

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería “El Politécnico”**

**Montaje y Mejoras de Prototipo de Ascensor de Carga Usando  
Metodología de Diseño de Sistemas a Eventos Discretos Mediante  
Redes de Petri**

**María Fernanda Rodríguez García  
Gabriel Alejandro Estrella Fiallo**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título en Ingeniería  
Eléctrica/Electrónica

Quito, diciembre de 2009

**Universidad San Francisco de Quito  
Colegio de Ciencias e Ingeniería “El Politécnico”**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Montaje y Mejoras de Prototipo de Ascensor de Carga Usando  
Metodología de Diseño de Sistemas a Eventos Discretos Mediante  
Redes de Petri**

**María Fernanda Rodríguez García  
Gabriel Alejandro Estrella Fiallo**

Omar Aguirre, MSc  
Miembro del Comité de Tesis .....

Santiago Navarro, PhD  
Miembro del Comité de Tesis .....

Daniel Cárdenas, PhD  
Miembro del Comité de Tesis .....

Fernando Romo, MSc  
Decano del Colegio de Ciencias  
e Ingeniería “El Politécnico” .....

Quito, diciembre de 2009

© Derechos de autor  
María Fernanda Rodríguez García  
Gabriel Alejandro Estrella Fiallo  
2009

## DEDICATORIA

*A mis padres por el apoyo,  
por darme su amor incondicional día a día,  
pero sobretodo por ser mis amigos.*

*Maife*

*Dedico esta tesis a mis padres y hermana,  
que son las personas que siempre  
han creído en mí y que me han apoyado  
incondicionalmente toda mi vida.*

*Gabriel*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por darme la fuerza y la voluntad de seguir adelante aún en los momentos más difíciles y nunca dejar de creer en mí.

Agradezco a los maestros que encontré a través de los años de estudiante en la Universidad San Francisco de Quito que no sólo me enseñaron la teoría sino a ser mejor persona.

Gabriel

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza para culminar mis estudios universitarios. A mis padres por los consejos y ayuda en los momentos más indicados. A mi abuelita Fabi por creer siempre en mí. A mi novio Sebastián por el apoyo, la paciencia y la ayuda en todo momento. A mis maestros por enseñarme más que nada a ser mejor cada día.

Maife

## Resumen

El proyecto de investigación se realizó con el propósito de buscar el mejoramiento, implementación y funcionamiento de un prototipo de Ascensor de Carga aplicando Redes de Petri, una metodología para el análisis matemático y control de procesos industriales.

Poniendo como premisa en el desarrollo de la investigación que las Redes de Petri son una herramienta de diseño de sistemas a eventos discretos aplicable a modelos industriales, como es el caso del Ascensor de Carga, se pondrán a prueba todos los elementos al alcance para llegar a comprobar su funcionamiento. La investigación y el estudio en esta área facilitarán determinar y entender las fortalezas y debilidades que posee el método.

Siendo las Redes de Petri una metodología nueva para el control de ascensores de carga se deberá tomar en cuenta que la misma puede cumplir o no con todos los requerimientos de diseño, debido a que existen pocas herramientas para la implementación directa de la red al sistema de control.

## **Abstract**

This research project aimed to find the enhancement, implementation and operation of a freight elevator prototype using Petri Nets as the methodology for mathematical analysis and control of the industrial processes.

This research was developed based on the premise that Petri Nets are a design tool for discrete event systems, applicable to industrial processes like the freight elevator prototype; all the available elements in the process will be tested. Additional research of this area will help determining and understanding the strengths and weaknesses of the method.

Since Petri Nets are a new method for the control of freight elevators, it should be taken into account that they may or may not fulfill the designed requirements, because there are a few tools for the direct implementation of the nets into the control system.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
1.1. HISTORIA .....	1
1.2. EMPRESAS Y SISTEMAS DENTRO DE LA INDUSTRIA DE ASCENSORES DE CARGA.....	4
1.2.1. <i>Otis Steam Elevator Company</i> .....	4
1.2.2. <i>Mitsubishi Electric Corporation</i> .....	9
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: “ASCENSOR DE CARGA INDUSTRIAL” .....	16
1.4. SIGNIFICANCIA DEL ESTUDIO.....	17
1.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	17
1.6. REDES DE PETRI.....	18
1.6.1. <i>Antecedentes</i> .....	18
1.6.2. <i>Definición</i> .....	19
1.6.3. <i>Ventajas de las Redes de Petri</i> .....	21
1.7. LIMITACIONES .....	22
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>23</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL A EVENTOS DISCRETOS PARA UN ASCENSOR DE CARGA ESCALA PILOTO</b> .....	<b>23</b>
2.1. RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN INICIAL .....	23
2.1.1. <i>Cabina</i> .....	24
2.1.2. <i>Control de Carga</i> .....	24
2.1.3. <i>Maquinaria</i> .....	24
2.1.4. <i>Mandos</i> .....	24
2.1.5. <i>Puertas</i> .....	25
2.1.6. <i>Señalización</i> .....	25
2.1.7. <i>Elementos de Seguridad</i> .....	25
2.2. DESCRIPCIÓN MECÁNICA, ELÉCTRICA Y SOFTWARE DEL PRIMER MODELO DE ASCENSOR DE CARGA .....	26
2.2.1. <i>Elementos Mecánicos</i> .....	26
2.2.2. <i>Elementos Eléctricos</i> .....	29
2.2.3. <i>Plano de Conexiones del Circuito de Potencia</i> .....	31
2.2.4. <i>Plano de Conexiones de Entradas y Salidas en el PLC</i> .....	31
2.2.5. <i>Entradas del Sistema</i> .....	33
2.2.6. <i>Salidas del Sistema</i> .....	34
2.2.7. <i>Plano de Conexiones del Circuito para el Control de Giro del Motor</i> .....	34
2.2.8. <i>Plano de Conexiones del Circuito para el Control de Luces Indicadoras de Piso</i> .....	35
2.2.9. <i>Software</i> .....	36
2.3. MODIFICACIONES Y MEJORAS EN EL DISEÑO MECÁNICO, ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO .....	37
2.3.1. <i>Mejoras en el Diseño Mecánico</i> .....	37
2.3.2. <i>Mejoras en el Diseño de las Conexiones Eléctricas/Electrónicas</i> .....	38
2.3.3. <i>Plano de Conexiones del Circuito de Entradas y Salidas del PLC S7-200 CPU226</i> .....	38
2.3.4. <i>Plano de Conexiones del Circuito para el Control de la Conmutación Temporizada de Finales de Carrera</i> .....	39
2.3.5. <i>Plano de Conexiones del Circuito para el Control del Paracaídas y Activación de Alarmas</i> .....	41
2.3.6. <i>Plano de Conexiones del Circuito para la Verificación de Existencia de Energía y Activación del Paracaídas</i> .....	41
2.3.7. <i>Plano de Conexiones del Circuito de Control de la Cerradura Eléctrica de la Puerta de Cabina</i> .....	42
2.3.8. <i>Plano de Conexiones del Circuito de Paro de Emergencia</i> .....	43
2.3.9. <i>Plano de Conexiones del Circuito del Sensor de Peso</i> .....	43
2.4. ENTRADAS DEL SISTEMA .....	45
2.5. SALIDAS DEL SISTEMA.....	46
2.6. PLANOS FINALES DE CONSTRUCCIÓN (AS BUILT) .....	46
2.7. INCORPORACIÓN AL SISTEMA SCADA DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN .....	50
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>52</b>

<b>3. MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE ASCENSOR DE CARGA USANDO REDES DE PETRI.....</b>	<b>52</b>
3.1. REDES DE PETRI .....	52
3.1.1. Definición.....	52
3.1.2. Componentes.....	52
3.1.3. Ejecución de una Red de Petri.....	54
3.1.4. Propiedades de las Redes de Petri.....	56
3.1.5. Modelos de Redes de Petri.....	58
3.1.6. Modelado de Redes de Petri .....	61
3.1.7. Análisis de Redes de Petri Regulares.....	62
3.2. DISEÑO DE SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS .....	65
3.3. SIMULACIONES DE ASCENSOR DE CARGA USANDO PETRI MAKER.....	65
3.4. SIMULACIONES DE ASCENSOR DE CARGA USANDO PIPE2.....	67
3.5. SIMULACIONES DE ASCENSOR DE CARGA USANDO REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA .....	70
3.6. PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	71
3.6.1. Entradas del Sistema .....	71
3.6.2. Salidas del Sistema .....	73
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>74</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>74</b>
4.1. PRUEBAS DE CONTROL .....	74
4.2. PRUEBAS DE CONTROL DE ENTRADAS .....	75
4.3. PRUEBAS DE CONTROL DE LAS SALIDAS.....	75
4.4. PRUEBAS DE CONTROL CON EL PROGRAMA OBTENIDO CON REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA.....	75
4.5. PRUEBAS DE CONTROL CON EL PROGRAMA REALIZADO MANUALMENTE.....	76
4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	76
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>78</b>
<b>5. MANUAL DE OPERACIÓN.....</b>	<b>78</b>
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>86</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	86
6.2. RECOMENDACIONES.....	86
<b>7. ANEXOS Y APÉNDICES .....</b>	<b>87</b>
ANEXO A – DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACCIONES QUE TOMARÁ EL ASCENSOR DE CARGA EN CASO DE FALLA DE ENERGÍA DE LA RED Y ESTÉ ACCIONADO EL MODO AUTOMÁTICO EN EL PANEL DE CONTROL..	88
ANEXO B - DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACCIONES QUE EL ASCENSOR TOMARÁ EN CASO FALLE EL MODO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA Y DEBA FUNCIONAR EN MODO MANUAL.....	90
ANEXO C – DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA MELD DE MITSUBISHI (MITSUBISHI EMERGENCY LANDING DIAGRAM) .....	92
ANEXO D – PROGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DESARROLLADO COMO PROYECTO DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES PARA EL CONTROL DEL ASCENSOR DE CARGA .....	94
ANEXO E – PROGRAMA DESARROLLADO PARA LA CONMUTACIÓN TEMPORIZADA DE LAS SEÑALES DE LOS CONTACTOS DEL GRUPO FIN DE CARRERA Y DE LOS MICROSWITCHES .....	99
ANEXO F - INFORME DE SENSOR DE MONITOREO DE EXISTENCIA DE ENERGÍA Y ACTIVACIÓN DE PARACAÍDAS PARA CABINA DE ASCENSOR DE CARGA .....	102
ANEXO G – INFORME DE SENSOR DE PESO PARA CABINA DE ASCENSOR DE CARGA .....	112
ANEXO H – RED DE PETRI DE MODELADO DE ASCENSOR DE CARGA CON PRIORIDADES Y ALARMAS SIMULADA EN PETRI MAKER .....	127
ANEXO I – RED DE PETRI DE MODELADO DE ASCENSOR DE CARGA CON PRIORIDADES Y ALARMAS SIMULADA EN PIPE2 .....	129
ANEXO J – ÁRBOL DE ALCANZABILIDAD PARA LA RED DE PETRI DE MODELADO DE ASCENSOR DE CARGA CON PRIORIDADES Y ALARMAS OBTENIDO EN PIPE2 .....	131
ANEXO K – MATRIZ DE INCIDENCIA DEL PRIMER ESTADO DE LA RED SIN ALARMAS NI PRIORIDADES	133

ANEXO L – RED DE PETRI DE MODELADO DE ASCENSOR DE CARGA CON PRIORIDADES Y ALARMAS SIMULADA EN “REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEDELLÍN” .....	135
ANEXO M – CÓDIGO AWL GENERADO POR “REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEDELLÍN” .....	137
ANEXO N – CÓDIGO AWL CON DIRECCIONES DE ENTRADAS Y SALIDAS REALES .....	161
ANEXO O – PROGRAMA DE COMPROBACIÓN DE ENTRADAS .....	185
ANEXO P – PROGRAMA DE COMPROBACIÓN DE SALIDAS .....	191
ANEXO Q – PROGRAMA REALIZADO MANUALMENTE .....	195
ANEXO R – IMÁGENES .....	201
ANEXO S – TABLA DE COMPONENTES DEL ASCENSOR DE CARGA .....	204
ANEXO T – HOJAS DE DATOS DE COMPONENTES DEL ASCENSOR DE CARGA .....	206
<b>8. GLOSARIO .....</b>	<b>226</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>228</b>
BIBLIOGRAFÍA .....	228

## LISTA DE FIGURAS

FIG.1.1. PRIMERA DEMOSTRACIÓN PÚBLICA DEL ASCENSOR (NUEVA YORK, 1853) [33]	5
FIG.1.2. ASCENSOR DE CARGA OTIS HIDRÁULICO [33]	6
FIG.1.3. VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN[33]	8
FIG.1.4. SISTEMAS DE TRACCIÓN PARA ASCENSORES MITSUBISHI DE 1930 [52]	9
FIG.1.5. MÉTODOS DE TRACCIÓN. (A) CON ENGRANAJE (B) SIN ENGRANAJE[52]	10
FIG.1.6. MÉTODOS HIDRÁULICOS (A) ACCIÓN DIRECTA (B) ACCIÓN INDIRECTA [52]	11
FIG.1.7. SISTEMAS DE LAZO (A) MEDIO ENVUELTO (B) ENVUELTO COMPLETO (C) (D) TAMBOR DEVANADO (E) ENVUELTO COMPLETO (F) (G) (H) (I) MEDIO ENVUELTO [52]	13
FIG.1.8. MODELO DE ASCENSOR MITSUBISHI NEXWAY-S SERIES-IP/AP [52]	15
FIG.1.9. FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE PETRI	20
FIG.1.10. ELEMENTOS DE UNA RED DE PETRI	21
FIG.2.1. VISTA SUPERIOR ASCENSOR DE CARGA	28
FIG.2.2. VISTA INFERIOR ASCENSOR DE CARGA	28
FIG.2.3. VISTA FRONTAL Y POSTERIOR DE ASCENSOR DE CARGA	28
FIG.2.4. VISTA LATERAL IZQUIERDA Y LATERAL DERECHA	29
FIG.2.5. DIAGRAMA DE CIRCUITO DE POTENCIA DEL MOTOR	31
FIG.2.6. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PLC	32
FIG.2.7. DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CONTROL DEL GIRO DEL MOTOR	35
FIG.2.8. DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CONTROL DE LUCES DEL ASCENSOR	36
FIG.2.9. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	39
FIG.2.10. DIAGRAMA CIRCUITAL DE LA CONMUTACIÓN TEMPORIZADA DE SEÑALES	40
FIG.2.11. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL CONTROL DE PARACAÍDAS Y ACTIVACIÓN DE ALARMAS	41
FIG.2.12. DIAGRAMA CIRCUITAL DE SENSOR DE ENERGÍA	42
FIG.2.13. DIAGRAMA CIRCUITAL DE CONTROL DE CERRADURA ELÉCTRICA	43
FIG.2.14. DIAGRAMA CIRCUITAL DE PARO DE EMERGENCIA	43
FIG.2.15. CIRCUITO DE CONEXIÓN DE SENSOR DE PESO	44
FIG.2.16. VISTA FRONTAL DEL ASCENSOR DE CARGA	48
FIG.2.17. VISTA POSTERIOR DEL ASCENSOR DE CARGA	48
FIG.2.18. VISTA LATERAL DERECHA ASCENSOR	49
FIG.2.19. VISTA LATERAL IZQUIERDA ASCENSOR	49
FIG.2.20. VISTA FRONTAL CON PUERTA DE CABINA ABIERTA DE ASCENSOR DE CARGA	50
FIG.2.21. PANTALLA PARA MONITOREO EN EL SISTEMA SCADA	51
FIG.3.1. MODELOS DE REDES DE PETRI[19]	58
FIG.3.2. RED DE PETRI DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE ASCENSOR EN PETRI MAKER EDITEUR	66
FIG.3.3. RED DE PETRI DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE ASCENSOR EN PIPE2	67
FIG.3.4. CLASIFICACIÓN DE LA RED DE PETRI CON PIPE2	68
FIG.3.5. SIFONES Y TRAMPAS CON PIPE2	68
FIG.3.6. ÁRBOL DE ALCANZABILIDAD CON PIPE2	69
FIG.3.7. DATOS DEL PRIMER LUGAR DE LA RED	69
FIG.5.1. VISTA POSTERIOR	79
FIG.5.2. VISTA FRONTAL	79
FIG.5.3. VISTAS LATERALES	79
FIG.5.4. VISTA FRONTAL CON PUERTA DE CABINA ABIERTA	80
FIG.A.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACCIONES QUE EL ASCENSOR TOMARÁ EN CASO DE FALLA DE ENERGÍA DE LA RED[52]	89
FIG.B.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACCIONES QUE EL ASCENSOR TOMARÁ EN CASO FALLE EL MODO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA Y TENGA QUE FUNCIONAR EN MODO MANUAL[52]	91
FIG.C.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA MELD DE MITSUBISHI[52]	93
FIG.F.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS	105
FIG.F.2. ESTADOS DEL SENSOR	106
FIG.F.3. DIAGRAMA DEL RELÉ	107
FIG.F.4. DIAGRAMA DE BLOQUE DE FUNCIONAMIENTO DE SENSOR	108
FIG.F.5. PROGRAMA DEL PLC EN LENGUAJE ESCALERA	108
FIG.F.6. FOTOGRAFÍAS DEL SENSOR Y LOS ELEMENTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PARACAÍDAS	109
FIG.F.7. FOTOGRAFÍA DEL PLC CON LA CONEXIÓN DE SU ENTRADA I0.1 Y DE LA SALIDA Q0.0 IMPLEMENTADAS	109
FIG.F.8. FOTOGRAFÍAS DE LA CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA IMPLEMENTADA COMO PARACAÍDAS EN EL ASCENSOR	109

FIG.F.9. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL SENSOR DE ENERGÍA	111
FIG.F.10. DIAGRAMA CIRCUITAL DE PARACAÍDAS	111
FIG.G.1. GALGA EXTENSIOMÉTRICA INDUSTRIAL[29]	114
FIG.G.2. GALGA EXTENSIOMÉTRICA SOBRE UNA MONEDA[29]	116
FIG.G.3. ESTRUCTURA DE UNA GALGA EXTENSIOMÉTRICA[29]	116
FIG.G.4. DISPOSICIÓN DE UN PUENTE DE WHEATSTONE EN UNA CELDA DE CARGA[24]	118
FIG.G.5. CIRCUITO DE LA CELDA DE CARGA (PUENTE COMPLETO)[24]	118
FIG.G.6. FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA DE CARGA (A) CELDA POR ENCIMA DE LA HORIZONTAL TIENE VOLTAJE POSITIVA (B) CELDA POR DEBAJO DE LA HORIZONTAL TIENE DIFERENCIA DE VOLTAJE NEGATIVO (C) CON MAYOR DIFERENCIA CON RESPECTO A LA HORIZONTAL HAY MAYOR VARIACIÓN DE VOLTAJE[26]	119
FIG.G.7. CORTE TRANSVERSAL DE UNA CELDA DE CARGA DIGITAL[27]	120
FIG.G.8. DIAGRAMA DE BLOQUE DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN INSTRUMENTO O DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN	122
FIG.G.9. CIRCUITO DE AMPLIFICACIÓN	123
FIG.G.10. LAYOUT DEL CIRCUITO DE AMPLIFICACIÓN (A) LAYOUT EN PANTALLA (B) LAYOUT IMPRESO EN PAPEL TÉRMICO	123
FIG.G.11. VISTA 3D DEL CIRCUITO DE AMPLIFICACIÓN	124
FIG.G.10. POSIBLES CAUSAS DE DAÑOS MECÁNICOS	124
FIG.G.11. DIMENSIONES DE LA CELDA DE CARGA [27]	125
FIG.G.12. CONEXIÓN A ASCENSOR DE CARGA	126
FIG.H.1. RED DE PETRI EN PETRI MAKER	128
FIG.I.1. RED DE PETRI EN PIPE2	130
FIG.J.1. ÁRBOL DE ALCANZABILIDAD DE LA RED DE PETRI CON ALARMAS Y PRIORIDADES	132
FIG.J.1. MATRIZ DE INCIDENCIA DEL PRIMER ESTADO DE LA RED SIN ALARMAS NI PRIORIDADES	134
FIG.L.1. RED DE PETRI EN <i>REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA</i>	136
FIG.R.1. ISOMETRÍA POSTERIOR DERECHA DE ASCENSOR DE CARGA	202
FIG.R.2. ISOMETRÍA FRONTAL DERECHA DE ASCENSOR DE CARGA	202
FIG.R.3. ISOMETRÍA POSTERIOR IZQUIERDA DE ASCENSOR DE CARGA	203
FIG.R.4. ISOMETRÍA FRONTAL IZQUIERDA DE ASCENSOR DE CARGA	203

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1. DESCRIPCIÓN DE MODELOS DE ASCENSORES EN BASE AL SISTEMA DE LAZOS[52]	13
TABLA 2.1. ENTRADAS DEL PLC	33
TABLA 2.2. SALIDAS DEL PLC	34
TABLA 2.3. TABLA DE SÍMBOLOS USADOS EN LA PROGRAMACIÓN DE LA CONMUTACIÓN TEMPORIZADA	40
TABLA 2.4. ENTRADAS DEL PLC PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL ASCENSOR DE CARGA	45
TABLA 2.5. SALIDAS A RELÉ DEL PLC PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL ASCENSOR DE CARGA	46
TABLA 2.6. DESCRIPCIÓN DE LAS ETIQUETAS USADAS EN GRÁFICOS	47
TABLA 3.1. ENTRADAS UTILIZADAS EN EL PLC	72
TABLA 3.2. SALIDAS DEL SISTEMA	73
TABLA 5.1. DESCRIPCIÓN DE ETIQUETAS	78
TABLA G.1. TIPOS DE CELDAS DE CARGA[21]	120
TABLA G.2. DATOS DE OPERACIÓN DE LA CELDA DE CARGA	125
TABLA G.3. CONEXIONES ELÉCTRICAS DE LA CELDA DE CARGA	126
TABLA R.1. COMPONENTES DE ASCENSOR DE CARGA	205

**LISTA DE ECUACIONES**

(3.1) LUGARES .....	53
(3.2) TRANSICIONES .....	53
(3.3) RED DE PETRI.....	54
(3.4) ECUACIÓN DE ESTADO .....	62
(3.5) MATRIZ DE INCIDENCIA .....	63
(F.1) REACTANCIA INDUCIDA .....	105
(G.1) LEY DE HOOKE.....	114
(G.2) DEFORMACIÓN.....	115
(G.3) RESISTENCIA.....	115
(G.4) FACTOR DE GALGA.....	117

# **MONTAJE Y MEJORAS DE PROTOTIPO DE ASCENSOR DE CARGA USANDO METODOLOGÍA DE DISEÑO DE SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS MEDIANTE REDES DE PETRI**

## **CAPÍTULO 1**

### **1. Marco Teórico**

#### ***1.1. Historia***

A través del tiempo el hombre ha ido construyendo edificaciones de mayor tamaño lo que le ha obligado a buscar soluciones a su necesidad de subir objetos, materiales y personas más alto de lo que con la fuerza física lo puede hacer. En este punto es cuando se crean los primeros elementos de elevación, siendo estos: las palancas, poleas, rodillos y planos inclinados, los mismos que fueron usados por primera vez a gran escala en los periodos de esplendor de diferentes civilizaciones, las que, entre otras, se mencionan las de mayor desarrollo como la egipcia, china, hindú, asiria, mesopotamia y babilonia. A la civilización china no sólo se le debe la creación de elementos de elevación, sino a su vez de las primeras cuerdas de cáñamo, que eran mucho más resistentes a las condiciones de trabajo que las lianas hasta entonces usadas.

Pero no es hasta la llegada de la civilización greco-romana que realmente se llegó a un mejor entendimiento y desarrollo, ya que por primera vez se tiene una descripción teórica-práctica de muchos de los elementos conocidos hasta ese momento. La civilización griega va aún más allá y no sólo se limita a describir matemática y

físicamente a los elementos de elevación, sino que los mejora, perfecciona y hasta crea nuevos elementos, como el polipasto y poleas compuestas que se remontan a la Grecia clásica. Tomando en consideración a los tres inventores griegos de mayor importancia, como son: Ctesibio, padre de la hidráulica; Arquímedes de Siracusa, descubridor del tornillo sin fin, quien además desarrolló un sistema teórico con el cual se describe la multiplicación de la fuerza que se consigue con la palanca, el efecto de la cuña, planos inclinados y poleas, llevándose a cabo también una extensa teoría sobre los polipastos con las transmisiones de fuerzas, y Herón de Alejandría, inventor de la polea compuesta.

La civilización romana no dudó en usar los conocimientos de griegos, egipcios, y de otros pueblos conquistados, de los cuales tomaba el desarrollo de las ciencias exactas, el gusto por el desarrollo tecnológico e investigación entre algunas de las tantas cosas que absorbió. Como era de suponerse también tomó el desarrollo de los elementos de elevación y los convirtió en sistemas compuestos usados en su diario vivir. Uno de estos es la creación de grúas para grandes pesos con el uso de polipastos, desarrollando algo muy importante y trascendental hasta ese momento, el elevador de carga vertical accionado por la combinación del plano inclinado y el torno accionado a mano que describió y perfeccionó Vitrubio.

Ya para el siglo II A.C. se utilizaba en Egipto la rueda persa o Saqiya la cual podría ser el primer prototipo para el elevador de cangilones. De este punto de la historia en adelante la humanidad utilizó los sistemas ancestrales por muchos siglos, ya que los calificó como muy eficientes para los usos que eran prestados. Así fue que sin la necesidad de mejorarlos no hubo mayor adelanto hasta el siglo XVI, en el que en

Francia el inventor Vilayer desarrolló lo que el mismo llamó: la silla voladora, en la cual el contrapeso hace su aparición por primera vez en la historia, pero este sistema fue muy deficiente lo que lo hizo desaparecer muy pronto. Pero con estos primeros pasos ya se abrió camino para los desarrollos posteriores en los que se mejoraron los sistemas de seguridad y manejo. La llegada de los sistemas hidráulicos, neumáticos y por último los eléctricos abrió el camino al uso de los elevadores y ascensores a escala exponencial.

La actualidad se destaca por los grandes inventos en todas las áreas y la prioridad de los seres humanos por hacer las cosas más rápido; mencionando ahora más que nunca la cita: “El Tiempo es Oro”. Por esta razón es que hoy se tiene un gran desarrollo en elementos de elevación más eficaces, rápidos y seguros para permitir el subir y bajar carga o personas de edificios de mayor tamaño en menor tiempo. De esta forma es que en algunos países hoy se encuentra en la legislación de construcción de edificios de varios pisos, como obligatorio, la existencia de por lo menos un ascensor de carga y un ascensor de personas dependiendo esto del número de habitantes o de trabajadores que estarán en las edificaciones.[2][11]

Con el desarrollo, el continuo crecimiento de la capacidad de integración microelectrónica y el avance acelerado de las técnicas y herramientas de diseño digital se ha generado un aumento explosivo del número de elementos, ambientes y aplicaciones donde se han incorporado sistemas electrónicos basados en arquitecturas de computador. Tomando en cuenta que los primeros controles, de tipo electromecánico, fueron realizados a partir de relés y contactores. Posteriormente con la aparición de los sistemas digitales se implementaron controles que incluían microprocesadores, los

cuales se programaban en lenguajes de bajo nivel, sin embargo ninguna de estas metodologías permitió responder adecuadamente a las necesidades actuales.

Con el fin de solucionar estos problemas se introdujo el PLC (Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable), elemento que es muy usado en aplicaciones industriales por su capacidad de manejar varias partes de una planta con una sola unidad y la ventaja de ser programado en un lenguaje más amigable y fácil de modificar o aumentar capacidad de control y mando. Esta y otras razones son las que han hecho que se vea a este elemento como importante para las acciones mencionadas en el ascensor de carga, objeto de esta tesis.

## ***1.2. Empresas y Sistemas dentro de la Industria de Ascensores de Carga***

En el mundo actual, a los ascensores se los encuentra en casi toda edificación moderna, dando lugar a un mercado en el cual las empresas, que se encuentran a la vanguardia de la tecnología y capacidad de ir adaptando sus productos a las necesidades de sus clientes, se mantienen como líderes. A continuación se describirán brevemente a las empresas más importantes dentro de esta industria: Otis Steam Elevator Company y Mitsubishi Electric Corporation.

### ***1.2.1. Otis Steam Elevator Company***

#### *Antecedentes y Descripción de la Empresa*

Otis Steam Elevator Company fue fundada en Nueva York por Elisha Graves Otis (Halifax, Vermont, 1811 - Yonkers, Nueva York, 1861), inventor estadounidense, pionero en la construcción de ascensores mecánicos.

La empresa para lograr entrar en el mercado realizó una demostración pública de su sistema de seguridad en el Palacio de Cristal neoyorquino, levantando a una gran altura una plataforma y ordenando que cortaran la cadena que lo izaba, teniendo repercusiones que hasta el día de hoy forman parte de los éxitos de Otis. [33] En la figura 1.1 se muestra una pintura de la época de la demostración realizada por Otis en la ciudad de Nueva York.



Fig.1.1. Primera demostración pública del ascensor (Nueva York, 1853) [33]

El primer elevador de la empresa Otis destinado al público se impulsaba mediante una máquina de vapor y permitía elevar hasta seis personas a una velocidad de diez metros por minuto.

Desde sus inicios Otis está dedicada a la fabricación, instalación y mantenimiento de ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles en cerca de 200 países del mundo en los cuales opera. Esta empresa dispone de fábricas en Europa, Asia y América, empleando a más de 63.000 personas, y tiene instalados más de 1.600.000 ascensores y 110.000 escaleras mecánicas en todo el mundo. [33]

En el Ecuador, como en muchos países del mundo, la empresa Otis tiene su representante al cual se lo encuentra con el nombre de: OTIS Ingeniería en Ascensores Cia. Ltda. y fue fundada en 1963.

Otis tiene entre sus productos los ascensores de carga hidráulicos que son plataformas hidráulicas, máquinas resistentes y duraderas que siempre ofrecen una respuesta fiable y precisa. Con un gran número de aplicaciones en la industria, las plataformas hidráulicas incorporan recorridos de hasta 12 metros y 8 paradas. En la figura 1.2. se muestra un ascensor Otis Hidráulico. [33]

Además, su reducido tiempo de montaje y un excepcional aprovechamiento de la superficie ocupada, hacen que sean una opción para naves industriales.



Fig. 1.2. Ascensor de carga Otis Hidráulico [33]

### *Características Técnicas*

El ascensor de carga normalizado es de impulsión hidráulica mediante émbolo y suspensión por cables o cadenas, a través de un cabezal diferencial, con poleas o piñones, montado sobre el extremo del émbolo. [33]

El cabezal diferencial está incorporado en el extremo superior del pistón para este tipo de ascensor. Esto conforma el soporte de las poleas de desvío que permiten elevar la plataforma al doble de altura que el recorrido del pistón. Las columnas de soporte e impulsión están localizadas a uno o ambos lados de la plataforma y apoyadas en la base del foso. Van fijadas a la estructura circundante con anclajes especiales, con el fin de absorber esfuerzos de vuelco. La central de fuerza formada por un conjunto monobloque constituido por: tanque de aceite, motor eléctrico de 1500 r.p.m., grupo motobomba, válvulas anti-retorno y de seguridad, electro válvula, filtro de aspiración y desvaporización.

Todos los componentes antes descritos van montados sobre la tapa del tanque para facilitar su revisión. La central de fuerza puede situarse, según conveniencia, hasta a 10m de distancia del recinto. [33]

El panel de control para el funcionamiento automático del ascensor de carga, va situado en armario metálico. Las botoneras de mando están situadas en la parte exterior de la puerta de cabina, para obligar a que las órdenes de funcionamiento se den siempre desde el exterior. Posee un pulsador de llamado por cada piso a servir, un pulsador correspondiente a la parada de emergencia, y luz indicadora de llegada a la cabina a piso. [33]

#### *Elementos de Seguridad*

Las plataformas Otis cumplen la normativa de máquinas, estando provistas de los siguientes elementos de seguridad:

- Como protección están implementadas barandillas para evitar la caída de los objetos transportados e impedir que la carga sobresalga de la superficie de la plataforma habilitada para ello.
- Presenta una válvula limitadora de presión en caso de obstrucción de la tubería o sobrecarga importante. Esta válvula se muestra en la figura 1.3.
- Posee una válvula contra-rotura de la tubería del aceite.
- Llave de paso del aceite entre central hidráulica y tubería.
- Sensor de rotura de cables o cadenas y en ciertas plataformas mecanismo de emergencia en caso de rotura o aflojamiento de cadenas que produce automáticamente el corte de la maniobra eléctrica.
- Las puertas poseen sensores eléctricos o elementos de enclavamiento mecánico, instalados en la plataforma para bloquear su desplazamiento en caso de puerta abierta. [33]



Fig.1.3. Válvula limitadora de presión[33]

### ***1.2.2. Mitsubishi Electric Corporation***

#### *Antecedentes y Descripción de la Empresa*

La empresa Mitsubishi Electric elevadores y escaleras son definidas por la frase “Calidad en Movimiento”. Este es el concepto que ha ido creciendo poniendo atención en detalles que se manifiestan en la excelente calidad de sus productos desde 1930. Mitsubishi Electric Corp. ha construido su reputación por la creación de avances en los sistemas de elevación que hacen que su movimiento sea más cómodo, seguro e innovador.

En la figura 1.4 se muestra el equipo utilizado como sistema de tracción para los ascensores Mitsubishi en 1930.



Fig.1.4. Sistemas de tracción para ascensores Mitsubishi de 1930 [52]

Mitsubishi Electric Corp. ha abierto una infinidad de nuevas posibilidades para el diseño de espacios públicos. Este adelanto ha requerido de muchos años de dedicación para lograr superar los desafíos físicos, técnicos y mecánicos. La inteligencia artificial desarrollada para los sistemas de elevación ha permitido que los mismos aprendan los patrones de tráfico para brindar un mejor servicio. [52]

## *Sistema de Conducción*

### *Método a Tracción*

Existen dos tipos de ascensor de cuerda: el método de tambor (elevador de devanado tipo tambor) y el método a tracción, el que comprende lo siguiente:

- Con engranajes: en este método, que se muestra en la figura 1.5.a, la rotación del motor (velocidad) se reduce a una décima parte utilizando un reductor de velocidad, que está equipado con un gusano o engranajes helicoidales y es transmitido a la polea de tracción de la máquina.
- Sin engranajes: en el método de la figura 1.5.b la polea de tracción se conecta directamente al eje del motor de tracción y la rotación del motor (velocidad) se transmite directamente a la polea de tracción sin engranaje intermedio.

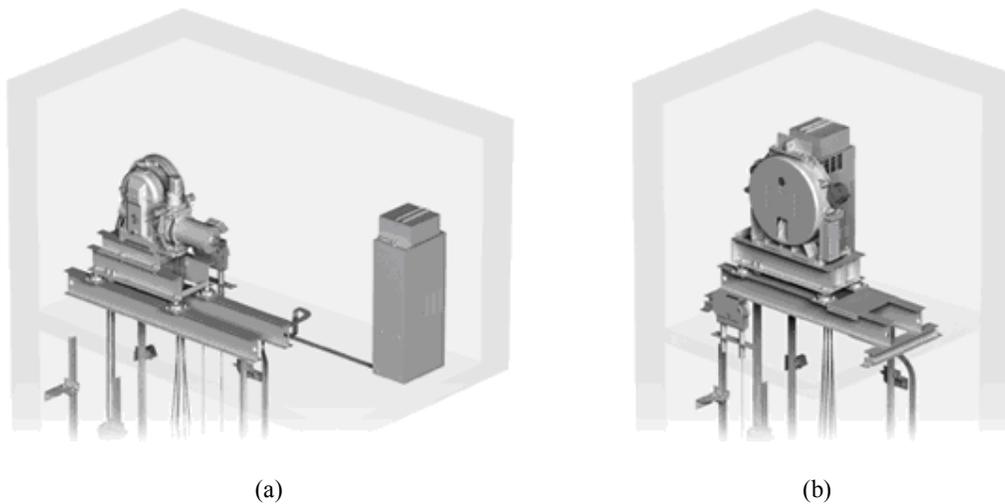


Fig.1.5. Métodos de tracción. (a) con engranaje (b) sin engranaje[52]

### Método Hidráulico

En el sistema de conducción hidráulica la unidad de energía hidráulica fuerza al aceite en el gato hidráulico (una combinación entre un émbolo y un cilindro) el émbolo empuja hacia arriba la cabina utilizando la energía almacenada en el aceite bajo presión. La cabina desciende automáticamente a medida que el aceite regresa al cilindro siguiendo la misma ruta. Se toman dos tipos de acciones en el método hidráulico.

- Acción directa: (manejo directo del émbolo) el émbolo empuja hacia arriba la cabina en una relación 1:1. Este manejo se muestra en la figura 1.6.a.
- Acción indirecta: el émbolo está conectado a la cabina por medio de una cuerda y polea del deflector de la suspensión, la cabina se mueve de arriba a abajo con una proporción de 1:2. Este tipo de acción del método hidráulico se muestra en la figura 1.6.b.

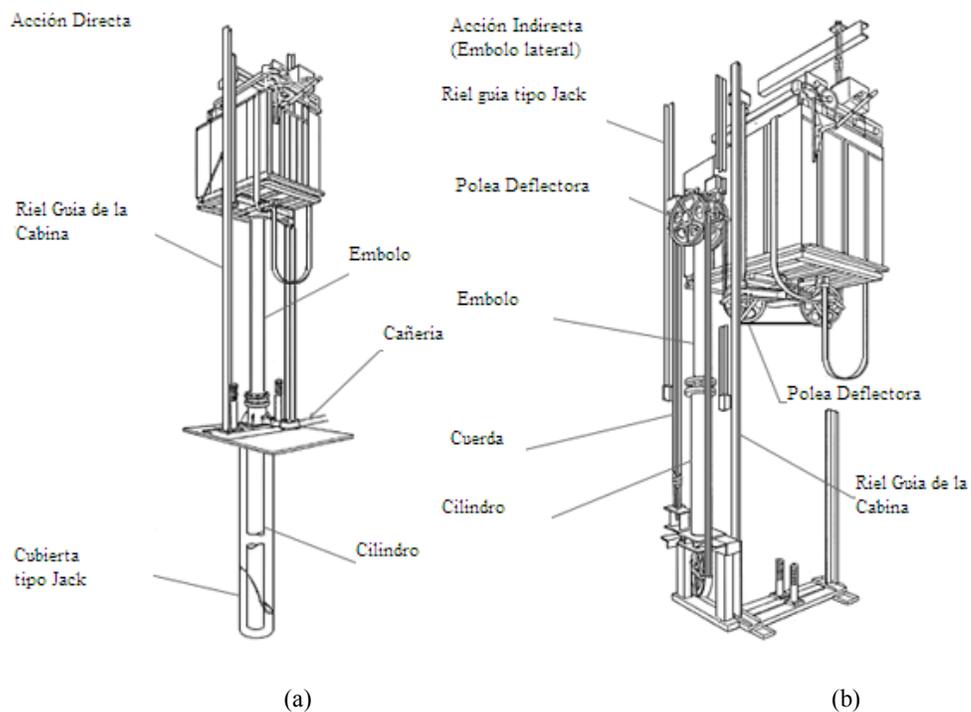


Fig.1.6. Métodos Hidráulicos (a) acción directa (b) acción indirecta [52]

### Sistema de Lazos

Existen varios sistemas de lazos, aunque varían según la velocidad de tracción, la carga nominal y otros factores, los sistemas de lazos deben ser lo más simples posibles. Reducir el número de deflectores y poleas de suspensión mejoran la longevidad y la eficacia de las cuerdas.

Con 2:1 ó 4:1 cuerdas, la velocidad de la cabina se reduce a  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{4}$ , respectivamente, porque las poleas de suspensión se proporcionan por encima (o debajo) de la cabina y el contrapeso, y ambos extremos de la cuerda se adjuntan a las vigas de la sala de máquinas. Con estos sistemas de lazo las cargas de la cuerda se reduce a  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{4}$ , por lo tanto, el diámetro y el número de cuerdas puede ser también reducido. [52]

En la figura 1.7 se muestran las diferentes configuraciones de sistemas de lazos y en la tabla 1.1 se encuentran las características básicas de cada una de ellas.

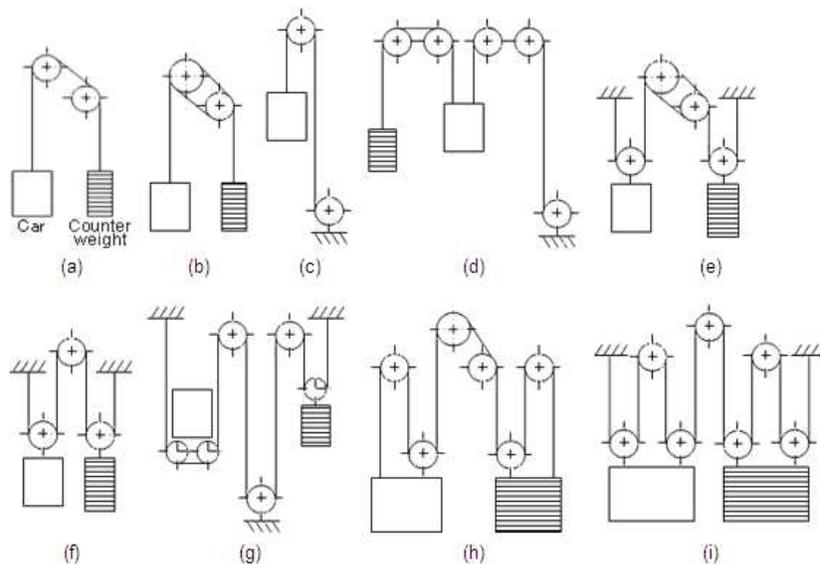


Fig.1.7. Sistemas de lazo (a) medio envuelto (b) envuelto completo (c) (d) tambor devanado (e) envuelto completo (f) (g) (h) (i) medio envuelto [52]

<b>Fig.</b>	<b>Lazo</b>	<b>Método de lazo</b>	<b>Uso principal</b>
a	1:1	Medio envuelto	Ascensores de media y baja velocidad
b	1:1	Envuelto completo	Ascensores de alta velocidad
c	1:1	Tambor devanado	Ascensores domiciliarios
d	1:1	Tambor devanado	Ascensores de mínima y baja velocidad
e	2:1	Envuelto completo	Ascensores de alta velocidad
f	2:1	Medio envuelto	Montacargas
g	2:1	Medio envuelto	Ascensores sin cuarto de máquinas
h	3:1	Medio envuelto	Ascensores de carga pesada
i	4:1	Medio envuelto	Ascensores de carga pesada

Tabla 1.1. Descripción de modelos de ascensores en base al sistema de lazos[52]

#### *Operación del Sistema de Ascensor con Fuente Auxiliar de Energía*

Los ascensores operan usando la energía de una fuente auxiliar durante un corte del suministro normal en orden de prevenir que los pasajeros se queden atrapados al interior de la cabinas. El ascensor regresa a su funcionamiento normal cuando retorna la energía de la red.

#### *Acciones que el Ascensor Tomará en Caso Falle la Energía de la Red y Esté Accionado el*

##### *Modo Automático en el Panel de Control*

En el anexo A se presenta un diagrama de flujo que es aplicable en todos los ascensores procedentes de Mitsubishi Electric en el caso de pérdida de energía de la red y accionamiento de la fuente de energía de emergencia.

En el diagrama de flujo del anexo A se encuentra descrito paso a paso cada una de las acciones que serán tomadas por el sistema de ascensores al momento de pérdida total de energía de la red, y como cada una de las cabinas irán saliendo de servicio para mayor protección de sus pasajeros.

Si alguna de las cabinas no regresa automáticamente al piso definido se realizan acciones fuera de lo normal y se activa el modo manual.

*Acciones que el Ascensor Tomará en Caso Falle el Modo Automático del Sistema y Tenga que Funcionar en Modo Manual, Habiendo Sido Activado en el Panel de Control*

En el anexo B se muestra el diagrama de flujo con el funcionamiento del sistema MELD (Mitsubishi Emergency Landing Diagram) de Mitsubishi para los ascensores y se encuentra descrito paso a paso cada una de las acciones que serán tomadas por el sistema de ascensores al momento de presentarse una emergencia, pérdida total de energía de la red y al haber sido activado en el panel de control el modo manual de funcionamiento.

*Funcionamiento del Sistema de Seguridad de Arribo en los Ascensores de Mitsubishi MELD (por sus siglas en inglés - Mitsubishi Emergency Landing Diagram)*

En el diagrama de flujo del anexo C se muestra el funcionamiento del sistema MELD de Mitsubishi para los ascensores y se encuentra descrito paso a paso cada una de las acciones que serán tomadas por el sistema de ascensores al momento de presentarse una emergencia.

En la figura 1.8 se muestra un ascensor Mitsubishi con sus componentes y descripción.

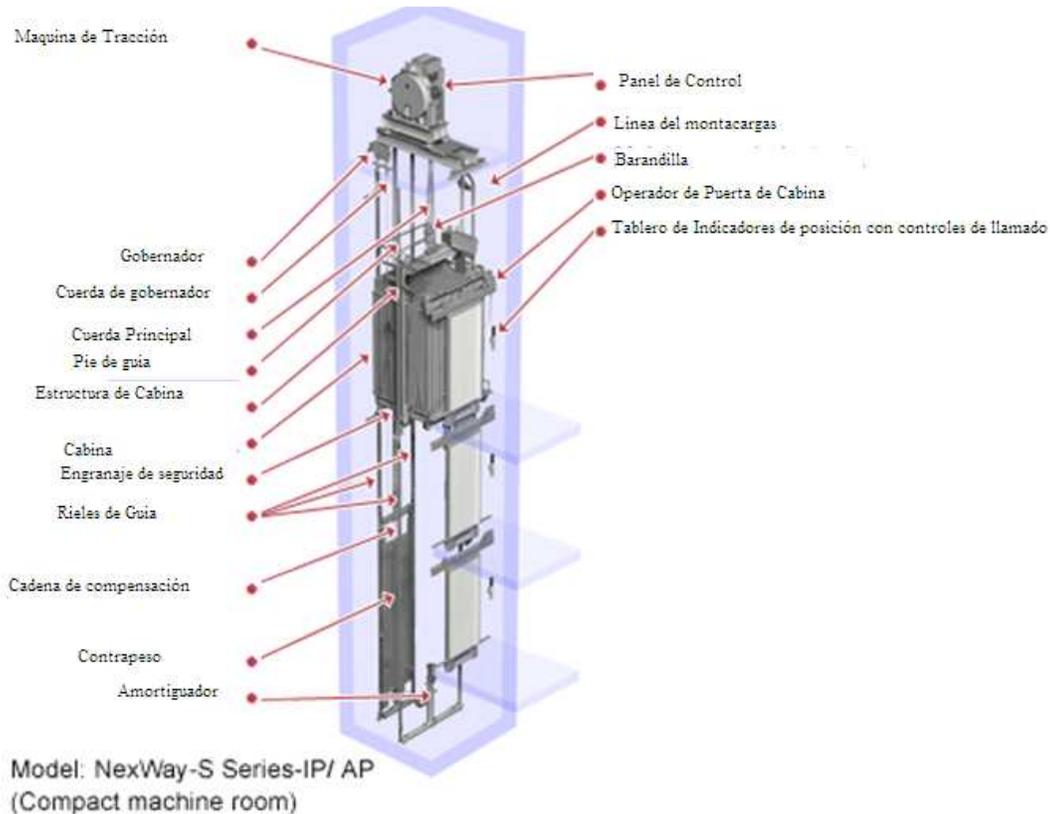


Fig.1.8. Modelo de ascensor Mitsubishi NexWay-S Series-IP/AP [52]

Para la realización del diseño se tomó como referencia el ascensor de carga, como un caso real del control de ascensores, considerando todas las especificaciones y restricciones propias del medio industrial en que éstos operan. Para la validación del control diseñado se utilizó un prototipo a escala del elevador, el cual cuenta con las señales y subsistemas del modelo real y que sirve como plataforma educativa en las áreas de sistemas de Control Digital, Control Automático, Automatismos Industriales, entre otras. Este diseño se implementó usando especificaciones de Maniobra Universal estándar en el manejo de ascensor de la industria en cuanto a señales eléctricas y manejo de ruido, que se definirá posteriormente.

### ***1.3. Definición del Problema: “Ascensor de Carga Industrial”***

Para poder definir el problema planteado se debe comenzar haciendo una breve reseña de los motivos que generaron este proyecto.

Al iniciar el segundo semestre 2007 – 2008 en la clase de Automatismos Industriales se planteó la idea de realizar diferentes proyectos encaminados a demostrar los conocimientos adquiridos en la materia, entre los temas propuestos se encontraba la construcción de un ascensor de carga didáctico, este proyecto dio como resultado la construcción y posterior puesta en marcha del ascensor de carga. Su desarrollo se dio en distintas fases, desde la construcción de la estructura mecánica, el armado y equipado para facilitar el funcionamiento mecánico, la realización de la instalación eléctrica y de equipos electrónicos requeridos para que pueda entrar en funcionamiento a través de un PLC. Llegando después de todo este proceso a cumplir los objetivos mecánicos, mas no lo que concierne a control automático.

Tomando en cuenta lo antes expuesto y dada la necesidad de crear un laboratorio de Control Automático que sea de utilidad para las futuras generaciones de estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, con especialidad en Control, se requiere retomar la construcción de este prototipo que sirva como base para que se puedan conocer y definir con exactitud todas y cada una de las partes que lo componen y su funcionamiento.

### ***1.4. Significancia del Estudio***

La importancia del presente proyecto radica en la investigación que se realizó acerca de Redes de Petri para ser aplicadas dentro del área de control de ascensores de carga. Adicionalmente, esta tesis consta como la primera en el país sobre este tema.

### ***1.5. Definición de Términos***

Previo a la descripción de la teoría necesaria para el desarrollo de esta tesis, es necesario definir ciertos términos que son de especial importancia y que se usarán a lo largo de la misma, para de esta manera lograr una mejor comprensión:

- Ascensor de carga.- “Aparato elevador instalado permanentemente, que sirve en niveles definidos, que posee una cabina en la que evidentemente sus dimensiones permiten el ingreso de carga con limitación en peso, desplazándose al menos parcialmente por guías verticales o cuya inclinación sobre la vertical no supera los quince grados y cuya tracción se logra por medio de un grupo tractor que arrastra por adherencia a cable o cadena sobre poleas motrices.” [34]
  
- Sistema.- “Conjunto de elementos relacionados entre sí, entre los que existe cierta cohesión y unidad de propósito.”[4]
  
- Modelo.- “Reproducción ideal y concreta de un objeto o de un fenómeno con fines de estudio y experimentación. Al modelar un sistema se pueden obtener diversos resultados.”[3]

- Evento.- “Cualquier suceso que activa un proceso en un sistema automatizado.”[50]

- Evento Discreto.- “Cambio inmediato, no continuo de un evento del sistema.”[9]

## ***1.6. Redes de Petri***

### ***1.6.1. Antecedentes***

Las Redes de Petri (*Petri Nets - PN*) nacen en 1962, con Carl Adam Petri de la Universidad Darmstadt en Alemania cuando él presenta su trabajo doctoral “Kommunikation mit Automaten” (Comunicaciones con Automatas). Estas Redes se originaron cuando Petri formuló teoría básica para componentes asíncronos y tuvo que describir relaciones causales entre eventos. Luego, un grupo de investigadores del Applied Data Research Inc., desarrolla la teoría Systemics, con lo cual proporcionan la notación y representación de las Redes de Petri, lo que hace posible una amplia divulgación en 1968. En 1970, Holt y Commoner en sus trabajos “Events and Conditions”, muestran como esta herramienta gráfica puede ser utilizada para modelar y analizar sistemas que involucren procesos concurrentes.

Las Redes de Petri fueron objeto de estudio del grupo “The Computation Structures Group”, del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que bajo la dirección de Jack Dennis presentaron los eventos “Project MAC Conference on Concurrent Systems and Parallel Computation” y “Conference on Petri Nets and Related Methods”. Posteriormente aquel grupo ha publicado innumerables tesis

doctorales sobre las PN. Desde entonces el MIT y otros centros de investigación americanos han concentrado la aplicación de dicha herramienta hacia la teoría de autómatas. De la misma manera, las universidades europeas tienen el mismo enfoque, con lo cual se tiene una misma corriente en pro del desarrollo de la ciencia y la tecnología.

### ***1.6.2. Definición***

A través del modelamiento del sistema con Redes de Petri se desarrollará un modelo del sistema de ascensor de carga para su posterior control mediante un PLC o autómata programable que posea entradas y salidas.

Para definir correctamente las Redes de Petri, se debe comenzar señalando que es un modelo gráfico, estructurado y formal utilizado para modelar y analizar el flujo de información en un proceso. La información dinámica más relevante de los sistemas modelados es mostrada por una PN, para lo cual utiliza un conjunto de ecuaciones matemáticas.

Las mencionadas redes son ampliamente utilizadas para el diseño de sistemas de hardware y software, los mismos que sirven para realizar la simulación de amplios problemas de ingeniería, y de manera especial para procesos concurrentes, es decir, procesos que requieren una apropiada sincronización, procesos cíclicos, etc. La utilización de dicha herramienta gráfica garantiza seguridad, eficiencia y optimización de recursos en el diseño e implementación de los mismos.

Las Redes de Petri se utilizan para modelar el comportamiento dinámico de sistemas discretos.

La relación entre un sistema, el modelo en Red de Petri y las propiedades del mismo se muestra en la figura 1.9.

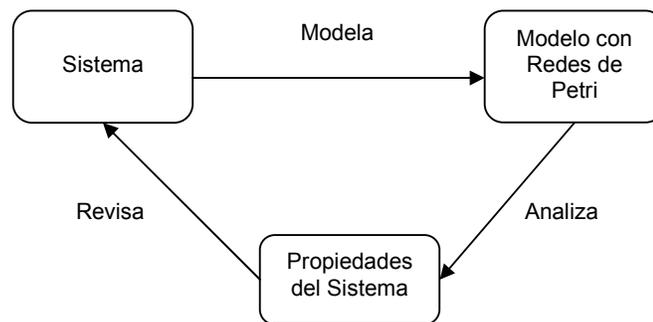


Fig.1.9. Funcionamiento de una Red de Petri

Los elementos de una Red de Petri son:

- Los lugares que permiten representar los estados del sistema mediante la utilización de marcas.
- Las transiciones que representan el conjunto de acciones a realizar cuando se cumplen unas determinadas precondiciones en el sistema.
- Los arcos unen las plazas y las transiciones. Un arco une siempre lugares con transiciones y nunca dos plazas o dos transiciones.
- Las marcas o tokens determinan el estado de ejecución de la Red de Petri.

A continuación, en la figura 1.10 se puede observar los elementos de una Red de Petri y dos ejemplos de red.

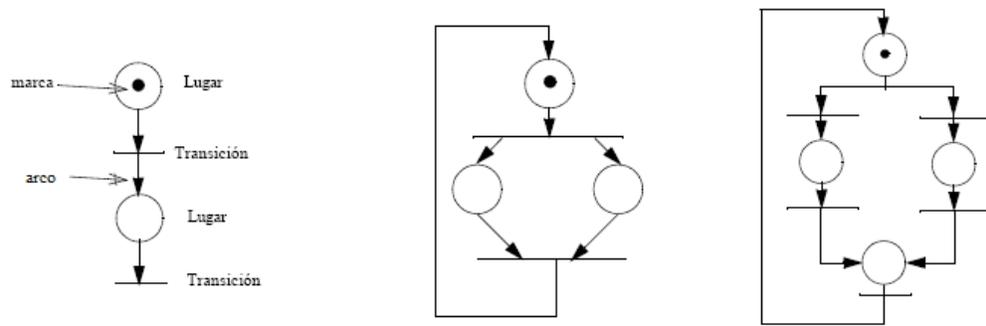


Fig.1.10. Elementos de una Red de Petri

Una transición puede ser destino de varios lugares y un lugar puede ser el destino de varias transiciones. Asimismo, una transición puede ser origen de varios lugares y un lugar puede ser origen de varias transiciones.

En el capítulo 2 se extenderá la teoría sobre Redes de Petri.

### ***1.6.3. Ventajas de las Redes de Petri***

- Tienen lenguaje matemático que evita ambigüedades. [20]
- Facilita la especificación formal de procesos y sistemas en tiempo discreto, lo que ayuda a evitar confusiones.
- A través de las Redes de Petri se puede utilizar una sintaxis y semántica bien definida.
- Permiten una visión global del sistema especificado. [15]
- Es una herramienta gráfica que permite modelar sistemas de eventos discretos, y controladores automáticos.
- Hacen posible observar claramente el flujo de control global del sistema.
- Esta metodología es de fácil entendimiento puesto que permite realizar correcciones y mejoras en el sistema.

- El análisis de la red muestra importante información acerca de la estructura y comportamiento del sistema, lo que puede sugerir modificaciones y optimizaciones.

### ***1.7. Limitaciones***

El proyecto tiene limitaciones principalmente en la implementación física, debido a que se trata de un prototipo y no una construcción real. Una de las principales limitaciones es el sistema de guías, ya que no es completamente seguro ni es el diseño apropiado para un ascensor pues la cabina no circula si no posee una lubricación adecuada.

El ascensor con sistema de cadena funciona adecuadamente para el prototipo, pero en casos de ascensores de mayor tamaño y trabajo continuo se produce desgaste excesivo en la cadena al tener un trabajo en el cual sufre rozamiento con otras partes del ascensor.

Existe limitación de ciclos de uso continuo porque depende de una lubricación manual que el operador debe realizar cada cierto tiempo, pues sin ésta el ascensor puede sufrir un desgaste acelerado disminuyendo el tiempo de vida útil del mismo.

Por último, pero no menos importante, se tiene que el sensor de peso de la cabina no brinda información real acerca del peso que soporta la estructura y el motor, sino que se estableció un valor de referencia para mostrar un posible funcionamiento en un sistema real.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. Implementación de un Sistema de Control a Eventos Discretos para un Ascensor de Carga Escala Piloto**

#### ***2.1. Relevamiento de la Información Inicial***

Basándose en las definiciones dadas en la sección 1.4. *Definición de Términos*, se puede decir que el funcionamiento de un ascensor de carga es sencillo, puesto que todo se basa en el sistema universal. Para ponerlo en marcha sólo es necesario presionar el botón correspondiente al piso que se desea y el ascensor ya no obedece más señales mientras se está realizando la maniobra ordenada, ya sea esta ascendente o descendente, tomando en cuenta que existen maniobras especiales que advierten un mal funcionamiento en el equipo, como es el caso del pulsador de paro de emergencia, el mismo que al momento de ser activado el ascensor está programado para priorizar esta orden en desmedro de las antes dadas.

El ascensor de carga en particular requiere para su funcionamiento una serie de funciones y elementos que se deben definir como es el caso de lo que se conoce como Maniobra Universal o sistema de bloqueo que es el “grupo de aparatos destinados a efectuar el arranque, circulación o maniobra, velocidad, paradas, señalización y deben ser, por tanto, adecuados en sus características para el ascensor, donde han de actuar y deben estar preparados para resistir un funcionamiento tan intensivo como el rendimiento que el ascensor sea capaz de funcionar”[11]. Es por esto que para cualquier tipo de ascensor sea de carga o de pasajeros se debe tener en cuenta una serie de métodos de seguridad, los mismos que se definen a continuación:

### ***2.1.1. Cabina***

Las cabinas deben ser fabricadas de acuerdo al tipo de carga que vayan a transportar, pues dependiendo de esto se modifica el diseño de la misma para optimizar su tamaño y capacidad de carga. Uno de los elementos que son comúnmente modificados es el sistema de suspensión.

### ***2.1.2. Control de Carga***

Un ascensor moderno debe contar con uno o más sensores de peso que permitan un monitoreo preciso de la carga a la que se encuentra sometida dicho ascensor en todo momento en los ciclos que realice el mismo. Dichos sensores se encuentran encargados de limitar el funcionamiento del ascensor hasta niveles de carga nominal impuesto por el fabricante como una medida de seguridad.

### ***2.1.3. Maquinaria***

Toda la maquinaria que se vaya a utilizar debe ser propia del ascensor e independiente de cualquier otro sistema presente en la edificación en la que se encuentre, pues de esta manera se tiene un control óptimo de todos los mecanismos de ascensor.

### ***2.1.4. Mandos***

Los mandos son todos los botones que están expuestos tanto al exterior de cada piso, como en el interior de la cabina, que permiten accionar las funciones del ascensor y su maniobrabilidad.

### ***2.1.5. Puertas***

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.

### ***2.1.6. Señalización***

Se entiende por señalización de un ascensor al conjunto de luces, altavoces y símbolos que son fácilmente entendibles por el usuario y presentan la situación actual del ascensor.

### ***2.1.7. Elementos de Seguridad***

Todo ascensor, sea este de carga o de pasajeros, debe contar con elementos de seguridad que permitan un total control del funcionamiento del mismo, para este caso se mencionarán los de mayor importancia como son: paracaídas de rotura o desequilibrio del cable o cadena, paracaídas de aceleración, limitador de velocidad, finales de carrera, salvavidas, dispositivo de seguridad contra el aflojamiento del cable o cadena, dispositivo de parada de emergencia, timbre de alarma, cerraduras, luz de emergencia, dispositivos eléctricos de seguridad de retorno de amortiguamiento y dispositivo anti rebote.

## ***2.2. Descripción Mecánica, Eléctrica y Software del Primer Modelo de Ascensor de Carga***

Este proyecto en su fase inicial se lo realizó como parte del curso de Automatismos Industriales, en el cual se desarrolló lo referente al funcionamiento mecánico, eléctrico y electrónico.

### ***2.2.1. Elementos Mecánicos***

La estructura mecánica se implementó con elementos descritos a continuación:

- 6 rieles de acero inoxidable.
- 2 recuadros en tubo cuadrado.
- 3 m de cadena.
- 1 piñón libre dentado, de diez dientes.
- 1 caja cuadrada 0.2 X 0.2 m metálica.
- 1 caja cuadrada 0.3 X 0.3 m metálica.
- 0.4 m de canal U.
- 1.6 m de platina de 1' de ancho.
- 2 m de platina de 2' de ancho.

#### *Recinto*

Los seis rieles conjuntamente con los recuadros forman el cuerpo del ascensor o recinto. Cuatro rieles están soldados, uno en cada esquina de los recuadros (un recuadro en la parte superior y uno en la inferior que forma parte del foso) creando de esta manera el recinto del ascensor.

Tanto en la parte superior como inferior del recinto se encuentran soldadas transversalmente dos platinas de 0.4 m de longitud a manera de soportes para que el esfuerzo que realiza el ascensor se distribuya uniformemente en los recuadros del recinto. Una tercera platina está sujeta perpendicularmente a la platina superior, y de ésta se sujeta el piñón libre que permite el movimiento de la cadena que transfiere la fuerza del motor a la cabina.

#### *Guías Principales*

Los dos rieles restantes se encuentran soldados paralelamente a los rieles laterales, éstos sirven como guías por los cuales se desplaza la cabina verticalmente.

#### *Cuarto de Máquinas*

El cuarto de máquinas está ubicado en la parte inferior del recinto, en donde se encuentra fijado el motorreductor.

#### *Cabina*

La cabina está constituida por una caja cuadrada 0.2 X 0.2 m con puerta embutida en la parte frontal y cerradura manual.

La cabina tiene soldado a cada lado 0.2 m de canal U, que cumplen la función de guías para la cabina. Estas guías no permiten el descarrilamiento de la cabina de las guías principales del recinto.

### Planos y Vistas del Ascensor de Carga

Los elementos descritos pueden visualizarse en los planos superior, inferior, frontal, posterior y laterales del ascensor de carga en las figuras 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.

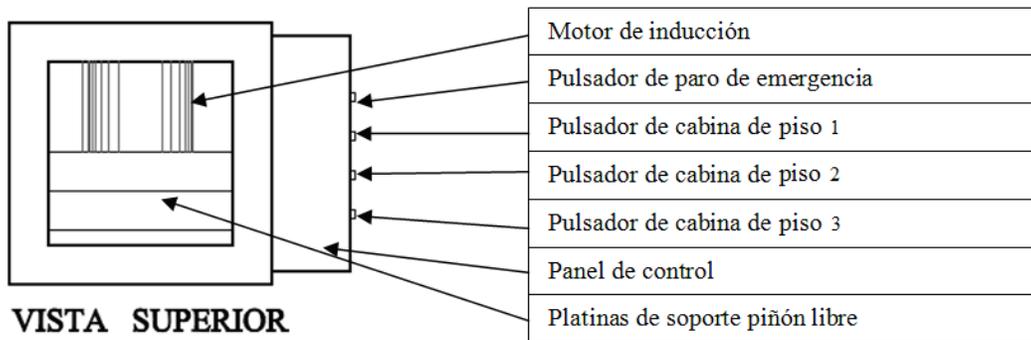


Fig.2.1. Vista superior ascensor de carga

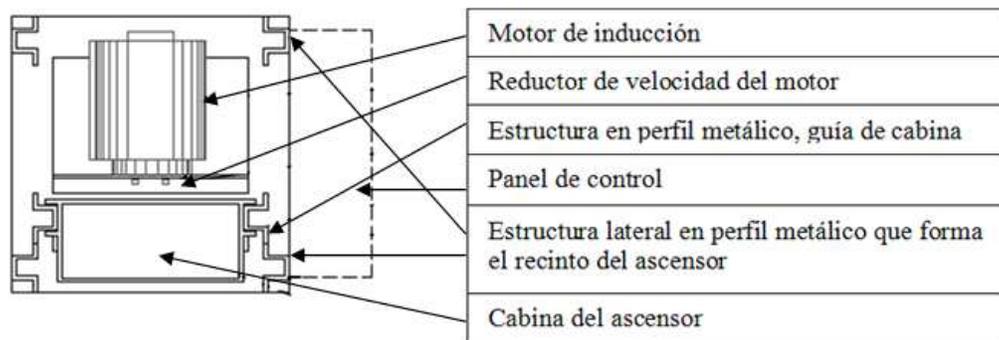


Fig.2.2. Vista inferior ascensor de carga

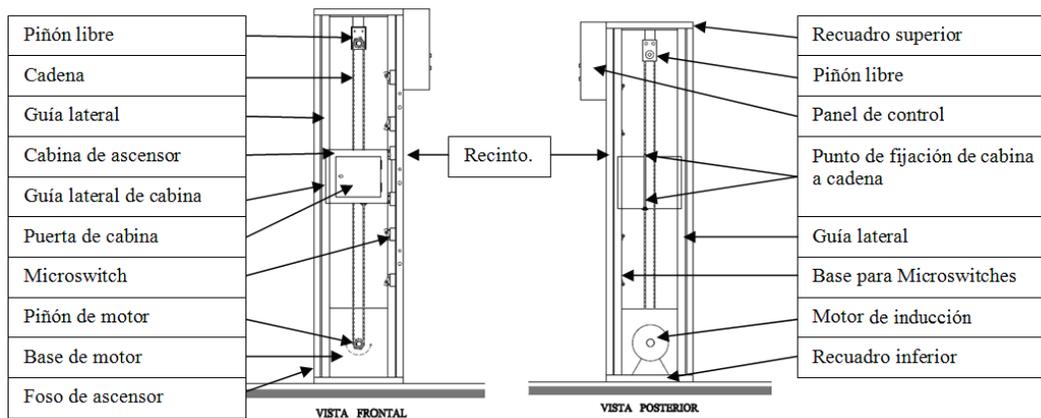


Fig.2.3. Vista frontal y posterior de ascensor de carga

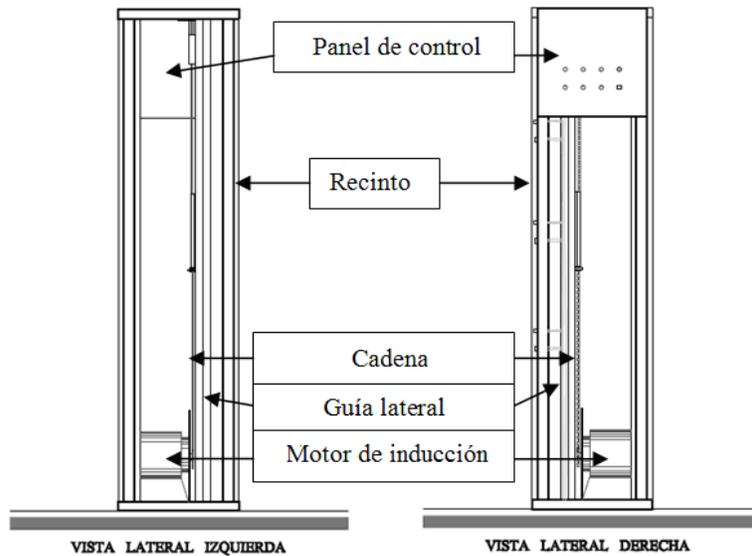


Fig.2.4. Vista lateral izquierda y lateral derecha

### 2.2.2. Elementos Eléctricos

Para la implementación eléctrica del ascensor de carga se emplearon los siguientes elementos:

- Motorreductor AC 0.5 Hp monofásico. 110V. 60Hz. 60rpm (con reducción).  
4.5A
- 6 Microswitch NO/NC de contacto móvil.
- 3 m de cable plano de ocho hilos.
- 30 m de alambre flexible #16 THHN.
- 6 m de alambre flexible #12 THHN.
- 1 Microswitch NO/NC de rodillo.
- 7 Relés de 24 V DC.
- 1 Transformador 110V/12V AC.
- 1 Fuente de 24V DC.

### *Motorreductor*

El motor con reducción asíncrono tipo jaula de ardilla monofásico con capacitor de arranque tiene una velocidad nominal de 1ft/s (159.5 RPM).

Este motor produce la locomoción de todo el sistema del ascensor, está diseñado para el uso de cadena que conjuntamente con un carro transportador adherido a la cabina permite el movimiento entre plantas.

### *Microswitches*

Se implementaron microswitches ubicados por pares en cada piso como sensores para el control de posición. La conexión de los microswitches es en serie para reducir el uso de entradas al PLC. El PLC recibirá una señal a una de sus entradas encargadas del control de posición sólo cuando los dos microswitches sean activados a la vez.

Para el movimiento de la cabina del ascensor la puerta debe estar correctamente cerrada, por lo que fue necesario utilizar un microswitch con la finalidad de verificar esta condición.

### *Fuente de 24 VDC*

La fuente nos entrega el voltaje que necesitan las señales de entrada y salida del PLC.

### 2.2.3. Plano de Conexiones del Circuito de Potencia

En el circuito de potencia de la figura 2.5 tenemos las líneas de alimentación de 110V que pasan a través de un fusible de protección de 6 A a 400V y llegan a alimentar los contactos principales de dos contactores. Cada contactor es el encargado de activar y desactivar de acuerdo al giro del motor que sea requerido por el PLC. Seguidos de los contactores están las conexiones hacia el motor.

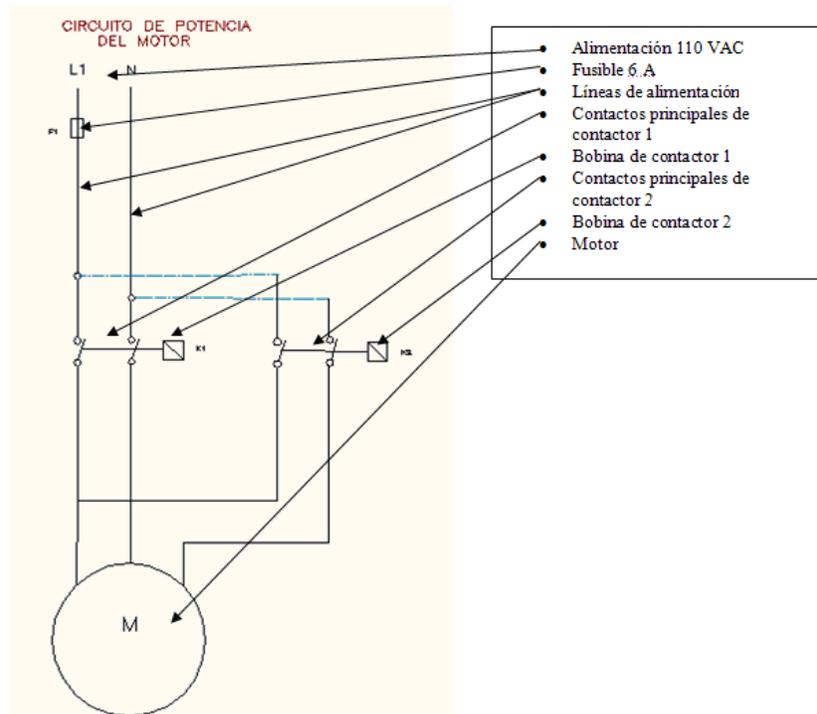


Fig.2.5. Diagrama de circuito de potencia del motor

### 2.2.4. Plano de Conexiones de Entradas y Salidas en el PLC

El PLC S7-200 CPU 226 permite el manejo de entradas y salidas de un modo organizado y con un amplio espectro de posibilidades, siendo así que para la implementación del PLC en el ascensor de carga se organizaron tablas de entradas y salidas según las necesidades.

En la figura 2.6 se muestra la conexión realizada de entradas y salidas del PLC en la primera etapa del ascensor de carga.

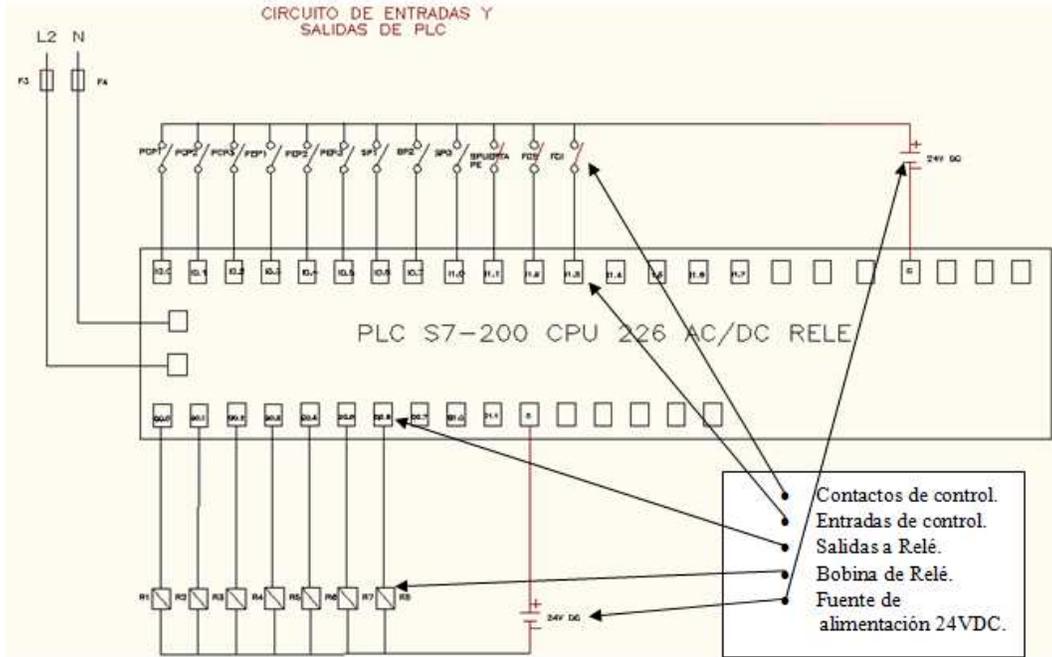


Fig.2.6. Diagrama de conexiones del PLC

### 2.2.5. Entradas del Sistema

ENTRADA	MARCA	SIMBOLO	FUNCIÓN	OBSERVACIÓN
I0.0	M0.0	PCP1	Pulsador cabina piso 1	Ordena que el destino sea el piso 1
I0.1	M0.1	PCP2	Pulsador cabina piso 2	Ordena que el destino sea el piso 2
I0.2	M0.2	PCP3	Pulsador cabina piso 3	Ordena que el destino sea el piso 3
I0.3	M0.3	PEP1	Pulsador externo piso 1	Llama a la cabina al piso 1
I0.4	M0.4	PEP2	Pulsador externo piso 2	Llama a la cabina al piso 2
I0.5	M0.5	PEP3	Pulsador externo piso 3	Llama a la cabina al piso 3
I0.6	M0.6	SP1	Microswitches piso 1	Microswitches conectados en serie que detectan la presencia de la cabina en piso 1
I0.7	M0.7	SP2	Microswitches piso 2	Microswitches conectados en serie que detectan la presencia de la cabina en piso 2
I1.0	M1.0	SP3	Microswitches piso 3	Microswitches conectados en serie que detectan la presencia de la cabina en piso 3
I1.1	M1.1	SPUERTA	Switch de puerta	Recibe la señal del estado de la puerta

Tabla 2.1. Entradas del PLC

### 2.2.6. Salidas del Sistema

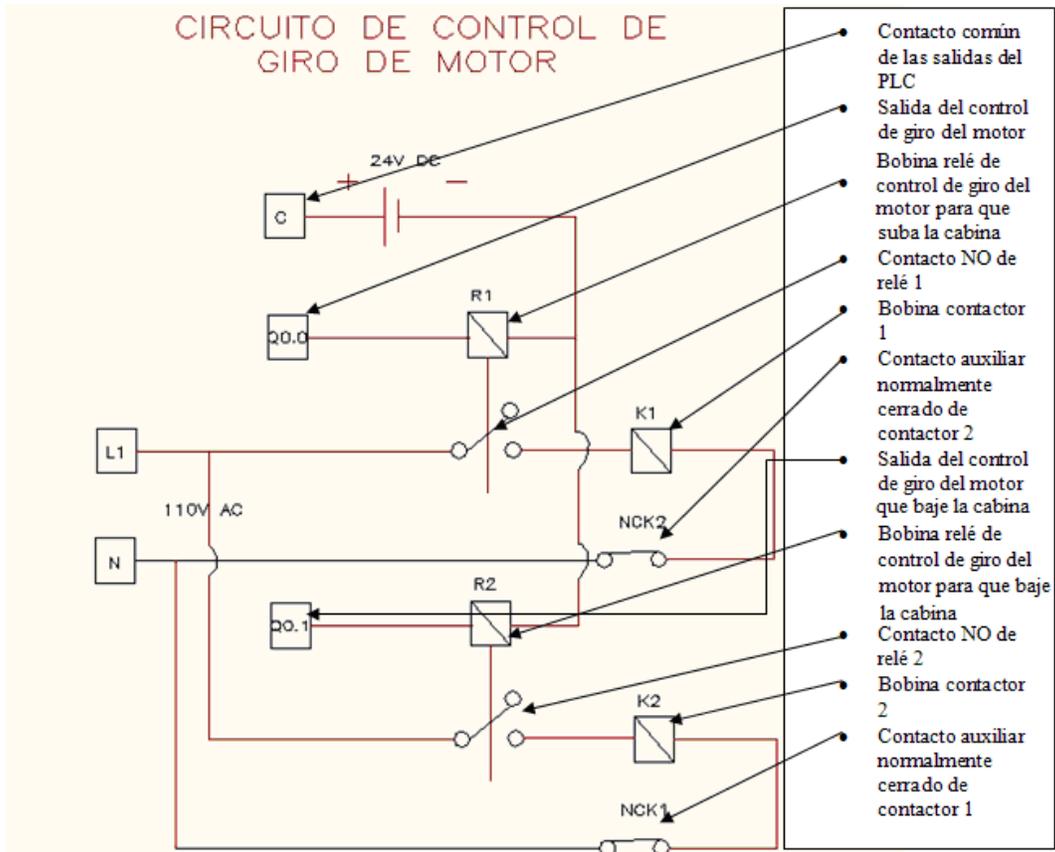
Las direcciones y descripción de las salidas del sistema se encuentran en la tabla 2.2.

<b>SALIDA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Q0.0	QSUBE	Giro del motor para que suba la cabina.	Activa giro del motor para que la cabina suba
Q0.1	QBAJA	Giro del motor para que baje la cabina.	Activa giro del motor para que la cabina baje
Q0.2	QLP1	Luces indicadoras de piso 1	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 1 como destino
Q0.3	QLP2	Luces indicadoras de piso 2	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 2 como destino
Q0.4	QLP3	Luces indicadoras de piso 3	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 3 como destino

Tabla 2.2. Salidas del PLC

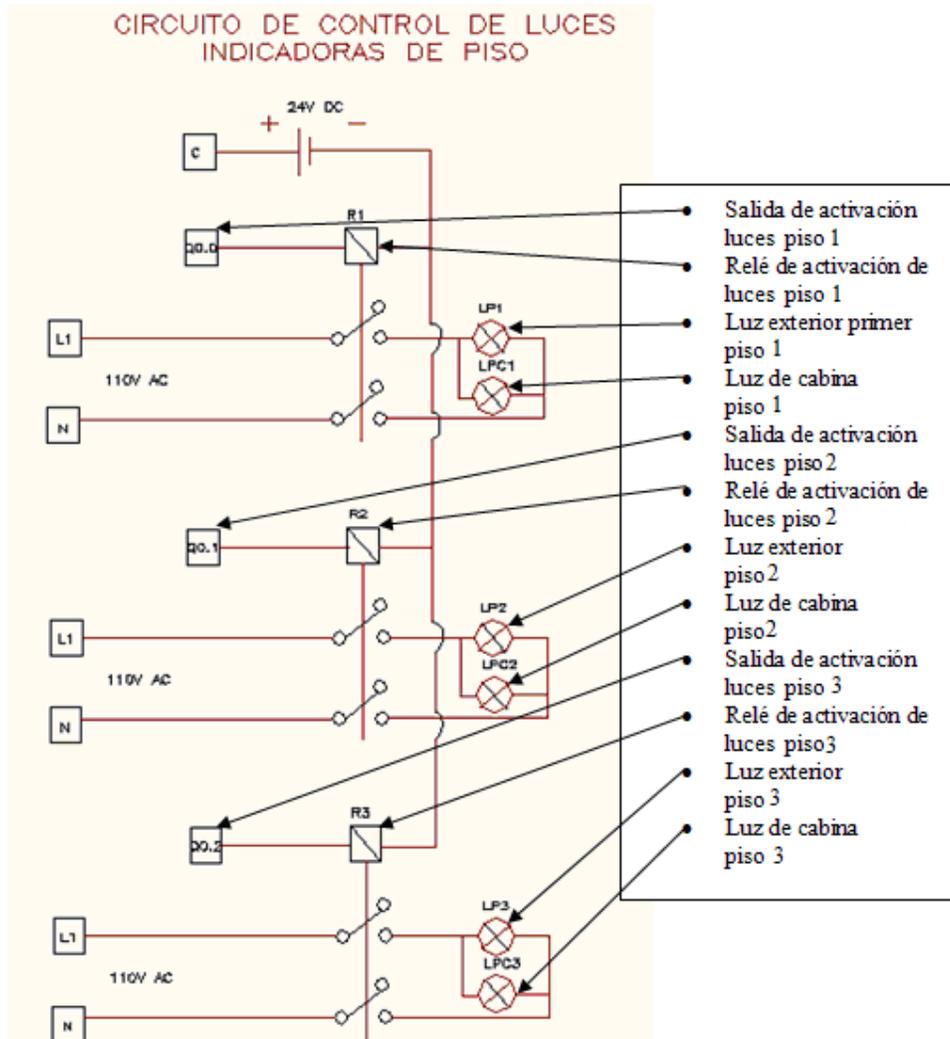
### 2.2.7. Plano de Conexiones del Circuito para el Control de Giro del Motor

El circuito expuesto en la figura 2.7 es el encargado de activar o desactivar los giros del motor de acuerdo a la salida del PLC que se haya encendido, se utilizaron los contactos auxiliares de los contactores (NC), para la alimentación de las bobinas. De tal manera que cuando uno de los contactores sea activado su contacto auxiliar NC se abre y no permite el paso de energía hacia la bobina del segundo contactor.



### 2.2.8. Plano de Conexiones del Circuito para el Control de Luces Indicadoras de Piso

El circuito de la figura 2.8 es el encargado de encender o apagar las luces tanto del exterior como de interior de la cabina de acuerdo a la planta de destino que haya sido activada.



### 2.2.9. Software

Con el uso de las tablas de entradas y salidas anteriormente mostradas, se desarrolló la programación en lenguaje escalera en el programa de SIEMENS: STEP 7.

El programa en el anexo D tiene como objetivo el control de entradas y salidas del ascensor de carga en su etapa inicial. Se desarrolló un programa que al finalizar el curso de Automatismos Industriales no cubría las necesidades y requerimientos del sistema. Esto permitió concluir que el programa desarrollado era pobre y muy débil el ascensor de carga quede inconcluso.

## ***2.3. Modificaciones y Mejoras en el Diseño Mecánico, Eléctrico y Electrónico***

### ***2.3.1. Mejoras en el Diseño Mecánico***

Las mejoras en el diseño mecánico están dirigidas a dar mayor seguridad y confiabilidad al usuario del ascensor de carga y es por esto que se implementaron mayor cantidad de elementos de seguridad en todo el mecanismo.

Las mejoras realizadas se describen a continuación:

#### *Foso*

El foso se encuentra ubicado en el espacio inferior del recinto y comparte el espacio con el cuarto de máquinas. En el foso se encuentran ubicados dos resortes cónicos de 20 cm de alto, cada uno se encarga de amortiguar la caída de la cabina en caso de ruptura de la cadena y/o una falla del paracaídas. Este es el último recurso de protección tanto para la cabina como para el eje central del motor.

#### *Anclaje de cerradura eléctrica en puerta de cabina*

Una dificultad que se encontró en el primer modelo fue que el anclaje de la cerradura eléctrica no permitió el cumplimiento de las funciones de la apertura de la puerta de la cabina automáticamente, ya que el vástago de la cerradura no regresaba a la posición que se requería para su funcionamiento eléctrico. Para solucionar esto, se colocó una pieza metálica que sirva como límite físico al interior de la cabina que permite que el vástago sea absorbido cuando la bobina de la cerradura es excitada y de esta manera la puerta se abre.

### *Anclaje de sistema de paracaídas*

En el primer modelo no existía la necesidad de dar mayores seguridades al usuario del ascensor de carga; no siendo así en el nuevo modelo desarrollado que cumple con una serie de requerimientos de seguridad para lograr la mayor semejanza a los modelos reales que funcionan en las industrias. Por este motivo, la implementación de un sistema de paracaídas es indispensable con su anclaje a la cabina, es lo que permitirá proteger de manera confiable y segura su funcionamiento. El trabajo realizado consistió en la colocación de una platina en el lado izquierdo de la cabina para que no interfiera con las señales de posicionamiento y en ella se fijó la cerradura electromagnética que cumple la función de paracaídas en el ascensor de carga.

### ***2.3.2. Mejoras en el Diseño de las Conexiones Eléctricas/Electrónicas:***

Las mejoras eléctricas/electrónicas están dirigidas a la implementación de sensores y actuadores para tener un mejor control sobre el proceso que cumple el ascensor de carga en todas las etapas.

### ***2.3.3. Plano de Conexiones del Circuito de Entradas y Salidas del PLC S7-200 CPU226***

En la figura 2.9 se presenta las conexiones del PLC para el modelo de ascensor mejorado.

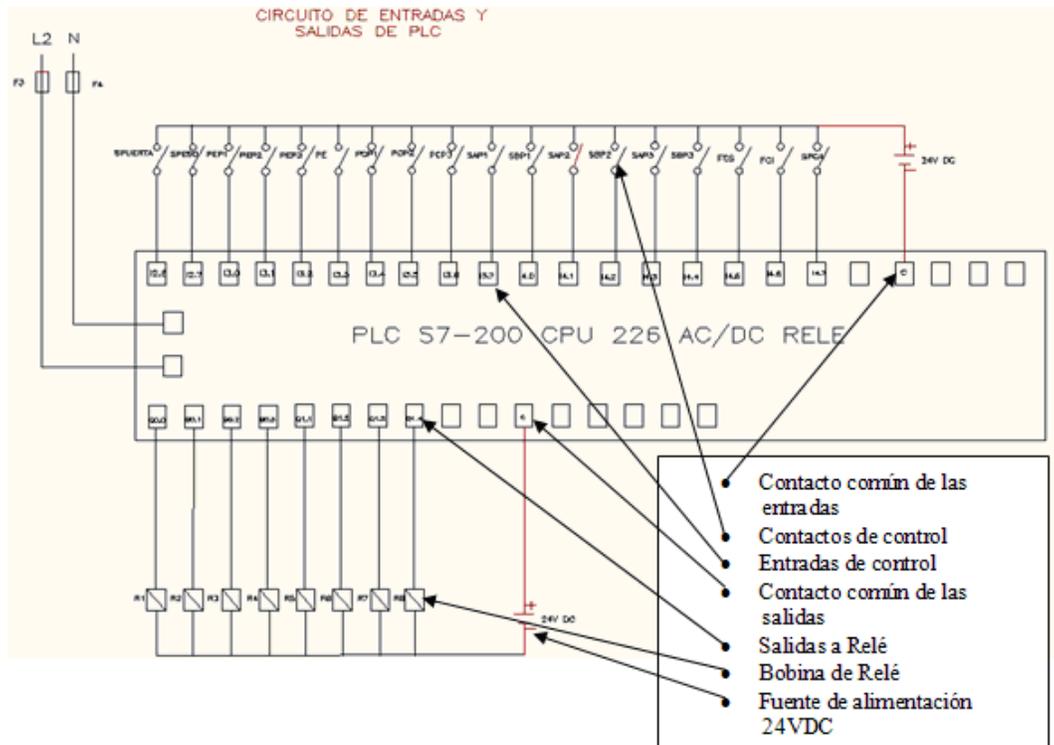


Fig.2.9. Diagrama de conexiones de entradas y salidas del PLC

### 2.3.4. Plano de Conexiones del Circuito para el Control de la Conmutación Temporizada de Finales de Carrera

El circuito de la figura 2.10 corresponde al control en función de la variación del tiempo de cuatro señales, dos de límite superior y dos de límite inferior, con la implementación de dos entradas del PLC. El relé temporizador ON DELAY controla el paso de la señal de los contactos superiores o inferiores temporizada. Estos contactos monitorean que la cabina no llegue en su trayectoria a puntos críticos que puedan afectar el correcto funcionamiento del ascensor de carga.

Existen dos finales de carrera superiores y dos inferiores que gracias a la temporización de sus señales no actúan simultáneamente, sino que lo hacen en pares distintos, es decir, un final de carrera superior con uno inferior y luego otro par con las

dos señales restantes. Lo importante es que nunca se deja de tener una lectura de ambos puntos críticos.

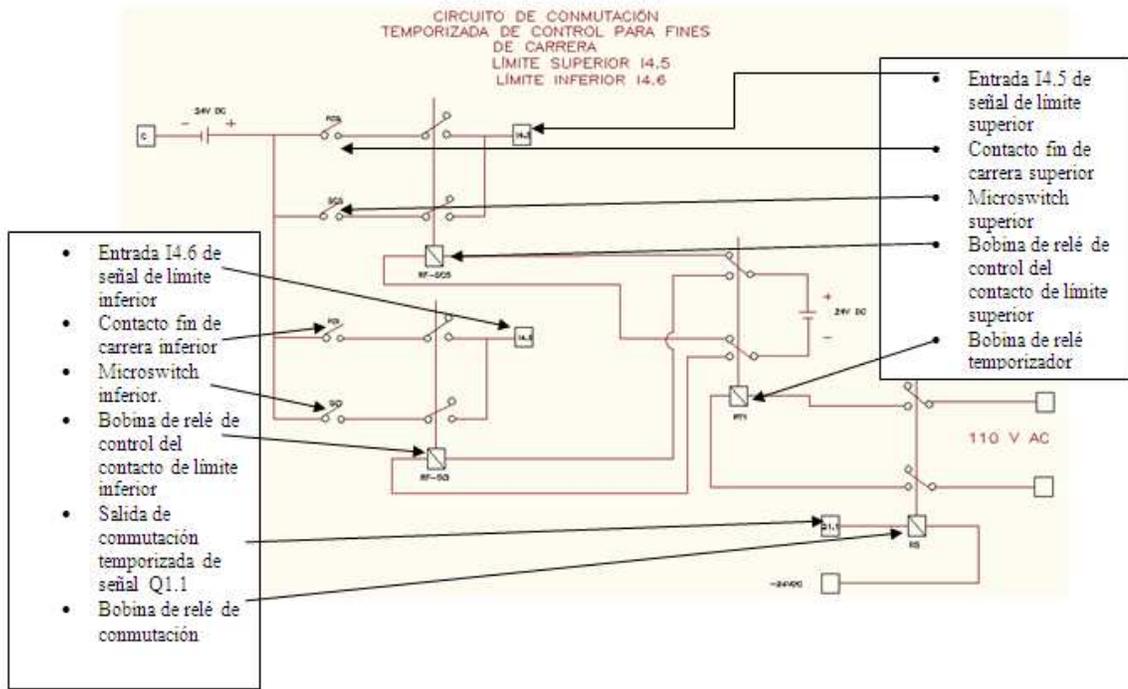


Fig.2.10. Diagrama circuital de la conmutación temporizada de señales

El programa en lenguaje escalera que enciende y apaga el relé temporizador ON DELAY se encuentra en el anexo E, este código utiliza los símbolos y direcciones que se describen en la tabla 2.3.

Nombre:	Dirección:	Comentarios:
RTFCS	T33	Relé temporizador para final de carrera superior
RTFCI	T34	Relé temporizador para final de carrera inferior
FCS	I4.5	Contacto grupo fin de carrera superior
FCI	I4.6	Contacto grupo fin de carrera inferior
MFCS	M17.5	Marca de contacto grupo fin de carrera superior
MFCI	M17.6	Marca de contacto grupo fin de carrera inferior
MQMULTI	M18.6	Marca de relé temporizador para conmutación
QMULTI	Q1.1	Relé temporizador para conmutación
RTMC	T35	Relé de control de conmutación

Tabla 2.3. Tabla de símbolos usados en la programación de la conmutación temporizada

### 2.3.5. Plano de Conexiones del Circuito para el Control del Paracaídas y Activación de Alarmas

El circuito para el control del paracaídas y activación de alarmas de la figura 2.11 permite que en caso de que se presente una situación de alarma el PLC encienda la salida y active el paracaídas impidiendo de esta manera que la cabina quede libre y que otra maniobra sea ejecutada mientras no sea resuelta la situación que produjo la alarma. Como complemento a la activación del paracaídas se activan dos fuentes emisoras de señal de alarma, las cuales son: visual (luz roja) y sonora (sirena); las mismas que se desconectan a la par con el paracaídas el momento que se desactive el estado de alarma o se apague la salida del PLC.

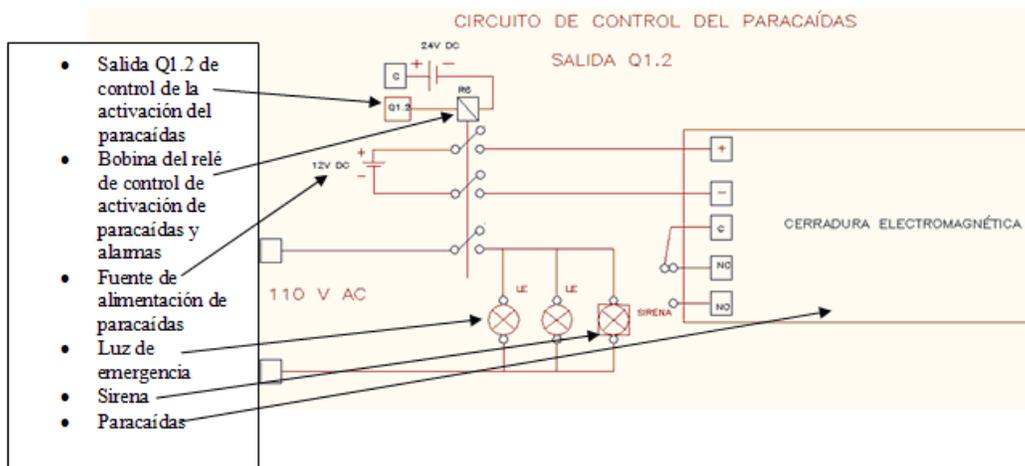


Fig.2.11. Diagrama circuital del control de paracaídas y activación de alarmas

### 2.3.6. Plano de Conexiones del Circuito para la Verificación de Existencia de Energía y Activación del Paracaídas

El circuito de control del sensor de energía de la figura 2.12 toma lecturas de la existencia de energía de alimentación del ascensor de carga y protege a la cabina en circunstancias de pérdida total de energía de alimentación, activando al paracaídas a

través de una fuente de energía de cuatro horas (batería de respaldo), tiempo suficiente para que el operario encuentre y resuelva el problema que llevó a la pérdida de energía.

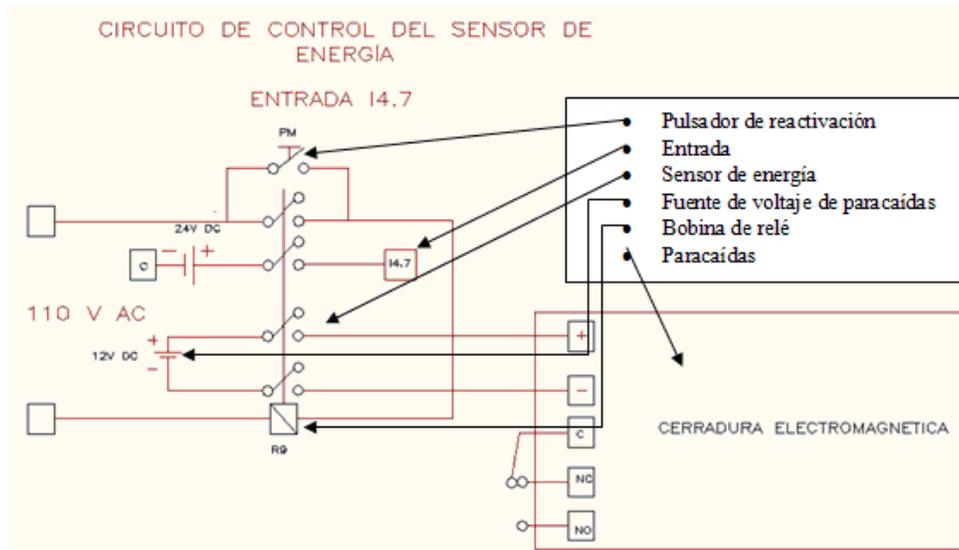


Fig.2.12. Diagrama circuital de sensor de energía

Es importante recalcar la existencia de un pulsador manual (NO) que debe ser manejado por el operario en el panel de control del ascensor el momento que ya se resolvió el problema, para de esta manera permitir el enclavamiento del relé y proseguir con la lectura por parte del PLC. El funcionamiento del sensor paracaídas se detalla en el anexo F.

### ***2.3.7. Plano de Conexiones del Circuito de Control de la Cerradura Eléctrica de la Puerta de Cabina***

El circuito de la figura 2.13. es de control de la cerradura eléctrica, permite que desde el PLC se dé la señal de apertura de la puerta de cabina según las necesidades del usuario del ascensor de carga. Al activarse la señal de la salida del PLC (24 VDC) y producir la activación del relé, se permite el paso de voltaje (12 VAC) a la bobina de excitación de la cerradura eléctrica permitiendo así la absorción del vástago y la apertura de la puerta.

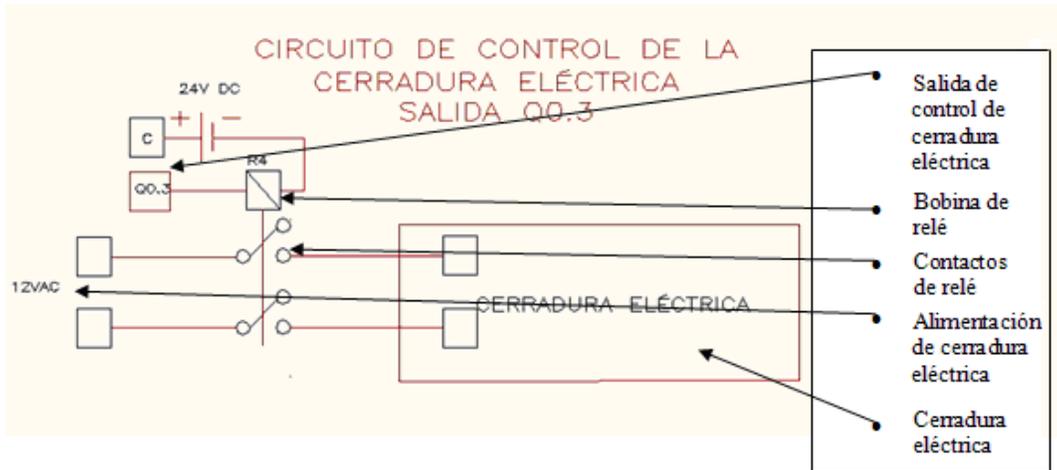


Fig.2.13 Diagrama circuital de control de cerradura eléctrica

**2.3.8. Plano de Conexiones del Circuito de Paro de Emergencia**

El circuito de paro de emergencia de la figura 2.14 es el encargado de llevar la señal de activación de alarmas y de detención de cualquier maniobra del ascensor de carga cuando sea activada su entrada. En otras palabras cuando se produce el cierre del contacto del pulsador de paro de emergencia el ascensor entra en estado de alarma y solo puede ser reactivado por el operario en el panel de control.

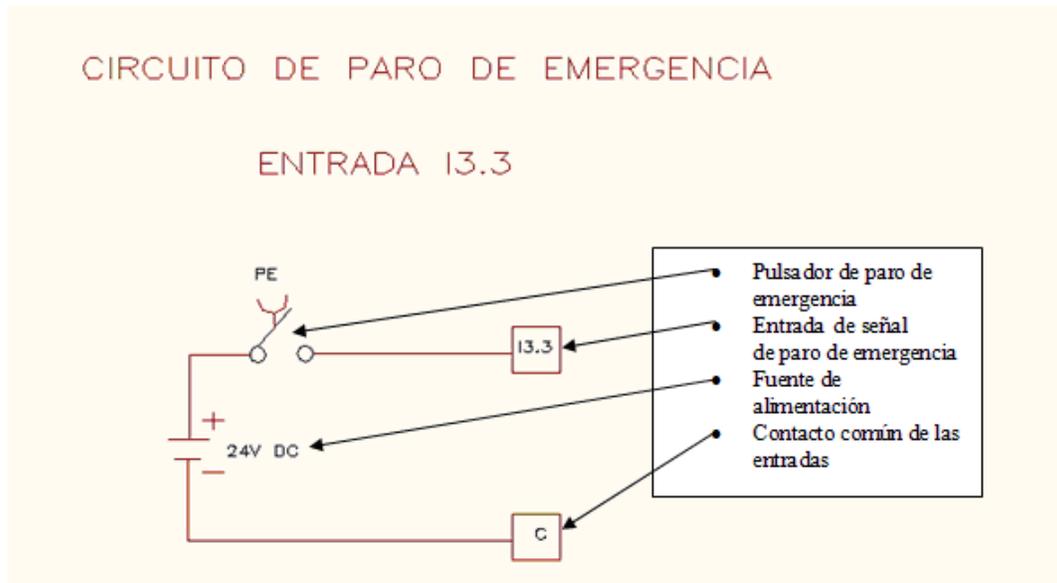


Fig.2.14. Diagrama circuital de paro de emergencia

**2.3.9. Plano de Conexiones del Circuito del Sensor de Peso**

El sensor descrito en detalle en el anexo G es el encargado de monitorear que el peso al interior de la cabina no exceda el límite. Si se diera el caso de que esto suceda, el sensor envía una señal y se activa el estado de alarma. Sólo puede ser reactivado el ascensor con el retiro del sobrepeso y por el operador en el panel de control. En la figura 2.15 se muestra el circuito de conexión del sensor de peso.

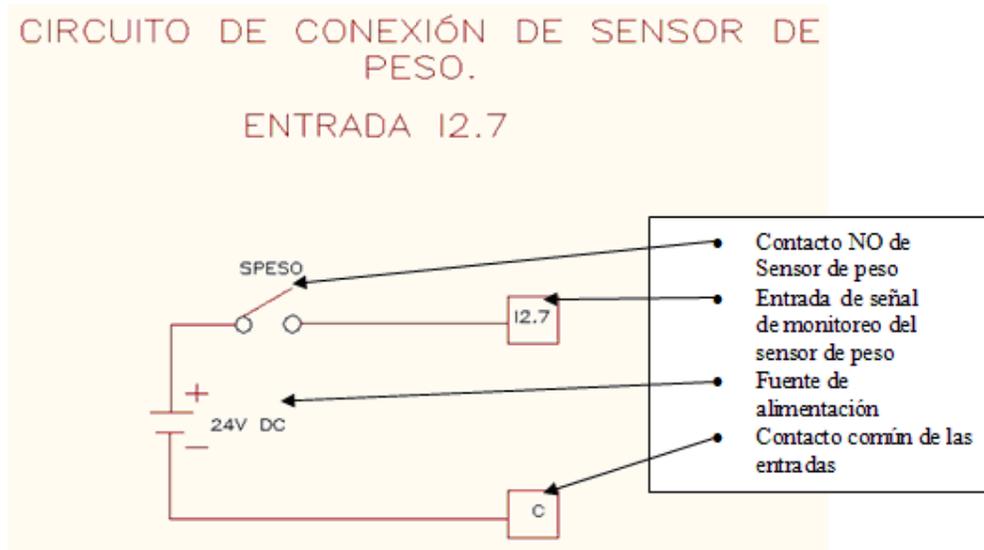


Fig.2.15. Circuito de conexión de sensor de peso

Las modificaciones realizadas en el ascensor de carga están dirigidas a mejorar los sistemas de seguridad en el proceso de movilización de productos de un piso a otro y a optimizar el proceso.

Para lograr estos objetivos se utiliza la metodología de Redes de Petri que va de la mano con el mejoramiento en los elementos físico del ascensor como también el desarrollo del software de control y manejo.

## 2.4. Entradas del Sistema

Las direcciones y descripción de las entradas y salidas del sistema se encuentran en la tabla 2.4.

ENTRADA	MARCA	M.S/W	SÍMBOLO	FUNCIÓN	OBSERVACIÓN
I2.6	M2.6		SPUERTA	Micro switch puerta cabina	Da la señal si la puerta está cerrada
I2.7	M2.7		SPESO	Sensor de peso cabina	Da la señal de sobrepeso en la cabina
I3.0	M3.0	M16.3	PEP1	Pulsador externo piso 1	Llama a la cabina al piso 1
I3.1	M3.1	M16.4	PEP2	Pulsador externo piso 2	Llama a la cabina al piso 2
I3.2	M3.2	M16.5	PEP3	Pulsador externo piso 3	Llama a la cabina al piso 3
I3.3	M3.3	M16.6	PE	Pulsador de paro de emergencia	Detiene cualquier procedimiento, activa alarma y activa el paracaídas
I3.4	M3.4	M16.0	PCP1	Pulsador cabina piso 1	Ordena que el destino sea el piso 1
I3.5	M3.5	M16.1	PCP2	Pulsador cabina piso 2	Ordena que el destino sea el piso 2
I3.6	M3.6	M16.2	PCP3	Pulsador cabina piso 3	Ordena que el destino sea el piso 3
I3.7	M3.7		SAP1	Micro-Switch A piso 1	Detecta presencia de la cabina en piso 1
I4.0	M4.0		SBP1	Micro-Switch B piso 1	Detecta presencia de la cabina en piso 1
I4.1	M4.1		SAP2	Micro-Switch A piso 2	Detecta presencia de la cabina en piso 2
I4.2	M4.2		SBP2	Micro-Switch B piso 2	Detecta presencia de la cabina en piso 2
I4.3	M4.3		SAP3	Micro-Switch A piso 3	Detecta presencia de la cabina en piso 3
I4.4	M4.4		SBP3	Micro-Switch B piso 3	Detecta presencia de la cabina en piso 3
I4.5	M4.5		FCS	Contacto grupo fin de carrera y microswitch límite superior	Da la señal de paro cuando llega la cabina al límite superior
I4.6	M4.6		FCI	Contacto grupo fin de carrera y microswitch límite inferior	Da la señal de paro cuando llega la cabina al límite inferior
I4.7	M4.7		SPCA	Sensor de paracaídas	Sensa la inexistencia de energía en el sistema y activa el paracaídas

Tabla 2.4. Entradas del PLC para el control y monitoreo del ascensor de carga

## 2.5. Salidas del Sistema

Las direcciones y descripción de las salidas del sistema se indican a continuación en tabla 2.5.

<b>SALIDA</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Q0.0	QLP1	Luces indicadoras de piso 1	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 1 como destino
Q0.1	QLP2	Luces indicadoras de piso 2	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 2 como destino
Q0.2	QLP3	Luces indicadoras de piso 3	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso 3 como destino
Q0.3	QCERRA	Cerradura eléctrica puerta de cabina	Activa la cerradura eléctrica al llegar al destino
Q1.1	QMULTI	Relé temporizador	Permite la temporización para dos entradas
Q1.2	QPARA	Sistema electromagnético de paracaídas	Permite el accionamiento del elemento de seguridad electromagnético
Q1.3	QBAJA	Giro del motor para que baje la cabina	Activa giro del motor para que baje la cabina
Q1.4	QSUBE	Giro del motor para que suba la cabina	Activa giro del motor para que suba la cabina

Tabla 2.5. Salidas a relé del PLC para el control y monitoreo del ascensor de carga

## 2.6. Planos Finales de Construcción (As Built)

En el modelo didáctico se han implementado los planos mecánicos en los que se consideran la posición de los elementos y todas las características físicas inherentes al proyecto.

En la tabla 2.6 se muestra el significado de las etiquetas usadas en la figura 2.16 vista frontal, 2.17 vista posterior, 2.18 y 2.19 correspondientes a las vistas laterales y la figura 2.20 que se refiere a la vista frontal con la puerta de la cabina abierta.

<b>Etiqueta</b>	<b>Significado</b>
PCP1	Pulsador de cabina piso 1
PCP2	Pulsador cabina piso 2
PCP3	Pulsador cabina piso 3
PEP1	Pulsador externo piso 1
PEP2	Pulsador externo piso 2
PEP3	Pulsador externo piso 3
FCS	Final de carrera superior
FCI	Final de carrera inferior
SAP1	Microswitch alto de piso 1
SBP1	Microswitch bajo de piso 1
SAP2	Microswitch alto de piso 2
SBP2	Microswitch bajo de piso 2
SAP3	Microswitch alto de piso 3
SBP3	Microswitch bajo de piso 3
SPUERTA	Microswitch de puerta
SPESO	Sensor de peso
PCA	Paracaídas electromagnético
PE	Paro de emergencia
LE	Luz de emergencia y alarmas
LEC	Luz de emergencia y alarmas
PR	Pulsador de reinicio
CERRA	Cerradura electromecánica de puerta de la cabina

Tabla 2.6. Descripción de las etiquetas usadas en gráficos

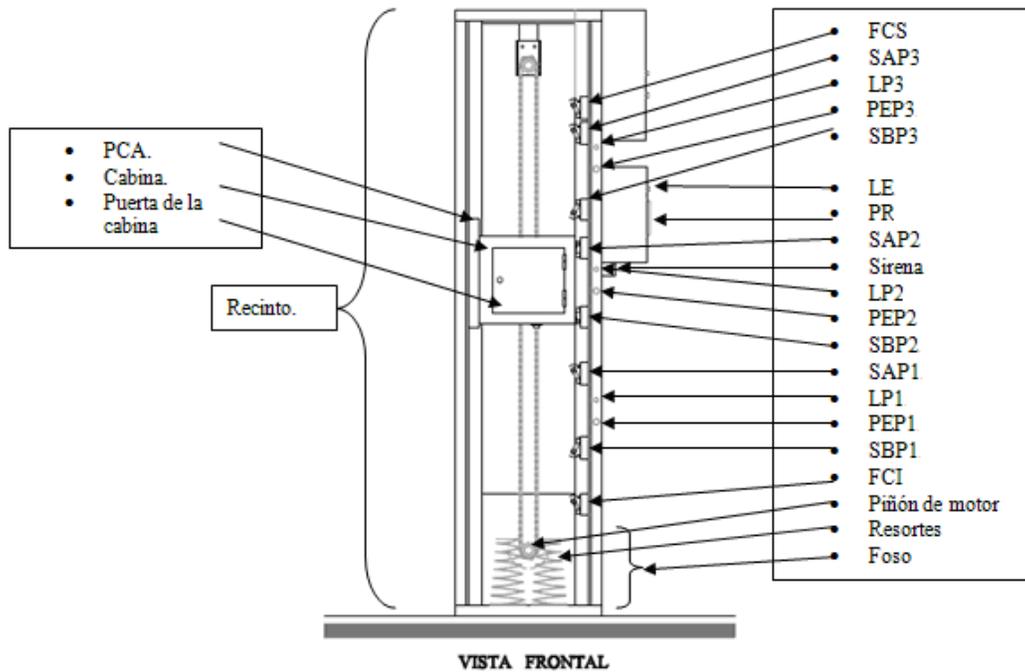


Fig.2.16. Vista frontal del ascensor de carga

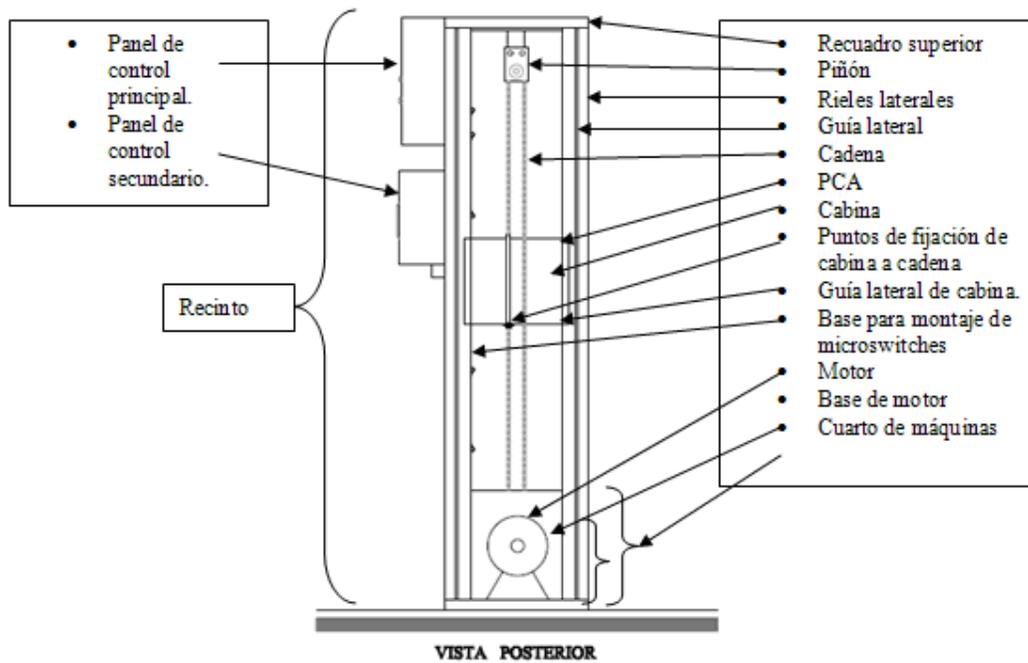


Fig.2.17. Vista posterior del ascensor de carga

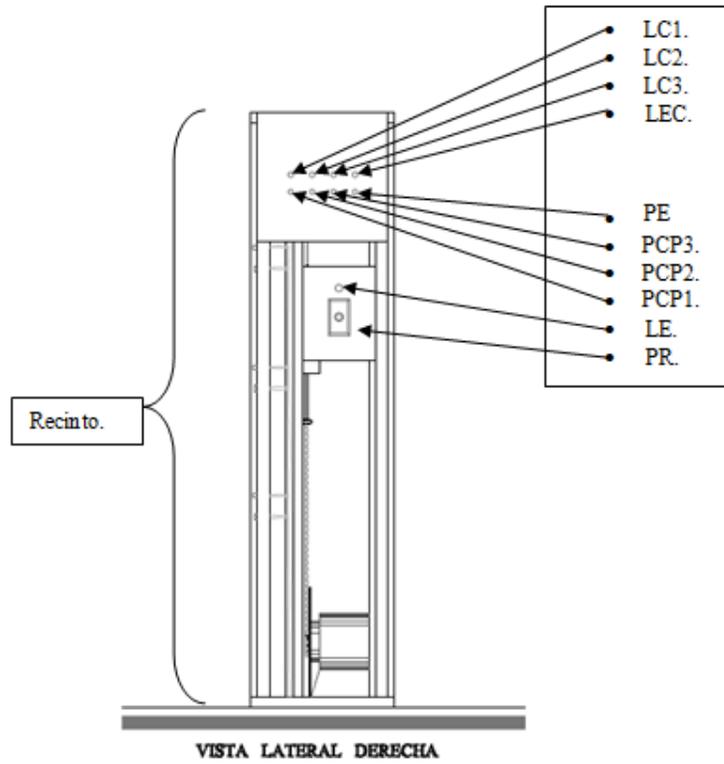


Fig.2.18. Vista lateral derecha ascensor

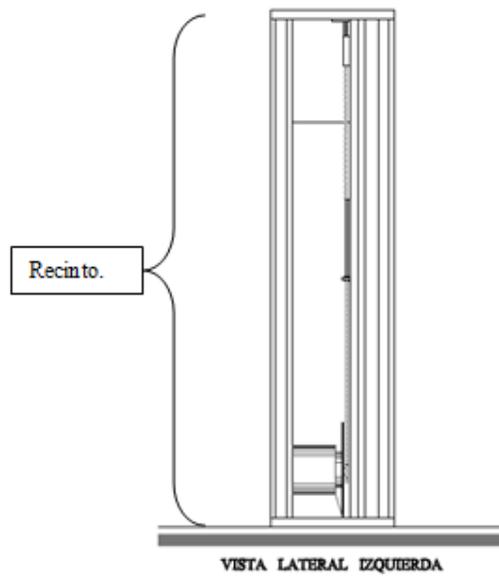


Fig.2.19. Vista lateral izquierda ascensor

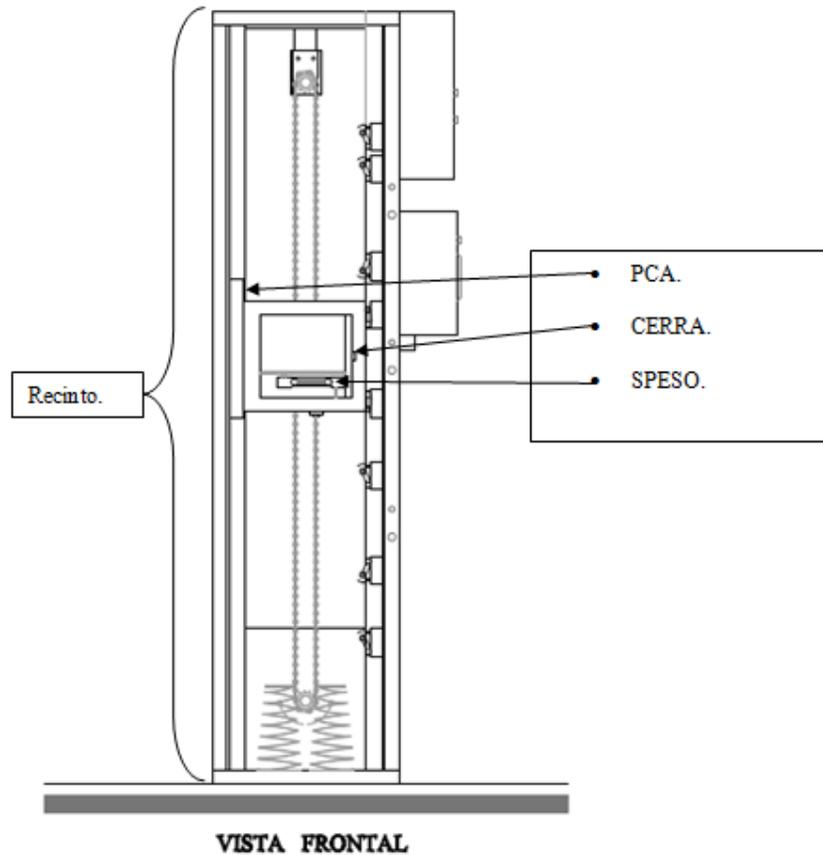


Fig.2.20. Vista frontal con puerta de cabina abierta de ascensor de carga

## ***2.7. Incorporación al Sistema SCADA del Laboratorio de Control y Automatización***

En la actualidad se utilizan los sistemas SCADA para realizar el monitoreo de plantas, local o remotamente. Un sistema SCADA adquiere la información acerca del proceso, la almacena, la procesa, la exhibe en una pantalla y permite tener un control limitado del proceso. Estas características hacen que el sistema sea de fácil manejo para el operador y permite la integración de varias plantas en un solo equipo.

En la figura 2.21 se muestra la pantalla en la que se observa el comportamiento del ascensor, adicionalmente presenta las alarmas rápidamente en caso de que se produzcan y permite controlar remotamente el sistema.

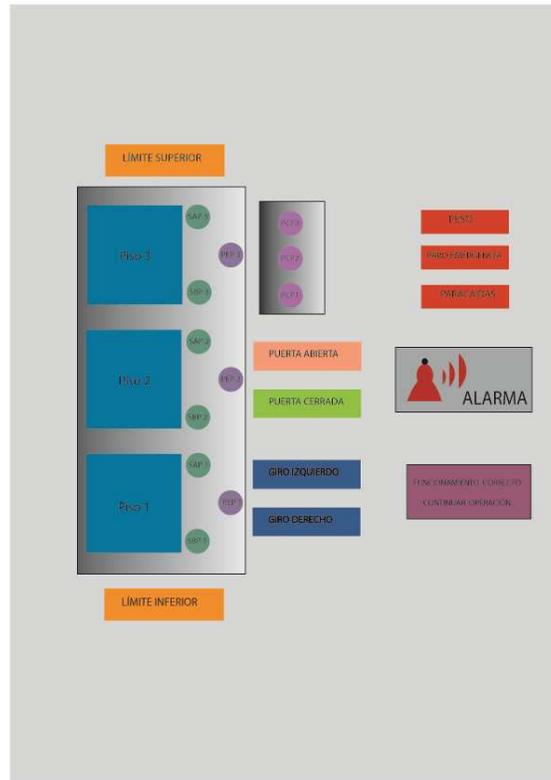


Fig.2.21. Pantalla para monitoreo en el sistema SCADA

## **CAPÍTULO 3**

### **3. Modelamiento de un Sistema de Ascensor de Carga Usando Redes de Petri**

#### ***3.1. Redes de Petri***

En el proyecto se utilizan las Redes de Petri para modelar el proceso de funcionamiento de un prototipo de ascensor de carga, en el cual existen diferentes elementos, los mismos que luego de ser diseñados, ejecutados y programados, deberán estar preparados para que cada estado del sistema tenga un correcto funcionamiento y pueda producir el efecto para el que fue programado, permitiendo que se ejecute cualquier petición del usuario del prototipo de ascensor de carga.

##### ***3.1.1. Definición***

Una Red de Petri es un multigrafo de eventos, dirigido (el orden de sus elementos es relevante) y bipartito (con dos tipos de nodos).

Es un método matemático y gráfico utilizado para modelar y analizar diferentes tipos de sistemas con eventos concurrentes.

##### ***3.1.2. Componentes***

Por tratarse de un tipo de eventos bipartito, las Redes de Petri tienen dos clases de nodos, estos son:

- *Lugares*: representan eventos que pueden darse en el sistema.

Gráficamente se simbolizan con círculos.

Se definen como:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \quad n \geq 0$$

(3.1) Lugares

- *Transiciones*: representan condiciones o estados del sistema. Los lugares indican condiciones previas y posteriores en la ejecución de la red. Gráficamente se simbolizan por rectángulos.

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\} \quad m \geq 0$$

$$P \cap T = \phi$$

(3.2) Transiciones

Los lugares son entradas y salidas de las transiciones. Y las transiciones a su vez son entradas y salidas de los lugares de la red, las cuales se definen como:

- *Entradas*: La entrada  $I$  es un mapeo de una transición  $t_j$  a un grupo de lugares  $I(t_j)$ . Se representan por un arco dirigido de  $p_i$  a  $t_j$ .

- *Salidas*: La función de salida  $O$  es un mapeo de una transición  $t_j$  a un grupo de lugares  $O(t_j)$ . Se representan por un arco dirigido de  $t_j$  a  $p_i$ .

Un nodo que no posee entradas se denomina *nodo de entrada* o *fuentes de la red*.

Un nodo que no posee salidas se denomina *nodo de salida* o *sumidero*.

Así se define una Red de Petri como una 4-tupla  $C=(P, T, I, O)$ .

### (3.3) Red de Petri

Los lugares y transiciones están unidos por *arcos* que indican la secuencia de eventos. Un número  $k$  de arcos dirigidos de igual manera se pueden representar por un solo arco con multiplicidad  $k$ . Los arcos unen lugares con transiciones o transiciones con lugares, nunca unen dos o más lugares, o dos o más transiciones.

Los lugares pueden presentar *marcas* o *tokens*. Son números no negativos representados por puntos o números en el interior del círculo de los lugares.

#### ***3.1.3. Ejecución de una Red de Petri***

En la ejecución de una PN cambian las marcas, es decir, se da un flujo de marcas a lo largo de los lugares de la red. Se dan dos eventos: la habilitación y el disparo de las transiciones.

Para que la ejecución de la red se produzca es necesario que se cumplan dos reglas fundamentales:

- *Regla de habilitación*: “Una transición está habilitada si cada uno de sus sitios de entrada tiene al menos tantos tokens como arcos existen desde el sitio a la transición.” [13]

- *Regla de disparo*: “Una transición se dispara removiendo todos sus tokens habilitantes desde sus sitios de entrada y depositándolos en sus sitios de salida (un token por cada arco que va de la transición al sitio)” [13]

En general, la presencia de marcas en una plaza se interpreta como la presencia de recursos. El franqueo de una transición (la acción a ejecutar) se realiza cuando se cumplen determinadas precondiciones, indicadas por las marcas en los lugares y la transición genera ciertas post-condiciones que modifican las marcas de otros lugares y así se permite el franqueo de transiciones posteriores.

Durante el proceso de ejecución de una PN se pueden presentar situaciones asociadas con el funcionamiento real del sistema modelado. Estas posibles situaciones se describen a continuación:

- *Bloqueo*: Se dice que ha ocurrido una condición de bloqueo si la red llega a una marcación en la cual ninguna transición puede dispararse.[9]

- *Sincronización*: Es una característica de las PN. La sincronización puede ser de provisión o de consumo. Es de provisión cuando una transición se activa y todos los lugares a su salida se activan simultáneamente. De la misma manera, una sincronización de consumo se da cuando se requieren que todos los lugares de entrada a una transición se activen para activar dicha transición.[9]

Al ejecutarse la red pueden presentarse ciertos problemas, tales como:

- *Conflictos*: dos transiciones están en conflicto estructural al compartir al menos un lugar de entrada.[9]

- *Concurrencia*: Dos o más transiciones tienen concurrencia estructural si no comparten lugares de entrada comunes. Tienen concurrencia efectiva si la regla de habilitación es válida para las dos.[9]

- *Confusiones*: Si una red tiene *conflictos* y *concurrencia*, entonces se dice que es *confusa*. Para evitar estas confusiones se tienen las Redes de Petri Extendidas.[9]

### **3.1.4. Propiedades de las Redes de Petri**

#### *Propiedades de Comportamiento*

- *Alcanzabilidad*: si es que se puede producir un bloqueo, es posible reducirlo al determinar si cierta marca es alcanzable.[9]

- *Acotabilidad*: Número máximo de tokens que puede poseer un lugar. Adicionalmente, se dice que una PN es *segura* cuando está acotada.[9]

- *Conservatividad*: Cuando la suma ponderada de marcas en la red se mantiene constante en todo instante durante la ejecución.[9]

- *Vitalidad*: Garantiza la ausencia de bloqueos en la ejecución de una red.[9]

- *Reversibilidad*: Cuando el sistema puede recuperarse de un error, pasa de un estado de falla a estados previos en los cuales el funcionamiento era correcto.[9]

- *Persistencia*: Si existen dos transiciones en las cuales el disparo de una no deshabilita a la otra, entonces se dice que la PN es persistente.[9]

Consideraciones de optimización: Una red puede tener un funcionamiento correcto, pero hay como modificarla sin afectar su comportamiento. Esto es, eliminar transiciones muertas, es decir, aquellas que no pueden ser disparadas. Lo que se pretende es determinar si dos redes diferentes pueden generar la misma secuencia de disparos. Lo importante es establecer si es que son redes equivalentes o una es un subconjunto de la otra, para lo cual existen varias técnicas, como el árbol de alcanzabilidad y ecuaciones matriciales. [13]

#### *Propiedades Estructurales*

Las propiedades estructurales no dependen de los estados de marcación de la red, sino simplemente de su estructura.

- *Vitalidad Estructural*: Si existe al menos un instante de marcado para el cual todas las marcas pueden dispararse. Todos los grafos marcados poseen esta propiedad.[9]

- *Controlabilidad*: Si un sistema puede llegar a un estado cualquiera desde las entradas o salidas.[9]

- *Acotabilidad Estructural*: Si es que la PN está acotada para cualquier marca inicial.[9]

- *Dualidad*: Los lugares y las transiciones de la PN pueden intercambiarse en su totalidad sin afectar el funcionamiento de la red.[15]

### 3.1.5. Modelos de Redes de Petri

Existen diferentes tipo de sistema que se pueden modelar mediante redes de Petri, cada uno de ellos posee diferentes características y diferentes requerimientos a satisfacer. Para esto se emplean los distintos modelos de redes de Petri dependiendo de la necesidad. A continuación en la figura 3.1 se muestra un cuadro explicativo de estos modelos.

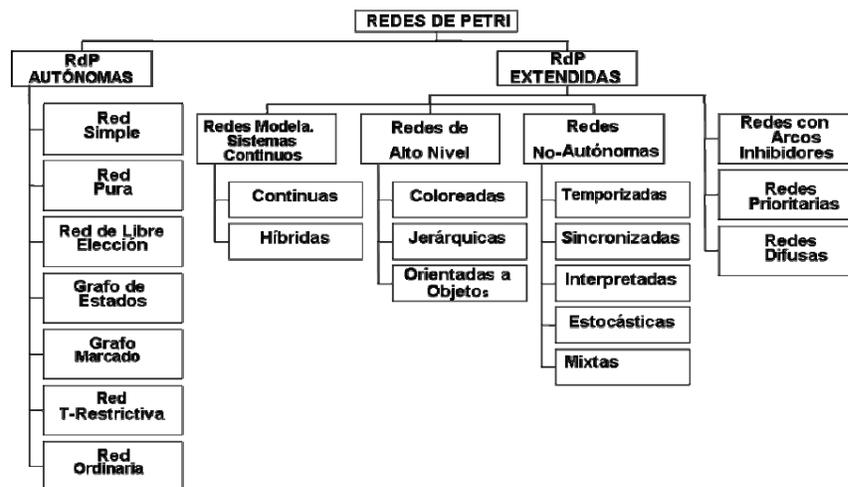


Fig.3.1. Modelos de Redes de Petri[19]

#### *Redes de Petri Autónomas*

- *Red Ordinaria*: Una red es ordinaria si el peso de sus arcos es 0 o 1.[9]

- *Red Simple o elección asimétrica*: Es una red ordinaria cuyos lugares tienen al menos una transición en común. En este tipo de redes es probable la existencia de *confusiones*. [9]

- *Red Pura*: Una red es pura si no posee arcos bidireccionales. [9]

- *Red de Libre Elección*: Cuando las transiciones comparten todos sus lugares de entrada o todos sus lugares de salida. [9]

- *Grafo de Estados*: Es la PN que tiene cada transición con exactamente un lugar de entrada y uno de salida. [9]

- *Grafo Marcado*: Es la PN que tiene cada lugar con exactamente una transición de entrada y una de salida. [9]

- *Red T-Restrictiva*: Son las PN en las cuales todas sus transiciones deben tener por lo menos un lugar de entrada y un lugar de salida. [9]

- *Red Cerrada*: Si la red tiene al menos un lugar de entrada y uno de salida conectados por una transición. [9]

### *Redes de Petri Extendidas*

- *Continuas*: Las PN continuas se caracterizan por permitir el flujo fraccionario de marcas. El disparo de transiciones se da cuando la marca ha alcanzado la cantidad de marcas denominada *habilitabilidad*. [9]

- *Híbridas*: Las redes híbridas por su parte, combinan las características de una red discreta con una continua. [9]

- *Jerárquicas*: Son aquellas redes que representan sistemas que en su estructura tienen diferentes niveles de prioridad.[53]

- *Coloreadas*: Es un tipo de red jerárquica. Esta clase de redes son empleadas para sistemas que necesitan establecer prioridades entre sus elementos. Emplea marcas que pueden ser diferenciadas gracias a un atributo de los marcas, el color. De esta manera, las transiciones se disparan de acuerdo al color de marcas que se encuentran en el lugar de entrada.[19]

- *Temporizadas*: Las redes temporizadas son aquellas que tienen transiciones, arcos o lugares temporizados, es decir, que tienen un tiempo para dispararse. Algunos sistemas requieren esta temporización porque su comportamiento se define con duración de actividades o con el momento en que éstas deben ser realizadas.[19]

- *Interpretadas por Periferia*: Asocian los estados del sistema a los lugares y establecen condiciones booleanas y eventos en las transiciones. El término

*periferia* señala el hecho de que la influencia del ambiente está basada en las señales de entrada y de salida que los eventos externos detectan en los cambios de estado en señales binarias de entrada.[19]

- *Estocásticas*: Existen sistemas que requieren resolución de conflictos, a los cuales se mencionó anteriormente, para estos casos es necesario utilizar una red que establezca prioridades e incluso probabilidades, es decir, una red estocástica. [9]

- *Arcos Inhibidores*: Un arco inhibidor realiza una habilitación de una transición si es que la marca del lugar es inferior al peso del arco. [9]

### **3.1.6. Modelado de Redes de Petri**

En muchos campos de estudio los fenómenos no son analizados específicamente sino mediante un modelo, de manera que se puede estudiar un fenómeno sin necesidad de manipular el sistema propiamente dicho.

Los sistemas están compuestos por varios elementos, los cuales pueden actuar concurrente o paralelamente. Cuando los componentes interactúan es necesario que ocurra una sincronización entre la transferencia de información y las acciones, estas interacciones en algunos casos pueden ser muy complejas de describir. Para simplificar esta descripción se utilizan las Redes de Petri.

Para realizar esto, primero es necesario interpretar el funcionamiento lógico del sistema, así se determina el tipo de Red de Petri que cubre todas las necesidades del modelamiento. Posteriormente se debe realizar un diseño inicial e incompleto, que refleje el funcionamiento del sistema, para luego añadir detalles que complementen correctamente al sistema y muestre las características definitivas del mismo.

### 3.1.7. Análisis de Redes de Petri Regulares

#### *Matriz de Incidencia y Ecuación de Estado*

El estado de un sistema está dado por su marcaje, ya que es el conjunto que describe la información correspondiente al número de marcas en cada lugar.

Ecuación de estado.- Representa un cambio de marca, es decir, un cambio de distribución de tokens de los lugares, como resultado del disparo de una transición. Esta ecuación se define como:

$$M_k = M_{k-1} + A^T u_k$$

(3.4) Ecuación de estado

Donde:

- $k=1,2,\dots$  indica el estado  $k$  representado
- $M_k$  es un vector columna  $m \times 1$  que representa una marca directamente alcanzable desde  $M_{k-1}$  después del disparo de  $t_i$ .
- $u_k$  es un vector columna  $n \times 1$ , que representa el  $k$ -ésimo vector de disparo. Este tiene un solo elemento diferente de cero e igual a uno en posición  $i$  correspondiente al disparo  $k$  de  $t_i$  en alguna secuencia de disparos  $L(M_0)$

- $A$  es la matriz de incidencia, la misma que es una matriz entera a  $A_{n \times m}$  donde  $n$  es el número de transiciones y  $m$  es el número de lugares. [9]

Matriz de incidencia  $A$  .- Define todas las posibles conexiones entre lugares y transiciones de la PN. Se establece como:

$$A = O(P, T) - I(P, T)$$

### (3.5) Matriz de Incidencia

Donde:

- $A, O(P, T), I(P, T)$  son matrices de dimensión  $n \times m$
- $O(P, T)$  es la transpuesta de la matriz asociada al grafo de transición que considera la relación de arcos existente de T a P, es decir  $o_{ij}$  es el peso del arco que va de  $t_i$  a  $p_j$ .
- $I(P, T)$  es la matriz asociada al grafo de transición que considera la relación de arcos existente de P a T, es decir,  $i_{ij}$  es el peso del arco que va de  $p_j$  a  $t_j$ .

Para asegurarse que cada elemento de  $A$  refleje apropiadamente la estructura de una red de Petri, ésta debe ser pura. [9]

#### *Propiedades a través de la Ecuación de Estado*

Del análisis de las ecuaciones de estado se puede obtener conceptos acerca de las propiedades estructurales de la red de Petri. Estas propiedades son:

Invariante.- Se mantiene en cualquier estado alcanzable. Una combinación lineal de invariantes del mismo tipo, con números no negativos, también es una invariante. Se

denomina *minimal* si no es combinación lineal de otras invariantes. Las invariantes pueden ser de lugar o transición. [9]

Invariante P.- Es el conjunto de lugares en los cuales el conteo ponderado de marcas es constante durante los disparos de transiciones.[9]

Invariante T.- Estas muestran el número de veces que cada transición debe dispararse para, partiendo de  $M_0$ , llegar nuevamente a  $M_0$ . La existencia de invariantes T indica que el sistema tiene comportamiento cíclico.[9]

#### *Árbol de Alcanzabilidad*

El árbol de alcanzabilidad representa el conjunto de alcanzabilidad de una Red de Petri. A partir de cada estado marcado se obtiene un conjunto de las marcas que se obtienen al disparar todas las transiciones habilitadas. Si todos los lugares tienen al menos una marca en un instante de la ejecución entonces la red tiene la propiedad de la alcanzabilidad.

El árbol de alcanzabilidad de una red de Petri es finito. [15]

En el anexo J se muestran los árboles de alcanzabilidad de la red de Petri que modela el ascensor de carga.

### **3.2. *Diseño de Sistemas a Eventos Discretos***

Los Sistemas a Eventos Discretos (DES) son sistemas cuyos cambios se dan de manera discreta, es decir, finita y contable; y sus variables cambian dinámicamente. Los procesos de estos sistemas se dan de manera concurrente.

Las principales etapas de diseño e implementación son:

- Modelamiento de DES.
- Modelamiento del comportamiento requerido del DES.
- Diseño de un controlador para el DES.
- Implementación del controlador dentro de un PLC. [20]

El modelamiento de este tipo de sistemas mediante redes de Petri es de gran utilidad al momento de caracterizar el comportamiento del sistema. “Las PN tienen una representación formal y matemática simple pero robusta, que las hace particularmente útiles para el diseño, análisis y control de procesos automatizados descritos por los sistemas a eventos discretos.” [20]

### **3.3. *Simulaciones de Ascensor de carga usando PETRI MAKER***

Petri Maker Editeur es un programa desarrollado por Alain Godon en el año 1992. Es un programa de muy fácil manejo que permite la ejecución paso a paso con verificación de disponibilidad de entradas por parte del usuario para las condiciones de disparo de las transiciones de la red diseñada.

Permite introducir los distintos elementos de una red de Petri como son lugares, transiciones y arcos, además de modificar sus características gráficas y funcionales. En

el caso de los lugares se puede especificar marcaje, temporización, señal, descripción y color. En las transiciones se modifican los parámetros de prioridad, temporización, señal, sensibilidad de color, descripción y color. Y en los arcos el peso, temporización y color.

A continuación, en la figura 3.2. se muestra la red básica de funcionamiento del ascensor sin alarmas.

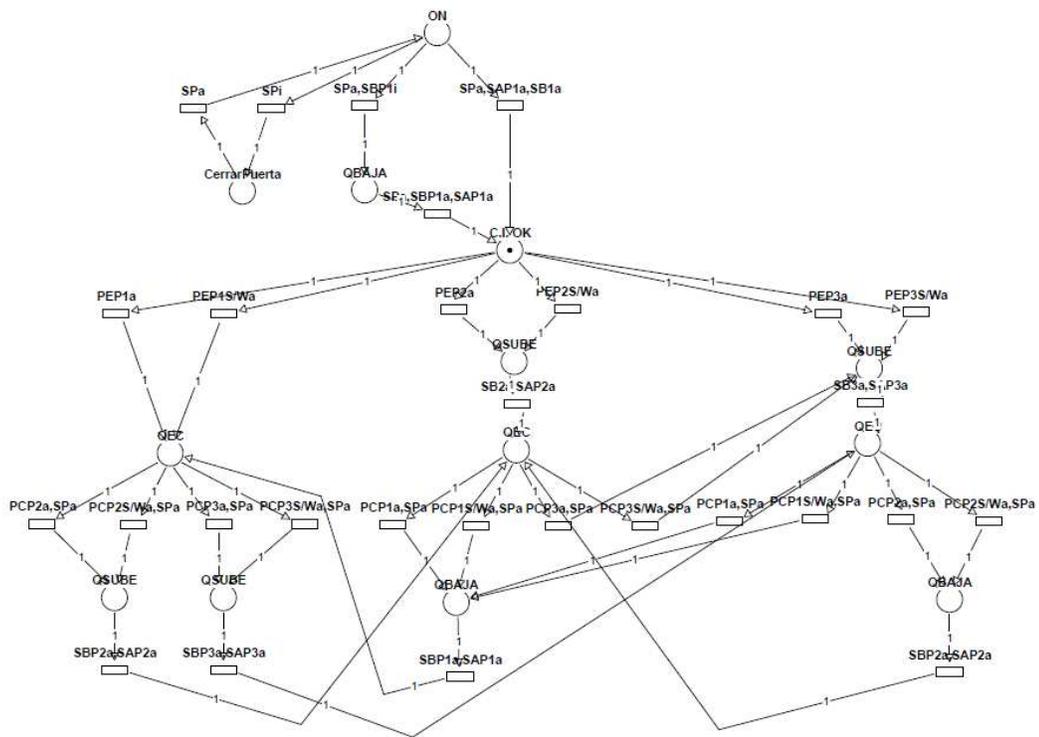


Fig.3.2. Red de Petri de funcionamiento básico de ascensor en Petri Maker Editeur

En el anexo H se puede observar la red detallada del funcionamiento, control y alarmas del sistema del ascensor de carga.

### 3.4. Simulaciones de Ascensor de Carga Usando PIPE2

Pipe2 es un simulador de Redes de Petri, diseñado por Imperial College DoC MSc Group and MSc Individual College, que tiene como característica el disparo de transiciones aleatoriamente con tan solo determinar el número de disparos que se desea y el intervalo de tiempo con el que se realizará cada uno. Esto resulta bastante práctico al momento de probar que la red diseñada funciona bajo todas las condiciones.

Este programa también es una poderosa herramienta de análisis computacional, dado que entre sus técnicas de análisis tiene las siguientes opciones: clasificación de la red, comparación con otras redes, matrices de incidencia, ecuaciones de estado, marcaje, sifones y trampas, árbol de alcanzabilidad, espacio de estados, entre otros.

La red básica de funcionamiento del ascensor se encuentra a continuación en la figura 3.3.

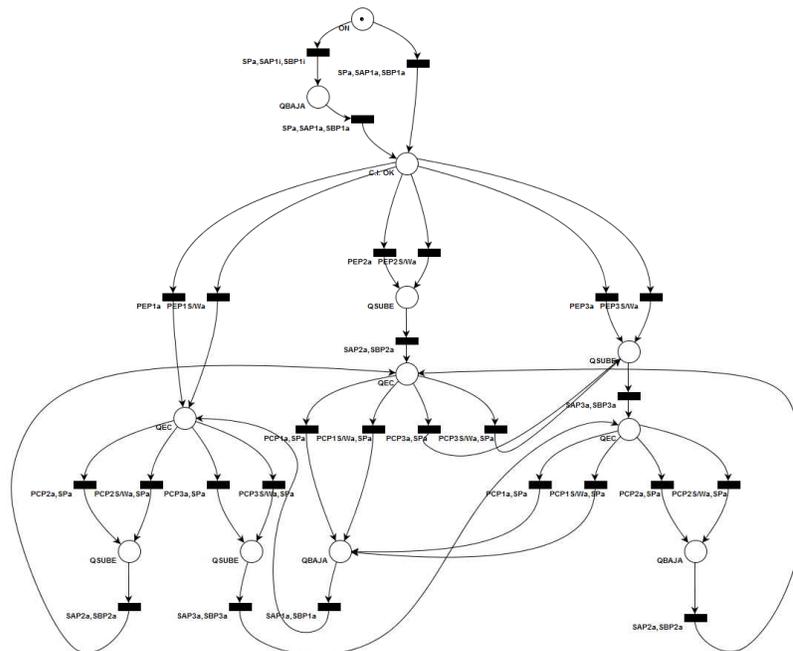


Fig.3.3. Red de Petri de funcionamiento básico de ascensor en Pipe2

La red completa con alarmas y prioridades en Pipe2 se encuentra en el anexo I.

Como se mencionó, Pipe2 permite realizar un análisis profundo de las características de la Red de Petri de manera computacional. Aquí se muestran los resultados con algunas herramientas del programa para el primer estado de la red de funcionamiento básico del ascensor de carga.

La clasificación de la red es la que se muestra en la figura 3.4.

**Petri net classification results**

State Machine	true
Marked Graph	false
Free Choice Net	true
Extended Free Choice Net	true
Simple Net	true
Extended Simple Net	true

Fig.3.4. Clasificación de la red de Petri con Pipe2

La red tiene sifones y trampas en los lugares que se indican en la figura 3.5.

<b>Minimal Siphons and Minimal Traps</b>
<b>Minimal siphons</b>
{ON}
<b>Minimal traps</b>
{QBAJA, QBAJA, QSUBE, QEC, QEC, QEC, QSUBE, QSUBE}
Analysis time: 0.012s

Fig.3.5 Sifones y Trampas con Pipe2

La alcanzabilidad es una propiedad muy importante de la Red de Petri, debido a que ésta determina que no existan estados inalcanzables, es decir, que bajo ninguna de las condiciones este lugar será marcado. En la figura 3.6 se muestra el árbol de

alcanzabilidad para la red básica y en el anexo J se encuentra el árbol de alcanzabilidad para la Red de Petri con prioridades y alarmas obtenido en Pipe2.

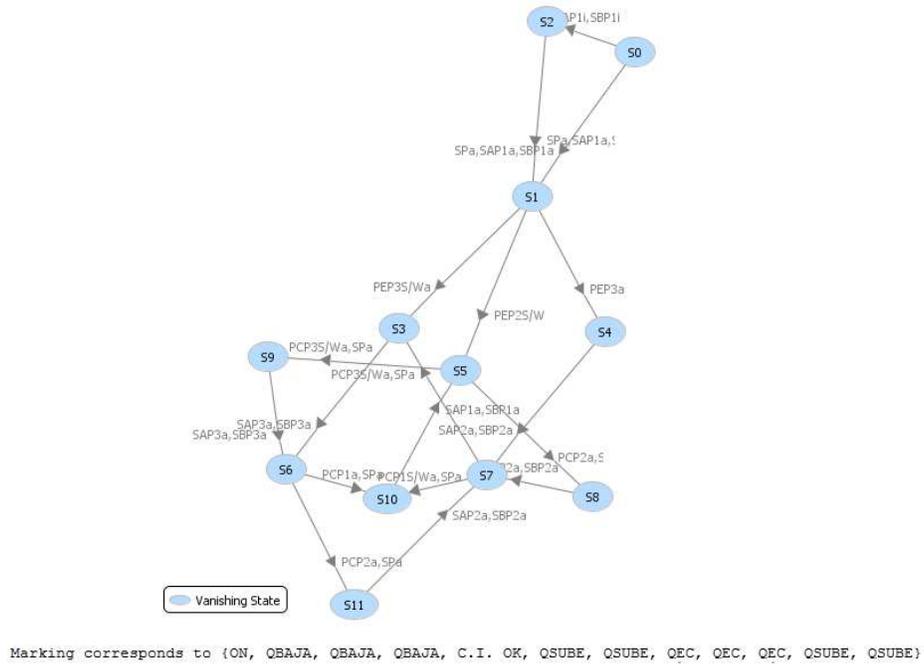


Fig.3.6. Árbol de alcanzabilidad con Pipe2

Una vez conseguido el gráfico de alcanzabilidad como el de la figura 3.6 se puede situar el puntero del mouse sobre cada uno de los lugares y se obtendrán los datos que se muestran en la figura 3.7.

<b>S0 [Vanishing State]</b>
<b>Marking:</b> {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
<b>Edges From:</b> -
<b>Edges To:</b> S1 (SPa,SAP1a,SBP1a); S2 (SPa,SAP1i,SBP1i)

Fig.3.7. Datos del primer lugar de la red

Puesto que el análisis de las matrices de incidencia es muy extenso y complejo se adjunta esta información en el anexo K.

### ***3.5. Simulaciones de Ascensor de Carga Usando REDES DE PETRI INTERPRETADAS POR PERIFERIA***

Con las simulaciones y análisis obtenidos utilizando los programas anteriores, se pudo verificar características y el funcionamiento correcto de la red, ahora se procede a implementar la red en el programa *Redes de Petri Interpretadas por Periferia de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*. Este es un simulador de Redes de Petri, con implementación de las transiciones por funciones booleanas de disparo evaluadas por periféricos de entrada.

Lo más importante de este programa es que ya con la red implementada, éste se encarga de generar el código AWL para la programación del PLC. Para generar el código es necesario configurar todos y cada de uno de los lugares con el nombre del estado, salida del PLC y si esta salida se encuentra en *set* o en *reset*. También se deben configurar las transiciones y para esto se introduce su nombre que será el nombre de las condiciones necesarias para que se dispare la misma, además se introduce una combinación de las salidas del PLC con el flanco correspondiente que satisfaga las condiciones de disparo de la transición.

Es importante señalar que este programa tiene la limitación de contar con tan solo ocho entradas y ocho salidas de PLC, por lo que fue necesario que algunas de las entradas y salidas del ascensor sean compartidas bajo un mismo nombre para la obtención del código AWL.

La red en *Redes de Petri Interpretadas por Periferia* se muestra en el anexo L. Y el código AWL generado se encuentra en el anexo M. El código modificado con las entradas y salidas reales de la CPU del ascensor se señala en el anexo N.

### **3.6. Programación del PLC**

El PLC en el ascensor cumple la función de ser el encargado de recibir información del estado del ascensor (Cabina, motor, microswitches, etc.) y transformarlas en acciones programadas para cada situación que se presente a través de relés, los cuales son los encargados de llevar las acciones tomadas por el PLC al circuito de potencia.

#### **3.6.1. Entradas del Sistema**

Las entradas del sistema son todos los elementos sensores que tiene el ascensor de carga que entregan al PLC las señales del estado, posición de cabina, funcionamiento de los actuadores y el desarrollo de las ejecuciones pedidas por los usuarios.

Las entradas del PLC se encuentran asignadas como parte del proyecto de automatizar, lo que posteriormente se convertirá en un proceso más didáctico para el laboratorio de Control Automático. Es por esta razón que la mayoría de las entradas a continuación descritas no forman parte del PLC o Autómata Siemens S7-200 CPU 226, sino de su expansión, EM 223 de 16 entradas y 16 salidas digitales.

Las entradas que son propias del PLC van desde la I0.0 hasta la I2.7 y las del modulo de expansión van desde la I3.0 hasta la I4.7. Sin embargo, para la

implementación del código del ascensor de carga se lo hizo independientemente del módulo de expansión y las direcciones empleadas se detallan en la tabla 3.1.

ENTRADA	SÍMBOLO	FUNCIÓN	OBSERVACIÓN
I1.3	PCP1	Pulsador cabina piso 1	Ordena que el destino sea el piso 1
I1.4	PCP2	Pulsador cabina piso 2	Ordena que el destino sea el piso 2
I1.5	PCP3	Pulsador cabina piso 3	Ordena que el destino sea el piso 3
I1.6	PEP1	Pulsador externo piso 1	Llama a la cabina al piso 1
I2.0	PEP2	Pulsador externo piso 2	Llama a la cabina al piso 2
I2.1	PEP3	Pulsador externo piso 3	Llama a la cabina al piso 3
I0.0	SAP1	Micro-Switch A piso 1	Detecta presencia de la cabina en piso 1
I1.0	SBP1	Micro-Switch B piso 1	Detecta presencia de la cabina en piso 1
I0.1	SAP2	Micro-Switch A piso 2	Detecta presencia de la cabina en piso 2
I1.1	SBP2	Micro-Switch B piso 2	Detecta presencia de la cabina en piso 2
I0.2	SAP3	Micro-Switch A piso 3	Detecta presencia de la cabina en piso 3
I1.2	SBP3	Micro-Switch B piso 3	Detecta presencia de la cabina en piso 3
I0.3	FCS	Contacto grupo fin de carrera límite superior y micro switch límite superior	Da la señal de paro cuando llega la cabina al límite superior
I0.4	FCI	Contacto grupo fin de carrera límite inferior y micro switch límite inferior	Da la señal de para cuando llega la cabina al límite inferior
I0.5	SPCA	Sensor de paracaídas	Sensa la inexistencia de energía en el sistema y activa el paracaídas.
I0.6	SPUERTA	Micro switch puerta cabina	Da la señal si la puerta está cerrada.
I0.7	SPESO	Sensor de peso cabina	Da la señal de sobrepeso en la cabina
I1.7	SPE	Pulsador de paro de emergencia	Detiene cualquier procedimiento que se encuentre ejecutando, activa alarma y activa el paracaídas

Tabla 3.1. Entradas utilizadas en el PLC

### 3.6.2. Salidas del Sistema

Las salidas del sistema son todos los elementos que interactúan con el ascensor de carga que son controlados por el PLC que permite el movimiento de la cabina, apertura de puerta, luces indicadoras de posición de la cabina tanto en la parte exterior del ascensor como en el panel de control y la activación de alarmas.

Las salidas del PLC van desde la Q0.0 hasta la Q1.7 y las del módulo de expansión van desde la Q2.0 hasta la Q3.7.

Para el funcionamiento del ascensor de carga se necesitan nueve salidas digitales las mismas que son mostradas en la Tabla 3.2.

<b>SALIDA</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Q0.0	QLP1	Luces indicadoras de piso 1	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso de destino
Q0.1	QLP2	Luces indicadoras de piso 2	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso de destino
Q0.2	QLP3	Luces indicadoras de piso 3	Enciende las luces indicadoras de la cabina y exterior señalando el piso de destino
Q0.3	QCERRA	Cerradura eléctrica puerta de cabina	Activa la cerradura eléctrica al llegar al destino.
Q0.4	QMULTI	Relé temporizador	Permite la temporización para dos entradas
Q0.5	QPARA	Sistema electromagnético de paracaídas	Permite el accionamiento del elemento de seguridad electromagnético
Q0.6	QBAJA	Giro del motor para que baje la cabina	Activa giro del motor para que baje la cabina
Q0.7	QSUBE	Giro del motor para que suba la cabina	Activa giro del motor para que suba la cabina
Q1.7	QCP	Luz indicadora para cerrar puerta	Señal visual para que el operador cierre la puerta de la cabina

Tabla 3.2. Salidas del Sistema

## **CAPÍTULO 4**

### **4. Resultados**

#### ***4.1. Pruebas de Control***

Las pruebas del sistema de control del ascensor se realizaron en base a la comprobación de continuidad en todos los puntos con la ayuda de un multímetro digital y los planos de conexiones que se muestran en el capítulo dos. Con las mencionadas pruebas se llegó a la conclusión de que las conexiones del equipo no presentan falla alguna.

Una vez comprobada la continuidad se procedió a alimentar con energía a todo el ascensor de carga; momento en el cual en base a mediciones de voltaje y corriente, con el uso de un multímetro, se determinó que no existían fugas de voltaje o cortocircuito en ningún punto y que el equipo no generaba un amperaje mayor al determinado para la protección (Fusible de 6A). Al mismo tiempo se comprobó el arribo de las señales procedentes de los sensores y pulsadores a las entradas del PLC.

Para las pruebas de control del ascensor de carga fue necesaria la implementación de un programa de PLC que se encarga de revisar el correcto funcionamiento de las entradas, salidas y sus marcas de memoria lo que lleva a verificar cada una de las funciones de todos los elementos activos (actuadores) y pasivos (sensores) del ascensor de carga. Para la elaboración del programa se utilizó el sistema de programación SIEMENS: STEP 7.

#### ***4.2. Pruebas de control de entradas***

El programa desarrollado recibe las señales procedentes de los sensores: de energía, peso, fin de carrera, microswitches de piso y de puerta; y de pulsadores de cabina, exteriores de piso y paro de emergencia. Estas entradas están distribuidas como se muestra en la Tabla 2.4. El programa de comprobación de entradas utilizado se muestra el anexo O.

#### ***4.3. Pruebas de control de las salidas***

El programa desarrollado activa las marcas referentes a las salidas del PLC permitiendo comprobar el correcto funcionamiento de los actuadores que el ascensor de carga posee. Estas salidas están distribuidas como se muestra en la Tabla 2.5. El programa de comprobación de las salidas utilizado se muestra en el anexo P.

#### ***4.4. Pruebas de Control con el Programa Obtenido con Redes de Petri Interpretadas por Periferia***

El programa de Redes de Petri interpretadas por periferia de la Universidad Nacional de Medellín proporcionó un código AWL que permitió montar dicha red en el PLC para que controle el ascensor de carga. Desafortunadamente, dicho programa no cuenta con el nivel necesario para generar un código eficiente que realice todas las tareas que se necesitan como parte del funcionamiento del ascensor y genere un código apropiado.

Posteriormente, y a pesar del nivel de complejidad de la red, se montó el código dentro del PLC, dando como resultado un comportamiento no deseado del ascensor de carga que, en varias ocasiones, estuvo muy cerca de causar daños en el mismo. Es por

este motivo que se realizó un nuevo código manualmente que permita alcanzar todos los objetivos propuestos en la presente tesis.

El código obtenido se encuentra en los anexos M y N.

#### ***4.5. Pruebas de Control con el Programa Realizado Manualmente***

El programa desarrollado manualmente para el control de las entradas y el manejo de las salidas del PLC dio como resultado el correcto funcionamiento de cada una de las ejecuciones del ascensor. Sean las ejecuciones de subir a piso 3, subir o bajar a piso 2, bajar desde cualquiera de los pisos a piso 1 o después de terminada una ejecución regresar a piso 1 para esperar la siguiente llamada. Se comprobó el funcionamiento de las alarmas de sobrepeso, paro de emergencia y de paracaídas. El programa realizado se encuentra en el anexo Q.

#### ***4.6. Análisis de Resultados***

La estructura mecánica y electrónica cumple con los requisitos técnicos y de seguridad para un apropiado funcionamiento, habiéndose implementado con base a normas internacionales.

Las simulaciones realizadas demuestran la consistencia de la teoría propuesta por Petri.

Sin embargo, en la aplicación práctica de la investigación y en base a sus resultados, el software de conversión de Redes de Petri a código AWL no satisface las necesidades de funcionamiento del ascensor de carga. Por lo tanto, se procedió a

desarrollar e implementar un código manualmente, basándonos en el modelamiento realizado.

## CAPÍTULO 5

### 5. Manual de Operación

#### ADVERTENCIA

**Este manual del usuario debe ser leído y entendido en su totalidad antes de encender por primera vez el equipo. Todos los procedimientos de operación se deben seguir así como las precauciones y advertencias deben ser observadas a fin de evitar posibles lesiones o daños, tanto a personas como al equipo.**

El ascensor de carga didáctico es útil para que los estudiantes tengan un elemento de práctica y visualización de los diferentes procesos que se deben seguir para conseguir al diseñar equipos industriales. Está diseñado para ser utilizado como elemento de aprendizaje que cuenta con sistemas de seguridad los que garantizan la protección de la carga y de los usuarios.

#### Revisión de Partes del Ascensor de Carga

Este manual es una herramienta para la identificación de las partes y piezas que intervienen en el equipo.

Etiqueta	Descripción	Etiqueta	Descripción
PCP1	Pulsador de cabina primer piso	SBP2	Microswitch bajo de segundo piso
PCP2	Pulsador cabina segundo piso	SAP3	Microswitch alto de tercer piso
PCP3	Pulsador cabina tercer piso	SBP3	Microswitch bajo de tercer piso
PEP1	Pulsador externo primer piso.	SPUERTA	Microswitch de puerta
PEP2	Pulsador externo segundo piso	SPESO	Sensor de peso
PEP3	Pulsador externo tercer piso	PCA	Paracaídas electromagnético
FCS	Microswitch límite superior	PE	Paro de emergencia
FCI	Microswitch límite inferior	LE	Luz de emergencia y alarmas
SAP1	Microswitch alto de primer piso	LEC	Luz de emergencia y alarmas de cabina
SBP1	Microswitch bajo de primer piso	PR	Pulsador de reinicio
SAP2	Microswitch alto de segundo piso	CERRA	Cerradura electromecánica de puerta de la cabina

Tabla 5.1.Descripción de etiquetas

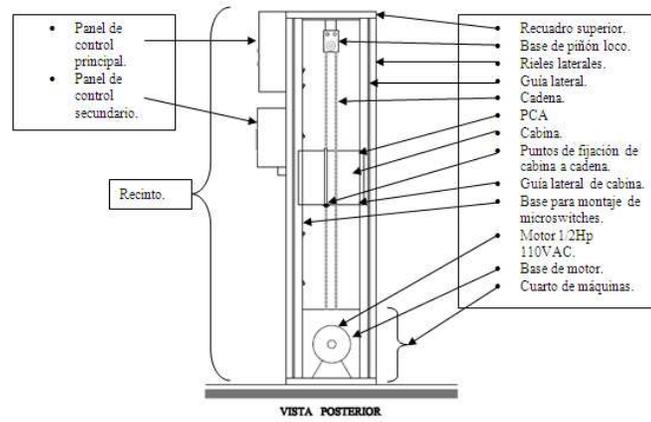


Fig.5.1. Vista posterior

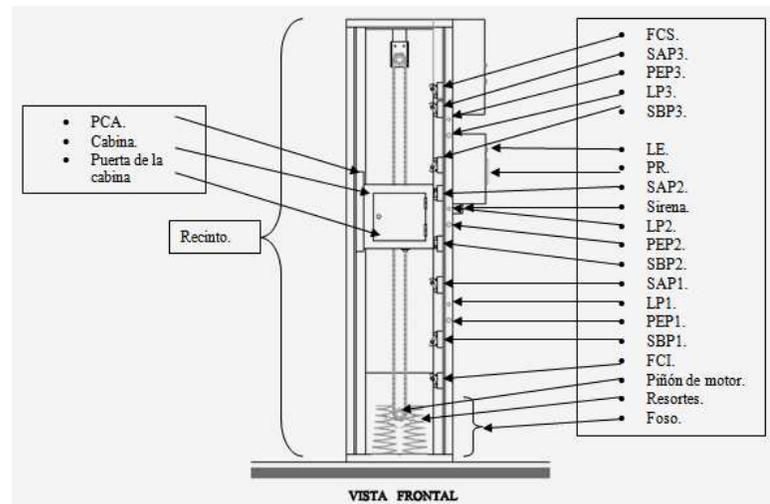


Fig.5.2. Vista frontal

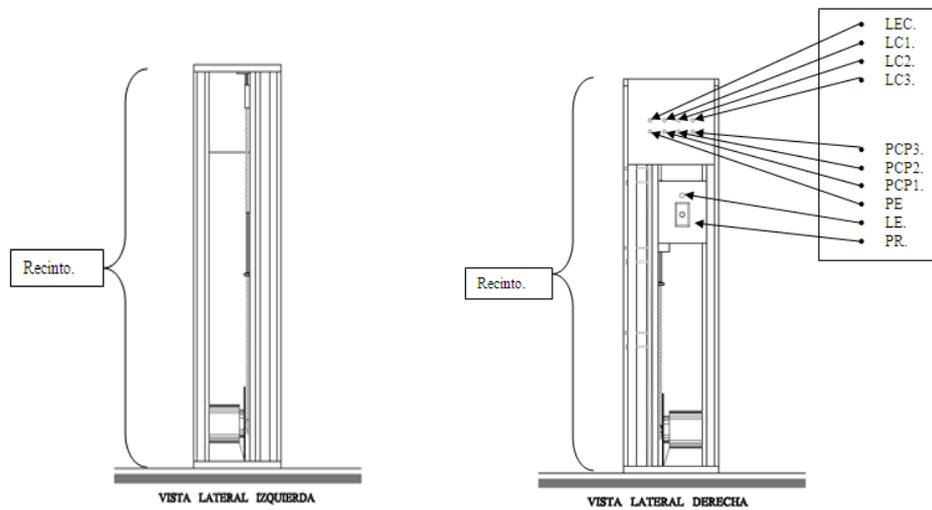


Fig.5.3. Vistas laterales

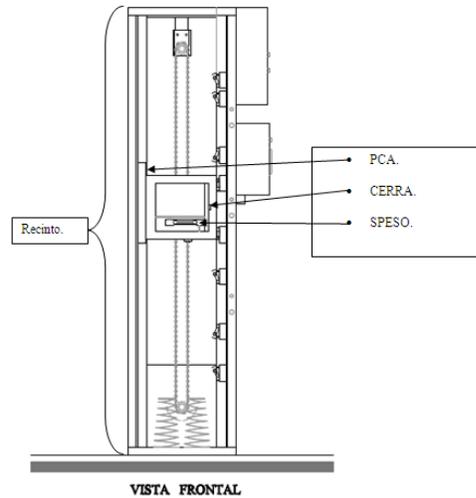


Fig.5.4. Vista frontal con puerta de cabina abierta

## Descripción de Características del Equipo<sup>1</sup>

### *Panel de Control*

En el panel de control se encuentran todos los elementos actuadores (Contactores) y amplificadores (relés) de control del ascensor de carga. Se debe tener precaución al abrir el panel de control ya que por una mala operación del usuario se pueden desconectar los elementos y/o provocar cortocircuitos que afecten al funcionamiento del equipo.

### *Pulsadores Externos de Piso*

Se encuentran en cada piso del ascensor de carga, uno por piso, y su función es la de llamar a la cabina a ese piso.

### *Pulsadores de Cabina*

Se encuentran en la tapa del panel de control del ascensor de carga, uno por piso, y su función es la de determinar el piso de destino de la cabina.

<sup>1</sup> En el anexo S se encuentra una lista detallada de todos los componentes del ascensor de carga. Y el anexo T contiene las hojas de datos de cada uno de estos componentes.

#### *Luces Indicadoras de Piso*

Se encuentran sobre los pulsadores externos de piso y en la tapa del panel de control sobre los pulsadores de cabina, su función es presentar al usuario el piso de destino de la cabina.

#### *Pulsador de Paro de Emergencia*

Se encuentra junto a los pulsadores de cabina en la tapa del panel de control y su función es detener cualquier acción que esté ejecutándose.

#### *Luces Indicadoras de Emergencia*

Se encuentran sobre el pulsador de paro de emergencia y en el panel secundario sobre el pulsador de reinicio su función es presentar al usuario la activación de las alarmas.

#### *Pulsador de Reinicio*

Este pulsador se encuentra en el panel de control secundario y cumple la función de reactivar manualmente el funcionamiento del ascensor. Esta acción es requerida siempre que el ascensor haya tenido desconexión de energía o se hayan activado cualesquiera de las alarmas.

#### *PLC*

Se utiliza un *PLC SIEMENS S7-200 CPU 226* para el monitoreo y control del ascensor de carga.

#### *Paracaídas Electromagnético*

El paracaídas electromagnético cumple las siguientes funciones:

- Asegurar a la cabina en caso de pérdida total o parcial de energía.
- Afianzar a la cabina en situaciones de activación de alarmas.
- Garantizar que la cabina esté fija en caso de que el usuario pulse el paro de emergencia.

#### *Sensor de Peso*

El sensor de peso cumple la función de medir la carga existente en la cabina y determinar si está dentro de los límites establecidos. En caso de que exista sobrepeso se activan las alarmas y el paracaídas.

#### *Notas de Operación*

Las directrices operativas que se deben observar en todo momento con el fin de evitar posibles lesiones a personas o daños en el elevador o de otros bienes son las siguientes:

- No exceder la capacidad de carga máxima del ascensor.
- No apoyar objetos contra la puerta del ascensor.
- Cerrar la puerta del ascensor cuando no esté en uso.
- No intente abrir la puerta cuando esté en funcionamiento.
- No utilice el ascensor para el transporte de personas.
- No utilice el ascensor si presenta muestras de desgaste excesivo.
- En caso de que existan alarmas activadas, no trate de usar el ascensor hasta que se haya reparado el daño.
- En caso de pérdida de energía el operador dispone de cuatro horas para reparar el daño antes de que el paracaídas se desactive.

- Para desactivar el sistema de alarma se debe presionar el pulsador de reinicio (PR) que se encuentra en el panel de control secundario, siempre y cuando se hayan hecho las reparaciones pertinentes.

### *Mantenimiento*

El mantenimiento regular es esencial para el correcto funcionamiento del ascensor de carga, se lo debe realizar periódicamente. Los daños por falta de mantenimiento del ascensor de carga pueden provocar la destrucción total o parcial del equipo.

Para asegurar buenas condiciones de funcionamiento del ascensor de carga, los elementos que se describen a continuación deben ser inspeccionados cada seis (6) meses de trabajo continuo y de ser necesario recibir el mantenimiento apropiado y reemplazar las piezas necesarias. Este trabajo debe ser realizado por un técnico especializado.

### *Inspección de los Componentes del Ascensor*

- Apriete todos los anclajes de sujeción de cadena de transmisión y engranajes.
- Inspeccione el desgaste de cadena, piñón libre y piñones plásticos de reducción del motor. Si estos muestran signos de desgaste reemplace según sea necesario.
- Verificar el funcionamiento adecuado de la puerta del ascensor y del sensor de la puerta.
- Verificar el funcionamiento correcto de todos los controles de la cabina que se encuentran en el panel de control y los pulsadores de cada piso.
- Revisar la tensión en la cadena.

### *Puesta en Marcha*

Para poner en marcha el ascensor de carga el operario deberá verificar:

- Alimentación de 110VAC en el ascensor de carga.
- Alimentación de 110VAC en el PLC.
- Alimentación de 24VDC en sensores y actuadores.
- Alimentación de 12VAC en contactos de paracaídas electromagnético.
- Alimentación de 12VDC en sensor de peso.

En caso de no existir cualquiera de los voltajes, dar solución antes de poner en marcha al ascensor de carga.

Comprobar el estado de:

- Lectura de señales del PLC
- Pulsadores de piso y de cabina.
- Luces indicadoras de piso y de cabina.
- Estado de cadena.
- Estado de alarmas.

Para iniciar la ejecución del funcionamiento del ascensor de carga como medida de seguridad se ha implementado el uso de un pulsador de reinicio (PR) en el panel de control secundario. Pulsador que deberá ser presionado al inicio del periodo de trabajo del ascensor de carga o en caso de activación de alarmas.

### *Solución de Problemas*

Posibles problemas que se presenten durante el funcionamiento del ascensor de carga podrán ser solucionados por el operario siguiendo los pasos de verificación de todos los elementos del ascensor.

- Si el ascensor no funciona después de haberse verificado la alimentación de todos los elementos que necesitan energía se puede solucionar pulsando el botón de reinicio.
- La cadena se puede desacoplar por falta de tensión. Para solucionar este problema, el ascensor cuenta con un tornillo de ajuste en la parte posterior de la cabina que sirve para regular dicha tensión.
- El exceso de tensión puede producir desgaste excesivo tanto en el piñón libre como en el sistema de reducción del motor o la cadena. Para tener un óptimo funcionamiento se debe regular la tensión de la cadena con el tornillo de ajuste ubicado en la parte posterior de cabina.
- Por falta de lubricación las rieles laterales del recinto y/o de la cabina pueden verse afectadas. Antes de realizar el mantenimiento retire el lubricante desgastado y proceda a reemplazarlo con un lubricante liviano sintético.
- En caso de presentarse daños severos en el juego de piñones del reductor del motor debe reemplazarlo por un repuesto modelo: 65420. 41C4220A. GEAR & STROCKET SET.
- Al presentarse daños severos en el piñón dentado de punta debe reemplazarlo por un repuesto modelo: 041A2780. 422712 Rueda dentada de 10 dientes.

## **CAPÍTULO 6**

### **6. Conclusiones y Recomendaciones**

#### **6.1. Conclusiones**

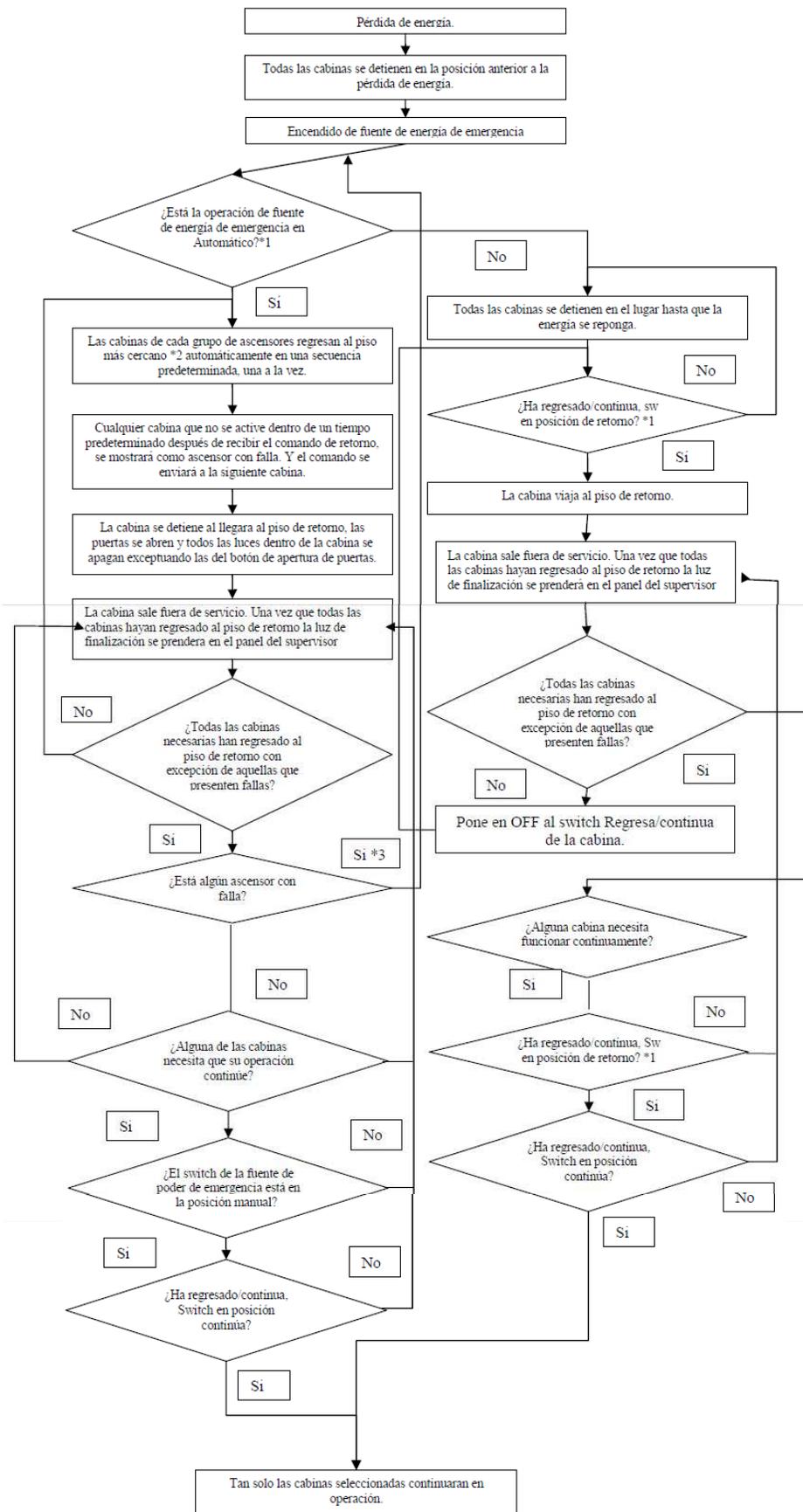
- La estructura mecánica y electrónica del ascensor satisface los requerimientos técnicos y de seguridad.
- Las Redes de Petri son una herramienta matemática robusta para el análisis de sistemas.
- La hipótesis no es aceptada, por tanto se considera que las Redes de Petri no son aplicables para la implementación del ascensor de carga.
- Sin embargo, se desarrolló un sistema robusto y confiable que puede ser aplicado en futuras investigaciones.

#### **6.2. Recomendaciones**

- Incentivar el estudio de las Redes de Petri para la aplicación en sistemas industriales.
- Estimular la investigación y desarrollo de programas que posibiliten la aplicación de Redes de Petri en diferentes campos.
- Utilizar el ascensor para prácticas de diferentes materias como: Automatismos Industriales, Sistemas SCADA, Sensores e Instrumentación Virtual, entre otros.

## **7. ANEXOS Y APÉNDICES**

*ANEXO A – Diagrama de flujo de las acciones que tomará el ascensor de carga en caso de falla de energía de la red y esté accionado el modo automático en el panel de control*



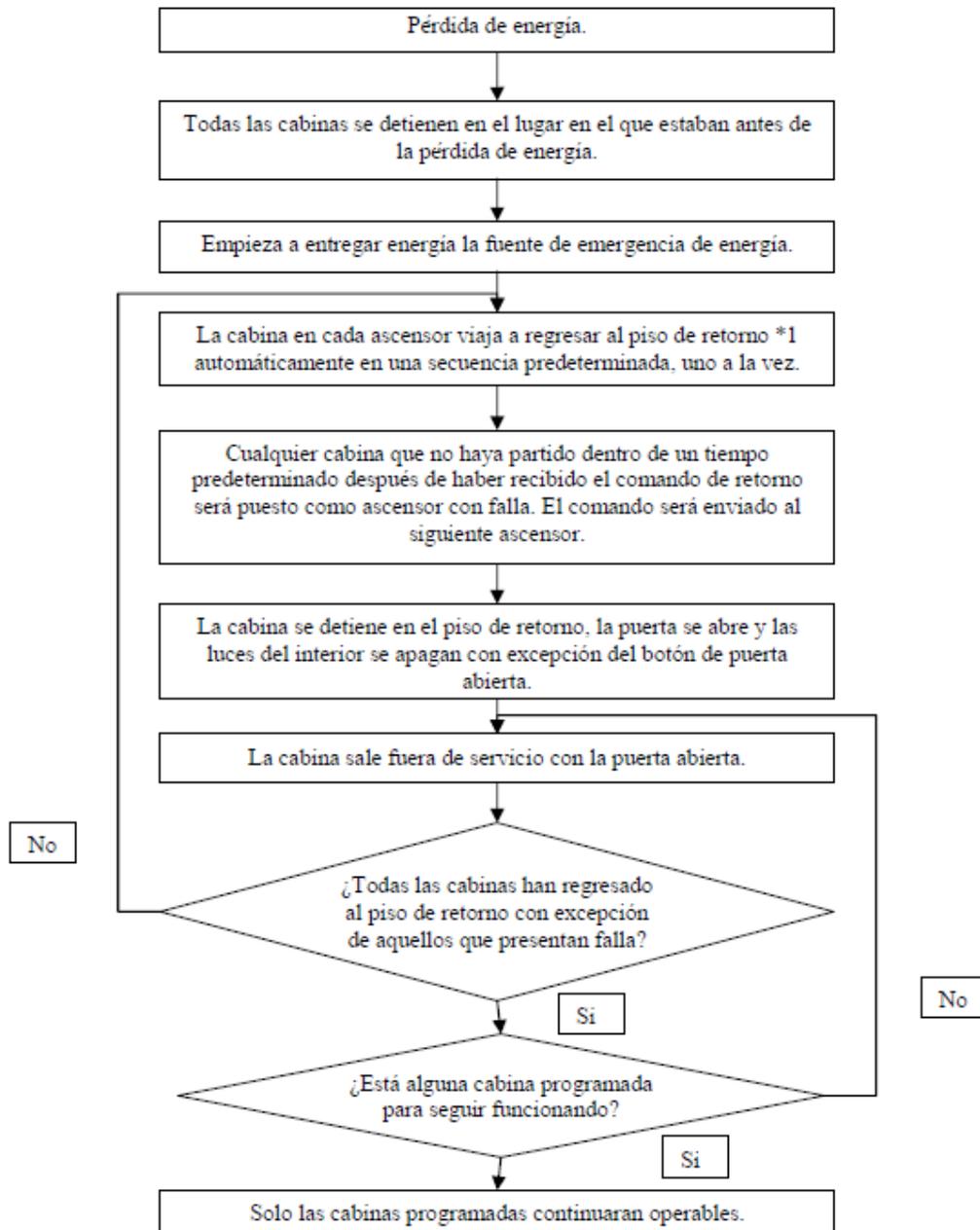
\*1 Regreso a posición NC del switch está prohibido en el panel de control.

\*2 Regresar al piso especificado por el usuario o al piso más cercano.

\*3 Switch permanece activo el sistema en modo automático en condiciones normales.

Fig.A.1.Diagrama de flujo de las acciones que el ascensor tomará en caso de falla de energía de la red[52]

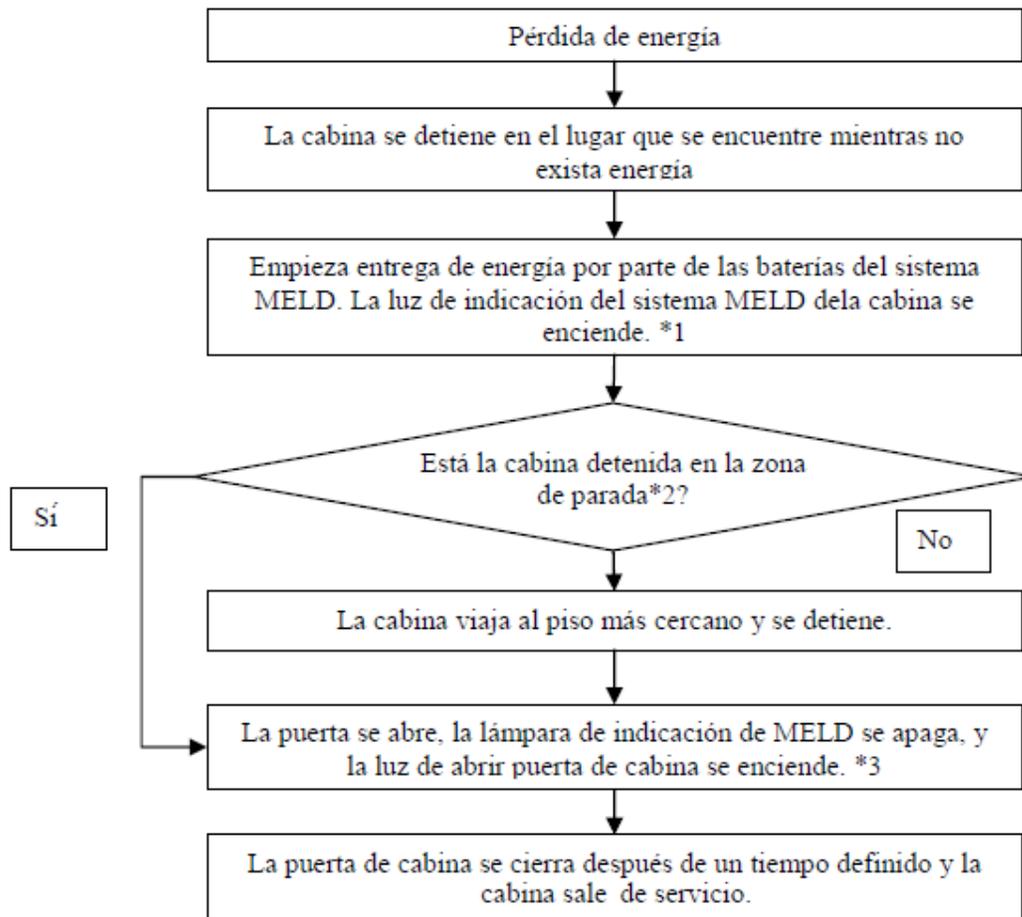
*ANEXO B - Diagrama de flujo de las acciones que el ascensor tomará  
en caso falle el modo automático del sistema y deba funcionar en modo  
manual*



\*1 El retorno al piso definido está diseñado de acuerdo a la necesidad de cada usuario, o a su vez por defecto va al piso más cercano.

Fig.B.1. Diagrama de flujo de las acciones que el ascensor tomará en caso falle el modo automático del sistema y tenga que funcionar en modo manual[52]

*ANEXO C – Diagrama de flujo del sistema MELD de Mitsubishi*  
*(Mitsubishi Emergency Landing Diagram)*



\*1 Solo cuando la lámpara indicadora de MELD está provista dentro de la cabina.

\*2 Si la zona de arribo está dentro de 75mm de error la puerta de la cabina se abrirá sin problema. Si la falla de la red de energía se produce cuando la cabina está realizando una parada y la cabina está dentro del área de error la puerta se abrirá aún cuando exista una abertura entre la cabina y el piso de destino (no mayor a 75mm).

\*3 La puerta podrá ser abierta usando el botón de apertura de puerta, el cual permanecerá prendido por dos minutos.

Fig.C.1. Diagrama de flujo del sistema MELD de Mitsubishi[52]

*ANEXO D – Programa de entradas y salidas desarrollado como proyecto  
de Automatismos Industriales para el control del ascensor de carga*

```
//PROGRAMA DE PLC PARA EL CONTROL DE ASCENSOR DE CARGA
NETWORK 1      //INICIO
LD      SM0.0
=       M0.0
NETWORK 2
LD      M0.0
A       I1.0
LD      I0.0
O       I0.3
ALD
=       Q0.2
NETWORK 3
LD      M0.0
A       I1.1
LD      I0.1
O       I0.4
ALD
=       Q0.2
NETWORK 4
LD      M0.0
A       I1.2
LD      I0.2
O       I0.5
ALD
=       Q0.2
NETWORK 5
LD      M0.0
A       I1.0
=       Q0.3
NETWORK 6
LD      M0.0
A       I1.0
=       Q0.6
NETWORK 7
LD      M0.0
A       I1.1
=       Q0.4
NETWORK 8
LD      M0.0
A       I1.1
=       Q0.7
NETWORK 9
LD      M0.0
A       I1.2
=       Q0.5
NETWORK 10
LD      M0.0
A       I1.2
=       Q1.0
NETWORK 11
LD      M0.0
AN      I1.3
JMP     100
NETWORK 12
LD      M0.0
A       I1.1
LD      I0.0
O       I0.3
ALD
S       Q0.1, 1
NETWORK 13
```

```
LD      M0.0
A       I1.1
LD      I0.0
O       I0.3
ALD
JMP     1
NETWORK 14
LD      M0.0
A       I1.1
LD      I0.2
O       I0.5
ALD
S       Q0.0, 1
NETWORK 15
LD      M0.0
A       I1.1
LD      I0.2
O       I0.5
ALD
JMP     2
NETWORK 16
LD      M0.0
A       I1.0
LD      I0.1
O       I0.4
ALD
S       Q0.0, 1
NETWORK 17
LD      M0.0
A       I1.0
LD      I0.1
O       I0.4
ALD
JMP     3
NETWORK 18
LD      M0.0
A       I1.0
LD      I0.2
O       I0.5
ALD
S       Q0.0, 1
NETWORK 19
LD      M0.0
A       I1.0
LD      I0.2
O       I0.5
ALD
JMP     4
NETWORK 20
LD      M0.0
A       I1.2
LD      I0.1
O       I0.4
ALD
S       Q0.1, 1
NETWORK 21
LD      M0.0
A       I1.2
LD      I0.1
O       I0.4
ALD
```

```
JMP      5
NETWORK 22
LD       M0.0
A        I1.2
LD       I0.0
O        I0.3
ALD
S        Q0.1, 1
NETWORK 23
LD       M0.0
A        I1.2
LD       I0.0
O        I0.3
ALD
JMP      6
NETWORK 24
LBL      1
NETWORK 25
LD       M0.0
A        I1.0
R        Q0.1, 1
NETWORK 26
LD       M0.0
AN       I1.0
JMP      100
NETWORK 27
LBL      2
NETWORK 28
LD       M0.0
A        I1.2
R        Q0.0, 1
NETWORK 29
LD       M0.0
AN       I1.2
JMP      100
NETWORK 30
LBL      3
NETWORK 31
LD       M0.0
A        I1.1
R        Q0.0, 1
NETWORK 32
LD       M0.0
AN       I1.1
JMP      100
NETWORK 33
LBL      4
NETWORK 34
LD       M0.0
A        I1.2
R        Q0.0, 1
NETWORK 35
LD       M0.0
AN       I1.2
JMP      100
NETWORK 36
LBL      5
NETWORK 37
LD       M0.0
A        I1.1
R        Q0.1, 1
```

```
NETWORK 38
LD      M0.0
AN      I1.1
JMP     100
NETWORK 39
LBL     6
NETWORK 40
LD      M0.0
A       I1.0
R       Q0.1, 1
NETWORK 41
LD      M0.0
AN      I1.0
JMP     100
NETWORK 42
LBL     100
```

*ANEXO E – Programa desarrollado para la conmutación temporizada de  
las señales de los contactos del grupo fin de carrera y de los  
microswitches*

```
//COMENTARIOS DEL PROGRAMA
//Pulse F1 para obtener Ayuda y un programa de ejemplo.
//

NETWORK 1      //TÍTULO DE SEGMENTO (una línea)
//
//COMENTARIOS DE SEGMENTO
//
LD      SM0.0
=      M0.0

NETWORK 2
LD      M0.0
A      FCS
=      MFCS

NETWORK 3
LD      M0.0
A      FCI
=      MFCI

NETWORK 4      //RELE TEMPORIZADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE FCS
//
LDN     RTFCI
TON     RTFCS, +100

NETWORK 5      //RELE TEMPORIZADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE FCI
//
LD      RTFCS
TOF     RTFCI, +100

NETWORK 6      //ACTIVACION DE SALIDA DE CONMUTACION TEMPORIZADA
//
LD      RTFCI
LD      MFCS
O      MFCI
ALD
=      QMULTI
```

**Tabla de símbolos**

<b>NOMBRE</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>COMENTARIO</b>
QMULTI	Q0.4	Conmutación temporizada
FCS	I0.3	Contacto grupo fin de carrera superior
FCI	I0.4	Contacto grupo fin de carrera inferior
RTFCS	T41	Relé temporizador para FCS
RTFCI	T42	Relé temporizador para FCI
MFCS	M2.2	Marca de contacto grupo fin de carrera superior

*ANEXO F - Informe de sensor de monitoreo de existencia de energía y  
activación de paracaídas para cabina de ascensor de carga*

**Universidad San Francisco de Quito**

**Sensores e Instrumentación Virtual**

**Proyecto final**

**SENSOR DE MONITOREO DE EXISTENCIA DE ENERGÍA Y ACTIVACIÓN  
DE PARACAÍDAS PARA CABINA DE ASCENSOR DE CARGA**

**1. Definición del Problema**

En el proyecto se partirá de un prototipo de ascensor de carga al que se le añadirán dispositivos (sensores) para mejorar la seguridad, ya sea para evitar accidentes o para disminuir los daños en caso de que se produzcan.

Para ello se debe cumplir con normas de seguridad establecidas, para lo cual es necesario desarrollar un elemento sensor que alerte al usuario sobre la inexistencia de energía, y a su vez active un actuador que cumpla la función de paracaídas para proteger a la cabina y a los productos que en ella se encuentren.

**2. Objetivo**

Cumplir con la norma de seguridad para transporte vertical de carga en lo que refiere a monitoreo de existencia de energía.

**3. Elementos a Sensar**

1. Ausencia de energía

- La bobina del sensor a la pérdida permite el cambio de estado de los contactos internos y cambian de estado (NO a NC), permitiendo de esta manera la activación del paracaídas.
- Encendido de una alarma que puede ser una luz, una sirena o combinadas que funcionarán hasta la reactivación del sistema.

## 2. Reactivación de la energía

- La bobina del sensor es alimentada y los contactos cambian de estado permitiendo de esta manera la desactivación del paracaídas.

## 4. Sensor

La bobina de 110VDC del relé esta implementada como el sensor de inducción y es alimentada por la misma energía que el ascensor de carga necesita para su funcionamiento. La bobina es excitada con la presencia de energía y se produce el cambio de estado de los contactos del relé permitiendo de esta manera el paso de una señal de +24VDC a la entrada del PLC con lo cual obtenemos el monitoreo permanente del estado de la energía en el ascensor.

## 5. Elección del Elemento Sensor o Transductor Pasivo

Se procede a seleccionar un sensor inductivo que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos a través de la interacción de conductores metálicos con su campo alterno electromagnético, es decir, dentro del material atenuador metálico se inducen corrientes de Foucault que extraen energía del campo y de este modo reducen la altura de la amplitud de oscilación. Este tipo de sensor es muy utilizado en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto.

## 6. Principio Físico de Operación

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno que, cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado y cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado. En la figura F.1 se describe el funcionamiento de un sensor de proximidad inductivo.

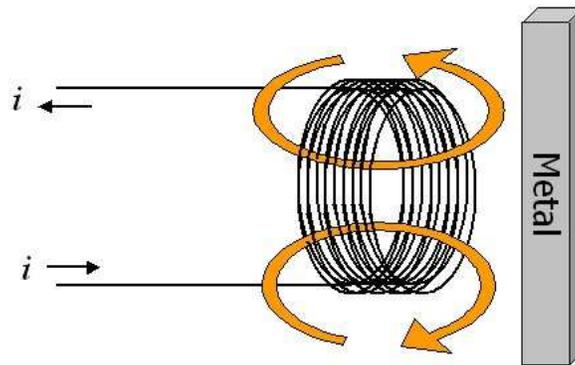


Fig.F.1. Descripción del funcionamiento de sensores de proximidad inductivos

La bobina del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Éstas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en su impedancia. La inductancia es un valor intrínseco de las bobinas que depende del diámetro y número de espiras. En sistemas de corriente alterna, la reactancia inductiva se opone al cambio del sentido de la corriente y se calcula con la ecuación F.1:

$$XL = 2\pi fL$$

(F.1) Reactancia inducida

Donde:

$X_L$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega$ )

$f$  = Frecuencia del sistema (Hz)

$L$  = Inductancia medida (H)

La figura F.2. muestra los estados que pueden darse en el sensor inductivo.

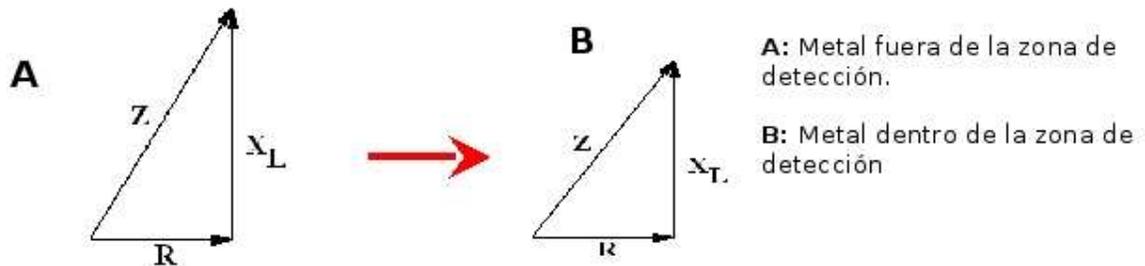


Fig.F.2. Estados del sensor

Si el sensor tiene una configuración “Normalmente Abierta” activará la salida cuando un metal ingrese a la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración “Normalmente Cerrada” Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLC, Relés, PC, etc.

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán más potente cuando mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

El relé está formado por un contacto móvil o polo y un contacto fijo, pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos. Cuando no pasa corriente por la bobina el contacto móvil está tocando a uno de los contactos fijos. En el momento que pasa corriente por la bobina, el núcleo atrae al inducido, el cual empuja al contacto móvil hasta que toca al otro contacto fijo. En la figura F.3 se puede observar el funcionamiento del relé.

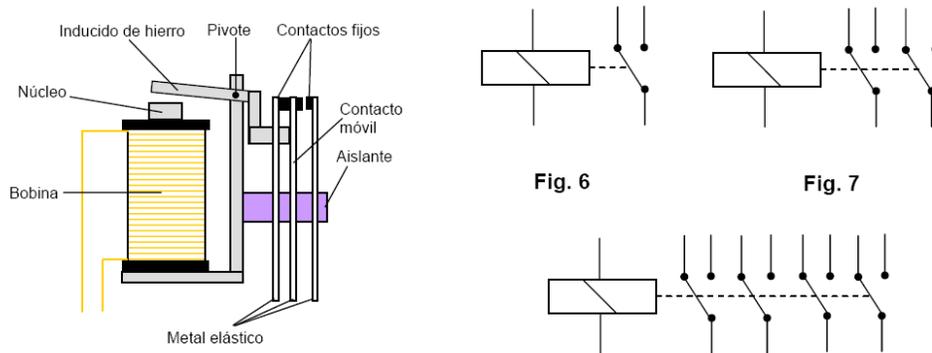


Fig.F.3. Diagrama del relé

## 7. Diagrama de Bloques del Sensor con los Demás Dispositivos de Transducción Activa

La figura F.4 contiene un diagrama de bloques en el que se explica las etapas de funcionamiento del sensor de energía.

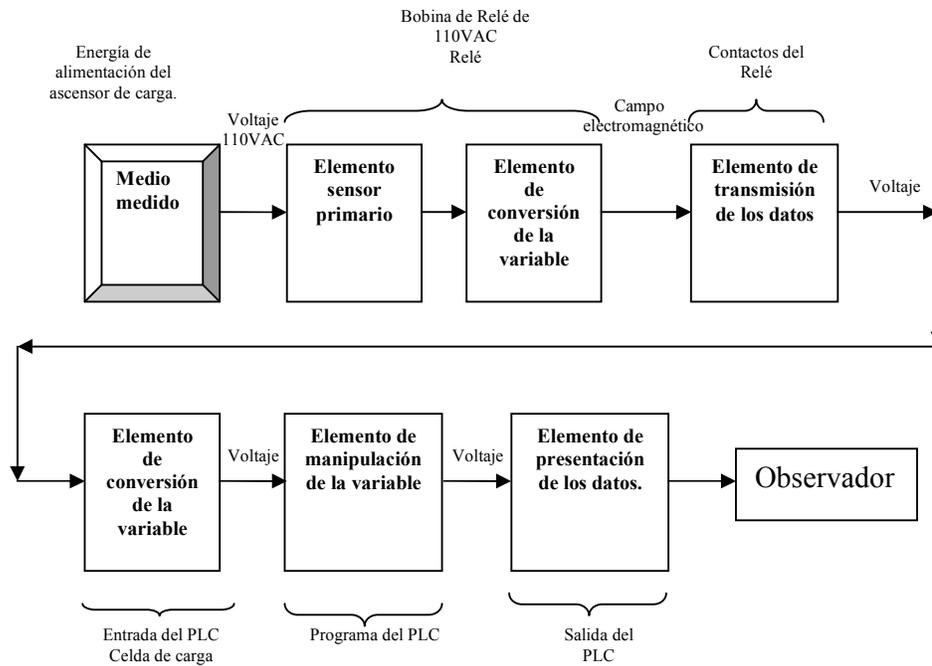


Fig.F.4. Diagrama de bloque de funcionamiento de sensor

## 8. Programa del PLC

El programa diseñado para la implementación de este sistema sensor actuador se muestra en la figura F.5, cuando no recibe la señal del sensor a la entrada I0.1 del PLC activa la salida Q0.0. Esta salida produce la activación de un relé; el cual controla la activación de los actuadores.

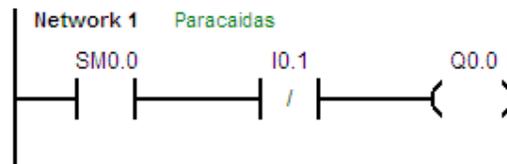


Fig.F.5. Programa del PLC en lenguaje escalera

## 9. Imágenes

Las figuras F.6, F.7 y F.8 muestran las diferentes etapas de implementación del sensor de energía.

### Vista del sensor armado



Fig.F.6.Fotografías del sensor y los elementos para el funcionamiento del paracaídas

### Vista de conexiones en el PLC



Fig.F.7.Fotografía del PLC con la conexión de su entrada I0.1 y de la salida Q0.0 implementadas

### Vista del paracaídas electromagnético



Fig.F.8.Fotografías de la cerradura electromagnética implementada como paracaídas en el ascensor

## **10. Descripción detallada del sensor realizado**

El sensor realizado se encarga del monitoreo de la existencia o no de energía para permitir el funcionamiento del ascensor de carga.

El monitoreo se da a través de un relé electromecánico, cuya bobina es alimentada con el voltaje de alimentación del ascensor de carga (110VAC), cuando el relé está energizado se produce el cambio de estado en los contactos y permite el paso de una señal de +24VDC a la entrada del PLC, con esta señal el PLC mantiene su salida desactivada.

El cambio de estado en la entrada produce la activación de la salida. Al activarse la salida del PLC se excita la bobina de un relé que permite la activación del paracaídas, luces de emergencia y de una sirena, deteniendo la cabina y no permitiendo otra acción mientras no se desactive la salida. Como medida de seguridad adicional se ha implementado un pulsador normalmente abierto en el tablero de mandos, lugar al que solo puede acceder el operario, que será capaz de activar manualmente todo el sistema para evitar de esta manera que, al regresar la energía exista alguna falla.

Si la energía no es suficiente o no llega al sensor, la bobina del relé no logrará enclavarse y el PLC no recibe la señal a la entrada, con lo cual el programa debe activar la salida determinada para esta función.

## **11. Circuito Eléctrico/Electrónico del Sensor y del Actuador**

Las figuras F.9 y F.10 contienen los diagramas circuitales para el funcionamiento del sensor de energía.

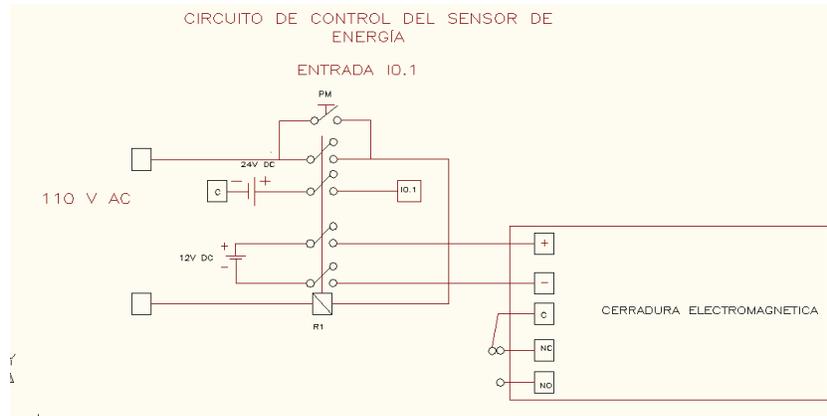


Fig.F.9. Diagrama circuital del sensor de energía

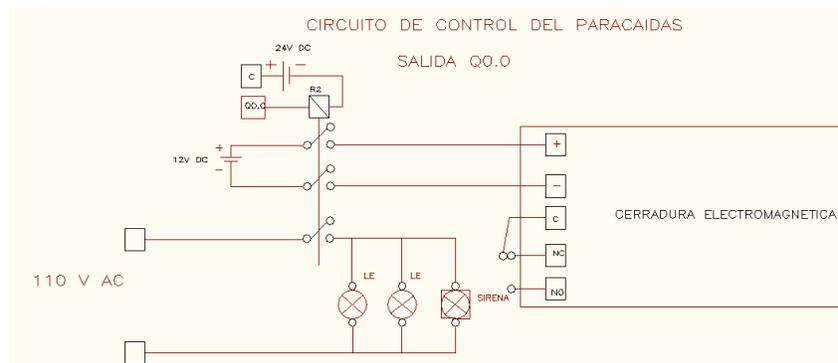


Fig.F.10. Diagrama circuital de paracaídas

## 12. Precauciones y Recomendaciones

- El pulsador de enclavamiento del sensor de energía deberá ser manejado sólo por el operario del ascensor de carga.
- El operario deberá ser extremadamente cuidadoso el momento en que revise la causa del problema y si fuese el caso reparar de manera inmediata cualquier daño que exista en el ascensor antes de reactivar el funcionamiento del mismo.
- La batería de respaldo para el funcionamiento del paracaídas tiene un período de funcionamiento de cuatro horas, tiempo que es suficiente para reparar los daños.

***ANEXO G – Informe de sensor de peso para cabina de ascensor de carga***

**Universidad San Francisco de Quito**

**Sensores e Instrumentación Virtual**

**Proyecto Final**

## **SENSOR DE PESO PARA CABINA DE ASCENSOR DE CARGA**

### **1. Definición del Problema**

Se tiene un prototipo de ascensor de carga al cual se deben añadir dispositivos sensores para mejorar la seguridad. Ya sea para evitar accidentes o para disminuir los daños en caso de que uno se produzca.

Para que el ascensor cumpla con las normas de seguridad establecidas es necesario desarrollar un elemento sensor que alerte al usuario si es que existe sobrepeso en la cabina.

### **2. Objetivos y Alcances**

- Cumplir con la norma de seguridad para transporte vertical de carga en lo que refiere a control de peso.
- Medir con precisión el peso de la cabina.
- Mostrar una alarma en caso de sobrepeso.
- Por tratarse de un prototipo el peso máximo con el cual se activa la alarma no es el peso máximo que resiste el motor ni la cadena sino un peso arbitrario.

### **3. Sensor**

El sensor a utilizarse es una celda de carga cuya salida es acondicionada para un correcto manejo e interpretación de la señal.

#### 4. Principio físico de operación

Una celda de carga, como la que se muestra en la figura G.1, es un dispositivo electrónico usado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Está formada en su interior por galgas extensiométricas. Por este motivo es necesario primero describir detalladamente el funcionamiento de éstas.

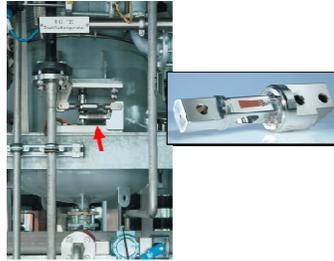


Fig.G.1. Galga extensiométrica industrial[29]

Una galga extensiométrica básicamente es un hilo de resistencia que está firmemente adherido a una superficie de un objeto fuerte el cual recibe una fuerza, deformándose ligeramente, es decir, el objeto se estira o se comprime dependiendo si recibe una fuerza de tensión o de compresión. El hilo de resistencia, que está pegado a la superficie del objeto, también se deforma ligeramente, como en la figura G.2. Esta deformación del hilo modifica su resistencia, la cual es detectada y relacionada al valor de la fuerza.

Lo que realmente se mide en una galga extensiométrica es el *esfuerzo*, el cual es el cambio de la longitud del objeto fuerte como un porcentaje de su longitud original. El esfuerzo del objeto pesado representa la fuerza aplicada al objeto a través de la ley de Hooke, la cual establece que:

$$\frac{F}{A} = Y\varepsilon = Y\left(\frac{\Delta L}{L_o}\right)$$

(G.1) Ley de Hooke

Donde  $F$  significa la fuerza aplicada al objeto (en la dirección de la deformación);  $A$  es el área de la sección del objeto,  $Y$  es el módulo de Young, el cual depende del material en particular de que esté hecho el objeto; y  $\varepsilon$  significa el esfuerzo, el cambio en longitud por unidad de longitud original

$$e = \Delta L / L_0$$

### (G.2) Deformación

El punto importante es que el cambio en la longitud del objeto depende de la fuerza aplicada al objeto y puede relacionarse a dicha fuerza en una correspondencia de uno a uno.

La resistencia del hilo que forma la galga extensiométrica depende de la longitud y de la sección del alambre, como se muestra:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

### (G.3) Resistencia

$R$  significa la resistencia del alambre en ohmios;  $\rho$  es la resistividad del material del alambre, una propiedad del material que se usa en particular;  $L$  es la longitud del cable; y  $A$  es el área de la sección del conductor. Puede verse que si el conductor es alargado ligeramente, la resistencia  $R$  aumentará dado que la longitud  $L$  aumentará y el área  $A$  decrecerá. Por otro lado si el conductor es comprimido ligeramente,  $R$  decrecerá porque la longitud  $L$  decrecerá y el área de la sección aumentará.

En resumen, la resistencia del conductor depende de la longitud y del área seccional del alambre y la longitud del alambre depende de la longitud del objeto fuerte, dado que están pegados entre sí. La longitud del objeto depende de la fuerza aplicada, de modo que el resultado final es que la resistencia del conductor depende de la fuerza aplicada. Midiendo con precisión el cambio de resistencia se puede medir la fuerza.

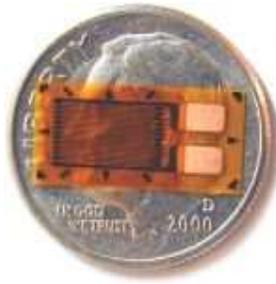


Fig.G.2.Galga extensiométrica sobre una moneda[29]

El hilo de resistencia generalmente es una aleación de cobre y níquel con un diámetro del orden de una milésima de pulgada. El conductor está colocado en forma de zig-zag sobre un papel de sostenimiento muy delgado, denominado base. El conductor está colocado en zig-zag con el objeto de aumentar la longitud efectiva que se somete a la influencia del esfuerzo. El zig-zag completo se denomina grilla. Los extremos de la grilla tiene conectados cables terminales de cobre. En la figura G.3 se muestra la estructura de una galga extensiométrica.

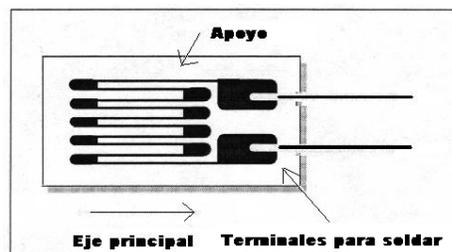


Fig.G.3. Estructura de una galga extensiométrica[29]

El porcentaje de cambio en la resistencia para un porcentaje dado de cambio en la longitud se denomina *factor de galga*:

$$FG = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon}$$

(G.4) Factor de galga

La mayoría de las galgas extensiométricas industriales tienen un factor de galga del orden de 2. Esto significa que si la longitud del objeto cambia en un 1%, la resistencia de la galga cambia en un 2%.

Generalmente se utiliza un circuito puente para que se encuentre en equilibrio cuando la fuerza ejercida sobre el objeto es igual a cero. A medida que se aplica la fuerza, el puente se desbalancea, y el voltaje a través del puente se relaciona con la cantidad de fuerza. A más fuerza se crea más cambio en la resistencia de la galga y por consiguiente más voltaje de salida del puente.

#### Celda de carga

Una celda de carga está formada por cuatro galgas extensiométricas dispuestas en configuración de puente de Wheatstone. La salida de este puente es usualmente en el orden de los milivoltios, por lo que es necesario utilizar un amplificador de instrumentación.

#### Puente de Wheatstone

Una celda de carga típica casi no tiene cambios en la resistencia cuando se dobla. Para medir este cambio en la resistencia es necesario aplicar una estrategia, se trata de un circuito inventado en el siglo XIX. Estos circuitos se encuentran en varios sensores

de carga y de torque, están formados por varios elementos pasivos como resistencias y alambres que sirven para compensar y calibrar la salida del puente. Estos elementos se encuentran dispuestos como se muestra en la figura G.4.

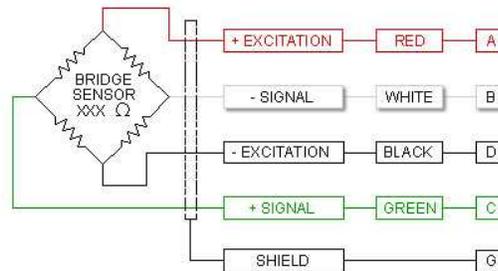


Fig.G.4.Disposición de un puente de Wheatstone en una celda de carga[24]

Los colores utilizados para los cables son rojo y negro para alimentación y verde y blanco para la señal de salida. En la figura G.5 se puede observar el circuito completo para el puente de Wheatstone de la celda de carga.

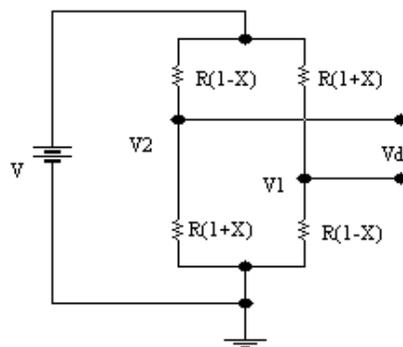


Fig.G.5.Circuito de la celda de carga (Puente completo)[24]

La utilización de cuatro galgas cuadruplica la sensibilidad del puente respecto al puente de una sola galga. Las galgas están compensadas en temperatura.

En las figuras G.6 a, b y c se muestran diferentes posiciones de una celda de carga, se puede observar como cambian las resistencias de las galgas y como esto produce una variación de voltaje.

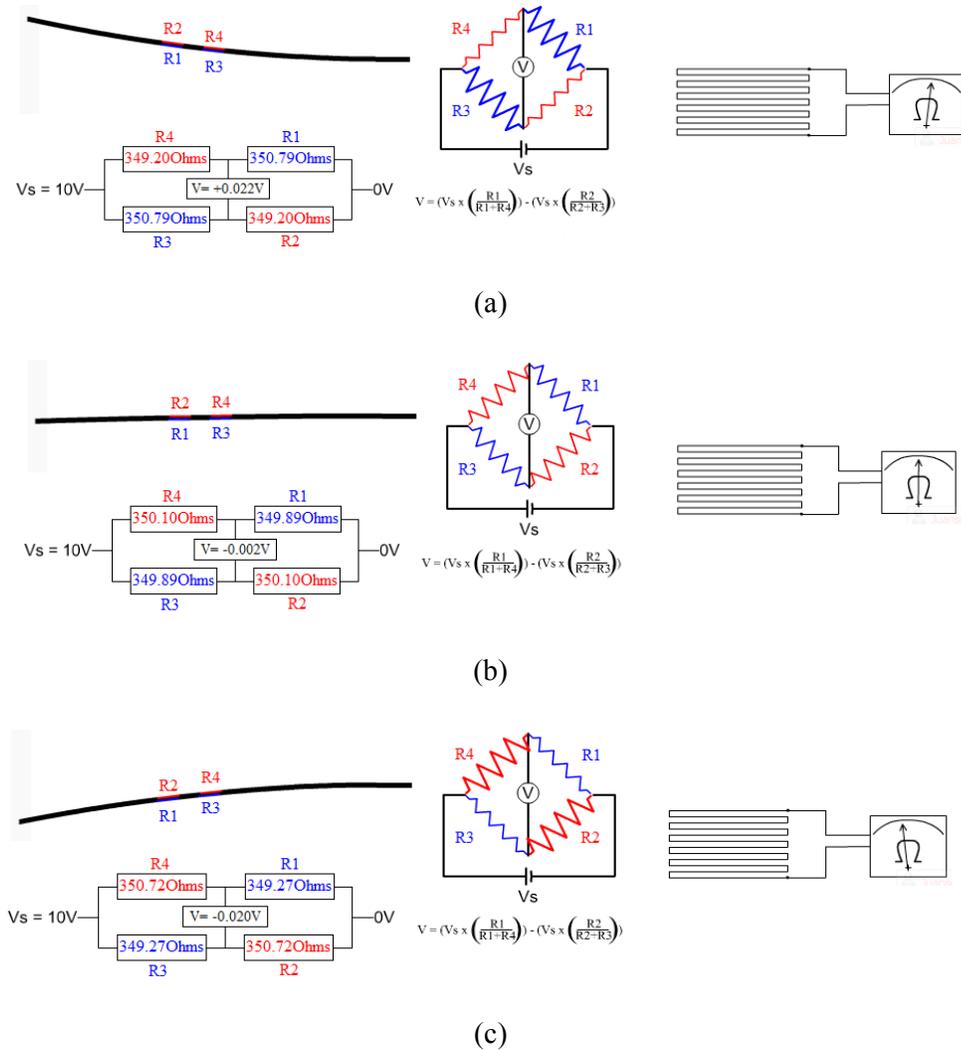


Fig.G.6. Funcionamiento de una celda de carga (a)celda por encima de la horizontal tiene voltaje positivo (b)celda por debajo de la horizontal tiene diferencia de voltaje negativo (c)con mayor diferencia con respecto a la horizontal hay mayor variación de voltaje[26]

En la figura G.7 se puede visualizar la parte interior de una celda de carga gracias a un corte transversal realizado.



Fig.G.7.Corte transversal de una celda de carga digital[27]

## 5. Tipos de celda de carga

A continuación se muestra en la tabla G.1 algunos de los diferentes tipos de celdas de carga existentes en el mercado.

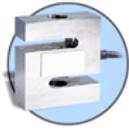
Celda de compresión	
Celda tipo viga en forma de "S"	
Celda de Plataforma y de un solo punto	
Celda de bajo perfil	
Celda tipo viga	
Celda tipo bote	

Tabla G.1. Tipos de celdas de carga[21]

## 6. Características de una Galga[25]

- Anchura y Longitud: Dichos parámetros nos proporcionan las características constructivas de la galga. Nos permite escoger el tamaño del sensor que más se adecúe a nuestras necesidades.

- Peso: Esta característica nos define el peso de la galga. Este suele ser del orden de gramos. En aplicaciones de mucha precisión el peso puede influir en la medida de la deformación.

- Tensión medible: Es el rango de variación de longitud de la galga, cuando ésta se somete a una deformación. Este rango viene expresado en un tanto por cien respecto a la longitud de la galga.

- Temperatura de funcionamiento: Es aquella temperatura para la cual el funcionamiento de la galga se encuentra dentro de los parámetros proporcionados por el fabricante.

- Resistencia de la galga: Es la resistencia de la galga cuando ésta no está sometida a ninguna deformación. Es la resistencia de referencia y suele acompañarse de un porcentaje de variación.

- Factor de galga: Factor de galga o factor de sensibilidad de la galga es una constante K característica de cada galga. Determina la sensibilidad de ésta. Este factor es función de muchos parámetros, pero especialmente de la aleación empleada en la fabricación.

- Coeficiente de temperatura del factor de galga: La temperatura influye notablemente en las características. A su vez, cualquier variación en estas características influye en el factor de galga. Este coeficiente se mide en  $\%/^{\circ}\text{C}$ , que es la variación porcentual del valor nominal del factor de galga respecto al incremento de temperatura.

- Prueba de fatiga: Esta característica nos indica el número de contracciones o deformaciones a una determinada tensión que puede soportar la galga sin romperse.

- Material de la lámina: Esta característica nos define el material del que está hecho el hilo conductor o el material semiconductor.

- Material de la base: Esta característica nos define el material del que está constituida la base no conductora de la galga.

- Factor de expansión lineal: Representa un error que se produce en la magnitud de salida en ausencia de señal de entrada, es decir, en ausencia de deformación. Este error depende de la temperatura ambiente a la que está sometida la galga.

## 7. Diagrama de Bloques

La figura G.8 contiene un diagrama de bloques en el que se explica las etapas de funcionamiento del sensor de peso.

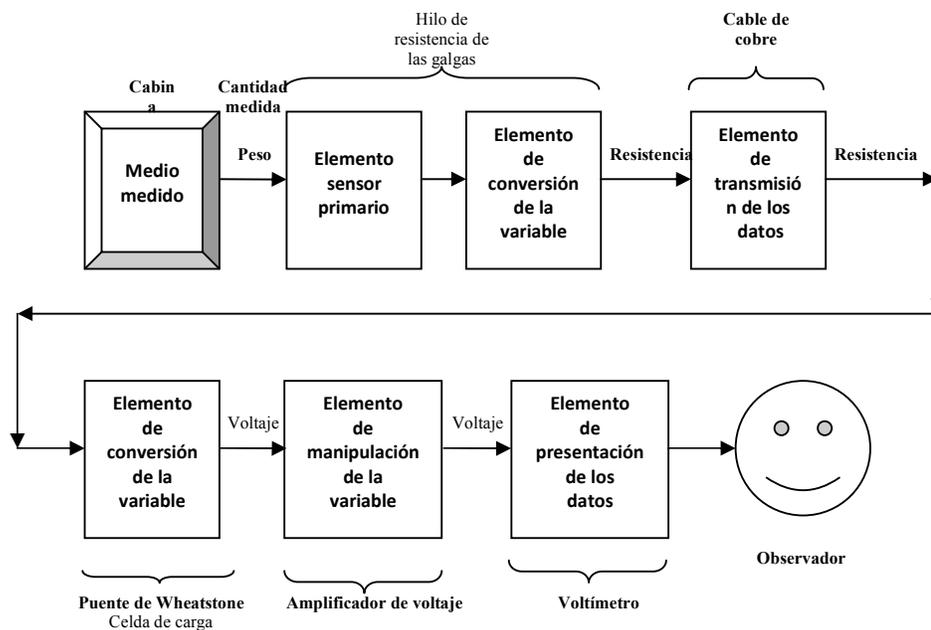


Fig.G.8.Diagrama de bloque de los elementos funcionales de un instrumento o de un sistema de medición

## 8. Circuito Electrónico

La señal entregada por la celda de carga es del orden de los mV por lo que es necesario amplificarla. Para esto, se implementó un circuito amplificador con cuya salida se puede trabajar. Esta señal es enviada a un relé de 5V que a su vez se conecta al PLC para dar una señal de alarma en caso de sobrepeso en la cabina. En la figura G.9 se muestra el circuito esquemático del amplificador. En la figura G.10 se encuentra el layout para realizar la placa del circuito y finalmente en la figura G.11 se puede observar una representación en 3D del circuito armado.

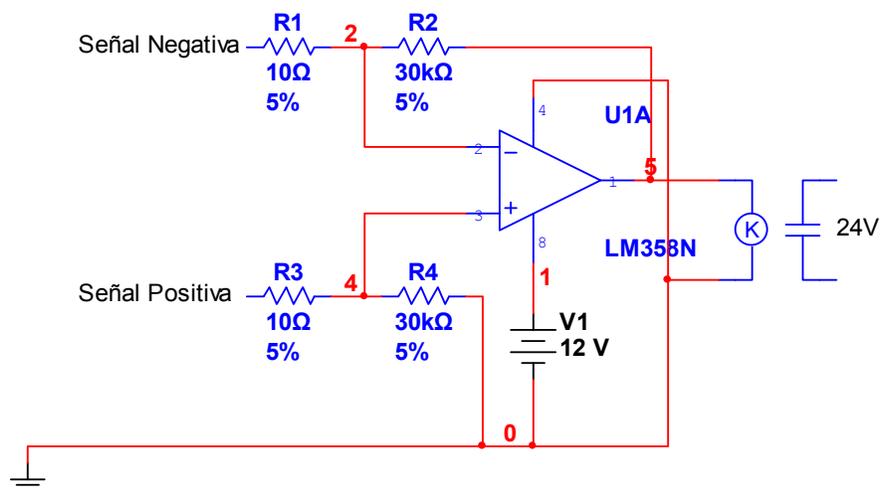


Fig.G.9.Circuito de amplificación

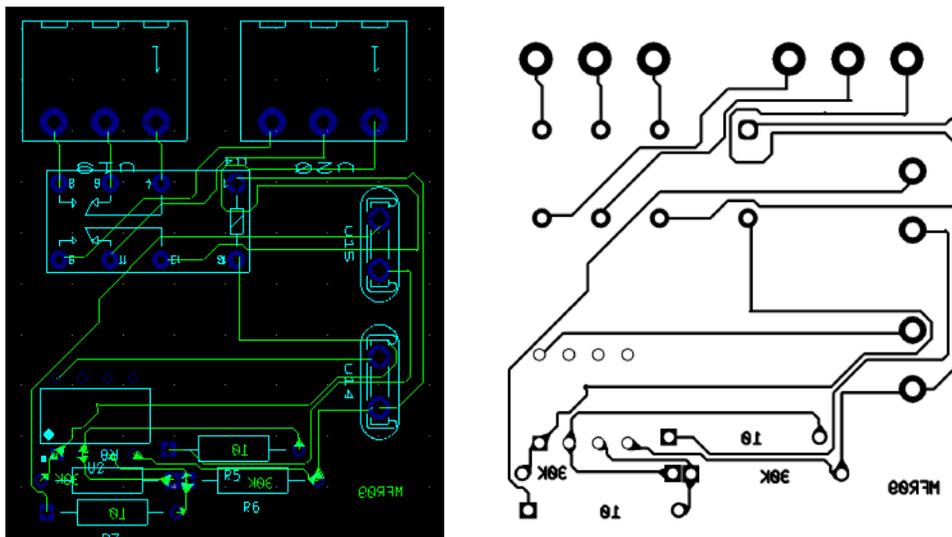


Fig.G.10.Layout del circuito de amplificación(a)layout en pantalla (b)layout impreso en papel térmico

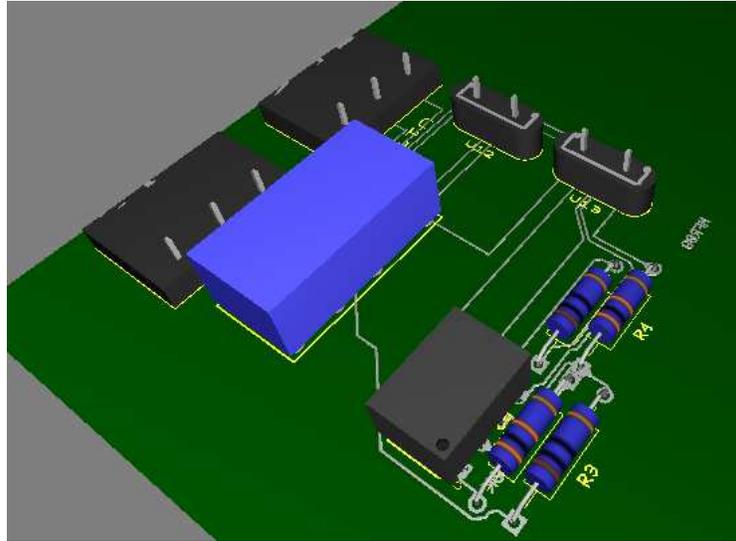


Fig.G.11.Vista 3D del circuito de amplificación

## 9. Precauciones

Sobrecarga: es la principal razón para provocar una falla en el sistema.

Un sensor actúa bajo ciertas especificaciones de carga. Después de este punto, aunque sea por un periodo corto de tiempo, el sensor sufrirá daños permanentes.

Daños:

Debido al alto costo de ciertos sensores, es importante prevenir accidentes y daños. Estos pueden ser de diferentes tipos, por ejemplo, sobrecarga, sobrecorriente, químicos, humedad, corrosión, golpes, etc., como se muestra en la figura G.10. Los daños mecánicos, en su mayoría, harán que el sensor no vuelva a ser confiable y será mejor reemplazarlo.

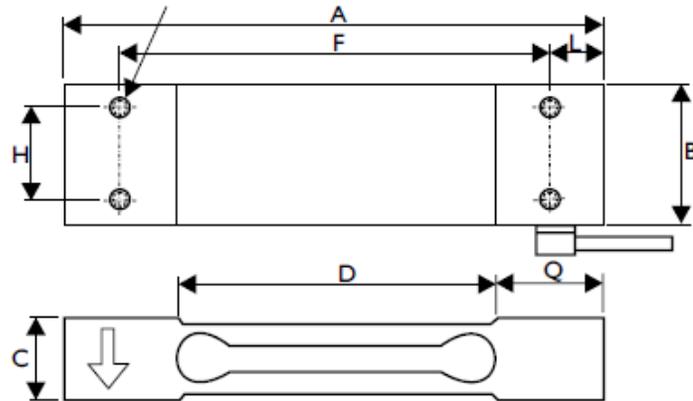


Fig.G.10. Posibles causas de daños mecánicos

## ANEXOS

Hoja de datos:

Dimensiones:



A	B	C	D	F	H	L	Q	X
130	25.4	22	80	106	15	12	25	0.5

Fig.G.11. Dimensiones de la celda de carga [27]

Capacidad	5Kg
Señal de Salida	1.9282mv/V
Voltaje de alimentación	12V
Histéresis	.+/-0.03%5Kg
Repetibilidad	0.02%5Kg
Rango de Temperatura de Operación	.-20 a 80 °C
Efectos de la Temperatura sobre la salida	.+/-0.002%Carga aplicada/°C
Resistencia de Entrada	380+/-20 ohms
Resistencia de Salida	350+/-5 ohms

Tabla G.2. Datos de operación de la celda de carga

## Conexiones eléctricas

Alambre	Función
Rojo	Alimentación(+)
Negro	Alimentación(-)
Verde	Señal(+)
Blanco	Señal(-)

Tabla G.3. Conexiones eléctricas de la celda de carga

## Conexión a proceso

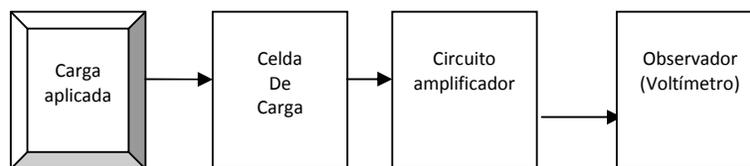


Fig.G.12. Conexión a ascensor de carga

*ANEXO H – Red de Petri de modelado de ascensor de carga con  
prioridades y alarmas simulada en Petri Maker*



*ANEXO I – Red de Petri de modelado de ascensor de carga con  
prioridades y alarmas simulada en PIPE2*



*ANEXO J – Árbol de alcanzabilidad para la Red de Petri de modelado de  
ascensor de carga con prioridades y alarmas obtenido en Pipe2*



*ANEXO K – Matriz de incidencia del primer estado de la red sin alarmas  
ni prioridades*



*ANEXO L – Red de Petri de modelado de ascensor de carga con  
prioridades y alarmas simulada en “Redes de Petri interpretadas por  
periferia de la Universidad Nacional de Medellín”*



***ANEXO M – Código AWL generado por “Redes de Petri interpretadas por periferia de la Universidad Nacional de Medellín”***

```
Network 1 //Condiciones Iniciales
LD SM0.1
R M10.1,1
R M10.2,1
R M10.3,1
R M10.4,1
R M10.5,1
R M10.6,1
R M10.7,1
R M11.0,1
R M11.1,1
R M11.2,1
R M11.3,1
R M11.4,1
R M11.5,1
R M11.6,1
R M11.7,1
R M12.0,1
R M12.1,1
R M12.2,1
R M12.3,1
R M12.4,1
R M12.5,1
R M12.6,1
R M12.7,1
R M13.0,1
R M13.1,1
R M13.2,1
R M13.3,1
R M13.4,1
R M13.5,1
R M13.6,1
R M13.7,1
R M14.0,1
R M14.1,1
R M14.2,1
R M14.3,1
R M14.4,1
R M14.5,1
R M14.6,1
R M14.7,1
R M15.0,1
R M15.1,1
R M15.2,1
R M15.3,1
R M15.4,1
R M15.5,1
R M15.6,1
R M15.7,1
R M16.0,1
R M16.1,1
R M16.2,1
R M16.3,1
R M16.4,1
R M16.5,1
R M16.6,1
R M16.7,1
S M17.0,1
R M17.1,1
R M17.2,1
R M17.3,1
```

```
Network 2 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M10.1
ALD
S M10.2,1
S M17.3,1
R M10.1,1
```

```
Network 3 //SPEa+SPCAa
LD I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M10.2
A M17.3
ALD
S M10.1,1
R M10.2,1
R M17.3,1
```

```
Network 4 //SAP2a*SBP2a
LD I0.1
EU
A I0.1
EU
LD M10.2
A M17.3
ALD
S M13.1,1
R M10.2,1
R M17.3,1
```

```
Network 5 //SPa*FCSa
LD I0.6
EU
A I0.3
EU
LD M10.2
A M17.3
ALD
S M16.3,1
R M10.2,1
R M17.3,1
```

```
Network 6 //SPa*FCIa
LD I0.6
EU
A I0.4
EU
LD M10.2
A M17.3
ALD
S M16.1,1
R M10.2,1
R M17.3,1
```

```
Network 7 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M11.0
ALD
S M10.3,1
R M11.0,1
```

```
Network 8 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M11.0
ALD
S M10.6,1
R M11.0,1
```

```
Network 9 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M10.6
ALD
S M11.0,1
R M10.6,1
```

```
Network 10 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M10.5
ALD
S M10.7,1
R M10.5,1
```

```
Network 11 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M10.7
ALD
S M10.5,1
R M10.7,1
```

```
Network 12 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M10.7
ALD
S M10.4,1
R M10.7,1
```

```
Network 13 //SPa
LD I0.6
EU
LD M10.4
ALD
S M12.5,1
S M14.6,1
R M10.4,1
```

```
Network 14 //SPi*PCP2a
LD I0.6
ED
A I0.1
EU
LD M11.1
ALD
S M11.0,1
S M17.0,1
R M11.1,1
```

```
Network 15 //SPi*PCP1a
LD I0.6
ED
A I0.0
EU
LD M11.1
ALD
S M10.7,1
S M17.2,1
R M11.1,1
```

```
Network 16 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M11.3
ALD
S M11.1,1
R M11.3,1
```

```
Network 17 //SPa
LD I0.6
EU
LD M11.1
ALD
S M17.0,1
```

```
R M11.1,1

Network 18 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M11.3
ALD
S M11.2,1
R M11.3,1

Network 19 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M11.2
ALD
S M11.3,1
R M11.2,1

Network 20 //SAP3a*SBP3a
LD I0.2
EU
A I0.2
EU
LD M11.5
A M11.6
ALD
S M11.3,1
R M11.5,1
R M11.6,1

Network 21 //SPEa+SPCAa
LD I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M11.5
A M11.6
ALD
S M11.4,1
R M11.5,1
R M11.6,1

Network 22 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M11.4
ALD
S M11.5,1
S M11.6,1
```

R M11.4,1

Network 23 //SPa\*PEP3a

LD I0.6

EU

A I0.2

EU

LD M14.7

ALD

S M11.7,1

S M11.4,1

R M14.7,1

Network 24 //SPa\*FCSa

LD I0.6

EU

A I0.3

EU

LD M11.5

A M11.6

ALD

S M16.3,1

R M11.5,1

R M11.6,1

Network 25 //SPa\*FCIa

LD I0.6

EU

A I0.4

EU

LD M11.5

A M11.6

ALD

S M16.1,1

R M11.5,1

R M11.6,1

Network 26 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi

LD I0.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M11.7

ALD

S M12.6,1

R M11.7,1

Network 27 //SPEa+SPSO+SPCa

LD I0.7

EU

O I0.7

EU

O I0.5

EU

LD M12.6

ALD

S M11.7,1

R M12.6,1

```
Network 28 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M12.6
ALD
S M12.0,1
R M12.6,1
```

```
Network 29 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M12.1
ALD
S M12.7,1
R M12.1,1
```

```
Network 30 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M12.5
ALD
S M12.1,1
R M12.5,1
```

```
Network 31 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M12.5
ALD
S M12.2,1
R M12.5,1
```

```
Network 32 //SPa*FCIa
LD I0.6
EU
A I0.4
EU
LD M12.3
A M17.2
ALD
S M16.1,1
R M12.3,1
R M17.2,1
```

```
Network 33 //SPa*FCSa
```

```
LD I0.6
EU
A I0.3
EU
LD M12.3
A M17.2
ALD
S M16.3,1
R M12.3,1
R M17.2,1
```

```
Network 34 //SAP1a*SBP1a
```

```
LD I0.0
EU
A I0.0
EU
LD M12.3
A M17.2
ALD
S M14.5,1
R M12.3,1
R M17.2,1
```

```
Network 35 //SPEa+SPCAa
```

```
LD I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M12.3
A M17.2
ALD
S M12.4,1
R M12.3,1
R M17.2,1
```

```
Network 36 //SPEi*SPESoi*SPCAi
```

```
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M12.4
ALD
S M12.5,1
S M17.5,1
R M12.4,1
```

```
Network 37 //SPi*PCP3a
```

```
LD I0.6
ED
A I0.2
EU
LD M12.7
ALD
S M12.6,1
S M11.6,1
R M12.7,1
```

```
Network 38 //SPi*PCP1a
```

```
LD I0.6
```

```
ED
A I0.0
EU
LD M12.7
ALD
S M12.5,1
S M17.2,1
R M12.7,1
```

```
Network 39 //SPa
LD I0.6
EU
LD M12.7
ALD
S M17.0,1
R M12.7,1
```

```
Network 40 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M13.1
ALD
S M12.7,1
R M13.1,1
```

```
Network 41 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M13.1
ALD
S M13.0,1
R M13.1,1
```

```
Network 42 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M13.0
ALD
S M13.1,1
R M13.0,1
```

```
Network 43 //SAP2a*SBP2a
LD I0.1
EU
A I0.1
EU
LD M13.3
A M13.4
ALD
```

S M13.1,1  
R M13.3,1  
R M13.4,1

Network 44 //SPa\*FCSa  
LD I0.6  
EU  
A I0.3  
EU  
LD M13.3  
A M13.4  
ALD  
S M16.3,1  
R M13.3,1  
R M13.4,1

Network 45 //SPa\*FCIa  
LD I0.6  
EU  
A I0.4  
EU  
LD M13.3  
A M13.4  
ALD  
S M16.1,1  
R M13.3,1  
R M13.4,1

Network 46 //SPEa+SPCAa  
LD I0.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M13.3  
A M13.4  
ALD  
S M13.2,1  
R M13.3,1  
R M13.4,1

Network 47 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M13.2  
ALD  
S M13.3,1  
S M13.4,1  
R M13.2,1

Network 48 //SPa\*PEP2a  
LD I0.6  
EU  
A I0.1  
EU  
LD M14.7  
ALD  
S M13.3,1

S M13.4,1  
R M14.7,1

Network 49 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M13.6  
ALD  
S M14.2,1  
R M13.6,1

Network 50 //SPEa+SPSO+SPCa  
LD I0.7  
EU  
O I0.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M14.2  
ALD  
S M13.6,1  
R M14.2,1

Network 51 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M14.2  
ALD  
S M13.5,1  
R M14.2,1

Network 52 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M13.7  
ALD  
S M14.1,1  
R M13.7,1

Network 53 //SPEa+SPSO+SPCa  
LD I0.7  
EU  
O I0.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M14.1  
ALD  
S M13.7,1

```
R M14.1,1

Network 54 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M14.1
ALD
S M14.0,1
R M14.1,1

Network 55 //SPi*PCP3a
LD I0.6
ED
A I0.2
EU
LD M14.3
ALD
S M14.2,1
S M11.6,1
R M14.3,1

Network 56 //SPi*PCP2a
LD I0.6
ED
A I0.1
EU
LD M14.3
ALD
S M14.1,1
S M13.4,1
R M14.3,1

Network 57 //SPa
LD I0.6
EU
LD M14.3
ALD
S M17.0,1
R M14.3,1

Network 58 //SPEi*SPESoi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M14.5
ALD
S M14.3,1
R M14.5,1

Network 59 //SPEa+SPSO+SPCa
LD I0.7
EU
O I0.7
EU
```

O I0.5  
EU  
LD M14.5  
ALD  
S M14.4,1  
R M14.5,1

Network 60 //SPEi\*SPESOi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M14.4  
ALD  
S M14.5,1  
R M14.4,1

Network 61 //SAPla\*SBPla  
LD I0.0  
EU  
A I0.0  
EU  
LD M14.6  
ALD  
S M14.5,1  
R M14.6,1

Network 62 //PEPla  
LD I0.0  
EU  
LD M14.7  
ALD  
S M14.6,1  
R M14.7,1

Network 63 //SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M15.1  
ALD  
S M14.7,1  
R M15.1,1

Network 64 //SPi  
LD I0.6  
ED  
LD M15.1  
ALD  
S M15.0,1  
R M15.1,1

Network 65 //SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M15.0  
ALD  
S M15.1,1  
R M15.0,1

```
Network 66 //SPEi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M15.3
ALD
S M15.1,1
R M15.3,1

Network 67 //SPEa+SPCAa
LD I0.7
EU
O I0.5
EU
LD M15.3
ALD
S M15.2,1
R M15.3,1

Network 68 //SPEi*SPSOi*SPCi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M15.2
ALD
S M15.3,1
R M15.2,1

Network 69 //SPESOi
LD I0.7
ED
LD M15.6
ALD
S M15.3,1
R M15.6,1

Network 70 //SPESOa
LD I0.7
EU
LD M15.6
ALD
S M15.4,1
R M15.6,1

Network 71 //SPEi*SPESOi*SPCAi
LD I0.7
ED
A I0.7
ED
A I0.5
ED
LD M15.5
ALD
S M15.6,1
R M15.5,1

Network 72 //SPCAa
```

LD I0.5  
EU  
LD M15.4  
ALD  
S M15.5,1  
R M15.4,1

Network 73 //SPa\*SAP1a\*SBP1a  
LD I0.6  
EU  
A I0.0  
EU  
A I0.0  
EU  
LD M16.0  
ALD  
S M15.6,1  
R M16.0,1

Network 74 //SPa\*SBP1i  
LD I0.6  
EU  
A I0.0  
ED  
LD M16.0  
ALD  
S M15.7,1  
R M16.0,1

Network 75 //SPa\*SAP1a\*SBP1a  
LD I0.6  
EU  
A I0.0  
EU  
A I0.0  
EU  
LD M15.7  
ALD  
S M16.0,1  
R M15.7,1

Network 76 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M16.1  
ALD  
S M16.2,1  
R M16.1,1

Network 77 //SPa\*FCIa  
LD I0.6  
EU  
A I0.4  
EU  
LD M16.5  
ALD  
S M16.1,1

R M16.5,1

Network 78 //SPa\*SAP1a\*SBP1a

LD I0.6

EU

A I0.0

EU

A I0.0

EU

LD M16.2

ALD

S M16.5,1

R M16.2,1

Network 79 //FCIi\*FCSi

LD I0.4

ED

A I0.3

ED

LD M16.5

ALD

S M16.0,1

R M16.5,1

Network 80 //SPa\*FCSa

LD I0.6

EU

A I0.3

EU

LD M16.5

ALD

S M16.3,1

R M16.5,1

Network 81 //SPa\*SAP1a\*SBP1a

LD I0.6

EU

A I0.0

EU

A I0.0

EU

LD M16.4

ALD

S M16.5,1

R M16.4,1

Network 82 //SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I0.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M16.3

ALD

S M16.4,1

R M16.3,1

Network 83 //SPa

LD I0.6

EU

LD M16.6  
ALD  
S M16.5,1  
R M16.6,1

Network 84 //SPi  
LD I0.6  
ED  
LD M16.6  
ALD  
S M17.1,1  
R M16.6,1

Network 85 //SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M17.1  
ALD  
S M16.6,1  
R M17.1,1

Network 86 //SPEi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M17.0  
ALD  
S M16.6,1  
R M17.0,1

Network 87 //SPEa+SPCAa  
LD I0.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M17.0  
ALD  
S M16.7,1  
R M17.0,1

Network 88 //SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I0.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M16.7  
ALD  
S M17.0,1  
R M16.7,1

Network 89 //SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M12.2  
ALD  
S M12.3,1  
R M12.2,1

```
Network 90 //SPa
LD I0.6
EU
LD M10.3
ALD
S M10.2,1
R M10.3,1
```

```
Network 91 //SPa
LD I0.6
EU
LD M14.0
ALD
S M13.3,1
R M14.0,1
```

```
Network 92 //SPa
LD I0.6
EU
LD M13.5
ALD
S M11.5,1
R M13.5,1
```

```
Network 93 //SPa
LD I0.6
EU
LD M12.0
ALD
S M11.5,1
R M12.0,1
```

```
Network 94 //QPCaida
LD M10.1
EU
S Q0.5,1
```

```
Network 95 //QBAJA
LD M10.2
EU
S Q0.6,1
```

```
Network 96 //SPE*SPCA OK
LD M10.3
EU
S Q0.4,1
```

```
Network 97 //SPE*SPCA OK
LD M10.4
EU
S Q0.4,1
```

```
Network 98 //QPCaida
LD M10.5
EU
S Q0.5,1
```

```
Network 99 //QPCaida
LD M10.6
EU
S Q0.5,1
```

Network 100 //CerrarPuerta  
LD M10.7  
EU  
S Q0.4,1

Network 101 //CerrarPuerta  
LD M11.0  
EU  
S Q0.4,1

Network 102 //SPE\*SPCA OK  
LD M11.1  
EU  
S Q0.4,1

Network 103 //QPCaida  
LD M11.2  
EU  
S Q0.5,1

Network 104 //QEC  
LD M11.3  
EU  
S Q0.3,1

Network 105 //QPCaida  
LD M11.4  
EU  
S Q0.5,1

Network 106 //QSUBE  
LD M11.5  
EU  
S Q0.7,1

Network 107 //QLP3  
LD M11.6  
EU  
S Q0.2,1

Network 108 //QPCaida  
LD M11.7  
EU  
S Q0.5,1

Network 109 //SPE\*SPCA OK  
LD M12.0  
EU  
S Q0.4,1

Network 110 //QPCaida  
LD M12.1  
EU  
S Q0.5,1

Network 111 //SPE\*SPCA OK  
LD M12.2  
EU  
S Q0.4,1

```
Network 112 //QBAJA
LD M12.3
EU
S Q0.6,1

Network 113 //QPCaida
LD M12.4
EU
S Q0.5,1

Network 114 //CerrarPuerta
LD M12.5
EU
S Q0.4,1

Network 115 //CerrarPuerta
LD M12.6
EU
S Q0.4,1

Network 116 //SPE*SPCA OK
LD M12.7
EU
S Q0.4,1

Network 117 //QPCaida
LD M13.0
EU
S Q0.5,1

Network 118 //QEC
LD M13.1
EU
S Q0.3,1

Network 119 //QPCaida
LD M13.2
EU
S Q0.5,1

Network 120 //QSUBE
LD M13.3
EU
S Q0.7,1

Network 121 //QLP2
LD M13.4
EU
S Q0.1,1

Network 122 //SPE*SPCA OK
LD M13.5
EU
S Q0.4,1

Network 123 //QPCaida
LD M13.6
EU
S Q0.5,1

Network 124 //QPCaida
```

```
LD M13.7
EU
S Q0.5,1

Network 125 //SPE*SPCA OK
LD M14.0
EU
S Q0.4,1

Network 126 //CerrarPuerta
LD M14.1
EU
S Q0.4,1

Network 127 //CerrarPuerta
LD M14.2
EU
S Q0.4,1

Network 128 //SPE*SPCA OK
LD M14.3
EU
S Q0.4,1

Network 129 //QPCaida
LD M14.4
EU
S Q0.5,1

Network 130 //QEC
LD M14.5
EU
S Q0.3,1

Network 131 //QLP1
LD M14.6
EU
S Q0.0,1

Network 132 //SP OK
LD M14.7
EU
S Q0.4,1

Network 133 //CerrarPuerta
LD M15.0
EU
S Q0.4,1

Network 134 //SPE*SPCA OK
LD M15.1
EU
S Q0.4,1

Network 135 //QPCaidas
LD M15.2
EU
S Q0.5,1

Network 136 //C.I. OK
LD M15.3
```

EU  
S Q0.4,1

Network 137 //QPCaida  
LD M15.4  
EU  
S Q0.5,1

Network 138 //QEC  
LD M15.5  
EU  
S Q0.3,1

Network 139 //PISO1 OK  
LD M15.6  
EU  
S Q0.4,1

Network 140 //QBAJA  
LD M15.7  
EU  
S Q0.6,1

Network 141 //FCI\*FCS OK  
LD M16.0  
EU  
S Q0.4,1

Network 142 //QPCaida  
LD M16.1  
EU  
S Q0.5,1

Network 143 //QSUBE  
LD M16.2  
EU  
S Q0.7,1

Network 144 //QPCaida  
LD M16.3  
EU  
S Q0.5,1

Network 145 //QBAJA  
LD M16.4  
EU  
S Q0.6,1

Network 146 //SP OK  
LD M16.5  
EU  
S Q0.4,1

Network 147 //SPE\*SPCA OK  
LD M16.6  
EU  
S Q0.4,1

Network 148 //QPCaida  
LD M16.7  
EU

S Q0.5,1

Network 149 //ON

LD M17.0

EU

S Q0.4,1

Network 150 //CerrarPuerta

LD M17.1

EU

S Q0.4,1

Network 151 //QLP1

LD M17.2

EU

S Q0.0,1

Network 152 //QLP2

LD M17.3

EU

S Q0.1,1

***ANEXO N – Código AWL con direcciones de entradas y salidas reales***

```
TITLE=COMENTARIOS DEL PROGRAMA
Network 1 // Condiciones Iniciales
LD      SM0.1
R       M10.1, 1
R       M10.2, 1
R       M10.3, 1
R       M10.4, 1
R       M10.5, 1
R       M10.6, 1
R       M10.7, 1
R       M11.0, 1
R       M11.1, 1
R       M11.2, 1
R       M11.3, 1
R       M11.4, 1
R       M11.5, 1
R       M11.6, 1
R       M11.7, 1
R       M12.0, 1
R       M12.1, 1
R       M12.2, 1
R       M12.3, 1
R       M12.4, 1
R       M12.5, 1
R       M12.6, 1
R       M12.7, 1
R       M13.0, 1
R       M13.1, 1
R       M13.2, 1
R       M13.3, 1
R       M13.4, 1
R       M13.5, 1
R       M13.6, 1
R       M13.7, 1
R       M14.0, 1
R       M14.1, 1
R       M14.2, 1
R       M14.3, 1
R       M14.4, 1
R       M14.5, 1
R       M14.6, 1
R       M14.7, 1
R       M15.0, 1
R       M15.1, 1
R       M15.2, 1
R       M15.3, 1
R       M15.4, 1
R       M15.5, 1
R       M15.6, 1
R       M15.7, 1
R       M16.0, 1
R       M16.1, 1
R       M16.2, 1
R       M16.3, 1
R       M16.4, 1
R       M16.5, 1
R       M16.6, 1
R       M16.7, 1
S       M17.0, 1
R       M17.1, 1
R       M17.2, 1
```

```
R      M17.3, 1

Network 2 // SPEi*SPESoi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M10.1
ALD
S      M10.2, 1
S      M17.3, 1
R      M10.1, 1

Network 3 // SPEa+SPCAa
LD     I1.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M10.2
A      M17.3
ALD
S      M10.1, 1
R      M10.2, 1
R      M17.3, 1

Network 4 // SAP2a*SBP2a
LD     I0.1
EU
A      I1.1
EU
LD     M10.2
A      M17.3
ALD
S      M13.1, 1
R      M10.2, 1
R      M17.3, 1

Network 5 // SPa*FCSa
LD     I0.6
EU
A      I0.3
EU
LD     M10.2
A      M17.3
ALD
S      M16.3, 1
R      M10.2, 1
R      M17.3, 1

Network 6 // SPa*FCIa
LD     I0.6
EU
A      I0.4
EU
LD     M10.2
A      M17.3
ALD
S      M16.1, 1
R      M10.2, 1
```

R M17.3, 1

Network 7 // SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I1.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M11.0

ALD

S M10.3, 1

R M11.0, 1

Network 8 // SPEa+SPSO+SPCa

LD I1.7

EU

O I0.7

EU

O I0.5

EU

LD M11.0

ALD

S M10.6, 1

R M11.0, 1

Network 9 // SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I1.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M10.6

ALD

S M11.0, 1

R M10.6, 1

Network 10 // SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I1.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M10.5

ALD

S M10.7, 1

R M10.5, 1

Network 11 // SPEa+SPSO+SPCa

LD I1.7

EU

O I0.7

EU

O I0.5

EU

LD M10.7

ALD

S M10.5, 1

```
R      M10.7, 1

Network 12 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M10.7
ALD
S      M10.4, 1
R      M10.7, 1

Network 13 // SPa
LD     I0.6
EU
LD     M10.4
ALD
S      M12.5, 1
S      M14.6, 1
R      M10.4, 1

Network 14 // SPi*PCP2a
LD     I0.6
ED
A      I1.4
EU
LD     M11.1
ALD
S      M11.0, 1
S      M17.0, 1
R      M11.1, 1

Network 15 // SPi*PCP1a
LD     I0.6
ED
A      I1.3
EU
LD     M11.1
ALD
S      M10.7, 1
S      M17.2, 1
R      M11.1, 1

Network 16 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M11.3
ALD
S      M11.1, 1
R      M11.3, 1

Network 17 // SPa
LD     I0.6
EU
LD     M11.1
```

```

ALD
S      M17.0, 1
R      M11.1, 1

Network 18 // SPEa+SPSO+SPCa
LD     I1.7
EU
O      I0.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M11.3
ALD
S      M11.2, 1
R      M11.3, 1

Network 19 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M11.2
ALD
S      M11.3, 1
R      M11.2, 1

Network 20 // SAP3a*SBP3a
LD     I0.2
EU
A      I1.2
EU
LD     M11.5
A      M11.6
ALD
S      M11.3, 1
R      M11.5, 1
R      M11.6, 1

Network 21 // SPEa+SPCAa
LD     I1.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M11.5
A      M11.6
ALD
S      M11.4, 1
R      M11.5, 1
R      M11.6, 1

Network 22 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M11.4
ALD

```

S M11.5, 1  
 S M11.6, 1  
 R M11.4, 1

Network 23 // SPa\*PEP3a

LD I0.6

EU

A I2.1

EU

LD M14.7

ALD

S M11.7, 1

S M11.4, 1

R M14.7, 1

Network 24 // SPa\*FCSa

LD I0.6

EU

A I0.3

EU

LD M11.5

A M11.6

ALD

S M16.3, 1

R M11.5, 1

R M11.6, 1

Network 25 // SPa\*FCIa

LD I0.6

EU

A I0.4

EU

LD M11.5

A M11.6

ALD

S M16.1, 1

R M11.5, 1

R M11.6, 1

Network 26 // SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I1.7

ED

A I0.7

ED

A I0.5

ED

LD M11.7

ALD

S M12.6, 1

R M11.7, 1

Network 27 // SPEa+SPSO+SPCa

LD I1.7

EU

O I0.7

EU

O I0.5

EU

LD M12.6

ALD

S M11.7, 1

```
R      M12.6, 1

Network 28 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M12.6
ALD
S      M12.0, 1
R      M12.6, 1

Network 29 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M12.1
ALD
S      M12.7, 1
R      M12.1, 1

Network 30 // SPEa+SPSO+SPCa
LD     I1.7
EU
O      I0.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M12.5
ALD
S      M12.1, 1
R      M12.5, 1

Network 31 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M12.5
ALD
S      M12.2, 1
R      M12.5, 1

Network 32 // SPa*FCIa
LD     I0.6
EU
A      I0.4
EU
LD     M12.3
A      M17.2
ALD
S      M16.1, 1
R      M12.3, 1
R      M17.2, 1
```

```

Network 33 // SPa*FCSa
LD      I0.6
EU
A       I0.3
EU
LD      M12.3
A       M17.2
ALD
S       M16.3, 1
R       M12.3, 1
R       M17.2, 1

Network 34 // SAP1a*SBP1a
LD      I0.0
EU
A       I1.0
EU
LD      M12.3
A       M17.2
ALD
S       M14.5, 1
R       M12.3, 1
R       M17.2, 1

Network 35 // SPEa+SPCAa
LD      I1.7
EU
O       I0.5
EU
LD      M12.3
A       M17.2
ALD
S       M12.4, 1
R       M12.3, 1
R       M17.2, 1

Network 36 // SPEi*SPESoi*SPCAi
LD      I1.7
ED
A       I0.7
ED
A       I0.5
ED
LD      M12.4
ALD
S       M12.5, 1
S       M17.5, 1
R       M12.4, 1

Network 37 // SPi*PCP3a
LD      I0.6
ED
A       I1.5
EU
LD      M12.7
ALD
S       M12.6, 1
S       M11.6, 1
R       M12.7, 1

```

```
Network 38 // SPi*PCP1a
LD      I0.6
ED
A       I1.3
EU
LD      M12.7
ALD
S       M12.5, 1
S       M17.2, 1
R       M12.7, 1

Network 39 // SPa
LD      I0.6
EU
LD      M12.7
ALD
S       M17.0, 1
R       M12.7, 1

Network 40 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD      I1.7
ED
A       I0.7
ED
A       I0.5
ED
LD      M13.1
ALD
S       M12.7, 1
R       M13.1, 1

Network 41 // SPEa+SPSO+SPCa
LD      I1.7
EU
O       I0.7
EU
O       I0.5
EU
LD      M13.1
ALD
S       M13.0, 1
R       M13.1, 1

Network 42 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD      I1.7
ED
A       I0.7
ED
A       I0.5
ED
LD      M13.0
ALD
S       M13.1, 1
R       M13.0, 1

Network 43 // SAP2a*SBP2a
LD      I0.1
EU
A       I1.1
EU
LD      M13.3
```

```
A      M13.4
ALD
S      M13.1, 1
R      M13.3, 1
R      M13.4, 1

Network 44 // SPa*FCSa
LD     I0.6
EU
A      I0.3
EU
LD     M13.3
A      M13.4
ALD
S      M16.3, 1
R      M13.3, 1
R      M13.4, 1

Network 45 // SPa*FCIa
LD     I0.6
EU
A      I0.4
EU
LD     M13.3
A      M13.4
ALD
S      M16.1, 1
R      M13.3, 1
R      M13.4, 1

Network 46 // SPEa+SPCAa
LD     I1.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M13.3
A      M13.4
ALD
S      M13.2, 1
R      M13.3, 1
R      M13.4, 1

Network 47 // SPEi*SPESoi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M13.2
ALD
S      M13.3, 1
S      M13.4, 1
R      M13.2, 1

Network 48 // SPa*PEP2a
LD     I0.6
EU
A      I2.0
EU
LD     M14.7
```

```

ALD
S      M13.3, 1
S      M13.4, 1
R      M14.7, 1

Network 49 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M13.6
ALD
S      M14.2, 1
R      M13.6, 1

Network 50 // SPEa+SPSO+SPCa
LD     I1.7
EU
O      I0.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M14.2
ALD
S      M13.6, 1
R      M14.2, 1

Network 51 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M14.2
ALD
S      M13.5, 1
R      M14.2, 1

Network 52 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M13.7
ALD
S      M14.1, 1
R      M13.7, 1

Network 53 // SPEa+SPSO+SPCa
LD     I1.7
EU
O      I0.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M14.1

```

```
ALD
S      M13.7, 1
R      M14.1, 1

Network 54 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M14.1
ALD
S      M14.0, 1
R      M14.1, 1

Network 55 // SPi*PCP3a
LD     I0.6
ED
A      I1.5
EU
LD     M14.3
ALD
S      M14.2, 1
S      M11.6, 1
R      M14.3, 1

Network 56 // SPi*PCP2a
LD     I0.6
ED
A      I1.4
EU
LD     M14.3
ALD
S      M14.1, 1
S      M13.4, 1
R      M14.3, 1

Network 57 // SPa
LD     I0.6
EU
LD     M14.3
ALD
S      M17.0, 1
R      M14.3, 1

Network 58 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M14.5
ALD
S      M14.3, 1
R      M14.5, 1

Network 59 // SPEa+SPSO+SPCa
LD     I1.7
EU
```

```
O      I0.7
EU
O      I0.5
EU
LD     M14.5
ALD
S      M14.4, 1
R      M14.5, 1

Network 60 // SPEi*SPESoi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M14.4
ALD
S      M14.5, 1
R      M14.4, 1

Network 61 // SAP1a*SBP1a
LD     I0.0
EU
A      I1.0
EU
LD     M14.6
ALD
S      M14.5, 1
R      M14.6, 1

Network 62 // PEP1a
LD     I1.6
EU
LD     M14.7
ALD
S      M14.6, 1
R      M14.7, 1

Network 63 // SPa
LD     I0.6
EU
LD     M15.1
ALD
S      M14.7, 1
R      M15.1, 1

Network 64 // SPi
LD     I0.6
ED
LD     M15.1
ALD
S      M15.0, 1
R      M15.1, 1

Network 65 // SPa
LD     I0.6
EU
LD     M15.0
ALD
```

S M15.1, 1  
R M15.0, 1

Network 66 // SPEi\*SPCAi

LD I1.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M15.3  
ALD  
S M15.1, 1  
R M15.3, 1

Network 67 // SPEa+SPCAa

LD I0.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M15.3  
ALD  
S M15.2, 1  
R M15.3, 1

Network 68 // SPEi\*SPSOi\*SPCi

LD I1.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M15.2  
ALD  
S M15.3, 1  
R M15.2, 1

Network 69 // SPESOi

LD I0.7  
ED  
LD M15.6  
ALD  
S M15.3, 1  
R M15.6, 1

Network 70 // SPESOa

LD I0.7  
EU  
LD M15.6  
ALD  
S M15.4, 1  
R M15.6, 1

Network 71 // SPEi\*SPESOi\*SPCAi

LD I1.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M15.5  
ALD  
S M15.6, 1

```
R      M15.5, 1

Network 72 // SPCAA
LD     I0.5
EU
LD     M15.4
ALD
S      M15.5, 1
R      M15.4, 1

Network 73 // SPa*SAP1a*SBP1a
LD     I0.6
EU
A      I0.0
EU
A      I1.0
EU
LD     M16.0
ALD
S      M15.6, 1
R      M16.0, 1

Network 74 // SPa*SBP1i
LD     I0.6
EU
A      I1.0
ED
LD     M16.0
ALD
S      M15.7, 1
R      M16.0, 1

Network 75 // SPa*SAP1a*SBP1a
LD     I0.6
EU
A      I0.0
EU
A      I1.0
EU
LD     M15.7
ALD
S      M16.0, 1
R      M15.7, 1

Network 76 // SPEi*SPESOi*SPCAi
LD     I1.7
ED
A      I0.7
ED
A      I0.5
ED
LD     M16.1
ALD
S      M16.2, 1
R      M16.1, 1

Network 77 // SPa*FC1a
LD     I0.6
EU
A      I0.4
EU
```

```
LD      M16.5
ALD
S       M16.1, 1
R       M16.5, 1

Network 78 // SPa*SAP1a*SBP1a
LD      I0.6
EU
A       I0.0
EU
A       I1.0
EU
LD      M16.2
ALD
S       M16.5, 1
R       M16.2, 1

Network 79 // FCii*FCSi
LD      I0.4
ED
A       I0.3
ED
LD      M16.5
ALD
S       M16.0, 1
R       M16.5, 1

Network 80 // SPa*FCSa
LD      I0.6
EU
A       I0.3
EU
LD      M16.5
ALD
S       M16.3, 1
R       M16.5, 1

Network 81 // SPa*SAP1a*SBP1a
LD      I0.6
EU
A       I0.0
EU
A       I1.0
EU
LD      M16.4
ALD
S       M16.5, 1
R       M16.4, 1

Network 82 // SPEi*SPESoi*SPCAi
LD      I1.7
ED
A       I0.7
ED
A       I0.5
ED
LD      M16.3
ALD
S       M16.4, 1
R       M16.3, 1
```

Network 83 // SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M16.6  
ALD  
S M16.5, 1  
R M16.6, 1

Network 84 // SPi  
LD I0.6  
ED  
LD M16.6  
ALD  
S M17.1, 1  
R M16.6, 1

Network 85 // SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M17.1  
ALD  
S M16.6, 1  
R M17.1, 1

Network 86 // SPEi\*SPCAi  
LD I1.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M17.0  
ALD  
S M16.6, 1  
R M17.0, 1

Network 87 // SPEa+SPCAa  
LD I1.7  
EU  
O I0.5  
EU  
LD M17.0  
ALD  
S M16.7, 1  
R M17.0, 1

Network 88 // SPEi\*SPESoi\*SPCAi  
LD I1.7  
ED  
A I0.7  
ED  
A I0.5  
ED  
LD M16.7  
ALD  
S M17.0, 1  
R M16.7, 1

Network 89 // SPa  
LD I0.6  
EU  
LD M12.2  
ALD

S M12.3, 1  
R M12.2, 1

Network 90 // SPa

LD I0.6  
EU  
LD M10.3  
ALD  
S M10.2, 1  
R M10.3, 1

Network 91 // SPa

LD I0.6  
EU  
LD M14.0  
ALD  
S M13.3, 1  
R M14.0, 1

Network 92 // SPa

LD I0.6  
EU  
LD M13.5  
ALD  
S M11.5, 1  
R M13.5, 1

Network 93 // SPa

LD I0.6  
EU  
LD M12.0  
ALD  
S M11.5, 1  
R M12.0, 1

Network 94 // QPCaida

LD M10.1  
EU  
S Q0.5, 1

Network 95 // QBAJA

LD M10.2  
EU  
S Q0.6, 1

Network 96 // SPE\*SPCA OK

LD M10.3  
EU  
S M1.1, 1

Network 97 // SPE\*SPCA OK

LD M10.4  
EU  
S M1.1, 1

Network 98 // QPCaida

LD M10.5  
EU  
S Q0.5, 1

Network 99 // QPCaida

```
LD      M10.6
EU
S       Q0.5, 1

Network 100 // CerrarPuerta
LD      M10.7
EU
S       Q1.0, 1

Network 101 // CerrarPuerta
LD      M11.0
EU
S       Q1.0, 1

Network 102 // SPE*SPCA OK
LD      M11.1
EU
S       M1.1, 1

Network 103 // QPCaida
LD      M11.2
EU
S       Q0.5, 1

Network 104 // QEC
LD      M11.3
EU
S       Q0.3, 1

Network 105 // QPCaida
LD      M11.4
EU
S       Q0.5, 1

Network 106 // QSUBE
LD      M11.5
EU
S       Q0.7, 1

Network 107 // QLP3
LD      M11.6
EU
S       Q0.2, 1

Network 108 // QPCaida
LD      M11.7
EU
S       Q0.5, 1

Network 109 // SPE*SPCA OK
LD      M12.0
EU
S       M1.1, 1

Network 110 // QPCaida
LD      M12.1
EU
S       Q0.5, 1

Network 111 // SPE*SPCA OK
LD      M12.2
```

EU  
S M1.1, 1

Network 112 // QBAJA  
LD M12.3  
EU  
S Q0.6, 1

Network 113 // QPCaida  
LD M12.4  
EU  
S Q0.5, 1

Network 114 // CerrarPuerta  
LD M12.5  
EU  
S Q1.0, 1

Network 115 // CerrarPuerta  
LD M12.6  
EU  
S Q1.0, 1

Network 116 // SPE\*SPCA OK  
LD M12.7  
EU  
S M1.1, 1

Network 117 // QPCaida  
LD M13.0  
EU  
S Q0.5, 1

Network 118 // QEC  
LD M13.1  
EU  
S Q0.3, 1

Network 119 // QPCaida  
LD M13.2  
EU  
S Q0.5, 1

Network 120 // QSUBE  
LD M13.3  
EU  
S Q0.7, 1

Network 121 // QLP2  
LD M13.4  
EU  
S Q0.1, 1

Network 122 // SPE\*SPCA OK  
LD M13.5  
EU  
S M1.1, 1

Network 123 // QPCaida  
LD M13.6  
EU

S Q0.5, 1

Network 124 // QPCaida  
LD M13.7  
EU  
S Q0.5, 1

Network 125 // SPE\*SPCA OK  
LD M14.0  
EU  
S M1.1, 1

Network 126 // CerrarPuerta  
LD M14.1  
EU  
S Q1.0, 1

Network 127 // CerrarPuerta  
LD M14.2  
EU  
S Q1.0, 1

Network 128 // SPE\*SPCA OK  
LD M14.3  
EU  
S M1.1, 1

Network 129 // QPCaida  
LD M14.4  
EU  
S Q0.5, 1

Network 130 // QEC  
LD M14.5  
EU  
S Q0.3, 1

Network 131 // QLP1  
LD M14.6  
EU  
S Q0.0, 1

Network 132 // SP OK  
LD M14.7  
EU  
S M1.2, 1

Network 133 // CerrarPuerta  
LD M15.0  
EU  
S Q1.0, 1

Network 134 // SPE\*SPCA OK  
LD M15.1  
EU  
S M1.1, 1

Network 135 // QPCaidas  
LD M15.2  
EU  
S Q0.5, 1

Network 136 // C.I. OK  
LD M15.3  
EU  
S M1.5, 1

Network 137 // QPCaida  
LD M15.4  
EU  
S Q0.5, 1

Network 138 // QEC  
LD M15.5  
EU  
S Q0.3, 1

Network 139 // PISO1 OK  
LD M15.6  
EU  
S M1.4, 1

Network 140 // QBAJA  
LD M15.7  
EU  
S Q0.6, 1

Network 141 // FCI\*FCS OK  
LD M16.0  
EU  
S M1.3, 1

Network 142 // QPCaida  
LD M16.1  
EU  
S Q0.5, 1

Network 143 // QSUBE  
LD M16.2  
EU  
S Q0.7, 1

Network 144 // QPCaida  
LD M16.3  
EU  
S Q0.5, 1

Network 145 // QBAJA  
LD M16.4  
EU  
S Q0.6, 1

Network 146 // SP OK  
LD M16.5  
EU  
S M1.2, 1

Network 147 // SPE\*SPCA OK  
LD M16.6  
EU  
S M1.2, 1

Network 148 // QPCaida  
LD M16.7  
EU  
S Q0.5, 1

Network 149 // ON  
LD M17.0  
EU  
S M1.0, 1

Network 150 // CerrarPuerta  
LD M17.1  
EU  
S Q1.0, 1

Network 151 // QLP1  
LD M17.2  
EU  
S Q0.0, 1

Network 152 // QLP2  
LD M17.3  
EU  
S Q0.1, 1

***ANEXO 0 – Programa de comprobación de entradas***

*Tabla de Símbolos*

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Contenido</b>
PCP1	I3.4	Pulsador cabina piso 1
PCP2	I3.5	Pulsador cabina piso 2
PCP3	I3.6	Pulsador cabina piso 3
PEP1	I3.0	Pulsador externo piso 1
PEP2	I3.1	Pulsador externo piso 2
PEP3	I3.2	Pulsador externo piso 3
SAP1	I3.7	Microswitch A piso 1
SBP1	I4.0	Microswitch B piso 1
SAP2	I4.1	Microswitch A piso 2
SBP2	I4.2	Microswitch B piso 2
SAP3	I4.3	Microswitch A piso 3
SBP3	I4.4	Microswitch B piso 3
FCS	I4.5	Contacto fin de carrera superior
FCI	I4.6	Contacto fin de carrera inferior
PCAIIDAS	I4.7	Sensor de paracaídas
PUERTA	I2.6	Microswitch puerta cabina
PESO	I2.7	Sensor de peso
PE	I3.3	Pulsador paro de emergencia
MPCP1	M16.0	Marca de pulsador cabina piso 1
MPCP2	M16.1	Marca de pulsador cabina piso 2
MPCP3	M16.2	Marca de pulsador cabina piso 3
MPEP1	M16.3	Marca de pulsador externo piso 1

MPEP2	M16.4	Marca de pulsador externo piso 2
MPEP3	M16.5	Marca de pulsador externo piso 3
MSAP1	M16.7	Marca de microswitch A y B piso 1
MSBP1	M17.0	Marca libre
MSAP2	M17.1	Marca de microswitch A y B piso 2
MSBP2	M17.2	Marca Libre
MSAP3	M17.3	Marca de microswitch A y B piso 3
MSBP3	M17.4	Marca Libre
MFCS	M17.5	Marca de contacto fin de carrera superior
MFCI	M17.6	Marca de contacto fin de carrera inferior
MPCAIIDAS	M17.7	Marca de sensor de paracaídas
MPUERTA	M18.0	Marca de microswitch puerta cabina
MPESO	M18.1	Marca de sensor de peso
MPE	M16.6	Marca de pulsador paro de emergencia

*Programa en AWL*

```

NETWORK 1          //INICIO
//
LD      SM0.0
=       M0.0
NETWORK 2          //ENVIO DE CABINA A PRIMER PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PCP1
//
LD      M0.0
A       PCP1
EU
S       MPCP1, 1
NETWORK 3          //CABINA EN PRIMER PISO SAP1 Y SBP1
//
LD      M0.0
A       SAP1
EU
A       SBP1
EU
S       MSAP1, 1
NETWORK 4          //LLEGADA DE CABINA A PRIMER PISO
//
LD      M0.0

```

```

A      MSAP1
EU
R      MPCP1, 1
NETWORK 5      //CABINA DESPLAZANDOSE DE PRIMER PISO (SAP1 Y SBP1
DESACTIVADOS)
//
LD     M0.0
A      SAP1
A      SBP1
R      MSAP1, 0
NETWORK 6      //ENVIO DE CABINA A SEGUNDO PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PCP2
//
LD     M0.0
A      PCP2
EU
S      MPCP2, 1
NETWORK 7      //CABINA EN SEGUNDO PISO SAP2 Y SBP2
//
LD     M0.0
A      SAP2
EU
A      SBP2
EU
S      MSAP2, 1
NETWORK 8      //LLEGADA DE CABINA A SEGUNDO PISO
//
LD     M0.0
A      MSAP2
EU
R      MPCP2, 1
NETWORK 9      //CABINA DESPLAZANDOSE DE SEGUNDO PISO (SAP2 Y SBP2
DESACTIVADOS)
//
LD     M0.0
A      SAP2
A      SBP2
R      MSAP2, 0
NETWORK 10     //ENVIO DE CABINA A TERCER PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PCP3
//
LD     M0.0
A      PCP3
EU
S      MPCP3, 1
NETWORK 11     //CABINA EN TERCER PISO SAP3 Y SBP3
//
LD     M0.0
A      SAP3
EU
A      SBP3
EU
S      MSAP3, 1
NETWORK 12     //LLEGADA DE CABINA A TERCER PISO
//
LD     M0.0
A      MSAP3
EU
R      MPCP3, 1
NETWORK 13     //CABINA DESPLAZANDOCE DE TERCER PISO (SAP3 Y SBP3 SE
DESACTIVAN)

```

```

//
LD    M0.0
A     SAP3
A     SBP3
R     MSAP3, 0
NETWORK 14      //ENVIO DE CABINA A PRIMER PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PEP1
//
LD    M0.0
A     PEP1
EU
S     MPEP1, 1
NETWORK 15      //LLEGADA DE CABINA A PRIMER PISO
//
LD    M0.0
A     MSAP1
EU
R     MPEP1, 1
NETWORK 16      //ENVIO DE CABINA A SEGUNDO PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PEP2
//
LD    M0.0
A     PEP2
EU
S     MPEP2, 1
NETWORK 17      //LLEGADA DE CABINA A SEGUNDO PISO
//
LD    M0.0
A     MSAP2
EU
R     MPEP2, 1
NETWORK 18      //ENVIO DE CABINA A TERCER PISO DESDE PULSADOR DE
CABINA PEP3
//
LD    M0.0
A     PEP3
EU
S     MPEP3, 1
NETWORK 19      //LLEGADA DE CABINA A TERCER PISO
//
LD    M0.0
A     MSAP3
EU
R     MPEP3, 1
NETWORK 20      //CONTACTOS FCS ACTIVADO
//
LD    M0.0
A     FCS
EU
S     MFCS, 1
NETWORK 21      //CONTACTO FCS DESACTIVADO
//
LD    M0.0
A     FCS
R     MFCS, 0
NETWORK 22      //CONTACTOS FCI ACTIVADO
//
LD    M0.0
A     FCI
EU
S     MFCI, 1

```

```
NETWORK 23      //CONTACTOS FCI DESACTIVADO
//
LD      M0.0
A       FCI
R       MFCI, 0
NETWORK 24      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR LA INEXISTENCIA DE
ENERGIA EN EL SISTEMA
//
LD      M0.0
A       PCAIDAS
ED
S       MPCAIDAS, 0
NETWORK 25      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR LA EXISTENCIA DE
ENERGIA EN EL SISTEMA
//
LD      M0.0
A       PCAIDAS
EU
R       MPCAIDAS, 1
NETWORK 26      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR EL ESTADO DE LA PUERTA
CERRADA
//
LD      M0.0
A       PUERTA
ED
S       MPUERTA, 0
NETWORK 27      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR EL ESTADO DE LA PUERTA
CERRADA
//
LD      M0.0
A       PUERTA
EU
R       MPUERTA, 1
NETWORK 28      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR SOBREPESO DENTRO DE
CABINA
//
LD      M0.0
A       PESO
EU
S       MPESO, 1
NETWORK 29      //CONTACTO ENCARGADO DE SENSAR PESO NORMAL DENTRO DE
CABINA
//
LD      M0.0
A       PESO
ED
R       MPESO, 0
NETWORK 30      //PULSADOR DE PARO DE EMERGENCIA
//
LD      M0.0
A       PE
EU
S       MPE, 1
NETWORK 31      //PULSADOR DE PARO DE EMERGENCIA
//
LD      M0.0
A       PE
R       MPE, 0
```

***ANEXO P – Programa de comprobación de salidas***

*Tabla de símbolos:*

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Contenido</b>
QLP1	Q0.0	Luces indicadoras de primer piso
QLP2	Q0.1	Luces indicadoras de segundo piso
QLP3	Q0.2	Luces indicadoras de tercer piso
QCERRA	Q0.3	Cerradura eléctrica de puerta de cabina
QMULTI	Q0.4	Relé Temporizador para multiplexación
QPCAIDA	Q0.5	Sistema electromagnético de paracaídas
QBAJA	Q0.6	Giro de motor para que descienda la cabina
QSUBE	Q0.7	Giro de motor para que ascienda la cabina
MQLP1	M2.3	Marca de luces indicadoras de primer piso
MQLP2	M2.4	Marca de luces indicadoras de segundo piso
MQLP3	M2.5	Marca de luces indicadoras de tercer piso
MQCERRA	M2.6	Marca de cerradura eléctrica de puerta de cabina
MQMULTI	M2.7	Marca de relé temporizador para multiplexación
MQPCAIDA	M3.0	Marca de sistema electromagnético de paracaídas
MQBAJA	M3.1	Marca de giro de motor para que descienda la cabina
MQSUBE	M3.2	Marca de giro de motor para que ascienda la cabina

*Código en AWL*

```

NETWORK 1          //INICIO DE SALIDAS
//
LD      SM0.0
=       M0.0
NETWORK 2          //ENCIENDE LUZ DE PISO 1
//
LD      M0.0
A       MQLP1
EU
S       QLP1, 1

```

```

NETWORK 3      //APAGADO DE LUZ DE PISO 1
//
LD      M0.0
A      MQLP1
ED
R      QLP1, 0
NETWORK 4      //ENCIENDE LUZ DE PISO 2
//
LD      M0.0
A      MQLP2
EU
S      QLP2, 1
NETWORK 5      //APAGADO DE LUZ DE PISO 2
//
LD      M0.0
A      MQLP2
ED
R      QLP2, 0
NETWORK 6      //ENCIENDE LUZ DE PISO 3
//
LD      M0.0
A      MQLP3
EU
S      QLP3, 1
NETWORK 7      //APAGADO DE LUZ DE PISO 3
//
LD      M0.0
A      MQLP3
ED
R      QLP3, 0
NETWORK 8      //ENCIENDE CERRADURA ELECTRICA DE PUERTA CABINA
//
LD      M0.0
A      MQCERRA
EU
S      QCERRA, 1
NETWORK 9      //APAGADO CERRADURA ELECTRICA DE PUERTA CABINA
//
LD      M0.0
A      MQCERRA
ED
R      QLP1, 0
NETWORK 10     //ENCIENDE RELÉ DE MULTIPLEXACIÓN
//
LD      M0.0
A      MQMULTI
EU
S      QMULTI, 1
NETWORK 11     //APAGADO RELÉ DE MULTIPLEXACIÓN
//
LD      M0.0
A      MQMULTI
ED
R      QMULTI, 0
NETWORK 12     //ENCIENDE PARACAIDAS
//
LD      M0.0
A      MQPCAIDA
EU
S      QPCAIDA, 1
NETWORK 13     //APAGADO PARACAIDAS

```

```
//  
LD      M0.0  
A       MQPCAIDA  
ED  
R       QPCAIDA, 0  
NETWORK 14      //ENCIENDE MOTOR PARA QUE BAJE CABINA  
//  
LD      M0.0  
A       MQBAJA  
EU  
S       QBAJA, 1  
NETWORK 15      //APAGADO MOTOR CUANDO BAJA CABINA  
//  
LD      M0.0  
A       MQBAJA  
ED  
R       QBAJA, 0  
NETWORK 16      //ENCIENDE MOTOR PARA QUE SUBA CABINA  
//  
LD      M0.0  
A       MQSUBE  
EU  
S       QSUBE, 1  
NETWORK 17      //APAGADO MOTOR CUANDO SUBE CABINA  
//  
LD      M0.0  
A       MQSUBE  
ED  
R       QSUBE, 0
```

*ANEXO Q – Programa realizado manualmente*

```

//COMENTARIOS DEL PROGRAMA
//Pulse F1 para obtener Ayuda y un programa de ejemplo.
//

NETWORK 1          //TÍTULO DE SEGMENTO (una línea)
//
//COMENTARIOS DE SEGMENTO
//
LD      SM0.0
=      M0.0

NETWORK 2          //PROTECCIONES DE ARRANQUE
//
LD      M0.0
AN      SPESO
AN      SPE
AN      QPCAIDA
=      M0.1

NETWORK 3          //IDENTIFICACION PARA PARO DE PISO 1
//
LD      SAP1
A      SBP1
=      PISO_1

NETWORK 4          //IDENTIFICACION PARA PARO DE PISO 2
//
LD      SAP2
A      SBP2
=      PISO_2

NETWORK 5          //IDENTIFICACION PARA PARO DE PISO 3
//
LD      SAP3
A      SBP3
=      PISO_3

NETWORK 6          //LLAMADO DE ASCENSOR A PISO 1
//
LD      M0.1
AN      BAJ_3
AN      SUB_1
AN      SUB_4
AN      BAJ_4
AN      SUB_2
AN      BAJ_2
AN      SUB_3
LD      PEP1
O      BAJ_1
ALD
AN      PISO_1
=      BAJ_1

NETWORK 7          //LLAMADO DE ASCESORN A PISO 3
//
LD      M0.1
AN      BAJ_3
AN      SUB_1
AN      SUB_4
AN      BAJ_4
AN      SUB_2

```

```

AN    BAJ_2
AN    BAJ_1
LD    PEP3
O     SUB_3
ALD
AN    PISO_3
=     SUB_3

```

```

NETWORK 8      //LLAMADO DE ASCENSOR A PISO 2

```

```

//
LD    M0.1
AN    BAJ_3
AN    SUB_1
AN    SUB_4
AN    BAJ_4
AN    BAJ_1
AN    SUB_3
LPS
LD    PEP2
A     AP1
O     SUB_2
ALD
AN    PISO_2
=     SUB_2
LPP
LD    PEP2
A     AP3
O     BAJ_2
ALD
AN    PISO_2
=     BAJ_2

```

```

NETWORK 9      //MANDO DE BAJAR DESDE CABINA A PISO 1

```

```

//
LD    M0.1
AN    SUB_1
AN    BAJ_4
AN    SUB_4
LD    PCP1
LD    AP2
O     AP3
ALD
O     BAJ_3
ALD
AN    PISO_1
=     BAJ_3

```

```

NETWORK 10     //MANDO DE SUBIR DESDE CABINA A PISO 3

```

```

//
LD    M0.1
AN    BAJ_3
AN    BAJ_4
AN    SUB_4
LD    PCP3
LD    AP1
O     AP2
ALD
O     SUB_1
ALD
AN    PISO_3
=     SUB_1

```

```

NETWORK 11      //MANDO DE SUBIR Y BAJAR DESDE CABINA
//
LD      M0.1
AN      SUB_1
AN      BAJ_3
LPS
LD      PCP2
A       AP1
O       SUB_4
ALD
AN      PISO_2
=       SUB_4
LPP
LD      PCP2
A       AP3
O       BAJ_4
ALD
AN      PISO_2
=       BAJ_4

NETWORK 12      //ACTIVACION DE SALIDA PARA SUBIR
//
LD      M0.1
LD      SUB_1
O       SUB_2
O       SUB_3
O       SUB_4
ALD
A       T38
AN      FCS
=       QSUBE

NETWORK 13      //ACTIVACION DE SALIDA PARA BAJAR
//
LD      M0.1
LD      BAJ_1
O       BAJ_2
O       BAJ_3
O       BAJ_4
O       BAJ_5
ALD
A       T38
AN      FCI
=       QBAJA

NETWORK 14      //SEÑAL DE PISO 1 PARA ARRANQUE
//
LD      SAP1
O       SBP1
=       AP1

NETWORK 15      //SEÑAL DE PISO 2 PARA ARRANQUE
//
LD      SAP2
O       SBP2
=       AP2

NETWORK 16      //SEÑAL DE PISO 3 PARA ARRANQUE
//
LD      SAP3

```

O SBP3  
= AP3

NETWORK 17  
LD BAJ\_1  
O BAJ\_3  
= QLP1

NETWORK 18  
LD SUB\_3  
O SUB\_1  
= QLP3

NETWORK 19  
LD SUB\_2  
O BAJ\_2  
O BAJ\_4  
O SUB\_4  
= QLP2

NETWORK 20  
LDN SPUERTA  
= QCP

NETWORK 21  
LD T35  
O PEP1  
A PISO\_1  
LD T36  
O PEP2  
A PISO\_2  
OLD  
LD T37  
O PEP3  
A PISO\_3  
OLD  
AN QBAJA  
AN QSUBE  
= QEC

NETWORK 22  
LD QLP1  
TOF T35, +2

NETWORK 23  
LD QLP2  
TOF T36, +2

NETWORK 24  
LD QLP3  
TOF T37, +2

NETWORK 25  
LD SPUERTA  
TON T38, +35

NETWORK 26  
LD SPE  
O SPESO  
O SPCAIDAS  
O FCS

```
O    FCI
=    QPCAIDA
```

```
NETWORK 27
LD    PISO_2
O    PISO_3
O    AYUDA
AN    PISO_1
A    SPUERTA
=    AYUDA
```

```
NETWORK 28
LD    AYUDA
TON    T40, +300
```

```
NETWORK 29
LD    T40
AN    PISO_1
=    BAJ_5
```

```
NETWORK 30    //RELE TEMPORIZADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE FCS
//
LDN    RTFCI
TON    RTFCS, +100
```

```
NETWORK 31    //RELE TEMPORIZADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE FCI
//
LD    RTFCS
TOF    RTFCI, +100
```

```
NETWORK 32    //ACTIVACION DE SALIDA DE CONMUTACION TEMPORIZADA
//
LD    RTFCI
=    QMULTI
```

***ANEXO R – Imágenes***

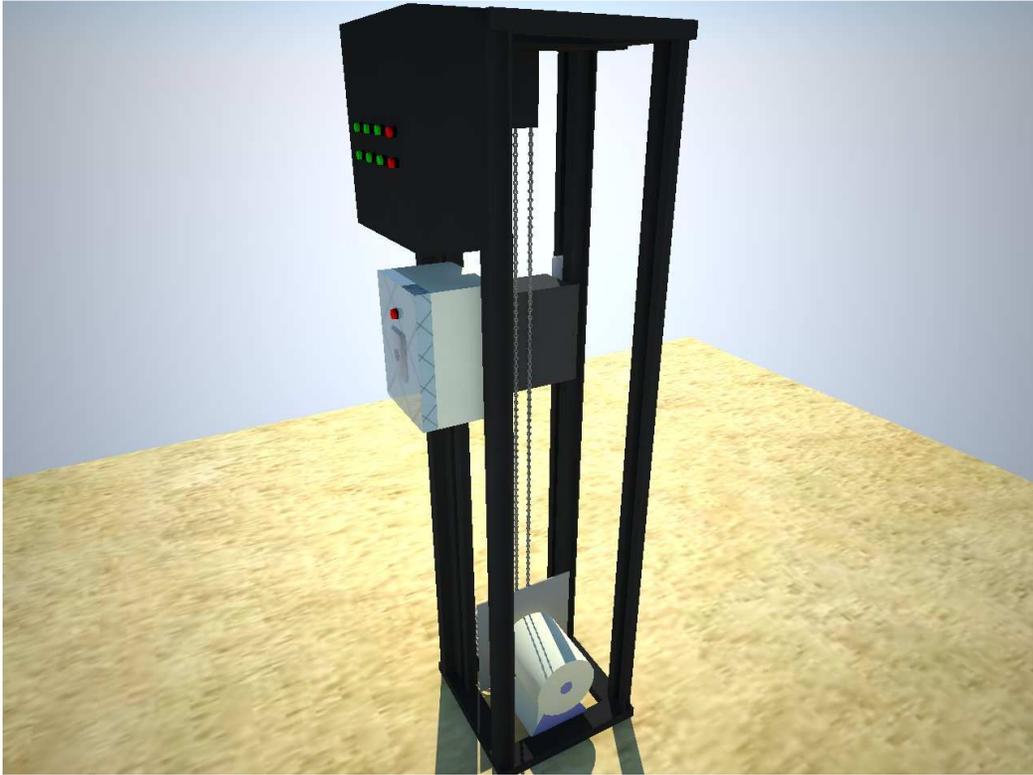


Fig.R.1. Isometría posterior derecha de ascensor de carga

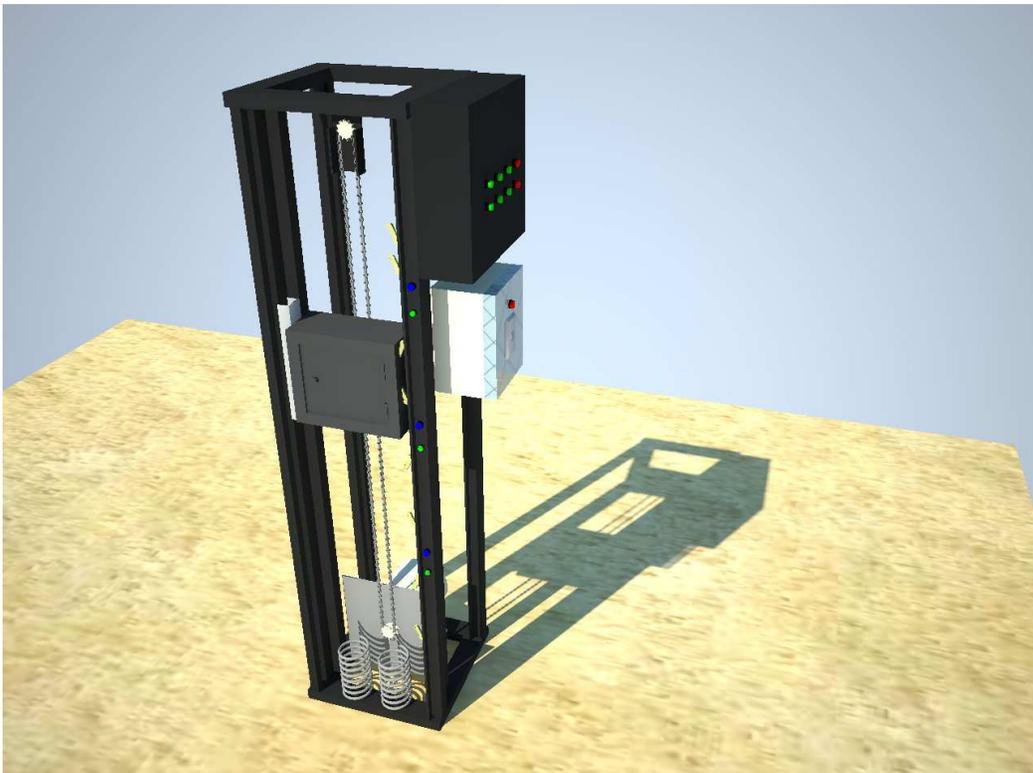


Fig.R.2. Isometría frontal derecha de ascensor de carga

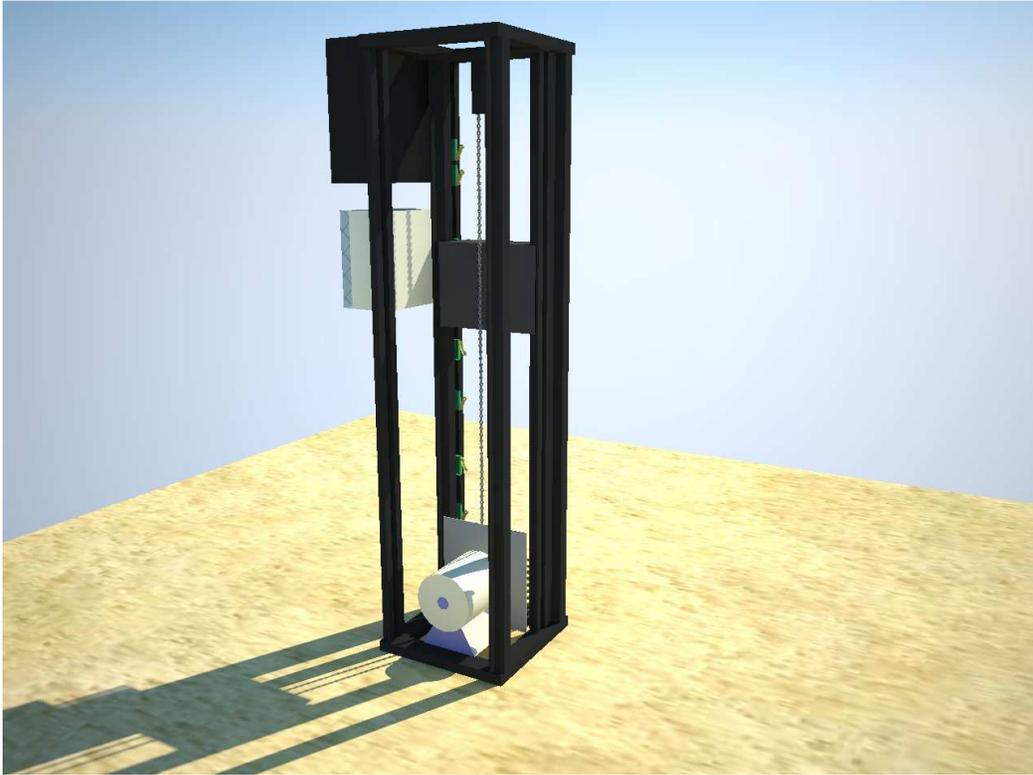


Fig.R.3. Isometría posterior izquierda de ascensor de carga

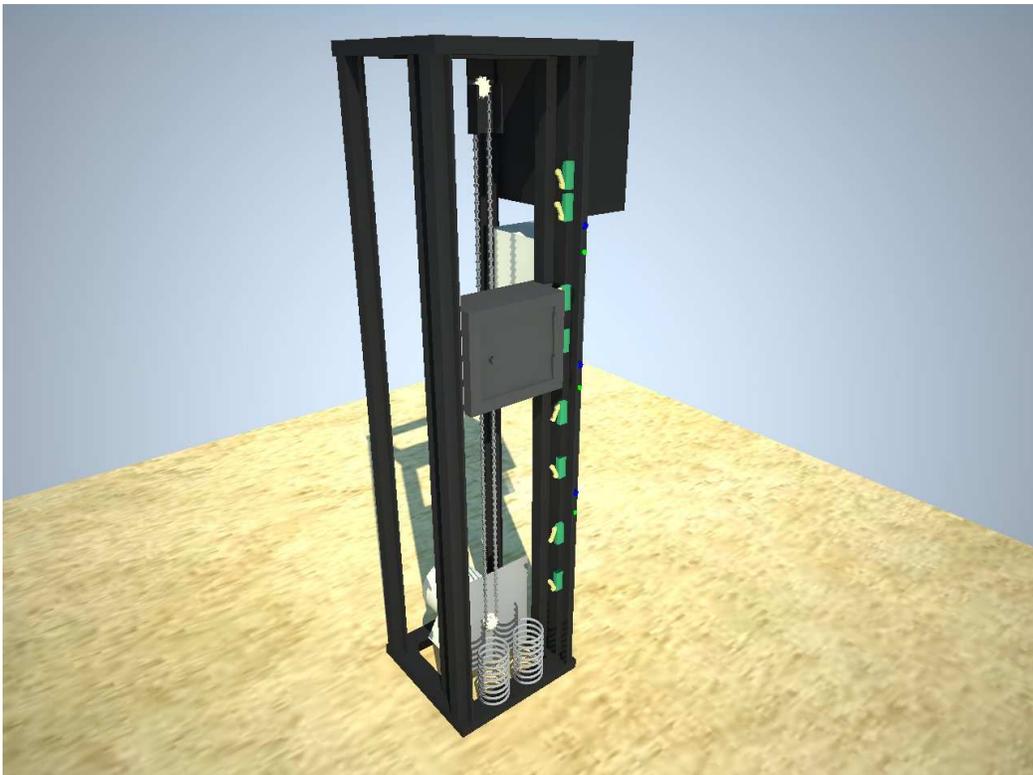


Fig.R.4. Isometría frontal izquierda de ascensor de carga

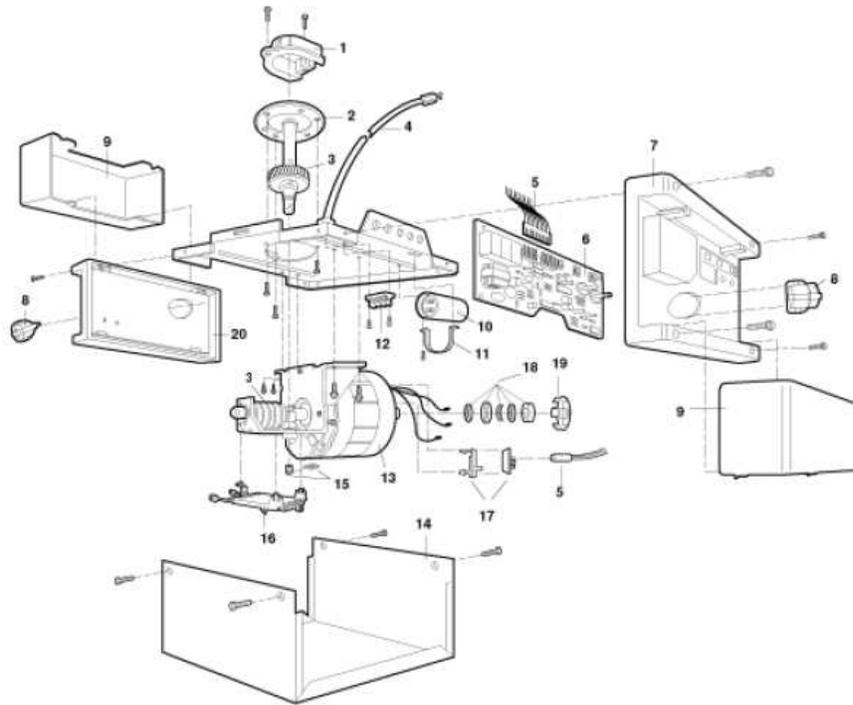
***ANEXO S – Tabla de componentes del ascensor de carga***

Cantidad	Elemento	Marca	No. de Serie	Especificaciones
1	Motorreductor	LiftMaster		1/2 Hp. 1750rpm
8	Microswitch	Schaltbau	S826	4kV 10A
1	Microswitch	Schaltbau		
7	Pulsador	Camsco	LAL16S	NC/NO
1	Pulsador	Avea	PB-800A	36VDC(max). 3A.
8	Lámpara de señal	EBC	AD22-16DS	110/220 VAC
1	Base para fusible	Camsco	RT18-32	500V. 32A. 10x38
1	Fusible	Camsco	RT14-20	500V. 6A
9	Borne de conexión por tornillo	Legrand	371-61	10AWG. 600V. 30A.
2	Contactador de 3 polos	Meta-MEC	GMC-9	380/440V. 9A. 4kW.
1	Transformador	Perry		110-12ACV
1	Transformador	Miyako	LP-575	110-12VAC. 5A
1	Relé Temporizador Multirango (con base)	Camsco	AH3	12,24,48,110V. 10 <sup>a</sup>
10	Relé (con base)	Camsco		2 contactos. 24VDC
1	Relé (con base)	Camsco		3 contactos. 24VDC
1	Batería	Videonex		12V 4h
1	Fuente (con recargador de batería)			12VDC
2	Fuente			24V
1	Timbre zumbador	Vera		110V o 220V
1	Caja telefónica			30x30x10
1	Caja antihumedad			22x17x12.5
1	Piñón libre			8 dientes
1	Cerradura electromecánica	Viro		12VCA. 4 <sup>a</sup>
1	Cerradura electromagnética		ISP600	12-24VDC
2	Boquilla			24V
2	Foco			24V
2	Resorte cónico			D8cm. d4cm. h15cm.
3	Cadena (metros)	KMC		1.2cm de paso
9	Cable plano (metros)			8 hilos
1	Borne de conexión por tornillo	Legrand		#10
3	Borne de conexión por tornillo	Legrand		#14
20	Alambre	Cablec		10AWG
40	Alambre	Cablec		14AWG
380	Alambre	Cablec		18AWG
30	Multipar	Coleman		6 pares
20	Multipar	Coleman		3 pares
1	Enchufe bipolar con conexión a tierra	Cooper		
150	Terminal espiga	Camsco		10/18
150	Terminal herradura	Camsco		12/14
30	Agarra cables adhesivo	Dexón		
200	Amarra	Dexón		

Tabla R.1. Componentes de ascensor de carga

***ANEXO T – Hojas de datos de componentes del ascensor de carga***

## LiftMaster Garage Door Opener Belt Drive Parts **Models 1270 1280 1280R**



View #	Part #	
1	41A4371	Belt cap retainer
2	41A4885-2	Gear and sprocket assembly
3	41A2817	Drive/worm gear kit w/grease, roll pins (2)
4	41B4245	Line cord
5	41C4253	Wire harness for 1270
5	41C4976	Wire harness for 1280 & 1280R

## AH3-A-B-C-D-E Multi Range Timer

\*:RATED VOLTAGE 24V-240V AC/DC AVAILABLE.

### ■ FEATURES:

- Exclusive CMOS IC assures high performance stability, and accuracy.
- 4 Time range can be changed with easy by merely exchanging DIP switch.
- Easy - to - monitor DIP switch positions , time series and operation voltage.
- Five time series with wide timing ranges from 0.1 sec. to 18 hrs.
- Standard surface mounting can be easily converted into flush mounting by using a special adapter (Type T-40)
- Out put contact: Time limit contacts 2C (DPDT) 10A.



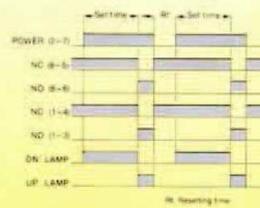
### ■ TIME RANGE

Four time are available for each timer by setting the DIP switches to required positions.

Time range	Position of time range selector			
	1 1	1 1	1 1	1 1
series	1S (0.05S-1S)	10S (0.1S-10S)	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)
A	1S (0.05S-1S)	10S (0.1S-10S)	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)
B	3S (0.05S-3S)	30S (0.5S-30S)	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)
C	6S (0.1S-6S)	60S (0.5S-60S)	6M (1S-6M)	60M (30S-60M)
D	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)	60M (30S-60M)	10H (10M-10H)
E	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)	3H (3M-3H)	30H (1H-30H)

### AH3+(T-40)

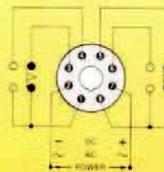
### ■ OPERATION TIME CHART



### ■ SPECIFICATIONS

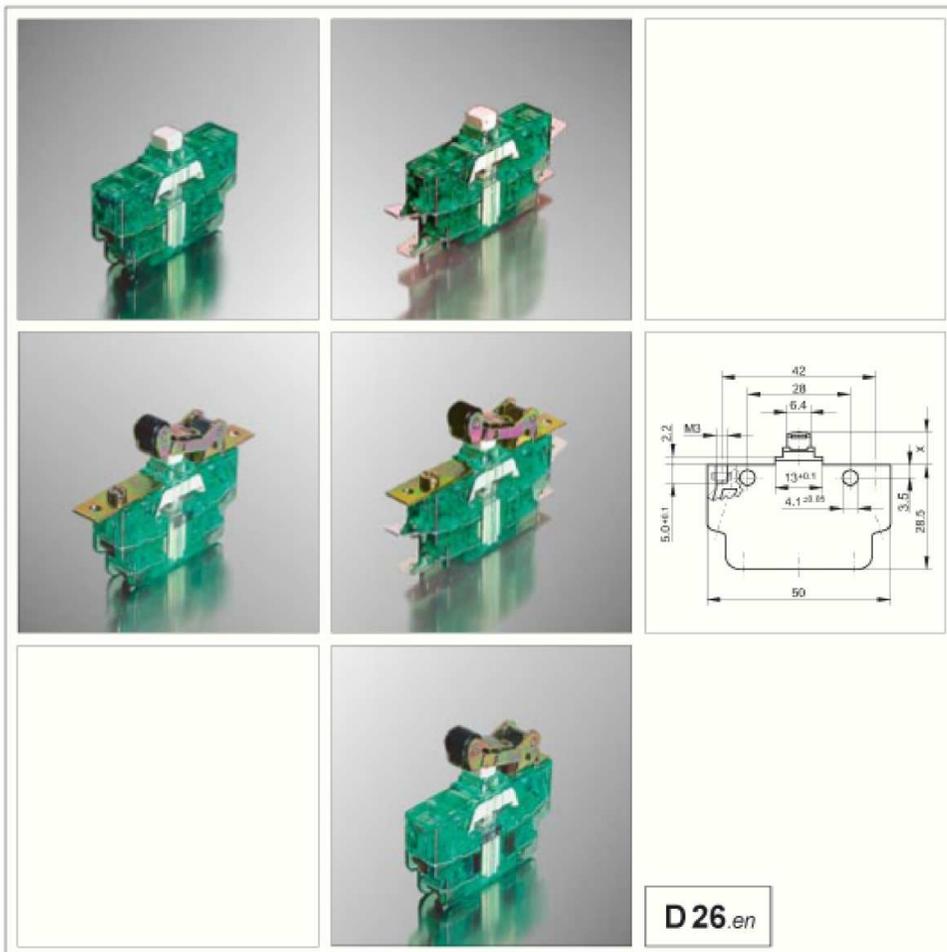
RATED VOLTAGE	AC 110V, 220V, 240V, 50/60Hz. DC 12V, 24V, 48V, 110V.
OPERATING VOLTAGE	AC 85-110% of rated voltage. DC 80-110% of rated voltage.
CONSUMED POWER	About 2VA FOR AC. About 2W FOR DC.
CONTROL METHOD	Time-limit operation Self-resetting
CONTACT RATINGS	AC 120V 10A. (p.f.=1) AC 120V 7A. (p.f.=0.4)
AMBIENT TEMP.	+10°C--+65°C
AMBIENT HUMIDITY	45--85% RH

### ■ CONNECTION DIAGRAM





**Snap-action switches  
with positive opening  
operation and self-  
cleaning double-break  
contacts  
Sealed to IP40  
S826 Series**



## S826 Series snap-action switches

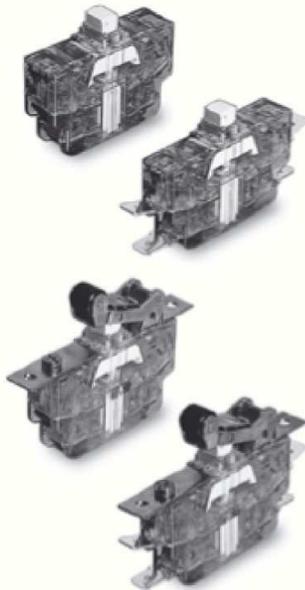
### Features

- Transparent green housing allows for easy inspection of contact condition and internal mechanism
- Practical terminals and accessories:
  - Flat quick-connect terminals according to DIN 46247-3
  - Screw-type terminals
  - Auxiliary actuators
  - Protective cover
- Enhanced DC breaking capacity thanks to magnetic blowout
- Contacts
  - hard silver contacts for high breaking capacity
  - gold-plated contacts with low contact resistance for switching low currents and voltages

### Standards

- Performance according to IEC 60947-5-1, VDE 0660 part 200
- Positive opening operation. Mechanical form-locking feature according to IEC 60947-5-1 annex K, VDE 0660 part 200 annex K
- Protection degree IP40 according to IEC 60529, VDE 0470 part 1, DIN 40050-9
- Fire retardant according to UL 94V-0
- Dimensions according to DIN 41636-6, type F
- Flat quick-connect terminals according to DIN 46247-3

## Specifications\*



Conventional thermal current $I_n$	10 A
Rated insulation voltage $U_i$	400 V
Pollution degree	3
Rated impulse withstand voltage $U_{imp}$	4 kV
Overvoltage category	III
Contact material	Hard silver (AgCu3), Gold alloy (AuAg26Ni3)
Contact gap, typical	2 x 0.85 mm
Contact force, typical	0.40 N
Contact resistance, typical, without leads connected	100 mΩ
Utilization category	AC 15 230 VAC / 1.0 A DC 13 110 VDC / 0.5 A
Positive opening force**	20 N
Actuator travel for positive opening	see page 8
Maximum actuator travel**	3.2 mm
Actuating speed	1 m/s max. 0.5 mm/s min.
Vibration resistance (EN 60068-2-6) 10 ... 500 Hz all directions (at 10 μs maximum opening time)	10 g
Shock resistance (EN 60068-2-27) (at 10 μs maximum opening time)	30 g
Short-circuit protection	6 A gG (IEC 60269-2)
Max. frequency of operation	465 cycles / minute
Actuating force	see page 8
Release force	see page 8
Mechanical endurance	10 million cycles min.
Operating temperature range	-40°C ... +85°C
Weight per switch, without wires	20 ... 40 g according to type
Approvals	

\* Valid for new switches \*\* measured next to actuator

**Design characteristics**      **Ordering code**

The positive opening operation of S826 Series snap-action switches guarantees the forced disconnection of contacts even when stuck or welded due to overload currents, or in the unlikely event of a failure of the snap-action mechanism. S826 Series switches are, therefore, especially suited for safety-related applications.

A characteristic feature of the switch is the rapid motion of its contact bridge induced by the force of a pretensioned spring to the effect that the speed at which the moving contact member transfers from one position to another is essentially independent of the actuator speed. This allows the handling of high electric loads at low actuating speeds with a switch of compact design that will fit in the most confined spaces.

The wiping, double-break contacts ensure high reliability even at low electric loads. Switches with gold contacts are particularly suitable for low currents and voltages. Since the contact bridges of S826 Series switches are galvanically isolated, two separate load circuits with independent voltage levels can be controlled simultaneously.

Example: **S826 b 10/20/40 L**

**Series / Contact type**

S826	SPDT-DB (form Z circuitry)
------	----------------------------

**Auxiliary actuator options:**

a	roller lever with mounting brackets
as	roller lever and mounting brackets with slotted holes
b	pushbutton
c	mounting brackets
cs	mounting brackets with slotted holes
d	roller lever with angled mounting brackets
e	roller lever only

**Contact material:**

No number	hard silver (AgCu3)
10	gold alloy (AuAg26Ni3)

**Terminals:**

No number	screw with saddle clamp
20	flat quick-connect terminals 6.3 x 0.8 mm
30	screw with spring washer

**Actuating and Release Forces:**

No number	standard (3.3 N max. / 0.2 N min.)
40	stronger reset coil spring (5.5 N max. / 2.9 N min.)

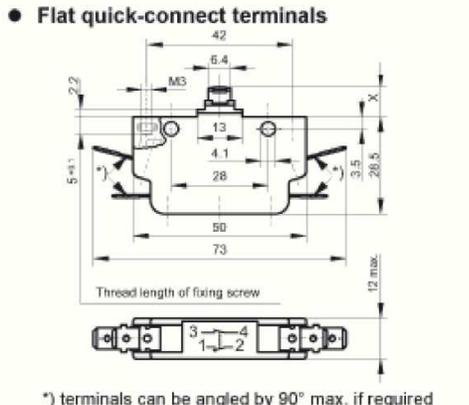
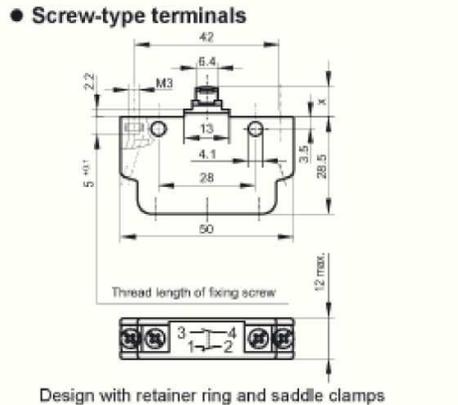
**Accessories:**

No number	no magnetic blowout
L	standard magnetic blowout

**Applications**

- Limit switch for use on machine, door and plant controls
- Auxiliary switch in e.g. cam switches and control devices
- Electromechanical switching element for automation tasks with separate electric loads
- Sensor for NC, PLC and computer controls
- Safety limit switch in control panels and electrical installations
- Assemblies subject to high shock and vibration

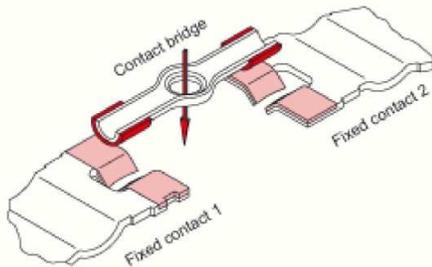
**Dimensions**



Dimensions in mm

## Wiping double-break contacts

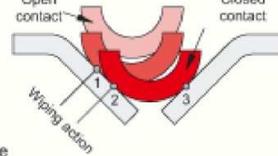
### ● Contact Arrangement



### ● Self-cleaning of contacts

Being loosely supported by the plunger inside the switch, the contact bridge initially meets the V-shaped fixed contacts at one point only (1) when making contact, before it is straightened between them by the coaxial pressure of the snap spring. The contact bridge slides thereby against the fixed contacts from position 1 to position 2 and thus creates a defined friction.

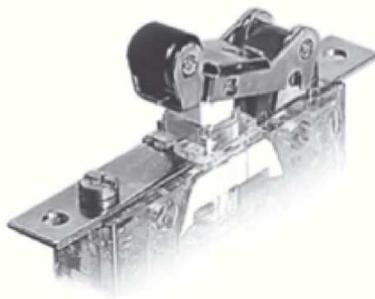
During each operation this wiping action results in self-cleaning of the contacts on one side. In total travel position contact is closed on either side of the V-shaped fixed contact (at 2 and 3). The wiping action helps clean the contacts of contamination and keeps contact resistance low.



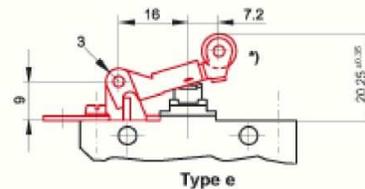
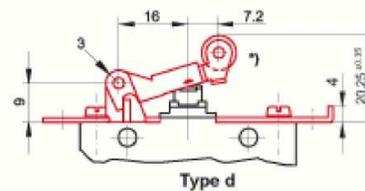
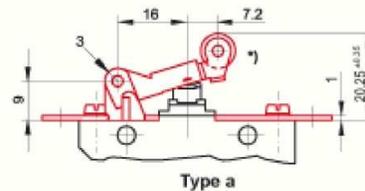
## Accessories

### ● Auxiliary actuators

- **Field of application**
  - if direction of actuation deviates more than  $\pm 15^\circ$  from the perpendicular line
  - if transverse actuators such as cam disks, switch rods or push rods are to be applied
  - if maximum actuating speed of transverse actuator  $\leq 1,0$  m/s.
- **Roller lever characteristics**
  - The roller itself is manufactured from wear-resistant and smooth-running thermoplastic
  - Integral part of ordered switch type (see "Ordering code", p. 3)



### ● Auxiliary actuator options



\*) Roller diameter: 8.0  
Roller width: 6.8

For other dimensions please refer to "Notes on project planning", p. 8 and 9.

Dimensions in mm

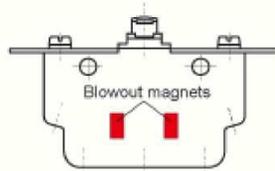
## Magnetic blowout

### ● Mode of action

To increase the breaking capacity and the permissible breaking current under DC loads, integral magnetic blowouts are available. Permanent magnets create a field across the switching contacts, forcing the arc out of the contact area.

The blowout magnets are mounted in the cut-outs of the contact area, the effect being independent of the terminal polarity.

The switches can be ganged together, maintaining the normal pitch of 12.5 mm.



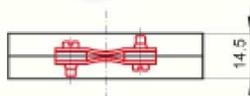
### ● Maximum breaking capacity

The maximum breaking capacity values are based on 20 operations at which value the arc is still quenched. In determining the electrical rating and operating life of a switch its maximum breaking capacity is reflected. However increased numbers of operations apply (see p. 6).

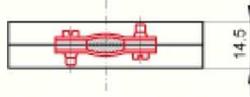
S286 Series - Maximum breaking capacity									
Switching voltage (U)		24 V DC		80 V DC		110 V DC		220 V DC	
Blowout		no	yes	no	yes	no	yes	no	yes
Time constant L/R	5 ms	>16A	>16A	6.5A	13.5A	4A	7A	0.6A	0.8A
	10 ms	>16A	>16A	5.5A	12A	3A	5.5A	0.4A	0.6A
	20 ms	15A	>16A	4A	9A	1.7A	4A	0.3A	0.5A
	30 ms	12A	>16A	2.5A	7A	1A	3A	0.2A	0.4A
	40 ms	10A	>16A	1.5A	5A	0.6A	2A	—	—
	50 ms	8A	>16A	1.2A	4A	0.4A	1.5A	—	—

## Protective housing / cover

### ● Protective Housing SK-100 complete with strain relief



Clamp for cables, 5 ... 8 mm in diameter  
Minimum retention force: 80 N

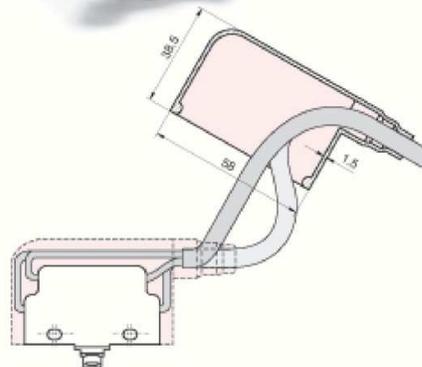


Clamp for cables, 8 ... 10.9 mm in diameter  
Minimum retention force: 80 N

- Half shells made of impact resistant fiber glass reinforced PC
- Suitable for switches with screw-type terminals
- Terminals protected against direct contact (IP40)
- Rear strain relief, retention force > 80 N for cable diameter 5 to 8 mm or 8 to 10.9 mm

Dimensions in mm

### ● Flexible Protective Cover SK-200



- Protective cover made of permanently flexible soft PVC
- Suitable for switches with screw-type terminals
- Finger protected screw terminals (IP40: protection against direct contact)
- Lateral cable outlet with stepped sleeve for supporting outer cable jackets ranging from 6.9 up to 10.9 mm in diameter

## Electrical rating and operating life

### ● Electrical life

is a measure of contact life depending on external conditions such as:

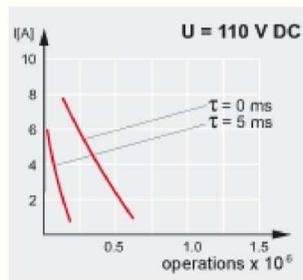
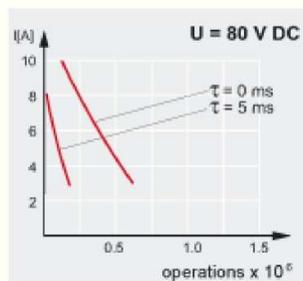
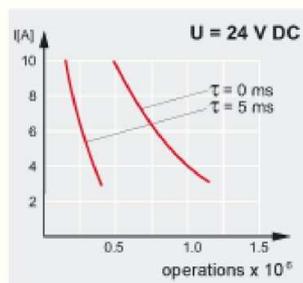
- rated voltage and rated current
- type of load (inductive / capacitive / resistive)
- frequency of operation (operations / minute)
- arc quenching characteristics / capacity (especially in DC applications)
- pollution, e.g. dust, harmful substances, noxious gases and vapours

#### Note:

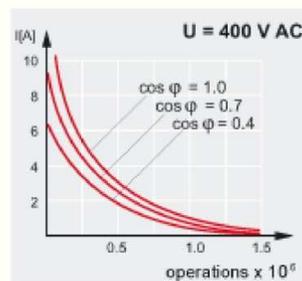
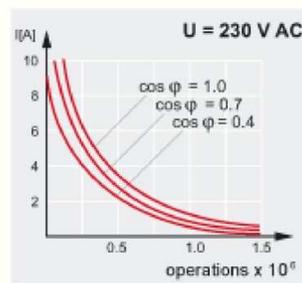
These curves are based on the results of electrical life tests carried out under laboratory conditions. The values shown in the diagrams are representative.

We reserve the right to make technical alterations without prior notice.

### ● DC electrical rating



### ● AC electrical rating



## Notes on project planning

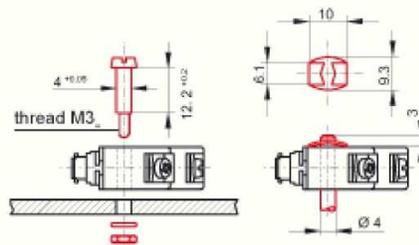
### ● Mechanical Fastening

- Ganging or lateral mounting through the two transversal bore-holes with 4 mm screws or bolts (tightening torque 1.3 Nm max.).

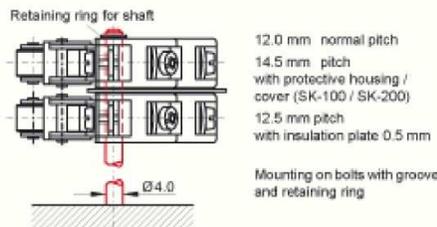
Alternatively, DUO-Clips or retaining rings can be used.

- Manner of fastening:

Bolts	DUO-Clips
Cylinder head bolts, thread length 10 mm BS-ZK	
Hexagonal head bolts, thread length 10 mm BS-SK	DC-800 to put on bolts BS-ZK



- Front mounting of S826 switches:
  - with auxiliary actuator type a, c, d by way of the mounting brackets that come with the roller lever
  - with standard pushbutton (type b) by nut retainers inserted in the housing of the switch
- During mechanical mounting please make sure to have 2 fixing points.
- In order to safeguard clearance and creepage distances it is necessary to use insulating plates when ganging S826 switches with screw-type or flat quick-connect terminals or when mounting them on uninsulated surfaces.

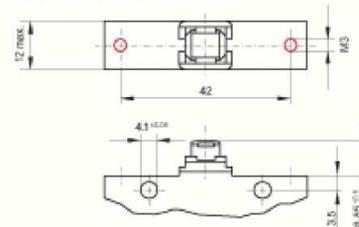


Dimensions in mm

### ● Auxiliary actuator type b (pushbutton)

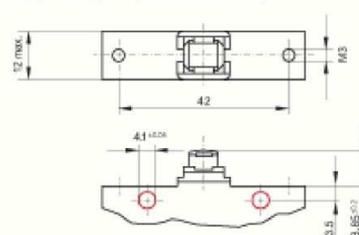
#### • Front mounting

(tightening torque 0.9 Nm max.)

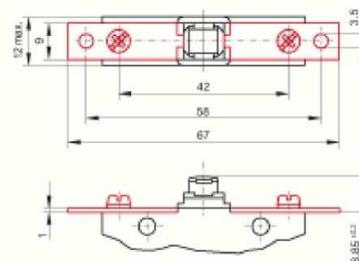


#### • Lateral mounting / ganging

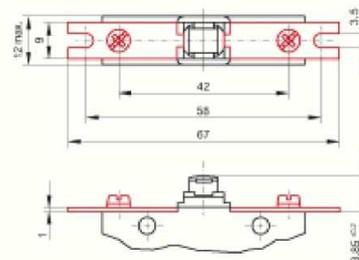
(tightening torque 1.3 Nm max.)



### ● Auxiliary actuator type a, c, d



### ● Auxiliary actuator type as, cs



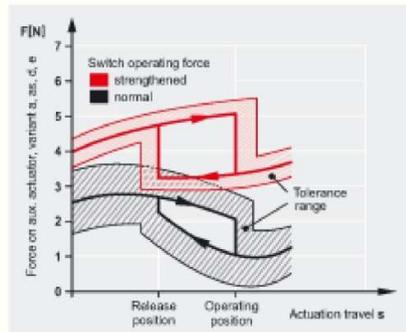
## Notes on project planning

### ● Actuating force / Release force

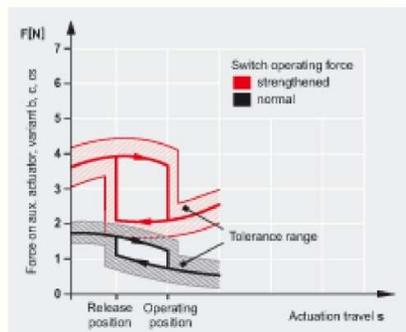
In some applications the mechanism actuating the snap-action switch may be found wanting a somewhat stronger release force.

In these cases snap-action switches with a strengthened reset spring are being used.

Snap-action switch	Maximum actuating force		Minimum release force	
	normal	strengthened	normal	strengthened
S826 b	3.6 N	5.5 N	0.2 N	2.9 N
S826 c				
S826 cs				
S826 a	2.1 N	4.4 N	0.15 N	1.6 N
S826 as				
S826 d				
S826 e				



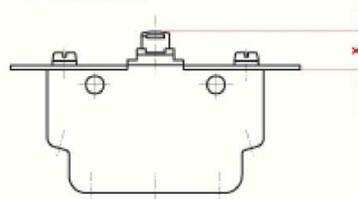
Force / travel diagram of actuator (pushbutton), style S826 b, S826 c, S826 cs



Force / travel diagram of auxiliary actuator, style S826 a, S826 as, S826 d, S826 e

### ● Actuator travel

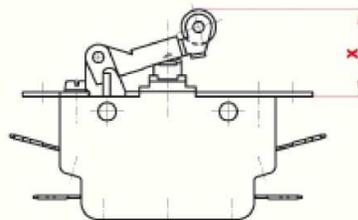
#### ● Pushbutton



Dimension x (mm)	Actuator position
8.85 ±0.20	Free position
6.60 ±0.35	Operating position
5.85	Total travel position for positive opening operation
5.65	Total travel position
7.80 ±0.35	Release position

The differential movement between operating and release position is 1.2 mm (typical).

#### ● Actuator with roller lever



Dimension x (mm)	Actuator position
20.25 ±0.35	Free position
16.60 ±0.50	Operating position
13.60	Total travel position for positive opening operation
13.30	Total travel position
18.40 ±0.50	Release position

The differential movement between operating and release position is 2.2 mm (typical).

**Note:** The stated dimensions of actuator positions apply to all corresponding actuator styles.

## Notes on project planning

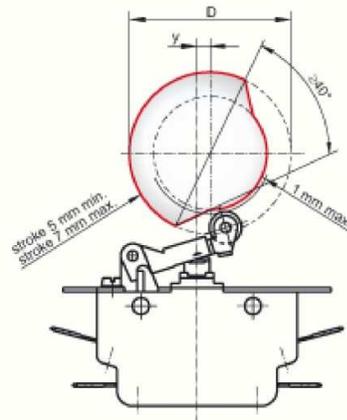
Snap-action switches are designed for actuation with and without roller lever.

A roller lever is required if direction of actuation deviates more than  $\pm 15^\circ$  from the perpendicular line or actuating is carried out by means of transverse actuators such as cam disks, switch rods or push rods.

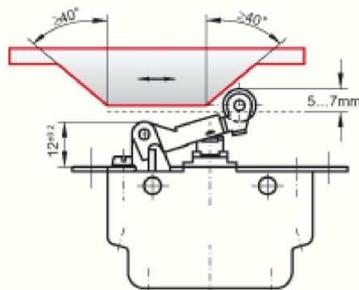
To ensure the proper working of the positive opening operation it is necessary to depress the plunger to the point of total positive opening travel. However, it must not be squeezed beyond total travel position, since that may cause mechanical destruction (see "Actuator travel", p. 8).

### ● Switch with roller lever actuated by cam disk

Disk diameter D (mm)	Distance y (mm)
40	3.6
60	0
100 max.	0



### ● Switch with roller lever actuated by trigger cam



Dimensions in mm

### ● Screw-type terminals

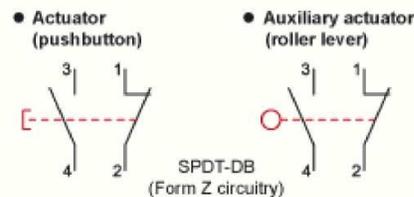
- Single- and multiple-wire conductors with wire gauges AWG 18 ... 13 (0.75 ... 2.5 mm<sup>2</sup>) can be clamped without wire end ferrules. If ferrule is used the maximum wire gauge is AWG 15 (1.5 mm<sup>2</sup>).
- 2 conductors max. with same wire gauge can be clamped per terminal
- Wire insulation must be flush with the clamping unit
- Tightening torque of terminal screws should be 0.5 Nm min. and 0.9 Nm max.
- Wire end ferrules according to DIN 46228.

### ● Flat quick-connect terminals

- Flat tabs (6.3 x 0.8 mm) according to DIN 46247, sheet 3, preferably with insulated cable sleeves.
- After mounting the switch and making wiring connections, the insulation distance between ground and each terminal should be confirmed as sufficient.
- The flat quick-connect terminals are provided with a forming point where the flat tab can be angled by  $< 90^\circ$ , if necessary.

**Note:** Make sure that strain-relief of the connected cable works.

### ● Circuit diagram



### ● Degree of protection

The contacts of S826 Series switches are sealed to IP40, and the terminals to IP00.

However terminals of switches used with protective housing SK-100 and protective cap SK-200 respectively are finger protected to IP40.

**Instruction:** Cleaning agents, adhesives, solvents, or screw-retaining varnish must be compatible with polycarbonate. Never use chemicals not compatible with polycarbonate.

## Electrical Components and Systems for Railway Engineering and Industrial Applications

### Connectors

- Connectors manufactured to industry standards
- Connectors to suit the special requirements of communications engineering (MIL connectors)
- Charging connectors for battery-powered machines and systems
- Connectors for railway engineering, including UIC connectors
- Special connectors to suit customer requirements

### Snap-action switches

- Snap-action switches with positive opening operation
- Snap-action switches with self-cleaning contacts
- Enabling switches
- Special switches to suit customer requirements

### Contactors

- Single and multi-pole DC contactors
- High-voltage AC/DC contactors
- Contactors for battery powered vehicles and power supplies
- Contactors for railway applications
- Terminal bolts and fuse holders
- DC emergency stop switches
- Special contactors to suit customer requirements

### Control devices

- Master controllers and reversers for railway applications
- Toggle switch devices
- Handles and foot switches for railway applications (dead-man equipment)
- Switching elements with high breaking capacity
- Emergency brake handles
- Signal devices

### Transportation system components

- Power supplies for passenger coaches (electric equipment)
- Battery chargers for locomotives and passenger coaches
- High-voltage equipment for single and multi-phase operation
- Heating devices and heating controls
- Design and engineering services for high-voltage equipment
- Special equipment to suit customer requirements

## Schaltbau GmbH

Klausenburger Strasse 6  
81677 Munich  
Germany

Phone +49 89 9 30 05-0  
Fax +49 89 9 30 05-350  
e-Mail [contact@schaltbau.de](mailto:contact@schaltbau.de)  
Internet [www.schaltbau.de](http://www.schaltbau.de)

D18270504/10 Printed in Germany

with compliments

We reserve the right to make technical alterations without prior notice.  
For updated product information visit [www.schaltbau-gmbh.de](http://www.schaltbau-gmbh.de)  
(issued February 2008)



**Ø16 CONTROL UNIT**



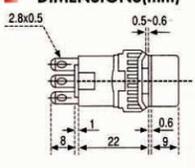


### SPECIFICATIONS

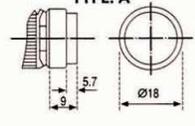
RATED VOLTAGE(max)		250V AC/DC		
ACI DUTY max A		3A		
RATED WORKING VOLTAGE	RATED WORKING CURRENT			
	AC		DC	
	INDUCTIVE LOAD	RESISTIVE LOAD	INDUCTIVE LOAD	RESISTIVE LOAD
24V	XX	XX	0.7A	1.0 A
110V	0.7A	1.0A	0.1A	0.2A
220V	0.5A	0.5A	XX	XX
AMBIENT TEMPERATURE		-25°C ~ 55°C		

TYPE	SPECIFICATIONS		
	ILLUMINATED PUSHBUTTON	PUSH LOCK ILLUMINATED PUSHBUTTON	PILOT LIGHT
	ITEM NO.		
	LAL16S	LAL16Z	LAL16D
	BULB SPECIFICATIONS		
	AC/DC 6V; 12V; 24V; FILAMENT BULB		
	AC 110V; 220V NEON BULB		
	CONTACT CONFIGURATION		
	1A1B 1C	::::	
	2A 2B 2C	::::	
	COLOR		
	RED; YELLOW; BLUE; GREEN; WHITE		
MECHANICAL DURABILITY(TIMES)			
1,000,000	100,000	::::	
ELECTRICAL DURABILITY			
100,000	50,000	::::	

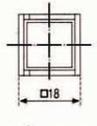
**DIMENSIONS(mm)**



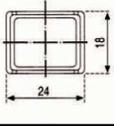
**TYPE A**



**TYPE B**



**TYPE C**





- Product Name:AD22-16DS
- Product Model:AD22-16DS
- Classification: Low-voltage electrical : AD22 Indicator Lamp



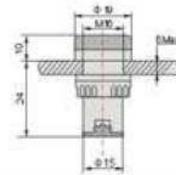
AD22-16DS

**LED  
Indicator**

- 21-DC AC6V
- 22-DC AC12V
- 23-DC AC24V
- 24-DC AC36V
- 25-DC AC48V
- 26-DC AC110V
- 27-DC AC127V
- 28-DC220V
- 31-AC220V
- 32-AC380V

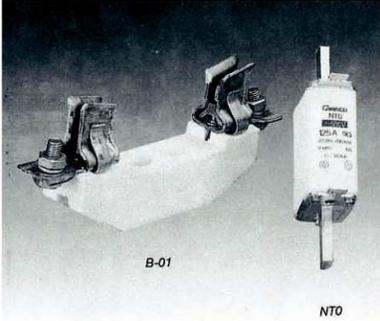
- Red
- Green/PG
- Yellow
- Pure Blue
- White/PW

AD22-16DS





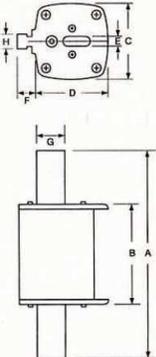
SQUARE PIPE TYPE FUSE & BASE



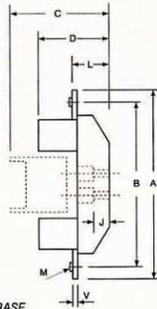
B-01



NTO



FUSE



BASE

### ■ DIMENSION

ITEM NO.	mm	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	V	J
NT 0		122	62	27.5	45.5	5.8	13	15	10	X	X	X	X
B - 01		175	155	100	75	X	X	X	X	40	8	2.5	18

### ■ SPECIFICATIONS

FUSE : ITEM NO. NTO  
 RATED VOLTAGE : 500V  
 RATED CURRENT : 6A, 10A, 16A, 20A,  
 25A, 32A, 36A, 40A,  
 50A, 63A, 80A, 100A,  
 125A, 160A,  
 CONNECTED WITH BASE : B-01

BASE : ITEM NO. B-01  
 RATED VOLTAGE : 660V  
 RATED CURRENT : 160A

### ■ FUSE BASE

- ITEM : RT 18-32
- RATED VOLTAGE : 500V
- RATED CURRENT : 32A
- CONNECTED WITH FUSE : RT 14-20 (φ10X38)
- MOUNTING METHODS : BY DIN RAIL (35mm)



RT18-32



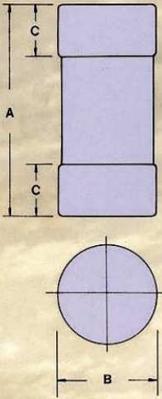
RT14-20



### CYLINDRICAL CONTACT CAPS FUSE

**DIMENSION**

ITEM NO.	RT14-20	RT14-32	RT14-63	RT14-100
RATED VOLTAGE (V)	500V	500V	500V	500V
RATED CURRENT (A)	2, 4, 6, 8 10, 16, 20 25, 32	2, 4, 6, 10 16, 20, 25 32, 40, 50 63	10, 16, 20 25, 32, 40 50, 63, 80 100	63, 80 100, 125
DIMENSION (mm)	A	38	51	58
	B	10.3	14.3	22
	C	10	12	17







# Soluciones Industriales



Gabinetes	Atlantic		Atlantic Inoxidable		Marina		Plabnas		Caja Pleno		Caja Industrial		Prensaestopa			
	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Ref.	Alto x Ancho x Profundidad	Carcaja	IP 44	IP 55	Tapete para IP65
346-00	300 x 200 x 140	360-00	300 x 200 x 140	360-50	300 x 220 x 140	360-40	300 x 200	360-50	400 x 200	360-60	400 x 200	360-70	155 x 110 x 74	7	8	9
346-01	300 x 300 x 140	360-01	300 x 300 x 200	360-02	300 x 300 x 200	360-03	300 x 400 x 200	360-04	300 x 400 x 200	360-05	300 x 400 x 200	360-06	155 x 110 x 74	10	11	12
346-02	400 x 300 x 140	360-02	300 x 300 x 200	360-03	300 x 300 x 200	360-04	300 x 400 x 200	360-05	300 x 400 x 200	360-06	300 x 400 x 200	360-07	155 x 110 x 74	13	14	15
346-03	400 x 400 x 200	360-03	300 x 300 x 200	360-04	300 x 300 x 200	360-05	300 x 400 x 200	360-06	300 x 400 x 200	360-07	300 x 400 x 200	360-08	155 x 110 x 74	16	17	18
346-04	600 x 400 x 250	360-04	300 x 300 x 200	360-05	300 x 300 x 200	360-06	300 x 400 x 200	360-07	300 x 400 x 200	360-08	300 x 400 x 200	360-09	155 x 110 x 74	19	20	21
346-05	800 x 400 x 250	360-05	300 x 300 x 200	360-06	300 x 300 x 200	360-07	300 x 400 x 200	360-08	300 x 400 x 200	360-09	300 x 400 x 200	360-10	155 x 110 x 74	22	23	24
346-06	800 x 600 x 300	360-06	300 x 300 x 200	360-07	300 x 300 x 200	360-08	300 x 400 x 200	360-09	300 x 400 x 200	360-10	300 x 400 x 200	360-11	155 x 110 x 74	25	26	27
346-07	800 x 800 x 300	360-07	300 x 300 x 200	360-08	300 x 300 x 200	360-09	300 x 400 x 200	360-10	300 x 400 x 200	360-11	300 x 400 x 200	360-12	155 x 110 x 74	28	29	30
346-08	1000 x 800 x 300	360-08	300 x 300 x 200	360-09	300 x 300 x 200	360-10	300 x 400 x 200	360-11	300 x 400 x 200	360-12	300 x 400 x 200	360-13	155 x 110 x 74	31	32	33

Control y Protección	Int. Horario Analógico		Seccionadores rotativos		Transformadores		Botones giratorios		Interruptores de Lámparas		Relés		Separadores		No Luminosos		
	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	Ref.	Tipos/Características	
604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características	604-700	Tipos/Características
604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características	604-701	Tipos/Características
604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características	604-702	Tipos/Características

Conexión y Cableado	Estandar		Perforados		Seccionables		Para conductor de puesta a tierra		Accesorios	
	Ref.	AWG	Ref.	AWG	Ref.	AWG	Ref.	AWG	Ref.	AWG
347-03	16	12	347-04	16	347-05	12	347-06	12	347-07	12
347-04	16	12	347-05	16	347-06	12	347-07	12	347-08	12
347-05	16	12	347-06	16	347-07	12	347-08	12	347-09	12
347-06	16	12	347-07	16	347-08	12	347-09	12	347-10	12
347-07	16	12	347-08	16	347-09	12	347-10	12	347-11	12
347-08	16	12	347-09	16	347-10	12	347-11	12	347-12	12
347-09	16	12	347-10	16	347-11	12	347-12	12	347-13	12
347-10	16	12	347-11	16	347-12	12	347-13	12	347-14	12
347-11	16	12	347-12	16	347-13	12	347-14	12	347-15	12
347-12	16	12	347-13	16	347-14	12	347-15	12	347-16	12
347-13	16	12	347-14	16	347-15	12	347-16	12	347-17	12
347-14	16	12	347-15	16	347-16	12	347-17	12	347-18	12
347-15	16	12	347-16	16	347-17	12	347-18	12	347-19	12
347-16	16	12	347-17	16	347-18	12	347-19	12	347-20	12
347-17	16	12	347-18	16	347-19	12	347-20	12	347-21	12
347-18	16	12	347-19	16	347-20	12	347-21	12	347-22	12
347-19	16	12	347-20	16	347-21	12	347-22	12	347-23	12
347-20	16	12	347-21	16	347-22	12	347-23	12	347-24	12
347-21	16	12	347-22	16	347-23	12	347-24	12	347-25	12
347-22	16	12	347-23	16	347-24	12	347-25	12	347-26	12
347-23	16	12	347-24	16	347-25	12	347-26	12	347-27	12
347-24	16	12	347-25	16	347-26	12	347-27	12	347-28	12
347-25	16	12	347-26	16	347-27	12	347-28	12	347-29	12
347-26	16	12	347-27	16	347-28	12	347-29	12	347-30	12
347-27	16	12	347-28	16	347-29	12	347-30	12	347-31	12
347-28	16	12	347-29	16	347-30	12	347-31	12	347-32	12
347-29	16	12	347-30	16	347-31	12	347-32	12	347-33	12
347-30	16	12	347-31	16	347-32	12	347-33	12	347-34	12
347-31	16	12	347-32	16	347-33	12	347-34	12	347-35	12
347-32	16	12	347-33	16	347-34	12	347-35	12	347-36	12
347-33	16	12	347-34	16	347-35	12	347-36	12	347-37	12
347-34	16	12	347-35	16	347-36	12	347-37	12	347-38	12
347-35	16	12	347-36	16	347-37	12	347-38	12	347-39	12
347-36	16	12	347-37	16	347-38	12	347-39	12	347-40	12
347-37	16	12	347-38	16	347-39	12	347-40	12	347-41	12
347-38	16	12	347-39	16	347-40	12	347-41	12	347-42	12
347-39	16	12	347-40	16	347-41	12	347-42	12	347-43	12
347-40	16	12	347-41	16	347-42	12	347-43	12	347-44	12
347-41	16	12	347-42	16	347-43	12	347-44	12	347-45	12
347-42	16	12	347-43	16	347-44	12	347-45	12	347-46	12
347-43	16	12	347-44	16	347-45	12	347-46	12	347-47	12
347-44	16	12	347-45	16	347-46	12	347-47	12	347-48	12
347-45	16	12	347-46	16	347-47	12	347-48	12	347-49	12
347-46	16	12	347-47	16	347-48	12	347-49	12	347-50	12
347-47	16	12	347-48	16	347-49	12	347-50	12	347-51	12
347-48	16	12	347-49	16	347-50	12	347-51	12	347-52	12
347-49	16	12	347-50	16	347-51	12	347-52	12	347-53	12
347-50	16	12	347-51	16	347-52	12	347-53	12	347-54	12
347-51	16	12	347-52	16	347-53	12	347-54	12	347-55	12
347-52	16	12	347-53	16	347-54	12	347-55	12	347-56	12
347-53	16	12	347-54	16	347-55	12	347-56	12	347-57	12
347-54	16	12	347-55	16	347-56	12	347-57	12	347-58	12
347-55	16	12	347-56	16	347-57	12	347-58	12	347-59	12
347-56	16	12	347-57	16	347-58	12	347-59	12	347-60	12
347-57	16	12	347-58	16	347-59	12	347-60	12	347-61	12
347-58	16	12	347-59	16	347-60	12	347-61	12	347-62	12
347-59	16	12	347-60	16	347-61	12	347-62	12	347-63	12
347-60	16	12	347-61	16	347-62	12	347-63	12	347-64	12
347-61	16	12	347-62	16	347-63	12	347-64	12	347-65	12
347-62	16	12	347-63	16	347-64	12	347-65	12	347-66	12
347-63	16	12	347-64	16	347-65	12	347-66	12	347-67	12
347-64	16	12	347-65	16	347-66	12	347-67	12	347-68	12
347-65	16	12	347-66	16	347-67	12	347-68	12	347-69	12
347-66	16	12	347-67	16	347-68	12	347-69	12	347-70	12
347-67	16	12	347-68	16	347-69	12	347-70	12	347-71	12
347-68	16	12	347-69	16	347-70	12	347-71	12	347-72	12
347-69	16	12	347-70	16	347-71	12	347-72	12	347-73	12
347-70	16	12	347-71	16	347-72	12	347-73	12	347-74	12
347-71	16	12	347-72	16	347-73	12	347-74	12	347-75	12
347-72	16	12	347-73	16	347-74	12	347-75	12	347-76	12
347-73	16	12	347-74	16	347-75	12	347-76	12	347-77	12
347-74	16	12	347-75	16	347-76	12	347-77	12	347-78	12
347-75	16	12	347-76	16	347-77	12	347-78	12	347-79	12
347-76	16	12	347-77	16	347-78	12	347-7			

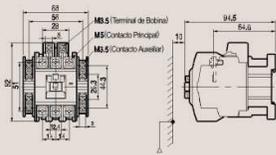
tamaño		9A	12A	18A	22A		
<b>Contactor de 3 Polos</b>							
		Tipos	Bobina AC Bobina DC	GMC-9 GMD-9	GMC-12 GMD-12	GMC-18 GMD-18	GMC-22 GMD-22
<b>Rangos / IEC 60947-4</b>		kW	A	kW	A	kW	A
AC1			<b>25</b>		<b>25</b>		<b>40</b>
AC3		200/240V	2.5 11	3.5 13	4.5 18	5.5 22	
		<b>380/440V</b>	<b>4 9</b>	<b>5.5 12</b>	<b>7.5 18</b>	<b>11 22</b>	
		500/550V	4 7	7.5 12	7.5 13	15 22	
		690V	4 5	7.5 9	7.5 9	15 18	
<b>Rangos / UL508</b>		hp	A	hp	A	hp	A
Corriente continua			20	25	30	32	
Monofásico		115V	0.5	0.5	1	2	
		230V	1	2	3	3	
Trifásico		200V	2	3	5	7	
		230V	2	3	5	7.5	
		<b>460V</b>	<b>5</b>	<b>7.5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	
		575V	7.5	10	15	15	
Tamaño NEMA		00	00	0	0	0	

**Adicional contactos auxiliares**

		
2 polos Montaje Frontal	4 polos Montaje Frontal	2 polos Montaje Lateral

<b>Contactor de 4 Polos</b>						
		Tipos	Bobina AC Bobina DC	GMC-9/4 GMD-9/4	GMC-12/4 GMD-12/4	GMC-18/4 GMD-18/4
AC1 (A)			<b>20</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>32</b>

**Reles de Sobrecarga**

<b>Estilo bimetalico</b> Tipo GT			<b>Rangos de ajuste (A)</b> 0.1 - 0.16 0.16 - 0.25 0.25 - 0.4 0.4 - 0.63 0.63 - 1 1 - 1.6 1.6 - 2.5 2.5 - 4 4 - 6 5 - 8 6 - 9 7 - 10 9 - 13 12 - 16 16 - 22		Base para montaje separado
Clase 10A	Diferencial	GTK-22			
	Sin diferencial (3 - Térmico)	GTH-22/3			
	Sin diferencial (2 - Térmico)	GTH-22			
Clase 20	Diferencial	GTK-22/L			
	<b>Estilo Electrónico</b> Tipo GMP Clase 1 a 30 Ajustable			<b>Rangos de ajuste (A)</b> 0.1 - 1.5 1 - 5 4.4 - 22	
<b>Dimensión (mm)</b>					

**PB-800A**

Size:  
Current:  
Feature:  
Weight:

**Door Release Button (Aluminium)**

86L x 50W x 20H (mm)  
3A@36VDC maximum  
NO/NC/COM  
0.16 kg

## 8. Glosario

### A

acotabilidad, 56  
acotabilidad estructural, 58  
alcanzabilidad, 56, 68  
Árbol de -Alcanzabilidad, 64  
arcos, 20  
Arcos inhibidores, 61  
Ascensor de carga, 17  
AWL, 70

### B

bloqueo, 55

### C

Cabina, 24, 27  
Carga, control de, 24  
Celda de carga, 117  
cerradura eléctrica, 37  
Coloreadas, 60  
concurrentia, 56  
conflictos, 56  
confusiones, 56  
conservatividad, 56  
Continuas, 60  
controlabilidad, 57

### D

disparo, regla de, 55  
dualidad, 58

### E

Ecuación de Estado, 62  
Ecuación de Estado, propiedades, 63  
elección asimétrica. Véase red simple  
entradas, 53  
Estocásticas, 61  
Evento, 18  
Evento Discreto, 18  
Eventos Discretos, diseño de sistemas, 65

### F

Foso, 37  
Fuente, 30

### G

galga extensiométrica, 114  
Grafo de Estados, 59  
Grafo Marcado, 59  
Guías Principales, 27

### H

habilitación, regla de, 54  
Híbridas, 60

### I

Interpretadas por periferia, 60  
Invariante, 63  
Invariante P, 64  
Invariante T, 64

### J

Jerárquicas, 60

### L

Luces Indicadoras de Emergencia, 81  
Luces Indicadoras de Piso, 81  
lugares, 53

### M

Mandos, 24  
Maniobra Universal, 15, 23  
Mantenimiento, 83  
Maquinaria, 24  
Máquinas, Cuarto de, 27  
marcas, 20, 54, 60  
Matriz de Incidencia, 62  
Microswitch, 30  
Mitsubishi Electric Corporation, 9  
Modelo, 17  
Motorreductor, 30

### O

optimización, 57  
Otis Steam Elevator Company, 4

### P

Panel de Control, 80  
paracaídas, 38  
Paracaídas Electromagnético, 81  
persistencia, 57  
Petri Maker, 65  
Petri, Carl Adam, 18  
Pipe2, 67  
PLC, 71, 81  
propiedades estructurales, 57  
Puente de Wheatstone, 117  
Puertas, 25  
Pulsador de Paro de Emergencia, 81  
Pulsador de Reinicio, 81  
Pulsadores de Cabina, 80  
Pulsadores Externos de Piso, 80

### R

Recinto, 26  
Red Cerrada, 59  
Red de Libre Elección, 59  
Red Ordinaria, 58  
Red Pura, 59  
Red Simple, 59  
Red T-Restrictiva, 59

Redes de Petri, 18, 19, 52  
Redes de Petri Autónomas, 58  
Redes de Petri Extendidas, 60  
Redes de Petri interpretadas por periferia,  
simulaciones, 70  
Redes de Petri, modelado, 61  
Redes de Petri, modelos, 58  
reversibilidad, 57

## **S**

salidas, 53  
Seguridad, elementos de, 25  
Señalización, 25  
sincronización, 55  
Sistema, 17

## **T**

Temporizadas, 60  
tokens. Véase marcas, Véase marcas  
transiciones, 20, 53

## **V**

vitalidad, 56  
vitalidad estructural, 5

## 9. Referencias

### *Bibliografía*

- [1] Alan, Morris. Principios de mediciones e instrumentación. 2002
- [2] Annett, F.A. Ascensores, Montacargas y Escaleras Mecánicas. Universidad de Buenos Aires. McGraw-Hill Book Company, INC. Buenos Aires, Argentina. 1962.
- [3] Anónimo. Modelo. Diccionario enciclopédico ilustrado Océano Uno. Ediciones Océano S.A. Barcelona. 1992.
- [4] Anónimo. Sistema. Diccionario Enciclopédico ilustrado práctico. Editorial Norma. Barcelona. 1992.
- [5] De Lorenzo Group. Manual de PLC DL 2110A. Parte I. Sistema de automatización S7-200. SIMATIC. Siemens. Segunda Edición. 2000.
- [6] De Lorenzo Group. Manual de PLC DL 2110A. Parte II. Sistema de automatización S7-200. SIMATIC. Siemens. Segunda Edición. 2000
- [7] Doebelin. Ernest. Sistemas de medición e instrumentación, diseño y aplicación. McGraw Hill. Boston.
- [8] Ferreira. Fundamentos de las Redes de Petri. Instituto Tecnológico de Morelia. Departamento de Sistemas y Computación.
- [9] Flores, Carlos. Análisis de un Sistema de Eventos Discretos mediante Redes Petri. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Control. Escuela Politécnica Nacional. Director Ing. Oscar Cerón. 2006.
- [10] Jensen, Kurt et al. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Vallidation of Concurrent Systems. University of Aarhus. Aarhus.
- [11] Lasheras, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas. Ingeniero de Estado al Servicio del Ministerio de Industrias. Ediciones CEDEL, Primera Edición. Viladrau (Gerona), Barcelona. 1980.

- [12] Maloney, Timothy J. Electrónica Industrial Dispositivos y Sistemas. Traducido por Ing. Iván E. Ramos C. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Naucalpan de Juárez. 1983.
- [13] Naiouf, Marcelo y Armando De Giusti. Ambiente para la especificación de Sistemas de Tiempo Real con Redes de Petri. Universidad Nacional de la Plata. 1990. Anales de las Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica Escuela Politécnica Nacional.
- [14] Pallas, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Tercera Edición. Alfaomega, Marcombo. Barcelona. 2001.
- [15] Peterson, James L. Petri Net Theory and the Modeling of Systems. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. 1981.
- [16] Rashid, Muhammad H. Circuitos microelectrónicos Análisis y Diseño. International Thomson Editores. México D.F. 2000.
- [17] Sass, Laurent. Sistemas SCADA. Introducción. Tomado de la clase de Sistemas Scada USFQ.
- [18] Stenerson, Jon. Industrial Automation and Process Control. Fox Valley Technical College. Prentice Hall. Columbus, Ohio. 2003.
- [19] Zapata, Germán. Diseño de Automatismos Secuenciales para Controladores Lógicos Programables. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecatrónica. 2007.
- [20] Zapata, Germán y Eliana Carrasco. Estructuras Generalizadas para Controladores Lógicos Modelados mediante Redes de Petri. Septiembre 2002. Revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

### **Sitios Web**

- [21] Anónimo. Celdas de carga.

<http://www.pesaje-agropecuario.com.mx/celdas-de-carga.html>

- [22] Anónimo. Balanzas electrónicas.  
<http://www.basculasbalanzas.com/instrumentos-de-medicion/celdas-de-carga.html>
- [23] Anónimo. Celdas de carga, principios básicos.  
<http://www.forosdeelectronica.com/about35.html>
- [24] Anónimo. ESP series Beam Load. Transducer Techniques.  
<http://www.transducertechniques.com/ESP-Load-Cell.cfm>
- [25] Anónimo. Load Cell Terminology. Transducer Techniques.  
<http://www.transducertechniques.com/load-cell-terminology.cfm>
- [26] Anónimo. How it works – Strain Gauge Load Cell. RDP group.  
<http://www.rdpe.com/ex/hiw-sglc.htm>
- [27] Anónimo. Load Cell. Omega Engineering Technical Reference.  
<http://www.omega.com/prodinfo/loadcells.html>
- [28] Anónimo. Load Cell Theory – Internal Force. Inteface advanced force measurement. <http://www.loadcelltheory.com/loadCellTheory.html>
- [29] Anónimo. Galgas extensiométricas.  
<http://www.unet.edu.ve/~ielectro/GALGAS1.HTM>
- [30] Anónimo. Modelación con Redes de Petri.  
<http://computacion.cs.cinvestav.mx/~ameneses/pub/notas/rp/node3.html>.
- [31] Anónimo. Introducción a las Redes de Petri.  
[http://www.fortunecity.es/felices/lapaz/110/Petri\\_Index\\_Spa.html](http://www.fortunecity.es/felices/lapaz/110/Petri_Index_Spa.html).
- [32] Anónimo. Requisitos esenciales de seguridad relativos al diseño, fabricación e instalación de los ascensores y de sus componentes de seguridad. Secretaría Industrial, Comercio y Minería. Seguridad Industrial. Argentina.  
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica99.html>.

- [33] Anónimo. Plataforma Hidráulica. Ascensores Zardoya Otis. Características Técnicas. <http://www.otis.com/site/es-esl/Pages/PlataformasHidraulicas.aspx>.
- [34] Anónimo. Otis. United Technologies Company. 2008.  
<http://www.otisworldwide.com>
- [35] Anónimo. Cerraduras Electromagnéticas.  
<http://www.puconperu.com/cerraSEG3/electromag.htm>.
- [36] Anónimo. Relés electromagnéticos.  
<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>
- [37] Anónimo. Sensores.  
[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/index.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/index.htm).
- [38] Anónimo. LiftMaster Garage Door Opener Belt Drive Parts Models 1270, 1280. Garage Door Openers Inc. 2009. <http://www.chamberlain-garage-door-openers.com/liftbelt1270picturepage3.htm>
- [39] Anónimo. Liftmaster-Chamberlain-garage-door-parts-41D3058 Universal replacement motor for 1270. The Gatehouse. 2004. <http://www.gatehousesupplies.com/41D3058-p/13-41d3058.htm>.
- [40] Anónimo. S826 Series Snap-Action Switch – Hertford Controls. Hertford Controls, Electrical Components for Safety and Reliability. n.d.  
<http://www.hertfordcontrols.co.uk/prores7277/s826-series-snap-action-switch.aspx>.
- [41] Anónimo. Camsco Electric – Timer, Time Switch, Digital Meter, Meter, Auto Lighther, Push Button Switch, W. Camsco Electric Co., Ltd. n.d.  
[http://www.camsco.com.tw/pro\\_control-components-m-series.html](http://www.camsco.com.tw/pro_control-components-m-series.html)
- [42] Anónimo. Xindali. Xindali. 2008.  
<http://www.xindali.com/newweb/products.asp?id=1195>

- [43] Anónimo. Ad22-16d, ad22-16d Manufactures & Suppliers. Alibaba. 2009.  
[http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=ad22-16d&Country=&IndexArea=product\\_en&ssk=y](http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=ad22-16d&Country=&IndexArea=product_en&ssk=y)
- [44] Anónimo. Camsco Electric – Timer, Time Switch, Digital Meter, Meter, Auto Ligther, Push Button Switch, W. <http://www.camsco.com.tw/pdf/p37.pdf>
- [45] Anónimo. Timer, Time Switch, Digital Meter, Meter, Auto Ligther, Push Button Switch, W. Camsco Electric. <http://www.camsco.com.tw/pdf/p35.pdf>
- [46] Anónimo. Soluciones Industriales. Bticino.  
<http://www.legrand.com.mx/inter/liblocal/MEXICO%202009/Poster%20Soluciones%20Legrand%2009.pdf>
- [47] Anónimo. Meta mec series contactor leaflet – LS-INDUSTRIAL-SYSTEMS – Catálogo PDF – Documentación Técnica. Direct Industry.  
[http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/meta-mec-series-contactor-leaflet/Show/19851-4046-\\_3.html](http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/meta-mec-series-contactor-leaflet/Show/19851-4046-_3.html)
- [48] Anónimo. Camsco International. Camsco.  
[http://camscointernational.com/productos/temporizador\\_reles.html](http://camscointernational.com/productos/temporizador_reles.html)
- [49] Anónimo. Door Release Button & Accessories. Avea. 2008.  
<http://www.avea.cc/door%20accessories.html>
- [50] Anónimo, Glosario. Instituto Politécnico Nacional.  
<http://www.dcyd.ipn.mx/dcyd/glosario/E.aspx>
- [51] López, Diego. Redes de Petri. Dpto. de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática. Automatización Industrial. Universidad de Huelva.  
[http://www.uhu.es/diego.lopez/AI/auto\\_trans-tema3.PDF](http://www.uhu.es/diego.lopez/AI/auto_trans-tema3.PDF)
- [52] Mitsubishi. Elevators. Mitsubishi Corporation. 2009.  
[http://www.mitsubishi-elevator.com/en/overview/elevators/b\\_operations01.html](http://www.mitsubishi-elevator.com/en/overview/elevators/b_operations01.html)

[53] Zapata, Germán. Diseño del sistema automático para una planta piloto de recubrimientos electrolíticos. Parte I: Modelo mediante Redes de Petri Jerárquicas.

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Sede

Medellín.2008.<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=43004507>