



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Programación de montacargas con enclavamiento en 1 posición

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR

Jorge Lario Barón

TUTORIZADO POR

Francisco Javier Ibáñez Civera

CURSO ACADÉMICO: 2019/2020

INDICE

1. MEMORIA	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 OBJETO Y ALCANCE	6
1.3 INTRODUCCIÓN	7
1.3.1 SISTEMAS DE ELEVACIÓN	7
1.3.2 CLASIFICACIÓN	9
1.3.3 PLC.....	11
1.3.4 HISTORIA DEL PLC	12
1.3.5 ESTRUCTURA DEL PLC	13
1.3.6 HARDWARE DEL PLC	14
1.3.7 TIPOS DE PLC	15
1.3.8 ENTRADAS Y SALIDAS	15
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	17
1.4.1 HARDWARE	17
1.4.1.1 APARAMENTA SELECCIONADA	18
1.4.1.2 DIAGRAMA DE BLOQUES	19
1.4.2 SOFTWARE	31
1.4.2.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS.....	31
1.4.2.2 ENTRADAS/SALIDAS	35
1.4.2.3 PASOS	36
1.4.2.3.1 DESCENSO	37
1.4.2.3.2 ABAJO	40
1.4.2.3.3 SUBE ASCENSOR	42
1.4.2.3.4 ARRIBA.....	44
1.4.2.3.5 SUBE ANCLAJE	46
1.4.2.3.6 SACAR PESTAÑAS	48
1.4.2.3.7 ASENTAR	50
1.4.2.3.8 ANCLADO	52
1.4.2.3.9 SUBIR HASTA TOPE.....	55
1.4.2.3.10 METER PESTAÑAS	57
1.4.2.3.11 CONDICIONES GLOBALES.....	59
1.4.2.4 PROGRAMA DEFINITIVO	62
1.5 BIBLIOGRAFÍA	74
1.6 SOFTWARE UTILIZADO	75

2. PLANOS	76
2.1 PLANTA Y ALZADOS	76
2.2 ESQUEMA MONTACARGAS.....	77
2.3 ESQUEMA MULTIFILAR.....	78
3. PLIEGO DE CONDICIONES	79
3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	79
3.1.1 OBJETIVOS DEL DISEÑO.....	79
3.1.2 MEJORAS APORTADAS CON EL DISEÑO	79
3.1.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN	79
3.1.3.1 MARCO NORMATIVO	79
3.1.3.2 NORMATIVA APLICABLE AL PROYECTO	82
3.1.4 DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS	83
3.1.5 SUMINISTRO DE MATERIALES	84
3.1.6 REPLANTEO	84
3.1.7 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES	84
3.1.8 PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS	84
3.1.9 MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS DEFECTUOSOS.....	85
3.1.10 LIMPIEZA DE LA ZONA DE TRABAJO	85
3.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	85
3.2.1 EQUIPOS ELECTRICOS.....	85
3.2.1.1 GENERALIDADES	85
3.2.1.2 CUADROS ELÉCTRICOS Y ARMARIO DE CONTROL.....	86
3.2.1.3 RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS PREVIOS	87
3.2.1.4 ENSAYOS	87
3.2.1.5 RED DE PUESTA A TIERRA	87
3.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....	88
3.3.1 PRECIO	88
3.3.2 PRECIO BÁSICO Y UNITARIO.....	88
4. PRESUPUESTO.....	90
4.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	90
4.2 PRESUPUESTO DE CONTRATA (PC)	91
4.3 PRESUPUESTO TOTAL (PT).....	92

INDICE DE IMÁGENES

1- Elevación Monolitos Stonehenge.....	7
2- Shaduf.....	8
3- Elevador Electromecánico	9
4- Elevador Hidráulico	10
5- Montaplatos.....	10
6- Montacoches.....	10
7- Módulos del PLC.....	14
8- Diagrama de Bloques.....	19
9- PLC Schneider TM221C24T.....	20
10- Módulo de seguridad Schneider TM3SAC5R.....	21
11- Transformador Schneider ABL6TS25B.....	21
12- Fuente de Alimentación Schneider ABL7RM24025	22
13- Actuador Lineal Hiwin LAS2-1-1-100-24-G	23
14- IGC VMC BKN 3P+N C20A.....	23
15- Diferencial Trifásico VMC RKN 40-4/30Ma.....	24
16- Contactor Trifásico Lovato CN2510220.....	24
17- Contactor Schneider LC1D18BL.....	25
18- Relé Schneider RXG22BD.....	25
19- Relé Omron G2R-2-24VDC.....	26
20- Magnetotérmico VMC BKN 1P+N C10A.....	26
21- Guardamotor LS MMS-32S.....	27
22- Baliza Schneider XVMB2RGSB.....	27
23- Botonera Eaton M22-I4.....	28
24- Pulsador Eaton M22-D-S	28
25- Cámara Contacto Eaton M22-K10	28
26- Seta de Seguridad Eaton M22-PVT	29
27- Cámara Contacto Eaton M22-KC01	29
28- Fococélula Telemecanique XUM9APSBM8	29
29- Final de Carrera Telemecanique XCSD3910P20.....	30
30- Final de Carrera Telemecanique XCKN2118P20.....	30
31- GRAFCET.....	32
32- GRAFCET Machine Expert.....	34
33- Esquema Paso "Descenso".....	37
34- Programa Paso "Descenso".....	39
35- Esquema Paso "Abajo".....	40
36- Programa Paso "Abajo".....	41
37- Esquema Paso "Sube Ascensor".....	42
38- Programa Paso "Sube Ascensor".....	43
39- Esquema Paso "Arriba".....	44
40- Programa Paso "Arriba".....	45
41- Esquema Paso "Sube Anclaje".....	46
42- Programa Paso "Sube Anclaje".....	47
43- Esquema Paso "Sacar Pestañas".....	48
44- Programa Paso "Sacar Pestañas".....	49
45- Esquema Paso "Asentar".....	50
46- Programa Paso "Asentar".....	51

47- Esquema Paso "Anclado"	52
48- Programa Paso "Anclado"	53
49- Esquema Paso "Subir hasta Tope"	55
50- Programa Paso "Subir hasta Tope"	56
51- Esquema Paso "Meter Pestañas"	57
52- Programa Paso "Meter Pestañas"	58
53- Programa "Puerta Abierta"	59
54- Programa "Seguridad Puertas"	59
55- Programa "Contador Pestañas"	60
56- Programa "Contador de Movimientos"	60
57- Programa "Nº de Error"	61
58- Programa "Código de Errores"	61
59- Programa "Inicio"	63
60- Programa "Set Reset Bomba"	64
61- Programa "Set Reset Electroválvula"	65
62- Programa "Set Reset Actuador Lineal"	65
63- Programa "Set Reset Relé Actuador Lineal"	66
64- Programa "Set Reset Baliza Verde"	66
65- Programa "Set Reset Baliza Roja"	67
66- Programa "Set Reset Abrepuertas Abajo"	68
67- Programa "Set Reset Abrepuertas Arriba"	69
68- Programa "Set Reset Abrepuertas Anclado"	70
69- Transición "Descenso-Abajo"	71
70- Transición "Bajar-Asentar"	71
71- Transición "Bajar- Librar Pestañas"	71
72- Transición "Abajo-Botón Ascensor"	72
73- Transición "Abajo-Arriba"	72
74- Transición "Abajo-Botón Anclaje"	72
75- Transición "Subir-Librar Pestañas"	72
76- Transición "Pestañas Fuera"	72
77- Transición "Asienta"	73
78- Transición "Anclado-Botón Ascensor"	73
79- Transición "Subir-Librar Pestañas"	73
80- Transición "Pestañas Dentro"	73
81- Transición "Arriba-Botón Ascensor"	74
82- Transición "Arriba-Botón Anclaje"	74
83- Plano 1 "Planta y Alazdos"	76
84- Plano 2 "Esquema montacargas"	77
85- Plano 3 "Multifilar"	78
86- Presupuesto ejecución material (PEM)	90
87- Presupuesto de contrata (PC)	91
88- Presupuesto total (PT)	92

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Aparamenta Seleccionada</i>	18
<i>Tabla 2- Entradas</i>	35
<i>Tabla 3- Salidas</i>	36
<i>Tabla 4- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Descenso``</i>	37
<i>Tabla 5- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Abajo``</i>	40
<i>Tabla 6- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Sube Ascensor``</i>	42
<i>Tabla 7- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Arriba``</i>	44
<i>Tabla 8- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Sube Anclaje``</i>	46
<i>Tabla 9- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Sacar Pestañas``</i>	48
<i>Tabla 10- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Asentar``</i>	50
<i>Tabla 11- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Anclado``</i>	52
<i>Tabla 12- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Subir hasta Tope``</i>	55
<i>Tabla 13- Entradas, Salidas y Condiciones Paso ``Meter Pestañas``</i>	57
<i>Tabla 14- Entradas y Salidas Definitivas</i>	62

1. MEMORIA

1.1 ANTECEDENTES

A petición de la universidad politécnica de valencia se redacta el siguiente proyecto de “Adaptación de montacargas y programación con enclavamiento en 1 posición para hacer de pasarela” como proyecto de final de grado.

Dicho proyecto se realiza ante la necesidad de una industria de intercomunicar la planta sótano con la planta baja para permitir el traslado de la carga, automatizando el proceso a través de un montacargas.

1.2 OBJETO Y ALCANCE

El presente proyecto tiene por objeto el reacondicionamiento de un montacargas entre la planta sótano y la planta baja, de forma que además de hacer las funciones de montacargas, sirva como pasarela para los forklift y transpaletas mediante un enclavamiento mecánico, dentro de la edificación industrial donde se ubica.

El alcance del proyecto será el diseño del programa para el autómatas, así como la selección de materiales para el control del montacargas, (autómata, sensores/finales de carrera y actuadores).

Al tratarse de una máquina, ya que no estará habilitada para el trasiego de personas, se hará de acuerdo a la directiva europea de máquinas, teniendo especial celo en la protección de los trabajadores, de la mercancía y de la integridad de la máquina.

Los materiales seleccionados y el programa tendrán como objetivo el buen funcionamiento de la máquina tanto en condiciones normales como en caso de imprevistos, para lo cual se contemplarán todos los escenarios posibles.

El software utilizado para programar el autómatas será el que utilizan los PLC de Schneider (SoMachine Basic).

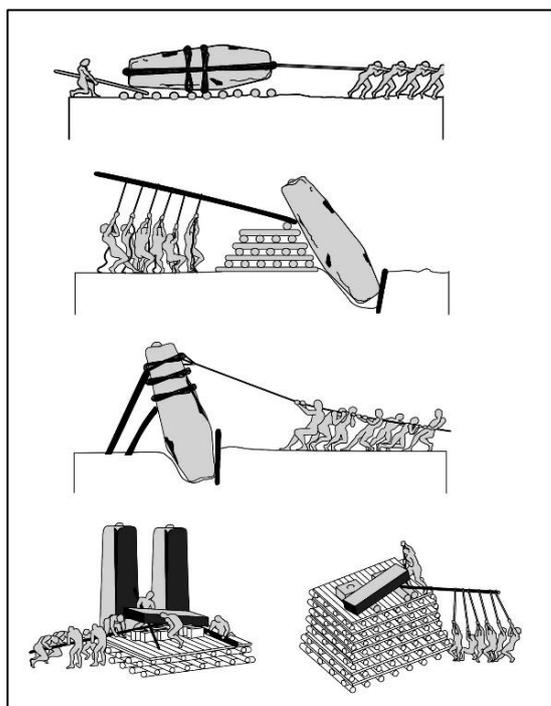
Al tratarse de un proyecto de automatización no se va a tener en cuenta el cálculo de la estructura, materiales, obra o instalación del montacargas. Consideramos un montacargas que ya está fabricado e instalado en toda la parte mecánica y eléctrica, a falta de la parte electrónica.

1.3 INTRODUCCIÓN

1.3.1 SISTEMAS DE ELEVACIÓN

El ser humano, desde tiempos prehistóricos, ha tenido la necesidad de crear sistemas que le ayudasen en los trabajos más duros y forzosos, para reducir el esfuerzo y aumentar la eficacia de los trabajos.

Uno de los trabajos que más esfuerzo requieren es la elevación de cargas, tanto para materiales de construcción como para elevar agua de pozos o de otras fuentes de agua.



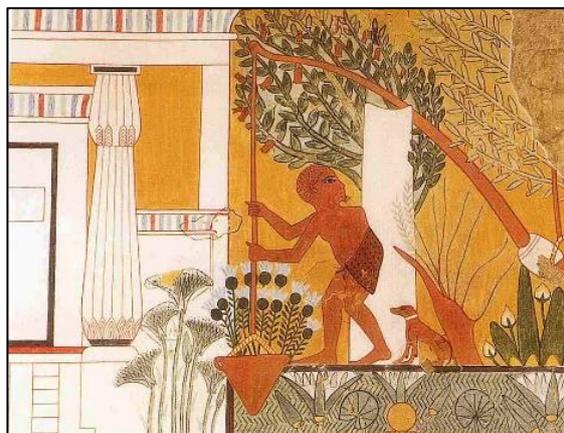
1- Elevación Monolitos Stonehenge

Tenemos ejemplos en la prehistoria, como puede ser el yacimiento de Stonehenge, que son impensables de realizar sin ayuda de algún sistema de elevación, por la complicación técnica y la movilización de recursos humanos necesaria.

Ya en tiempos históricos, tenemos ejemplos como las pirámides o las grandes obras de ingeniería civil del antiguo Egipto y Babilonia. Donde destaca, sin lugar a dudas, la gran pirámide de Guiza que, con sus más de 140m de altura se mantuvo como la

edificación más alta hasta el siglo XIV. Tampoco se sabe exactamente como fue construida, se sabe que fue una gran movilización de recursos, se empleó mano de obra esclava, rampas y, según el historiador griego Heródoto, se emplearon máquinas de elevación de madera.

La primera máquina de elevación de la que se tiene constancia y se sigue usando en muchas regiones del mundo es el shaduf. Se ha encontrado referencias en relieves mesopotámicos del III milenio antes de nuestra era. Se trata de una palanca con un recipiente en uno de sus extremos, que se emplea para elevar agua de un pozo o río.



2- Shaduf

En la época clásica, se le atribuye el invento de la polea a Arquímedes, la cual permite elevar una carga con un menor esfuerzo mediante la combianción de poleas. Otro gran invento atribuido a Arquímedes es el Tornillo de Arquímedes, que permite elevar un líquido por medio de una superficie helicoidal encerrada en un cilindro.

Los elevadores y montacargas datan de la antigua Roma, donde el emperador Nerón, en su palacio, disponía de una cabina elevada mediante poleas gracias a la tracción proporcionada por esclavos. También fue utilizado este sistema posteriormente, en el coliseo, para elevar a gladiadores y animales.

Durante el medievo, se llevaron a cabo pocas innovaciones en estos sistemas, el más importante es la utilización de contrapesos y la utilización de tracción animal.

No fue hasta la revolución industrial, con la utilización de la fuerza de trabajo que producían las máquinas de vapor, cuando apareció el concepto actual de elevador. Con la aparición en 1845 del "Teagle", disponía de tracción hidráulica y contrapesos. Sin embargo, no disponía de sistemas de seguridad, por lo que cualquier accidente podía ser catastrófico.

El gran avance en medidas de seguridad lo llevó a cabo el inventor estadounidense Elisha G. Otis, la gran innovación fue la instalación de barras dentadas que asegurasen el ascensor en caso de rotura del cable. Su invento fue decisivo para el desarrollo del rascacielos.

En 1880 Siemens presentó el primer ascensor movido mediante electricidad. En 1889, Norton Otis desarrolla el primer ascensor accionado mediante corriente continua, que podía elevar entre 625 y 1125 kg a una velocidad de 30m/min hasta 21m de altura.

A principios del s.XX se pudieron alcanzar velocidades mayores, con un grupo motor-generador-motor.

Hoy en día, se ha avanzado mucho en cuanto a la seguridad, pero se está investigando en temas de los que, hasta hace poco, no había ninguna conciencia, como pueden ser la contaminación acústica y el ahorro energético, teniendo siempre la mirada puesta en la seguridad.

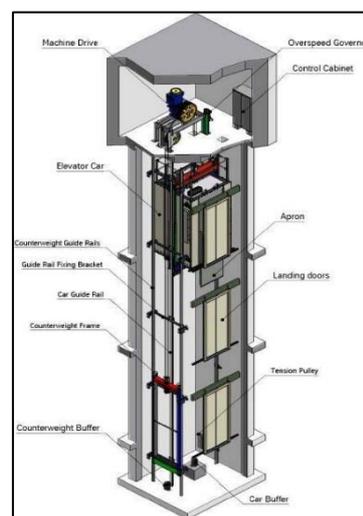
1.3.2 CLASIFICACIÓN

Legalmente, la diferencia entre ascensor y montacargas es inmensa. Los montacargas solo pueden elevar materiales, productos y máquinas y se basa en la directiva de máquinas. El ascensor, al ser usado por personas y fuera del entorno industrial, tiene su propia normativa, lo regula la Directiva europea 95/16/CE, en España el RD 1314/1997, que marca todas las garantías de seguridad, las velocidades, las formas de instalación y mantenimiento... Por supuesto es una normativa mucho más restrictiva y no es de aplicación en el actual proyecto.

En cuanto a características puramente técnicas, la diferencia entre montacargas y ascensores es imperceptible, ya que se basan en los mismos principios y las mismas tecnologías, exceptuando las medidas de seguridad que ya se han mencionado.

La primera clasificación, y más importante, que se puede hacer de los elementos de elevación, tanto ascensores como montacargas, atiende a los diferentes sistemas de tracción que proporcionan la energía para la elevación:

- **Electromecánicos:** Formado por la cabina y el contrapeso, el cual de ser el peso de la cabina con el 50% de la carga máxima. El empuje lo produce un motor eléctrico, por medio de guías y carriles fijos, con una caja reductora y una polea para el

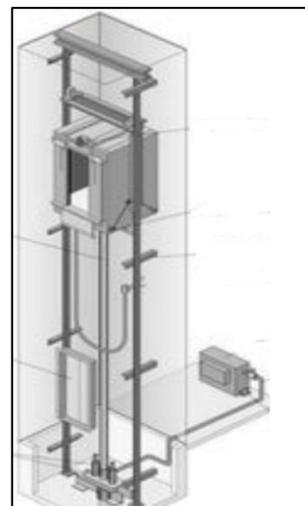


3- Elevador Electromecánico

cable. Requiere una sala de máquinas en lo alto del edificio. Como elementos de seguridad tienen un amortiguador en la base del hueco y un limitador de velocidad. Se utiliza en ascensores de viviendas y edificios de más de 6 plantas.

- **Autoportantes:** Tienen la ventaja de no requerir sala de máquinas, con su consiguiente ahorro de instalación y espacio. El motor es más pequeño, por lo que puede instalarse en el mismo hueco del ascensor. Son usados en edificios ya construidos y en viviendas unifamiliares.

- **Hidráulicos:** Un motor eléctrico unido a una bomba que presuriza aceite en unos cilindros, los cuales mueven la cabina hacia arriba. Para bajarse vacía el pistón con una válvula, descendiendo el émbolo. La sala de máquinas puede estar relativamente lejos del hueco, ya que el aceite puede transportarse hasta 12m.



4- Elevador Hidráulico

Son más cómodos y seguros, por el mayor control sobre la velocidad. Al no tener contrapesos consumen más energía en el ascenso, pero se compensa en el descenso. Por contrapartida son más lentos y no recomendables para salvar alturas de más de 21m.

En función de la carga y el uso para el que está previsto se pueden clasificar en:

- **Montaplatos:** También llamados minicargas. Tienen una capacidad de carga de 50-100kg. Utilizados, casi en exclusiva por la hostelería y las empresas de paquetería.



5- Montaplatos

- **Montacargas:** Aquí se engloba la gran mayoría, con cargas desde 100kg hasta las 10Tn.

- **Montacoches:** Utilizados para el transporte de vehículos, con dimensiones de 2.5x5.5m y una capacidad de carga de entre 2500 y 3000 Kg.



6- Montacoches

En el caso del presente proyecto, se elegirá un montacargas hidráulico, con dos pistones laterales, accionados por medio de un grupo bomba-motor y controlados por electroválvulas, las cuales se controlan a través de un PLC.

Se ha elegido por el espacio del que se dispone para la instalación, dada la imposibilidad de instalar una sala de máquinas. También se ha elegido por la mayor fiabilidad y economía.

Se trata de una instalación más sencilla, requiere un menor mantenimiento y consume menos energía en su vida útil.

1.3.3 PLC

El PLC, en inglés Programmable Logic Controller, (Controlador Lógico Programable) es una computadora utilizada para automatizar procesos electromecánicos. La NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) nos da la siguiente definición:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S (Entradas/Salidas) analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.

Los PLCs son utilizados en todo tipo de industrias y maquinarias. Se diferencian de las computadoras normales en que, el PLC, puede utilizar diferentes señales de entrada y salida, pueden operar en un gran rango de temperaturas, no les afectan los ruidos eléctricos y son resistentes a la vibración y al impacto.

La mayor ventaja es que pueden realizar operaciones en tiempo real, por su bajo tiempo de reacción. Además, tienen una gran flexibilidad para programarlos, pudiendo adaptarse a nuevas tareas, reduciendo los costes de nuevos proyectos. Los lenguajes de programación son bastante sencillos y comprensibles

También son capaces de comunicarse en tiempo real con otros controladores y ordenadores en red.

1.3.4 HISTORIA DEL PLC

La necesidad de simplificar los procesos de la industria y de garantizar su repetitividad surge desde el comienzo de la industrialización. Se hace necesaria la simplificación de los trabajos para el operador. Además, la mejora de las condiciones de trabajo ha hecho necesario que máquinas se ocupen de los trabajos más peligrosos.

El PLC surge dentro de la industria automovilística, por las necesidades de los fabricantes, que necesitaban cambiar los sistemas de control usualmente. Antes del PLC esos cambios de la línea de producción requerían el rediseño de todos los puestos de trabajo.

A finales de la década de 1960 aparecen los primeros autómatas programables (APIs o PLCs). La empresa Bedford Associates crea el Controlador Modular Digital (MODICON), en concreto el MODICON 084. Los requerimientos para los PLCs eran que fuesen fácilmente programables en planta y por el personal de mantenimiento, además debían tener una larga vida útil.

A principios de la década de 1970, los PLCs incorporan microprocesador. En 1973 se les incorpora la capacidad de comunicación (Modbus de MODICON), de forma que podían intercambiar información entre ellos y podían instalarse alejados de los procesadores y los objetos que controlaban.

Se incorporaron también otras prestaciones, como manipulación de datos, cálculos matemáticos, HMI (elementos de comunicación hombre-máquina). A mediados de la década de 1970 aparece la tecnología PLC, con bicroprocesadores bit-slice.

Los principales fabricantes de PLCs eran Allen-Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique y General Electric. Se mejora la memoria, se añaden E/S remotas, funciones de control de posicionamiento y aparecen lenguajes más potentes. Aumenta el desarrollo de la comunicación con periféricos y ordenadores. Los dispositivos eran máquinas de estados secuenciales y CPUs basadas en desplazamiento de bit.

En los años 1980 se pretende estandarizar las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motors. Se reducen las dimensiones de los PLCs y se empieza a programar simbólicamente con ordenadores personales. También se reduce el tiempo de respuesta y las dimensiones y se aumentan

las E/S en los módulos. Se desarrollan módulos de control continuo, PID, servocontroladores, control inteligente...

En los años 1990 se crea el estándar IEC 1131-3, que pretende unificar la programación de todos los PLCs en un estándar internacional. Por otra parte, los ordenadores reemplazan al PLC en algunas aplicaciones.

1.3.5 ESTRUCTURA DEL PLC

Una parte imprescindible para el funcionamiento del PLC es el suministro de potencia, ya sea conectado a la red o por medio de baterías. Su misión principal es la de proporcionar el voltaje de operación interno del controlador y sus bloques.

Los voltajes más corrientes son $\pm 5V$ $\pm 12V$ $\pm 24V$. Se puede distinguir entre dos módulos de suministro de potencia: Los que utilizan voltaje de entrada de la red y los que utilizan suministradores de potencia operacionales para controlar los objetos.

La parte principal es la Unidad Central de Procesamiento (CPU). Es la encargada del procesamiento del controlador y se basa en un microprocesador, que realiza operaciones aritméticas y lógicas para llevar a cabo las distintas funciones. Otra misión de la CPU es la de comprobar el PLC buscando errores.

La transferencia de datos en los PLCs se logra gracias a 4 tipos de buses:

- BUS de Datos. Transfiere datos de los componentes individuales.
- BUS de Direcciones. Para las transferencias entre celdas con datos guardados.
- BUS de Control. Para las señales de control de los componentes internos.
- BUS de Sistema. Conecta los puertos con los módulos de E/S.

La memoria puede ser permanente u operacional:

- Memoria Permanente (PM). Se basa en ROM, EPROM, EEPROM o FLASH. Aquí se ejecuta el sistema de operación del PLC y puede reemplazarse
- Memoria Operacional o Memoria de Acceso Aleatorio (RAM). Donde se guarda y ejecuta el programa, normalmente se utiliza del tipo SRAM.

- Las condiciones comunes para las entradas de dos componentes digitales se guardan en una parte de la RAM llamada PII (Entrada Imagen de Proceso).
- La salida controlada o el último valor de salida calculado se guarda en la parte de la RAM llamada PIO (Salida de la Imagen del Proceso).

El programa puede guardarse en una memoria externa permanente (EPROM o EEPROM), que puede ser un módulo externo.

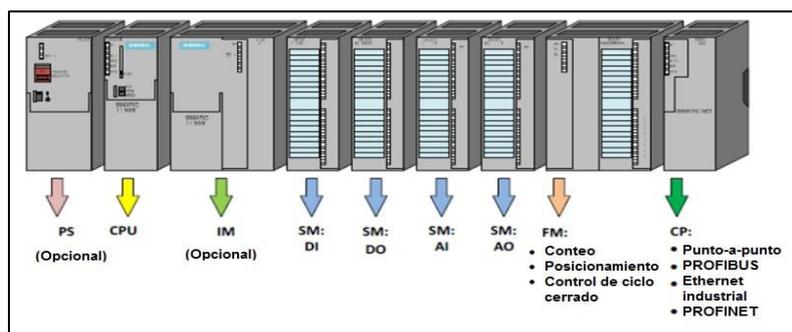
Los módulos E/S son los Módulos de Señal (SM) que coordinan la entrada y la salida de señales con las señales internas del PLC. Las señales pueden ser digitales (DI, DO) o analógicas (AI, AO) y proceden o se dirigen a sensores, interruptores, actuadores...

Los SMs analógicos utilizan voltaje DC y corriente directa. Las E/S digitales son más numerosas que las analógicas. La conexión del PLC con sensores y actuadores puede ser de dos tipos:

-Sinking. Línea GND común (-) y Tierra común.

-Sourcing. Línea VCC común (+) y Suministro de potencia común.

1.3.6 HARDWARE DEL PLC



7- Módulos del PLC

En los PLCs modulares pueden conectarse diversos módulos, los más destacables:

- Módulo de Interfaz (IM). Conecta diferentes módulos individuales con un PLC.

- Modulo Funcional (FM). Realiza un procesamiento complejo en tiempo-critico de procesos independientes de la CPU, como en el conteo rápido.
- Regulador PID o control de la posición.
- Procesador de la Comunicación (CP). Conecta el PLC a la red de trabajo industrial, por ejemplo, Ethernet.
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI). Por ejemplo, las pantallas táctiles.
- E/S remotas.
- Módulos de Señal de Alta Velocidad.

Cada módulo tiene su HMI Básica, donde se pueden visualizar los errores y el estado de la comunicación, batería, E/S... Pueden ser pequeños displays LCD o diodos LED.

1.3.7 TIPOS DE PLC

- PLC Compactos. Incorporan CPU, PS y módulos E/S en un mismo paquete. Puede tener número fijo de E/S digitales (menor de 30), uno o dos canales de comunicación y HMI. También pueden tener entrada para contador de alta velocidad y E/S analógicas.
- PLC Modular.
- PLC de Montaje en Rack.
- OPLC (PLC con Panel Operador).
- PLC Industrial.
- PLC de tipo Ranura.
- PLC de tipo Software.

1.3.8 ENTRADAS Y SALIDAS

Las entradas del PLC son todas las señales que llegan al PLC desde los dispositivos de entrada o captadores, las entradas pueden dividirse en:

- Entradas digitales.
- Entradas analógicas.

Esta primera división atiende al tipo de señal que pueden emitir esos dispositivos de entrada. En las entradas digitales se pueden tener los valores 1 y 0, en las analógicas

se pueden registrar todos los estados intermedios, entre 1 y 0. Tanto como permita la sensibilidad del sensor.

En las entradas digitales trabajamos con señales de tensión, para un PLC de 24V, la entrada de 24V la interpretamos como 1 y si llegan 0V interpreta un 0 lógico.

Las entradas analógicas convierten la magnitud a medir en un número, que se convierte en una variable interna en el PLC. El módulo de entradas analógicas se encarga de convertir esa señal analógica en una digital. La conversión de esa entrada depende de la precisión (número de bits) y del periodo de muestreo.

De forma análoga a las entradas, tenemos salidas digitales y salidas analógicas.

El módulo de salidas del PLC se encarga de enviar las señales con las órdenes a los actuadores conectados al autómatas. Motores, relés, luminarias... La señal de la CPU se decodifica, amplifican y envían a las señales a los dispositivos conectados.

En las salidas digitales, la señal se materializa en la apertura o cierre de relés internos del PLC (en los módulos de salidas a relé). En los módulos estáticos los elementos que producen la conmutación, a través de las señales de salida, son componentes electrónicos, como transistores.

Las salidas analógicas transforman una variable interna del autómatas en valores de tensión o intensidad, realizando una conversión D/A, (la precisión depende del número de bits, y el tiempo del periodo de muestreo). La tensión o intensidad de salida puede servir como referencia de actuadores que admitan controles analógicos.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

1.4.1 HARDWARE

Los principales equipos que integran la instalación son los siguientes:

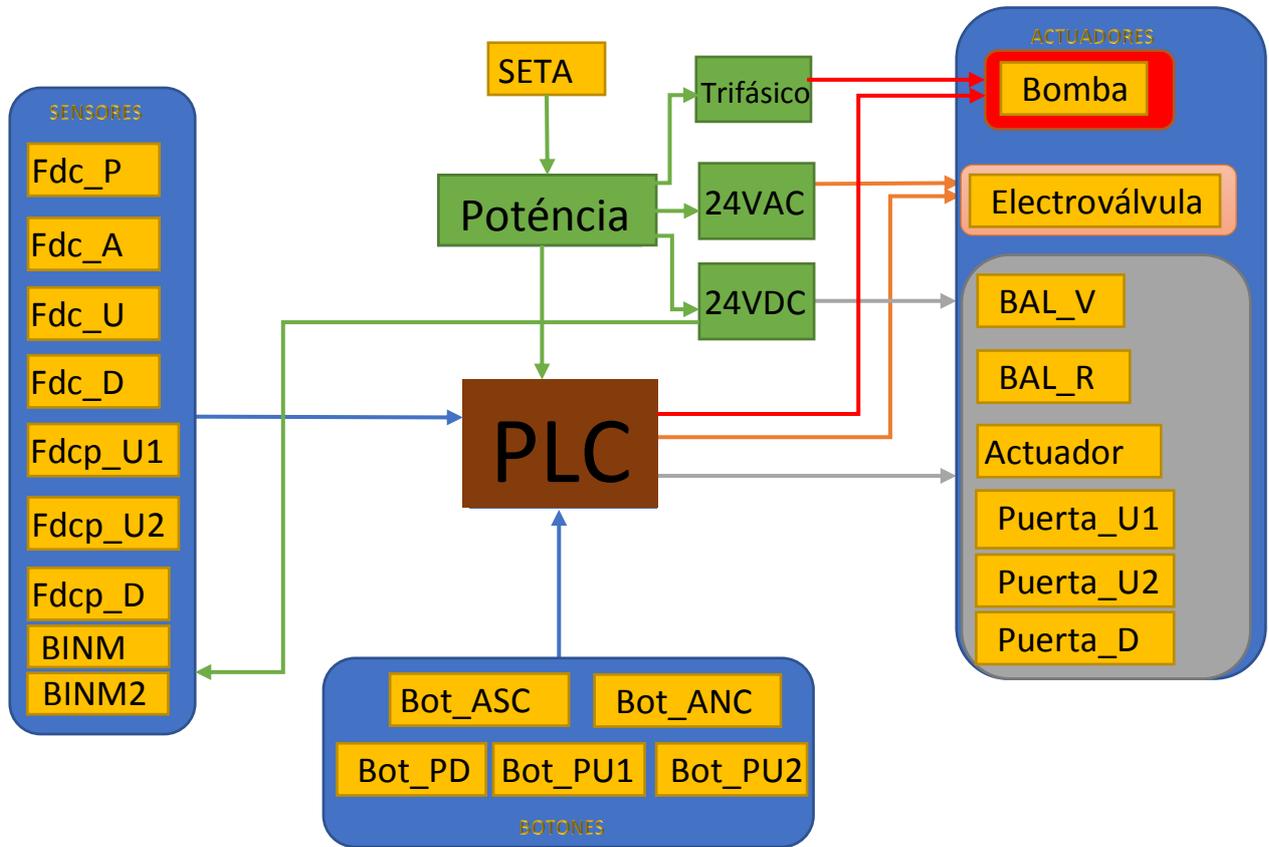
- Bomba hidráulica.
- Actuadores lineales.
- Botón o pulsador.
- Pulsadores de emergencia (Setas).
- Finales de carrera.
- Barrera inmaterial.
- PLC.

1.4.1.1 APARAMENTA SELECCIONADA

CANTIDAD	NOMBRE	FABRICANTE	MODELO	Precio/ud (€)
1	PLC	Schneider	TM221C24T	221,38
1	Módulo de Seguridad	Schneider	TM3SAC5R	185,32
1	Transformador 400V-24V 250VA	Schneider	ABL6TS25B	132,62
1	Fuente de Alimentación 220V-24V 60W	Schneider	ABL7RM24025	188,50
2	Actuadores Lineales 100mm 24V	Hiwin	LAS2-1-1-100-24-G	167,00
1	Automático 3p+N 20A	VMC	BKN 3P+N C20A	18,87
1	Diferencial trifásico 40A 30mA	VMC	RKN 40-4/30m	30,67
1	Contactador Trifásico 25A 220V	Lovato	CN2510220	18,19
1	Contactador Trifásico 18A	Schneider	LC1D18BL	50,04
1	Relé 24V 8pines	Schneider	RXG22BD	7,54
7	Relé 24V 6 pines	Omron	G2R-2-24VDC	5,50
1	Magnetotérmico 10A 1P+N 6KA	VMC	BKN 1P+N C10A	2,11
1	Guardamotor 18A 3P	LS	MMS-32S	20,91
3	Baliza Verde-Roja	Schneider	XVMB2RGSB	143,55
3	Cajas Botoneras	Eaton	M22-I4	30,89
9	Pulsadores	Eaton	M22-D-S	6,40
9	Cámara contacto 1NO para caja	Eaton	M22-KC10	4,86
3	Setas de Seguridad	Eaton	M22-PVT	28,52
3	Cámara contacto 1NC para caja	Eaton	M22-KC01	4,86
5	Fotocélula	Telemecanique	XUM9APSBM8	58,75
5	Final de carrera Tope	Telemecanique	XCSD3910P20	48,98
6	Final de carrera Roldana	Telemecanique	XCKN2118P20	13,69

Tabla 1. Aparamenta Seleccionada

1.4.1.2 DIAGRAMA DE BLOQUES



8- Diagrama de Bloques

PLC

Se trata de un autómata, del fabricante Schneider, modelo TM221C24T.

Dispone de 14 Entradas y 10 Salidas integradas en el PLC. También dispone de conexiones por USB y por cable de red RJ45 y una entrada para tarjeta SD.

Tiene una alimentación de 24V en corriente continua, tanto las entradas como las salidas funcionan a 24V CC tanto en positivo como en negativo.

Dispone de una memoria de 256kB para la aplicación de usuario y datos RAM, que equivalen a unas 10000 instrucciones y 256 kB para las variables RAM. También tiene una memoria flash integrada para la copia de seguridad de 256kB. Se puede ampliar hasta los 2GB con la tarjeta SD.



9- PLC Schneider TM221C24T

MODULO DE SEGURIDAD

Módulo de seguridad del fabricante Schneider, modelo TM3SAC5R. Se trata de un módulo preventa, de CAT3, compatible con la gama de PLC TM2xx.

Se encarga de cortar la corriente al PLC en caso de detectar cualquier fallo.



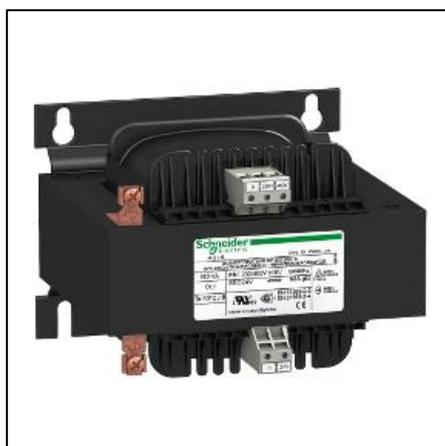
10- Módulo de seguridad Schneider TM3SAC5R

TRANSFORMADOR 400V/24V

Transformador Schneider ABL6TS25B. Puede funcionar con 230V o 400V AC en la entrada. Tiene una tensión de salida de 24V AC.

La tensión nominal es de 250VA. De los cuales disipa 27,8W, por lo que tiene una eficiencia del 90%.

Se encarga, únicamente, de alimentar la tensión de la electroválvula que regula la bajada del elevador. La tensión de la electroválvula la controlamos por medio de un relé, el cual es alimentado por una señal de 24V CC, que proviene directamente del PLC.



11- Transformador Schneider ABL6TS25B

FUENTE DE ALIMENTACIÓN 220V/24V

Fuente de alimentación Schneider ABL7RM24025. Requiere una alimentación de 240V AC y nos da una tensión de salida de 24VCC. Tiene una potencia nominal de 240W.

De ella dependen prácticamente todos los sistemas del circuito, incluido el PLC, los abrepuertas, actuadores lineales y balizas.



12- Fuente de Alimentación Schneider ABL7RM24025

ACTUADORES LINEALES

Actuadores lineales Hiwin LAS2-1-1-100-24-G. Se trata de un actuador lineal, el cual se encarga de posicionar las pestañas de enclavamiento. Funciona con una tensión de 24V DC.

Tiene una carrera de 100mm, una fuerza máxima de 1800N, a una velocidad de 4,5mm/s. A carga máxima tiene una potencia de 72W.



13- Actuador Lineal Hiwin LAS2-1-1-100-24-G

AUTOMÁTICO 3P+N 24A

Interruptor General de Corte, de VMC modelo BKN 3P+N C20A. Protege el circuito de una sobreintensidad. Es el primer sistema de protección de nuestro circuito. Nos permite cortar la energía de todo el cuadro manualmente.



14- IGC VMC BKN 3P+N C20A

DIFERENCIAL TRIFÁSICO 40A 30mA

Diferencial, VMC modelo RKN 40-4/30mA. Se encarga de proteger el circuito frente a una derivación de 30mA. Protege principalmente a las personas, detectando la derivación a tierra.

La sensibilidad indica el nivel de derivación por encima del cual desconectará el circuito. En España, el REBT, en su ITC-BT-24, exige que tenga una corriente de fuga menor o igual a 30mA, con un tiempo de respuesta de 50ms.



15- Diferencial Trifásico VMC RKN 40-4/30Ma

CONTACTOR TRIFÁSICO 25A 220V

Lovato CN2510220.

Sirve de interruptor, accionado por una señal. En este caso, este accionado por una corriente de 220V.

Dispone de 4 contactos normalmente abiertos, por lo que, en cuanto deja de recibir corriente en la bobina se abre el circuito.

Funciona en serie con la Seta de seguridad, que es normalmente cerrada, por lo tanto, cuando la seta se activa abre el circuito, cortando toda la corriente aguas abajo del contactor.

Está instalado entre el Interruptor General de Corte y el diferencial.



16- Contactor Trifásico Lovato CN2510220

CONTACTOR TRIFÁSICO 18A

Schneider LC1D18BL

Este contactor se encarga de abrir y cerrar el circuito de alimentación del motor de la bomba hidráulica. Funciona con una señal de 24VDC, proveniente del PLC. De esta forma podemos manejar mediante una señal automática una gran carga eléctrica.

Tiene 3 contactos normalmente abiertos, por lo que, hasta que no mandemos una señal desde el PLC no se conectará el motor. Y cuando dejemos de enviar esa señal de 24VDC se desconectará el motor.



17- Contactor Schneider LC1D18BL

RELÉ 24V 8 PINES

Schneider RXG22BD

Este relé se utiliza para poder cambiar la polaridad de los actuadores lineales mediante una señal del PLC. Este relé dispone de 2 circuitos, uno con contactos normalmente abiertos y otro con normalmente cerrados. Con una bobina conmutaremos entre esos dos circuitos.

En cada circuito conectaremos una polaridad de 24VDC, por lo que al enviar una corriente del PLC se activará la polaridad asignada en el contacto normalmente abierto y de lo contrario la polaridad será la del normalmente cerrado.



18- Relé Schneider RXG22BD

RELÉ 24V 6 PINES

Omron G2R-2-24VDC

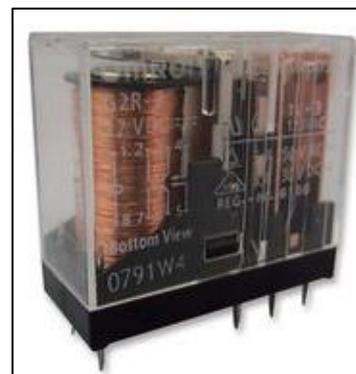
Estos son relés corrientes, que utilizaremos para activar las salidas con una corriente que no tenga que pasar por el PLC, para no sobrecargarlo. De esta forma, tenemos interruptores accionados por el PLC.

Cuando se manda una corriente desde el PLC a la bobina, uno de los contactos será atraído por el electroimán creado en la bobina y abrirá o cerrará el circuito, dependiendo de cómo hayamos conectado el relé. En nuestro caso, todos funcionarán con los contactos normalmente abiertos.

Relé de electroválvula: La bobina funciona con una corriente de 24VDC, pero cierra el circuito de la electroválvula, que es de 24VAC.

Relé de motor lineal: Situado entre el relé de cambio de polaridad y el actuador lineal. Permite abrir o cerrar el circuito independientemente de la polaridad que marque el relé anterior.

Relés de balizas y abrepuertas: Simplemente sirven como interruptores para el resto de actuadores conectados al PLC.



19- Relé Omron G2R-2-24VDC

MAGNETOTÉRMICO 10A 1P+N 6KA

VMC BKN 1P+N C10A

Se trata de un interruptor que corta la corriente cuando sobrepasa cierto valor, puede funcionar por efecto magnético (parecido al relé) o por el efecto Joule, como un fusible. En nuestro caso sirve para proteger el circuito de 220V, que alimenta, tanto el transformador como la fuente de alimentación.



20- Magnetotérmico VMC BKN 1P+N C10A

GUARDAMOTOR 18A 3P

LS MMS-32S

Se trata de un interruptor magnetotérmico, que ha sido especialmente diseñado para proteger motores. Ya que, en el arranque del motor puede detectar la curva de sobreintensidad y no cortar la corriente en el arranque.

Hay varias curvas dependiendo de la potencia del motor que vayas a conectar. Además, tiene una ruleta que permite seleccionar el valor máximo de corriente.



21- Guardamotor LS MMS-32S

BALIZA VERDE-ROJA

Schneider XVMB2RGSB

Nos permiten comunicar al usuario u operador el estado de funcionamiento del elevador. Cuando todo está bien, dispuesto para funcionar se muestra la luz verde. Si hay algún problema que no deje que funcione (como una puerta abierta) se muestra el color rojo.

Durante el funcionamiento del elevador se muestra una luz roja que parpadea, para indicar el peligro y que no se intente abrir la puerta.



22- Baliza Schneider XVMB2RGSB

CAJAS BOTONERAS 4 HUECOS

Eaton M22-I4

En ella se instalarán 3 pulsadores (Ascensor, Anclaje y Apertura de puerta) con sus cámaras de contacto y una seta de seguridad.

Se instalará una por cada puerta, dos arriba y una abajo.



23- Botonera Eaton M22-I4

PULSADORES

Eaton M22-D-S



24- Pulsador Eaton M22-D-S

CAMARA CONTACTO 1NO PARA CAJA

Eaton M22-K10

Son cámaras de contacto normalmente abiertas, al accionar los pulsadores se cerrará el circuito, enviando la señal correspondiente a la entrada del automático.



25- Cámara Contacto Eaton M22-K10

SETAS DE SEGURIDAD

Eaton M22-PVT

Deben instalarse en todas las máquinas, están en serie con el circuito de alimentación para que, al pulsarla, abra el circuito dejando sin alimentación a todo el cuadro.



26- Seta de Seguridad Eaton M22-PVT

CAMARA CONTACTO 1NC PARA CAJA

Eaton M22-KC01

Cámaras de contacto normalmente cerrada, instaladas dentro de la botonera, de forma que abra el circuito al pulsar la seta de seguridad.



27- Cámara Contacto Eaton M22-KC01

FOTOCÉLULA

Telemecanique XUM9APSBM8

Instalaremos una en cada viga (x2) para detectar que todas las pestañas de anclaje se han recogido antes de proceder a la bajada del montacargas.

Instalaremos una por puerta (x3) (dentro del elevador) para evitar que esta se cierre con algún obstáculo en medio. A fin de aumentar la seguridad y evitar daños en los materiales o trabajadores.



28- Fococélula Telemecanique XUM9APSBM8

FINAL DE CARRERA TOPE

Telemecanique XCSD3910P20

Final de carrera de seguridad, con dos circuitos normalmente abiertos y uno normalmente cerrado. Los instalaremos para detectar si las pestañas se han desplegado completamente, para poder proceder al anclaje del montacargas. También son usados para saber cuándo están abiertas o cerradas las puertas.



29- Final de Carrera Telemecanique XCSD3910P20

FINAL DE CARRERA ROLDANA

Telemecanique XCKN2118P20

Estos finales de carrera tienen un circuito normalmente abierto y uno normalmente cerrado, utilizaremos el normalmente abierto para que, al accionarlo mande una señal al automático indicando la posición en la que se encuentra el elevador.



30- Final de Carrera Telemecanique XCKN2118P20

1.4.2 SOFTWARE

1.4.2.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

El proceso de operación del montacargas se divide en 3 estados:

- Posición enclavamiento arriba
- Posición arriba sin enclavar
- Posición abajo

Con sus maniobras entre posiciones, que se pueden resumir como:

- Subida
- Bajada
- Enclavamiento/Desenclavamiento

Cada posición/maniobra le corresponde unas variables que actúan dependiendo de la posición del montacargas, estas variables son las que emplearemos en el proceso para realizar la programación del montacargas, otorgándole unos datos de entrada que dan una salida.

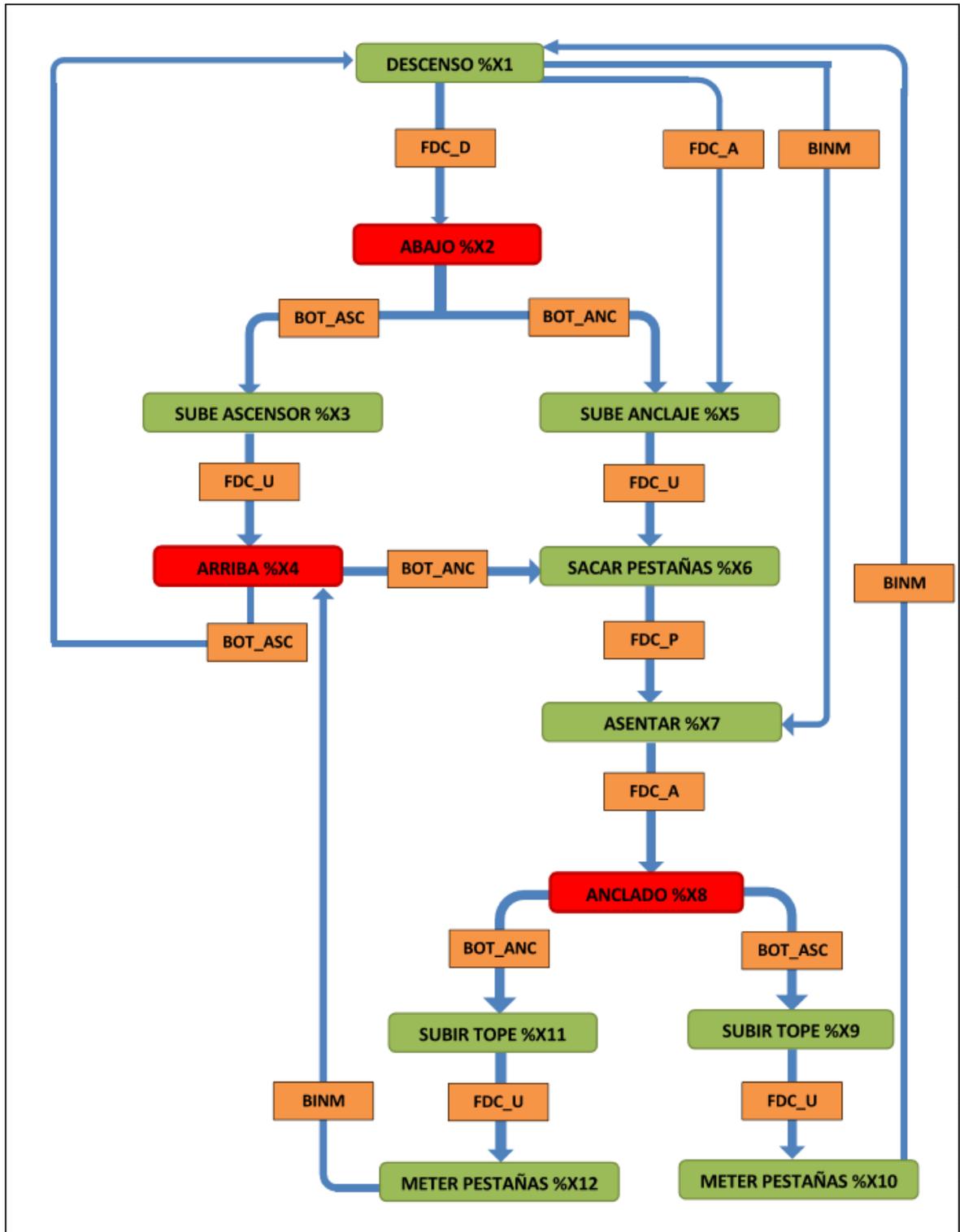
La descripción del proceso sería la siguiente:

El programa se inicia siempre en la etapa “Descenso”, si detecta el final de carrera del enclavamiento, pero no tiene las pestañas sacadas, pasa a la posición “Sube anclaje” por lo que empieza la maniobra de anclaje; En caso de que estén sacadas las pestañas pasa directamente al estado “Enclavamiento arriba”. Si no se da ninguno de los dos casos, baja hasta la posición “Abajo”.

Una vez abajo, pulsando el botón de ascensor o el botón de anclaje sube hasta la posición “Arriba”. Si se ha pulsado el botón “Anclaje” salen las pestañas y baja hasta enclavarse en ellas, pasando a la posición “Anclado”.

Desde la posición “Anclado”, pulsando el botón “Anclaje” sube a la posición “Arriba, para lo que hay que recoger las pestañas. Pulsando el botón “Ascensor” baja hasta la posición “Abajo”, para lo que tiene que subir, recoger las pestañas y bajar.

El diseño del programa con los nombres de las posiciones (en rojo), de las maniobras (en verde) y de los hitos que marcan la transición entre etapas (en naranja), se puede ver en el siguiente grafico GRAFCET:



31- GRAFCET

En el programa Machine Expert – Basic de Schneider, el programa se escribe como un POU GRAFCET, un POU Lader (para las acciones dentro de cada paso) y otro POU Lader para las acciones que se aplican independientemente del paso.

En el POU Lader de los pasos escribimos un escalón para cada salida, siendo las entradas las etapas en las que se realiza esa acción.

En el POU Lader de acciones generales ponemos las acciones de seguridad y otras acciones, como contadores o escrituras en la memoria.

El GRAFCET queda muy parecido al de la imagen anterior:

1.4.2.2 ENTRADAS/SALIDAS

Nuestro módulo PLC dispone de 9 entradas y 7 salidas, se le ha añadido un módulo con 4 entradas y 4 salidas y un módulo de seguridad que tiene 14 entradas y 4 salidas. A continuación, se muestra una tabla con las entradas utilizadas (en naranja), algunas entradas no se van a utilizar y otras son predefinidas por el fabricante.

Las entradas correspondientes al módulo PLC se nombran %I0.x siendo x el número de la entrada, que va desde el 0 hasta el 8. En el módulo de E/S %I1.x para $0 \leq x \leq 3$ y para el módulo de seguridad %I2.x para $0 \leq x \leq 13$.

Tabla 2- Entradas

ENTRADAS		
DIRECCIÓN	SIMBOLO	COMENTARIO
%I0.0	FDC_P	Final de Carrera Pestañas
%I0.1	FDC_U	Final de Carrera Arriba
%I0.2	FDC_D	Final de Carrera Abajo
%I0.3	FDC_A	Final de Carrera Asiento
%I0.4	FDCP_U1	Final de Carrera Puerta 1 Arriba
%I0.5	FDCP_U2	Final de Carrera Puerta 2 Arriba
%I0.6	FDCP_D	Final de Carrera Puerta Abajo
%I0.7	BINM	Barrera Inmaterial Pestañas
%I0.8	BINM2	Barrera Inmaterial Puertas
%I1.0	BOT_ANC	Botón Anclaje
%I1.1	BOT_ASC	Botón Ascensor
%I1.2	BOT_P	Botón para Abrir Puertas
%I1.3		
%I2.0	SA_OUTPUTON	Salida Seguridad Activada
%I2.1	SA_SUPPLY	Alimentación Disponible (A1/A2)
%I2.2	SA_SUPPLYFAIL	Alimentación No Tolerada
%I2.3	SETA	SETA SEGURIDAD
%I2.4		Reservado
%I2.5	SA_START	Inicio Activo
%I2.6	SA_K1	Relé K1 Activado
%I2.7	SA_K2	Relé K2 Activado
%I2.8		Reservado
%I2.9		Reservado
%I2.10		Reservado
%I2.11		Reservado
%I2.12	SA_WAITINGFORSTART	Esperando Condición de Inicio
%I2.13		Reservado

En cuanto a las salidas; las salidas correspondientes al módulo PLC se nombran %Q0.x siendo x el número de la salida, que va desde el 0 hasta el 6. En el módulo de E/S %Q1.x para $0 \leq x \leq 3$ y para el módulo de seguridad %Q2.x para $0 \leq x \leq 3$.

A continuación, se muestra una tabla con las salidas utilizadas (en azul), algunas salidas son predefinidas por el fabricante.

Tabla 3- Salidas

SALIDAS		
DIRECCIÓN	SIMBOLO	COMENTARIO
%Q0.0	MOTOR	Motor
%Q0.1	ACT_LIN	Actuadores Lineales
%Q0.2	BAL_V	Baliza Verde
%Q0.3	BAL_R	Baliza Roja
%Q0.4	PUERTA_U1	Puerta Arriba 1
%Q0.5	PUERTA_U2	Puerta Arriba 2
%Q0.6	PUERTA_D	Puerta Abajo 1
%Q1.0	ELVALV_U	Electroválvula Subir
%Q1.1	ELVALV_D	Electroválvula Bajar
%Q1.2	ELVALV_P	Electroválvula Libera Presión
%Q1.3	RELE_ACT_LIN	Relé que conmuta entre + y - el actuador lineal
%Q2.0	SA_ENABLE	Activación de Salidas de Seg. Habilitada
%Q2.1	SA_RESETMODULE	Desactivar Módulo (Fuente de Corriente Desconectada)
%Q2.2	SA_KEEPLIVE	Función de Seg. Permanece Activa con BUS Muerto (Timeout)
%Q2.3	INT_SEG	Interruptor de seguridad

1.4.2.3 PASOS

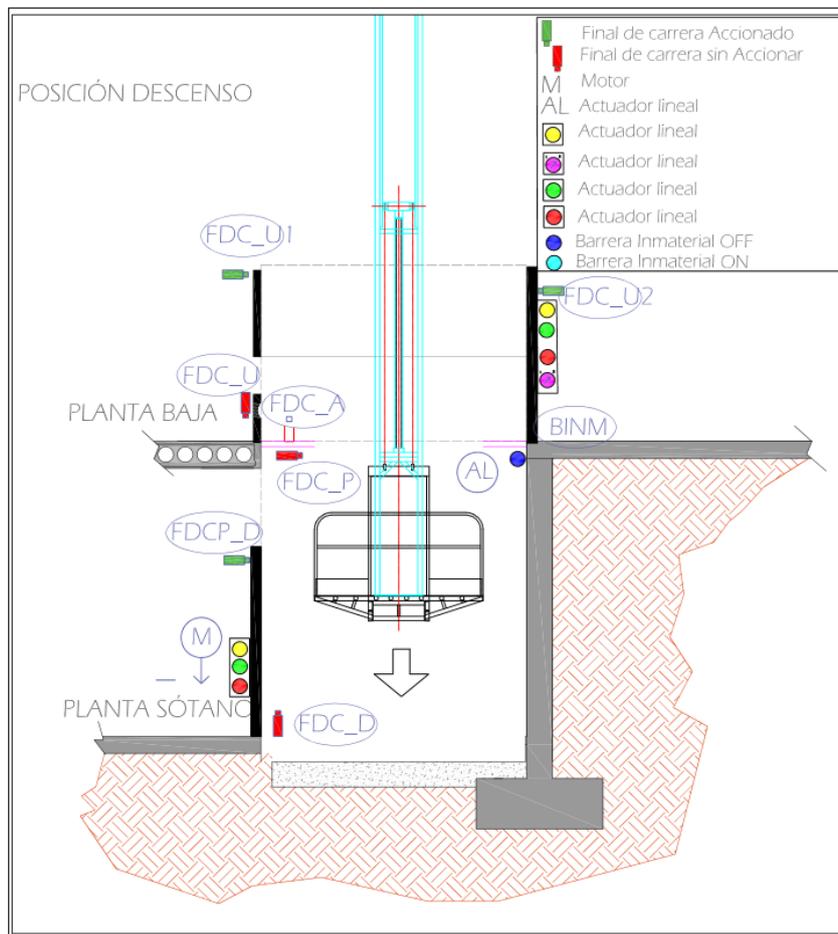
A continuación, entramos al detalle de cada paso, con una tabla que indica las entradas que deben estar activas, las salidas que se activan en ese paso y las condiciones que ponen fin a ese paso (en azul) y las salidas que se desactivan al final de cada paso (en naranja) aunque en el código se escribirán esas acciones en el paso siguiente.

Por último, para cada paso, se adjunta una imagen del programa en cada paso, aunque no será el real, ya que en el programa real se representa como ya hemos indicado antes, aunque también se podría hacer así.

1.4.2.3.1 DESCENSO

Tabla 4- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Descenso"

%X1 DESCENSO		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.0 MOTOR	%I0.2 FDC_D ABAJO
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q.1.1 ELECTR D	%I0.7 BINM SACAR PESTAÑAS
%I0.6 FDC PUERTA D	%Q0.3 ROJA INTERM	%Q0.0 MOTOR
%I0.7 BINM		%Q.1.1 ELECTR D



33- Esquema Paso "Descenso"

En esta etapa, que es en la que comienza el programa tras un corte de corriente, la plataforma baja, para lo que la bomba hace que el pistón baje, liberando presión.

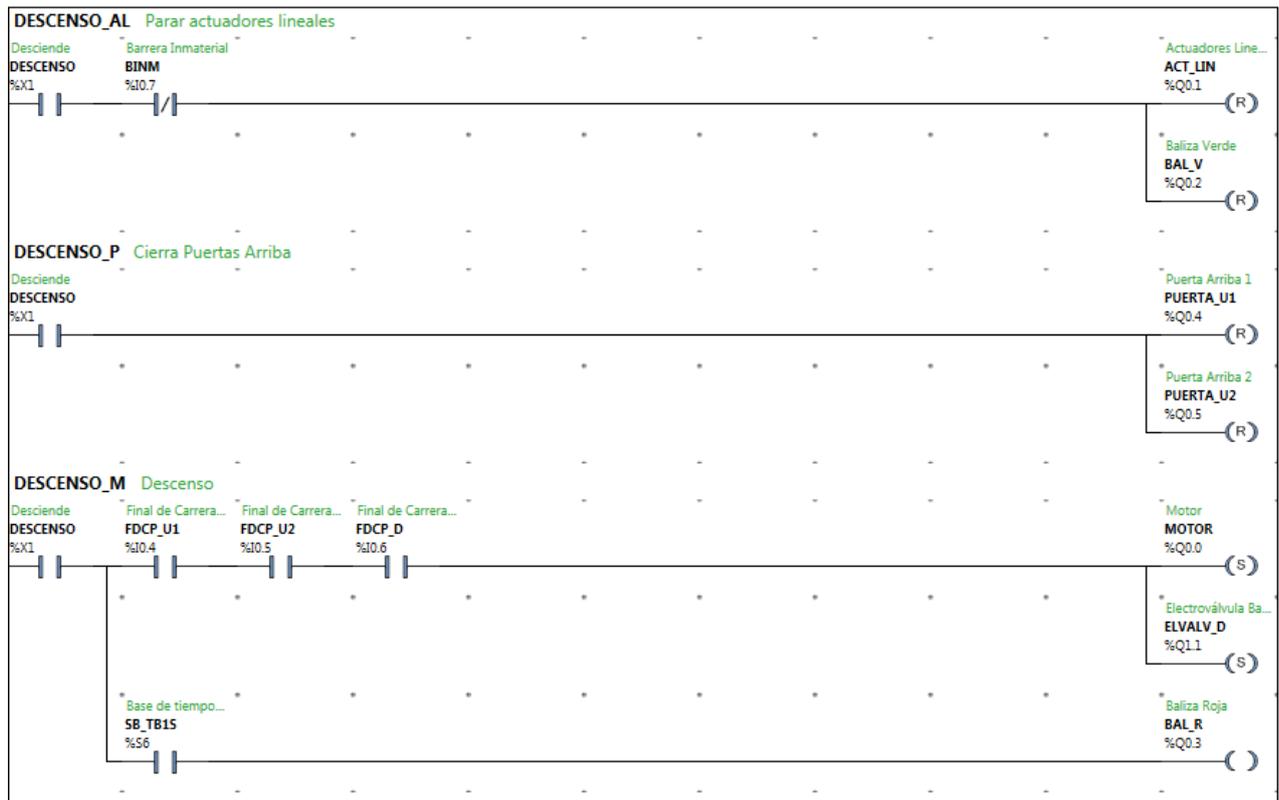
Como en todos los pasos, las puertas deben estar cerradas (Finales de carrera de las puertas accionados), el resto de los finales de carrera no están activados, ni la barrera inmaterial que, al estar las pestañas recogidas, no tiene obstáculos (Ponemos el contacto como NC, para que cuando no detecte ningún obstáculo de señal).

Como ya se ha dicho, en caso de detectar las pestañas fuera (por la barrera inmaterial) y el FDC_A accionado pasa al estado de enclavamiento, en caso de solo detectar el FDC_A pasaría al estado "Sube Anclaje", en caso contrario baja hasta accionar FDC_D, pasando al estado de "Abajo".

Para simplificar y a modo de visualización se ha escrito el programa específico para este paso. Como el paso anterior puede ser "Meter pestañas", lo primero es parar el actuador lineal.

Para la visualización del estado del montacargas, por parte de los usuarios, en todas las maniobras se activa la baliza roja de forma intermitente. Con el bit de sistema %S6, podemos poner una señal cada segundo.

En este estado no pueden abrirse las puertas, por lo que hay que bloquear las puertas que estaban abiertas en el paso anterior, las puertas de arriba.



34- Programa Paso "Descenso"

Como una de las etapas anteriores al descenso es el movimiento de los actuadores lineales o el estado "Arriba" al entrar en esta etapa hay que parar los actuadores lineales y la baliza verde.

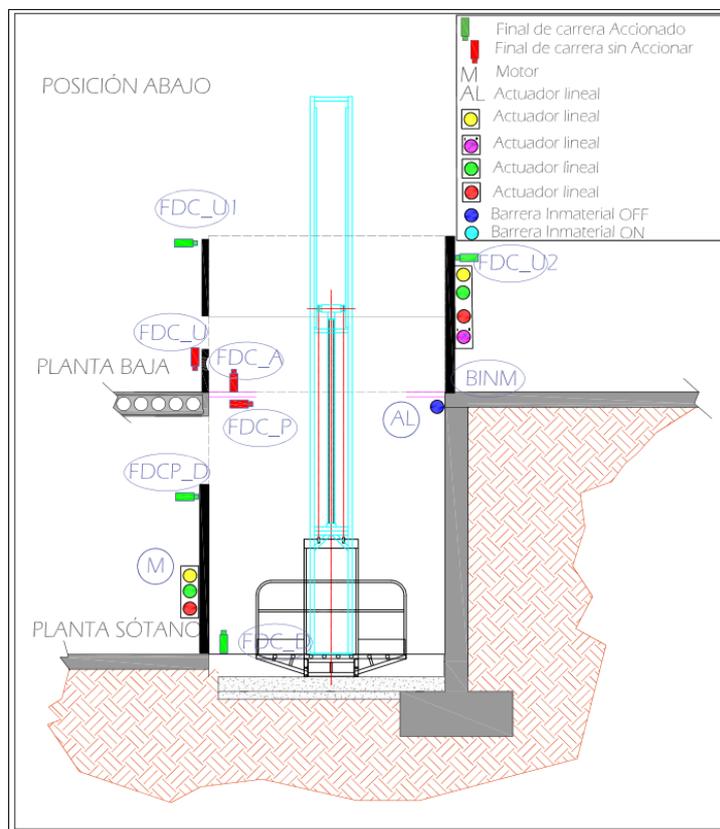
En esta fase se deben bloquear las puertas de arriba, que son las que podían estar abiertas después del estado "Arriba".

En este paso se deben activar el motor y la electroválvula de bajar, pondremos como condición que estén las tres puertas cerradas. Además, ponemos una luz intermitente roja para indicar el movimiento.

1.4.2.3.2 ABAJO

Tabla 5- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Abajo"

%X2 ABAJO		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%i0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.2 VERDE	%1.0 BOT_ANC SUBE ANCLAJE
%i0.5 FDC PUERTA U2	%Q0.6 PUERTA D	%1.1 BOT_ASC SUBE ASCENSOR
%i0.6 FDC PUERTA D		%Q0.6 PUERTA D
%i0.7 BINM		%i0.2 FDC_D
%i0.2 FDC_D		



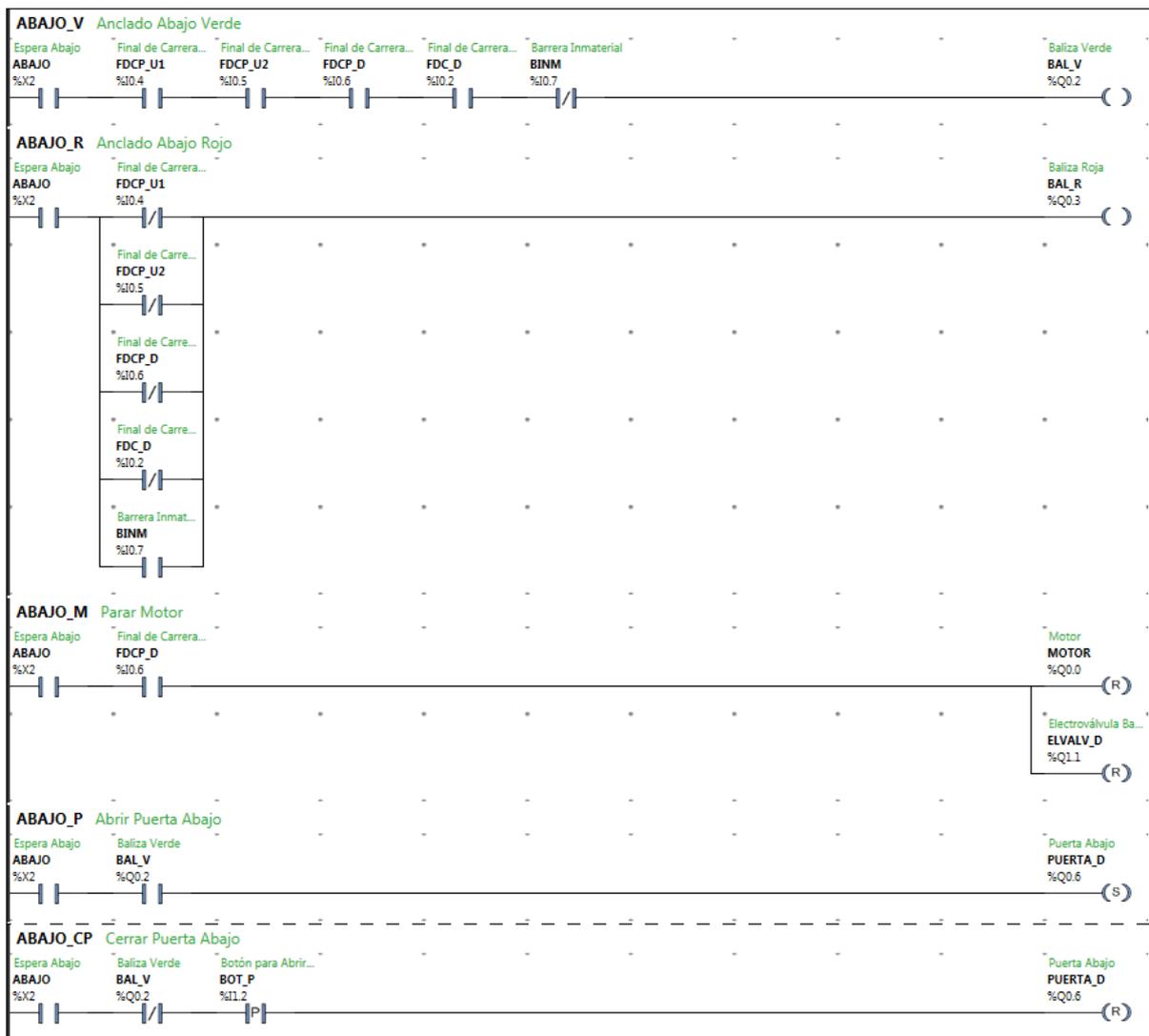
35- Esquema Paso "Abajo"

En esta etapa la plataforma permanece en reposo en la planta sótano, por lo que el final de carrera "FDC_D" estará activado.

Como en todas las posiciones, por medio de señales luminosas se le indica al usuario el estado del montacargas. En verde si puede pasarse al siguiente paso y en rojo fijo si no se puede, ya sea por alguna puerta abierta o cualquier otra circunstancia.

Las puertas de arriba deben estar cerradas (Finales de carrera de las puertas accionados) y la puerta de abajo se abre, pero no aparecerá la luz verde hasta que esta se cierre. El FDC_D está activado y el resto desactivado, ni la barrera inmaterial que, al estar las pestañas recogidas, no tiene obstáculos.

Para simplificar y a modo de visualización se ha escrito el programa específico para este paso. Como el paso anterior la bomba estaba en funcionamiento lo primero es pararla.



36- Programa Paso "Abajo"

La baliza verde se activará si se cumplen las condiciones del primer escalón, es decir, si las puertas están cerradas (FDCP_U1, FDCP_U2 y FDCP_D), el elevador está asentado abajo (FDC_D) y las pestañas están recogidas (BINM).

En caso de que no se cumpla una de esas condiciones se activa la baliza roja.

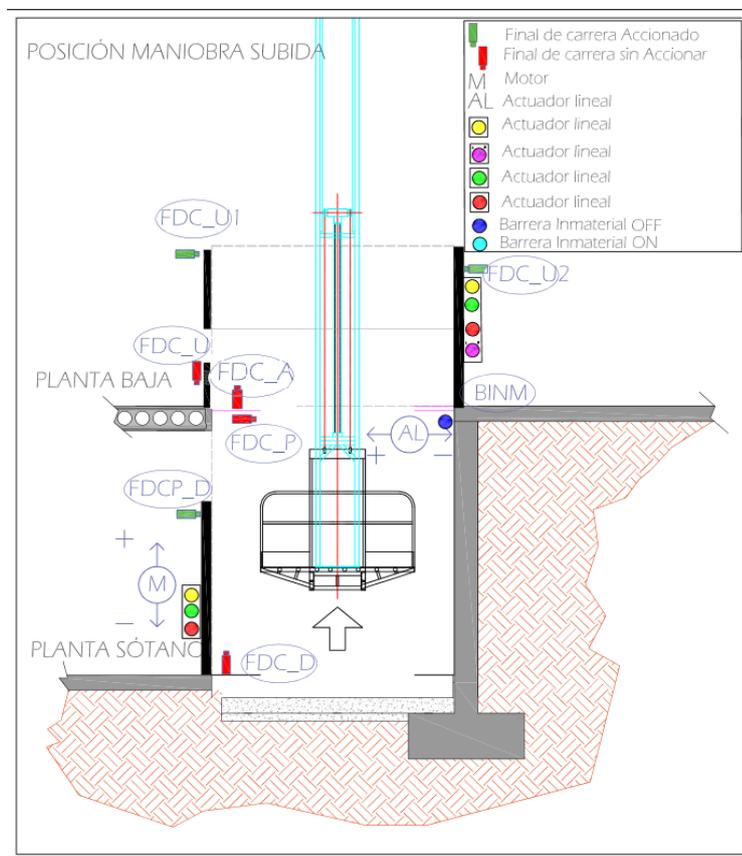
Para acabar el paso anterior, cuando el elevador toque el final de carrera de abajo, se apagan el motor y la electroválvula.

Para que se pueda abrir la puerta de abajo hemos puesto como condición que esté activada la baliza verde. Para cerrar la puerta y poder subir el montacargas, se ha de apretar el botón "BOT_P".

1.4.2.3.3 SUBE ASCENSOR

Tabla 6- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Sube Ascensor"

%X3 SUBE ASCENSOR		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.0 MOTOR	%I0.1 FDC_U ARRIBA
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q1.0 ELECTR U	%Q0.0 MOTOR
%I0.6 FDC PUERTA D	%Q0.3 ROJA INTERM	%Q1.0 ELECTR U
%I0.7 BINM		

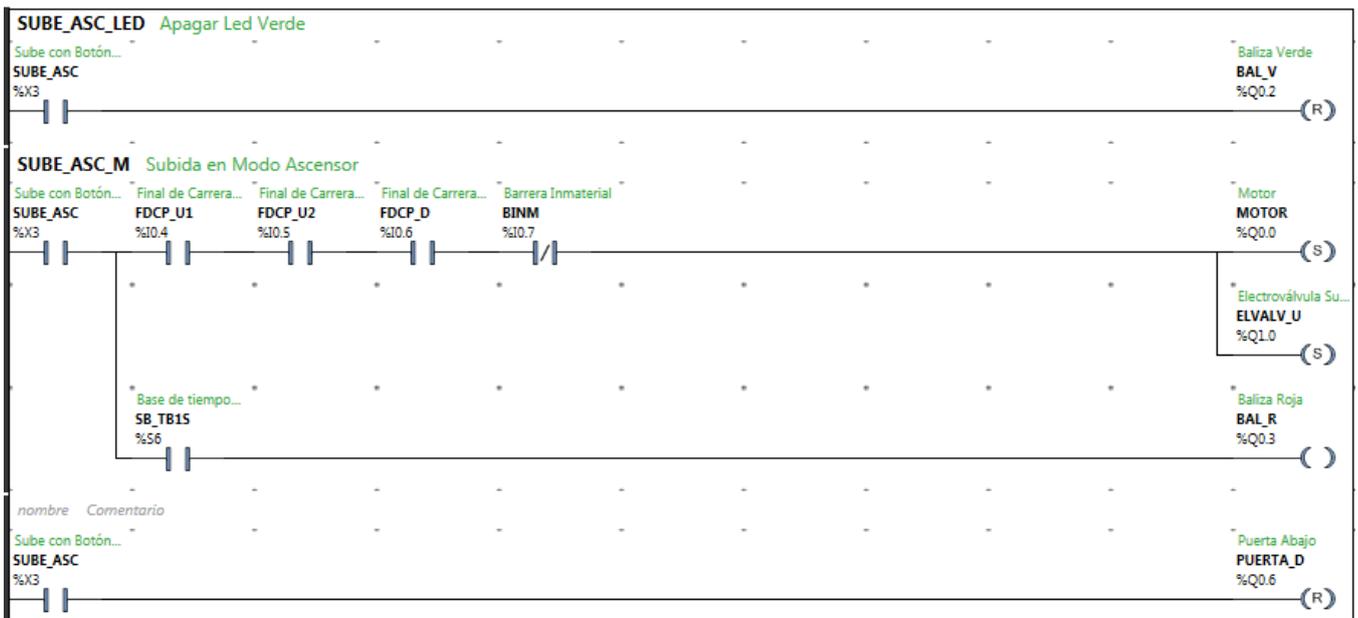


En esta maniobra la bomba introduce aceite en el pistón aumentando la presión y subiendo la plataforma, hasta llegar al final de carrera (FDC_U), pasando al estado “Arriba”.

Para simplificar y a modo de visualización se ha escrito el programa específico para este paso. Como el paso anterior era un estado de reposo lo primero es apagar la baliza verde y bloquear la puerta de abajo.

Si todas las condiciones de seguridad se cumplen (los finales de carrera de las puertas y las pestañas recogidas) se activa el motor de la bomba y la electroválvula de subida.

Como en todas las maniobras se activa la baliza roja de forma intermitente con el bit de sistema %S6.



38- Programa Paso "Sube Ascensor"

Lo primero es apagar la baliza verde, que quedó activa del paso anterior, al entrar en este paso.

Como hicimos en el “Descenso”, ponemos las condiciones de que estén las puertas cerradas y las pestañas recogidas como condición para que se activen el motor de la bomba y la electroválvula que dirige el aceite a la parte inferior del pistón, para producir la subida.

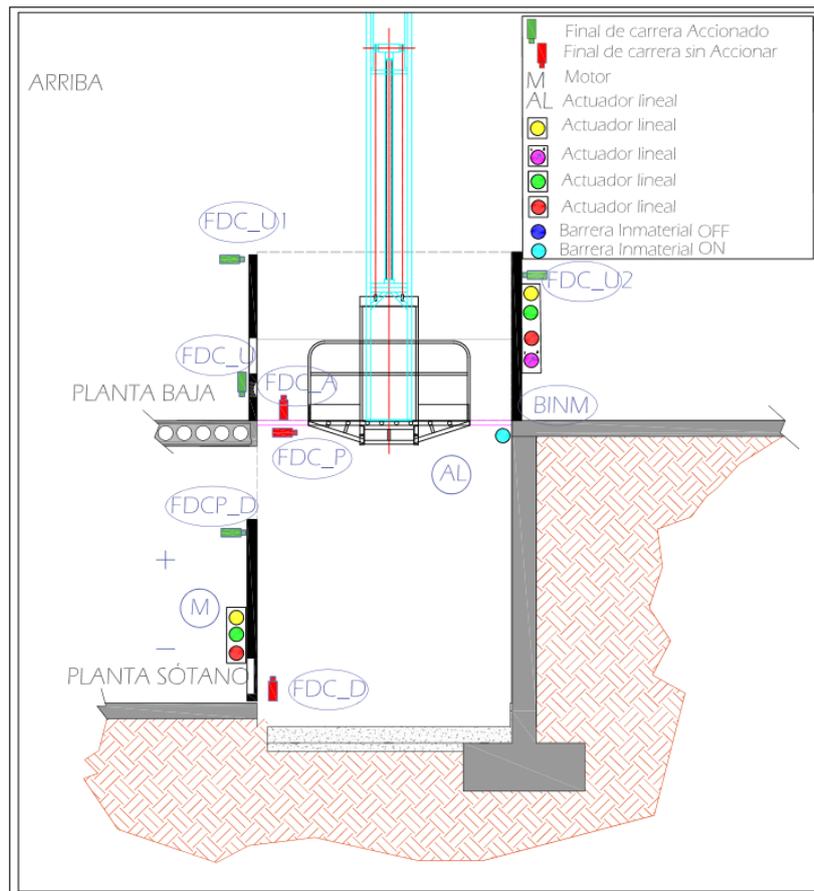
El bit del sistema %S6 da pulsos cada segundo, por lo que activará la baliza roja de forma intermitente para indicar que el elevador está en movimiento.

También debe bloquearse la puerta de abajo al entrar en este paso.

1.4.2.3.4 ARRIBA

Tabla 7- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Arriba"

%X4 ARRIBA		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.2 VERDE	%I1.0 BOT_ANC SACAR PESTAÑAS
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q0.4 PUERTA U1	%I1.1 BOT_ASC DESCENSO
%I0.6 FDC PUERTA D		%Q0.4 PUERTA U1
%I0.7 BINM		%I0.1 FDC_U
%I0.1 FDC_U		

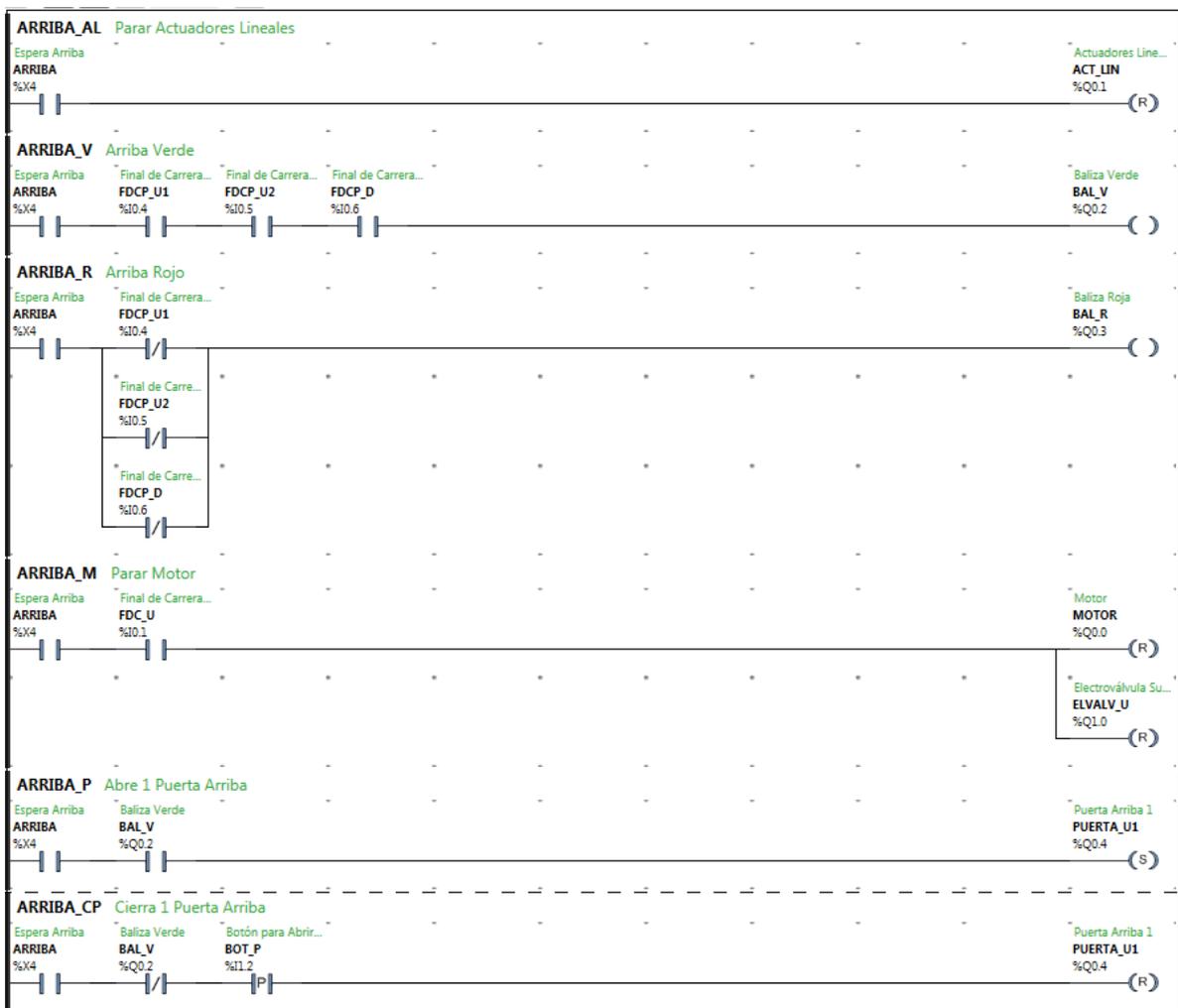


39- Esquema Paso "Arriba"

Este es un estado de espera, el más peligroso de todos, ya que se debe mantener la presión de los pistones, mientras se carga el elevador o durante el tiempo que el usuario considere.

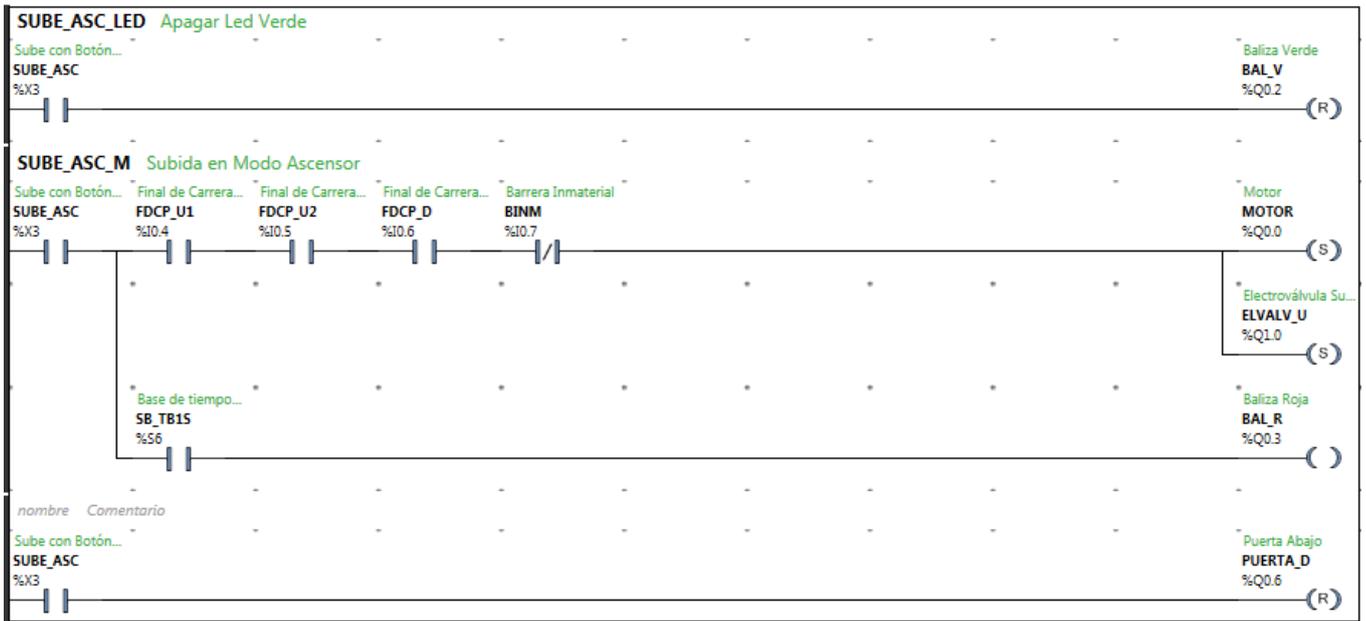
El elevador permanece en ese estado hasta que se pulse un botón, ya sea para bajar como ascensor (BOT_ASC) o para anclarlo arriba (BOT_ANC).

Para cargar el elevador solo se puede abrir una puerta, para que no utilicen el elevador como plataforma cuando no esté anclado, ya que no está asegurado con el anclaje, y puede ser peligroso.



40- Programa Paso "Arriba"

Una de las posibilidades, es que el paso inmediatamente anterior al estado "Arriba" sea el movimiento de las pestañas para desanclar, por lo tanto, en este paso deben desactivarse los actuadores en caso de que lo estén.



42- Programa Paso "Sube Anclaje"

Para activar este paso, se debe pulsar el botón "BOT_ANC" estando en el paso "Abajo", o que detecte el "FDC_A" activado durante la maniobra de descenso, por lo que se iniciaría la maniobra de anclaje.

En el inicio de la maniobra de anclaje, el primer paso es subir hasta arriba para que puedan salir las pestañas.

En primer lugar, al entrar en este paso, desactivamos la baliza verde del paso anterior. Asimismo, debemos bloquear la puerta de abajo, que es la que podría estar abierta por el paso anterior, que era el estado de espera "Abajo".

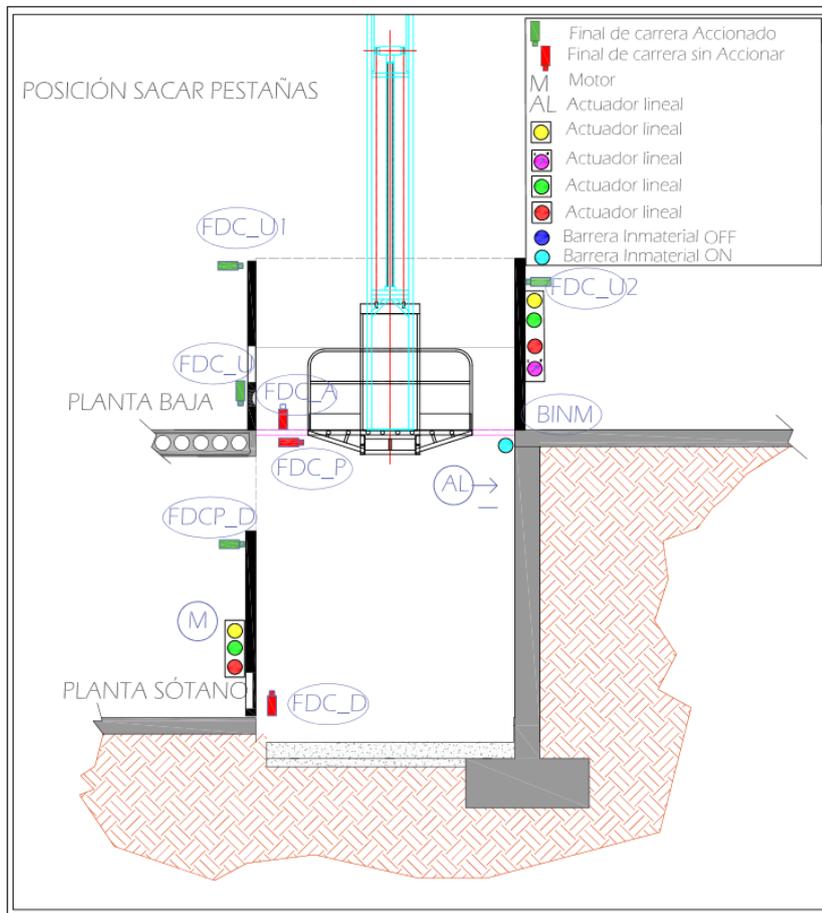
Para activar el motor de la bomba y la electroválvula se debe cumplir que estén todas las puertas cerradas y la barrera inmaterial debe estar recogida, es decir, no debe detectar ningún obstáculo (por si, en caso de algún error, la plataforma está por debajo de las pestañas y hay alguna pestaña fuera).

También ponemos la baliza roja intermitente que indica el movimiento del elevador.

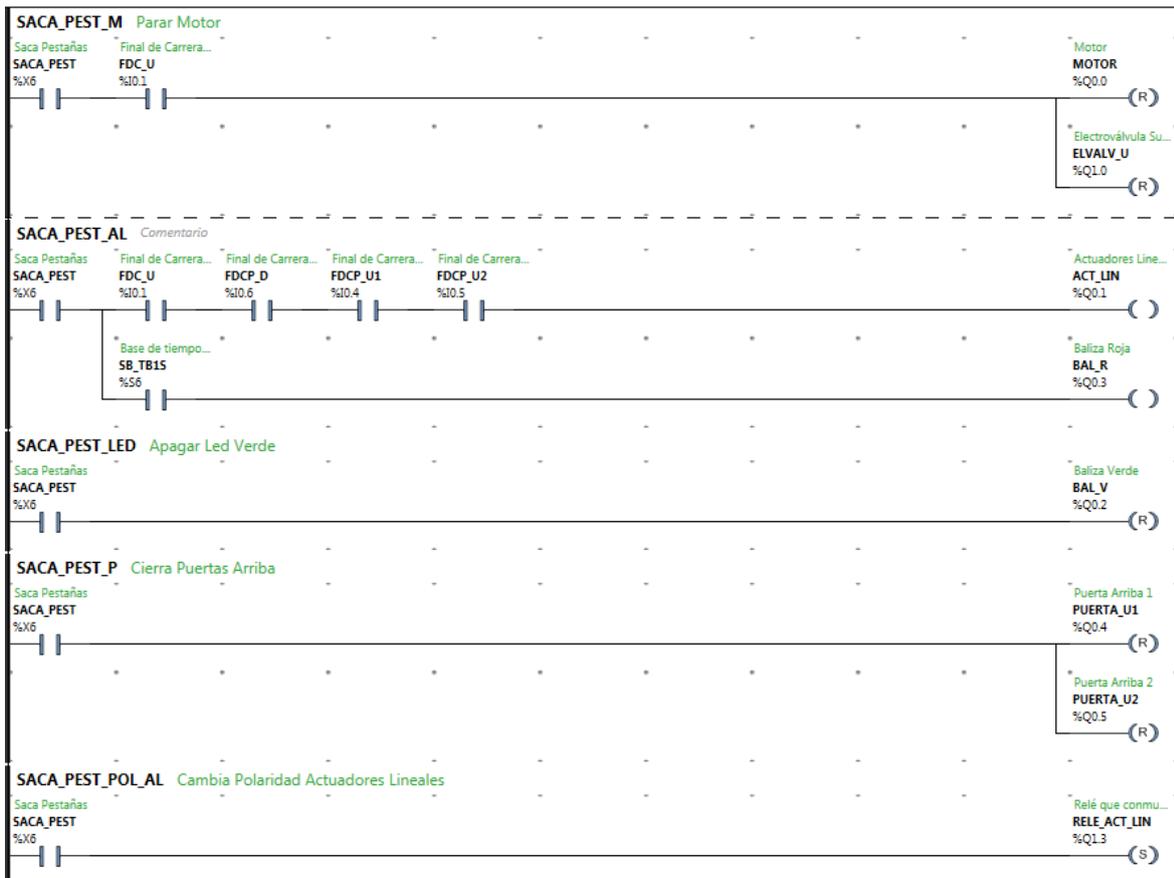
1.4.2.3.6 SACAR PESTAÑAS

Tabla 9- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Sacar Pestañas"

%X6 SACAR PESTAÑAS		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.1 ACT_LIN	%I0.0 FDC_P ASENTAR
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q0.3 ROJA INTERM	%Q0.1 ACT_LIN
%I0.6 FDC PUERTA D	%Q1.3 RELE_ACT_LIN	%Q1.3 RELE_ACT_LIN
%I0.7 BINM		
%I0.1 FDC_U		



43- Esquema Paso "Sacar Pestañas"



44- Programa Paso "Sacar Pestañas"

Este paso forma parte de la maniobra de anclaje, pero a diferencia del anterior, a A este paso se puede llegar desde "Sube Anclaje" si el elevador estaba abajo o desde el estado de espera "Arriba".

Las condiciones de inicio de este paso serían activar el FDC_U en el primer caso o tocar el pulsador BOT_ANC en el segundo caso. En el caso del paso "Arriba" deben cumplirse las condiciones de seguridad que imponga ese paso.

Una vez arriba (activado el final de carrera de arriba), en la maniobra de anclaje, se debe detener el movimiento de ascenso del elevador, desactivando la bomba y la electroválvula de subida.

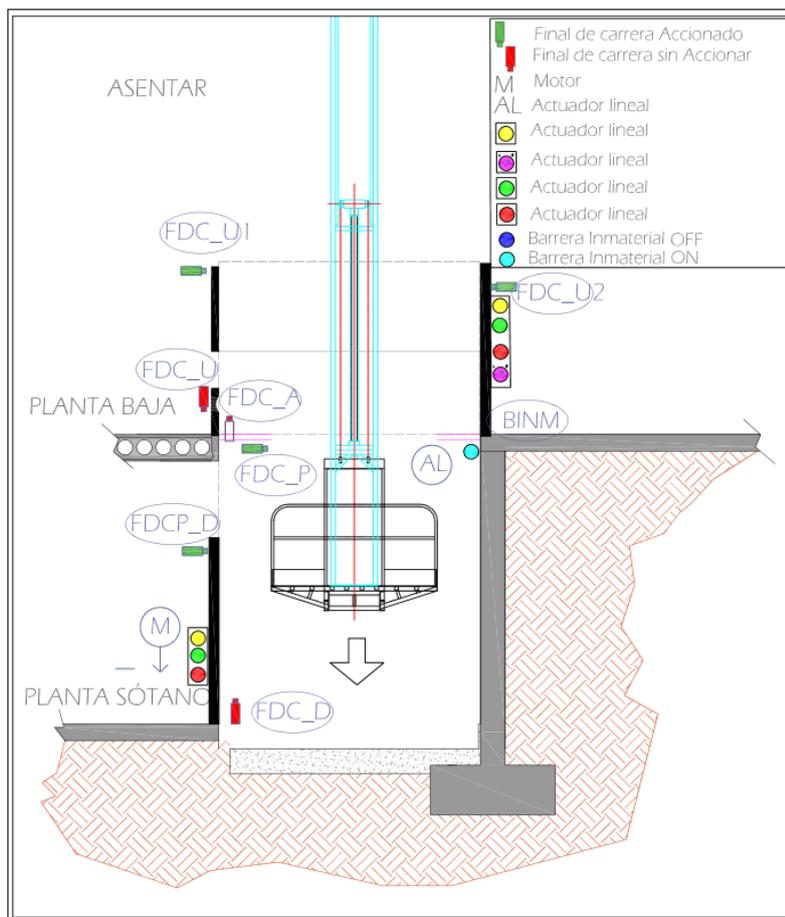
Si a este paso se ha llegado desde el estado "Arriba", este sería el paso inmediatamente anterior, por lo que hay que desactivar la baliza verde y bloquear las puertas de arriba. Como instrucciones para este paso se deben activar los actuadores lineales que saquen las pestañas, para lo que deben cumplirse todas las condiciones de seguridad, que son las puertas cerradas y el final de carrera de arriba activo (para detectar una posible caída del elevador que haría que se dañasen las pestañas).

Al entrar en este paso, se activa la salida “RELE_ACT_LIN” que activa el relé de cambio de polaridad de los actuadores lineales, cambiándola al sentido de sacar las pestañas.

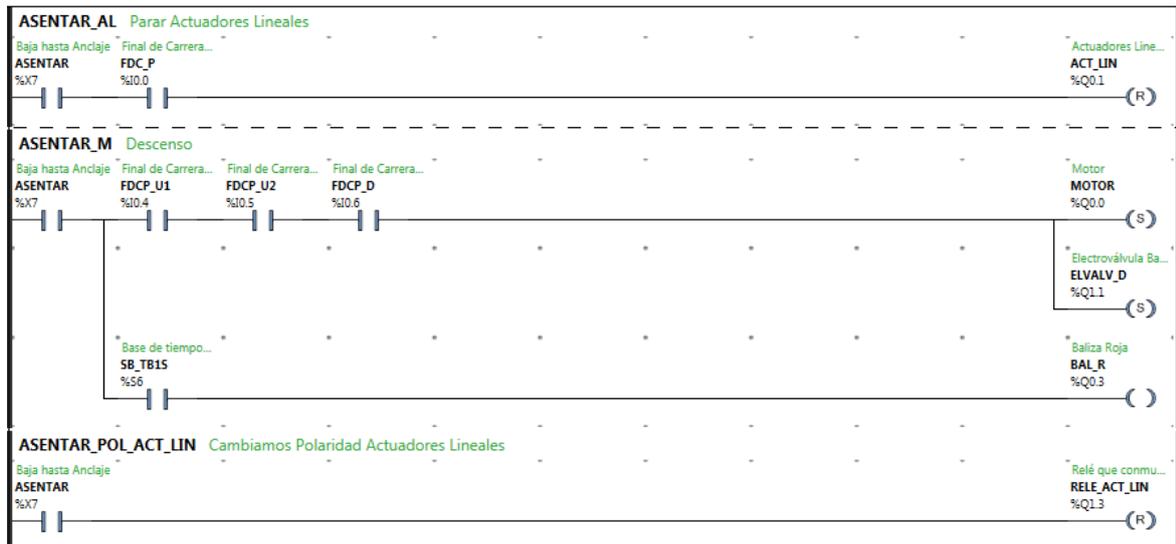
1.4.2.3.7 ASENTAR

Tabla 10- Entradas, Salidas y Condiciones Paso “Asentar”

%X7 ASENTAR		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.0 MOTOR	%I0.3 FDC_A ANCLADO
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q1.1 ELECTR D	%Q0.0 MOTOR
%I0.6 FDC PUERTA D	%Q0.3 ROJA INTERM	%Q1.1 ELECTR D
%I0.7 BINM		
%I0.0 FDC_P		



45- Esquema Paso “Asentar”



46- Programa Paso "Asentar"

Este es el paso final de la maniobra de anclaje. Una vez hayamos sacado las pestañas, estando en el tope de arriba, debemos dejar que el elevador baje hasta que se apoye completamente en las pestañas, pasando al estado de espera "Anclado".

La condición de transición para que finalice el paso "Sacar Pestañas" es que, al salir las pestañas, toquen los finales de carrera (FDC_P).

Ya en este paso, la primera acción será desactivar los actuadores lineales de las pestañas, para lo que deben estar activados los finales de carrera FDC_P. Una vez hayan salido las pestañas, cambiamos la polaridad de los actuadores lineales otra vez, volviendo a el sentido por defecto, el de guardar las pestañas.

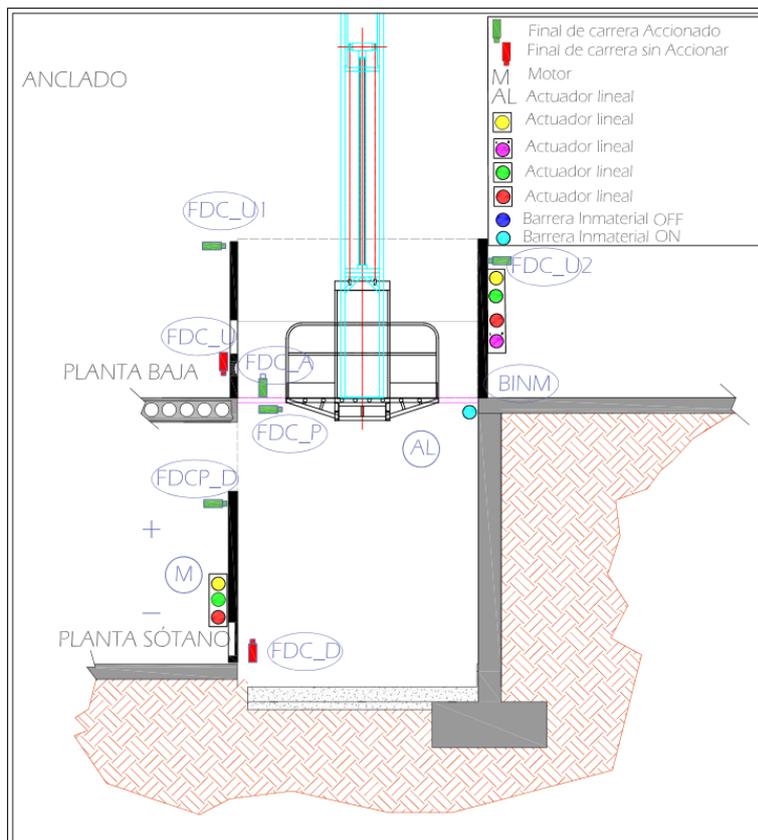
Tras comprobar que los finales de carrera de las puertas están activos y, por lo tanto, las puertas cerradas, se activa la bomba y la electroválvula de bajada.

Además, como en todos los pasos de maniobra, activamos la baliza roja intermitente gracias al bit del sistema %S6.

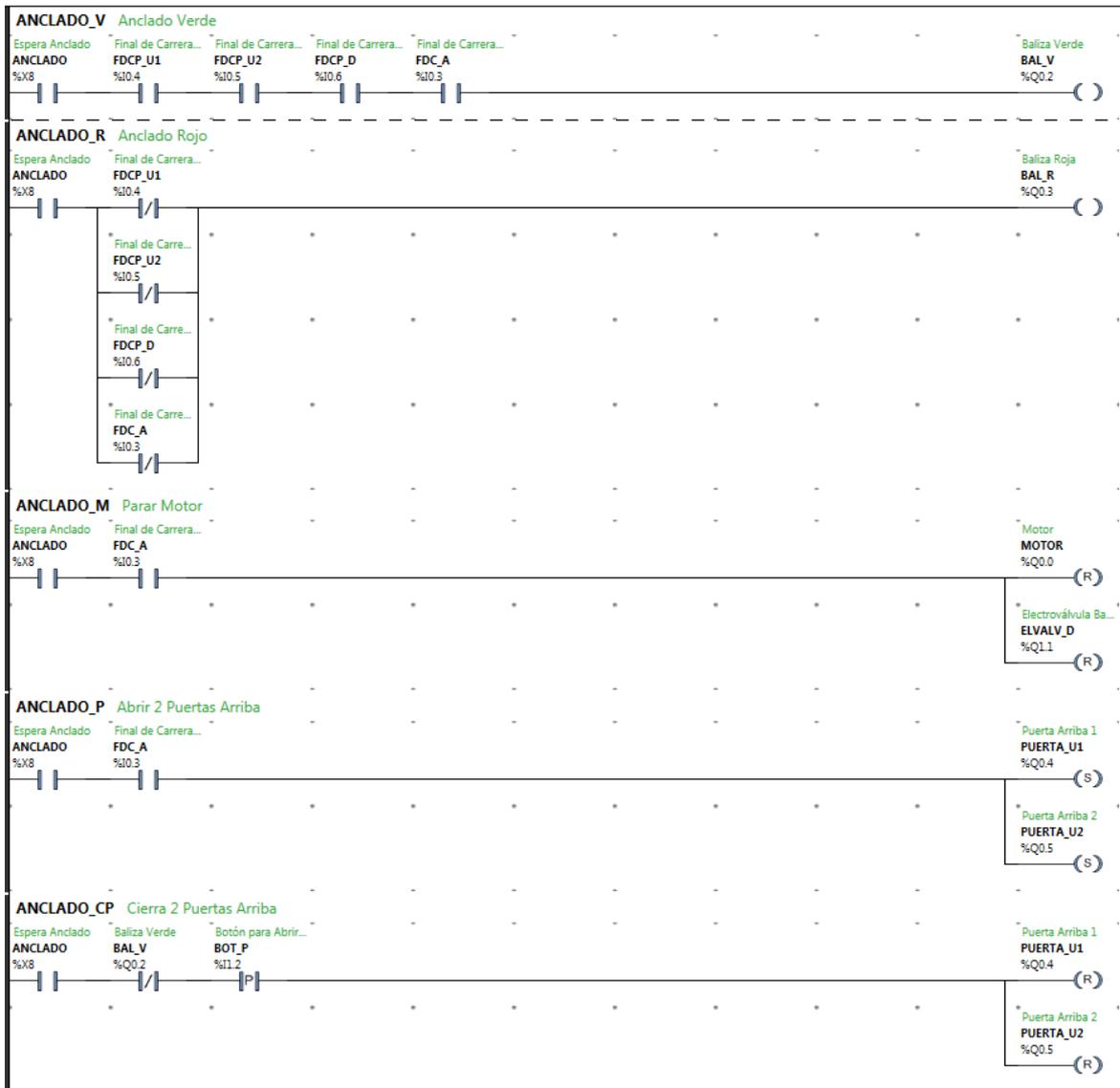
1.4.2.3.8 ANCLADO

Tabla 11- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Anclado"

%X8 ANCLADO		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%I0.4 FDC PUERTA U1	%Q0.2 VERDE	%1.0 BOT_ ANC SUBIR TOPE
%I0.5 FDC PUERTA U2	%Q0.4 PUERTA U1	%1.1 BOT_ ASC SUBIR TOPE
%I0.6 FDC PUERTA D	%Q0.5 PUERTA U2	%I0.3 FDC_A
%I0.7 BINM		%Q0.4 PUERTA U1
%I0.3 FDC_A		%Q0.5 PUERTA U2
%I0.0 FDC_P		



47- Esquema Paso "Anclado"



48- Programa Paso "Anclado"

El paso "Anclado" hace referencia al estado de espera en el que el elevador está fijado arriba mediante unas pestañas de seguridad, por lo que dejamos de depender de la presión de los cilindros, aumentando la seguridad y siendo posible cargar más peso.

En este caso el elevador pasa a funcionar como plataforma, para unir dos áreas dentro de la misma planta, que hasta ahora estaban separadas por el hueco del elevador.

Como en todos los estados de espera nos basamos en la baliza roja-verde, para indicar el estado de seguridad del elevador y condicionando el paso a otro estado. En este caso deben estar las 3 puertas cerradas y debe detectarse el correcto asiendo del elevador en las pestañas mediante el final de carrera de anclaje (FDC_A).

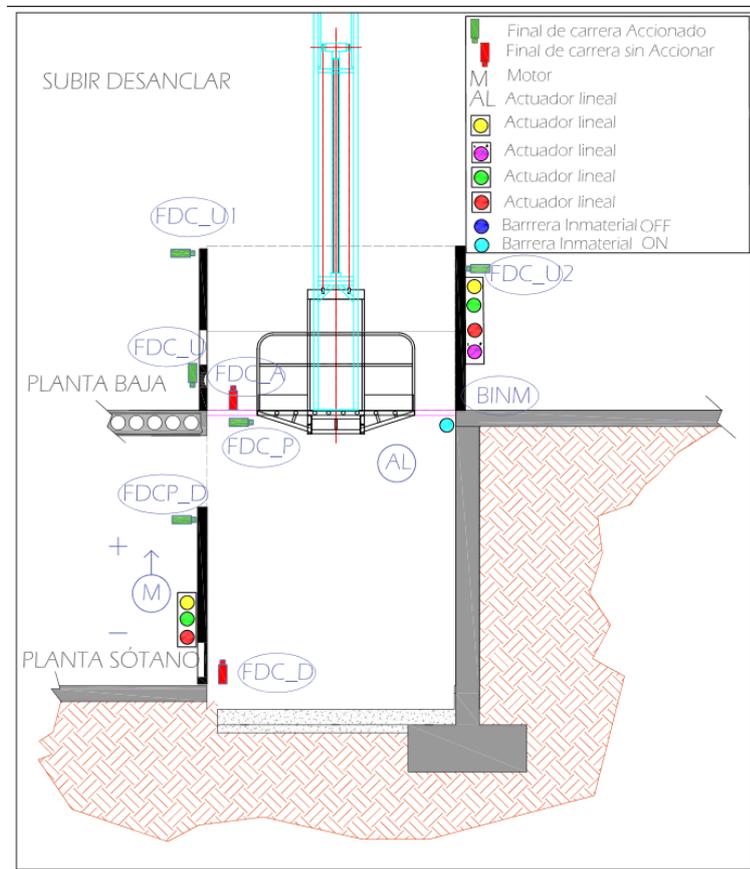
El estado anterior normal sería el de “Asentar”, pero puede darse el caso, en el encendido de la máquina, que al iniciarse en el estado “Descenso” detecte el FDC_A activado, y la barrera inmaterial detecte las pestañas fuera, por lo que pasaría a estar Anclado. Al entrar en este estado, se desactiva el motor y la electroválvula de descenso.

Para que el elevador pueda hacer de plataforma, se abren las dos puertas de arriba. Para cerrar las dos puertas, se ha de pulsar el botón “BOT_P”.

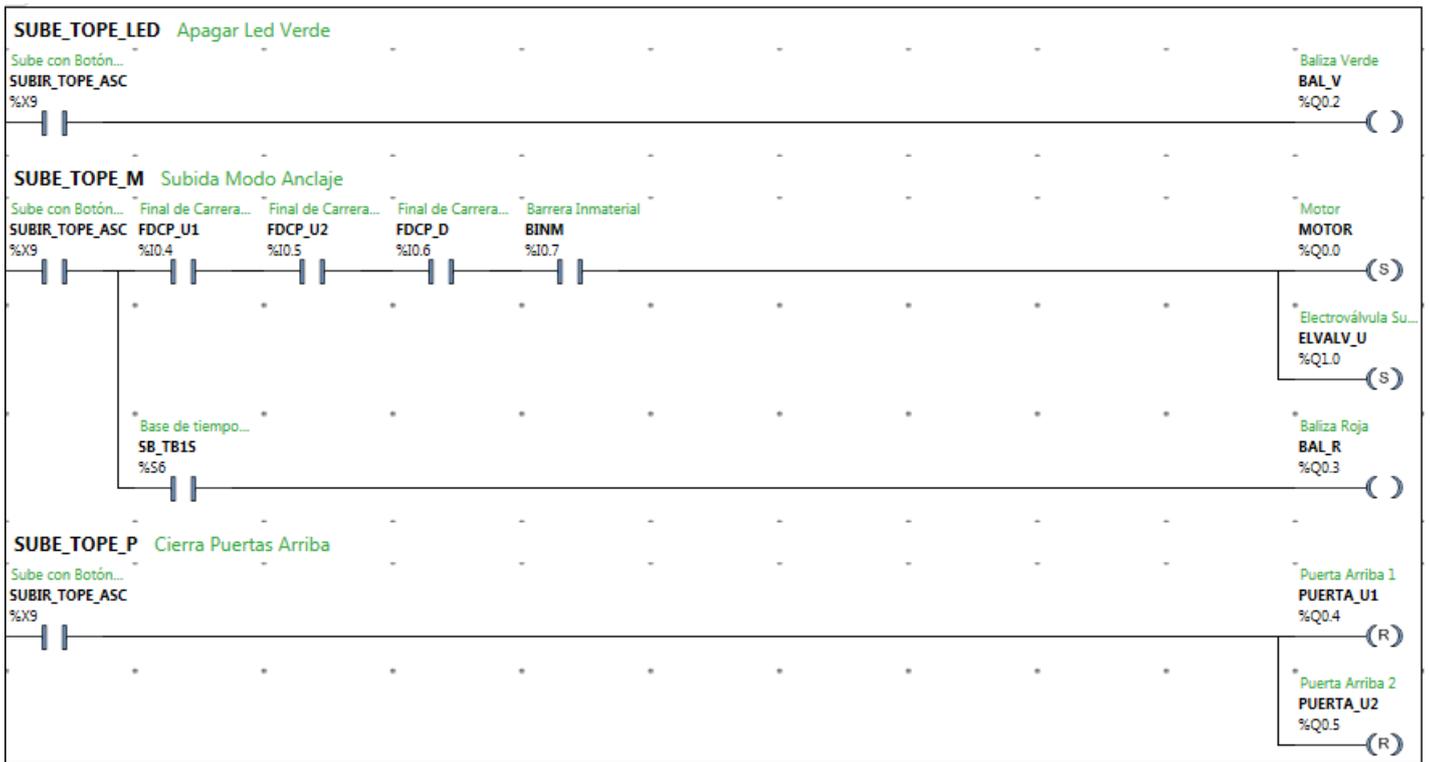
1.4.2.3.9 SUBIR HASTA TOPE

Tabla 12- Entradas, Salidas y Condiciones Paso "Subir hasta Tope"

%X9 Y %X11 SUBIR TOPE		
ENTRADAS	SALIDAS	FIN
%IO.4 FDC PUERTA U1	%Q0.0 MOTOR	%IO.1 FDC_U METER PESTAÑAS
%IO.5 FDC PUERTA U2	%Q1.0 ELECTR U	%Q0.0 MOTOR
%IO.6 FDC PUERTA D	%Q0.3 ROJA INTERM	%Q1.0 ELECTR U
%IO.7 BINM		
%IO.0 FDC_P		



49- Esquema Paso "Subir hasta Tope"



50- Programa Paso "Subir hasta Tope"

Desde el estado "Anclado", se pueden pulsar los botones BOT_ANC o BOT_ASC, para desanclar y permanecer arriba o para bajar respectivamente. Para que funcionen deben de cumplirse todas las condiciones de seguridad.

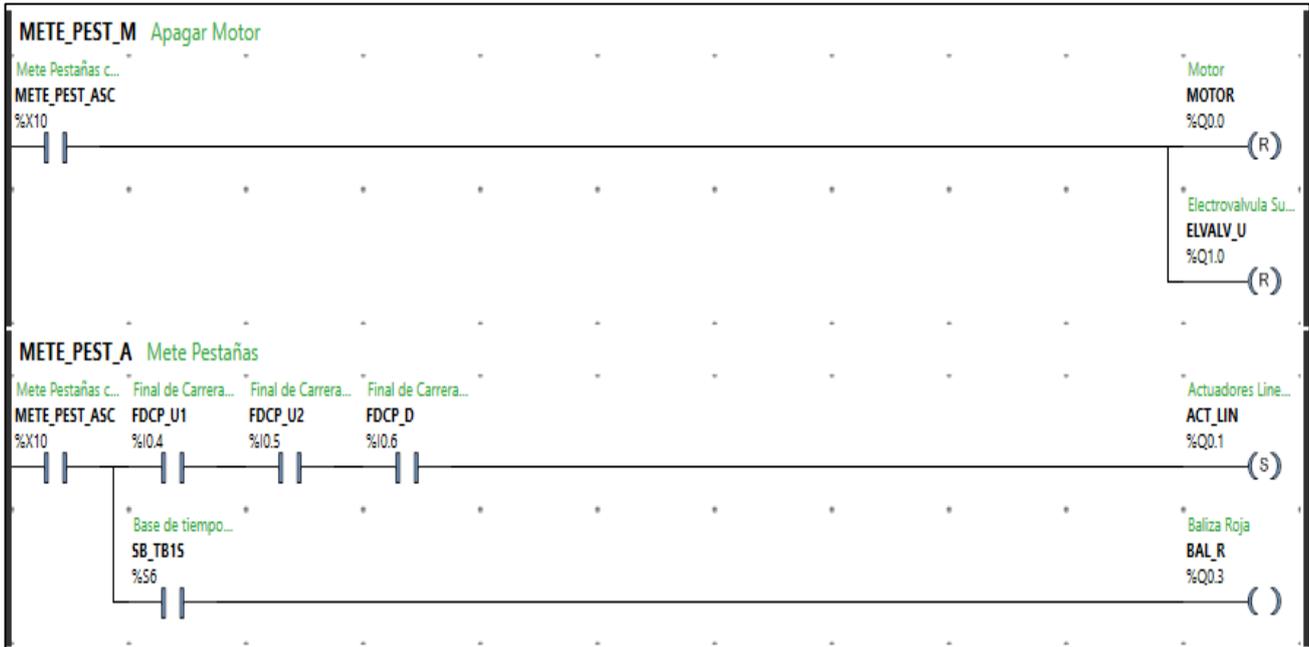
En cualquiera de los casos lo primero que debe hacerse es desanclar el elevador, por lo que los dos pasos siguientes al anclado tras pulsar cualquiera de los dos botones, son iguales en ambos casos.

En el primer paso de la maniobra de desanclaje, debemos subir una distancia suficiente para que las pestañas no rocen en su movimiento de recogida.

Como en cualquier maniobra lo primero es desactivar la baliza verde y bloquear las puertas de arriba.

Si se cumplen las condiciones del segundo escalón (puertas cerradas y barrera inmaterial con obstáculos) se activa el motor de la bomba y su consiguiente electroválvula.

Para indicar la maniobra, con nuestro código lumínico, activamos la baliza roja de forma intermitente durante toda la maniobra.



52- Programa Paso "Meter Pestañas"

Una vez establecido el contacto con el final de carrera superior, podemos guardar las pestañas para finalizar la maniobra de desanclaje.

El paso anterior siempre será el de subida, en este caso, por lo que debemos desactivar la bomba y electroválvula del paso anterior.

Una vez se compruebe que las puertas están cerradas podemos activar el actuador lineal que meta las pestañas.

Cuando la barrera inmaterial ya no detecte ningún obstáculo podemos pasar al siguiente paso. "Arriba", si se pulsó BOT_ANC o "Descenso", en caso de haber pulsado BOT_ASC cuando el elevador estaba en "Anclado".

1.4.2.3.11 CONDICIONES GLOBALES

Además de los pasos del programa que ya hemos visto, se han puesto unas condiciones que se aplican en todos los pasos. Estas pueden ser condiciones de seguridad, de encendido u otras instrucciones que consideremos necesarias.



53- Programa "Puerta Abierta"

En caso de que una de las puertas se detecte como abierta, sea en la etapa que sea, se parará el motor de la bomba y se apagará la baliza verde.



54- Programa "Seguridad Puertas"

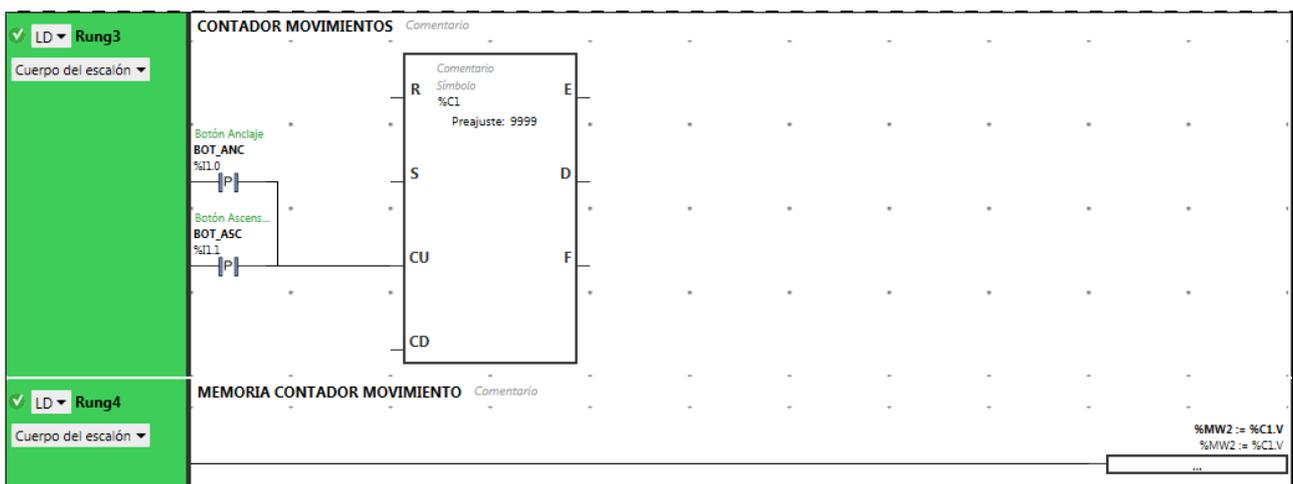
En caso de que alguna de las puertas se esté cerrando, y se active la barrera inmaterial de la misma, está parará de cerrarse y se volverá a abrir. Es una condición de seguridad necesaria para los operarios, el material y la maquinaria, ya que de no estar podrían dañarse por el cierre de las puertas mientras cargan el elevador o lo usan de pasarela.



55- Programa "Contador Pestañas"

Cada vez que se active el final de carrera de las pestañas, se sumará en un contador. Después se ha asignado un área de la memoria para que se guarde ese valor.

Esto nos permitirá saber el uso que han tenido las pestañas, para poder usar estos datos en el mantenimiento, para la garantía o simplemente para conocer la durabilidad de los actuadores lineales y otros elementos que intervienen en el movimiento de las pestañas, lo cual es un sistema clave y crítico del elevador.



56- Programa "Contador de Movimientos"

Lo mismo que para las pestañas se ha hecho para conocer el uso de la máquina, en este caso se han utilizado los botones. Es un método poco preciso, porque no conoceremos muchos datos y es fácil de falsear, si se pulsa varias veces por impaciencia, por ejemplo.

1.4.2.4 PROGRAMA DEFINITIVO

Como ya se ha dicho, la presentación de pasos anterior no es la real, normalmente no se usa, pero a efectos de explicación y para una programación inicial es la forma más cómoda de ver qué pasa en cada paso por separado.

Sin embargo, en la realidad, se sigue usando el gráfico GRAFCET, para hacer referencia a los pasos y para las condiciones de transición. Pero las condiciones y órdenes se escriben de otra forma, en la cual hay un escalón para cada salida y vamos poniendo las condiciones para que se active o desactive esa salida.

Al final se ha seleccionado un cilindro de simple efecto, en lugar del de doble efecto que había en el programa preliminar, por lo tanto, solo hará falta encender el motor para subir y podemos bajar con el motor parado activando la electroválvula de bajada.

Esto nos ha permitido reducir el número de salidas, pudiendo prescindir del módulo de entradas y salidas que se había seleccionado para el programa preliminar, ya que hemos seleccionado otro autómata con más entradas y salidas.

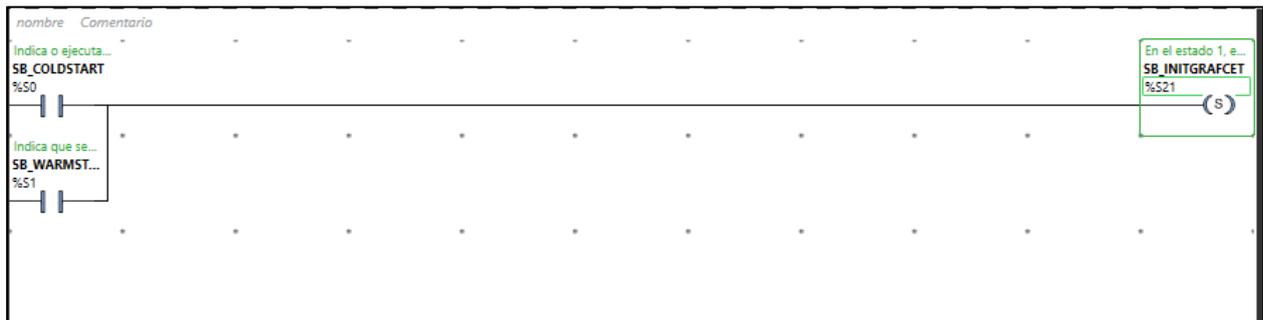
Tabla 14- Entradas y Salidas Definitivas

ENTRADAS		
DIRECCIÓN	SIMBOLO	COMENTARIO
%I0.0	FDC_P	Final de Carrera Pestañas
%I0.1	FDC_U	Final de Carrera Arriba
%I0.2	FDC_D	Final de Carrera Abajo
%I0.3	FDC_A	Final de Carrera Asiento
%I0.4	FDCP_U1	Final de Carrera Puerta 1 Arriba
%I0.5	FDCP_U2	Final de Carrera Puerta 2 Arriba
%I0.6	FDCP_D	Final de Carrera Puerta Abajo
%I0.7	BINM	Barrera Inmaterial
%I0.8	BOT_PD	Botón Puerta de Abajo
%I0.9	BOT_ANC	Botón Anclaje
%I0.10	BOT_ASC	Botón Ascensor
%I0.11	BOT_PU1	Botón Puerta de Arriba 1
%I0.12	BOT_PU2	Botón Puerta de Arriba 2
%I0.13	BINM2	Barrera Inmaterial Puertas
%I1.0	SA_OUTPUTON	Salida Seguridad Activada
%I1.1	SA_SUPPLY	Alimentación Disponible (A1/A2)
%I1.2	SA_SUPPLYFAIL	Alimentación No Tolerada
%I1.3		Reservado
%I1.4		Reservado
%I1.5	SA_START	Inicio Activo
%I1.6	SA_K1	Relé K1 Activado
%I1.7	SA_K2	Relé K2 Activado

%I1.8		Reservado
%I1.9		Reservado
%I1.10		Reservado
%I1.11		Reservado
%I1.12	SA_WAITINGFORSTART	Esperando Condición de Inicio
%I1.13		Reservado

SALIDAS		
DIRECCIÓN	SIMBOLO	COMENTARIO
%Q0.0	MOTOR	Motor
%Q0.1	ACT_LIN	Actuadores Lineales
%Q0.2	BAL_V	Baliza Verde
%Q0.3	BAL_R	Baliza Roja
%Q0.4	PUERTA_U1	Puerta Arriba 1
%Q0.5	PUERTA_U2	Puerta Arriba 2
%Q0.6	PUERTA_D	Puerta Abajo 1
%Q0.7		
%Q0.8	ELVALV_D	Electroválvula Bajar
%Q0.9	RELE_ACT_LIN	Relé que conmuta entre + y - el actuador lineal
%Q2.0	SA_ENABLE	Activación de Salidas de Seg. Habilitada
%Q2.1	SA_RESETMODULE	Desactivar Módulo (Fuente de Corriente Desconectada)
%Q2.2	SA_KEEPLIVE	Función de Seg. Permanece Activa con BUS Muerto (Timeout)
%Q2.3	INT_SEG	Interruptor de seguridad

En el POU Lader de las acciones generales:

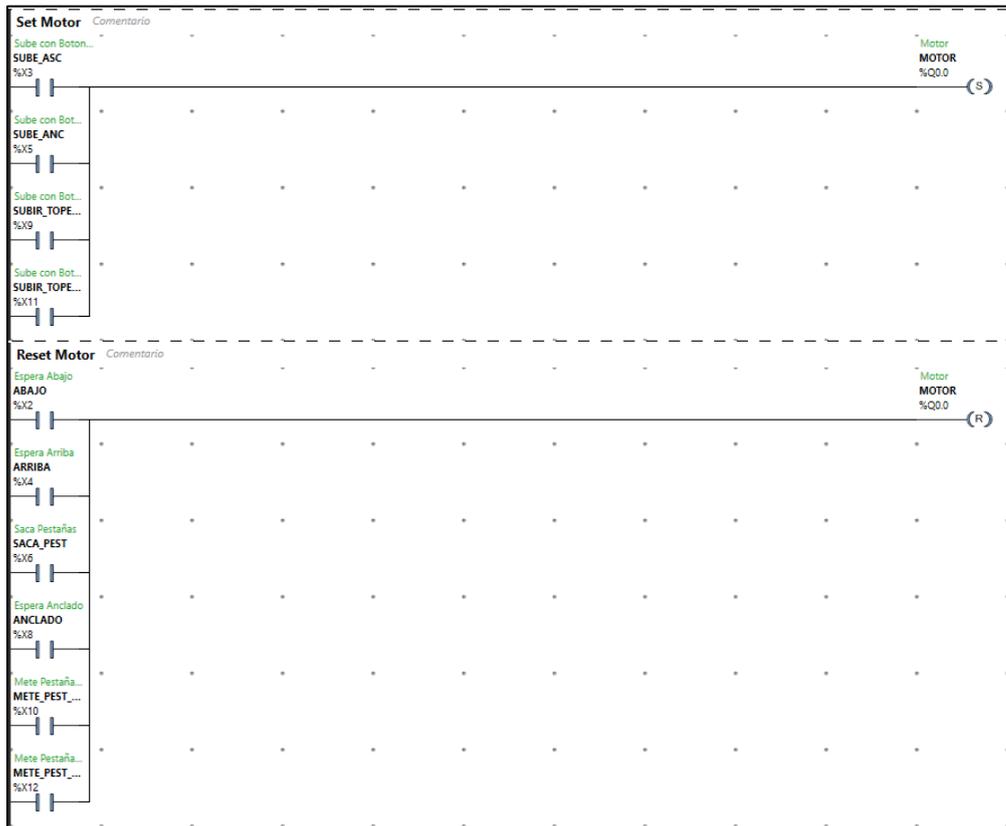


59- Programa "Inicio"

En el primer escalón ponemos como condición que, ante cualquier inicio del autómatas, ya sea en frío o en caliente, se inicie el GRAFCET en el paso 1, es decir, en "Descenso".

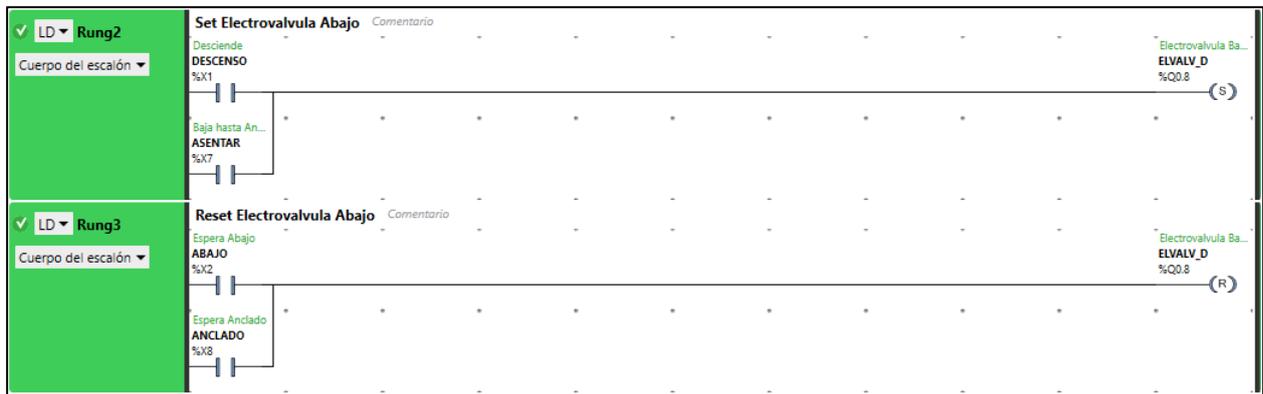
También incluimos las condiciones generales y de seguridad que ya pusimos en el programa anterior: los contadores, la memoria que almacene el error que produjo la última parada, que se quede alguna puerta abierta o se cierren con obstáculos en medio.

En el POU Lader de los pasos:



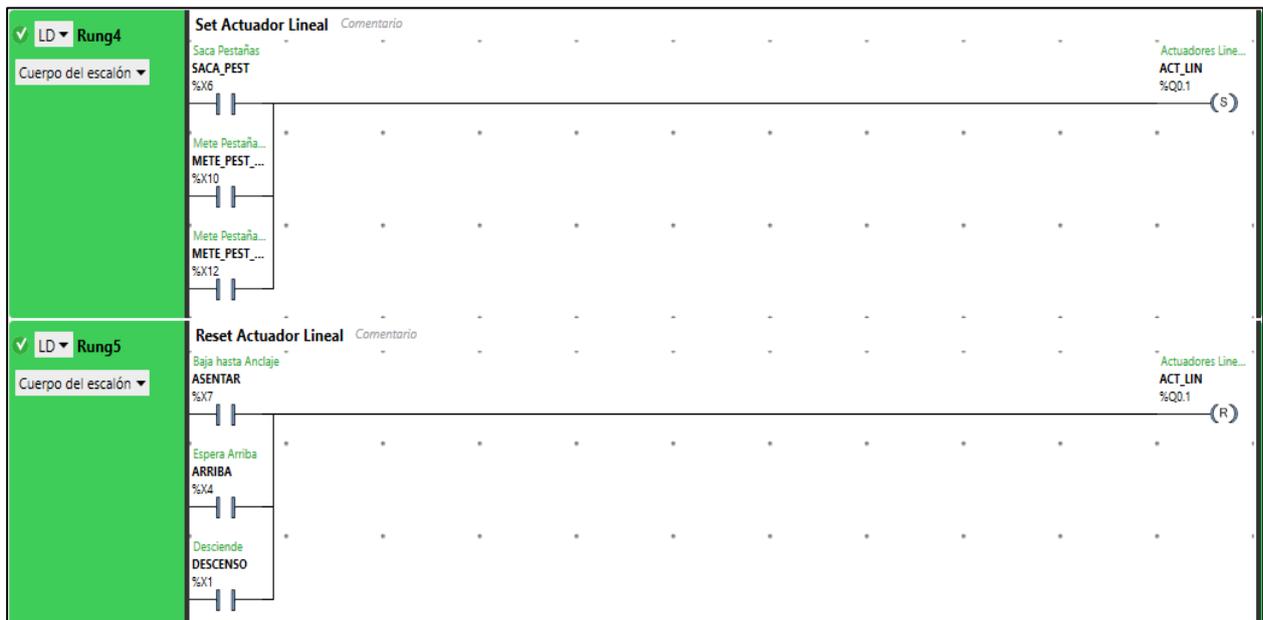
60- Programa "Set Reset Bomba"

Aquí ponemos las condiciones de encendido (Set) o de apagado (Reset), que serán los pasos en los que debe activarse el motor de la bomba para subir y en los que deba apagarse el motor, ya sea porque no se mueve verticalmente o para bajar (porque el cilindro será de simple efecto y solo habrá que activar la electroválvula de bajada).



61- Programa "Set Reset Electroválvula"

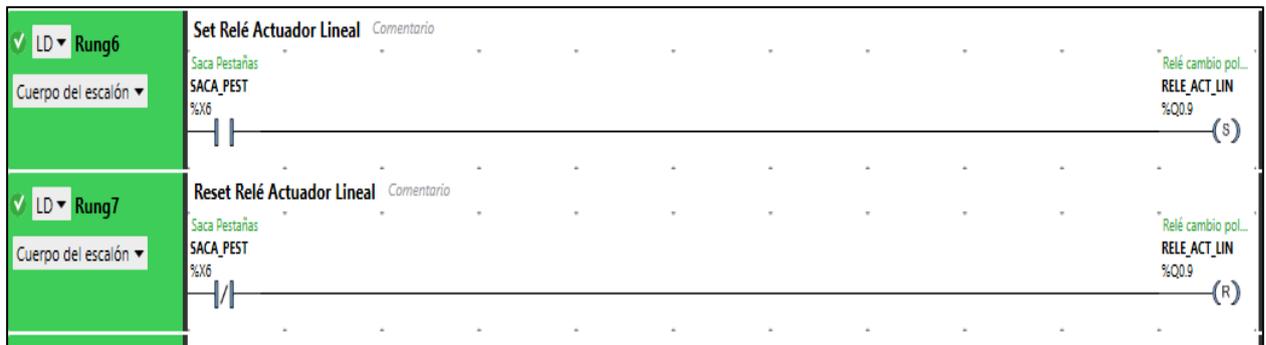
En estos pasos activamos la electroválvula para dejar bajar el elevador y la desactivaremos en los pasos inmediatamente posteriores a los descensos.



62- Programa "Set Reset Actuator Lineal"

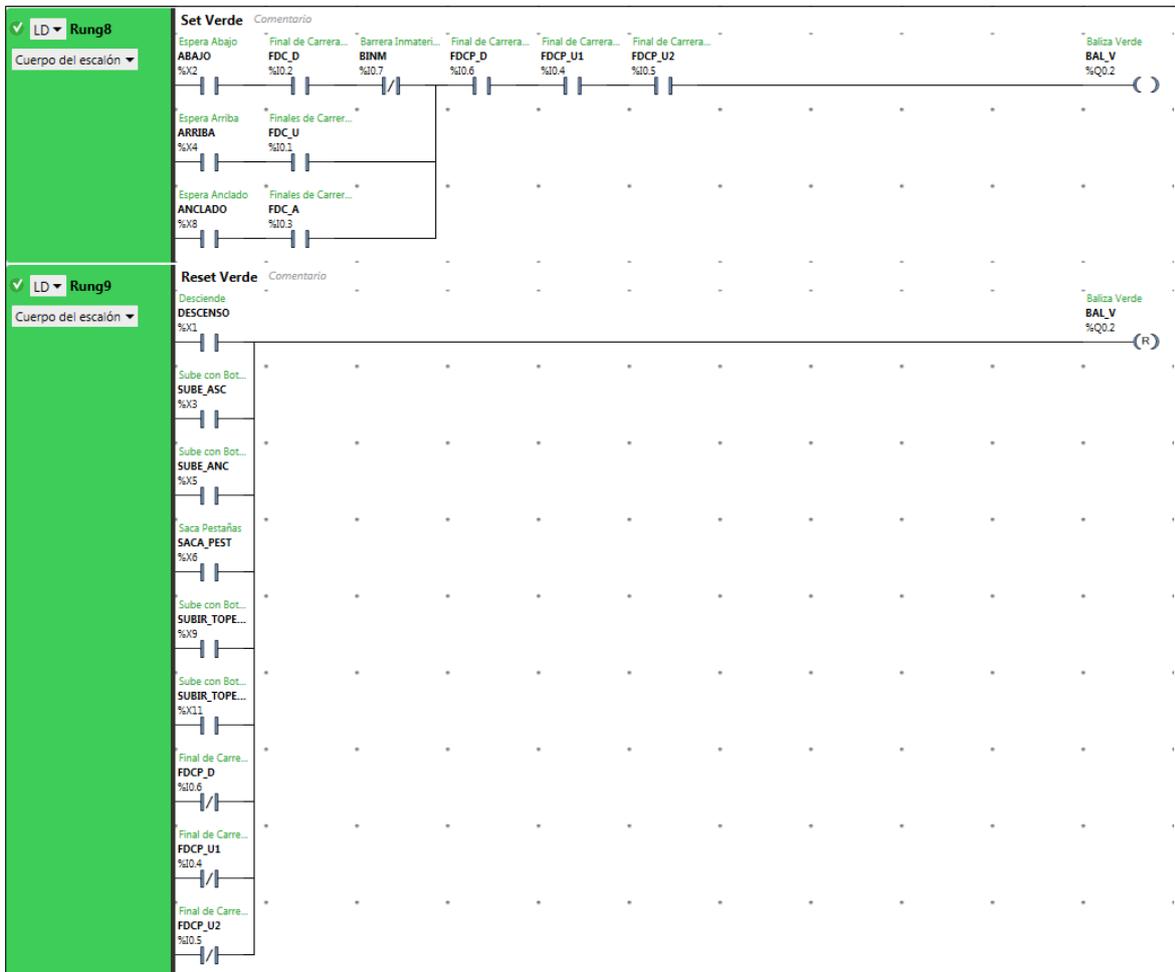
En el caso de los actuadores lineales los activaremos siempre que se vayan a mover las pestañas (tanto en un sentido como en otro) y los desactivaremos en los pasos inmediatamente posteriores.

Para el cambio de polaridad de los actuadores lineales, que permitirá que funcionen en el sentido contrario utilizaremos un relé que al armarse cambiará la polaridad, siendo el sentido por defecto el que guarde las pestañas.



63- Programa "Set Reset Relé Actuador Lineal"

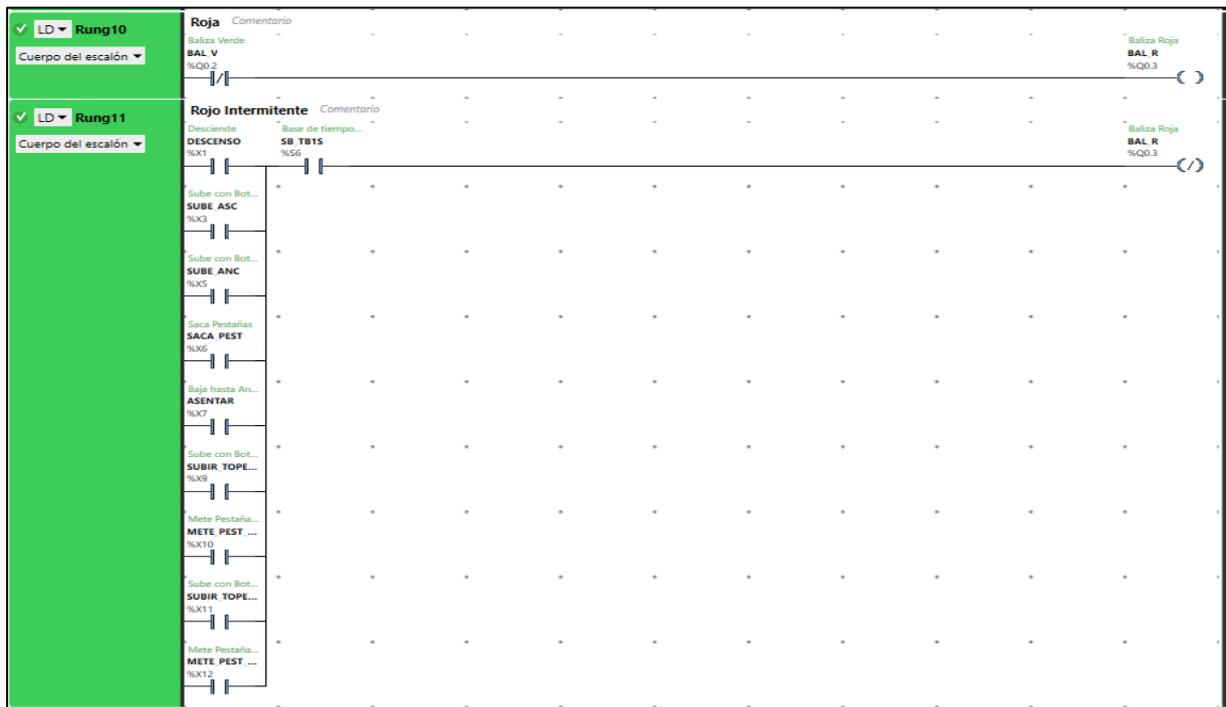
Por ello, para sacar las pestañas debe estar activado el actuador lineal y el relé que cambie la polaridad. En el paso "Sacar pestañas" se activará el relé y, cuando no esté en ese paso, el relé se desactivará.



64- Programa " Set Reset Baliza Verde"

Como ya vimos antes, utilizamos la baliza verde para indicar que todo está bien, visualmente para el usuario y también lo podemos utilizar como condición necesaria para pasar al siguiente paso.

En estos escalones ponemos las condiciones para que se active la baliza verde, donde que las puertas estén cerradas, serán condiciones comunes para todos los estados de espera y para cada estado ponemos las condiciones que se deben cumplir, dependiendo del estado deberán estar activos unos finales de carrera u otros.



65- Programa "Set Reset Baliza Roja"

La luz roja estará activa siempre que no lo esté la verde.

También incluimos los pasos en los que el rojo parpadeará, que serán todos los estados que impliquen un movimiento. Como habíamos indicado que en caso de que no esté el verde esté el rojo, para que parpadee debemos negar la salida de la baliza roja, para que se apague en ciclos de un segundo.



66- Programa “Set Reset Abrepuertas Abajo”

La condición para que pueda abrirse la puerta de abajo será que el elevador este situado abajo, con la baliza verde activa, y que se pulse el botón BOT_PD.

A fin de mantener la puerta abierta mientras se carga el elevador, no se volverá a cerrar hasta volver a pulsar el botón BOT_PD.

En los pasos inmediatamente posteriores al estado “Abajo” se bloqueará la puerta de abajo.

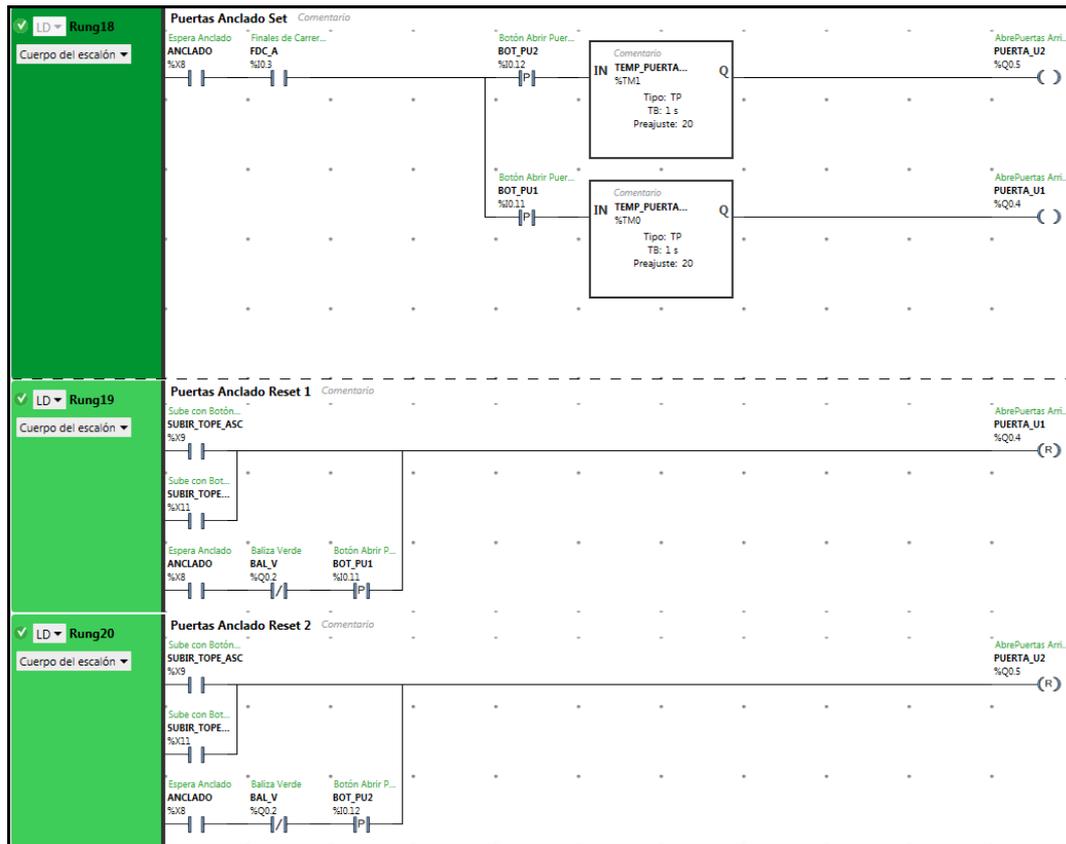
El caso de las puertas de arriba es un caso especial, ya que en el caso del anclaje se pueden abrir las dos, pero en el caso de “Arriba” solo se puede abrir una, ya sea una u otra.



67- Programa "Set Reset Abrepuertas Arriba"

Para abrir una puerta se debe pulsar uno de los botones, de la puerta que se quiera abrir. La condición que dice que debe estar encendida la baliza verde, hace que al abrir una puerta no pueda abrirse la otra. Para cerrar la puerta hay que apretar el botón otra vez.

En el caso de que no esté arriba, en los pasos inmediatamente posteriores a "Arriba" las puertas se bloquearán, en caso de que hubiesen quedado activas.



68- Programa "Set Reset Abrepuertas Anclado"

En el caso del anclado, se podrán abrir las dos puertas, por lo que hay que quitar la condición de la baliza verde, además se ha puesto un contador de 20s, para que no haya que mantener pulsado el botón hasta que la puerta se haya abierto. Además, esto permite que se pueda ir a abrir la otra puerta mientras se abre la primera. Para cerrar las puertas, habrá que cerrarlas una a una, pulsando los botones respectivamente.

Como siempre, en los pasos inmediatamente posteriores, se bloquearán las puertas.

TRANSICIONES

Las transiciones son las condiciones que se deben cumplir para que se pase de un paso a otro, en el gráfico GRAFCET las transiciones estaban representadas como cuadros dentro de las flechas que unen los pasos y están nombradas como “TRx” donde X es el número de transición.



69- Transición “Descenso-Abajo”

Para que el elevador deje de bajar y pase a estar “Abajo” se debe activar el final de carrera de abajo (FDC_D).

En el caso de que, en el descenso, no llegue abajo porque las pestañas estuviesen fuera, en lugar de pasar a “Abajo” el elevador pasaría al paso “Anclado”.



70- Transición “Bajar-Asentar”

Para ello se debe cumplir que se toque el FDC_A (que indicaría que ha empezado por encima de las pestañas) y que la barrera inmaterial detecte algún obstáculo.



71- Transición “Bajar- Librar Pestañas”

En caso de que en el descenso, este presionando el FDC_A, pero no haya ningún obstáculo (es decir, las pestañas estén recogidas), se iniciará la maniobra de anclaje, pasando al paso “Sube Anclaje”.

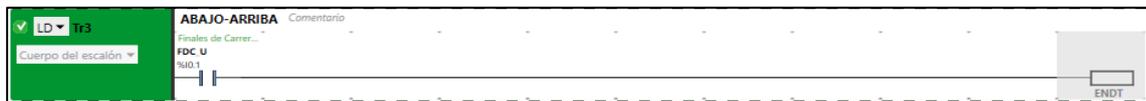
Como hemos visto, cuando el elevador se encuentra en “Abajo” hay dos posibilidades, dependiendo el botón que se pulse:



72- Transición “Abajo-Botón Ascensor”

En caso de que pulsemos el botón de ascensor (BOT_ASC) y la baliza esté en verde, se inicia la maniobra de subida, para pasar al estado “Arriba” por lo tanto, pasamos al paso “Sube Ascensor” (%X3).

La carrera de ascenso acabará cuando se alcance el final de carrera de arriba (FDC_U).



73- Transición “Abajo-Arriba”

En caso de que, estando abajo, pulsemos el botón de anclaje (BOT_ANC) y la baliza esté en verde, iniciamos la maniobra de subida y anclaje, por lo tanto, pasamos al paso “Sube Anclaje”.



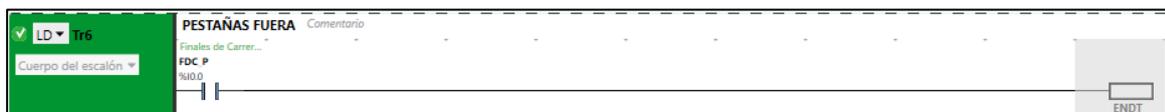
74- Transición “Abajo-Botón Anclaje”

El paso siguiente será el de “Sacar pestañas”, el cual entrará en acción una vez hayamos llegado al tope de arriba.



75- Transición “Subir-Librar Pestañas”

El final del paso “Sacar Pestañas” lo marcarán los finales de carrera que detectan las pestañas extendidas (FDC_P).



76- Transición “Pestañas Fuera”

Una vez alcanzado el tope de las pestañas podemos bajar el elevador hasta su asiento, pasando al estado de espera “Anclado”. Para lo cual debe detectar que se ha tocado el FDC_A.



77- Transición “Asienta”

Cuando el elevador se encuentra en el estado “Anclado” volvemos a tener dos posibilidades dependiendo del botón que pulsemos: BOT_ANC para desanclar y pasar a “Arriba” y BOT_ASC para desanclar y bajar hasta “Abajo”.

La maniobra de desanclado será igual para los dos casos, por lo tanto, Tr8=TR11; Tr9=Tr12 y Tr10=Tr13.



78- Transición “Anclado-Botón Ascensor”

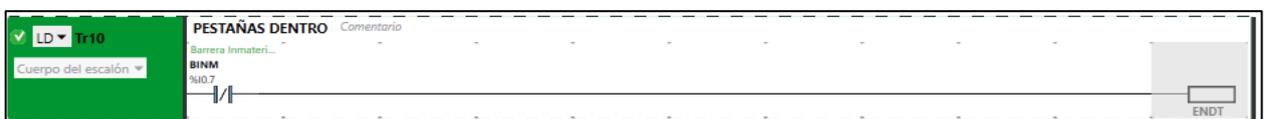
En la primera transición indicamos que cambie de paso al detectar el flanco positivo del botón BOT_ASC a la vez que este activada la baliza verde



79- Transición “Subir-Librar Pestañas”

La distancia que debe subir para dejar de interferir en el movimiento de las pestañas la detectaremos con el FDC_U, por lo tanto, cuando se active, pasaremos al paso “Meter Pestañas”.

El final del paso “Meter Pestañas” lo marcará la barrera inmaterial, por lo tanto, cuando se cierre dejaremos de tener obstáculos y consideraremos que las pestañas están recogidas y podemos pasar al siguiente paso, ya sea “Descenso” o “Arriba”, dependiendo del botón que se haya pulsado.



80- Transición “Pestañas Dentro”

Cuando el elevador está en el estado de reposo “Arriba” volvemos a tener dos posibilidades, con los dos botones.

Para bajar desde “Arriba” hasta “Abajo” pulsaremos el botón de ascensor (BOT_ASC), siempre y cuando esté activada la baliza verde. Pasaremos al paso “Descenso”.



81- Transición “Arriba-Botón Ascensor”

En el caso de que el usuario pulse el BOT_ANC, se iniciará la maniobra de anclaje, de la cual nos podemos saltar un paso, ya que el ascensor ya está presionando el final de carrera FDC_U. Por lo tanto, podemos pasar directamente a “Sacar Pestañas”.



82- Transición “Arriba-Botón Anclaje”

1.5 BIBLIOGRAFÍA

http://www.silcon.com.ar/un_poco_de_historia.htm

<http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/history.html>

<https://cityliftascensores.com/diferencias-entre-un-ascensor-electrico-y-uno-hidraulico/>

<https://arquigrafico.com/tipos-de-ascensores-para-las-edificaciones/>

[Real Decreto 203/216, Requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de ascensores y componentes de seguridad para ascensores, BOE,](#)

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2008/BOE-A-2008-16387-consolidado.pdf>

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>

https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_es

<https://www.boe.es/boe/dias/2016/05/25/pdfs/BOE-A-2016-4953.pdf>

<https://www.aenor.com/>

<https://www.nema.org/pages/default.aspx>

<https://www.se.com/es/es/>

<https://www.vmc.es/es>

<https://www.lovatoelectric.es/>

<https://www.hiwin.de/hiwin/en/EUR>

<https://tesensors.com/es/es>

<https://www.eaton.com/es/es-es.html>

1.6 SOFTWARE UTILIZADO

Schneider EcoStruxure Machine Expert – Basic

Autodesk Autocad 2018

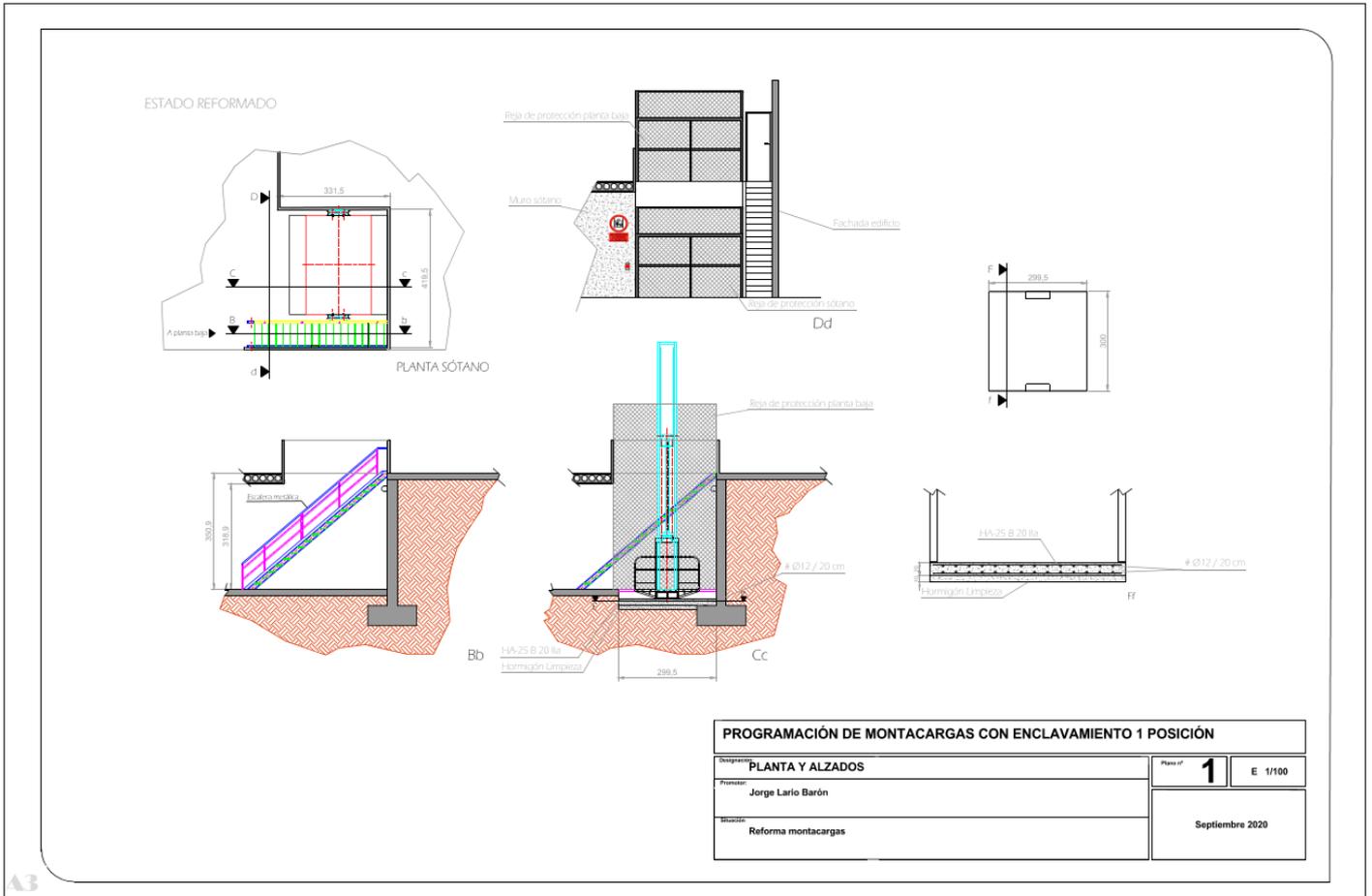
Microsoft Word 16

Microsoft Excel 16

Adobe Acrobat Pro DC 2015

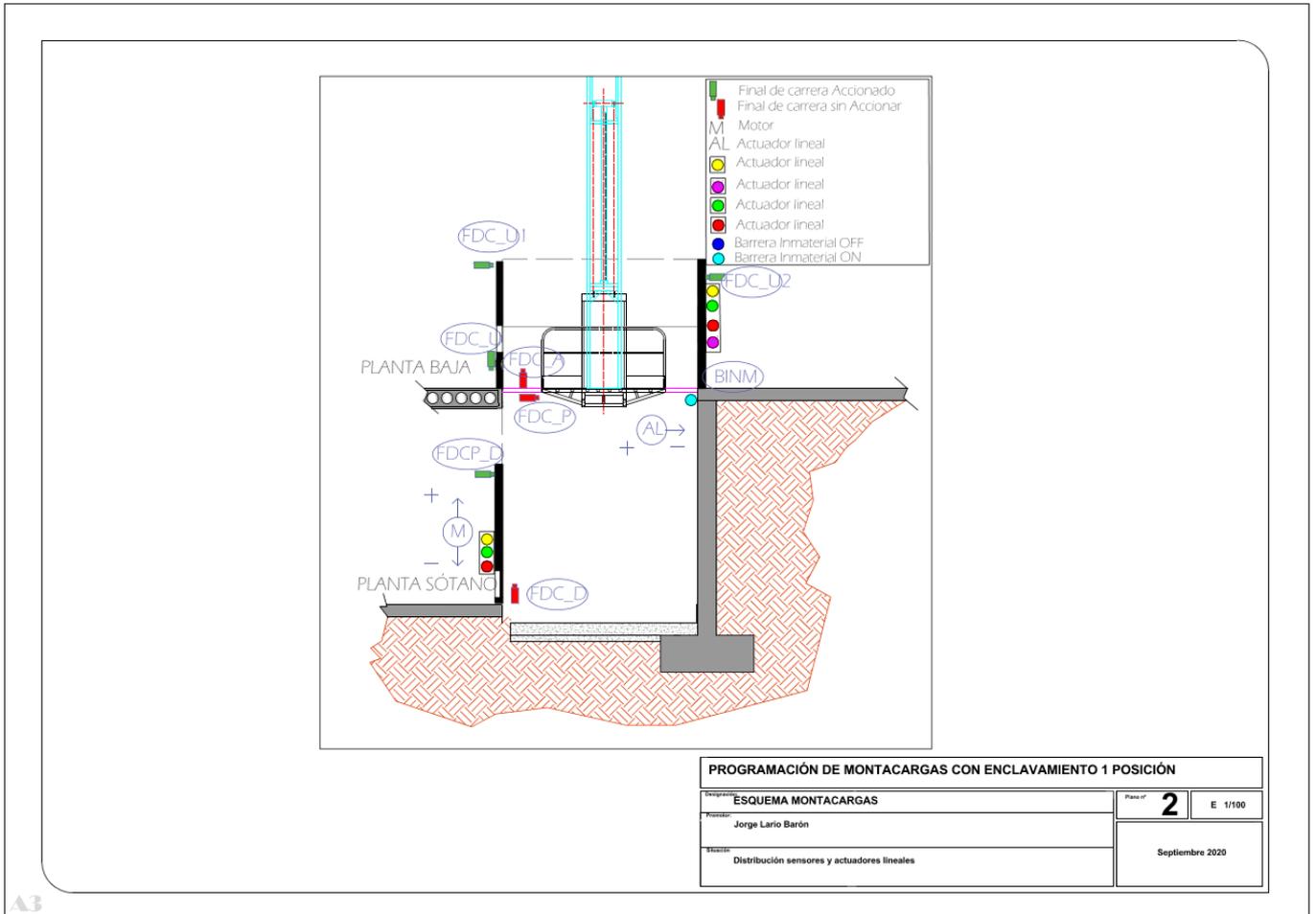
2. PLANOS

2.1 PLANTA Y ALZADOS



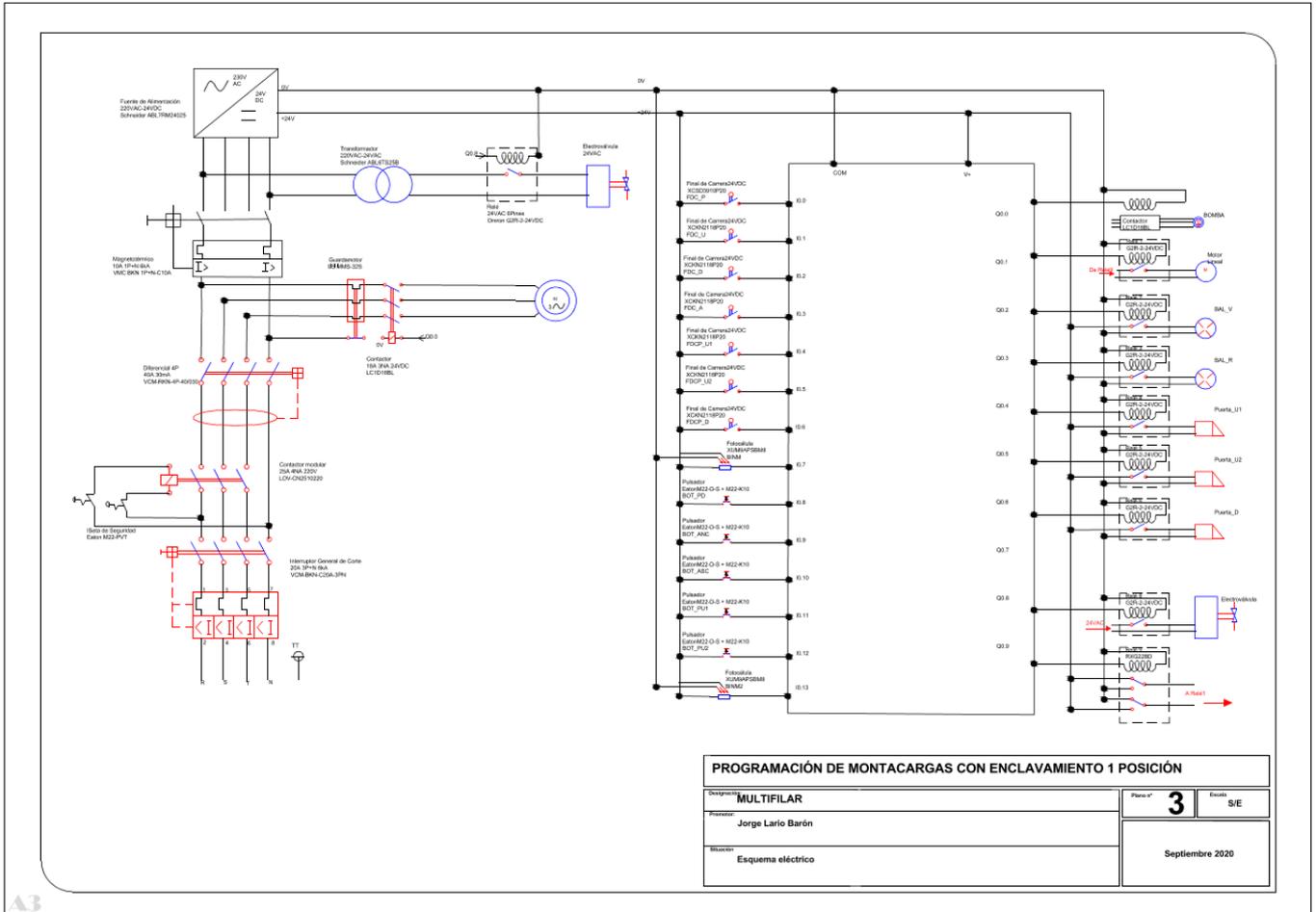
83- Pano 1 "Planta y Alazdos"

2.2 ESQUEMA MONTACARGAS



84- Plano 2 "Esquema montacargas"

2.3 ESQUEMA MULTIFILAR



85- Plano 3 "Multifilar"

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Se consideran sujetas a las condiciones de este pliego, todas las características, planos y presupuestos, que se adjuntan en las partes correspondientes del presente proyecto. Los documentos que lo definen son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros.

La finalidad del Pliego de Condiciones es la de establecer los requisitos para el diseño y suministro de la automatización de un montacargas. Por tanto, no recoge los detalles constructivos de la instalación.

3.1.1 OBJETIVOS DEL DISEÑO

El objeto del diseño de la automatización del presente documento, es la de poder mover un montacargas dentro de una fábrica, para poder salvar la altura entre dos plantas de la misma, de forma que se simplifique el transporte de materias primas y productos semielaborados dentro de la misma nave, aumentando la productividad y la seguridad de los trabajadores.

3.1.2 MEJORAS APORTADAS CON EL DISEÑO

El autómatas a instalar pretende convertir el montacargas en una pasarela, para que, al estar en la planta superior, pueda enclavarse para permitir el paso de una zona de la fábrica a otra con un forklift. De este modo, podrá elevarse material desde la planta baja y, en caso de no usarlo para este fin, puede ser una zona de paso para maquinaria.

3.1.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN

3.1.3.1 MARCO NORMATIVO

En ingeniería, a la hora de realizar un proyecto, debemos tener en cuenta toda la legislación que se va a aplicar en dicho proyecto, sobre todo en lo relativo a la seguridad de las personas. Existen varios tipos de documentos legislativos, que dan las reglas,

métodos y cálculos que deben seguirse en el diseño, la fabricación, puesta en servicio, mantenimiento...

No todos los documentos legislativos son de obligado cumplimiento, ni son aplicables en todo el mundo. Además, es importante conocer el escalafón de aplicación, ya que, ante una contradicción entre dos normas, debe prevalecer la de mayor rango.

La primera clasificación que se puede hacer es por el origen del documento. Al tratarse de un proyecto que se va a realizar en la Unión Europea siempre prevalecerá la legislación emitida por los organismos y administraciones europeas. Podemos distinguir los siguientes documentos, de mayor a menor importancia:

- **Reglamento.** Son documentos legislativos vinculantes en todos los estados de la unión. Los estados tienen la obligación de transponerlos a su propia legislación. Es una forma de armonizar las leyes más importantes en todos los países miembros.
- **Directiva.** Son objetivos que deben cumplir todos los estados miembros, pero a diferencia de los reglamentos, los países deben elaborar sus propias leyes para alcanzar esos objetivos. Son leyes de mínimos que se deben adaptar a la idiosincrasia de cada estado.
- **Decisión.** Se aplican solo en los países, organismos, sectores o empresas a las que van dirigidos
- **Recomendación.** No son vinculantes, solo dan a conocer las líneas de actuación que sugiere la unión, pero no son de obligado cumplimiento.
- **Dictamen.** Son, simplemente, declaraciones que hacen las instituciones europeas, no tienen ninguna obligatoriedad. Suelen utilizarse mientras se elabora la legislación, para mostrar los puntos de vista de las distintas instituciones o comités europeos.

En cuanto a los documentos aplicables en el estado español tendremos los emitidos por la administración central o por las comunidades autónomas. A continuación, se enumeran los documentos legislativos que más importancia tienen en ingeniería mayor a menor importancia.

Se han descrito los emitidos por la administración central, pero las comunidades autónomas tienen normativas que pueden asemejarse, como el equivalente de la constitución sería el estatuto de autonomía.

- **Ley.** Por encima de ellas, en el marco normativo español, solo está la constitución, son de obligado cumplimiento en todo el territorio. Hay varios tipos, dependiendo del organismo que la emita, las más importantes son las leyes orgánicas, seguidas por las leyes ordinarias. Ambas emanan de las cortes generales
- **Real Decreto.** Son normas a las que el Gobierno le da rango de ley. Pueden ser Real Decreto Ley, aprobadas con carácter de urgencia y que, después deben pasar por el Congreso. Por detrás en importancia están los Real Decreto Legislativo y los Reales Decretos del Consejo de Ministros
- **Orden Ministerial.** Emitida por un ministerio
- **Reglamentos.**
- **Resoluciones.**

Las administraciones locales y las diputaciones pueden emitir ordenanzas o reglamentos, las cuales también son de obligado cumplimiento

Existen organismos internacionales, que emiten acuerdos, convenios, enmiendas, instrucciones... las cuales no son de obligado cumplimiento, a no ser que la autoridad competente se base en ellas a la hora de legislar.

Lo mismo pasa con los organismos de normalización internacionales y nacionales, como CEN a nivel europeo o AENOR en España. Emiten normas, instrucciones o informes, que no son de obligado cumplimiento. Sin embargo, las administraciones públicas se basan en estos organismos, sobre todo en las normas, a la hora de redactar sus documentos.

Por ello es muy normal encontrar referencias a normas dentro de las directivas europeas o los reales decretos, por lo que estas normas pasan a ser de obligado cumplimiento y tienen el rango del documento en el que aparecen.

Las normas son documentos técnicos, de carácter voluntario (excepto en los supuestos que hemos visto), contienen especificaciones técnicas consensuadas por todas las partes de la actividad a la que se aplica. Debe ser reconocida por un organismo de normalización. En España se basan en la Ley 21/1992 art.8 y el único organismo de normalización es la Asociación Española de Normalización (UNE), designado por el ministerio de industria.

Las normas españolas, pueden ser nacionales por completo, en cuyo caso, en su codificación aparece el comité técnico de normalización que la ha creado, con un código y el año.

En el caso de que sea una norma internacional que se ha adoptado se añade el prefijo UNE- seguido por la nomenclatura de la norma internacional

Existen otros organismos, como las asociaciones de investigación, que emiten reglas, documentos e instrucciones, que no son obligatorios, pero resuelven problemas que la administración no había contemplado.

3.1.3.2 NORMATIVA APLICABLE AL PROYECTO

Como se ha explicado en los objetivos, la normativa principal en la que se va a basar el proyecto es la Directiva Europea de Máquinas (2006/42/CE) que se adoptó a la legislación española por medio del RD 1644/2008

También debemos fijarnos en el RD 1215/1997 que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de máquinas por los trabajadores. Este RD emana de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

Al tener parte eléctrica debe tenerse en cuenta el RD 842/2002, que aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Igualmente hay que tener en cuenta la Directiva europea 2004/108/CE que indica las condiciones de Compatibilidad Electromagnética, traspuesta a la legislación española mediante el RD 1580/2006

El RD 614/2001 establece las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

En cuanto a las Normas UNE principalmente se deben tener en cuenta:

- UNE-EN ISO 12100-1 2012. Seguridad en máquinas
- UNE-EN 60204-1 2007. Seguridad en máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas
- UNE-EN 81-31. Reglas de seguridad para la fabricación e instalación de montacargas. Parte 31: Montacargas accesibles solo para cargas
- UNE-EN ISO 13849-1 2016. Seguridad en máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.
- UNE-EN 61439-1 2012. Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

Además, necesitamos muchas otras normas que son usadas siempre pero no suelen indicarse de forma explícita, como pueden ser:

RD 2032-2009. Establece las unidades legales de medida

UNE 157001 2014. Criterios generales para la elaboración de proyectos

Normas UNE de dibujo técnico, como la UNE-EN ISO 5455-96 (escalas) o UNE-EN 1039-94 (acotación)

Las normas y Reales Decretos en los que nos basaremos nos remitirán a otras normas, que se aplicarán si corresponde para el caso del proyecto.

Asimismo, en el proyecto completo, habría que tener en cuenta:

- Código Técnico de Edificación (CTE),
- Instrucción española de Hormigón Estructural (EHE-08)
- Instrucción de acero estructural (EAE)
- la legislación que sea aplicable a los residuos, por ejemplo...

Además de todas las legislaciones de la comunidad autónoma en la que se vaya a instalar o de la administración local.

3.1.4 DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS

El instalador será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúe el montaje del montacargas, como en las máquinas colindantes o contiguas. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de montaje.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia del montaje, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo que intervengan en el montaje.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos.

3.1.5 SUMINISTRO DE MATERIALES

Se especificará por parte del fabricante las deficiencias o faltas en los suministros.

3.1.6 REPLANTEO

El replanteo del montacargas se realizará señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del instalador e incluirlos en su oferta económica.

3.1.7 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES

El instalador podrá requerir del fabricante, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución del montacargas proyectado.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al instalador, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba el fabricante.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el instalador en contra de las disposiciones tomadas por el fabricante, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

3.1.8 PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS

El instalador tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en funcionamiento, el instalador deberá presentar al fabricante una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las

indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

3.1.9 MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS DEFECTUOSOS

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el fabricante, dará la orden al instalador de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen. Si, a los 15 días de recibir el instalador orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el fabricante a cuenta del instalador.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del instalador, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el instalador prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

3.1.10 LIMPIEZA DE LA ZONA DE TRABAJO

Es obligación del instalador mantener limpios los lugares de trabajo y sus alrededores tanto de restos de materiales sobrantes como de la maquinaria empleada para llevar a cabo los trabajos y retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la instalación presente buen aspecto.

3.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.2.1 EQUIPOS ELECTRICOS

3.2.1.1 GENERALIDADES

El instalador será responsable del suministro de equipos eléctricos. La mínima protección será IP54, según la norma DIN 40050, de forma que se garantice la protección contra polvo y salpicadura de agua, para garantizar la protección contra derivaciones.

Se preverán prensaestopas de aireación en las partes inferiores de los armarios pequeños. En los armarios grandes deben instalarse tanto en la parte inferior como en la superior, para garantizar la circulación de aire por el mismo.

La temperatura de la zona de los cuadros eléctricos e instrumentación no debe superar los 35°C, por lo que el instalador debe estudiar la instalación de ventilación forzada, termostato o acondicionamiento de aire por refrigeración si lo considera necesario.

3.2.1.2 CUADROS ELÉCTRICOS Y ARMARIO DE CONTROL

En los cuadros eléctricos se incluirán pulsadores frontales de marcha y parada, con señalización del estado de cada aparato, tanto del funcionamiento como de posibles averías.

El instalador debe indicar el tipo de cuadro elegido indicando las siguientes características:

- Estructura de los cuadros y armario de control, dimensiones, material con secciones o espesores, pintura, protección a la corrosión...
- Compartimentos en los que se divide.
- Elementos alojados en los cuadros, detallando los mismos.
- Interruptores automáticos.
- Salida de cables, relés de protección, aparatos de medida y elementos auxiliares.

Las protecciones como mínimo serán:

- Mínima tensión, en el interruptor general automático.
- Sobrecarga, en cada receptor.
- Cortocircuito, en cada receptor.
- Defecto a tierra, en cada receptor superior a 10kW. En menores, reagrupados en conjunto de como máximo 4 elementos, siendo estos funcionalmente semejantes.
- La distribución del cuadro debe tener como celda central la alimentación y, a ambos lados, se sitúan las celdas o salidas necesarias.

En las tapas frontales se incluye un sinóptico con el esquema unipolar plastificado, que incluya los aparatos de indicación, marcha, protección y título de cada elemento con letreros plastificados. Se debe indicar el fabricante de cada elemento que compone el cuadro y armario de control, junto con el tipo de los mismos.

3.2.1.3 RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS PREVIOS

Cuando el fabricante estime oportuno puede encargar y ordenar análisis, ensayos o comprobaciones de los materiales, elementos o instalaciones. En la fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea conveniente, aunque no se indiquen en este pliego.

En caso de discrepancia, ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el fabricante elija.

Los costes derivados por estas pruebas y comprobaciones serán a cargo del instalador.

3.2.1.4 ENSAYOS

Antes de poner en servicio el sistema eléctrico, el instalador debe efectuar los ensayos necesarios para comprobar, ante el fabricante, que todos los equipos, aparatos y cableados se han instalado correctamente según las normas establecidas y que están en condiciones de funcionar con seguridad.

Todos los ensayos deben realizarse con el ingeniero que represente al fabricante.

Los resultados de los ensayos deben reflejarse en informes, indicando la fecha y el responsable del ensayo, así como su categoría profesional.

El cableado, antes de ponerse en funcionamiento, se someterá a un ensayo de resistencia del aislamiento entre fases y fase-tierra.

3.2.1.5 RED DE PUESTA A TIERRA

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra deben hacer que las masas metálicas no puedan ponerse a una tensión superior a 24V respecto a la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, enchufes, etc. Deben disponer de su toma de tierra.

Las instalaciones de toma de tierra deben seguir las normas que dictan el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.

3.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS

3.3.1 PRECIO

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste de fabricación descompuesto por los materiales que se incluyen para el diseño y programación del montacargas.

3.3.2 PRECIO BÁSICO Y UNITARIO

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de los materiales que se disponen para el montaje del autómatas del montacargas, (incluido su transporte, descarga, embalajes, etc., hasta el emplazamiento de montaje). Es el precio de una unidad que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución del montaje pretendido.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de cada elemento de la cinta transportadora y que son de difícil cuantificación.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada elemento del circuito de automatización del montacargas debido a que representan los costes de los factores necesarios para el montaje.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de los distintos elementos se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su montaje.

- Considera costes directos:
 - La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la automatización del autómeta.
 - Los materiales, a los precios resultantes, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
 - Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución del montaj.
 - Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.
- Deben incluirse como costes indirectos:
 - Los gastos del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente al montaje y los imprevistos. Estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados por elementos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas los elementos del circuito del autómeta, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de los trabajos previstos, de la importancia de su presupuesto.
 - Las características técnicas de cada elemento, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución.

Si en la descripción del proceso de ejecución del montaje no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio. Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales hasta el emplazamiento de montaje, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada uno de los elementos del automatismo.

4. PRESUPUESTO

4.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

El presupuesto de ejecución material es el resultado de la suma de los precios unitarios de los diferentes elementos que componen el automatismo. Es el resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada elemento por su precio unitario. Es decir, el coste del montaje del circuito sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

Ud	DESCRIPCIÓN	Ud	Coste Unitario (€/ud)	Subtotal (€)
Ud	PLC Schneider TM221C24T	1,00	221,38	221,38
Ud	Módulo de seguridad Schneider TM3SAC5R	1,00	185,32	185,32
Ud	Transformador 400V-24V 250VA Schneider ABL6TS25B	1,00	132,62	132,62
Ud	Fuente de alimentación 220V-24V 60W Schneider	1,00	188,50	188,5
Ud	Actuadores lineales 100mm 24V Hiwin LAS2-1-1-100-24-G	2,00	167,00	334
Ud	Automático 3p+N 20A VMC BKN 3p+N C20A	1,00	18,87	18,87
Ud	Diferencial trifásico 40A 30mA RKN 40-4/30m	1,00	30,67	30,67
Ud	Contactador trifásico 25V 220V Lovato CN2510220	1,00	18,19	18,19
Ud	Contactador trifásico 18A Schneider LC1D18BL	1,00	50,04	50,04
Ud	Relé 24V 8pines Schneider XVMB2RGSB	1,00	7,54	7,54
Ud	Relé 24V 6pines Omron G2R-2-24VDC	7,00	5,50	38,5
Ud	Magnetotérmico 10A 1P+N 6KA VMC BKN 1P+N C10A	1,00	2,11	2,11
Ud	Guardamotor 18A 3P LS MMs-32S	1,00	20,91	20,91
Ud	Baliza verde-roja Schneider XVMB2RGSB	3,00	143,55	430,65
Ud	Cajas botoneras Eaton M22-14	3,00	30,89	92,67
Ud	Pulsadores Eaton M22-D-S	9,00	6,40	57,6
Ud	Cámara contacto 1NO para caja Eaton M22-KC10	9,00	4,86	43,74
Ud	Setas de seguridad Eaton M22-PVT	3,00	28,52	85,56
Ud	Cámara contacto 1NC para caja Eaton M22-KC10	3,00	4,86	14,58
Ud	Fotocélula Telemecanique XUM9APSBM8	5,00	58,75	293,75
Ud	Final de carrera Tope Telemecanique XCSD3910P20	5,00	48,95	244,75
Ud	Final de carrera Roldana Telemecanique XCKN2118P20	3,00	13,69	41,07
h	Programación	20,00	30,00	600
h	Diseño	30,00	25,00	750
Presupuesto de ejecución material (PEM)				3903,02

86- Presupuesto ejecución material (PEM)

$$\text{Ej: Pulsadores eaton} = UD * \text{Coste unitario } \frac{\text{€}}{\text{ud}} = 9 \text{ ud} * 6,40 \frac{\text{€}}{\text{ud}} = 57,6\text{€}$$

$$\text{Ej: Programación} = n^{\circ}h * \text{Coste unitario } \frac{\text{€}}{\text{h}} = 20h * 30 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 600 \text{ €}$$

Sumando todos los subtotales, el presupuesto de ejecución material es de

3903.02 €

4.2 PRESUPUESTO DE CONTRATA (PC)

El presupuesto de contrata (PC), es el importe que cobra el contratista de forma que al coste de materiales y de la mano de obra, se añade una parte proporcional de sus gastos generales y del beneficio económico o industrial a tener.

Los porcentajes que se aplican no están fijados por ninguna normativa, de manera que se pueden escoger a partir de los valores habituales empleados en contratación de obras oficiales, estos corresponden al 13% en concepto de gastos generales y el 6% en concepto de beneficio industrial.

El presupuesto de contrata se calcula mediante la suma de los gastos, el beneficio y el presupuesto de ejecución material.

Descripción	Coste
Presupuesto ejecución material	3.903,02 €
16% Gastos Generales	624,48 €
6% Beneficio industrial	234,18 €
Presupuesto Contrata	4.761,68 €

87- Presupuesto de contrata (PC)

$$\text{Gastos generales} = \frac{PEM * 16}{100} = \frac{3903.02 \text{ €} * 16}{100} = 624.48 \text{ €}$$

$$\text{Beneficio industrial} = \frac{PEM * 6}{100} = \frac{3903.02 \text{ €} * 6}{100} = 234.18 \text{ €}$$

$$\text{Presupuesto de contrata} = PEM + \text{Gastos Generales} + \text{Beneficio} =$$

$$3903.02 \text{ €} + 624.48 \text{ €} + 234.18 \text{ €} = \mathbf{4761.68 \text{ €}}$$

El presupuesto de contrata es **4761.68 €**

4.3 PRESUPUESTO TOTAL (PT)

Es el importe a desembolsar, después de sumar al presupuesto de contrata (PC) el resto de gastos necesarios para materializar el proyecto.

El resto de gastos a añadir, son los costes de aplicar el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) en todas las partes que estén sujetos al mismo.

Descripción	Coste
Presupuesto Contrata (PC)	4.761,68 €
IVA (21% s/PC)	999,95 €
IVA (21% s/Honorarios Programador)	126,00 €
IVA (21% s/Honorarios Diseñador)	157,50 €
Presupuesto Total (PT)	6.045,14 €

88- Presupuesto total (PT)

$$\text{IVA PC} = \frac{PC * 21}{100} = \frac{4761.68 \text{ €} * 21}{100} = 999.95 \text{ €}$$

$$\text{IVA Programación} = \frac{\text{Subtotal programación €} * 21}{100} = \frac{600 \text{ €} * 21}{100} = 126 \text{ €}$$

$$\text{IVA Diseñador} = \frac{\text{Subtotal diseñador €} * 21}{100} = \frac{750 \text{ €} * 21}{100} = 157.50 \text{ €}$$

$$\text{Presupuesto total (PT)} = PC + IVA (PC) + IVA (PROGRAMACION) + IVA (DISEÑO) =$$

$$4761.68 \text{ €} + 999.95 \text{ €} + 126 \text{ €} + 157.50 \text{ €} = 6045.14 \text{ €}$$

El presupuesto total del proyecto es

6045.14€