

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de control y sistema electrónico para ascensor de manufactura
local de 3 niveles

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Andrés Bladimir Campaña Montenegro

Dariane Elisa Medranda Machado

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi familia, cuyo apoyo incondicional, aliento y amor han sido la base de todos mis logros. A los profesores que me han guiado con su conocimiento y sabiduría, brindándome lecciones invaluable que han moldeado mi trayectoria académica y profesional. A todas las personas que, de manera directa o indirecta, han contribuido a mi aprendizaje y crecimiento con su mentoría y bondad.

Finalmente, dedico este logro a mi institución, que me ha proporcionado los recursos, oportunidades y un entorno propicio para desarrollarme y alcanzar mis objetivos. Gracias a los esfuerzos colectivos de todas estas personas y organizaciones, este proyecto ha sido posible, y por ello estoy profundamente agradecido.

Andres Bladimir Campaña Montenegro

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mi mamá, a mis padres y a mis tíos. Su amor, sacrificio y enseñanzas han sido fundamentales en mi vida. A ustedes, que han estado a mi lado en cada paso, brindándome su apoyo y aliento, les entrego este esfuerzo con gratitud infinita.

Dariane Elisa Medranda Machado

Agradecimientos

Agradezco sinceramente a el Ingeniero Mora, por brindarme la oportunidad de trabajar en este proyecto, confiando en mis capacidades y permitiéndome aplicar mis conocimientos en una experiencia real.

Mi gratitud también está dirigida al tutor de proyecto, quien con su guía y valiosos consejos me orientó durante todo el proceso, así como el profesor del proyecto integrador, por su dedicación, paciencia y compromiso en enseñarme no solo los aspectos técnicos, sino también la importancia del esfuerzo y la perseverancia.

Andres Bladimir Campaña Montenegro

Agradecimientos

A mi mamá, a mis padres y a mis tíos, por ser mi pilar y mi guía en este camino. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por darme la fuerza para seguir adelante. Este logro también es suyo.

Dariane Elisa Medranda Machado

Declaración Expresa

Nosotros Andrés Bladimir Campaña Montenegro y Dariane Elisa Medranda Machado acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL

Guayaquil, 8 octubre del 2024.



Andrés Bladimir
Campaña Montenegro



Dariane Elisa Medranda
Machado

Evaluadores

Jonathan Roberto León Torres

Profesor de Materia

Jorge Luis Hurel Ezeta

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de control y eléctrico para un ascensor de manufactura local de tres niveles, garantizando seguridad, eficiencia y facilidad de uso. Este trabajo se justifica por las limitaciones operativas y de control del sistema actual, que impactan negativamente en su funcionalidad y accesibilidad. La hipótesis plantea que mediante el rediseño del sistema de control y eléctrico se puede optimizar su desempeño, adaptándolo a las necesidades del cliente y cumpliendo con estándares de seguridad. El desarrollo del proyecto incluyó la recopilación de datos técnicos y requerimientos del cliente. Se utilizó un PLC Siemens LOGO para el diseño del sistema de control, complementado con simulaciones en software especializado para validar su funcionalidad. Además, se consideraron las conexiones eléctricas necesarias, integrando sensores y actuadores ya existentes en el ascensor. Se elaboraron simulaciones que validaron el correcto funcionamiento del sistema diseñado, resolviendo problemas previos, como el bloqueo del ascensor durante el activado del motor. Se incorporaron medidas de seguridad adicionales para proteger a los usuarios y optimizar el desempeño del sistema. Se concluye que el diseño propuesto cumple con los objetivos establecidos y puede ser implementado y ajustado en un entorno físico, con proyecciones para futuras mejoras.

Palabras Clave: Automatización, Control de ascensores, Seguridad eléctrica, Diseño mecatrónico.

Abstract

This project focuses on designing the control and electrical system for a locally manufactured three-level elevator, aiming to address operational challenges in its existing configuration. The primary objective is to enhance user safety, efficiency, and comfort by implementing a programmable logic controller (PLC) and ensuring proper integration of sensors, motors, and hydraulic components. The system modeling phase identified client requirements and analyzed the elevator's current setup. Simulations were conducted to develop and validate the control and electrical design, using software tools to ensure realistic testing conditions. Key findings include the identification and resolution of a programming issue affecting the motor's movement, as well as the implementation of additional safety measures to improve system reliability. Although physical testing has not yet been completed, simulations confirmed the feasibility and functionality of the proposed design. The project concludes that the developed system meets the initial objectives and offers potential for future enhancements, such as remote monitoring and predictive maintenance, ensuring a scalable and efficient solution.

Keywords: *Elevator control system, PLC, hydraulic elevator, safety, efficiency.*

Índice general

Resumen	II
Abstract.....	III
Índice general	IV
Abreviaturas.....	VII
Simbología.....	II
Índice de figuras	II
Índice de tablas	III
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Justificación del Problema	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Marco teórico	5
1.5.1 Aplicaciones y beneficios de los ascensores en el ámbito industrial	6
1.5.2 Ascensores hidráulicos	7
1.5.3 Sistema de control	7
1.5.4 Control de lazo cerrado.....	8

1.5.5 Microcontroladores.....	8
1.5.6 Sensores	9
Capítulo 2	10
2.1 Metodología	11
2.2 Selección de alternativas de solución.....	11
2.3 Diseño conceptual	14
2.4 Metodología de diseño	16
2.4.1 Modelado del sistema	16
2.4.2 Simulación	17
2.4.3 Implementación.....	17
2.5 Diseño detallado.....	18
2.6 Normativas Aplicables	18
2.7 Principios Técnicos y Criterios de Diseño.....	18
2.8 Selección de Recursos.....	19
2.9 Especificaciones Técnicas.....	19
2.10 Consideraciones Éticas y Legales	19
Capítulo 3	21
3.1 Diseño del sistema de control	22
3.1.1 Descripción del sistema final	22
3.1.2 Gráficos y diagramas	23

3.2	Diseño del sistema electrónico.....	30
3.2.1	Componentes principales.....	30
3.2.2	Esquemas eléctricos.....	31
3.2.3	Esquemas mecánicos.....	35
3.2.4	Resultados obtenidos.....	37
3.3	Análisis de costo.....	37
3.3.1	Descripción de los costos.....	37
3.3.2	Desglose económico de los elementos.....	38
3.4	Viabilidad tecnológica.....	40
3.4.1	Viabilidad económica.....	40
3.4.2	Viabilidad tecnológica.....	40
	Capítulo 4.....	42
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	43
4.1.1	Conclusiones.....	43
4.1.2	Recomendaciones.....	44
	REFERENCIAS.....	45
	Apéndice A.....	47

Abreviaturas

CIS	Inspección paso a paso, medición de potenciales de encendido
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEN	Servicio ecuatoriano de normalización
PLC	Controlador Lógico Programable
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano

Simbología

M	Metro
NC	Normalmente cerrado
NO	Normalmente abierto
USD	Dólar estadounidense

Índice de figuras

Figura 2.3.1 <i>Diseño conceptual del controlador del ascensor</i>	15
Figura 3.1.1 <i>Configuración de la activación del motor para subir la cabina</i>	26
Figura 3.1.2 <i>Configuración para activar la válvula para bajar la cabina</i>	27
Figura 3.1.3 <i>Abrir y cerrar puertas</i>	29
Figura 3.2.1 <i>Esquema PLC principal</i>	32
Figura 3.2.2 <i>Esquema PLC secundario</i>	33
Figura 3.2.3 <i>Esquema circuito de fuerza (motor)</i>	34
Figura 3.2.4 <i>Diagrama mecánico, posicionamiento de los sensores en el edificio</i>	35
Figura 3.2.5 <i>Posicionamiento de los sensores</i>	36
Figura 5.1 <i>Control de los botones que llaman al ascensor a determinados pisos</i>	47
Figura 5.2 <i>Configuración para el primer nivel del edificio</i>	48
Figura 5.3 <i>Configuración para el segundo nivel motor de subida</i>	49
Figura 5.4 <i>Configuración para el segundo nivel de bajada</i>	49
Figura 5.5 <i>Configuración para el tercer nivel del edificio solo sube</i>	50
Figura 5.6 <i>La apertura de las puertas 1 y 2</i>	51
Figura 5.7 <i>La apertura de la puerta 3</i>	51
Figura 5.8 <i>Señal de confirmación de que la puerta fue desbloqueada</i>	52
Figura 5.9 <i>Confirmación de una puerta destrabada</i>	53
Figura 5.10 <i>Luz de cabina</i>	53
Figura 5.11 <i>Timbre de llegada al nivel</i>	54
Figura 5.12 <i>Luz de emergencia</i>	54
Figura 5.13 <i>Cierre de puertas</i>	55

Figura 5.14 <i>Temporizador delay del motor</i>	55
Figura 5.15 <i>Sistema de inhibición/retorno al primer nivel</i>	56
Figura 5.16 <i>Activar el movimiento del motor</i>	57
Figura 5.17 <i>Circuito de seguridad 2</i>	57
Figura 5.18 <i>Piloto de espera</i>	58
Figura 5.19 <i>Activar el giro del motor</i>	58
Figura 5.20 <i>Temporizador en caso de que se encuentre un obstáculo</i>	58
Figura 5.21 <i>Temporizador para el cierre automático de las puertas</i>	59

Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Criterios de Selección para las alternativas de solución</i>	13
Tabla 2.2 <i>Matriz de decisión de alternativas de solución</i>	14
Tabla 3.1 <i>Entradas y salidas del PLC primario</i>	24
Tabla 3.2 <i>Entradas y salidas del PLC secundario</i>	28
Tabla 3.3 <i>Desglose de costo para la implementación</i>	39

Capítulo 1

1.1 Introducción

El continuo crecimiento de la población ha llevado a ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca, etc., a la sobrepoblación lo cual genera problemas en obtención de terrenos para la construcción de espacios habitacionales para cada familia. Una solución para las constructoras son las edificaciones de más de 3 pisos. Estos edificios alojan personas de todas las edades, desde infantes hasta adultos de la tercera edad. [1] Una solución para el transporte vertical es el ascensor el cual está diseñado para mover personas entre diferentes niveles de un edificio o de una estructura [2]. Lo cual es necesario para adultos mayores o personas con discapacidades físicas para poder movilizarse con seguridad, mejorando su calidad de vida. En el ámbito de los ascensores de manufactura local, estos desempeñan un papel importante en facilitar un transporte seguro de personas y materiales. Para estos sistemas la accesibilidad, la confiabilidad y la eficiencia son esenciales, optimizando tiempos y recursos además de garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. En este proyecto abarcaremos el diseño de control y diseño eléctrico de un ascensor de manufactura local el cual es propiedad de la compañía IMPORMOSA y presenta fallos en estas áreas.

1.2 Descripción del Problema

Para nuestro proyecto vamos a trabajar con la empresa IMPORMOSA, una empresa dedicada a la importación de repuestos automotrices, el ascensor de manufactura casera se encuentra en un edificio de 3 niveles donde es utilizado para el transporte de personas y mercancía. Este ascensor presenta problemas con el sistema de control el cual requiere que se sigan pasos específicos para su correcto funcionamiento lo que hace el proceso poco eficiente,

además de demandar mucha atención por parte de los usuarios para el correcto funcionamiento.

Requerimientos del sistema:

- Desarrollar un sistema de control basado en programación PLC que permita la operación eficiente y automática del ascensor semejante a los ascensores comerciales, sin la necesidad de seguir pasos complejos.
- Diseñar el sistema eléctrico de acuerdo con el nuevo sistema de control que garantice la correcta integración de sensores, motores y PLC.
- Asegurar un sistema intuitivo para los usuarios, cumpliendo con las normas de seguridad necesarias para el correcto funcionamiento.

Restricciones:

- La solución debe adecuarse a los elementos, limitaciones estructurales y eléctricas del edificio actual.
- Nuestro sistema de control debe ser en base al PLC que está utilizado en el control del ascensor.

Variables de interés:

- Para este proyecto la confiabilidad es una variable importante ya que como objetivo tenemos la reducción de errores y fallos durante la operación del ascensor.
- La seguridad será una variable importante ya que trabajamos para un sistema eficiente y confiable.

Este proyecto es necesario ya que este sistema de elevación es crucial para la eficiencia operativa en el manejo de los materiales y usuarios. En un mercado cada vez más competitivo IMPORMOSA necesita de soluciones que mejoren las operaciones en sus instalaciones al igual que la seguridad de sus empleados. La solución planteada para este proyecto la podremos

observar y medir fácilmente, ya que, desde el control de la secuencia de funcionamiento, la respuesta de sensores, se pueden analizar en términos de confiabilidad, tiempos de operación y eficiencia energética. Esto nos ayudara a realizar un análisis detallado del rendimiento y seguridad del sistema, además de identificar posibles mejoras futuras.

1.3 Justificación del Problema

Resolver este problema es crucial tanto para mejorar las operaciones dentro de la compañía IMPORMOSA como para garantizar la seguridad de los usuarios. Al tratarse de una herramienta de transporte de usuarios y materiales la confiabilidad y simplicidad es fundamental en un sistema como este. Sin embargo, el estado actual del sistema presenta deficiencias en estos campos generando gran incomodidad y posibles riesgos. La solución del problema permitirá a IMPORMOSA mejorar en sus operaciones facilitando el transporte de materiales y usuarios, brindando un sistema fácil de entender sin la necesidad de seguir pasos específicos para un correcto funcionamiento. Además, un sistema que minimice errores y posibles riesgos cada vez es más relevante en el campo de la manufactura de ascensores caseros, logrando así un posicionamiento de IMPORMOSA como una empresa que prioriza la seguridad y la eficiencia de los sistemas internos.

1.4 Objetivos

Definiendo el propósito general y los objetivos específicos que guiaron el desarrollo del sistema de control y electrónico del ascensor.

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de control y un sistema electrónico mediante aplicaciones de programación y simulación para lograr un diseño que sea eficiente y elimine la necesidad de seguir secuencias estrictas de operación y mejore el sistema de seguridad del ascensor.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Rediseñar el sistema de control utilizando una aplicación de programación y simulación, realizando pruebas pertinentes para la validación de su funcionamiento, para lograr un sistema que elimine la necesidad de una secuencia de pasos estrictos para obtener un sistema más eficiente y seguro.
2. Diseñar un circuito eléctrico mediante aplicaciones de simulación para garantizar la correcta integración de los sensores, motores y actuadores del sistema.
3. Implementar los diseños de sistema de control y sistema eléctrico cargando el código de programación y realizando las conexiones necesarias, para verificar el funcionamiento y eficiencia del diseño.

1.5 Marco teórico

Los ascensores dependiendo la función o la altura que debe recorrer es un lujo que no todos se pueden tomar, un ascensor que recorre una gran altura como 100 m, costaría tanto como uno que recorra 15 m, pero tiene la finalidad de transportar mercadería con pasajeros [3],

en el caso del transporte de mercadería se puede conseguir diseñar un ascensor con manufactura local si se construye un elevador que distribuya las cargas de tal forma que soporte el peso sin requerir un diseño excesivamente grande que incrementaría los costos. El sistema de un ascensor involucra partes importantes como el diseño mecánico, el diseño eléctrico y el sistema lógico de control de este [4]. Por lo general, el sistema de control de un ascensor implica costos elevados en mantenimiento, ya que requiere inspecciones periódicas, ajustes y reemplazo de componentes para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad. Además, suele depender de equipos altamente especializados, como PLC industriales y sensores de precisión, los cuales pueden ser costosos y complejos de integrar. Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido que ciertos microcontroladores ofrezcan características similares a estos equipos especializados, convirtiéndose en una alternativa viable para el control de ascensores en aplicaciones específicas. Los microcontroladores, empleados para los sistemas de control de los ascensores, aseguran la seguridad del usuario que hace uso del ascensor [5]. Dentro de las ventajas del uso de estos microcontroladores es que son una sola unidad, lo que facilita el mantenimiento, reduce los costos y requiere menos espacio.

1.5.1 Aplicaciones y beneficios de los ascensores en el ámbito industrial

La importancia y los beneficios de los elevadores industriales indican que son componente esencial en la mayoría de las empresas, ya que desempeñan un papel crucial en la eficiencia y seguridad de su operación [6]. Dentro de los beneficios de un ascensor en el ámbito industrial tenemos:

- Eficiencia operativa

Además de mejorar el transporte de material o personas mejora los tiempos en los procesos de producción y distribución.

- Seguridad en el trabajo

Los elevadores contribuyen significativamente en este ámbito ya que los trabajadores pueden transportar cargas de manera rápida y sin esfuerzo minimizando peligros y lesiones.

- Aumento de la productividad

Este es un factor crítico para la competencia empresarial ya que con este equipo podemos agilizar las operaciones pudiendo cumplir los objetivos en menor tiempo.

- Reducción de costos operativos

Sabemos que la inversión inicial para la implementación de un ascensor puede ser significativa, a largo plazo estos equipos reducirán los costos operativos al ayudar a las operaciones.

1.5.2 Ascensores hidráulicos

Estos son muy populares en la industrial, empleados en su gran mayoría como elevadores de automóviles, montacargas o incluso como transporte vertical en edificios de pequeña altura. Su técnica se basa en una central hidráulica formado por un cilindro en conjunto con un pistón, la cabina y el cuarto de máquinas [7].

1.5.3 Sistema de control

Controlados por lo general con elementos como el PLC, en el caso de un ascensor se debe considerar que trabaja con un sistema asincrónico, porque no se sabe cuándo ocurrirá un evento. Pero si se sabe cómo debe de responder el sistema. Cuando se realice una petición se debe realizar una revisión de posibles riesgos si pasa la prueba se debería se cumplir la petición del usuario satisfactoriamente [4]. En un ascensor el sistema de control se encarga de controlar

los movimientos de la cabina, la aceleración, el frenado y los desplazamientos de las puertas del ascensor.

1.5.4 Control de lazo cerrado

El control en lazo cerrado aparece ante la necesidad de corregir las desviaciones, de la salida frente a la referencia, de forma automática. Esto introduce un nuevo elemento en el sistema, un automatismo o procesador que se encargará de evaluar los valores del sensor y actuar en consecuencia. El funcionamiento teórico del control de lazo cerrado se basa en la interacción entre sus componentes principales: sensor, controlador y actuador. Este enfoque garantiza una mayor precisión y estabilidad en sistemas dinámicos, ya que el controlador ajusta automáticamente cualquier perturbación o variación en el sistema. Es ampliamente utilizado en aplicaciones donde la precisión es crítica, como en ascensores, sistemas hidráulicos y automatización industrial. [8]

1.5.5 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado compacto diseñado para controlar un sistema o dispositivo electrónico. Combina en un solo chip un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida, lo que lo hace ideal para sistemas embebidos. Su función principal es ejecutar programas predefinidos que permiten la interacción entre sensores, actuadores y otros dispositivos. El microcontrolador opera al recibir datos de los sensores a través de sus pines de entrada, procesa esa información según el programa cargado en su memoria y genera una respuesta a través de sus pines de salida, activando motores, luces u otros dispositivos. Por su flexibilidad, eficiencia energética y capacidad de procesamiento, los microcontroladores son

esenciales en aplicaciones como electrodomésticos, vehículos, robots y sistemas automatizados. [9]

1.5.6 Sensores

Los sensores son dispositivos diseñados para detectar cambios en variables físicas, químicas o ambientales y convertirlas en señales eléctricas que puedan ser interpretadas por un sistema de control. En los sistemas de elevación, se utilizan diversos tipos de sensores, entre los cuales se destacan:

- **Micro interruptores:** Son interruptores mecánicos de contacto que detectan la posición o presencia de un objeto. Son comunes en sistemas de seguridad, como puertas de ascensores, para determinar si están completamente cerradas.
- **Sensores magnéticos:** Utilizan campos magnéticos para detectar la proximidad o posición de un objeto. Son ideales en sistemas donde no se requiere contacto físico, lo que los hace más duraderos en aplicaciones industriales.
- **Sensores polarizados infrarrojos:** Funcionan mediante la emisión y recepción de luz infrarroja. Pueden detectar objetos o personas que interfieran en el haz de luz, siendo útiles para evitar accidentes, como en sistemas de cierre automático de puertas. Estos sensores son fundamentales para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de sistemas automatizados, ya que proporcionan información precisa y confiable para el control de procesos [10].

Capítulo 2

2.1 Metodología

El enfoque de esta metodología implica una selección entre alternativas viables para la solución de la problemática, cumpliendo requerimientos específicos, diseñando un software y hardware que lo satisfaga. Para esto, se hace uso de las herramientas tecnológicas necesarias para diseño del sistema de control y el eléctrico. El proceso inicio con el estudio de los requerimientos del sistema y necesidades que presenta el usuario. Partiendo de eso se realizó un análisis de posibles soluciones teóricas viables, realizando un procedimiento de análisis de cada una teniendo en cuenta las prioridades de relevancia para el proyecto, estas incluyen costo, seguridad, desarrollo, eficiencia y facilidad de uso. Estas se comparan y se cuantifican en base de los criterios de selección y se escoge a la de mejor valor para su implementación.

2.2 Selección de alternativas de solución

Para el diseño del sistema de control y electrónico de un ascensor para un edificio de 3 niveles con manufactura local, selecciono tres alternativas que cumplen con los requisitos preestablecidos por el usuario.

Alternativa 1: Un sistema de control haciendo uso de microcontroladores como Arduino o ESP32, que se encargue de gestionar las órdenes recibidas por las botoneras del ascensor, que controle los actuadores y sensores que implica el sistema.

Alternativa 2: Haciendo uso de un PLC para controlar y gestionar las señales recibidas del sistema del ascensor. Esta opción en particular es la más viable al tener los componentes necesarios disponibles en el ascensor.

Alternativa 3: Un sistema de control híbrido donde el PLC controle las funciones críticas de seguridad, como el control de las puertas, sistema de frenado, entre otras y un microcontrolador que maneje funciones adicionales, como el monitoreo remoto o diagnóstico del sistema. Los criterios de selección escogidos para poder realizar el análisis cuantitativo y determinar la opción más factible para el mismo ordenados según su nivel de prioridad son los siguientes:

Seguridad > Eficiencia > Facilidad de uso = Desarrollo > Costo.

1. Seguridad: Este criterio hace referencia a la seguridad que proporciona el uso del ascensor, que al ser utilizado no exista el riesgo de que algo del sistema falle y provoque un accidente o que se quede varado con una persona dentro por un error en la lectura de un sensor.
2. Eficiencia: Se refiere a un tiempo de respuesta corto al obedecer una orden generada por el usuario y no requerir seguir un orden específico cuando se usa, a riesgo de que se traben y se requiera un reinicio del sistema cada vez que se comete un error en el proceso.
3. Facilidad de uso y desarrollo: Este criterio evalúa la facilidad en el uso del ascensor al tener en cuenta que varios de los usuarios son personas adultas que no están familiarizadas con el uso de tecnologías avanzadas, y por lo tanto, debe ser fácil e intuitivo, además con desarrollo se refiere a la implementación del sistema que en este caso debe de ser sencillo al momento de instalar.
4. Costo: Este parámetro aborda el gasto total que implica el proyecto total con su instalación, es decir, todos los componentes y recursos necesarios para implementarlo. Este debe ser un valor razonable pero no es una limitante en el desarrollo.

Tabla 2.1*Criterios de Selección para las alternativas de solución*

Criterios de Selección			
Peso	Criterio	Rango de Importancia	% Decisión
5	Seguridad	1	33,33
4	Eficiencia	2	26,67
2,5	Facilidad de uso	3	16,67
2,5	Desarrollo	3	16,67
1	Costo	4	6,66
15		Total	100

En la Tabla 2.1 a cada criterio se le asigno un puntaje de acuerdo su rango de importancia. Esta metodología asegura una evaluación de cada alternativa de forma equilibrada según la seguridad, eficiencia, facilidad de uso, desarrollo y costo de su construcción. Así se podrá escoger la mejor opción a desarrollar.

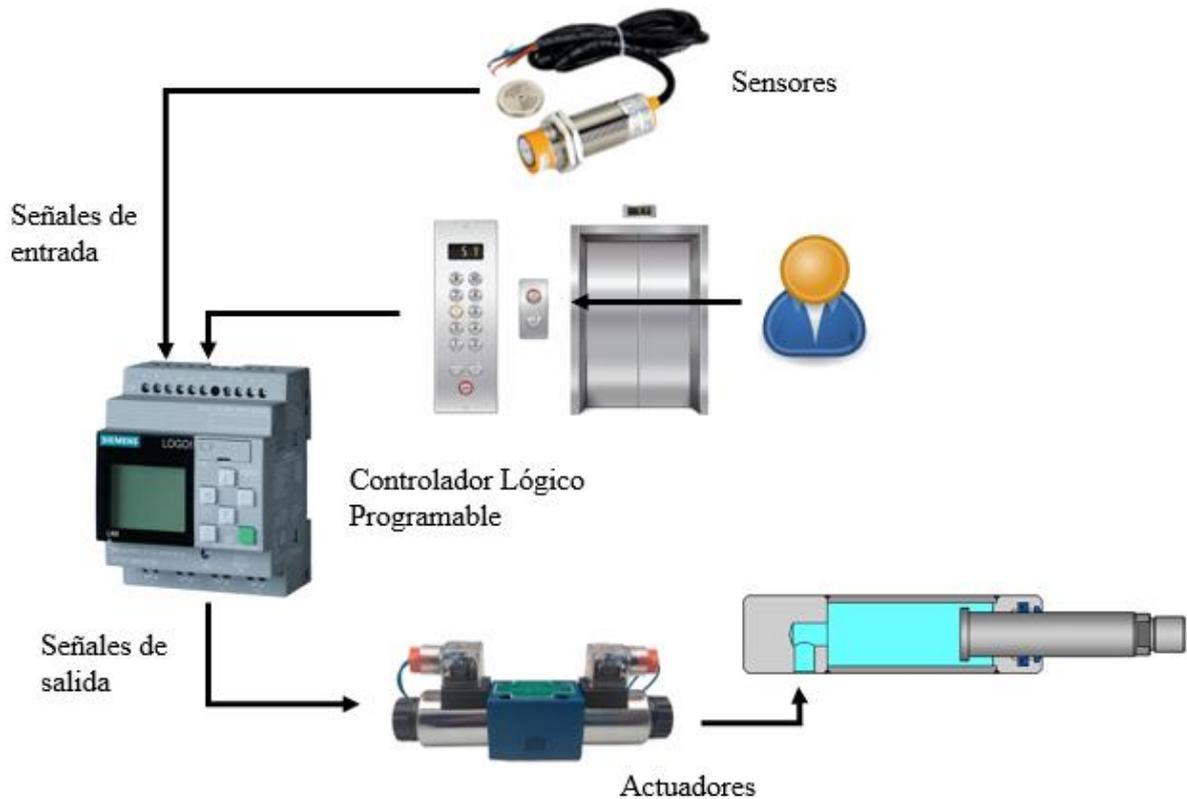
Tabla 2.2*Matriz de decisión de alternativas de solución*

Alternativas	Criterios					Resultados	
	Seguridad	Eficiencia	Facilidad de uso	Desarrollo	Costo	Puntajes	Prioridad
Alternativa #1	0.06	0.04	0.07	0.07	0.02	0.25	3
Alternativa #2	0.14	0.11	0.07	0.07	0.03	0.42	1
Alternativa #3	0.4	0.11	0.03	0.03	0.02	0.32	2

La Tabla 2.2 muestra que según la ponderación de los criterios en cada alternativa de solución, la que mejor cumple con los criterios establecidos por el cliente se tiene que desarrollar el controlador con un PLC es la más viable, siendo el criterio de seguridad el que mayor peso en la decisión tuvo, seguido de la alternativa del uso de un sistema híbrido que tiene igual peso en la seguridad pero el criterio de desarrollo en comparación con el resto es el que más difícil se ve de implementar dejándolo como última alternativa. Dejando como alternativa definitiva a elaborar en la 2 con un sistema PLC como controlador.

2.3 Diseño conceptual

Entre los componentes principales para el diseño conceptual tenemos el PLC que gestionará las señales de entradas recibidas de los sensores y pulsadores para controlar los actuadores por las salidas del controlador.

Figura 2.3.1*Diseño conceptual del controlador del ascensor*

En la Figura 2.3.1 el diseño conceptual da una visión general de lo que se espera del sistema, en este diseño se puede ver que existe entradas y salidas en el PLC, donde unas entradas son señales generadas por los sensores activados por los movimientos de ascensor, mientras que otras señales son generadas por los usuarios al presionar los botones del ascensor. Además, tenemos las señales de las salidas que controlara los actuadores en este caso al hacer un sistema hidráulico activara los solenoides de la válvula direccional para controlar el cilindro de efecto simple que es el que moverá de arriba a baja la cabina del ascensor, además también tenemos un driver que controlar un motor de paso que abre y cierra las puertas de la cabina. En conjunto de cada una de las partes que componen el controlador: los sensores, botones, driver,

motores, válvula. Permite la correcta integración y funcionamiento del ascensor teniendo en cuenta los requerimientos del cliente como la seguridad, eficiencia, facilidad de uso, etc.

2.4 Metodología de diseño

El diseño mecatrónico de este proyecto se llevó a cabo considerando la integración de las áreas mecánica, electrónica y de software, siguiendo una metodología estructurada en tres etapas: modelado del sistema, simulación, e implementación. Este enfoque permitió desarrollar un sistema que cumple con los requisitos del cliente y soluciona los problemas identificados. El diseño se llevó a cabo en diferentes etapas para su diseño e implementación:

2.4.1 Modelado del sistema

Se realizó una investigación primaria, para identificar los requerimientos del cliente, los elementos disponibles para el diseño del ascensor, entre estos sensores y todos los elementos que generan las señales de entradas y salidas en el controlador.

- **Parte mecánica:** Se analizó el sistema hidráulico, las poleas y las guías del ascensor, asegurando que estos elementos permitieran un movimiento controlado, suave y seguro. Además, se revisó el paro de seguridad, un componente crítico para evitar accidentes en caso de fallos mecánicos o eléctricos.
- **Parte electrónica:** Se identificaron y documentaron los sensores, actuadores y conexiones existentes. También se revisó el estado del PLC instalado para definir cómo integrarlo con el nuevo sistema.
- **Parte de software:** Se evaluó el programa existente y se detectaron fallos, como problemas en las señales de control del motor hidráulico que provocaban bloqueos

en el ascensor. Se estableció como objetivo rediseñar completamente este software para corregir dichas fallas y añadir medidas de seguridad y confiabilidad.

2.4.2 Simulación

Se generó un código para el controlador que procesa las señales de entradas que se identificaron en el modelado del sistema y manda señales de salidas para los actuadores genere el movimiento en la cabina dando funcionamiento al ascensor. Haciendo uso de un software de simulación que permita el ingreso de ciertos datos para hacer la simulación más realista posible.

- **Parte de software:** Se desarrolló un programa nuevo para el PLC, definiendo señales de entrada y salida que controlan el movimiento del ascensor y las medidas de seguridad, como el manejo del motor hidráulico, el paro de emergencia y la interacción con los botones de la cabina.
- **Parte electrónica:** Se diseñó un circuito eléctrico para integrar sensores, actuadores y el PLC, asegurando que las conexiones cumplieran con las normativas de seguridad y funcionalidad.
- **Pruebas virtuales:** Se realizaron simulaciones para validar el comportamiento del sistema bajo condiciones controladas, ajustando el diseño hasta confirmar que cumplía con los objetivos de confiabilidad y eficiencia.

2.4.3 Implementación

La etapa de implementación en la metodología del diseño consistirá en llevar el sistema desarrollado a un entorno físico real. En esta fase, el programa diseñado para el PLC será cargado en el controlador del ascensor, y se realizarán las conexiones necesarias entre los sensores, actuadores y el circuito eléctrico. Se integrarán todos los componentes del sistema,

incluyendo el motor hidráulico, las válvulas de direccionamiento y los elementos de seguridad. Posteriormente, se llevarán a cabo pruebas en el ascensor instalado para verificar su correcto funcionamiento y asegurar que el diseño cumpla con los objetivos de confiabilidad, eficiencia y seguridad establecidos.

2.5 Diseño detallado

El diseño de este proyecto se desarrolló siguiendo una metodología estructurada basada en las etapas de modelado, simulación e implementación, considerando normativas técnicas, principios de diseño, selección de recursos disponibles y especificaciones técnicas claras. Además, se han tomado en cuenta consideraciones éticas y legales, priorizando la seguridad y eficiencia del sistema.

2.6 Normativas Aplicables

El diseño se rige por el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 095 “Ascensores y Escaleras Mecánicas”, que establece los requisitos mínimos de seguridad, eficiencia y funcionamiento que deben cumplir estos sistemas. Esto asegura que el ascensor cumpla con estándares técnicos reconocidos y operativos en el país.

2.7 Principios Técnicos y Criterios de Diseño

El proyecto prioriza los siguientes principios técnicos y de diseños empleados para asegurar la satisfacción del cliente con el producto final:

- **Seguridad:** Garantizar que el sistema sea seguro para los usuarios y minimice los riesgos operativos.

- **Eficiencia:** Diseñar un sistema que optimice los recursos disponibles y reduzca errores operativos.
- **Facilidad de uso:** Asegurar que el ascensor sea intuitivo y cómodo para todos los usuarios.
- **Desarrollo sostenible y costos:** Optimizar los recursos disponibles para reducir costos sin comprometer la calidad del diseño.

2.8 Selección de Recursos

Los equipos seleccionados para el proyecto son los materiales existentes en el ascensor ya implementado. Esto incluye los sensores, actuadores y el controlador PLC. Este enfoque permite evitar costos adicionales y problemas asociados con la búsqueda de nuevos elementos, a la vez que se garantiza la compatibilidad de los componentes con el diseño actual.

2.9 Especificaciones Técnicas

El sistema utiliza un PLC para procesar y gestionar las señales del ascensor, lo que permite controlar de manera precisa las señales de entrada y salida. Este diseño asegura que el ascensor cumpla con los criterios de seguridad, eficiencia y facilidad de uso establecidos, aprovechando al máximo los componentes ya disponibles.

2.10 Consideraciones Éticas y Legales

El diseño respeta todas las normativas legales aplicables, como el RTE INEN 095, asegurando que el sistema cumpla con los estándares de seguridad y confiabilidad. Además, se prioriza la seguridad del usuario en cada etapa del diseño, reduciendo riesgos potenciales y optimizando la funcionalidad del sistema. Desde una perspectiva ética, el proyecto busca

mejorar la calidad de vida de los usuarios, ofreciendo un ascensor que sea seguro, eficiente y fácil de usar, todo ello dentro de un marco de sostenibilidad económica y técnica.

Capítulo 3

3.1 Diseño del sistema de control

Esta sección se detalló el diseño del sistema de control del ascensor de tres niveles con manufactura local, considerando los componentes electrónicos, mecánicos, la lógica de función del ascensor y el sistema de seguridad. Se ilustraron las partes más importantes de la lógica utilizada en el sistema considerando un desempeño eficiente y confiable.

3.1.1 Descripción del sistema final

El sistema de control se desarrolló utilizando un enfoque con el uso de un PLC en este caso, se utilizó un LOGO Siemens para gestionar las funciones del ascensor. Donde se aprovechó la robustez y confianza que nos proporcionó esta tecnología. El sistema está compuesto por los siguientes elementos claves:

- **Control de niveles:** en el algoritmo desarrollado se controla la posición del ascensor con los sensores colocados en cada piso que indican donde encontrar el ascensor y permite un garantizar un posicionamiento preciso. Los botones de la cabina y los ubicados en cada nivel mandan la señal de donde debe de ir el ascensor y acciona la dirección del movimiento de este.
- **Control de puertas:** se controla un motor stepper para la función de apertura y cierre de las puertas, haciendo uso de un variador de frecuencias, además de sensores ubicados en las puertas para determinar si estaba abierta, cerrada o en que parte del proceso esta. Además, permite garantizar una posición de seguridad de las puertas antes del inicio del movimiento del ascensor.
- **Sensores de seguridad:** están integrados sensores que garantice la seguridad del sistema, como sensores ópticos en el caso de obstáculos en las puertas eviten que se

cierren si se detecta algo, también tenemos que estos obstáculos también eviten el movimiento del ascensor, tenemos que los botones se desactivan cuando el ascensor está en movimiento, para evitar errores en el movimiento de la cabina. Un botón de parada de emergencia que permite detener todas las acciones del PLC en casos críticos.

El diseño priorizo los tiempos de respuesta, la seguridad y confianza con el uso del sistema además de su facilidad de uso, las pruebas iniciales demostraron que dentro de la programación Ladder se necesitó ajustes en los tiempos de activación del motor del ascensor para que se alinee correctamente en cada piso y garantice su uso eficiente y seguro.

3.1.2 Gráficos y diagramas

Se diseñó un sistema de control que se compone de dos partes, donde una se rige al sistema de control de movimiento y seguridades de la cabina del ascensor y otra donde se controla la apertura y cierre de las puertas del ascensor tomando en cuenta también sus seguridades para el motor de paso y los obstáculos que podrían presentar en las puertas.

Tabla 3.1*Entradas y salidas del PLC primario*

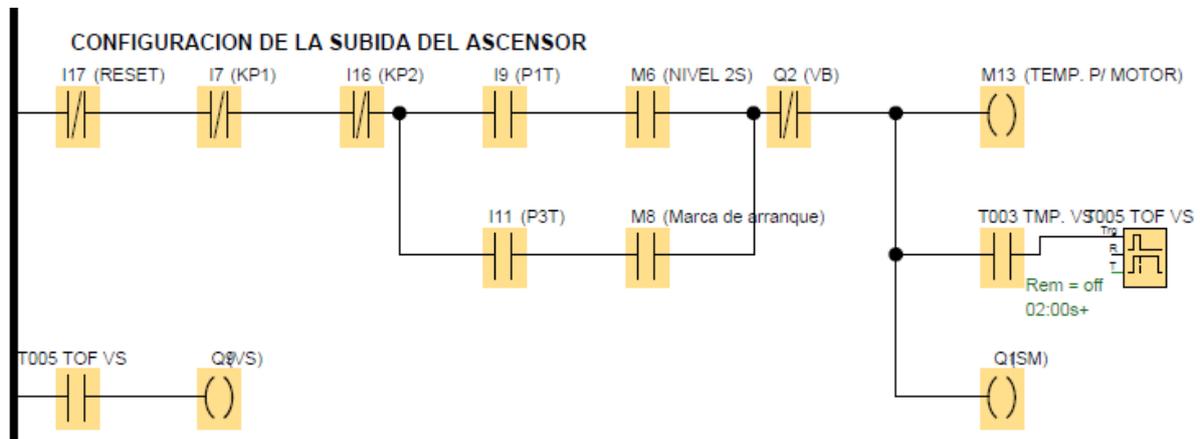
Conector	Rotulación	Comentario
I1	P1	Llamada del nivel 1
I2	P2	Llamada del nivel 2
I3	P3	Llamada del nivel 3
I4	CP1	Conmutador del nivel 1 NC
I5	CP2	Conmutador del nivel 2 NC
I6	CP3	Conmutador del nivel 3 NC
I7	KP1	Circuito de seguridad 1
I9	P1T	Puerta 1 trabada
I10	P2T	Puerta 2 trabada
I11	P3T	Puerta 3 trabada
I12	OPEN	Abrir desde cabina
I13	P1D	Puerta 1 destrabada
I14	P2D	Puerta 2 destrabada
I15	P3D	Puerta 3 destrabada
I16	KP2	Circuito de seguridad
I17	RESET	Reset
Q1	SM	Sube motor
Q2	VB	Válvula de bajada
Q3	CH1	Chapa puerta 1

Q4	CH2	Chapa puerta 2
Q5	CH3	Chapa puerta 3
Q6	TM	Timbre
Q7	LE	Luz de emergencia
Q8	IAP	Inicio de apertura
Q9	VS	Válvula sube
Q10	CPD	Confirma una puerta destrabada
Q11	CLP	Close primario
Q12	LUZ	Luz de cabina

La Tabla 3.1 se presentan las entradas y salidas con las que se programó el PLC primario, cuya función principal controlar el movimiento vertical de la cabina en el edificio, además de contemplar las señales de seguridad agregadas para asegurar la confianza del cliente en el ascensor.

Figura 3.1.1

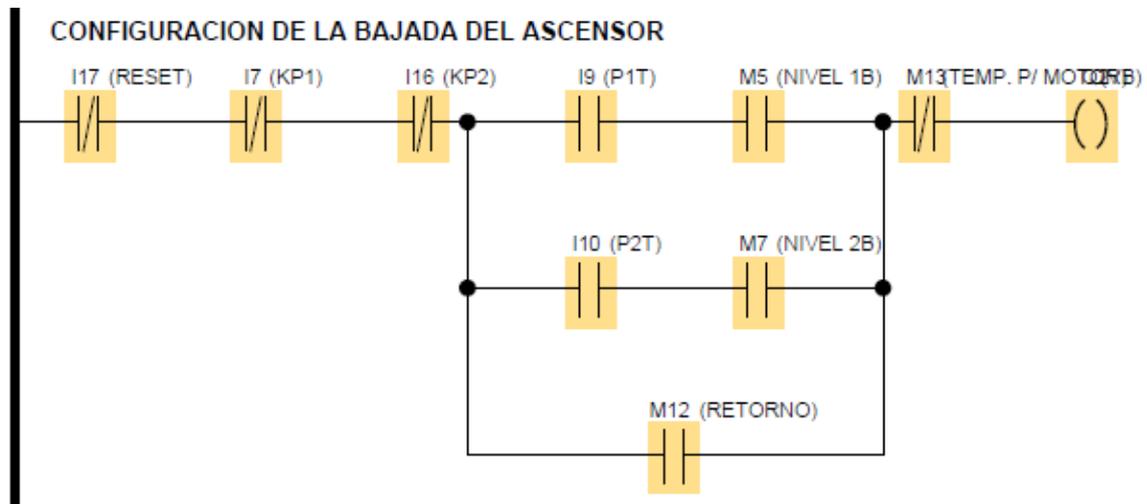
Configuración de la activación del motor para subir la cabina



En la Figura 3.1.1 se aprecia que en la lógica el ascensor se activara cuando se tenga la señal de subida activada que esta previamente configurada y con un retraso en desconexión para alinear el ascensor en el nivel correcto, con sus debidas protecciones en el caso de algún fallo en el sistema.

Figura 3.1.2

Configuración para activar la válvula para bajar la cabina

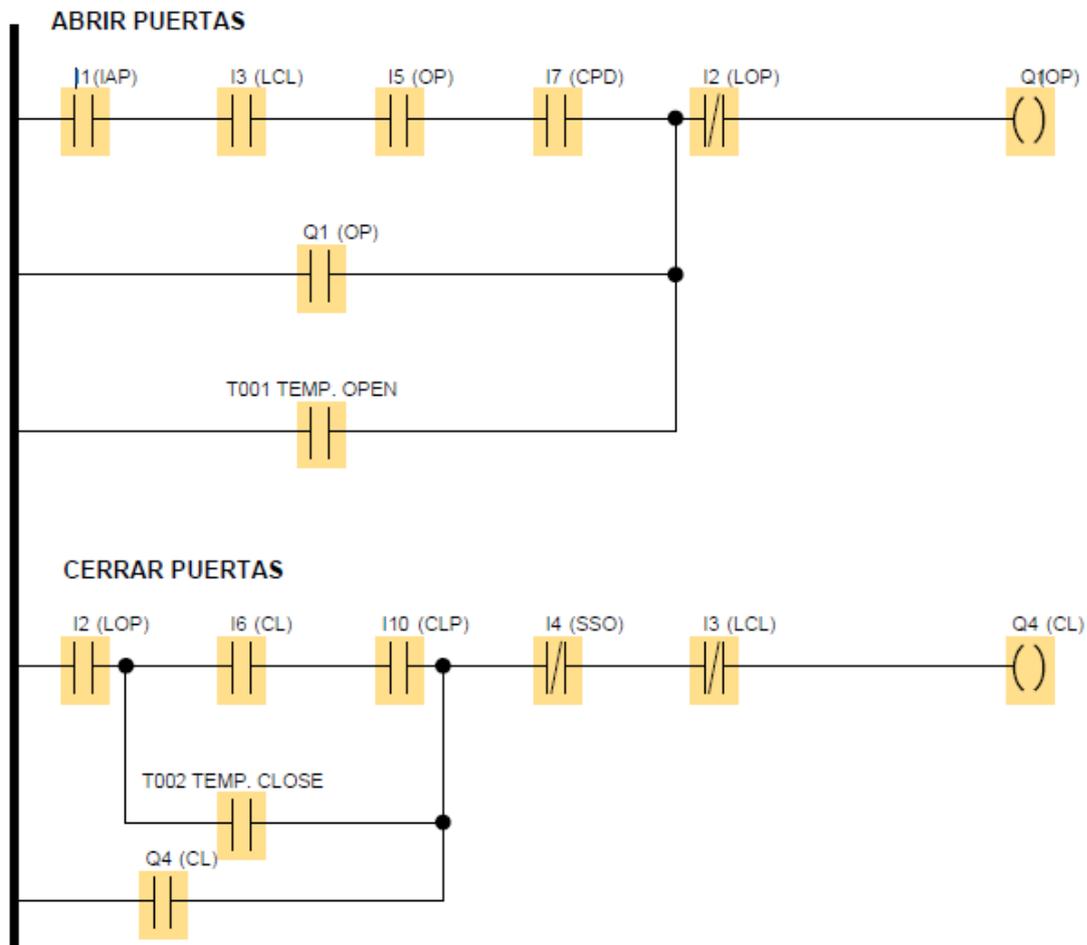


Al ser un sistema hidráulico con un cilindro de efecto simple, para bajar solo se requiere de activar la válvula y que la gravedad realice el resto del trabajo por eso en la Figura 3.1.2 se puede observar que las condiciones de seguridad solo activan el actuador de la válvula.

Tabla 3.2*Entradas y salidas del PLC secundario*

Conector	Rotulación	Comentario
I1	IAP	Inicio de apertura de puerta
I2	LOP	Límite de abrir
I3	LCL	Límite de cerrar
I4	SSO	Señal sensor óptico
I5	OP	Abrir
I6	CL	Cerrar
I7	CPD	Confirma puerta destrabada
I8	PCE	Puerta cabina en espera
I9	SRB	Sobre recorrido de banda NC
I10	CLP	Close primario
Q1	OP	Giro de abrir
Q2	LF	Baja frecuencia
Q4	CL	Giro close
Q6	KP2	Circuito de seguridad 2
Q7	FLE	Fin luz espera
Q8	EMB	Embrague

En el caso de la Tabla 3.2 es tiene las entradas y salidas físicas del PLC secundario que en cambio controlara el sistema de puertas de la cabina con sus respectivos componentes de seguridad en caso de problemas mecánico o de obstáculos al cerrar las puertas.

Figura 3.1.3*Abrir y cerrar puertas*

En la Figura 3.1.3 para abrir tenemos señales de seguridad y alertas de la acción de abrir las puertas, aparte de que en caso de detectar un obstáculo automáticamente se abrirán las puertas otra vez, en el caso de cerrar puertas se cierran si pasa las señales de seguridad como el sensor óptico entre otros, también se puede cerrar después de cumplir un tiempo determinado.

3.2 Diseño del sistema electrónico

En esta sección se describe el diseño del sistema eléctrico del ascensor, detallando la integración de los componentes esenciales como el PLC, sensores, actuadores y dispositivos de seguridad. Se explica cómo se establecieron las conexiones para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y conforme a los requerimientos del proyecto.

3.2.1 Componentes principales

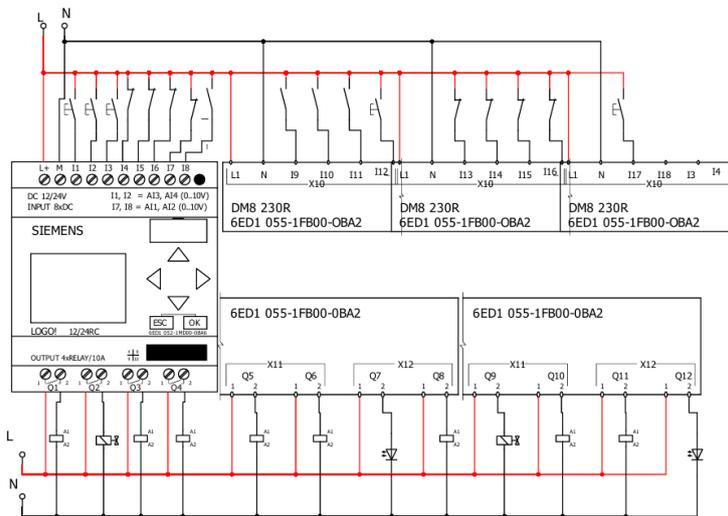
Para la parte eléctrica de nuestro sistema tenemos varios componentes entre ellos:

- **PLC:** Controlador lógico programable encargado de gestionar las señales de entrada y salida del sistema. Permite la automatización del control del motor, sensores y actuadores.
- **Módulos de Expansión DM8 230R:** Ampliación de entradas y salidas digitales del PLC, esenciales para conectar todos los sensores y actuadores necesarios.
- **Relé Térmico:** Dispositivo de protección que evita el sobrecalentamiento del motor al desconectarlo en caso de sobrecarga.
- **Contactador:** Interruptor controlado eléctricamente que permite encender y apagar el motor hidráulico de forma remota mediante el PLC.
- **Motor Hidráulico Monofásico:** Motor que genera la energía mecánica necesaria para el movimiento del elevador.
- **Sensores de Posición (Conmutadores de Piso):** Finales de carrera que detectan la posición del elevador en cada nivel, asegurando un funcionamiento preciso.
- **Solenoides de Válvulas (Subida y Bajada):** Actuadores que controlan el flujo de líquido en el sistema hidráulico para subir o bajar el elevador.

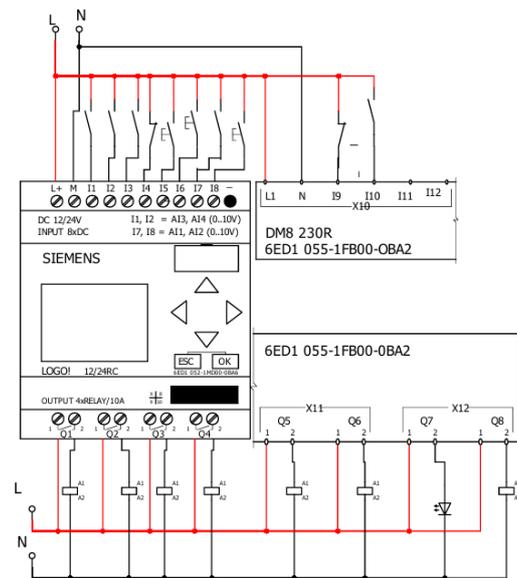
- **Timbre (Q6):** Dispositivo que emite una alerta sonora para notificar el estado del sistema o situaciones de emergencia.
- **Luces Indicadoras (Luz de Cabina y Luz de Emergencia):** Proporcionan información visual sobre el estado operativo del sistema.
- **Sensor Óptico:** Dispositivo que detecta la presencia de objetos en el trayecto de las puertas, garantizando la seguridad de los usuarios.
- **Pulsadores de Llamada y Reset:** Permiten al usuario interactuar con el sistema, solicitando el elevador o reiniciándolo en caso de fallo.
- **Cilindro Neumático:** Actuador que controla la apertura y cierre de las puertas del elevador.

3.2.2 *Esquemas eléctricos*

En esta sección se presentaron los esquemas eléctricos del sistema del control donde se puede visualizar los sensores y actuadores interactúan en el sistema del ascensor, su respectiva distribución en los PLC, asegurando un diseño funcional y seguro.

Figura 3.2.1*Esquema PLC principal*

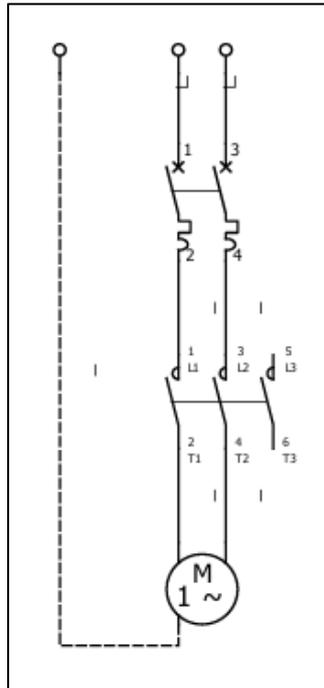
La Figura 3.2.1 muestra el esquema eléctrico del PLC primario o principal, en el cual se gestionan las señales principales de sistema que garantiza el movimiento de este y las respectivas señales de seguridad además de las señales de intercomunicación con el PLC secundario.

Figura 3.2.2*Esquema PLC secundario*

La Figura 3.2.2 presento el esquema eléctrico del PLC secundario, encargado del gestionar las funciones de la apertura y cierre de las puertas además de las señales de seguridad que tengan que ver con dichas puertas y la comunicación con el PLC principal.

Figura 3.2.3

Esquema circuito de fuerza (motor)



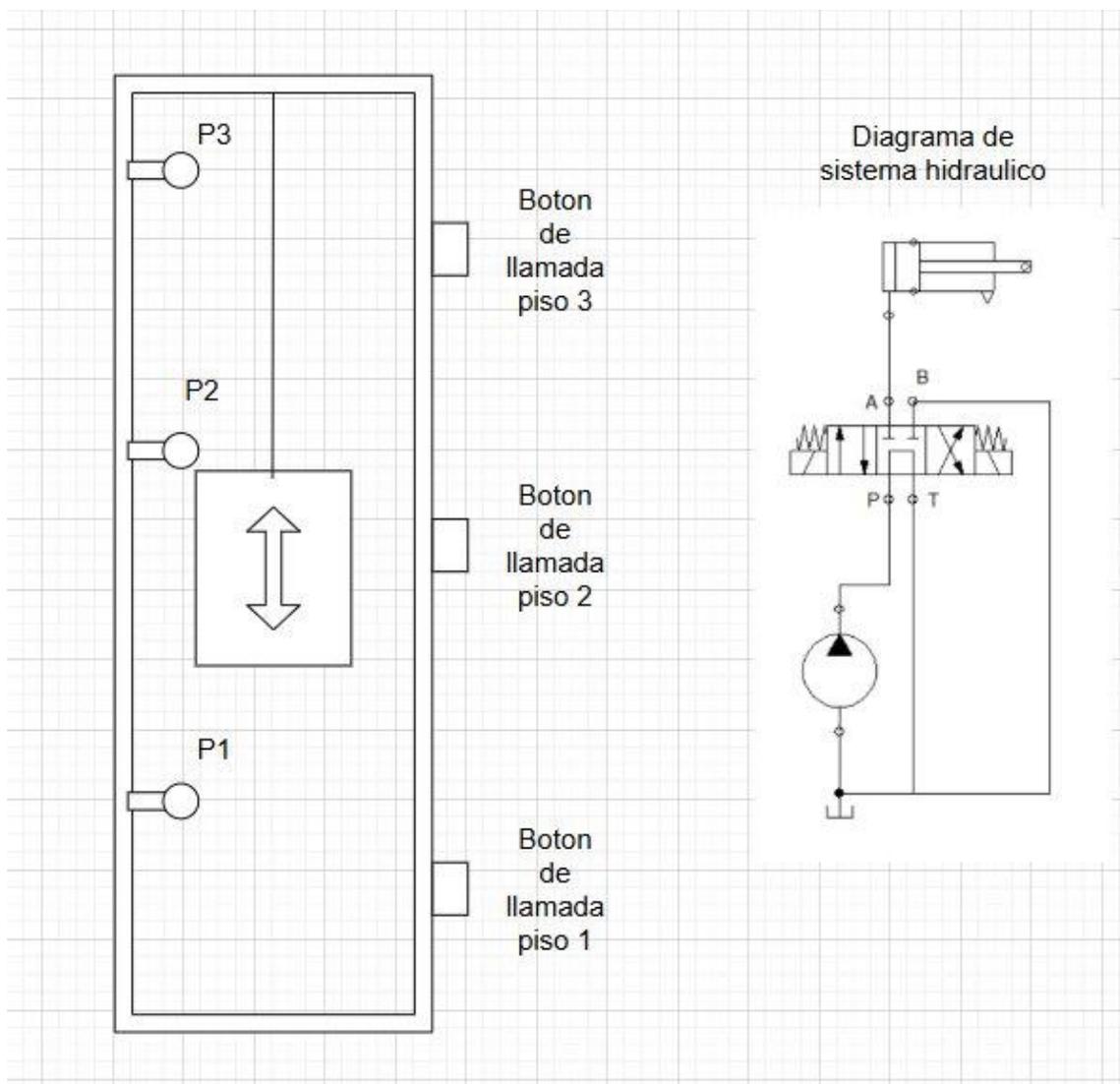
La Figura 3.2.3 presento el esquema del circuito de fuerza del motor, donde se presenta las conexiones necesarias para el funcionamiento del motor que impulsa la cabina en el ascenso, este circuito garantiza la alimentación adecuada y un control eficiente.

3.2.3 Esquemas mecánicos

Se presentaron los esquemas mecánicos del sistema, los cuales detallan la disposición y montaje de los sensores y actuadores del sistema a lo largo del edificio, los cuales son fundamentales para la instalación y mantenimientos en el futuro.

Figura 3.2.4

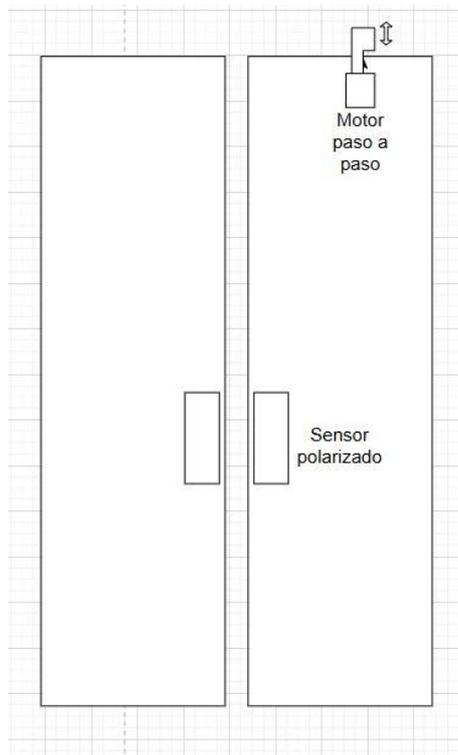
Diagrama mecánico, posicionamiento de los sensores en edificio



La Figura 3.2.4 mostro el diagrama mecánico con el posicionamiento de los sensores en el edificio. La ubicación correcta de estos dispositivos garantiza el tiempo en el que el sistema responde y que se detecten correctamente los niveles en el que se encuentra el ascensor lo que optimiza el control del ascensor.

Figura 3.2.5

Posicionamiento de los sensores



La Figura 3.2.5 mostro el posicionamiento de los sensores en las puertas, en esta se muestra el actuador que realiza el movimiento de las puertas de apertura y cierre con un motor paso a paso y el sensor óptico de seguridad en el caso de que algo impida el correcto cierre de las puertas.

3.2.4 Resultados obtenidos

El objetivo principal de este proyecto era diseñar un circuito eléctrico mediante aplicaciones de simulación que garantizara la correcta integración de los sensores, motores y actuadores del sistema. Se logró desarrollar un esquema eléctrico que cumple con todos los requisitos funcionales y de seguridad, permitiendo una operación eficiente y confiable del elevador. Este esquema trabaja en conjunto con el sistema de control basado en PLC, lo que resulta en un sistema más seguro y con mayor capacidad de respuesta ante condiciones cambiantes. La simulación validó el correcto funcionamiento de cada componente y su interacción, asegurando que el diseño final es adecuado para su implementación.

3.3 Análisis de costo

En esta sección se presenta un análisis detallado de los costos asociados al desarrollo del sistema de control y eléctrico para el ascensor de manufactura local de tres niveles. Se incluyen los principales rubros involucrados, como componentes electrónicos, materiales eléctricos, mano de obra y costos adicionales necesarios para la implementación del proyecto. Este análisis permite evaluar la viabilidad económica de la solución propuesta y garantizar una adecuada planificación de recursos.

3.3.1 Descripción de los costos

En esta sección se describirán los rubros principales que hemos tomado en cuenta para el desarrollo del proyecto, incluyendo componentes o servicios necesarios para garantizar el correcto funcionamiento y seguridad en el sistema. También tomando en cuenta en los requerimientos del cliente, normativas y los principios técnicos establecidos durante el diseño.

El sistema de control del ascensor incluyó dos PLC, encargados de procesar señales de sensores y controlar actuadores para garantizar un funcionamiento automatizado sin secuencias estrictas. Se implementaron sensores, como micro interruptores, magnéticos e infrarrojos, para monitorear el estado del ascensor y generar señales que activaran las acciones necesarias. El cableado eléctrico, con una extensión aproximada de 250 metros, permitió la interconexión entre el PLC, los sensores y los actuadores, asegurando una comunicación eficiente. Los contactores fueron fundamentales para gestionar la corriente eléctrica que alimentó el motor hidráulico y otros dispositivos, garantizando una operación segura. Las válvulas con solenoides regularon el flujo del fluido hidráulico según las señales del PLC, permitiendo el movimiento de la cabina. El sistema de control incluyó botones de operación, con siete dentro de la cabina y tres externos, proporcionando una interfaz intuitiva para los usuarios. La instalación y puesta en marcha del sistema requirió mano de obra especializada para la conexión, programación del PLC y realización de pruebas para asegurar su correcto funcionamiento. Finalmente, el diseño eléctrico fue digitalizado para documentar con precisión el sistema mediante planos y esquemas eléctricos que cumplieron con las normativas vigentes.

3.3.2 Desglose económico de los elementos

En esta sección se presenta un análisis detallado de los costos asociados a cada uno de los elementos utilizados en el proyecto. Se incluyen los componentes eléctricos, materiales, mano de obra e instalación, permitiendo evaluar la inversión necesaria para la implementación del sistema. Este desglose facilita la comprensión del impacto económico del proyecto y su viabilidad.

Tabla 3.3*Desglose de costo para la implementación*

Rubro	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)
PLC	Controladores Lógicos Programables	2	400	800
Sensores	Micro interruptores, magnéticos, infrarrojos polarizados	10	50	500
Cableado Eléctrico	Cable para conexiones del sistema (aprox. 250 metros)	1	150	150
Contactores	Control de corriente eléctrica para motores	3	80	240
Válvulas de Direccionamiento	Activación hidráulica mediante solenoides	2	200	400
Botones de Control	Botones para cabina y accionamiento manual	10	30	300
Mano de Obra	Instalación, programación, pruebas y ajustes	1	1000	1000
Diseño Eléctrico Digitalizado	Planos y esquemas eléctricos	1	250	250
Total				3640

En la Tabla 3.3 se presenta un desglose detallado de los rubros identificados como esenciales para la implementación del sistema eléctrico y de control del ascensor. Se incluyen los costos de los principales componentes, como el PLC, sensores, cableado eléctrico y contactores, así como los costos de mano de obra y diseño eléctrico.

3.4 Viabilidad del proyecto

En esta sección se analiza la viabilidad del proyecto desde dos perspectivas fundamentales: económica y tecnológica. Se evalúa si la solución propuesta es factible en términos de costos y beneficios, así como su implementación con los recursos tecnológicos disponibles. Este análisis es clave para determinar la sostenibilidad y el impacto del proyecto en su entorno de aplicación.

3.4.1 Viabilidad económica

La viabilidad económica de este proyecto se basa en un análisis detallado de costos, que abarca elementos como el PLC, sensores, cableado eléctrico, contactores, válvulas de direccionamiento y la mano de obra requerida. El presupuesto total estimado de USD 3,340 resulta justificable en función de los beneficios esperados, tales como una mayor seguridad, optimización del funcionamiento y facilidad de uso del ascensor. En consecuencia, el proyecto se considera económicamente viable, ya que la inversión inicial se verá compensada por la mejora en la eficiencia operativa y la disminución de fallos técnicos que podrían ocasionar costos adicionales en mantenimiento y reparaciones.

3.4.2 Viabilidad tecnológica

La viabilidad tecnológica del proyecto se sustenta en la utilización de tecnologías consolidadas y ampliamente adoptadas en el ámbito de la automatización y control industrial, como los PLC. Estos equipos ofrecen alta confiabilidad y versatilidad, permitiendo la integración de sensores y actuadores preexistentes sin requerir modificaciones complejas. Además, el uso de software de simulación facilita la prueba y optimización del sistema de control antes de su implementación física, reduciendo riesgos y garantizando un

funcionamiento preciso del ascensor. Por último, al cumplir con las normativas técnicas ecuatorianas (RTE INEN 095), se garantiza que el sistema no solo sea viable desde el punto de vista tecnológico, sino que también cumpla con los estándares de seguridad y calidad necesarios para una operación confiable.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

En esta sección se presentan las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del proyecto, destacando los principales resultados alcanzados y su impacto en la solución de la problemática planteada. Además, se incluyen recomendaciones para futuras mejoras o investigaciones, considerando aspectos que podrían optimizar el sistema y ampliar su funcionalidad en el futuro.

4.1.1 Conclusiones

- El sistema diseñado satisface los requerimientos iniciales establecidos, incluyendo los pilares fundamentales de seguridad, eficiencia y facilidad de uso, lo que garantiza una experiencia confiable y segura para el usuario.
- Las simulaciones realizadas confirmaron la viabilidad funcional del sistema, demostrando su capacidad para gestionar el ascensor de manera autónoma y eficiente. Esto respalda el diseño como una solución robusta y escalable para futuras implementaciones.
- Se realizaron pruebas finales en el prototipo físico, el diseño está listo para ser usado en el sistema existente. Su desempeño fue satisfactorio, con margen para ajustes según los resultados obtenidos en las pruebas.

El trabajo desarrollado destaca por su enfoque en mejorar la seguridad, eficiencia y confiabilidad del sistema mediante la implementación de funciones avanzadas de control y supervisión. Este proyecto no solo responde a las necesidades específicas del cliente, sino que también aporta un diseño adaptable y escalable, alineado con normativas actuales. En comparación con otros trabajos similares, el sistema diseñado sobresale por su enfoque en

optimizar la experiencia del usuario y su capacidad de integración en infraestructuras existentes. Sin embargo, se identificaron limitaciones relacionadas con los equipos ya instalados y restricciones económicas que influyeron en algunas decisiones técnicas. Estas limitaciones ofrecen oportunidades para futuros trabajos, como la implementación física del diseño, que permitirá validar y ajustar el sistema en condiciones reales.

4.1.2 Recomendaciones

- Es importante explorar la posibilidad de incorporar funciones adicionales, como monitoreo remoto y mantenimiento predictivo. Estas características no solo mejorarían la eficiencia operativa del sistema, sino que también aumentarían su seguridad y confiabilidad a largo plazo.
- Se sugiere trabajar en la estandarización del diseño del sistema, lo cual facilitaría su implementación en otros proyectos similares. Esto también permitiría una mayor escalabilidad y un ahorro significativo en tiempo y recursos para futuros desarrollos.
- Aunque el proyecto se enfocó en solucionar los problemas principales del sistema existente, se recomienda profundizar en el análisis de los sensores y otros elementos físicos del ascensor. Esto podría incluir la evaluación de tecnologías más avanzadas que ofrezcan mejores resultados en términos de precisión y durabilidad.

REFERENCIAS

- [1] F. Cunuhay Chiguano y D. Pazmiño Rios, «Diseño de un ascensor personal que permita la movilidad de las personas de la tercera edad o con discapacidad física en viviendas nuevas de dos pisos y con una capacidad de carga de 100 kilogramos,» 30 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10962>.
- [2] INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), «NTE INEN 3139. Accesibilidad de las personas al medio físico. Circulaciones verticales. Ascensores,» INEN, Quito, 2018.
- [3] J. Ville y K. Jaakko, «International Elevator & Escalator Symposium,» de *Elevator loading requirements for high-rise elevators*, Edimburgo, 2023.
- [4] F. A. Agapito Córdova, «Diseño de un controlador lógico de un ascensor para un edificio de cuatro pisos usando un microcontrolador de propósito general,» Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/513>.
- [5] IEEE, «IEEE Transactions on Automation Science and Engineering (T-ASE),» Julio 2004. [En línea]. Available: <https://goldberg.berkeley.edu/t-ase/>.
- [6] Serretecno, «La importancia y los beneficios de los elevadores industriales,» [En línea]. Available: <https://serretecno.com/la-importancia-y-los-beneficios-de-los-elevadores-industriales/>. [Último acceso: 28 Octubre 2024].
- [7] D. Barahona Zambrano, H. Muñoz Navarrete, H. Reisancho Salguero y J. Bautista Rivas, «Proceso y construcción de sistema elevador de carga para el sector industrial,» Agosto 2019. [En línea]. Available:

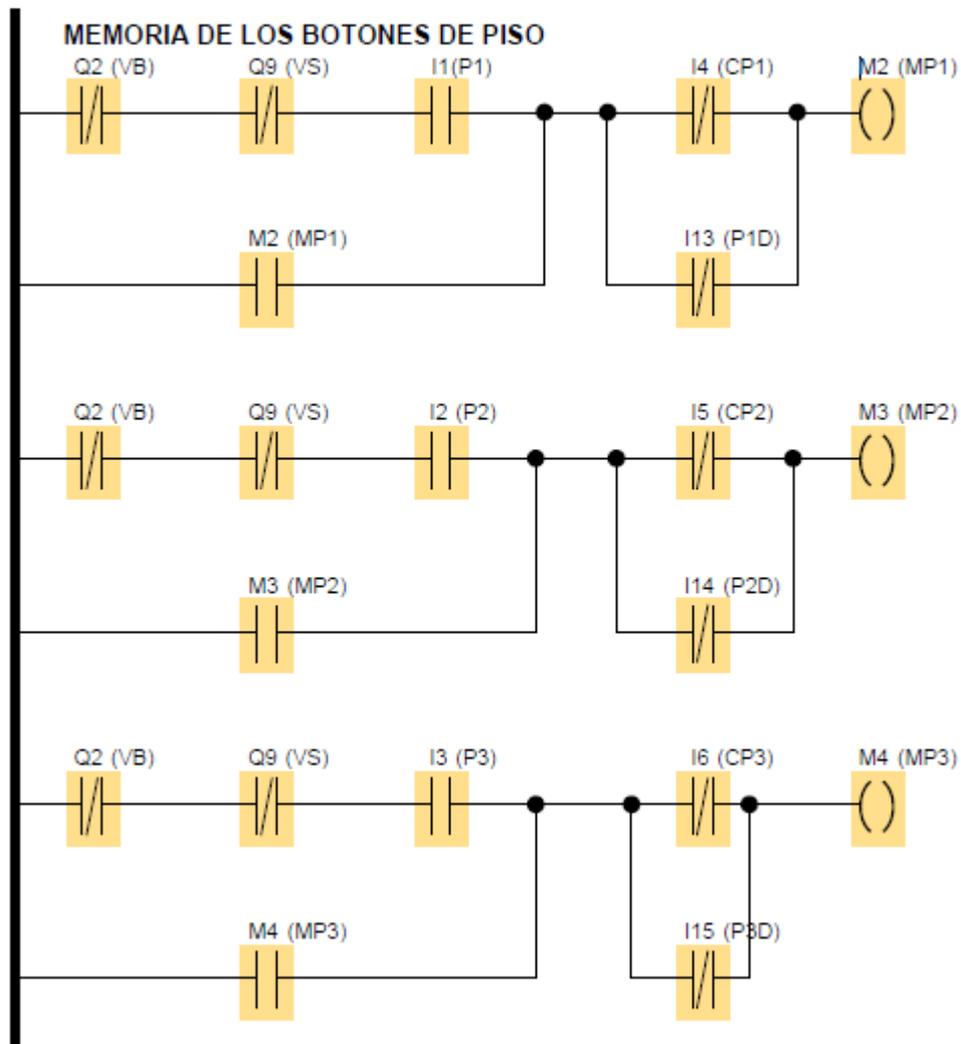
https://www.researchgate.net/publication/337204256_Proceso_y_construccion_de_sistema_elevador_de_carga_para_el_sector_industrial.

- [8] U. Europea, «Sistemas de control lazo abierto lazo cerrado,» [En línea]. Available: https://www.educa2.madrid.org/web/4656105/robotica/-/book/sistemas-de-control-lazo-abierto-lazo-cerrado?_book_viewer_WAR cms_tools_chapterIndex=42e420b2-3c94-4431-b6b0-bdc01391e2c8. [Último acceso: 1 Diciembre 2024].
- [9] U. Europea, «Que es un microcontrolador,» 6 Mayo 2024. [En línea]. Available: <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-microcontrolador/>.
- [10] G. M. Smith, «DEWESoft,» 21 Noviembre 2024. [En línea]. Available: <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>.
- [11] inapelsa ascensores, «¿Qué es un ascensor eléctrico?,» 31 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.inapelsa.com/que-es-ascensor-electrico>.

Apéndice A

Figura 5.1

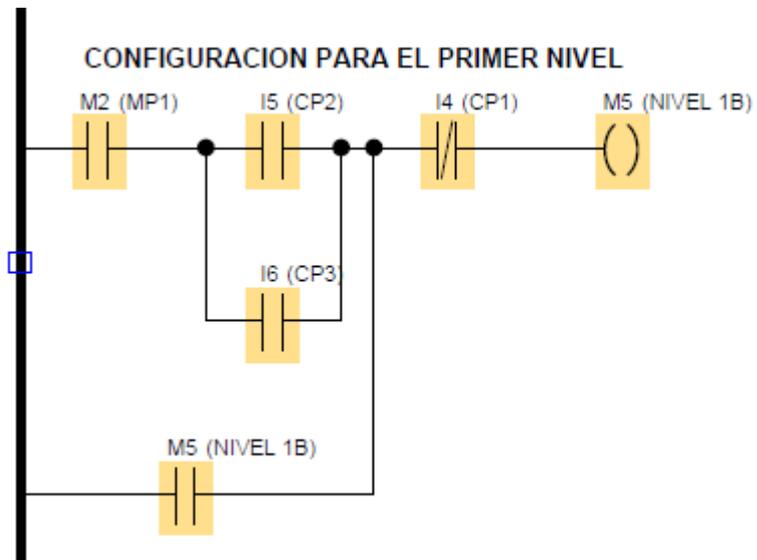
Control de los botones que llaman al ascensor a determinados pisos



Se mantiene una memoria de los botones que se presionan para determinar si el ascensor está en ese punto del edificio y tiene que llegar a él, tiene protección contra niños que impiden que se presione un botón si el ascensor está en movimiento.

Figura 5.2

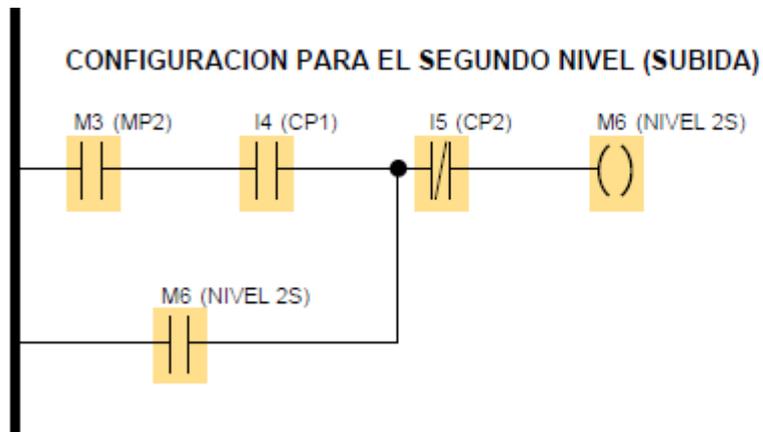
Configuración para el primer nivel del edificio



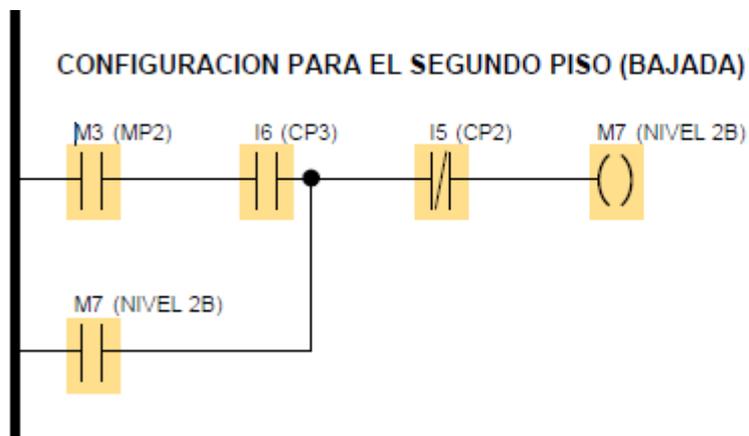
Determina si el ascensor se encuentra en el segundo o tercer nivel para que se active la válvula que le permite bajar el primer nivel del edificio.

Figura 5.3

Configuración para el segundo nivel motor de subida

**Figura 5.4**

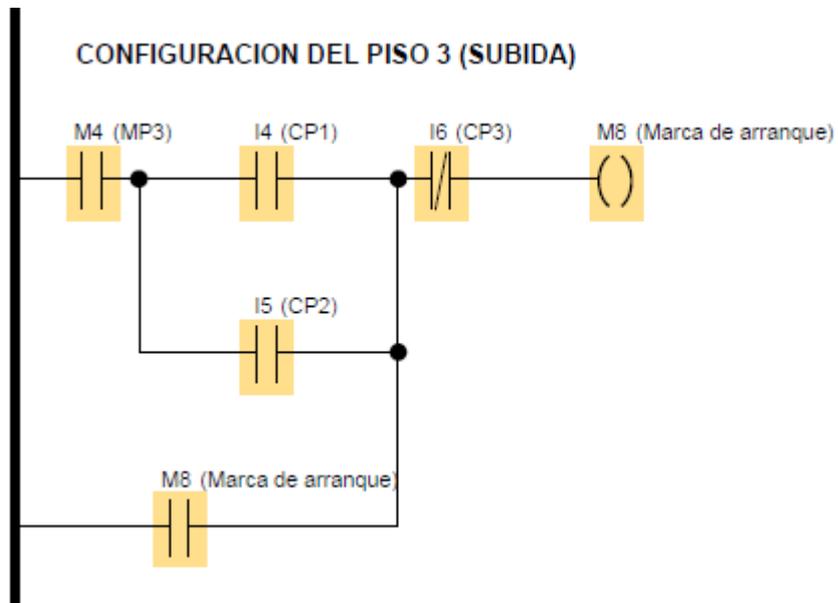
Configuración para el segundo nivel de bajada



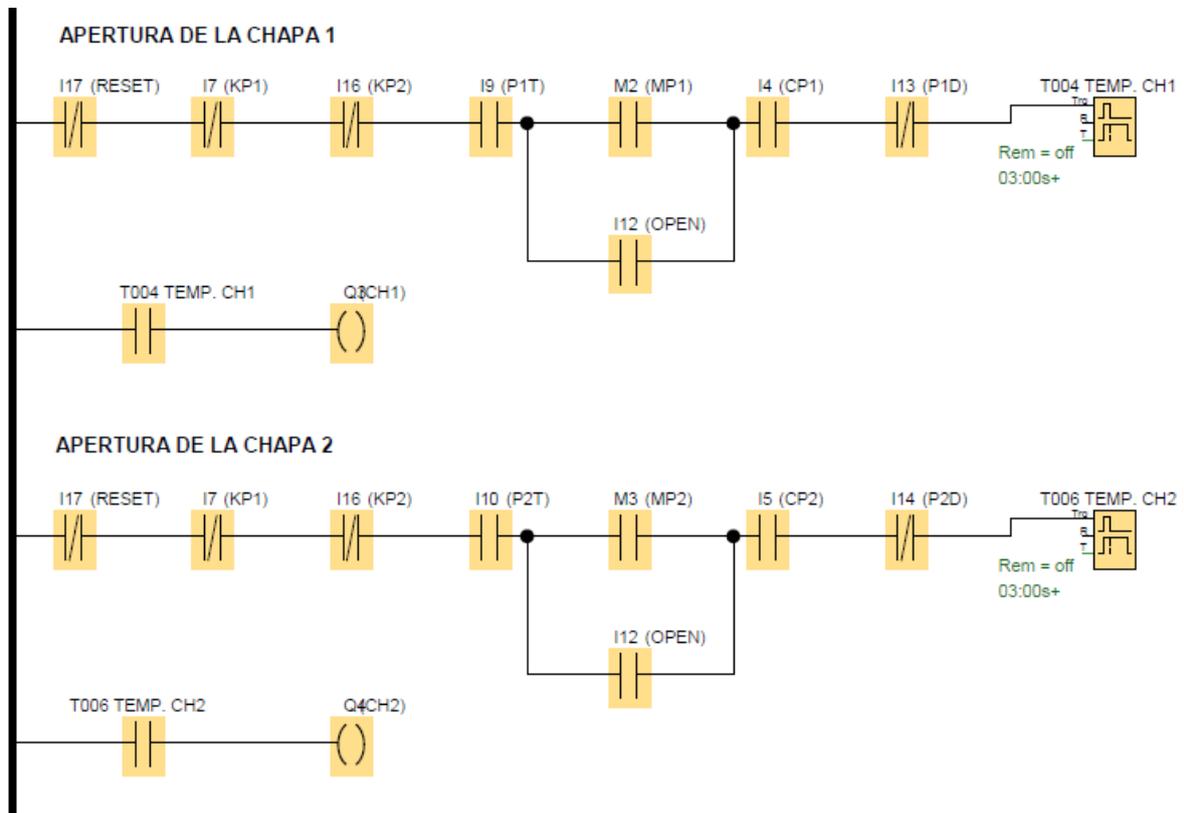
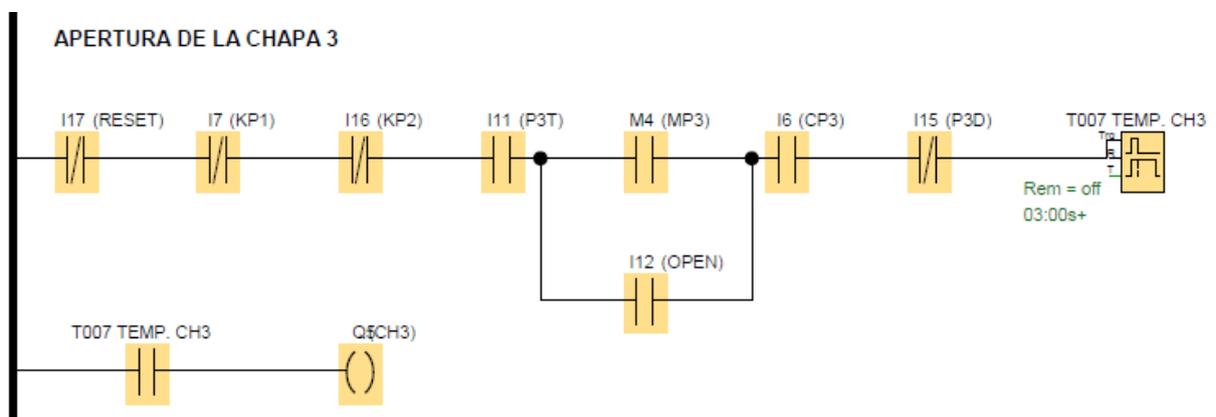
El segundo nivel es más complejo a necesitar una configuración para subir si está el nivel uno o bajar si está el nivel tres, porque dependiendo de la posición si determinara si la válvula se activa para subir la cabina o bajarla.

Figura 5.5

Configuración para el tercer nivel del edificio solo sube



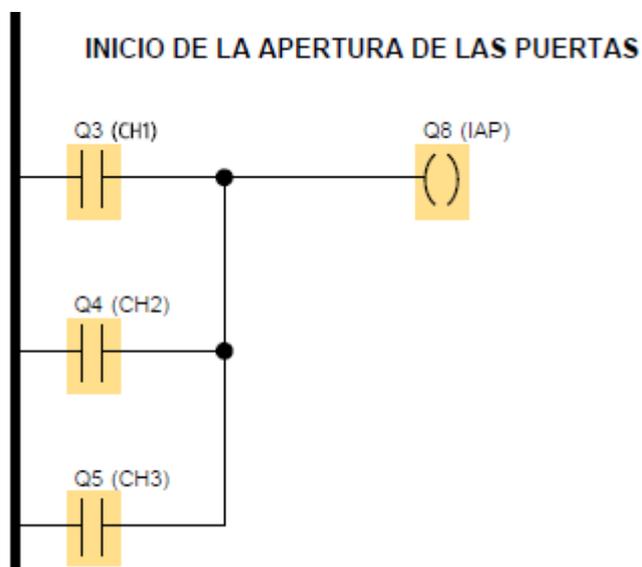
En este caso el ascensor solo está de subida y el mismo para que se active debe se estar en el nivel uno o dos.

Figura 5.6*La apertura de las puertas 1 y 2***Figura 5.7***La apertura de la puerta 3*

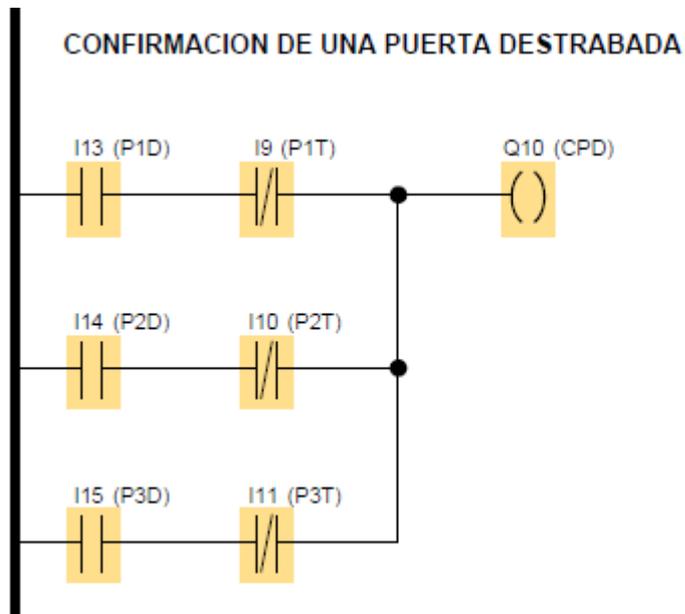
Son señales que se mandan a motor que mueve una leva y destraba las puertas para mandar la señal de abrir señal que dura 3 segundos para que mecanismo quede totalmente desbloqueado.

Figura 5.8

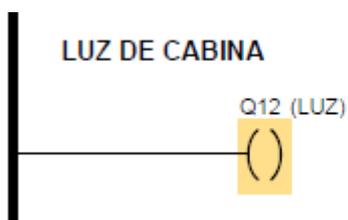
Señal de confirmación de que la puerta fue desbloqueada



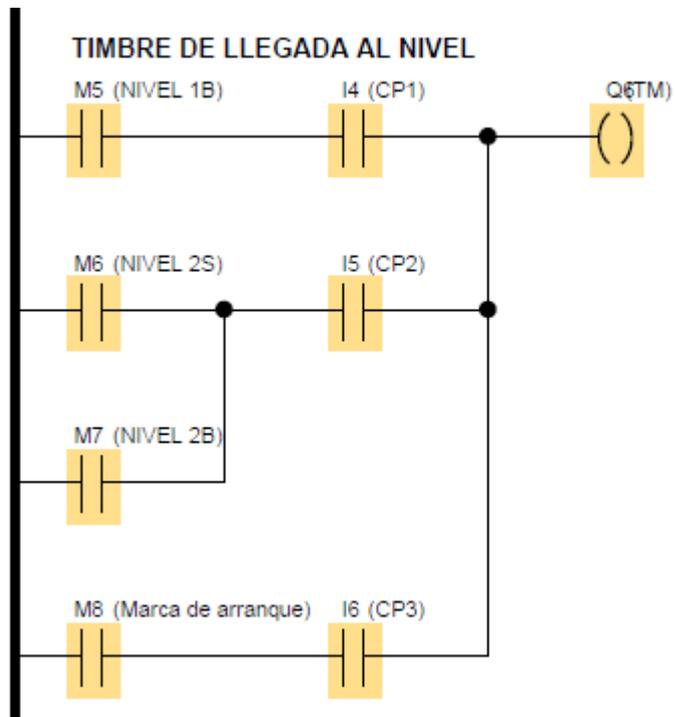
Esta señal la maneja el sistema de apertura de las puertas para saber si es seguro iniciar con la activación del motor stepper que comenzara con el proceso.

Figura 5.9*Confirmación de una puerta destrabada*

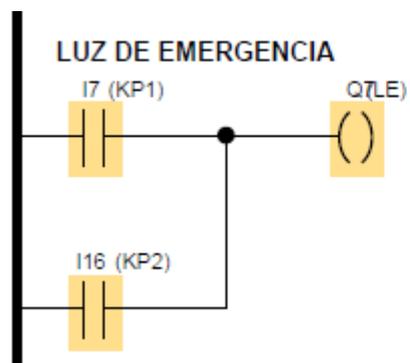
Prueba de seguridad que de manda de que en efecto la puerta esta destrabada y es seguro proceder, esta prueba se basa en los sensores magnéticos colocados en las puertas.

Figura 5.10*Luz de cabina*

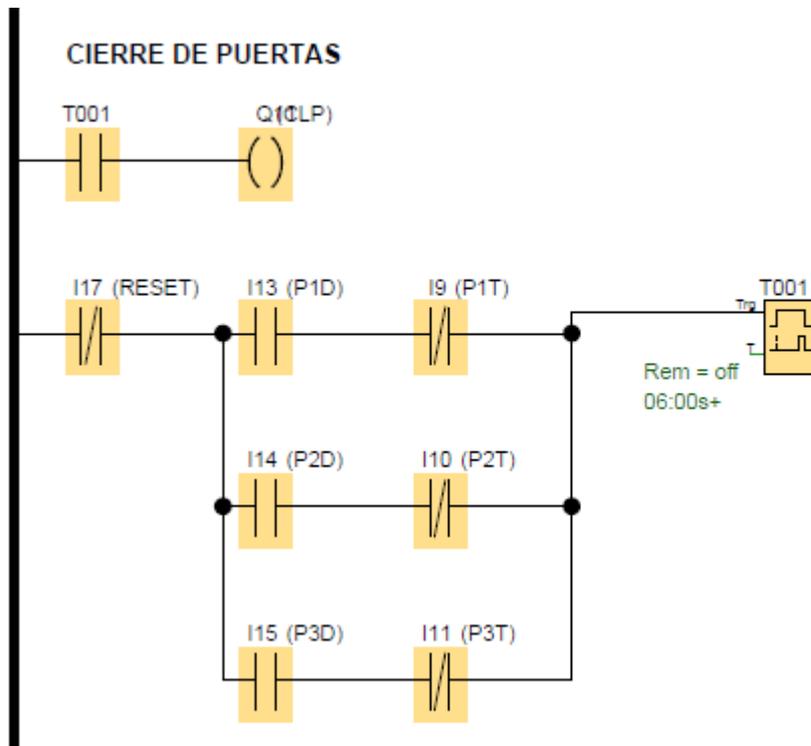
Esta se enciende mientras el ascensor este encendido.

Figura 5.11*Timbre de llegada al nivel*

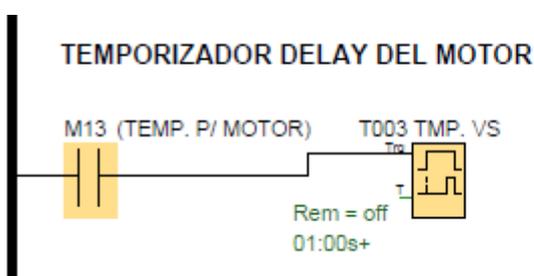
Señal auditiva que se escuchara cuando el ascensor llegue al nivel deseado.

Figura 5.12*Luz de emergencia*

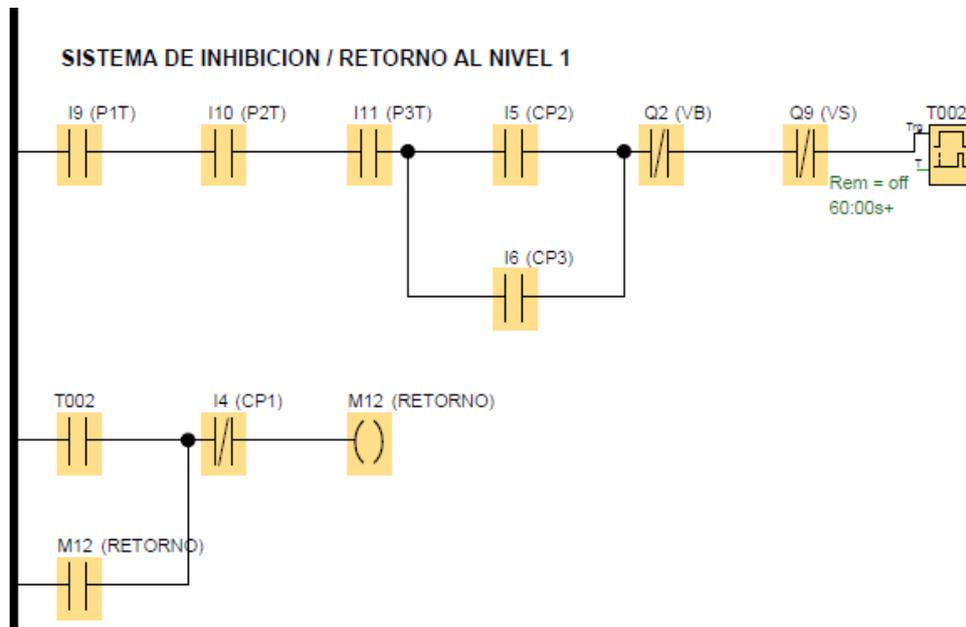
Luz piloto que se encenderá cuando exista un problema como el hecho de que exista un obstáculo en las puertas que impida su cierre correcto.

Figura 5.13*Cierre de puertas*

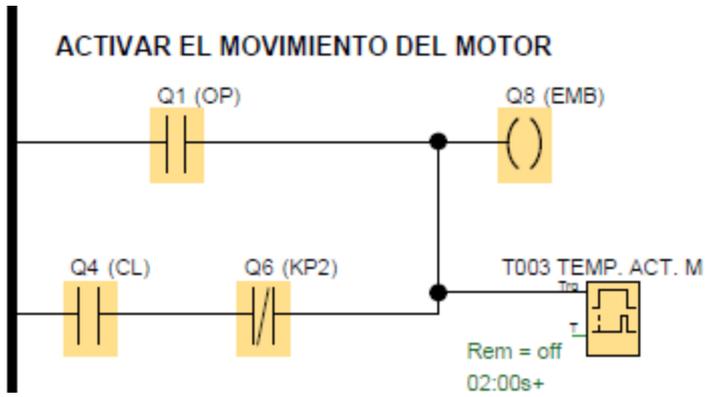
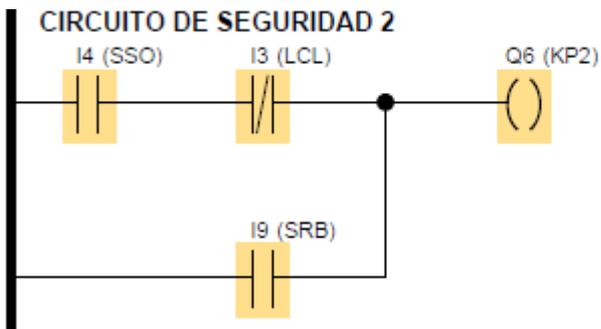
Iniciará el cierre de las puertas es decir a bloquearlas nuevamente con los 6 segundos que requiere la leva para trabar el mecanismo.

Figura 5.14*Temporizador delay del motor*

Para que la cabina suba se debe encender el motor antes que la válvula por lo menos 1 segundo para que caliente un poco antes de mandar la señal a la válvula.

Figura 5.15*Sistema de inhibición/retorno al primer nivel*

Señal que se le manda la PLC para que el ascensor retorne al primer nivel después de 1 minuto sin uso para que esté listo en el caso de que sea necesario nuevamente.

Figura 5.16*Activar el movimiento del motor***Figura 5.17***Circuito de seguridad 2*

Señal que alerta si existe alguna anomalía en el cierre o apertura de las puertas.

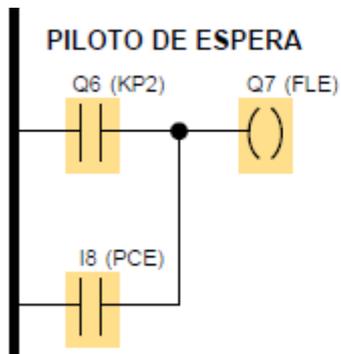
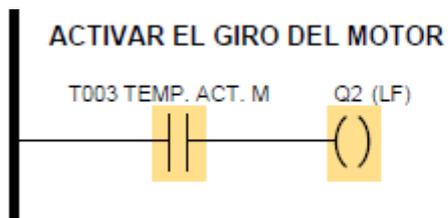
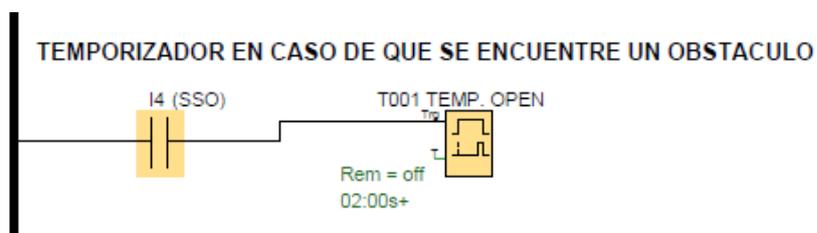
Figura 5.18*Piloto de espera***Figura 5.19***Activar el giro del motor***Figura 5.20***Temporizador en caso de que se encuentre un obstáculo*

Figura 5.21

Temporizador para el cierre automático de las puertas

