3.1.2 <i>Tablero de control.</i> | 23 |
| 3.1.2.1 <i>Breaker de tres polos.</i> | 24 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.1.2.2 | <i>Controlador CEA15..</i> | 24 |
| 3.1.2.3 | <i>Conexión de las Series de Seguridad y Fin de Puerta Abierta.</i> | 25 |
| 3.1.2.4 | <i>Fin de Puerta Abierta.</i> | 26 |
| 3.1.2.5 | <i>Conexión de las llamadas.</i> | 26 |
| 3.1.2.6 | <i>Conexión del sistema de supervisión de temperatura del motor.</i> | 27 |
| 3.1.2.7 | <i>Conexión del pesador de carga.</i> | 27 |
| 3.1.2.8 | <i>Conexión de sistema de supervisión de línea y tablero.</i> | 28 |
| 3.2 | <i>Dimensionamiento del sistema eléctrico</i> | 29 |
| 3.2.1 | <i>Dimensionamiento de protecciones.</i> | 29 |
| 3.2.2 | <i>Dimensionamiento de conductores.</i> | 30 |
| 3.2.3 | <i>Conexiones eléctricas del ascensor.</i> | 30 |
| 3.2.3.1 | <i>Circuito de la conexión eléctrica de las seguridades de puerta de hall.</i> | 30 |
| 3.2.3.2 | <i>Circuito de la conexión eléctrica de las botoneras de hall y cabina.</i> | 31 |
| 3.2.4 | <i>Funcionamiento del sensor infrarrojo de barrera.</i> | 31 |
| 3.2.5 | <i>Conexionado eléctrico del sensor infrarrojo de barrera.</i> | 31 |
| 3.2.6 | <i>Conexionado de los contactores eléctricos pre final y finales de carrera.</i> | 31 |
| 3.3 | <i>Funcionamiento del equipo.</i> | 32 |
| 3.3.1 | <i>En servicio normal.</i> | 32 |
| 3.3.1.1 | <i>Colectivo selectivo complete.</i> | 32 |
| 3.3.1.2 | <i>Colectivo selectivo en descenso.</i> | 32 |
| 3.3.1.3 | <i>Automático simple.</i> | 33 |
| 3.3.1.4 | <i>Colectivo no selectivo.</i> | 33 |
| 3.3.2 | <i>En servicio de inspección.</i> | 33 |
| 3.4 | <i>Especificaciones técnicas de la placa principal CEA15</i> | 34 |
| 3.4.1 | <i>Micro controlador.</i> | 34 |
| 3.4.2 | <i>Memoria.</i> | 34 |
| 3.4.3 | <i>Alimentación.</i> | 34 |
| 3.4.4 | <i>Entradas/salidas digitales.</i> | 35 |
| 3.4.5 | <i>Entradas digitales.</i> | 35 |
| 3.4.6 | <i>Relés.</i> | 35 |
| 3.4.7 | <i>Puerto serie TTL.</i> | 35 |
| 3.4.8 | <i>Terminales.</i> | 36 |
| 3.4.9 | <i>Características físicas.</i> | 36 |
| 3.5 | <i>Diseño de los Circuitos Eléctricos</i> | 37 |
| 3.5.1 | <i>Circuito de la seguridad manual.</i> | 37 |
| 3.5.2 | <i>Circuito de cambio de velocidad.</i> | 37 |
| 3.5.3 | <i>Componentes de los circuitos.</i> | 38 |

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | <i>Normas de Seguridad</i> | 40 |
| 4.1.1 | <i>Seguridad.</i> | 40 |
| 4.1.2 | <i>Sistema de seguridad del ascensor.</i> | 40 |
| 4.1.3 | <i>Normas de seguridad y manejo.</i> | 40 |
| 4.2 | <i>Mantenimiento</i> | 40 |
| 4.2.1 | <i>Importancia del mantenimiento.</i> | 41 |
| 4.2.2 | <i>Tipo de mantenimiento a implementar.</i> | 41 |
| 4.2.3 | <i>Sectorización del mantenimiento.</i> | 41 |
| 4.2.4 | <i>Secuencia de ejecución del mantenimiento.</i> | 41 |
| 4.3 | <i>Mantenimiento eléctrico y electrónico</i> | 42 |
| 4.3.1 | <i>Sala de máquinas.</i> | 42 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.3.1.1 | <i>Motor de tracción.</i> | 43 |
| 4.3.1.2 | <i>Freno.</i> | 43 |
| 4.3.1.3 | <i>Detector de sobre-velocidad.</i> | 44 |
| 4.3.2 | <i>Control.</i> | 45 |
| 4.3.2.1 | <i>Protecciones.</i> | 45 |
| 4.3.2.2 | <i>Contactores.</i> | 45 |
| 4.3.2.3 | <i>Relés.</i> | 46 |
| 4.3.3 | <i>Parte interior de la cabina.</i> | 46 |
| 4.3.3.1 | <i>Iluminación interior.</i> | 47 |
| 4.3.3.2 | <i>Botonera e indicador de cabina.</i> | 47 |
| 4.3.3.3 | <i>Interruptores de servicios.</i> | 48 |
| 4.3.4 | <i>Pozo.</i> | 48 |
| 4.3.4.1 | <i>Límites finales superiores.</i> | 48 |
| 4.3.5 | <i>Cerraduras de las puertas de piso.</i> | 49 |
| 4.3.5.1 | <i>Botoneras de piso.</i> | 49 |
| 4.3.5.2 | <i>Cable de las botoneras de piso.</i> | 49 |
| 4.3.5.3 | <i>Cable viajero.</i> | 50 |
| 4.3.6 | <i>Parte superior de la cabina.</i> | 50 |
| 4.3.6.1 | <i>Inductores.</i> | 50 |
| 4.3.6.2 | <i>Micro interruptor de la puerta de emergencia.</i> | 50 |
| 4.3.6.3 | <i>Motor del operador de puertas.</i> | 51 |
| 4.3.6.4 | <i>Ventilador.</i> | 51 |
| 4.3.6.5 | <i>Iluminación superior.</i> | 51 |
| 4.3.6.6 | <i>Anunciador audible (gong).</i> | 52 |
| 4.3.6.7 | <i>Alarma.</i> | 52 |
| 4.3.7 | <i>Puertas de cabina.</i> | 52 |
| 4.3.7.1 | <i>Final de carrera de apertura de las puertas de cabina.</i> | 52 |
| 4.3.7.2 | <i>Final de carrera de cerrado de las puertas de cabina.</i> | 52 |
| 4.3.8 | <i>Detector fotoeléctrico.</i> | 53 |
| 4.3.9 | <i>Parte inferior de la cabina.</i> | 53 |
| 4.3.9.1 | <i>Iluminación inferior.</i> | 53 |
| 4.3.9.2 | <i>Detector de sobrepeso.</i> | 53 |
| 4.3.9.3 | <i>Final de carrera inferior.</i> | 53 |
| 4.4 | <i>Mantenimiento mecánico.</i> | 54 |
| 4.4.1 | <i>Sala de máquinas.</i> | 54 |
| 4.4.1.1 | <i>Motor de tracción.</i> | 54 |
| 4.4.1.2 | <i>Freno.</i> | 55 |
| 4.4.1.3 | <i>Caja reductora de velocidad.</i> | 55 |
| 4.4.1.4 | <i>Detector de sobre-velocidad.</i> | 56 |
| 4.4.2 | <i>Pozo.</i> | 57 |
| 4.4.2.1 | <i>Guías.</i> | 57 |
| 4.4.2.2 | <i>Sistema de poleas y pesas de las puertas de piso.</i> | 57 |
| 4.4.2.3 | <i>Banderolas.</i> | 58 |
| 4.4.2.4 | <i>Amortiguadores.</i> | 58 |
| 4.4.2.5 | <i>Cables de tracción.</i> | 59 |
| 4.4.3 | <i>Parte superior de la cabina.</i> | 60 |
| 4.4.3.1 | <i>Motor del operador de puertas.</i> | 60 |
| 4.4.3.2 | <i>Mecanismo del operador de puertas.</i> | 60 |
| 4.4.3.3 | <i>Ventilador.</i> | 61 |
| 4.4.3.4 | <i>Rodamientos superiores de la cabina.</i> | 62 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 4.4.4 | <i>Puertas de cabina</i> | 62 |
| 4.4.5 | <i>Parte inferior de la cabina</i> | 63 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 5.1 | Conclusiones | 64 |
| 5.2 | Recomendaciones | 64 |

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Capacidad y áreas útiles de la cabina..... | 4 |
| 2. Especificaciones técnicas..... | 19 |
| 3. Carga máxima | 28 |
| 4. Dimensionamiento de protecciones | 29 |
| 5. Función del puerto serie TTL | 36 |
| 6. Componentes del circuito | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Guías de cabina | 5 |
| 2. Soporte de guías | 6 |
| 3. Botones de llamada de cabina y de las puertas de hall | 7 |
| 4. Puerta de piso | 8 |
| 5. Cabecero de puerta de cabina..... | 9 |
| 6. Tablero de control de maniobras..... | 10 |
| 7. Relé térmico | 11 |
| 8. Controlador CEA15 | 13 |
| 9. Fuente de alimentación de 24(VDC) | 14 |
| 10. Sensor fotoeléctrico de barrera | 15 |
| 11. Motor eléctrico..... | 16 |
| 12. Variador de frecuencia..... | 19 |
| 13. Amortiguadores | 20 |
| 14. Finales de carrera | 21 |
| 15. Conexión al transformador | 22 |
| 16. Cuarto de máquinas | 23 |
| 17. Instalación del tablero de control..... | 24 |
| 18. Conexión series de seguridad | 26 |
| 19. Circuito: conexión de llamadas..... | 27 |
| 20. Conexión de temperatura del motor..... | 27 |
| 21. Conexión del pesador de carga | 28 |
| 22. Conexión del supervisor de línea y tablero..... | 29 |
| 23. Conexión en servicio normal | 33 |
| 24. Conexión en servicio de inspección..... | 34 |
| 25. Conexión en servicio de inspección..... | 36 |
| 26. Circuito de seguridad manual | 37 |
| 27. Circuito de cambio de velocidad | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| CEA | Controlador de Ascensores Programable |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| NTE | Norma Técnica Ecuatoriana |
| NEC | Norma Ecuatoriana de Construcción |
| CONADIS | Consejo Nacional para personas Discapacitadas |
| VDC | Voltaje de Corriente Directa |
| VCC | Voltaje de Corriente Continua |
| VA | Voltio-Amperios |
| TTL | Transistor-Transistor Logic (Lógica Transistor a Transistor) |

ANEXOS

- A** Condiciones iniciales e instalación del motor
- B** Acometida eléctrica y cuarto de máquinas
- C** Colocación de la cubierta y cristal del ascensor
- D** Acabado externo del ascensor

RESUMEN

Se ha realizado el diseño eléctrico, automatización y puesta en marcha del ascensor de la Facultad de Mecánica. Este ascensor fue implementado con la finalidad de que las personas con discapacidad física puedan acceder a la planta alta del edificio. Para el diseño eléctrico a implementarse en el ascensor, se procede a realizar una acometida eléctrica desde el transformador, que se encuentra en el laboratorio de Turbo Maquinaria hasta la terraza del edificio de Mecánica, que es donde se encuentra el cuarto de máquinas. Se ha seleccionado el cable de alimentación previamente calculado, mismo que alimentará el tablero de control y al motor, en este caso se ha seleccionado el cable número 8, que sirvió para la conducción de cada una de las líneas eléctricas la cual se llevará por normas por tubería conduit de 1 ½ pulgadas. La automatización del ascensor cuenta con la placa electrónica CEA15 programada para su correcto funcionamiento, que tiene entradas y salidas que se ajustan a las características del proyecto a realizarse. Se aislaron todas las instalaciones eléctricas con los elementos de protección adecuados como relés térmicos, supervisores de fase, y puesta a tierra tomando en cuenta el uso de materiales apropiados y marcas conocidas, que garanticen una protección al circuito eléctrico y electrónico. Se ha elaborado un plan de mantenimiento: eléctrico, electrónico y mecánico de todos los componentes que conforman este activo. Se incluyen medidas de seguridad y prevención de accidentes para las personas que utilicen el ascensor y para el personal de mantenimiento.

PALABRAS CLAVE:

<DISEÑO ELÉCTRICO>, <AUTOMATIZACIÓN DEL ASCENSOR>, <ASCENSOR DE MECÁNICA>, <PLACA ELECTRÓNICA CEA15>, <PROMOCIÓN DEL ASCENSOR>, <MANTENIMIENTO DEL ASCENSOR>, <ACOMETIDA DEL ASCENSOR>, <CIRCUITO ELÉCTRICO>.

ABSTRACT

The electrical design, automation and commissioning of the elevator of the Faculty of Mechanical Engineering has been made. This elevator was implemented with the purpose of people with physical disability have easier access to the top floor of the building. For this electrical design an electrical supply was held from the transformer, which is located in the laboratory of Turbo Machinery until the terrace of the building of Mechanical Engineering where the machine room is. The power cable calculated previously has been selected that will feed the control panel and the engine, in this case the cable number 8 has been chosen, which served for the conduction of each of the power lines that will be carried by standards by 1 ½- inch pipeline. The automation of the elevator has the electronic board CEA15 programmed for its correct operation that has inputs and outputs that are in accordance with the characteristics of the project to be performed. All electrical installations were isolated with appropriate protection elements such as thermal relays, phase monitors, and grounding point, taking into account the use of appropriate materials and well-known brands, which ensure a protection to the electrical and electronic circuit. A maintenance plan has been developed; electrical, electronic and mechanical of all the components that form this active. Safety and accident prevention measures are included for people that use the elevator and for maintenance staff.

KEY WORDS:

<ELECTRICAL DESIGN>, <AUTOMATION OF THE ELEVATOR>, <MECHANICAL ELEVATOR>, < ELECTRONIC BOARD CEA15 >, <ELEVATOR PROGRAMMING>, < ELEVATOR MAINTENANCE >, <ELEVATOR CONNECTION>, <ELECTRICAL CIRCUIT >.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Conforme la sociedad ha ido creciendo y desarrollándose ha descubierto que una de las cosas más importantes es la comodidad con el consiguiente ahorro de tiempo y esfuerzo, por eso el invento de los elevadores (o también llamados ascensores, que son un conjunto de mecanismos encargados de transportar personas), no solo se prevé el ahorro de que las personas caminen, sino también en lo indispensable de transportar personas incapacitadas, sobre todo en lugares en los que éstas personas se encuentran solas.

Aunque el sistema desarrollado en éste trabajo de titulación no tiene mucho de innovador, se decidió trabajar sobre él porque requiere subsistemas tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos, lo cual representó un reto que enriquece nuestra formación profesional.

El CEA15 de CONTROLES S.A. es un Controlador Lógico Programable para el control de ascensores, capaz de manejar todas las entradas y salidas que se encuentran normalmente en esas aplicaciones.

Los ascensores o elevadores empezaron como simples cuerdas o cadenas a modo de montacargas. Un ascensor es básicamente una plataforma que es empujada por medios mecánicos. La estructura física de un elevador para transportar personas consta de una cabina, que se desliza por unas guías muy parecidas a los rieles de trenes, colgada por unos cables de una polea superior y equilibrada con un contrapeso. Se mueve con un motor eléctrico. La cabina del elevador debe ser diseñada, en tamaño, de modo que no quepan en ella más personas de aquéllas cuyo peso es capaz de mover.

1.2 Justificación

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Facultad de Mecánica se

ejecutará el diseño eléctrico, automatización y puesta en marcha del ascensor el cual fue implementado por sus autoridades con el fin de mejorar la accesibilidad a personas con discapacidad física o movilidad reducida hacia la segunda planta del edificio central de la Facultad.

El índice de personas con discapacidad se encuentra entre el 12% y 14% de la población total del país (CONADIS). En sus inicios la atención a las personas con discapacidad era tratada como una molestia a la sociedad. Con el pasar de los años se ha ido mejorando e implementando ayudas para mejorar la accesibilidad y movilidad de las personas con discapacidad, iniciativas que surgieron por padres de familia y en la actualidad existe mayor participación de entidades gubernamentales y privadas.

Con la implementación de este ascensor se dejará sentado el precedente de que se puede innovar una alternativa de fácil movilidad en el campo institucional, y de alguna forma contribuir con el proceso de crecimiento socio-económico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar, automatizar y poner en marcha los circuitos de mando y de potencia para el ascensor de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 *Objetivos específicos.*

Establecer los requerimientos de energía eléctrica necesarios para el buen funcionamiento del ascensor.

Diseñar e implementar las protecciones necesarias en el tablero general de distribución para el ascensor.

Seleccionar los materiales y equipos necesarios para la instalación de cada uno de los dispositivos que intervienen en los circuitos.

Realizar pruebas de funcionamiento y poner a punto el ascensor.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tipos de ascensores

2.1.1 Ascensores electromecánicos. Son los más instalados en edificios de viviendas multifamiliares. La tracción en estos ascensores, se realiza por la intervención de un motor eléctrico, polea y máquina reductora, de la que cuelga el cable de tracción. La cabina es guiada en su trayecto por rieles.

El funcionamiento se distingue por ser eléctrico, con motor trifásico, sistema contrapesado, recomendable para construcciones de máxima altura, pueden desarrollar una velocidad máxima de 120 m/ min, con una capacidad de 200 hasta 5000 kg de carga. (GALIANO, 2010)

Se puede elegir entre equipos de una velocidad, dos velocidades o de frecuencia variable la misma que facilita la desaceleración inapreciable del ascensor.

2.1.2 Ascensores hidráulicos. Se instalan para recorridos cortos, que pueden ser de 4 y 5 paradas, presentando máximo confort y seguridad durante el viaje.

El funcionamiento está dirigido por un pistón de accionamiento hidráulico, la función que desempeña este equipo es para las construcciones de mediana altura, desarrollando una velocidad máxima de 30 m/min, unida con varias posibilidades de ubicación del cuarto de máquinas, el montaje sencillo, el confort del viaje, el elevado rango de posibilidades de carga (hasta 50 toneladas) y la máxima seguridad que posee este equipo lo han hecho el más electo en los últimos años. (GALIANO, 2010)

Este tipo de ascensor no es recomendable para este proyecto porque tendría un costo muy elevado tanto en su montaje como en la conformación de su stock de repuestos de partes y equipos. Otra desventaja es la ubicación del pistón en el pozo el cual sería de una gran profundidad. Por estos motivos el ascensor a diseñarse en el edificio será electromecánico.

2.2 Partes del Ascensor

2.2.1 Cabina. La cabina es el elemento portante del sistema de ascensores. Está formada por dos partes: el bastidor o chasis y la caja o cabina. En sus extremos inferior o superior, según necesidades; se encuentra el sistema de paracaídas, ya sea instantáneo o progresivo.

El interior de la cabina del ascensor debe tener las siguientes dimensiones mínimas 1 200 mm de fondo y 1 000 mm de ancho para permitir la entrada de la silla de ruedas y de un provisional que viene a ser el acompañante. (N.T.E., 2001)

Las paredes interiores de la cabina deben estar equipadas con un rodapié de 300 mm de ancho para cuidar la silla de ruedas contra el impacto de los reposapiés. Toda cabina panorámica que posea sus paredes laterales o posteriores de vidrio debe estar equipada con uno o más pasamanos para proteger al pasajero, el mismo que debe estar ubicado a 900 mm de alto. La separación entre el piso de la cabina y el suelo firme debe tener una tolerancia horizontal equivalente a 20 mm. (N.T.E., 2001)

La cabina debe contar con las medidas mencionadas para que las personas puedan movilizarse dentro de la misma sin ningún inconveniente.

Tabla 1. Capacidad y áreas útiles de la cabina

| Pasajeros | Capacidad (kg) | | Área útil de la cabina por pasajero (m ²) | |
|-----------|----------------|--------|---|--------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Nº | | | | |
| 3 | 200 | 240 | 0,20 | 0,24 |
| 4 | 280 | 320 | 0,19 | 0,24 |
| 5 | 350 | 400 | 0,19 | 0,24 |
| 6 | 420 | 480 | 0,19 | 0,21 |
| 7 | 490 | 560 | 0,18 | 0,21 |
| 8 | 550 | 640 | 0,18 | 0,20 |
| 9 | 600 | 720 | 0,17 | 0,19 |
| 10 | 680 | 800 | 0,17 | 0,19 |
| 11 | 750 | 880 | 0,17 | 0,19 |
| 12 | 840 | 960 | 0,16 | 0,19 |
| 13 | 900 | 1040 | 0,16 | 0,19 |
| 14 | 950 | 1120 | 0,16 | 0,19 |

Tabla 1. (Continuación)

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| 15 | 1000 | 1200 | 0,16 | 0,18 |
| 16 | 1080 | 1280 | 0,16 | 0,18 |
| 17 | 1150 | 1360 | 0,15 | 0,18 |
| 20 | 1350 | 1600 | 0,15 | 0,18 |
| 24 | 1600 | 1920 | 0,14 | 0,18 |
| 27 | 1800 | 2160 | 0,14 | 0,18 |
| 30 | 2100 | 2400 | 0,13 | 0,18 |

Fuente: (N.EC., 1996)

2.2.2 *Guías de cabina.* Las guías son las encargadas de conducir a la cabina en su dirección exacta, son utilizadas de apoyo en caso de rotura de los cables.

La sección habitual de las guías es en forma de T, perfectamente calibradas y enderezadas, en tramos empalmados con placas adecuadas.

Figura 1. Guías de cabina



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

Las guías que dirigen la cabina y el contrapeso deben estar sujetas por unos soportes o fija guías. Éstas pueden estar soldadas por el fabricante del ascensor en las vigas de la estructura.

Figura 2. Soporte de guías



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.2.3 *Cables de tracción.* Son aquellos formados por hilos de acero, entorchados alrededor de un alma vegetal lubricada o de acero, que vinculan el carro y le transmiten el movimiento de la polea. La cabina está suspendida por estos cables de acero. Estos alambres en lugar de enrollarse todos entre sí, se enrollan en grupos formando cordones, que a su vez se enrollan sobre el alma de fibra vegetal ya mencionada, impregnada de una grasa, que asegura la lubricación del cable por más tiempo.

Las características que definen los cables de suspensión de los aparatos elevadores son: el material, la composición de los cordones y el arrollamiento de los cordones sobre el alma. El diámetro mínimo de los cables de suspensión debe ser de 8mm para los ascensores y el número de cables a emplear será como mínimo de tres con los ascensores de tracción.

2.2.4 *Botones de llamada.* Tipo electrónico, con indicación luminosa de registro de llamada, y con frente de acero inoxidable. Los botones de llamada para las personas con discapacidad que se encuentran en la parte exterior de la cabina, deben estar ubicados a una altura máxima de 1 200 mm y las botoneras internas a 1 000 mm teniendo como referencia a su eje medido desde el nivel del piso terminado. (N.T.E., 2001)

Para ubicar las botoneras diseñadas para la automatización del ascensor en estudio, nos

basamos en la norma antes citada, para cumplir con los requerimientos necesarios para poner en funcionamiento dicho sistema.

Figura 3. Botones de llamada de cabina y de las puertas de hall



Fuente: (GALIANO, 2010)

En los ascensores para personas sin ninguna discapacidad las botoneras de hall deben estar ubicados a una altura máxima 1.20 m referida al eje central de los botones, medida desde el nivel del piso terminado. (N.EC., 1996)

2.2.5 Puertas de piso. Las puertas de acceso de piso deben ser construidas de manera que su indeformabilidad sea garantizada a lo largo del tiempo. A este efecto, se aconseja emplear puertas metálicas.

Las puertas de piso deben ser de un modelo que haya resistido el ensayo a fuego. Cerraduras con contacto de seguridad eléctrico, más seguridad mecánica. Provisión e instalación de faldones guardapiés.

El destrabe de esta cerradura, se realiza a través de un mecanismo de patín retráctil, montado sobre la cabina, que imposibilita la apertura de la puerta, no estando la cabina en dicho piso y perfectamente nivelada, lo que evita accidentes por acceso al hueco sin presencia de la cabina.

Al igual que en la puerta de cabina, el sistema de seguridad de cerradura, está totalmente supervisado por el tablero de control. (GALIANO, 2010)

Figura 4. Puerta de piso



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

Las puertas de piso deben contar con todos los requerimientos antes mencionados para garantizar su buen funcionamiento y seguridad de los pasajeros.

2.2.6 Puertas de cabina. Las puertas presentes tanto en la cabina como en cada piso de la edificación son sistemas de seguridad que evitan que la carga salga de la cabina en caso de un accidente. Dichas puertas deben poseer sensores que limiten el funcionamiento del ascensor para que éste solo se mueva en caso de que las mismas estén completamente cerradas. Las dimensiones mínimas que debe tener el vano de la puerta de la cabina son: 90 mm de ancho y 2 000 mm de alto, el accionamiento de las mismas debe ser automático. (N.T.E., 2001)

El mecanismo de apertura de las puertas debe estar equipado de un sensor automático ubicado máximo a 800 mm del piso.

2.2.6.1 *Tiempo de apertura.* El ascensor debe tener un tiempo mínimo de apertura, el mismo que se considera desde el aviso de que el ascensor está contestando el llamado (señalización acústica y luminosa), hasta que empiecen a cerrarse las puertas del ascensor (N.T.E., 2001), según la siguiente fórmula:

$$T = \frac{D}{445} \quad (1)$$

Dónde:

T = Tiempo mínimo de apertura de las puertas, expresado en segundos.

D = La distancia que tiene desde el eje del corredor hasta la puerta en mm.

445 = Es una constante, expresada en mm/s.

Por ningún motivo el tiempo de apertura debe ser menor a 5 segundos respondiendo a una llamada exterior, menor a 3 segundos respondiendo a una llamada interior. (N.T.E., 2001)

2.2.7 *Cabecero de puerta de cabina.* Es el dispositivo que permite la apertura y cierre de la puerta de cabina y la puerta de hall cuando este llega al piso de su destino; este cabecero por medio de un pequeño variador de velocidad, puede variar la velocidad de apertura y cierre de las puertas. (GALIANO, 2010)

Figura 5. Cabecero de puerta de cabina



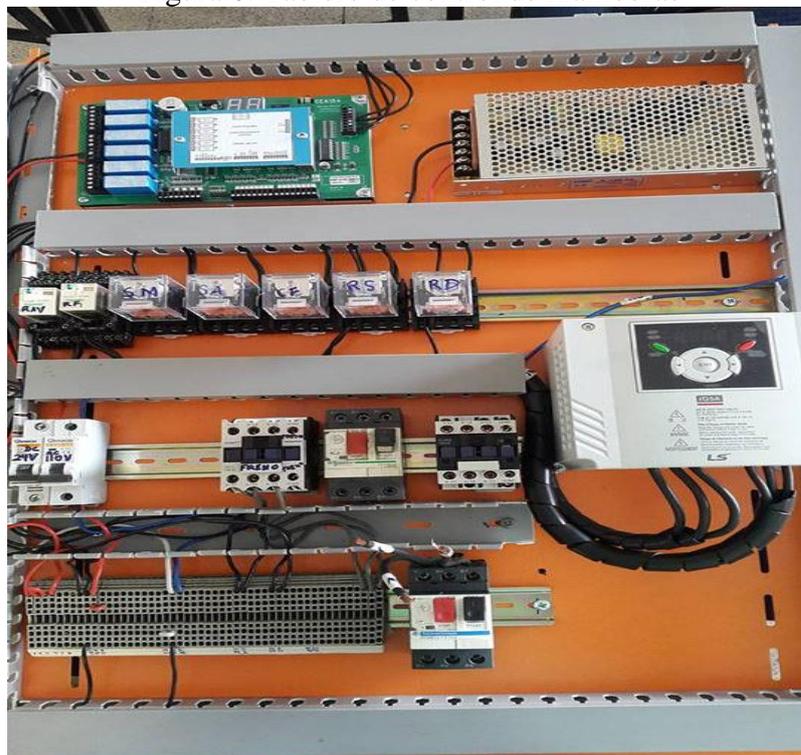
Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.3 Maniobras de Control

Es la denominación que se da a los dispositivos que gobiernan el funcionamiento individual de un ascensor; los medios de acortar el tiempo de un viaje entre plantas contiguas, los dispositivos de abrir y cerrar las puertas en un tiempo mínimo, los módulos de tiempo incorporados para el tránsito de pasajeros, el sistema de nivelar rápida y exactamente.

Este control supervisa la totalidad del equipo. Chequea cerraduras de las puertas, que todos los finales de carrera estén funcionando, que no exista sobrepeso en la cabina. Posee protección térmica, para evitar daños en el motor ante la sobretensión o interrupción de una fase. El control de los sistemas de ascensores funciona mediante sistemas electrónicos, encargados de hacer funcionar la dirección de movimiento de la cabina y de seleccionar los pisos en los que esta deba detenerse. Actualmente, los controles de ascensores funcionan con microprocesadores electrónicos que mediante algoritmos de inteligencia artificial determinan la forma de administrar la respuesta a los pedidos de llamadas coordinando los distintos equipos para trabajar en conjunto. (MONTORO, 1994)

Figura 6. Tablero de control de maniobras



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

Cada uno de los componentes que se encuentra en el tablero de control, cumplen una función importante para que el equipo ascensor pueda funcionar sin ningún tipo de percance.

2.3.1 Relé térmico. El motor se conecta al accionar el botón de arranque, energizándose la bobina magnética que tiene la función de unir los contactos de fase en el circuito principal del motor, empezando este a funcionar. La resistencia de calentamiento del relé, se calienta debido al paso de la corriente que consume el motor. Es entonces que la placa bimetálica colocada junto a la resistencia se calienta también, aunque la misma está diseñada para que la deformación sea mínima con un consumo normal de corriente y no se parará el motor.

En el momento en que el motor reciba una sobrecarga, y por tanto, tome de la red una cantidad de corriente mayor que la normal (pudiendo quemarse su devanado), comienza a funcionar la protección brindada por el relé. La cantidad de *calor* que desprende la resistencia, aumentará en el caso de las sobrecargas, calentándose a su vez la *plancha* bimetálica, que se combará hacia arriba dejando libre la *palanca* que abrirá los contactos que controlan el funcionamiento de la bobina magnética, quedando abiertos los contactos de fase, lo que provocará la parada del motor. (KUZNETSOV, 1975)

Figura 7. Relé térmico



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.3.2 *Controlador lógico.* CEA-15. El CEA15 de CONTROLES S.A. es un Controlador Lógico Programable para el control de ascensores, capaz de manejar todas las entradas y salidas que se encuentran normalmente en esas aplicaciones. (CONTROLES)

CONTROLES S.A. suministra 2 programas (firmware) para el CEA15: el programa estándar y el programa de auxiliar de ascensor. (CONTROLES)

2.3.2.1 *Especificaciones.*

Condiciones ambientales de operación:

- Temperatura: 0°C a 40°C
- Humedad: 15% a 95% HR no condensada
- Altitud: hasta 4000 m.

Aplicaciones:

- Hasta 8 paradas
- Cabinas aisladas
- Despacho automático simple, colectivo no selectivo, colectivo selectivo en descenso o colectivo selectivo completo
- Puerta automática o manual, con/sin patín retráctil
- Acceso simple y acceso doble
- Estaciones en reposo
- Renivelación
- Máquinas AC, VV, VVVF o hidráulicas
- Velocidad de cabina hasta 1,5 m/s
- Diversos sistemas de detección de posición de la cabina
- Servicio de inspección, servicio independiente y servicio de incendio (emergencia)
- Señalización por indicadores de posición, linternas de llegada o anunciador vocal
- Protegido por código de acceso.

2.3.2.2 Distribución física.

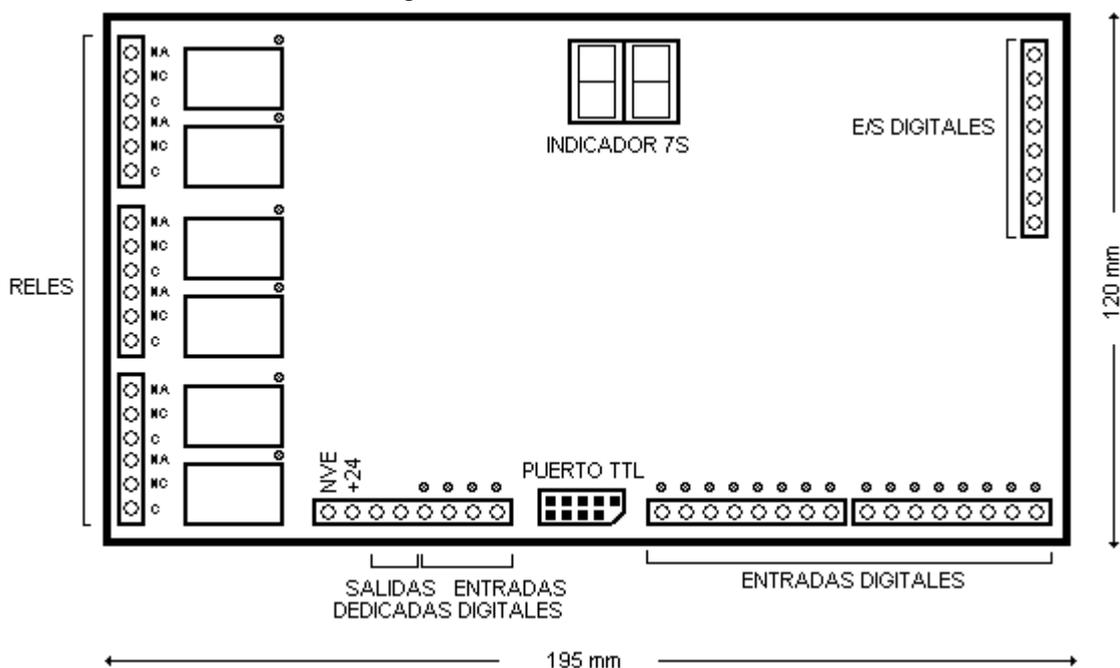
El CEA15 consiste en una placa de circuito impreso (Figura 8). Incluye:

- 6 relés de mando configurables
- 2 salidas dedicadas para mando de accesorios
- 8 entradas/salidas digitales para conexión a llamadas y registros
- 20 entradas digitales para recibir información de estado del sistema
- 1 puerto de comunicación TTL para conexión a PC y accesorios
- 2 indicadores de 7 segmentos.

La principal utilización de éste tipo de controlador programable (tarjeta electrónica), es por las grandes ventajas que posee, y por su bajo costo en el mercado electrónico.

Es de fabricación uruguaya, la cual permite que al momento de tener algún tipo de falla, los componentes sean más fáciles de encontrar y con un costo muy apreciable.
(CONTROLES)

Figura 8. Controlador CEA15



Fuente: (CONTROLES)

2.3.2.3 Accesorios.

- Programa de configuración para PC: C15
- Sensores posición magnéticos e infrarrojos: SPM y SOD
- Adaptadores para comunicación serie: CPTTL/PC-C
- Indicadores de posición por matriz de puntos: IMP2DxL, IMP3SxL
- Indicadores de posición de 7 segmentos: I7Sx
- Indicadores de posición gráficos: ILCD35M, ILCD57C
- Generador de gong y lámparas LINGO-3H
- Anunciador vocal AV51VS
- Auxiliar de ascensor con función de supervisión de velocidad AUX15
- Codificador de pulsadores de cabina por teclado: CBC-22
- Transformadores y fuentes de alimentación
- Simulador de pasadizo.

2.3.3 Fuente de alimentación de 24 (VDC). El controlador se alimenta con 24 Vcc (22 a 30 Vcc). El positivo se conecta al terminal +24 y el negativo al terminal NVE. El consumo máximo propio es 8VA. (CONTROLES)

El controlador y sus accesorios se deberían alimentar por una única fuente de 24Vcc, para evitar inconvenientes por la diferencia entre el nivel de tensión de la referencia interna del controlador y el nivel de la alimentación de los accesorios. (CREAU, 2010)

Figura 9. Fuente de alimentación de 24(VDC)

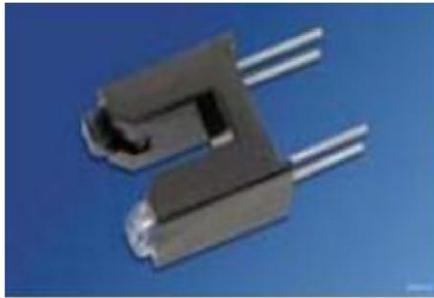


Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.3.4 *Sensor fotoeléctrico de barrera.* Es un elemento electrónico que actúa al cambiar la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de dos componentes, uno que es el emisor que produce la luz, y el otro el receptor que “ve” la luz producida por el emisor.

Todas las distintas maneras de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados para la clasificación, detección, y posicionado de objetos; colores, la detección de formas, y diferencias de superficie, inclusive bajo condiciones ambientales extremas.

Figura 10. Sensor fotoeléctrico de barrera



Fuente: (CASTILLO & VILLAVICENCIO, 2009)

Censa la presencia de cualquier obstáculo, por lo tanto impide el cierre de las puertas de la cabina.

2.3.5 *Motor trifásico de 4 polos (1800 rpm), 60 Hz IP55.* Motores de uso general con marco de aluminio son adecuados para una amplia gama de tareas de accionamiento estándar en el entorno industrial. Como resultado de su bajo peso, especialmente, están predestinados para aplicaciones con bombas, ventiladores y compresores. (SIEMENS, 2014)

Sin embargo, también se prestan admirablemente al equipo de tecnología de transporte y elevación / grúas. Los motores de 2 y 4 polos, altura de eje 80 y 90 van incluso un paso más allá: para estos motores, la caja de bornes sólo se fija mediante un tornillo, y se puede girar continuamente a través de 360 grados. Además, la caja de bornes está pre configurado con una tarjeta de terminales. Esto hace que sea mucho más simple y más rápido de instalar motores en espacios reducidos, ya que el cable de conexión del motor se puede encaminar al motor desde cualquier dirección”. (SIEMENS, 2014)

Figura 11. Motor eléctrico



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.3.5.1 *Características mecánicas.*

- Carcasa en aluminio que asegura su bajo peso y excelente conductividad térmica.
- Rodamientos tipo rígidos de bola, de doble sello y con juego interno C3. Totalmente cerrados y libres de mantenimiento, con una vida útil de hasta 20.000 horas de servicio continuo.
- Ejecución IMB3 / IMB35 / IMB5.
- Con retenedor CD ring en el platillo AS.
- Protección mecánica IP55.
- Para la serie 1LA7 platillos en aluminio y 1LA5 con platillos en fundición de hierro.
- Pintura color azul.

El sistema de arranque de motores trifásicos en los ascensores se basan en la suministración de corriente alterna se debe conectar a una red por medio de la utilización de un interruptor de motor. (SIEMENS, 2014)

2.3.5.2 *Cálculo del tiempo.* Para calcular el tiempo se toma en cuenta la velocidad del ascenso o descenso de la cabina por lo tanto tenemos lo siguiente:

$$t = \frac{d}{v} \quad (2)$$

Dónde:

v : Velocidad

d : desplazamiento

t : tiempo

2.3.5.3 *Cálculo de la fuerza en Newton.* Luego de haber obtenido la velocidad se procede a encontrar los valores de la fuerza en donde el peso de la cabina y la mitad de la carga útil quedan compensados por el contrapeso, por lo tanto se tiene lo siguiente:

$$F = m \times g \quad (3)$$

Dónde:

F : Fuerza en Newton

M : masa o peso

g = gravedad (9,81m/s²)

2.3.5.4 *Dimensionamiento del motor.* Para la selección del motor se realiza el cálculo de la potencia, el cual permite el ascenso y descenso de la cabina y el contra peso.

Potencia de un motor para un ascensor donde obedece a la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} F * \frac{v}{1,000\eta} \quad (4)$$

Dónde:

P : Potencia en kW

F : Fuerza en N

v: Velocidad en m/s

η : Rendimiento mecánico global que varía de 0,45 a 0,60

Para encontrar la potencia necesaria para el arranque del motor se necesita encontrar el valor de la velocidad y la fuerza”.

2.3.6 *Variador de frecuencia.* La aceleración en la arrancada y la deceleración antes de que actúe el freno se llevan a cabo mediante un variador de frecuencia acoplado al cuadro de maniobra. El freno actúa cuando el ascensor está prácticamente parado y se consigue así una nivelación y un confort.

Es un convertidor de frecuencia robusto con funcionalidad básica compacto que funciona con control de tensión y frecuencia (V /f) _{redes} monofásicas de 240 V.

2.3.6.1 *Características.*

- Convertidor de frecuencia compacto y potente para cualquier aplicación
- Monofásico 0,4-1,5kW (200-230V)
- Trifásico 0,4-22kW (200-230V)
- Trifásico 0,4-22kW (380-480V)
- Control seleccionable V/f, Vectorial Sensorless
- Algoritmo de control para bombas y ventiladores, (2 motores).
- Autoajuste de la frecuencia de corte de los IGBTs.
- Selección del tipo de señal de entrada NPN/PNP.
- Salida de alimentación a 24 Vcc.
- Analógicas de entrada de: -10 + 10; 0...10 Vcc; 0 (4)...20mA.
- Funcionamiento del ventilador seleccionable.
- Ventilador desmontable fácilmente.
- Programación de segundo motor.
- Comunicación RS 485 (LS Bus, ModBus RTU)

Figura 12. Variador de frecuencia



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.3.6.2 Especificaciones técnicas.

Tabla 2. Especificaciones técnicas

| Especificaciones técnicas | |
|--|---|
| Tensión de alimentación/ Frecuencia | 1 x 200...230VAC±10% con 50/60Hz+/-5% |
| Potencia | 6 HP |
| Grado de protección | IP20 |
| Entradas/ Salidas Entradas analógicas | 3 entradas digitales; 1 salida digital 1 entrada analógica |
| Método de control | Características U/f lineal, cuadrática y multipunto |
| Temperatura de empleo | -10...+40°C (hasta + 50°C con derating) |
| Funciones de protección | Sub-tensión, sobretensión, defecto a tierra, corto-circulación, vuelco del motor, protección térmica del motor y variador. |

Fuente: Vector Motor Control

Es un sistema para el control rotacional de la velocidad de un motor de corriente alterna, mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son conocidos también como drivers de frecuencia ajustable, micro-drivers o inversores.

2.4 Componentes de seguridad en un ascensor eléctrico

Hoy en día, todos los ascensores disponen de un circuito de seguridad cuyo objetivo es detener la cabina en caso de que ésta adquiera una velocidad superior a la que debiera.

2.4.1 Amortiguadores. Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores para detener la cabina o el contrapeso en caso necesario. Se sitúan en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso, aunque también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de éstos. En este caso, según la Norma EN 81-1, deben golpear en el foso sobre un pedestal. Los amortiguadores pueden ser elásticos (de caucho), de resorte (o muelle) o hidráulicos en lo que a su estructura se refiere. La Norma EN 81-1 distingue 3 clases de amortiguadores atendiendo a otras prestaciones:

- *Amortiguadores de acumulación de energía (elástico).* que no pueden emplearse más que para ascensores de velocidad nominal no superior a 0.63 m/s.
- Amortiguadores de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno (de resorte). para ascensores de velocidad no superior a 1 m/s.
- *Amortiguadores de disipación de energía (hidráulico).* que pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad.

Todos estos amortiguadores deben estar equipados con un dispositivo eléctrico de seguridad que impida el funcionamiento del ascensor mientras no retornen a sus posiciones normales.

Figura 13. Amortiguadores

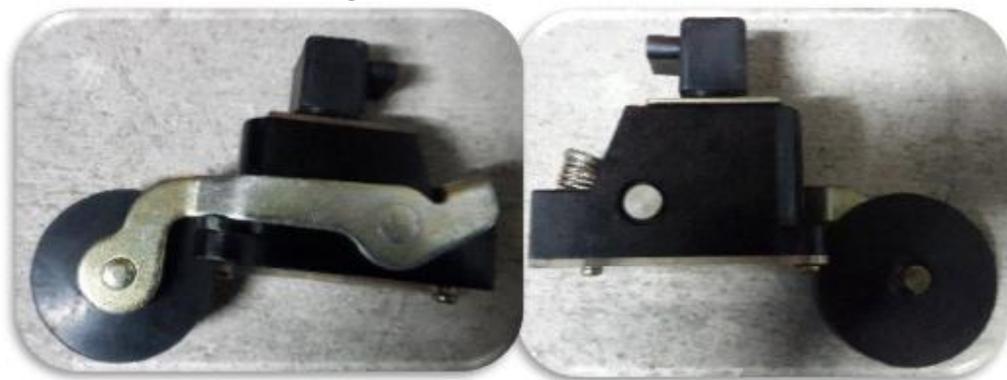


Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

2.4.2 *Finales de carrera.* Los interruptores denominados finales de carrera tienen por objeto detener el ascensor cuando por algún defecto en el funcionamiento de las últimas paradas inferior y superior de su recorrido las rebasa la cabina sin detenerse. Debe actuar tan cerca como sea posible de los niveles de paradas extremas, antes de que la cabina o contrapeso tome contacto con los amortiguadores.

Estos interruptores deben ser siempre mecánicos y su accionamiento debe obligar a la separación de sus contactos. Se instalan en las guías a continuación de los dispositivos que provocan las paradas de la cabina en los extremos más alto y más bajo de su recorrido. Generalmente están accionados por una pequeña palanca con una roldana en su extremo libre, sobre la que actúa el resbalón o patín instalado en cabina, abriendo, al moverse la palanca, 2 contactos intercalados en el circuito de alimentación de la maniobra, que al quedar cortada, detiene el ascensor. (PASCUAL, 2014)

Figura 14. Finales de carrera



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

La norma obliga a los finales de carrera a:

- Cortar directamente los circuitos que alimentan el motor y el freno por medio de contactos de separación mecánica, o
- Abrir por un dispositivo eléctrico de seguridad los circuitos que alimentan las bobinas de dos contactares cuyos contactos estén en serie con los circuitos que alimenten al motor y freno.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN

3.1 Diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico a implementarse en el ascensor, procedimos a realizar una acometida eléctrica que va desde el transformador que se encuentra en el laboratorio de Turbo Maquinaria hasta la terraza del edificio de mecánica, donde se encuentra el cuarto de máquinas.

Se ha seleccionado el cable adecuado para la cantidad de amperaje que consume el motor, de acuerdo al cálculo realizado anteriormente, en este caso se ha seleccionado el cable número 8, que nos sirvió para la conducción de cada una de las líneas eléctricas la cual se llevará por normas por tubería conduit de 1 ½ pulgadas.

Figura 15. Conexión al transformador



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

3.1.1 *Cuarto de máquinas.* En el cuarto de máquinas debe instalarse una acometida de fuerza para el equipo ascensor. También hay que prever alumbrado y

ventilación, esta última capaz de eliminar el calor producido por el funcionamiento de la máquina y de mantener una temperatura razonable por debajo de los 37°C.

Debe asegurarse un fácil acceso al cuarto de máquinas, para quien vaya a realizar el mantenimiento mensual, conservar el equipo y recambiar a veces alguna pieza. Para facilitar las reposiciones han de preverse vigas con diferenciales. Conviene reservar los espacios libres necesarios para el desmontaje de la máquina cuando se realice el mantenimiento de ella.

Figura 16. Cuarto de máquinas



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

Cabe indicar que para la construcción de este cuarto de máquinas se tomó en cuenta que preste las facilidades para cuando se vayan a realizar los mantenimientos respectivos así como también cualquier tipo de cambios a esto se le conoce como mantenibilidad del ascensor.

3.1.2 *Tablero de control.* El tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal.

Figura 17. Instalación del tablero de control



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

Para el diseño del tablero de control se tomó en cuenta el espacio que han de ocupar cada uno de los componentes que serán explicados a continuación:

3.1.2.1 *Breaker de tres polos.* Protegen los circuitos contra cortos y sobre cargas, se conectan en serie con el circuito.

En este caso seleccionamos el breaker trifásico de 30 amperios. Éste elemento nos va a permitir tener una conexión directa entre la entrada de corriente la cual proviene del transformador anteriormente indicado y llega al contactor del variador de frecuencia

Se encuentra seleccionado de a la cantidad de amperios que todo el circuito del ascensor necesita consumir.

3.1.2.2 *Controlador CEA15.* El controlador se alimenta con 24 Vcc (22 a 30 Vcc). El positivo se conecta al terminal +24 y el negativo al terminal NVE. El consumo máximo propio es 8VA. (CONTROLES)

- *Sensores de posición.* El controlador obtiene la información de posición de la cabina por sensores de posición, que detectan pantallas o banderas situadas en el

pozo. Cada sensor y las pantallas correspondientes se sitúan en un carril vertical exclusivo. Un sensor debe ser capaz de suministrar 24 Vcc, 10 mA.

Los sensores pueden ser:

- Sensores infrarrojos sobre la cabina que detectan pantallas en el pozo. Por ejemplo los sensores SOD suministrados por CONTROLES S.A.
- Sensores magnéticos sobre la cabina que detectan imanes en el pozo. Por ejemplo los sensores SPM suministrados por CONTROLES S.A.
- Contactos.

La cantidad de sensores y la conexión al controlador depende del sistema de posición seleccionado. (CONTROLES)

3.1.2.3 *Conexión de las Series de Seguridad y Fin de Puerta Abierta.* Se denomina "serie de seguridad" a la serie lógica (AND) de llaves de seguridad.

Las llaves de seguridad incluyen los finales de carrera, los límites direccionales, los contactos de puerta y de traba por patín retráctil, los puntos del frenado progresivo en los extremos del pasadizo, las llaves de habilitación de preapertura de puerta y renivelación con puerta abierta, etc. (CONTROLES)

El controlador incluye 4 terminales de entradas digitales para el cableado de 3 series de seguridad y una señal opcional "Fin de Puerta Abierta":

- Serie de "Seguridad manual" (terminal SM)
- Serie de "Seguridad de Puertas Cerradas" (terminal SPC)
- Serie de "Seguridad Automática" (terminal SA) • Serie de "Fin de Puerta Abierta" (terminal FPA).

Figura 18. Conexión series de seguridad



Fuente: Controles

3.1.2.4 *Fin de Puerta Abierta.* “Fin de Puerta Abierta” debe ser “0” sólo si la puerta actuada por operador de puerta está completamente abierta. Incluye paralelos de contactos a 24V que se interrumpen cuando las puertas actuadas por operador de puerta terminan de abrir. (CONTROLES)

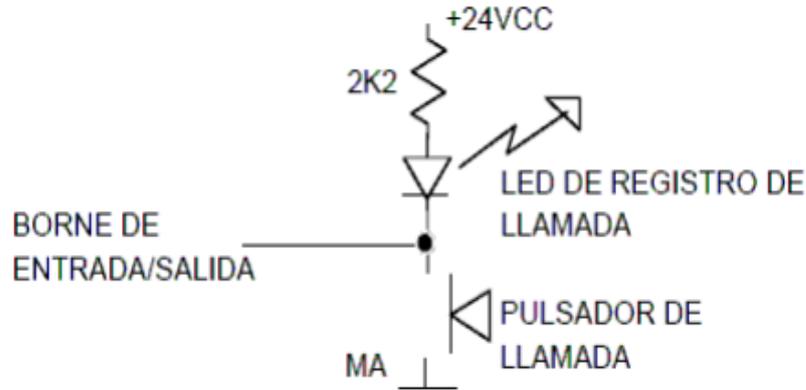
Se distinguen los siguientes casos:

- Puerta de cabina accionada por operador de puerta, y puerta de piso manual: FPA es “0” si abre el contacto de la puerta de cabina. Incluye sólo el contacto de la puerta de cabina.
- Puerta de cabina y puerta de piso accionada por operador de puerta: FPA es “0” sólo si los contactos de ambas puertas están abiertos. Incluye el paralelo de los contactos
- Cabina con doble acceso con puertas automáticas. Se distinguen 3 casos: Sólo abre una puerta en cada piso: FPA es “0” sólo si el contacto de una puerta de cabina está abierto y el contacto de una puerta de piso está abierto. Incluye el paralelo de la serie de los contactos de las puertas de cabina y la serie de los contactos de todas las puertas de piso Abren las dos puertas en todos los pisos. FPA es “0” si abren los contactos de ambas puertas. Incluye el paralelo de los contactos.

3.1.2.5 *Conexión de las llamadas.* Cada llamada y su correspondiente registro se conectan a un terminal de E/S digital específico, cuya ubicación depende de la configuración del controlador. La llamada y el mando para el registro correspondiente son activos a 0 Vcc. (CONTROLES)

La Figura siguiente muestra un circuito sencillo para conectar el pulsador y el registro. El LED de registro enciende si se activa el pulsador o si el controlador activa el mando de registro.

Figura 19. Circuito: conexión de llamadas



Fuente: (CONTROLES)

3.1.2.6 *Conexión del sistema de supervisión de temperatura del motor.* Si se requiere que el controlador supervise la temperatura de las bobinas del motor, se puede conectar una resistencia entre los terminales ALT y +24V, y la serie de sensores (PTC) de temperatura entre los terminales ALT y NVE. El controlador considera situación normal si la tensión en el terminal ALT es menor a la tensión umbral "0", y alta temperatura si la tensión en el terminal de entrada digital ALT es mayor a la tensión umbral "1". Si no se requiere esta función, el terminal ALT se debe conectar al terminal NVE..

La temperatura a la que trabaja el motor también se verá afectada por el clima en el cual se encuentre funcionando.

Figura 20. Conexión de temperatura del motor



Fuente: Controles

3.1.2.7 *Conexión del pesador de carga.* Si se requiere que el controlador supervise la carga de la cabina, se conecta la información de pesador de carga a las entradas digitales

COM y SCA.

El controlador recibe la información de hasta tres estados de carga según la Tabla. Caso contrario se requiere esta función, y por lo tanto los terminales COM y SCA no se conectan.

Figura 21. Conexión del pesador de carga



Fuente: Controles

Tabla 3. Carga máxima

| COM | SCA | Estado de carga | % de la carga nominal (usual) |
|-----|-----|-----------------|-------------------------------|
| 0 | 1 | Carga liviana | Menor que 15 |
| 1 | 0 | Carga completa | Mayor que 80 |
| 1 | 1 | Sobrecargado | Mayor que 110 |

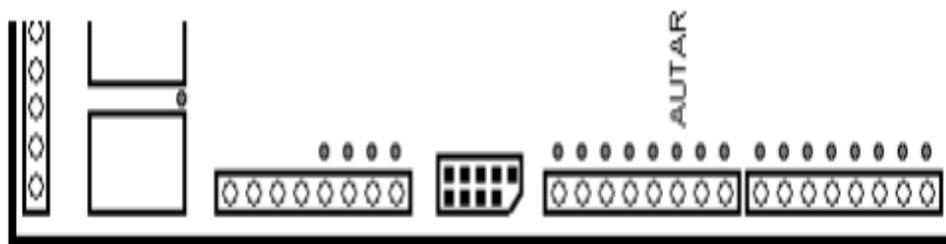
Fuente: Controles

3.1.2.8 *Conexión de sistema de supervisión de línea y tablero.* Si se requiere que el controlador supervise los mandos de potencia, se puede conectar la información de estos mandos al terminal AUTAR.

Este terminal se puede conectar a 24Vcc por la serie de los siguientes elementos:

- Contacto NA del relé de fases, que cierra si verifica el estado de la red
- Contacto auxiliar NC del contactor de potencial o serie de contactos NC de mandos de potencial de alta y baja velocidad. Estos contactores deben estar caídos al momento de ordenar el arranque.
- Serie de contactos NC de los contactores de dirección en un tablero con mando por contactores o señal derivada de un drive VVVF o de continua.

Figura 22. Conexión del supervisor de línea y tablero



Fuente: Controles

3.2 Dimensionamiento del sistema eléctrico

Para realizar el diseño del sistema eléctrico se tomó en cuenta algunos aspectos, así como para el dimensionamiento de cada elemento usado en el sistema, como el dimensionamiento de cada uno de los conductores usados en el diagrama eléctrico.

3.2.1 Dimensionamiento de protecciones. Para determinar qué tipo de elemento de protección se necesitó debemos conocer las corrientes y voltajes nominales de trabajo de cada actuador del sistema. La tabla siguiente muestra los datos de los elementos de protección dimensionados para el sistema.

En la tabla que se encuentra a continuación veremos las características principales de los elementos de protección que se haya en el tablero de control.

Tabla 4. Dimensionamiento de protecciones

| Dispositivo | Aislamiento de dos redes activas | Condiciones de corte | | Características principales |
|------------------------|----------------------------------|----------------------|---------|---|
| | | Normal | Defecto | |
| Seccionador | Si | No | No | Aislamiento eléctrico |
| Interruptor | No | Si | No | Corte y cierre de corriente de carga normal. Poder de cierre en cortocircuito |
| Contactador | No | Si | No | Poder de cierre y corte en condiciones normales. Poder de cierre y corte máximo |
| Interruptor automático | No | Si | Si | Poder de corte de cortocircuito. Poder de cierre de cortocircuito |
| Fusible | No | No | Si | Poder de corte de cortocircuito mínima. Máxima intensidad de corte limitada. |

Fuente: Schneider Electric

3.2.2 *Dimensionamiento de conductores.* Para la selección de los conductores y fusibles del motor se ha realizado el cálculo de corrientes a plena carga a través de las siguientes fórmulas:

$$P_{abs} = \frac{P_N}{\eta} \quad (5)$$

$$P_{abs} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta \quad (6)$$

$$I_T = I_L + (I_L * 25\%) \quad (7)$$

$$I_L = \frac{2238 W}{\sqrt{3} * 220 V * 0.79}$$

$$I_L = \frac{2238 W}{301 V}$$

$$I_L = 7.43 A$$

$$I_T = 7.43 A + (7.43 * 25\%)A$$

$$I_T = 9.29 A$$

- El calibre a utilizar para el motor es el de 10AWG
- El calibre a utilizar para la acometida principal es de 8AWG

3.2.3 *Conexiones eléctricas del ascensor.* Ahora se va a realizar la conexión eléctrica del ascensor.

3.2.3.1 *Circuito de la conexión eléctrica de las seguridades de puerta de hall.* En la parte superior de las puertas de hall se encuentran instalados unos dispositivos llamados cabeceros de puerta de hall, estos cabeceros permiten la apertura de las puertas, éstos tienen en su parte interna un contacto eléctrico el cual se activa y desactiva cuando la cabina llega al piso indicado y el operador de puertas abre las cerraduras o cuando se introduce la llave triangular para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los meses, al realizarse cualquiera de estas dos operaciones el contacto eléctrico

llamado con las siglas CP manda una señal a unas de las entradas de la tarjeta CEA15 avisándole al programa que se active o desactive el contacto eléctrico.

La conexión de los dos cabeceros de puertas de hall será una conexión en serie, bajando un cable desde la bornera del tablero de control hasta llegar a cada uno de los cabeceros y desde el último contacto que llegue se conecta a otro cable que sería los 24v para cerrar el circuito eléctrico y otro cable que bajara a cada uno de los cabeceros para luego conectarlos a tierra. (CONTROLES)

3.2.3.2 *Circuito de la conexión eléctrica de las botoneras de hall y cabina.* Para la conexión eléctrica de la botonera de cabina, los cables que se utilizarán para la comunicación, bajarán desde la bornera del tablero de control hasta las borneras de llamado de cabina de cada uno de los pisos.

Una vez ya conectados los cables al tablero de control, comenzaremos a llevar los cables que vamos a utilizar tanto para la bornera de la tarjeta electrónica como para los pulsadores de la cabina de cada piso y procedemos a conectar. (CONTROLES)

3.2.4 *Funcionamiento del sensor infrarrojo de barrera.* Las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar.

Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados. (CONTROLES)

3.2.5 *Conexionado eléctrico del sensor infrarrojo de barrera.* Desde la caja de revisión sacamos los cables que traen la fase y el neutro y los llevamos hacia la caja que controla al sensor infrarrojo de barrera para que este alimentado, y realice la función de apertura de la puerta de cabina en forma automática cuando se corte el haz de luz que va desde el lado emisor hasta el lado receptor de la barrera.

3.2.6 *Conexionado de los contactores eléctricos pre final y finales de carrera.* Los

contactos pre final de carrera son los que van ubicados en los extremos superior e inferior del ducto y son los que nos van a mandar la señal al PLC indicando que el ascensor ya tiene que realizar un cambio de dirección.

Los contactos finales de carrera son los que van ubicados en los extremos superior e inferior del ducto separados de los contactos pre finales de carrera a una distancia de 110 cm sobre ellos, ya que los finales de carrera son la mayor seguridad porque si no funcionan los contactos pre finales de carrera los finales de carrera entrarán en funcionamiento bloqueando todo el ascensor y apagándolo para que no exista ningún accidente.

Los contactos finales de carrera irán conectados en circuito serie con el contacto eléctrico del regulador de velocidad. (CONTROLES)

3.3 Funcionamiento del equipo

3.3.1 *En servicio normal.* El modo de despacho en servicio normal es configurable. Pueden ser:

3.3.1.1 *Colectivo selectivo completo.* Existen llamadas de cabina, de piso ascendente y de piso descendente. En viaje ascendente despacha todas las llamadas de cabina y llamadas de piso ascendentes por encima de la cabina, en orden ascendente. Una vez despachadas todas las llamadas de cabina y de piso ascendentes por encima de la cabina, atiende la llamada descendente superior cambiando a sentido de viaje descendente. En viaje descendente despacha todas las llamadas de cabina y llamadas de piso descendentes por debajo de la cabina, en orden descendente. Una vez despachadas todas las llamadas de cabina y de piso descendentes, atiende la llamada ascendente inferior cambiando a sentido ascendente, y repite el ciclo. (CONTROLES)

3.3.1.2 *Colectivo selectivo en descenso.* Existen llamadas de cabina y de piso descendentes. En viaje ascendente despacha todas las llamadas de cabina, en orden ascendente. Una vez despachadas todas las llamadas de cabina por encima de la cabina, atiende la llamada de cabina descendente superior cambiando a sentido de viaje descendente. En viaje descendente despacha todas las llamadas de cabina y llamadas de

piso descendentes por debajo de la cabina, en orden descendente. Una vez despachadas todas las llamadas de cabina y de piso descendentes por debajo de la cabina, atiende la llamada ascendente del piso inferior (si existe) cambiando a sentido ascendente, y repite el ciclo. (CONTROLES)

3.3.1.3 Automático simple. Existen llamadas de cabina y de piso. El ascensor despacha la primera llamada registrada. Sólo permite el registro de una llamada. Los pulsadores de llamada de cabina y de piso de cada piso se conectan a un terminal común del controlador. El relé RLE permite dar prioridad a las llamadas de cabina sobre las llamadas de piso.

3.3.1.4 Colectivo no selectivo. Existen llamadas de cabina y de piso. En viaje ascendente despacha todas las llamadas, en orden ascendente. Una vez despachadas todas las llamadas por encima de la cabina, cambia a sentido de viaje descendente. En viaje descendente despacha todas las llamadas por debajo de la cabina, en orden descendente. Una vez despachadas todas las llamadas de cabina por debajo de la cabina, cambia a sentido ascendente y repite el ciclo. (CONTROLES)

Figura 23. Conexión en servicio normal



Fuente: (CONTROLES)

3.3.2 En servicio de inspección. Para iniciar el servicio de inspección se activa el terminal MAN. El nivel de tensión (0V o 24V) para el cual las entradas digitales MAN y ABR son activas se configura. Las normativas de seguridad de ascensores requieren una habilitación adicional para el servicio de inspección encima del coche. Esta habilitación se implementa por la Serie de Seguridad Manual SM. (CONTROLES)

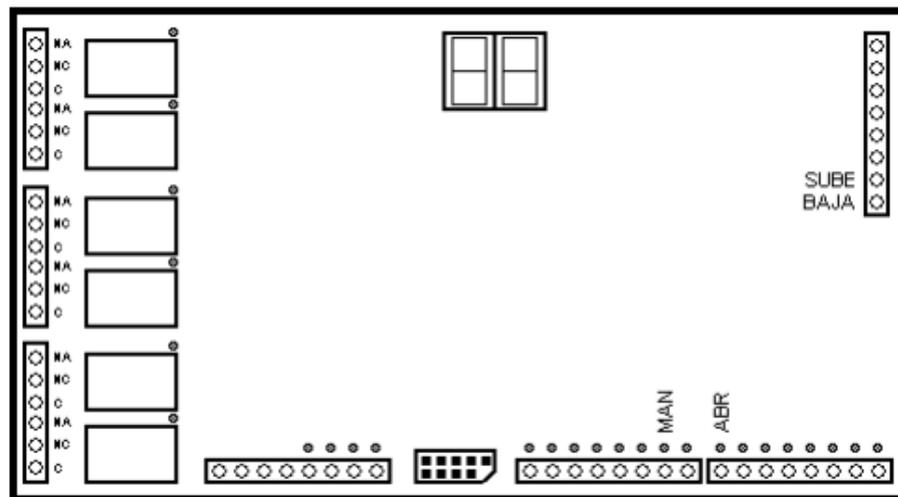
En servicio de inspección el controlador genera los mandos a partir de los terminales ABR, SUBE y BAJA:

- Si ABR es “1” manda apertura de puerta automática

- Si ABR es “0” manda cierre de puerta automática
- Si SUBE es “1” manda marcha ascendente
- Si BAJA es “1” manda marcha descendente. Los indicadores muestran el código “CE” alternado con la posición.

Ésta conexión nos servirá cada vez que se requiera realizar un tipo de mantenimiento.

Figura 24. Conexión en servicio de inspección



Fuente: (CONTROLES)

3.4 Especificaciones técnicas de la placa principal CEA15

3.4.1 *Micro controlador.*

- Philips P89LPC936.

3.4.2 *Memoria.*

- 500 byte SRAM
- 16 kbyte FLASH
- 512 byte EAROM.

3.4.3 *Alimentación.*

- 24 Vcc

- Potencia de entrada máxima: 8 VA
- LED indicador.

3.4.4 *Entradas/salidas digitales.*

- Entradas activas en 0 Vcc:
- Resistencia vista: 10 Kohm a +24 Vcc
- Corriente de entrada: -2,4 mA
- Umbral de "0": 17 Vcc
- Umbral de "1": 8 Vcc.
- Salidas en colector abierto:
- Transistor darlington NPN, emisor a 0 Vcc, 100 ohm en serie
- Máximo: 50 mA, 30 Vcc.

3.4.5 *Entradas digitales.*

- Resistencia vista: 10 Kohm a 0 Vcc
- Corriente de entrada: 2,4 mA
- Umbral de "0": 8 Vcc • Umbral de "1": 17 Vcc
- LED indicador. Salidas dedicadas
- Transistor darlington NPN, emisor a 0 Vcc, 100 ohm en serie
- Máximo: 50 mA, 30 Vcc.

3.4.6 *Relés.*

- Terminales NA, COMUN y NC
- Máximo: 2 A @ 250 Vca
- LED indicador.

3.4.7 *Puerto serie TTL.*

- Conector para cable plano de 10 hilos.

Tabla 5. Función del puerto serie TTL

| Pino | Función |
|------|------------------|
| 3 | TX (transmisión) |
| 4 | MA (común) |
| 5 | RX (recepción) |
| 6 | +5V |

Fuente: (CONTROLES)

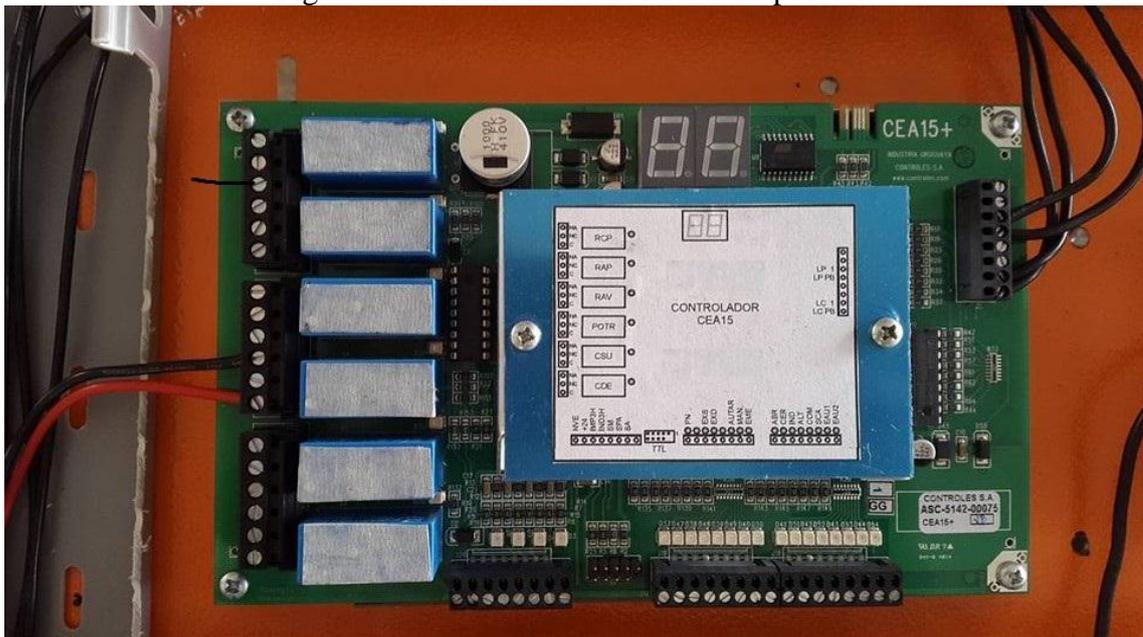
3.4.8 Terminales. 2 opciones:

- Conectores macho en la placa. El suministro incluye los conectores hembra para conexión de cable con apriete por tornillo y con lengüeta de protección
- Conectores macho en la placa. El suministro incluye los conectores hembra y los terminales para ensamblar por crimping.

3.4.9 Características físicas

- Dimensiones: Ancho 195 mm x alto 40 mm x profundidad 120 mm
- Peso: 340 g
- Base, tapa: Aluminio

Figura 25. Conexión en servicio de inspección



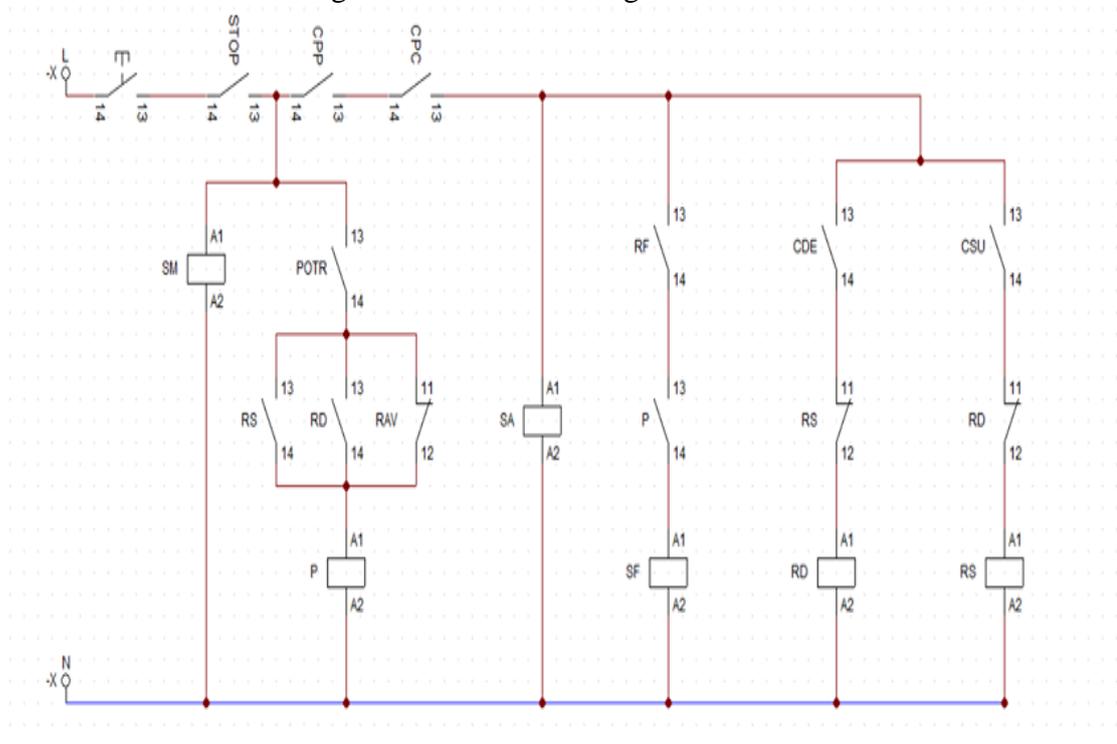
Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

3.5 Diseño de los Circuitos Eléctricos

3.5.1 *Circuito de la seguridad manual.* El siguiente circuito fue diseñado en el simulador de circuitos eléctricos CA De SIMU. Para el diseño de éste circuito se tomaron en cuenta todas las protecciones pertinentes, y cada uno de los elementos que intervienen en éste.

El circuito de potencia que se verá a continuación, fue desarrollado en el tablero de control siguiendo cada uno de los pasos para así evitar cualquier tipo de confusión que vaya a afectar al funcionamiento del equipo.

Figura 26. Circuito de seguridad manual

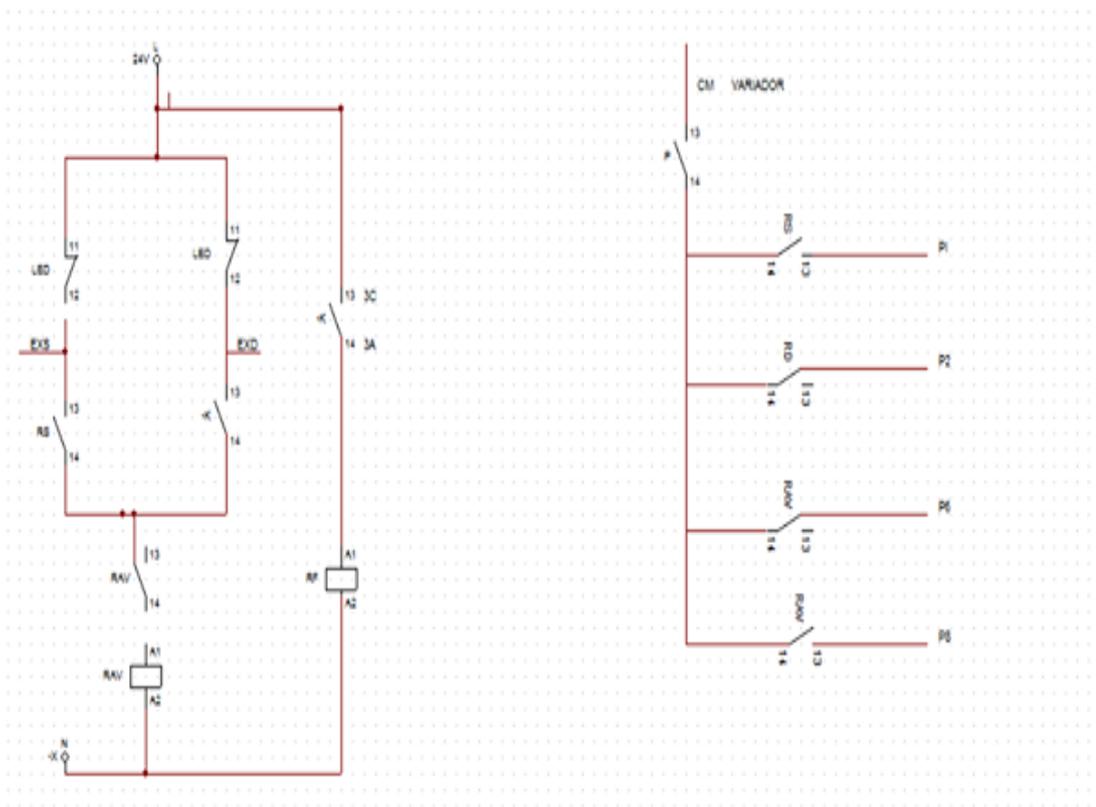


Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

3.5.2 *Circuito de cambio de velocidad.* El siguiente circuito fue diseñado en el simulador de circuitos eléctricos CA De SIMU.

Este tipo de circuito fue realizado en dos partes, las cuales, la de la izquierda simula el cambio de velocidad del variador, y el de la derecha representa lo que va conectado a el controlador CEA15.

Figura 27. Circuito de cambio de velocidad



Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

3.5.3 Componentes de los circuitos. Los dispositivos que se encuentran instalados en el tablero deben estar correctamente conectados y siguiendo cada uno de los cables para así evitar confusiones y que haya algún tipo de sobrecarga por un dispositivo mal instalado.

En la siguiente tabla se detallan cada uno de los componentes que fueron utilizados en los distintos circuitos:

Tabla 6. Componentes del circuito

| Elemento | Nombre | Carga | Función |
|----------|-----------------------------------|--------------|--|
| SM | Relé de falta de Seguridad Manual | Señalización | El relé se activa si SM permanece =0 por un tiempo mayor que el tiempo establecido. |
| RAV | Relé de Alta Velocidad | Movimiento | Cierra desde el comienzo del viaje hasta el comienzo de la deceleración. Se usa en sistemas de dos velocidades. No cierra en servicio de inspección. |
| RS | Programa direccional de subir | Señalización | No se activa en servicio de emergencia. |

Tabla 6. (Continuación)

| | | | |
|-----|-----------------------------------|--------------|---|
| RD | Programa direccional de descender | Señalización | No se activa en servicio de emergencia. |
| P | Contactador para el variador | Movimiento | |
| CF | Contactador del freno | Señalización | |
| CDE | Relé d la tarjeta | Señalización | |

Fuente: Acosta, D y Ortiz, R

CAPÍTULO IV

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 Normas de Seguridad

4.1.1 *Seguridad.* Son recomendaciones que se deben hacer, las cuales deben ser observadas y seguidas para evitar accidentes en el manejo del ascensor y sus distintas partes que lo conforman, una de las más importantes es el tablero de control que es de donde surgen todas las maniobras.

4.1.2 *Sistema de seguridad del ascensor.* El ascensor está dotado de un pulsador de paro de emergencia ubicado en el tablero de control, el cual bloquea el sistema eléctrico de maniobra del ascensor, mediante el pulso elimina cualquier funcionamiento anómalo volviéndolo al funcionamiento inicial, el equipo no podrá volver a funcionar hasta que se desbloquee.

4.1.3 *Normas de seguridad y manejo.* Antes durante y después de la cualquier tipo de práctica el usuario o técnico debe tener conocimiento total acerca de los circuitos y la parte mecánica que vaya a manipular para asegurar un correcto funcionamiento y seguridad del equipo. (CONTROLES)

4.2 Mantenimiento

Con la finalidad de llevar un control permanente del equipo elevador en análisis, se presenta el siguiente capítulo que inicia con un preámbulo en el cual se hace referencia a la importancia del mantenimiento y al orden adecuado para ejecutarlo.

Posteriormente se analizan de manera individual las partes del ascensor que requieren supervisión eléctrica, electrónica y mecánica, haciendo énfasis en sus principales averías, las consecuencias que estas acarrearán, las causas que las producen y las soluciones que se deben aplicar para cada caso. (CONTROLES)

Una vez analizados los dispositivos y mecanismos que forman parte del elevador, se

procede a estructurar el plan que permitirá mantenerlo en óptimas condiciones de funcionamiento.

Por último se realiza el manual de operación del ascensor, en el cual se describe el funcionamiento básico del mismo y además se indica el procedimiento a seguir en caso de emergencia cuando los pasajeros se quedan atrapados en el interior de la cabina.
(CONTROLES)

4.2.1 *Importancia del mantenimiento.* Con la finalidad de evitar anomalías y posibles paros imprevistos del medio de transporte vertical, es imprescindible recurrir al uso de medios y métodos que permitan mantener en perfecto estado de funcionamiento a los aparatos y dispositivos que forman parte del ascensor, razón por lo que la fiabilidad del equipo se debe confiar a un plan de mantenimiento adecuado.

4.2.2 *Tipo de mantenimiento a implementar.* Definitivamente, el mantenimiento preventivo es el adecuado para implementar en ascensores, puesto que las inspecciones permanentes en las cuales se detectan pequeños defectos o irregularidades y desgaste de las piezas, permiten efectuar las respectivas correcciones en el momento oportuno, antes de que sus efectos sean la causa para una puesta fuera de servicio del equipo.

4.2.3 *Sectorización del mantenimiento.* Con la finalidad de optimizar el mantenimiento del ascensor, es conveniente distribuirlo en sectores que faciliten su ejecución, para ello se determinan las siguientes áreas:

- Sala de máquinas
- Control
- Parte interior de la cabina
- Pozo
- Parte superior de la cabina
- Puertas de cabina
- Parte inferior de la cabina

4.2.4 *Secuencia de ejecución del mantenimiento.* A continuación se presenta el orden que se debe seguir para efectuar el mantenimiento del equipo elevador, basándose

en los sectores previamente determinados:

- Ubicar a la cabina en la planta baja del edificio.
- Colocar en la posición OFF al interruptor de apagado del ascensor.
- Cerrar manualmente las puertas de la cabina y dirigirse a la sala de máquinas a efectuar el mantenimiento respectivo.
- Retornar al piso donde se encuentra la cabina, ingresar a la misma y revisar los dispositivos que la conforman.
- Posteriormente ingresar a la parte superior de la cabina abriendo la puerta de piso del último nivel y examinar en viaje descendente todos los elementos que forman parte del pozo.
- Una vez que se ha arribado al límite inferior, inspeccionar todos los equipos que se encuentran en la parte superior de la cabina.
- Ubicar el carro en el piso inmediato superior y descender del mismo para proceder con la revisión de las puertas de cabina.
- Finalmente abrir las puertas del nivel más bajo de la edificación y efectuar el análisis de los dispositivos que se encuentran en ese sector.

4.3 Mantenimiento eléctrico y electrónico

La parte que involucra al mantenimiento eléctrico y electrónico, enfoca de manera directa a los dispositivos que permiten el accionamiento de los sistemas en cuyo funcionamiento interviene la energía eléctrica, tales como:

4.3.1 *Sala de máquinas.* El área en la cual se inicia el mantenimiento del ascensor, está constituida por los equipos que se analizan a continuación:

4.3.1.1 Motor de tracción. Para el motor eléctrico de tracción del ascensor, se presentan las siguientes observaciones:

Posibles averías:

- Recalentamiento de los bobinados.
- Descargas electrostáticas en la carcasa del motor.
- Alteración de la velocidad de funcionamiento.

Consecuencias:

- Deterioro del barnizado.
- Riesgo de recibir descargas.
- El motor puede fundirse.

Causas:

- Sobrecarga.
- Falta de conexión a tierra.
- Desconexión de una de las fases.

Soluciones:

- Operar dentro de los parámetros normales.
- Verificar la conexión a tierra del motor.
- Ajustar los bornes de la alimentación del motor.

4.3.1.2 Freno. Las siguientes son las consideraciones que se deben tomar en cuenta en el solenoide que activa el freno electromagnético:

Posibles averías:

- La bobina del solenoide no se activa.

Consecuencias:

- El freno no mantiene inmóvil al motor del ascensor.

Causas:

- Falta de continuidad en el bobinado

Soluciones:

- Reemplazo del dispositivo.

4.3.1.3 *Detector de sobre-velocidad.* El principal mecanismo de seguridad del ascensor, se encuentra dotado de un interruptor centrífugo que forma parte de las seguridades que ingresan al control, en este dispositivo se debe tener presente lo siguiente:

Posibles averías:

- El interruptor normalmente cerrado no abre sus contactos.
- El interruptor normalmente cerrado mantiene abierto al circuito.

Consecuencias:

- El contacto del “gobernador” no desactiva al control.
- El sistema de seguridades se activa.

Causas:

- Contactos en mal estado.
- Desconexión de los cables de alimentación.

Soluciones:

- Reemplazo del dispositivo.
- Revisión de las conexiones.

4.3.2 *Control.* La disposición de los equipos que forman parte del control, se identifican y se abordan a continuación:

4.3.2.1 *Protecciones.* En los dispositivos de protección utilizados en el control del ascensor, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

Posibles averías:

- El módulo o el elemento fusible se encuentra deshecho.

Consecuencias:

- El dispositivo de protección mantiene abierto al circuito.
- El equipo al cual protege el fusible no funciona.

Causas:

- Cortocircuito.

Soluciones:

- Corregir la falla eléctrica y reemplazar el dispositivo.

4.3.2.2 *Contactores.* Los aparatos que intervienen en la maniobra del motor del ascensor, presentan generalmente las observaciones a continuación mencionadas:

Posibles averías:

- Contactos sucios o en mal estado.
- Bobina averiada.

Consecuencias:

- El motor controlado por el contactor no funciona.
- El contactor no se activa.

Causas:

- Polvo y humedad del medio ambiente.

Soluciones:

- Limpieza y/o reemplazo del módulo de contactos.
- Sustitución de la bobina del contactor.

4.3.2.3 *Relés.* Para los relés se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Posibles averías:

- Contactos “erosionados”.
- Bobina en mal estado.

Consecuencias:

- La carga controlada por el relé está fuera de servicio.

Causas:

- Ambiente de trabajo del elemento.

Soluciones:

- Reemplazo de contactos.
- Sustitución del relé.

4.3.3 *Parte interior de la cabina.* Los dispositivos eléctricos que forman parte del interior de la cabina son analizados a continuación:

4.3.3.1 Iluminación interior. La iluminación del interior de la cabina, presenta comúnmente las siguientes anomalías en su funcionamiento:

Posibles averías:

- Conexiones y/o elementos flojos o defectuosos.

Consecuencias:

- Falta de iluminación en el interior de la cabina.

Causas:

- Funcionamiento continuo.

Soluciones:

- Revisión de las conexiones y reemplazo de lámparas.

4.3.3.2 Botonera e indicador de cabina. En el conjunto que forman los pulsadores y lámparas señalizadas que se encuentran en la botonera e indicador de cabina, se debe observar lo siguiente:

Posibles averías:

- El pulsador no funciona.
- Las luminarias del indicador están fuera de servicio.

Consecuencias:

- No se activa la orden requerida.
- No existe la señal visual de la ubicación de la cabina.

Causas:

- Uso cotidiano.

Soluciones:

- Reemplazo del dispositivo.

4.3.3.3 *Interruptores de servicios.* Los interruptores que controlan a los elementos que forman parte de la cabina del ascensor, presentan los siguientes aspectos que se deben tener en cuenta:

Posibles averías:

- Conexiones flojas.
- Los elementos se encuentran en mal estado.

Consecuencias:

- Los dispositivos accionados por los interruptores no se activan.

Causas:

- Uso permanente.

Soluciones:

- Revisión de las conexiones.
- Sustitución de dispositivo averiado.

4.3.4 *Pozo.* El pozo contiene una serie de dispositivos eléctricos que forman parte del ascensor y se analizan a continuación:

4.3.4.1 *Límites finales superiores.* Los interruptores finales de carrera inician el mantenimiento dentro del pozo y en ellos se debe prestar atención a las siguientes consideraciones:

Posibles averías:

- Contactos en mal estado.
- Conexiones flojas.

Consecuencias:

- Las seguridades del ascensor no son óptimas.

Causas:

- Polvo y humedad existentes en el interior del pozo

Soluciones:

- Arreglo de las conexiones.
- Sustitución del interruptor final de carrera.

4.3.5 *Cerraduras de las puertas de piso.* En los elementos que se encuentran ubicados en el “cabecero” de cada puerta de piso, se debe contemplar las mismas consideraciones analizadas en el interruptor de límite final superior, puesto que su funcionamiento es semejante.

4.3.5.1 *Botoneras de piso.* Los aspectos que intervienen en las botoneras de piso, son los mismos observados para las botoneras e indicadores de cabina.

4.3.5.2 *Cable de las botoneras de piso.* El conjunto de conductores eléctricos que interconectan a las botoneras de cada piso, presenta las siguientes observaciones:

Posibles averías:

- Aislamiento deteriorado.

Consecuencias:

- Posibilidad de cortocircuitos.

Causas:

- Roce con la cabina.

Soluciones:

- Ajustar los anclajes del cable al pozo.

4.3.5.3 *Cable viajero.* Las consideraciones son semejantes a las del cable de las botoneras de piso.

4.3.6 *Parte superior de la cabina.* Los dispositivos que requieren supervisión eléctrica y que se encuentran ubicados sobre la cabina se los describe a continuación:

4.3.6.1 *Inductores.* En los sensores magnéticos se debe considerar:

Posibles averías:

- El dispositivo no detecta el paso de la banderola.

Consecuencias:

- El sensor no envía la señal respectiva al control.

Causas:

- Elemento en mal estado.

Soluciones:

- Sustitución del sensor magnético.

4.3.6.2 *Micro interruptor de la puerta de emergencia.* El análisis es semejante al de

los otros dispositivos interruptores que forman parte del equipo elevador.

4.3.6.3 *Motor del operador de puertas.* En el motor que dota de movimiento al mecanismo de apertura y cierre del conjunto de las puertas del ascensor, se debe observar:

Posibles averías:

- Motor sin funcionamiento.
- Descalibración de la velocidad del motor.

Consecuencias:

- El mecanismo de puertas no dispone de fuerza motriz.
- La apertura y/o cerrado de puertas es brusco.

Causas:

- Motor “quemado”.
- Resistencias averiadas.

Soluciones:

- Rebobinado del motor.
- Reemplazo de las resistencias.

4.3.6.4 *Ventilador.* Los parámetros que se deben tomar en cuenta para el mantenimiento del motor del ventilador, son los mismos citados para el motor de las puertas.

4.3.6.5 *Iluminación superior.* La iluminación en la parte superior de la cabina, requiere del mismo análisis efectuado para la iluminación que se usa en el interior de la misma.

4.3.6.6 *Anunciador audible (gong).* Para el anunciador audible se deben considerar los siguientes aspectos:

Posibles averías:

- El anunciador no emite sonido.

Consecuencias:

- El arribo a los pisos no es anunciado.

Causas:

- Dispositivo en mal estado.

Soluciones:

- Reemplazo del anunciador audible.

4.3.6.7 *Alarma.* Por ser un aparato electrónico con funcionamiento semejante al anunciador audible, los aspectos que se deben observar son los mismos.

4.3.7 *Puertas de cabina.* La parte eléctrica que interviene en el mecanismo de las puertas de cabina, involucra a los elementos que se encuentran en ella.

4.3.7.1 *Final de carrera de apertura de las puertas de cabina.* Debido a que el funcionamiento de este dispositivo es semejante al de los limitadores finales que hacen las veces de interruptores, su análisis es el mismo.

4.3.7.2 *Final de carrera de cerrado de las puertas de cabina.* Las observaciones que se deben tomar en cuenta para estos elementos, son las mismas analizadas para los otros interruptores finales de carrera que se encuentran en el ascensor.

4.3.8 *Detector fotoeléctrico.* El análisis efectuado al sensor fotoeléctrico, presenta los siguientes resultados:

Posibles averías:

- Desalineamiento entre el emisor y el receptor.
- Conexiones flojas.

Consecuencias:

- La señal respectiva no es enviada al controlador.

Causas:

- Vibraciones cuando las puertas funcionan.

Soluciones:

- Alinear los dispositivos.
- Revisar los conectores.

4.3.9 *Parte inferior de la cabina.* Los elementos que se encuentran ubicados en la parte inferior de la cabina, son analizados a continuación:

4.3.9.1 *Iluminación inferior.* Al igual que la iluminación que se encuentra sobre la cabina y en el interior de la misma, debe revisarse las conexiones y la lámpara.

4.3.9.2 *Detector de sobrepeso.* Las observaciones a tener presente son las mismas que para el resto de pulsadores.

4.3.9.3 *Final de carrera inferior.* Los puntos que se debe tener en cuenta, son exactamente los mismos presentados para el interruptor del límite superior.

4.4 Mantenimiento mecánico

El objetivo de este estudio al igual que el efectuado en la parte anterior, consiste en determinar de manera particular a las consideraciones que se deben tener en cuenta, para mantener en perfecto estado de funcionamiento a los mecanismos que forman parte de la estructura del ascensor.

Puesto que el mantenimiento eléctrico y mecánico se ejecuta a la par, el orden de presentación es el mismo para ambos casos, así:

4.4.1 *Sala de máquinas.* Los dispositivos que se encuentran ubicados en la sala de máquinas, se analizan a continuación:

4.4.1.1 *Motor de tracción.* En el motor eléctrico de tracción del ascensor, se presentan las siguientes observaciones:

Posibles averías:

- El eje del motor de encuentra desalineado.
- Las “pistas” de los rodamientos se encuentran deterioradas.

Consecuencias:

- El inducido puede rozar con los bobinados.
- Funcionamiento ruidoso.

Causas:

- Rodamientos en mal estado.
- Vibraciones del motor.

Soluciones:

- Reemplazo de los rodamientos.

4.4.1.2 Freno. Los aspectos que a continuación se mencionan, son el resultado del análisis del funcionamiento del freno electromagnético:

Posibles averías:

- El funcionamiento del mecanismo es forzado.
- Las zapatas se encuentran fuera de posición.

Consecuencias:

- El solenoide puede “quemarse”.
- El freno puede quedar bloqueado.

Causas:

- Falta de lubricación en los ejes.
- Pernos flojos.

Soluciones:

- Limpieza y lubricación del sistema.
- Ajuste del conjunto.

4.4.1.3 Caja reductora de velocidad. Para la ejecución del mantenimiento del conjunto formado por la corona y el tornillo sinfín, se debe recordar lo siguiente:

Posibles averías:

- Funcionamiento con ruido y vibraciones.
- Poleas en mal estado.

Consecuencias:

- Elevado desgaste de las piezas.
- Los cables pueden salirse de su curso.

Causas:

- Nivel bajo del aceite.
- Poleas desalineadas.

Soluciones:

- Mantener el aceite en el nivel adecuado.
- Alinear las poleas y reemplazar los rodamientos.

4.4.1.4 *Detector de sobre-velocidad.* Los aspectos que se deben tener en cuenta en el detector de sobre-velocidad, son mencionados a continuación:

Posibles averías:

- La polea no gira libremente.
- El cable de acero se encuentra sin tensión.

Consecuencias:

- Puede activarse el sistema de seguridades.
- El cable puede salirse del canal de la polea.

Causas:

- Falta de lubricación en el eje de la polea.
- Ajuste insuficiente de la polea tensora del cable.

Soluciones:

- Limpieza y lubricación del elemento móvil.
- Tensar el cable y ajustar la polea tensora.

4.4.2 *Pozo.* Por ser la vía de desplazamiento del ascensor, en su interior se encuentran varios de los elementos mecánicos que lo conforman, los mismos que se analizan a continuación:

4.4.2.1 *Guías.* Los siguientes son las sugerencias que permiten conservar en óptimo estado de funcionamiento a las guías del carro y del contrapeso:

Posibles averías:

- Las guías se encuentran flojas y/o desalineadas.

Consecuencias:

- Viaje ondulante de la cabina.

Causas:

- Vibraciones en el recorrido del carro.

Soluciones:

- Alineación de las guías y ajuste de los anclajes.

4.4.2.2 *Sistema de poleas y pesas de las puertas de piso.* En el conjunto que facilita el cerrado de las puertas de piso, se necesita observar los siguientes aspectos:

Posibles averías:

- Las poleas se encuentran desalineadas respecto al cable.
- El funcionamiento del conjunto es forzado.

Consecuencias:

- El cable puede salirse de su curso.
- La apertura y/o cerrado de las puertas no es total.

Causas:

- Accionamiento permanente.
- Falta de lubricación.

Soluciones:

- Ajuste, limpieza y lubricación del conjunto.

4.4.2.3 *Banderolas.* Para las láminas metálicas que permiten la activación de los inductores, es importante mencionar los siguientes aspectos:

Posibles averías:

- Banderolas fuera de posición.

Consecuencias:

- Daño a los inductores.

Causas:

- Pernos flojos.

Soluciones:

- Ajuste de los dispositivos.

4.4.2.4 *Amortiguadores.* Para estos elementos se debe mencionar lo siguiente:

Posibles averías:

- La ubicación del amortiguador es incorrecta.

Consecuencias:

- Las seguridades mecánicas del ascensor no son óptimas.

Causas:

- Sujeción defectuosa del amortiguador a la base.

Soluciones:

- Anclaje del dispositivo.

4.4.2.5 *Cables de tracción.* El conjunto de los cables metálicos encargados de sostener a la cabina y al contrapeso, son analizados a continuación:

Posibles averías:

- Los cables se encuentran deteriorados.
- La tensión en cada uno de los cables no es igual.

Consecuencias:

- El ascensor no es apto para el uso como medio de transporte.

Causas:

- Roce con algún elemento atravesado en su longitud.
- Ajuste defectuoso en los terminales de los cables.

Soluciones:

- Reemplazo del conjunto de cables de tracción.
- Revisión y ajuste de la tensión.

4.4.3 *Parte superior de la cabina.* A continuación se analizan los dispositivos que se encuentran ubicados en la parte superior de la cabina:

4.4.3.1 *Motor del operador de puertas.* Los puntos que se deben tener presente en el motor del operador de puertas, son mencionados a continuación:

Posibles averías:

- Eje descentrado.
- Funcionamiento forzado.

Consecuencias:

- Los otros elementos del motor se pueden ver afectados.
- La velocidad de transferencia de movimiento es reducida.

Causas:

- Rodamientos desgastados.
- Falta de lubricación de los elementos móviles.

Soluciones:

- Reemplazo de los rodamientos.
- Lubricación de los dispositivos del motor.

4.4.3.2 *Mecanismo del operador de puertas.* Los resultados siguientes son producto de la observación del mecanismo que permite el funcionamiento de las puertas de cabina:

Posibles averías:

- Existe deslizamiento entre la banda y la polea.
- Funcionamiento forzado y/o ruidoso.

Consecuencias:

- Las puertas no abren o cierran.
- Posible remordimiento del mecanismo.

Causas:

- Bandas sin la tensión suficiente.
- Elementos móviles sin lubricación.

Soluciones:

- Tensión y ajuste de las bandas.
- Lubricación de las articulaciones.

4.4.3.3 Ventilador. Para el motor del ventilador del ascensor, se debe mantener presente el siguiente análisis:

Posibles averías:

- Paletas descentradas.
- Funcionamiento defectuoso.

Consecuencias:

- Los otros elementos constitutivos del ventilador se pueden ver afectados.

Causas:

- Elementos desgastados.
- Falta de limpieza y lubricación de las partes móviles.

Soluciones:

- Reparación del dispositivo.

- Ajustes, limpieza y lubricación.

4.4.3.4 *Rodamientos superiores de la cabina.* En los rodamientos con cubierta de goma que permiten el recorrido de la cabina a través de las guías, se debe tener presente lo siguiente:

Posibles averías:

- Cubierta de goma de los rodamientos deteriorada.

Consecuencias:

- Desgaste prematuro de los elementos móviles.

Causas:

- Rodamientos flojos y/o desalineados.

Soluciones:

- Sustitución de los rodamientos.

4.4.4 *Puertas de cabina.* El mecanismo que permite la apertura y cierre de las puertas de cabina del ascensor, se analiza a continuación:

Posibles averías:

- Movimiento forzado del mecanismo y/o puertas remordidas.

Consecuencias:

- La apertura o cerrado no es adecuado.

Causas:

- Articulaciones sin lubricación.

Soluciones:

- Limpieza, alineamiento y lubricación del mecanismo.

4.4.5 *Parte inferior de la cabina.* Los dispositivos en los que interviene el mantenimiento mecánico y que se encuentran ubicados en la parte inferior del carro, son los rodamientos que acoplan la cabina a las guías respectivas, los cuales presentan las mismas observaciones que sus semejantes ubicados en la parte superior de la cabina.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizó el cálculo respectivo con todos los elementos que se utilizaron para el proyecto tomando en cuenta como la potencia, frecuencia y el trabajo que realizará el ascensor.

Se aislaron eléctricamente todas las instalaciones respectivamente con los elementos de protección como relés térmicos, supervisores de fase, y puesta a tierra tomando en cuenta el uso de materiales adecuados y marcas conocidas, que nos garanticen una protección al circuito eléctrico.

Se realizó el montaje con equipos conocidos y de garantía con un stock de repuestos en el mercado para su mantenibilidad, en caso de sufrir daños a futuro en la instalación eléctrica o mecánica.

Mediante el accionamiento de los distintos equipos instalados en el tablero y en cada piso como son las botoneras, se realizó la prueba de funcionamiento dando un resultado positivo, cumpliendo con lo requerido.

5.2 Recomendaciones

Realizar el balanceo de las fases y verificar el voltaje y el amperaje que está consumiendo la instalación para el correcto funcionamiento del ascensor.

El ascensor debe ser utilizado constantemente y con la debida responsabilidad para evitar algún tipo de percance por el no uso del equipo.

Al efectuar el mantenimiento del ascensor, se debe des-energizar la fase desde el tablero de distribución, esto lo debe realizar personal con conocimientos eléctricos dotados con los respectivos equipos de protección personal.

Para realizar inspecciones ya sean eléctricas o mecánicas, la escuela de mantenimiento cuenta con equipos de mantenimiento predictivo sofisticados como son Vibracheck (para la medición de vibraciones), cámara termográfica, (para análisis de temperatura).

BIBLIOGRAFÍA

- ÅSTROM, Jhon Karl.** *Control PID Avanzado*. 1^{era} Ed. Madrid-España: Prentice Hall, 2009, pp. 501-509.
- BISHOP, Rudofl.** *Modern Control System*. 12^{va} Ed. New Jersey-EEUU: Prentica Hall, 2010, pp. 82-94.
- BOLTON, Wilson.** *Ingeniería de Control*. Segunda Edición. México-Guatemala: Alfaomega Grupo Editor, 2001, pp. 41-51.
- COCERA, Adolf. RODRIGUEZ, Jean.** *Desarrollo de Sistemas Secuenciales*. 1^{era} Ed. Madrid-España: Ediciones Paraninfo, 2000, pp. 175-178.
- CREAU, Antonio.** *Instrumentación Industrial*. 8^{va} Ed. México-Guatemala: Alfaomega Grupo Editor, 2010, pp. 700-710.
- DORANTES, Dario.** *Automatización y control: prácticas y laboratorio*. 1^{era} Ed. México-Guatemala: McGraw-Hill, 2004, pp. 208-214.
- GONZÁLEZ, Emilio.** *Programación de Autómatas SIMATIC S-7 300 (Lenguaje AWL)*. 1^{era} Ed. Madrid-España: Ediciones Ceysa.Cano Pina, 2004, pp. 28-38.
- HERNÁNDEZ, Ricardo.** *Introducción a los Sistemas de Control*. 1^{era} Ed. México-Guatemala: Pearso Educación, 2010, pp. 52-58.
- MALONEY, Timothy Jhon.** *Electrónica Industrial Moderna*. 5^{ta} Ed. México-Guatemala: Tipografía Barsa, 1993, pp. 86-91.
- MANDADO, Enrique.** *Autómatas Programables: entorno y aplicaicones*. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2011, pp. 19-28
- MONTORO, Juan Romera.** *Automatización Problemas Resueltos con Autómatas Programables*. 1^{era} Ed. España-Cevilla: Editorial Paraninfo, 1994, pp. 30-37.
- RODRÍGUEZ, Aquilino.** *Sistemas SCADA - Guía Práctica*. 1^{era} Ed. España-Madrid: Marcombo, 2007, pp. 26-34.
- ROMERAL, Joaquín.** *Autómatas Programables*. 1^{era} Ed. España-Madrid: Marcombo, 1997, pp. 45-62.
- CONTROLES, S.A.** *Controlador de ascensores programable CEA15*. [en línea]. Uruguay, 2014. [Consulta: 02 Octubre de 2016]. Disponible en: <http://controls.cl/productos/wp-content/uploads/2015/10/Manual-CEA15.pdf>.
- ASTUDILLO, César.** *Problemas Resueltos y Propuestos de Electrotecnia 1*. 1^{era} Ed. Ecuador-Riobamba: E-ECOPYCENTER, 2009, pp. 28-51
- LÓPEZ, Bryan.** *Ingeniería Industrial Online*. [En línea] España:E-Resources, Training and Technology, 2012. [Consulta: 15 de Junio de 2016.]. Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>.

TECHNOLOGIES GAIGA NEW. *New Technologies.* [En línea] 2013. [Consulta el: 20 de Julio de 2016.]. Disponible en: <http://tecnologiaschile.com.TiposDe.com>.

MÜLLER, Washington. *Electrotecnia de Potencia curso Superior.* 1^{era} Ed. Barcelona-España: REVERTÉ S.A, 1984, pp. 176-184.

SANTILLÁN, Marco. *Control Industrial.* Ecuador-Riobamba: Politécnica Editorial, 2010, pp. 17-30

ANEXOS

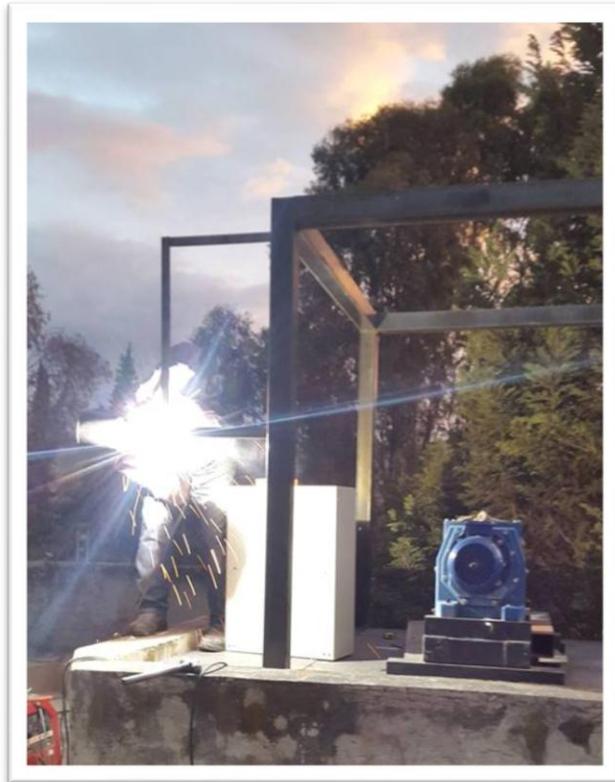
Anexo A

Condiciones iniciales e instalación del motor



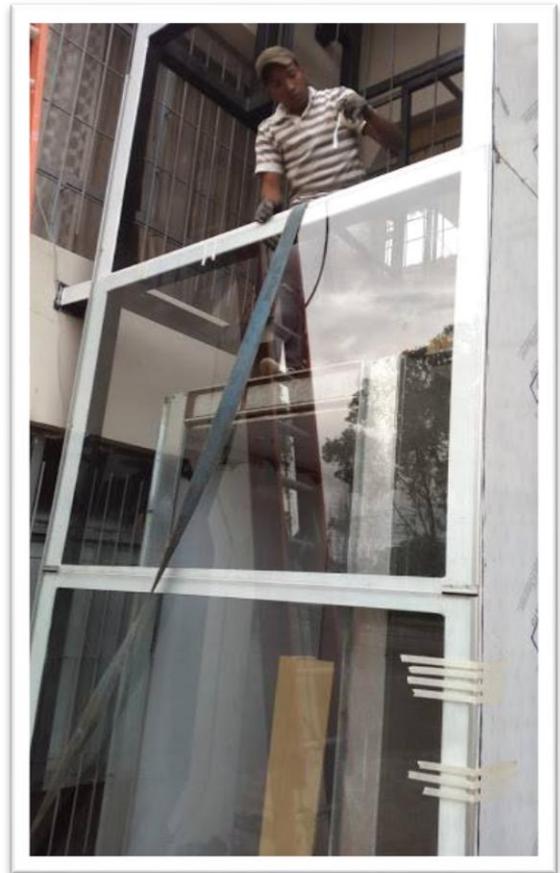
Anexo B

Acometida eléctrica y cuarto de máquinas



Anexo C

Colocación de la cubierta y cristal del ascensor



Anexo D

Acabado externo del ascensor



