



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN PROTOTIPO INDUSTRIAL MEDIANTE EL USO DE UN AUTÓMATA SIEMENS S7 1214C Y DISEÑO DE APLICACIÓN SCADA CON WINCC ADVANCED**

AUTOR: IGNACIO GONZÁLEZ MESA

TUTOR: JOSE VICENTE SALCEDO

**Curso Académico: 2017-18**



## **AGRADECIMIENTOS**

“Para mi familia,  
amigos y compañeros de la universidad,  
a mi tutor José Vicente Salcedo,  
pero en especial a mis hermanos  
Carlos, Jaime y Marcos  
y a mis padres  
Esther y Carlos.”

## **RESUMEN**

Actualmente, el papel de la automatización dentro de las industrias, y por ende de los procesos industriales, está cada vez, ganando más importancia y definiéndose como un factor crucial a la hora de controlar un determinado proceso con exactitud, lo cual conlleva a lo sumo un descenso en los costes asociados a dichos procesos.

En concreto en este trabajo se tratará de diseñar un automatismo para una maqueta a pequeña escala de un proceso industrial real, mediante un autómata Siemens S7 1214C. Finalmente, se desarrollará una aplicación SCADA, con el fin de poder monitorizar y controlar el proceso en pantalla, haciendo el control de este proceso más sencillo, intuitivo y a distancia, con las ventajas que ello supone.

**Palabras Clave:** Automatización, Proceso industrial real, Siemens S7 1214C, Aplicación SCADA.

## **RESUM**

Actualment, la funció de l'automatització dins de les indústries, i per tant dels processos industrials, està cada vegada, guanyant més importància i definint-se com un factor crucial a l'hora de controlar un determinat procés amb exactitud, la qual cosa comporta com a màxim un descens en els costos associats als processos mencionats anteriorment.

En concret en aquest treball es tractarà de dissenyar un automatisme per a una maqueta que simula un procés industrial real, per mitjà d'un autòmat Siemens S7 1214C. Finalment, es desenvoluparà una aplicació SCADA, a fi de poder monitoritzar i controlar el procés en pantalla, fent el control d'este procés més senzill, intuïtiu i a distància, amb els avantatges que això suposa.

**Paraules clau:** Automatització, Procés Industrial Real, Siemens S7 1214C, Aplicació SCADA.

## **ABSTRACT**

Currently, the role of automation within industries, and therefore of industrial processes, is increasingly gaining importance and being defined as a crucial factor when controlling a specific process with accuracy, which entails at the most a decrease in the costs associated with these processes.

Specifically, a model that simulates a real industrial process will be designed, through a Siemens S7 1214C. Finally, a SCADA application will be developed, in order to monitor and control the process on the screen, making the process easier, intuitive and remote, with the advantages that this implies.

**Keywords:** Automation, Real Industrial Process, Siemens S7 1214C, SCADA application.

## **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG**

- Memoria
- Presupuesto
- Pliego de Condiciones
- Anexos

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. MARCO DE TRABAJO.....	1
1.2. MOTIVACIÓN.....	1
1.3. OBJETIVOS .....	3
<b>CAPÍTULO 2. MATERIAL EMPLEADO.....</b>	<b>6</b>
2.1. AUTÓMATA SIEMENS S7 1214-C.....	6
2.1.1. Diferencias entre las distintas versiones de los Siemens S7 1200.....	7
2.1.2. Ventajas Autómatas Siemens S7 .....	8
2.2. SOFTWARE TIA PORTAL .....	8
2.3. MAQUETA ARTITECNIC .....	10
2.3.1. Especificaciones Generales.....	10
2.3.2. Sensores.....	12
2.3.3. Actuadores .....	13
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL AUTOMATISMO .....</b>	<b>16</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL .....	16
3.1.1. Control de los Variadores .....	18
3.1.2. Control del Eje Eléctrico.....	19
3.1.3. Aspectos a considerar para la programación.....	19
3.2. PROGRAMACIÓN DEL PROCESO EN TIA PORTAL.....	20
3.2.1. Seta de Emergencia .....	21
3.2.2. Cinta de Alimentación .....	22
3.2.3. Eje Lineal Eléctrico.....	23
3.2.4. Cinta Central.....	25
3.2.5. Compuerta.....	28
3.2.6. Pick&Place .....	29
3.2.7. Cinta de Recirculación .....	31
3.2.8. Auxiliar Detección Pieza .....	32
<b>CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN SCADA .....</b>	<b>34</b>
4.1. DESARROLLO APLICACIÓN SCADA .....	34
4.2. MODO AUTOMÁTICO .....	35
4.3. MODO MANUAL.....	37
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un  
autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

**LISTADO DE FIGURAS..... 45**

# MEMORIA

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

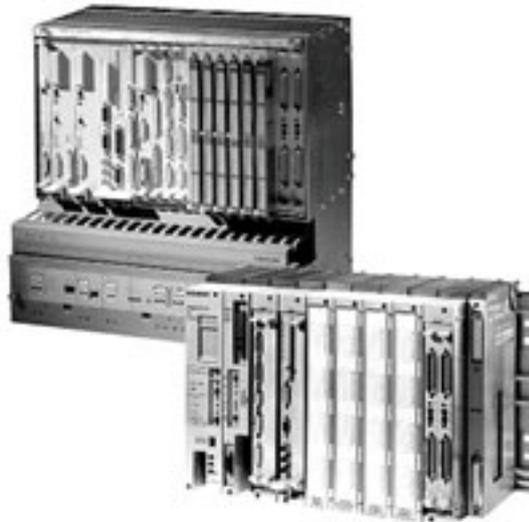
## **1.1. MARCO DE TRABAJO**

El documento que a continuación se presenta recoge el Trabajo Final de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales con título “Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced”. Dicho documento, muestra el trabajo realizado por el autor a lo largo de su último curso del grado, donde para poder realizar éste mismo, se han necesitado conocimientos adquiridos durante la realización de todo el grado, ya sea conocimientos transversales o conocimientos técnicos adquiridos en las diferentes asignaturas cursadas.

El presente trabajo está desarrollado en el ámbito de la automatización industrial, más en concreto, en el diseño de automatismos para controlar determinados procesos industriales. Se tratará de controlar un proceso industrial muy similar por sus características físicas a procesos de carácter real, es decir, procesos que podríamos encontrar en cualquier industria a día de hoy. Este proceso, como ya se verá más adelante en el documento que acontece, está formado por una serie de cintas transportadoras, las cuales integran distintos sensores encargados de detectar la posición de la pieza, y de brazos habilitados con un sistema de vacío por medio de ventosas. El principal objetivo será la distinta clasificación de las piezas en función de su tamaño, el cual será reconocido por medio de un sistema de prensado.

## **1.2. MOTIVACIÓN**

El inicio de la utilización de los PLCs (*Programmable Logic Controller*) o autómatas en la industria se remonta al año 1969, en Estados Unidos de América donde se empezaron a implementar los primeros autómatas en el sector del automóvil. La aparición de éstos, se debió al enorme coste que representaban los sistemas de control anteriores, basados en relés, a lo que le sumaba la complejidad de programación que tenían y las continuas reparaciones y puestas a punto que requerían. Más tarde, la tendencia de los PLCs se empezó a propagar por Europa donde cada vez en más industrias empleaban estos controladores, con el fin de facilitar la comunicación del hombre con la máquina y sustituir los ya desfasados sistemas de control basados en circuitos eléctricos con interruptores, relés y componentes empleados en el control de la lógica combinatorial, como ya se ha comentado anteriormente.



*Ilustración 1. Primer PLC producido comercialmente: MODICON 084*

En la actualidad, el empleo de los autómatas se ha extendido a una gran variedad de sectores industriales, como el sector de la energía, metalurgia, alimentación, plantas petroquímicas y químicas, etc. La implementación de estas máquinas controladoras, se debe fundamentalmente a la rapidez con la que operan, mejorando la productividad y permitiendo un minucioso control de los procesos industriales, el competitivo coste económico, ya que no son aparatos excesivamente caros, a lo que se suma la reducción de costes de mantenimiento en la maquinaria controlada.

Diversos especialistas en el sector de la automatización, destacan la importancia que tendrán estos dispositivos, los PLCs, en la adaptación de las actuales industrias a lo que se denomina “Industria 4.0” o “Cuarta Revolución Industrial”. Esta nueva revolución se basa en la coordinación y digitalización de todos los dispositivos de una industria, con el fin de poder analizar la máxima información y tratar de que estos dispositivos trabajen de forma sinérgica. Uno de los aspectos que se debería mejorar o potenciar, es el tema de la seguridad, puesto que son potenciales víctimas de ataques maliciosos. Uno de los primeros softwares maliciosos que se ha conocido, es el denominado *Gusano Stuxnet*, el cual era capaz de reprogramar controladores lógicos programables y ocultar dichos cambios, con el peligro que ello conlleva. Uno de sus ataques tuvo lugar en la planta nuclear de Bushehr, Irán, por lo que cabe mencionar lo importante de cara al futuro que es, el desarrollo de programación o controladores capaces de detectar y eliminar software malicioso de este tipo.

Otro de los aspectos claves del presente proyecto, es la creación de una aplicación SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Este software permitirá controlar el proceso industrial automatizado a distancia, viendo en tiempo real la ejecución del mismo. Una de las

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

ventajas, que más adelante se expondrá con profundidad, es la retroalimentación que es capaz de aportar dicha aplicación, haciendo posible la recopilación de información para mejorar o modificar el proceso de funcionamiento de una determinada organización.

Por todo ello, se considera de muy remarcada necesidad para el perfil del Ingeniero Industrial la capacidad de comprender y diseñar automatismos para controlar todos los distintos procesos a los que se pueda enfrentar a lo largo de su carrera profesional. El dominio de ello, le llevará a poder comprender y controlar el conjunto de la industria, pudiendo mejorar todo aquello que se aprecie, una vez realizada la automatización.

Para la realización de este trabajo, se ha empleado una plataforma software muy reputada dentro del gremio de la automatización, como lo es TIA Portal, debido a la amplia gama de posibilidades que ofrece y todo, de forma muy intuitiva. Para el desarrollo de la aplicación SCADA, se ha empleado Wincc Advanced, una potente herramienta, que permite que se represente por pantalla todo lo que ocurre en el proceso industrial y controlarlo desde ahí.

### **1.3. OBJETIVOS**

Tal y como se ha comentado en la introducción, el objetivo principal de este proyecto será la automatización de un proceso industrial por medio de un autómatas Siemens S7 1214-C y el posterior desarrollo de una aplicación SCADA, por medio de la que se podrá visualizar y controlar el proceso a distancia. Uno de los puntos a destacar, es el parecido del proceso que se automatizará al de un proceso industrial real, debido al carácter digital de las entradas y salidas, y debido a los distintos sensores con los que se trabaja (inductivos, magnéticos, etc).

Uno de los primeros objetivos, será la familiarización con el entorno de programación de TIA Portal v.13. Para ello, mediante información distribuida por el propio tutor del proyecto y la información y manuales encontrados a través de internet, se ha tratado de tener un conocimiento más en profundidad de todas las herramientas y posibilidades que ofrece este entorno de programación.

Seguidamente, ya una vez conocido el software de programación, se pasará a tratar de conectar el PLC, a través del puerto Profinet que posee, a la red, para poder establecer con ello conexión online con el programa.

Una vez se ha establecido la conexión online con el autómatas, se diseñará con Step 7 el diseño del automatismo que controlará el proceso industrial, el cual se explicará con profundidad en apartados posteriores, ayudándose de los *Graficets* correspondientes.

Implementado ya el programa diseñado en el PLC y una vez se haya comprobado que funciona correctamente, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad, se tratará de optimizar en la medida de lo posible el programa y los tiempos de ejecución de los distintos procesos. Los tiempos son de vital importancia, ya que hoy en día se busca la mayor efectividad dentro de las industrias, con el hándicap de disponer de un tiempo limitado, como podría suceder, por ejemplo, en una industria que debe de producir un determinado producto para una determinada fecha, los tiempos como se puede intuir, son de vital importancia.

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

Se deberá de asegurar, en el programa desarrollado, que se resuelven con acierto determinadas situaciones que se pueden dar a lo largo del proceso industrial. Una de ellas es el colapso que se puede producir entre el Eje lineal Eléctrico y la Cinta Central, debido al exceso de piezas. Este problema se solucionará colocando piezas en los *buffers*, para almacenarlas ahí, hasta que la Cinta Central se encuentre disponible.

Concluyendo, uno de los objetivos fundamentales es que se asegure un correcto flujo de, en este caso, piezas, utilizando adecuadamente el equipo que la empresa o cliente al que se le realiza el proyecto proporciona.



## CAPÍTULO 2. MATERIAL EMPLEADO

### 2.1. AUTÓMATA SIEMENS S7 1214-C

En primer lugar, cabe mencionar la importancia de los PLCs fabricados por Siemens a los que la marca alemana introdujo con la marca SIMATIC en 1958 para referirse a ellos, siendo esta palabra la combinación entre Siemens y Automatización. Desde entonces ha habido diversos modelos que han sido posteriormente mejorados con otros, desde uno de los primeros prototipos como el SIMATIC G hasta el más reciente y de mayor utilización, SIMATIC S7, con el cual se realizarán las simulaciones en este proyecto.

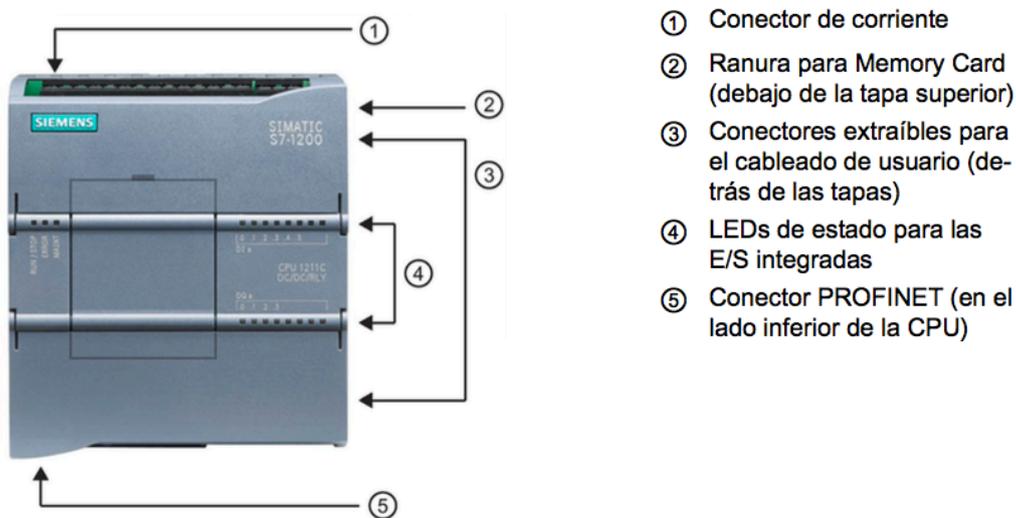


Ilustración 2. Distintas partes Autómata Siemens S7 1200

Este último autómata, el que se usará en el proyecto, dispone de una interfaz integrada Profinet y mediante la adición de módulos adicionales se podrá comunicar en redes PROFIBUS, GPRS, RS485, RS232, IEC, DNP3 y WDC. Esta interfaz Profinet es utilizada en todos los entornos de la industria y es comúnmente conocida como *Industrial Ethernet*, posibilitando la conexión de dispositivos, sistemas y conjuntos de dispositivos aislados entre sí, comúnmente llamados celdas. La conexión Profinet, aparte de la ventaja de la comodidad que aporta a la conectividad de los autómatas, también habría que mencionar la subida de velocidad que proporciona y la mejora que proporciona en el entorno de la seguridad, factor clave de cara al futuro tal y como se ha comentado anteriormente. Tanto es así, que Siemens ha integrado numerosas funciones de seguridad que protegen tanto a la CPU como al programa de control diseñado:

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

- Protección de tipo “*know-how*”, para impedir que el programa diseñado sea copiado por terceros que tengan acceso al autómata.
- Protección “anticopia” que permite vincular un programa a una *Memory Card* o CPU específica.
- Protección por contraseña que permite configurar el acceso a las funciones de la CPU.

Para concluir, es necesario mencionar la utilización de una *Signal Module*, la cual aportará a nuestro PLC 16 entradas y 16 salidas. Estará acoplada al autómata y será de mucha utilidad, puesto que posibilitará la programación de todo el diseño del automatismo dentro de un mismo autómata, sin necesidad de tener que vincular entre si dos de ellos ya que no poseen suficiente capacidad, hablando de salidas y entradas, individualmente. Una vez acoplada a la parte derecha del PLC y correctamente conectado, se pasará a programar dicha extensión del autómata en TIA Portal, para así disponer de sus entradas y salidas que se necesite para el automatismo.



Ilustración 3. CPU S71200 (1) y Signal Module (2)

### 2.1.1. Diferencias entre las distintas versiones de los Siemens S7 1200

Se trabajará con la versión más completa y potente de los S7-1200, la versión S7-1214C, que posee 14 entradas y 10 salidas a lo que habrá que sumarle dos entradas analógicas. A diferencia de la CPU 1211C y la CPU 1212C, el PLC con el que se trabajará posee 50KB de memoria de programa y datos, mientras que los citados anteriormente trabajan con la mitad de memoria.

Volviendo al número de entradas de las distintas versiones, el 1214C es el que tiene mayor número de entradas y salidas, ya que la versión 1211C dispone de 6 entradas, 4 salidas digitales, a los que se le suma las 2 entradas analógicas. El 1212C posee 8 entradas y 6 salidas digitales a los que al igual que a las otras dos versiones, se le añade 2 entradas analógicas.

Por lo que, tal y como se ha ido podido ir viendo, el 1214C es el más completo de los autómatas S7 1200 y por ello, se empleará en el desarrollo de este proyecto.

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

Para finalizar, tal y como se muestra en la *Ilustración 2. Distintas partes Autómata Siemens S7*, se trabajará con el modelo AC/DC/Rly, lo cual quiere decir que el PLC estará alimentado por una corriente alterna y las entradas de en este caso, la maqueta Artitecnic por corriente continua están alimentadas. El término Rly quiere decir que las salidas estarán implementadas mediante relés.

### **2.1.2. Ventajas Autómatas Siemens S7**

En este apartado se comentarán las diferencias que existen entre los autómatas S7 y su actual competencia en el mercado de la automatización de procesos industriales, justificando finalmente el uso del S7 1214C.

Uno de los autómatas más empleados a lo largo de la historia de la automatización han sido los Omrom, pertenecientes a la empresa japonesa Omrom Corporation. Estos PLCs, como se ha dicho, han sido muy empleados, proporcionando resultados muy satisfactorios, pero la característica diferencial con respecto a los Siemens es el software empleado, CX-One. Este software, a medida que los años han pasado y la automatización ha ido evolucionando, se ha quedado relativamente desfasado con respecto a TIA Portal, puesto que la forma de programar resulta mucho más intuitiva y con bastantes posibilidades y variantes más en éste último. Además, las herramientas que ofrece la marca alemana, como pueden ser PLC SIM o SCADA, son de gran utilidad y hace posible la programación, visualización y análisis del proceso automatizado en un solo software.

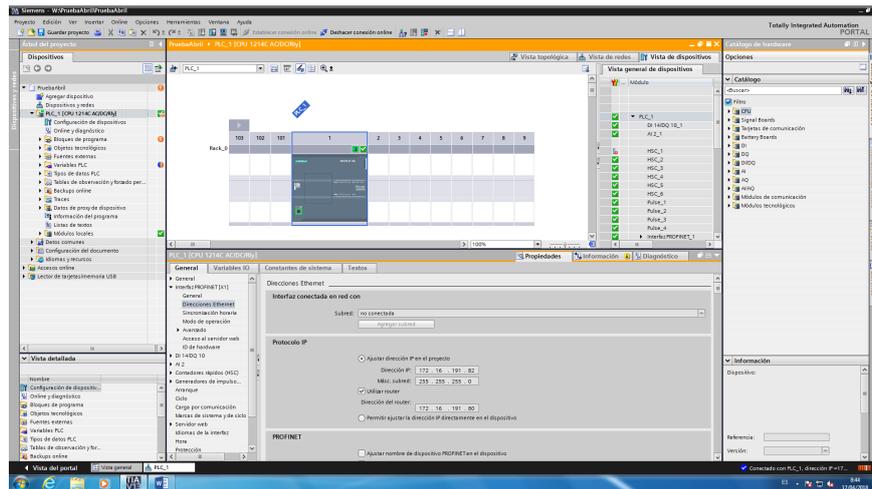
Sin entrar en demasiado detalle, respecto a los propios autómatas que la marca Siemens comercializa, basándonos en la complejidad de la aplicación, capacidad E/S, tamaño de programa y velocidad de procesamiento, entre muchas otras, se podría situar el empleado S7-1200, por encima del micro-autómata Simatic S7-200, pero por debajo de los ya más sofisticados Simatic S7-300 y S7-400.

## **2.2. SOFTWARE TIA PORTAL**

TIA Portal (*Totally Integrated Automation*) se compone de todas las herramientas necesarias para programar automatismos, así como simularlos y analizarlo en profundidad. Es uno de los programas más utilizados en este entorno, puesto que es muy intuitivo a la hora de implementar automatismos y ofrece una gran variedad de opciones, a lo que habría que sumar la potente interfaz gráfica que presenta. Con él, se ha conseguido unificar todas las tareas de control, visualización y accionamiento, y nos permite programar tanto los distintos PLCs que ofrece Siemens, como las distintas pantallas HMI que también se comercializan. La visualización en modo proyecto, permite configurar todo lo relativo al PLC y los distintos

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

componentes, como módulos de comunicación que se le quiera añadir (*Ilustración 4. Visualización Modo Proyecto Interfaz TIA Portal*), así como la programación del automatismo.



*Ilustración 4. Visualización Modo Proyecto Interfaz TIA Portal*

En concreto, se utilizará la versión del entorno TIA Portal 13.1 Basic. Asimismo, dicho entorno de programación incorpora una gran variedad de aplicaciones, entre ellas, las más importantes y de las que se servirá este proyecto:

- **Step 7:** software principal, desarrollado específicamente para los autómatas de la serie S7. Soporta tres tipos de lenguajes de programación (FBS, KOP y AWL), siendo el empleado en el automatismo implementado el lenguaje KOP, o también comúnmente llamado LAD o diagrama de contactos.
- **PLC SIM:** simulador empleado dentro de TIA Portal, que permite simular el programa implementado sin necesidad de un hardware real, sirviéndose de un PLC simulado. Funciona conjuntamente con Step 7 y facilita la visualización del efecto de las entradas sobre las salidas simuladas, pudiendo ajustar la lógica utilizada en el programa si fuese necesario. En lo que se refiere al proyecto que se va a realizar, no se empleará dicha herramienta ya que se posee el hardware real en la misma ubicación en la que se programará.
- **WinCC Advanced:** software que permite realizar aplicaciones SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) y HMI (*Human-Machine Interface*) muy útiles hoy en día para los procesos industriales. Interfaz muy gráfica e intuitiva, que ofrece una multitud de posibilidades y variantes.

### **2.3. MAQUETA ARTITECNIC**

En este apartado, se describirá la maqueta empleada para la realización de la simulación del proceso industrial. Esta maqueta se encuentra en el laboratorio de Automatismos de la Universidad Politécnica de Valencia, en concreto, en el Departamento de Sistemas Automáticos.

Dicho prototipo se ideó para servir de soporte físico en el ejecución, ensayo y desarrollo de programas de control de procesos, en particular, para los que están destinados la docencia. Por medio de ésta, se ha tratado de reproducir un proceso industrial real, con una escala reducida, para así tratar de simular la programación con medios reales, tales como los sensores inductivos, magnéticos, etc.



*Ilustración 5. Maqueta Artitecnic Laboratorio Automatización*

#### **2.3.1. Especificaciones Generales**

La maqueta empleada en el proyecto se encuentra formada por los siguientes elementos:

- **Bastidor:** situado en la parte frontal, en ella se puede encontrar el cuadro eléctrico donde se alojan los variadores de frecuencia Siemens Micromasters, que permiten la variación de velocidad del motor encargado de hacer funcionar a las cintas

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

transportadoras, y en general, todos los elementos neumáticos y electrónicos de seguridad y control de la máquina.

- **Sistema Pick and Place:** con dos grados de libertad (XZ) y un sistema de vacío por medio de ventosas. Se podrá desplazar entre dos posiciones, la posición que adoptará siempre inicialmente, en la Cinta Central, y la posición final que se adoptará cuando se active el correspondiente actuador, cuya posición será la de la Cinta de Recirculación.
- **Piezas cilíndricas:** realizadas en aluminio y con dos distintos tamaños, de lo que se servirá para poderlas clasificar. Unas serán depositadas en el deposito azul, las de mayor altura, y otras pasarán a la Cinta de Recirculación.

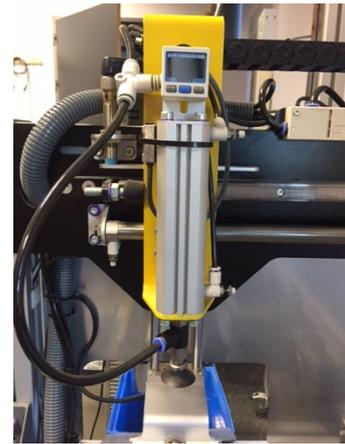


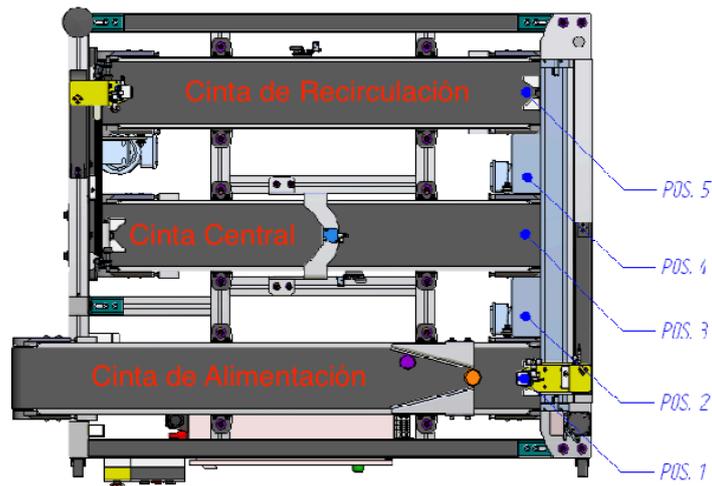
Ilustración 6. Pick&Place



Ilustración 7. Piezas Cilíndricas Maqueta

- **Eje lineal Eléctrico:** dota de dos grados de libertad a la maqueta (eje XZ) y se acciona mediante un motor paso a paso, teniendo la posibilidad de adoptar 5 posiciones a lo largo del eje X. Se encuentra compuesto por:
  - Eje Lineal de Precisión: Permite el movimiento en el eje X mediante un motor paso a paso, con distintas paradas programables.
  - Actuador Neumático: Permite el movimiento en el eje Z y mediante unas ventosas posibilita la sujeción de la pieza por el efecto de vacío que provoca en la superficie de la pieza.
- **Cintas Transportadoras:** Fundamentales para el desarrollo del proceso simulado y accionadas por motores de corriente asíncrona, se compone de tres cintas:
  - Cinta de Alimentación, por medio de la cual se van suministrando las piezas al proceso. Dichas piezas son centradas por un sistema de guiado que posee la cinta. Dispone de un sensor al final de la cinta, que indica que la pieza ha llegado al final del recorrido de la cinta.

- *Cinta Central*, posee una estación intermedia de prensado de piezas equipada con un actuador neumático y un sensor foto-eléctrico de detección. Al igual que en la cinta de alimentación, al final tiene un sensor para indicar que las piezas se encuentran en esa posición. Al final también se puede encontrar la denominada “Rampa de Extracción de Piezas”, donde en función del tamaño de la pieza y la programación que se haya formulado, el actuador móvil se elevará dejando pasar la pieza a la rampa.
- *Cinta de Recirculación*, en ella se pueden realizar operaciones de conteo gracias al sensor foto-eléctrico de detección y en su extremo final se ubica un tope fijo con detección de pieza. Las piezas llegan a esta cinta a través del sistema Pick&Place.



*Ilustración 8. Esquema Cintas y posiciones Eje Lineal Eléctrico*

### 2.3.2. Sensores

En el proceso industrial que se pretende automatizar, se disponen de 15 sensores y numerosas señales digitales de entrada. Para resumir con claridad y precisión, se recogen todas las entradas en esta tabla, donde se indicará la señal, la descripción de ésta misma, la dirección empleada en el autómatas y el conector (o manguera) al que está asociado:

**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un  
autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

<b>Señal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dirección</b>	<b>Conector/Manguera</b>
SEN 1	Final Cinta Alimentación	%I8.0	C2
SEN 2	Final Cinta Central	%I8.1	C2
SEN 3	Pieza en Estación de Prensado	%I8.2	C2
SEN 4	Cilindro prensado arriba	%I8.3	C2
SEN 5	Cilindro prensado abajo	%I8.4	C2
SEN 6	Cilindro compuerta arriba	%I8.5	C2
SEN 7	Cilindro compuerta abajo	%I8.6	C2
SEN 8	Final Cinta Recirculación	%I8.7	C2
SEN 9	Pieza en Cinta Recirculación	%I9.0	C2
SEN 10	Inicio cilindro Eje X (Pick and Place)	%I9.1	C2
SEN 11	Final cilindro Eje X (Pick and Place)	%I9.2	C2
SEN 12	Cilindro Eje Z_1 arriba (Pick and Place)	%I9.3	C2
SEN 13	Pieza en ventosa_1 (Pick and Place)	%I0.0	C1
SEN 14	Cilindro Eje Z_2 arriba (Eje Lineal Eléctrico)	%I0.1	C1
SEN 15	Pieza en ventosa_2 (Eje Lineal Eléctrico )	%I0.2	C1
READY	Señal Eje Eléctrico Disponible	%I0.3	C1
FP_1	Código Eje Eléctrico indicando posición actual	%I0.4	C1
FP_2	Código Eje Eléctrico indicando posición actual	%I0.5	C1
FP_3	Código Eje Eléctrico indicando posición actual	%I0.6	C1
ALARMA	Advertencia Alarma en Eje Eléctrico	%I0.7	C1
MARCHA I	Pulsador Verde	%I1.0	C1
MARCHA II	Pulsador Rojo	%I1.1	C1
SETA PULSADA	Seta de seguridad pulsada	%I1.2	C1

*Tabla 1. Entradas - Señales*

### 2.3.3. Actuadores

Las señales de salida, un total de 22, la mayoría de ellas empleadas para el control del movimiento de las distintas cintas y ejes eléctricos, son enviadas a la maqueta Artitecnic y se recogen al igual que las entradas, en una tabla con el mismo formato: señal, descripción, dirección empleada y conector:

**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un  
autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

<b>Señal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dirección</b>	<b>Conector/Manguera</b>
VEL_VAR1_1	Código de selección de frecuencia del variador 1 (Cinta Alimentación)	%Q8.0	C2
VEL_VAR1_2	Código de selección de frecuencia del variador 1 (Cinta Alimentación)	%Q8.1	C2
VEL_VAR1_3	Código de selección de frecuencia del variador 1 (Cinta Alimentación)	%Q8.2	C2
VEL_VAR2_1	Código de selección de frecuencia del variador 2 (Cinta Central)	%Q8.3	C2
VEL_VAR2_2	Código de selección de frecuencia del variador 2 (Cinta Central)	%Q8.4	C2
VEL_VAR2_3	Código de selección de frecuencia del variador 2 (Cinta Central)	%Q8.5	C2
VEL_VAR3_1	Código de selección de frecuencia del variador 3 (Cinta Recirculación)	%Q8.6	C2
VEL_VAR3_2	Código de selección de frecuencia del variador 3 (Cinta Recirculación)	%Q8.7	C2
VEL_VAR3_3	Código de selección de frecuencia del variador 3 (Cinta Recirculación)	%Q9.0	C2
Y1	Electroválvula cilindro de prensado	%Q9.1	C2
Y2	Electroválvula cilindro compuerta	%Q9.2	C2
Y3	Electroválvula cilindro Eje X (Pick and Place)	%Q9.3	C2
Y4	Electroválvula cilindro Eje Z (Pick and Place)	%Q0.0	C1
Y5	Electroválvula vacío ventosa (Pick and Place)	%Q0.1	C1
Y6	Electroválvula cilindro Eje Z (Eje Lineal Eléctrico)	%Q0.2	C1
Y7	Electroválvula vacío ventosa (Eje Lineal Eléctrico)	%Q0.3	C1
IN_POS_1	Código del Eje Lineal Eléctrico	%Q0.4	C1
IN_POS_2	Código del Eje Lineal Eléctrico	%Q0.5	C1
IN_POS_3	Código del Eje Lineal Eléctrico	%Q0.6	C1
PILOTO_AUX_1	Piloto Rojo situado en la botonera del mando	%Q0.7	C1
BALIZA	Baliza luminosa	%Q1-0	C1
ON_VAR	Orden de habilitación de los variadores	%Q1-1	C1

*Tabla 2. Actuadores*



## CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL AUTOMATISMO

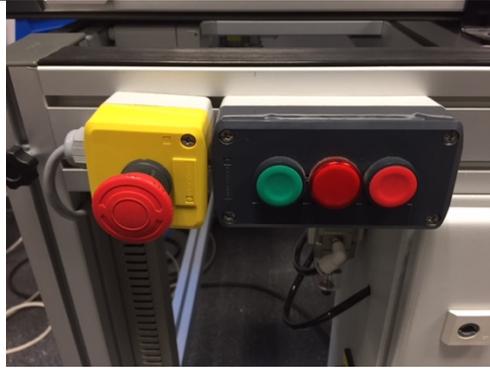
### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

En primer lugar, viendo la maqueta de la que se dispone, con los distintos sensores y actuadores ya anteriormente mencionados y descritos, se podría plantear esta automatización que se va a realizar, como un problema de logística, donde dados unos determinados productos o piezas, que difieren entre sí por su tamaño hay que clasificarlos, para su almacenaje o posterior envío. Esta visualización del proceso es necesaria, ya que con ello podremos determinar distintos parámetros como tiempos de espera en distintas posiciones, donde se les podría estar aplicando a las piezas o productos distintos tratamientos y para determinar el uso que se le podría dar a dicha automatización.

Previamente a describir con detalle el proceso, se describirá el objetivo que persigue este mismo en particular, que es la clasificación de dos tipos de piezas de mismo diámetro ( $\varnothing 40\text{mm}$ ), pero de distinta altura, siendo unas de 20mm y las otras de 40mm. Mediante el prensado que se le realizará a la pieza en la Cinta Central, conoceremos su altura, ya que se poseen sensores en la prensadora que nos indicarán si la pieza era de una altura o de otra. Una vez determinada la altura de la pieza y cuando ésta llegue al final de la cinta central, se procederá su clasificación, todas las que tengan una misma altura se depositarán en el depósito azul y las otras pasarán a la Cinta de Recirculación por medio del *Pick&Place*.

Por lo que ahora seguidamente, se expondrá el funcionamiento del proceso industrial que se quiere automatizar, el cual sigue las siguientes etapas:

1. Se colocará manualmente una pieza en la Cinta de Alimentación. Para que los variadores funcionen y por tanto las cintas de alimentación, la salida ON\_VAR debe de estar activa.
2. Una vez colocada la pieza, activaremos el pulsador verde que activará la señal MARCHA I.



*Ilustración 9. Botonera industrial*

3. Una vez activado dicho sensor la Cinta de Alimentación empezará a moverse hasta que la pieza llegue al final del recorrido y active la señal SEN 1 (final Cinta de Alimentación). Gracias al sistema de guiado y centrado de piezas, se asegura de que las piezas estén justo donde el sensor y donde el Eje Lineal Eléctrico las pueda recoger. Durante este trayecto, habrá que tener en cuenta si se ha pulsado la Seta de Emergencia, activando la señal SETA por medio de la cual debería de pararse toda la maquinaria. Esto lo deberemos de tener en cuenta en todo el proceso, al igual que tendremos que parar todo el proceso si se pulsa el botón rojo (MARCHA II).
4. Posteriormente, el Eje Lineal Eléctrico se deberá desplazar hasta la Posición 1, véase *Ilustración 8. Esquema Cintas y posiciones Eje Lineal Eléctrico*, para coger la pieza y llevarla hasta la Posición 3, es decir, hasta la Cinta Central, siempre y cuando no haya una pieza que haya sido previamente depositada y no haya sido movida por la cinta. En dicho caso, el Eje Lineal Eléctrico, depositará la pieza en la posición 2 o 4.
5. Una vez allí, la Cinta Central empezará a moverse hasta que la pieza llegue a la Estación de Prensado, activando así SEN 3. Se activará el actuador Y1, que controla a la electroválvula del cilindro de prensado y se determinará si la pieza es la de la altura de 40mm (activación SEN 4) o si es la de 20mm (activación SEN 5).
6. Conocido ya el tamaño de la pieza, la Cinta Central comienza a moverse de nuevo hasta que la pieza llega al final de la cinta, donde ésta inmediatamente se para. Llegado a este punto, si la pieza es la “alta”, se dejará pasar levantado la compuerta manejada por el actuador Y2, depositando dicha pieza en el deposito azul; si la pieza es la de 20mm, la compuerta no se activaría, si no que el *Pick&Place* acudiría a la posición en la que se encuentra la pieza y la llevaría a la Cinta de Recirculación.
7. Una vez depositada la pieza en la Cinta de Recirculación, se activará la señal que avisa que hay una pieza en esta cinta (SEN 9).
8. Una vez llegada la pieza al final de la Cinta de Recirculación (SEN 8), se detendrá la cinta hasta que, manualmente, se retire dicha pieza del final de la cinta.

### 3.1.1. Control de los Variadores

Para el control de la velocidad de las tres cintas que se disponen en la maqueta empleada, se disponen de 3 variadores de frecuencia, uno para cada cinta, que les permitirán a las cintas poseer tres velocidades distintas, y también sentidos de movimientos distintos (normal e inverso). El Variador 1 será el encargado de controlar la Cinta de Alimentación, el Variador 2 la Cinta Central y por último, el Variador 3 a la Cinta de Recirculación.

Para ello, se disponen de tres señales digitales, cuya combinación binaria controlará los variadores. Mediante las siguientes tablas se refleja el modo de funcionamiento en función del valor que toman las distintas señales digitales citadas anteriormente:

<b>Variador 1</b>				
Modo:	VEL_VAR1_1	VEL_VAR1_2	VEL_VAR1_3	Frecuencia:
Paro	ON	OFF	OFF	0 Hz
Vel. Lenta	OFF	ON	OFF	25 Hz
Vel. Rápida	ON	ON	OFF	50 Hz
Vel. Lenta Inversa	OFF	OFF	ON	-25Hz
Vel. Rápida Inversa	ON	OFF	ON	-50Hz
Vel. Muy Lenta	OFF	ON	ON	10 Hz
Vel. Intermedia	ON	ON	ON	35 Hz
<b>Variador 2</b>				
Modo:	VEL_VAR2_1	VEL_VAR2_2	VEL_VAR2_3	Frecuencia:
Paro	ON	OFF	OFF	0 Hz
Vel. Lenta	OFF	ON	OFF	25 Hz
Vel. Rápida	ON	ON	OFF	50 Hz
Vel. Lenta Inversa	OFF	OFF	ON	-25Hz
Vel. Rápida Inversa	ON	OFF	ON	-50Hz
Vel. Muy Lenta	OFF	ON	ON	10 Hz
Vel. Intermedia	ON	ON	ON	35 Hz
<b>Variador 3</b>				
Modo:	VEL_VAR3_1	VEL_VAR3_2	VEL_VAR3_3	Frecuencia:
Paro	ON	OFF	OFF	0 Hz
Vel. Lenta	OFF	ON	OFF	25 Hz
Vel. Rápida	ON	ON	OFF	50 Hz
Vel. Lenta Inversa	OFF	OFF	ON	-25Hz
Vel. Rápida Inversa	ON	OFF	ON	-50Hz
Vel. Muy Lenta	OFF	ON	ON	10 Hz
Vel. Intermedia	ON	ON	ON	35 Hz

*Tabla 3. Combinaciones Control Variadores*

### 3.1.2. Control del Eje Eléctrico

Con respecto al Eje Eléctrico, el cual tiene 5 posiciones de parada disponibles y está controlado por un motor paso a paso, para el accionamiento y control del eje se utilizarán 3 señales de salida (IN\_POS\_1, IN\_POS\_2, IN\_POS\_3 y 3 señales de entrada (FP\_1, FP\_2, FP\_3). Las primeras, las 3 señales de salida, indicarán la posición a la que se deberá desplazar el Eje Eléctrico ya que así lo requiere el proceso, y las últimas, las de entrada, indicarán la posición en la que se encuentra el Eje Eléctrico actualmente.

Al igual que en el apartado anterior, y a modo de resumen, se adjuntan las distintas tablas que muestran en función de las distintas combinaciones la posición a la que debe acudir y la posición en la que se encuentra el Eje Eléctrico:

POSICIÓN	IN_POS_1	IN_POS_2	IN_POS_3
POS.1	ON	OFF	OFF
POS.2	OFF	OFF	ON
POS.3	ON	OFF	ON
POS.4	OFF	ON	ON
POS.5	OFF	ON	OFF

POSICIÓN	FP_1	FP_2	FP_3
POS.1	ON	OFF	OFF
POS.2	OFF	OFF	ON
POS.3	ON	OFF	ON
POS.4	OFF	ON	ON
POS.5	OFF	ON	OFF

Tabla 4. Combinaciones Control Eje Eléctrico

### 3.1.3. Aspectos a considerar para la programación

A la hora de diseñar el automatismo que controlará el proceso de la maqueta, es necesario tener en cuentas unos aspectos muy particulares y específicos de vital importancia para el correcto funcionamiento del mismo. Se tratan de aspectos críticos que a primera vista no se identifican y por lo cual, merece la pena destacarlos:

- Evitar que el carro del Eje Eléctrico se desplace horizontalmente con el vástago extendido, es decir como si se encontrase en la posición en la que mediante la ventosa agarra la pieza. Esto es así, ya que, si no, podría

entorpecer el proceso derribando piezas que se encuentren en circulación a lo largo de las cintas transportadoras.

- Durante el tiempo en el que se depositan o recogen las piezas de cualquiera de las tres Cintas, éstas deberán de estar paradas, para que así no entorpezcan la labor de recogida o depósito de las piezas, y para evitar daños en las ventosas o en las cintas.
- Evitar que al bajar la compuerta de la Cinta Central se produzcan aplastamientos de las piezas que siguen a la clasificada anteriormente, que ha pasado por debajo de la compuerta.
- Una vez deposita una pieza en la cinta central el Eje Lineal Eléctrico y se ha de colocar otra pieza en la cinta central, cuando ésta aún no ha desplazado a la pieza depositada anteriormente, provocando un colapso en el punto de descarga de la pieza del Eje Lineal Eléctrico, éste, tendrá que dejar la pieza en las posiciones 2 o 4 hasta que la pieza que se encuentra en la posición 3 avance y por tanto le deje espacio a la nueva pieza que se quiere depositar en la cinta central.
- Durante las pruebas de evaluación del automatismo programado, se pudo observar la necesidad de una velocidad lenta en la Cinta Central, para que así se pueda realizar correctamente la operación de prensado.
- Una vez las posiciones 2 y 4 están ocupadas con una pieza, la cinta central no se encuentra disponible para depositar una pieza y el Eje lineal Eléctrico tiene una pieza en su ventosa, se tendrá que esperar a que la cinta central quede disponible. En esta situación, se encenderá la baliza, como más tarde se explicará en el debido apartado.

### **3.2. PROGRAMACIÓN DEL PROCESO EN TIA PORTAL**

A la hora de realizar la programación del autómatas, una vez descrito el proceso que tendrá lugar en la maqueta Artitecnic, simulando un proceso industrial cualquiera, y una vez se planteen los distintos *Graficets* que gobiernan el control de los actuadores, los cuales se adjuntarán como anexo, se implementará dicha solución en TIA Portal. Para ello, se utilizará, tal y como ya se ha comentado anteriormente, el lenguaje KOB, por lo que se utilizará las ecuaciones lógicas con el Álgebra de Boole. Gracias a ello, se podrá programar de una forma metódica y organizada.

Se ha programado el automatismo con la ayuda de distintas funciones, teniendo una función por cada proceso aislado que se ha considerado:

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

1. Seta Alarma: Controlará que, al pulsarse la seta de emergencia, se detenga el funcionamiento de todos los variadores que componen la maqueta.
2. Cinta Alimentación
3. Eje Lineal Eléctrico
4. Cinta Central: Controlará el correcto funcionamiento de esta cinta, y aparte, la estación de prensado.
5. Auxiliar Detección Pieza: Control empleado para mediante una marca que se pasará a la función compuerta, saber si la pieza es grande y por tanto la compuerta debería subirse.
6. Compuerta
7. Pick&Place
8. Cinta de Realimentación
9. Actuadores: En esta función se recopilarán todas las salidas y las combinaciones que se han de dar para que éstas se activen.

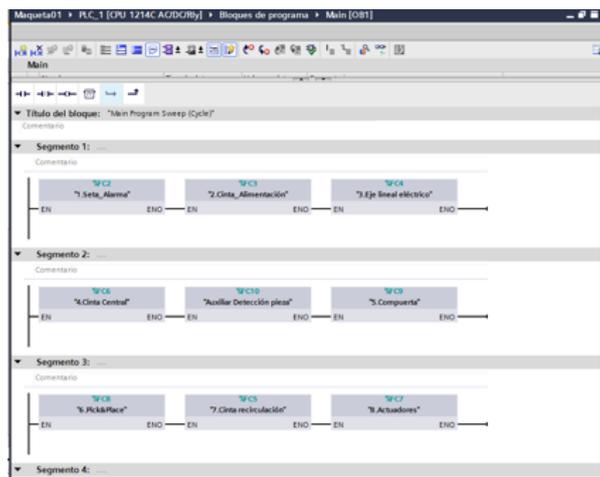


Ilustración 10. Bloque Main OB

En cada una de estas funciones se han programado tanto las ecuaciones de SET, las cuales indicarán las condiciones que han de cumplirse para que se active un estado, como las ecuaciones de estado, proporcionando información acerca de cuándo y cómo se desactivarán las etapas.

### 3.2.1. Seta de Emergencia

El siguiente grafcet diseñado se encargará de controlar la acción de pulsar la seta de emergencia, por la cual se deberán de parar todas las cintas, el Eje Lineal Eléctrico y el Pick&Place.

Para ello, se han diseñado tres etapas:

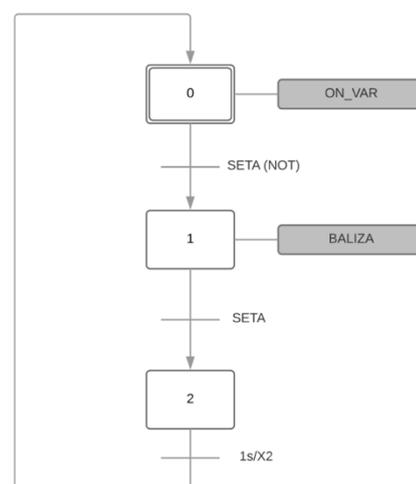
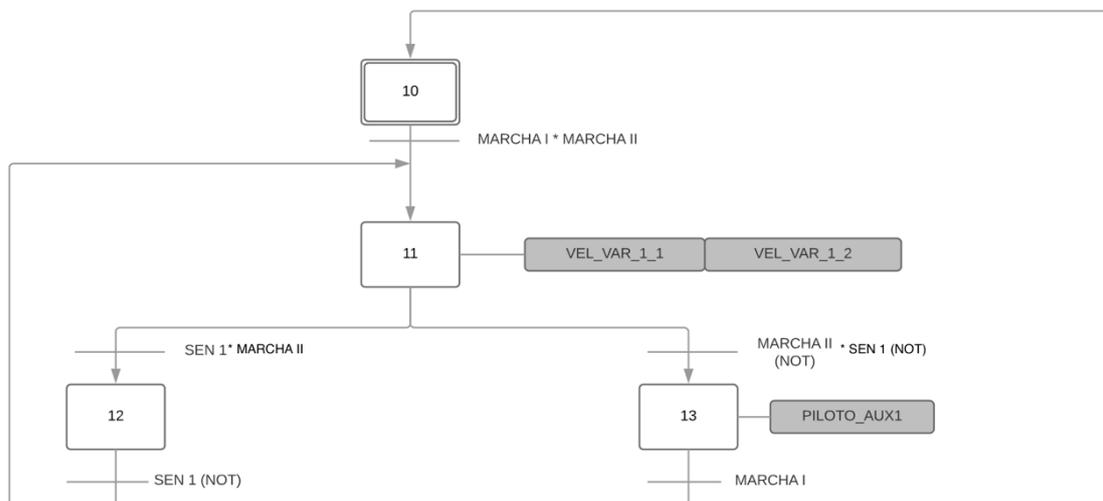


Ilustración 11. Grafcet Seta de Emergencia

- La inicial por medio de la cual se activa el variador (ON\_VAR) para posibilitar el movimiento de las cintas y los otros dispositivos de los que se compone la maqueta.
- Una segunda etapa, que tiene lugar cuando se pulsa la Seta de Emergencia, encendiendo la baliza y pasando a una etapa en la que ON\_VAR no está activado, impidiendo por tanto el movimiento de cualquier dispositivo de la maqueta.
- Por último, la tercera etapa es activada cuando la seta se desactiva, nótese que presenta una lógica inversa de activación, es decir, permanece activa la seta siempre y cuando no se pulse. Para regresar al estado inicial, se ha realizado mediante la ayuda de un temporizador, para asegurarse de que se desconecta el tiempo necesario para que luego se vuelva a poder activar.

### 3.2.2. Cinta de Alimentación



*Ilustración 12. Grafcet Cinta de Alimentación*

Este diagrama o grafcet se encarga del control de la cinta de alimentación. En el estado inicial, se encuentra en reposo, sin moverse, la cinta. Una vez se pulsa el botón verde, pasa al estado número 11. Al igual que la seta de emergencia, el sensor MARCHA II trabaja con lógica inversa, está activado de normal sin haber sido pulsado.

Una vez se llega al estado 11, se activan las salidas necesarias para que la cinta comience a desplazarse de forma rápida en sentido directo. Para pasar al estado 12, tiene que activarse SEN 1, es decir, que una pieza llegue al final de la Cinta de alimentación, y se mantendrá aquí hasta que deje de estar activo dicho sensor.

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

Por otro lado, mientras esté en el estado número 11, si se pulsa y por tanto se desactiva la entrada MARCHA II, es decir, se pulse el botón rojo, pasaremos al estado 13, donde se detendrá la cinta y se encenderá la baliza. Finalmente, se volverá a mover una vez se vuelva a pulsar el botón verde.

### 3.2.3. Eje Lineal Eléctrico

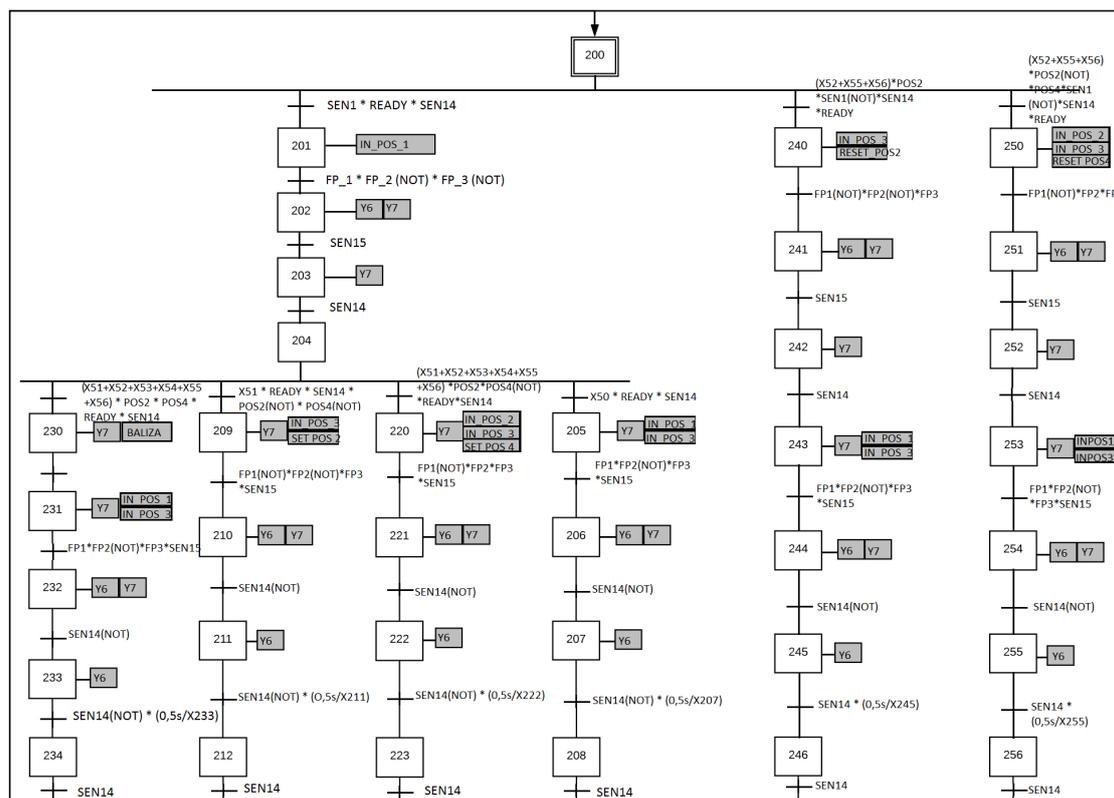


Ilustración 13. Grafcet Eje Lineal Eléctrico

Tal y como se puede apreciar en la *Ilustración 13. Grafcet Eje Lineal Eléctrico*, el presente diagrama de flujo o grafcet es el más complejo del automatismo programado. Esto es así ya que debe contemplar distintas posibilidades, como son la utilización de los *buffers* para depositar las piezas en las posiciones 2 y 4 cuando la Cinta Central se encuentre ocupada por otra pieza. Se deberá de detectar cuando está ocupada sirviéndose de las etapas que se encuentren activadas en el grafcet de la Cinta Central.

La primera divergencia en OR, contempla tres posibilidades:

- La primera de ellas, que se detecte una pieza al final de la cinta de alimentación.

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

- La rama central, que estando disponible y con el vástago arriba el Eje Lineal Eléctrico, haya una pieza en la posición 2 (POS2 activo), no haya pieza al final de la cinta de alimentación y que las etapas 52, 55 o 56 de la Cinta Central se encuentren activadas. Estas etapas tienen lugar una vez se ha detectado la pieza al final de la cinta, para garantizar que sólo hay una pieza en la cinta y se pueda trabajar con precisión en el prensado y se puedan clasificar sin ningún tipo de problema.
- La última rama, trabaja igual que la rama central, pero con la particularidad de que hará lo mismo pero cuando la posición 4 esté activada y no haya pieza en la posición 2 (POS4 activo y POS2 desactivado).

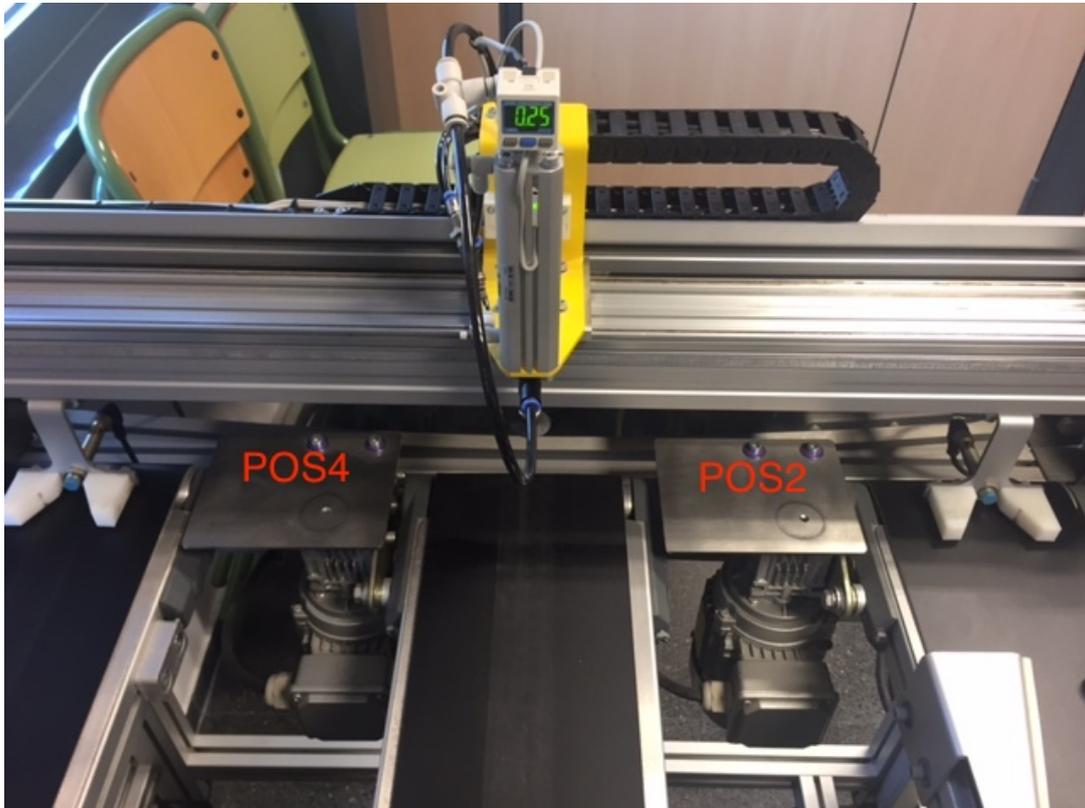


Ilustración 14. Buffers Posición 2 y 4

Centrándose en la rama de más a la izquierda, cuando haya una pieza al final de la Cinta de Alimentación, el Eje Lineal Eléctrico tenga la señal de READY activa y el cilindro en la posición de más arriba, se dirigirá este último a la Cinta de Alimentación (posición 1). Una vez allí, mediante los actuadores Y6 e Y7 cogerá la pieza y una vez ya tenga la pieza en la ventosa, se producirá otra divergencia.

La rama de más a la derecha, la cual se activará la primera vez después de la conexión, será la encargada de llevar la pieza desde la Cinta de Alimentación a la Cinta Central. Con esta rama, se asegura que la Cinta Central se encuentra libre, es decir, no hay ninguna pieza en ella y, por tanto, se puede depositar la pieza allí para que realice correctamente el proceso.

Siguiendo de derecha a izquierda, la siguiente rama se encarga de depositar la pieza en el *buffer* de la posición 4. Tanto para esta rama, como para la siguiente, se declaran unas variables para conocer cuando hay una pieza en cada una de las posiciones de los *buffers* (POS2 y POS4), que se activarán mediante un SET en las etapas 209 y 220 respectivamente.

Siguiendo con esta rama, esta rama se ejecutará posteriormente a que se haya colocado una pieza en la posición 2, proceso controlado por la rama siguiente, ya que como condición para que se active, POS2 deberá de estar activo. Colocadas las piezas en la posición 2 ó 4, se volverá al estado inicial.

La última ramificación, contempla la posibilidad de que haya una pieza al final de la Cinta de Alimentación, se hayan depositado piezas en los buffers, tanto en la posición 2 como en la posición 4 y la Cinta Central se encuentre ocupada. Cuando ocurra esta posibilidad, el Eje Lineal Eléctrico, recogerá la pieza de la cinta, y teniendo el vástago en la posición más alta, esperará a que la Cinta Central se habilite y, por tanto, no tenga ninguna pieza. Una vez esto ocurra se depositará la pieza en la Cinta Central. Durante esta espera, se encenderá la señal luminosa de la baliza para indicar un estado excepcional.

De la primera convergencia, las otras dos posibilidades contemplan cada una de ellas, que habiendo una pieza en la posición 2 o 4 respectivamente, y la Cinta Central se encuentre libre, se encargará de desplazar el carrito del eje lineal Eléctrico hasta bien la posición 2 o bien la posición 4, recoger la pieza, y llevarla a la Cinta Central. En este proceso, las variables POS2 y POS4 se resetearán para indicar que no hay pieza, ya que han sido recogidas y depositadas en la Cinta Central.

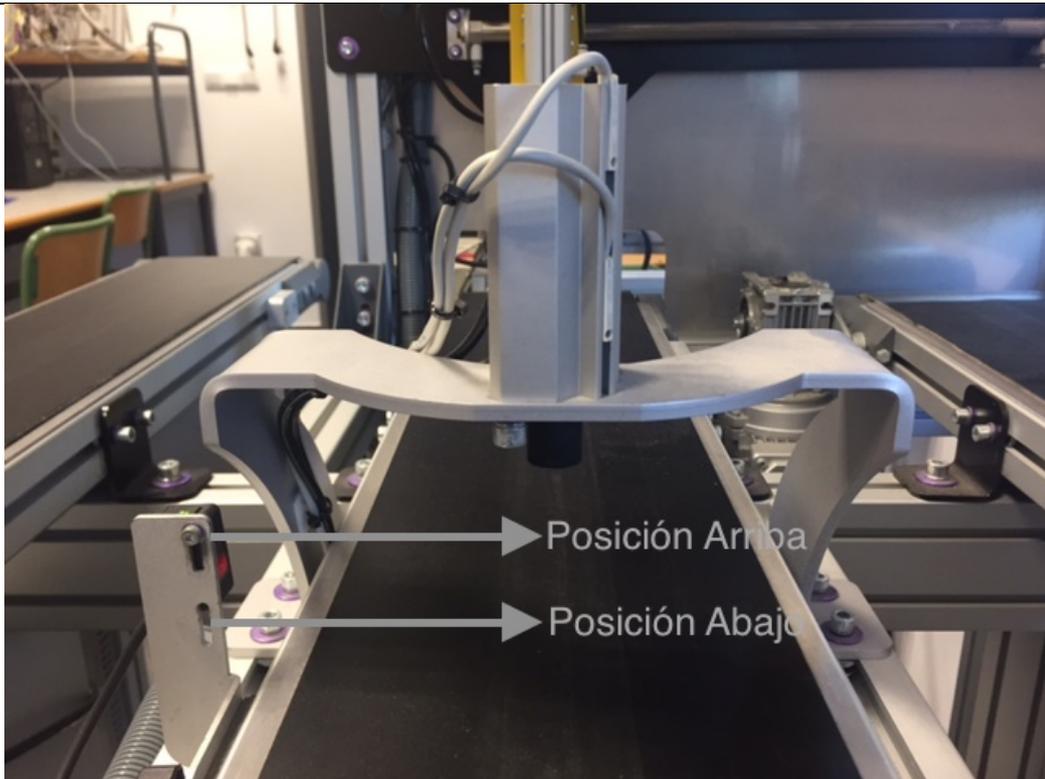
### **3.2.4. Cinta Central**

El siguiente elemento a controlar es la Cinta central, fundamental en el proceso que se pretende automatizar, ya que deberá de trabajar de forma conjunta con el Eje Lineal Eléctrico, la estación de prensado, la compuerta que se acciona para las piezas más altas y el Pick&Place, que se empleará sólo para las piezas de menor tamaño.

Cabe recalcar que, durante el proceso de movimiento de la cinta, se trabajará con la velocidad especificada como "Lenta", ya que velocidades más altas pueden provocar la caída de piezas debido a la estación de prensado.

Para que la cinta comience a desplazarse, dejando activa la etapa número 51, el Eje lineal Eléctrico deberá de estar en la posición 3 que ocupa la cinta central (expresado mediante la activación de los bits de FP\_1 y FP\_3), el vástago deberá de estar en la posición de arriba y debe de tener una pieza en la ventosa (sensores SEN14 y SEN15 activados respectivamente).

Una vez llegados a este punto, se añade una divergencia en OR al graficet, expresando la doble casuística que se puede contemplar. La rama de la izquierda, activará la etapa 52 una vez la pieza llegue al final de la cinta (SEN2 activo), sin haber activado el sensor de la estación de prensado, colocado para detectar sólo las piezas más altas. Llegada esta etapa, se conoce que se trata de una pieza pequeña, la cual deberá de ser recogida por el Pick&Place, por lo que se mantendrá en este estado hasta que no se detecte pieza al final de la cinta (SEN2 desactivado).



*Ilustración 15. Distintas Posiciones Sensor 3*

La rama de la derecha será activada cuando en el recorrido de la Cinta Central haya una pieza grande. Se conocerá esta información gracias a la activación de SEN3, es decir, que hay una pieza en la estación de prensado y que, a lo sumo, es alta, ya que dicho sensor se ha colocado de forma que sólo detecte piezas altas. Activada la etapa 53, se accionará el prensado de la pieza durante un corto periodo de tiempo, 1 segundo. Pasado este tiempo, en la etapa 54, la cinta volverá a moverse hasta que llegue al final de la cinta. Continuará en la etapa 55 hasta que se haya detectado que la compuerta está en su posición alta y que por lo tanto se ha activado. Posteriormente se volverán a activar los actuadores necesarios para que la cinta se mueva, hasta que la compuerta se vuelva a bajar, para así depositar la pieza en el contenedor azul.

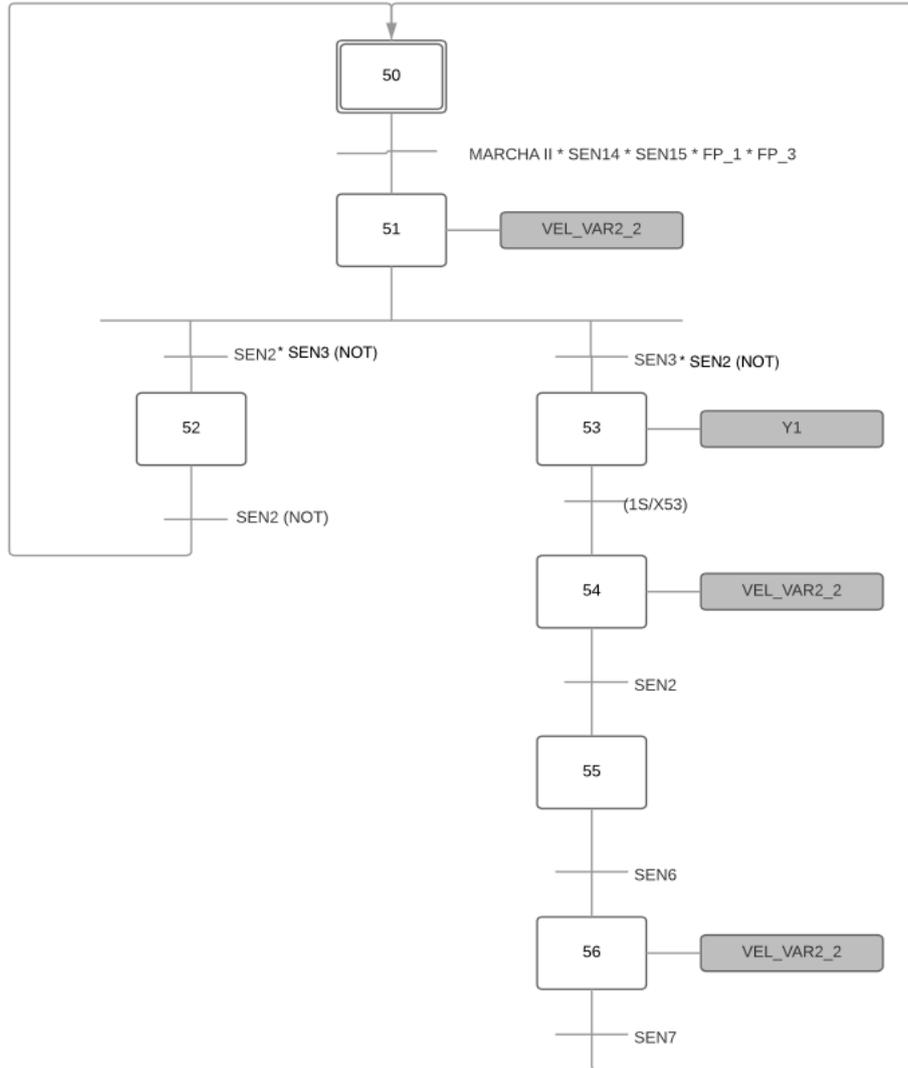
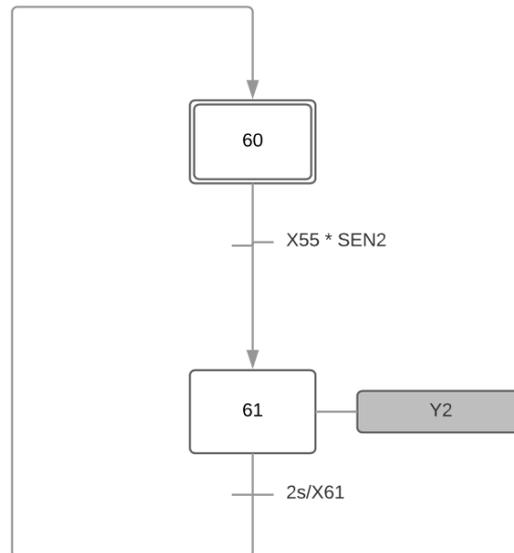


Ilustración 16. Grafset Cinta Central

### 3.2.5. Compuerta



X55

Ilustración 17. Graficet Compuerta

Con este diagrama de flujo se controlará la compuerta que permite depositar las piezas grandes en el depósito azul. Para que la compuerta se accione y por tanto, se active la etapa número 61, la pieza debe activar SEN 2 (final de la Cinta Central) y además, debe de estar en el estado X55 del graficet de la Cinta Central. Dicho estado, el X55, viene precedido de unos estados que se activan cuando la pieza grande pasa por la Cinta Central, activando el sensor de la estación de prensado (SEN 3). El estado X55 viene precedido de la activación del sensor del final de la cinta.

Una vez se pasa al estado 61, se activará el actuador Y2, encargado de accionar la compuerta y levantarla, permanecerá levantada un corto periodo de tiempo, el necesario para que la pieza ase y sea depositada en el contenedor azul, estipulado en el presente graficet con 2 segundos.

### 3.2.6. Pick&Place

Partiendo del estado inicial número 70, una vez la pieza, la cual deberá de ser la de menor tamaño, llegue al final de la Cinta Central y active, por tanto, SEN 2, estando como condición necesaria el vástago del Pick&Place subido (SEN 10 activo) y no estando activo el estado X55, activado cuando la pieza es la de mayor tamaño, se pasa al estado 71.

En dicho estado, se activarán tal y como se puede observar en *Ilustración 18. Grafcet Pick&Place* los actuadores Y4 e Y5, encargados de bajar el vástago y realizar el vacío respectivamente.

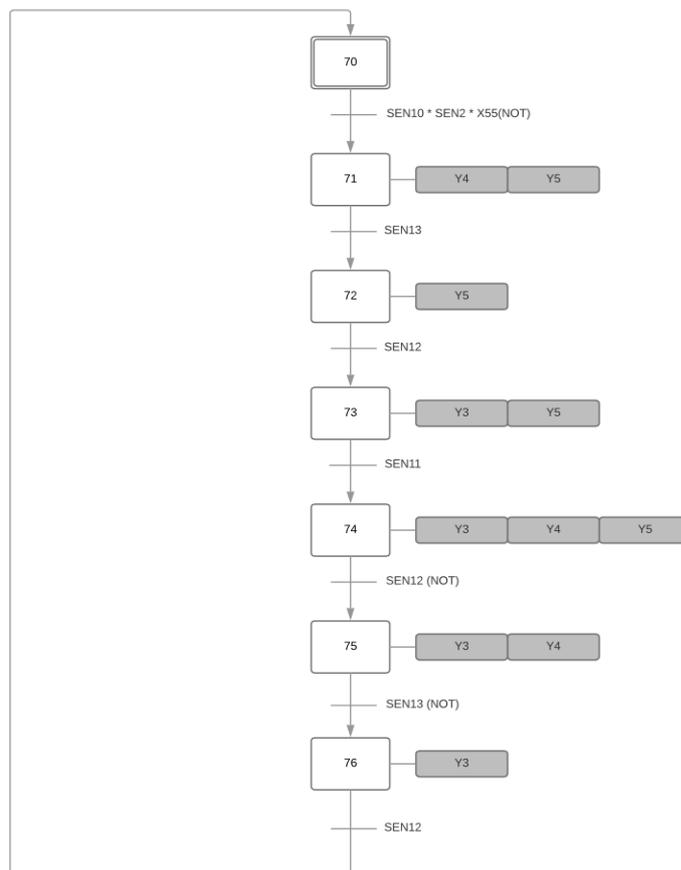


Ilustración 18. Grafcet Pick&Place

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

Una vez se detecte que la pieza se encuentre en la ventosa (SEN 13), se activará el siguiente estado. En este estado, sólo actuará Y5, para así hacer que el vástago suba manteniendo la pieza en la ventosa. Esta etapa se mantendrá activa hasta que el sensor número 12 (SEN 12) se activa, indicando que el Pick&Place se encuentra con el vástago en su posición de arriba.

Posteriormente, se activará el actuador Y3 encargado de desplazar a lo largo del eje X (desplazamiento horizontal), para llevar la pieza a la Cinta de Recirculación, manteniendo siempre el vacío con la pieza (actuador Y5 activado).

Detectado que se encuentra al final del eje, es decir en la posición de la Cinta de Recirculación, se procederá a depositar la pieza en esta cinta. Para ello, una vez activada la etapa 74, actuarán Y3, para mantener la posición al final del eje tal y como se ha comentado anteriormente, Y4 para bajar el brazo y poder con ello dejar la pieza e Y5 manteniendo el vacío, para que la pieza no caiga una vez se esté bajando el brazo. Se ejecutará durante un corto periodo de tiempo, el tiempo en el que se detecta que el brazo no se encuentra arriba, por esa razón se incluye como condición para seguir el proceso del graficet  $\overline{SEN12}$  (ó SEN 12 (not)).

El siguiente estado, número 75, se encarga de elevar el brazo hasta la posición de arriba, ya sin accionar el actuador encargado de realizar el vacío. Desactivado SEN 13, y por tanto, asegurándose de que no haya pieza en el sistema, se pasará al siguiente estado, donde se mantendrá el diagrama de flujo, hasta que se asegure que el vástago esté totalmente retraído, es decir, en la posición de arriba, para evitar colisiones, tal y como se ha hablado con anterioridad.

### 3.2.7. Cinta de Recirculación

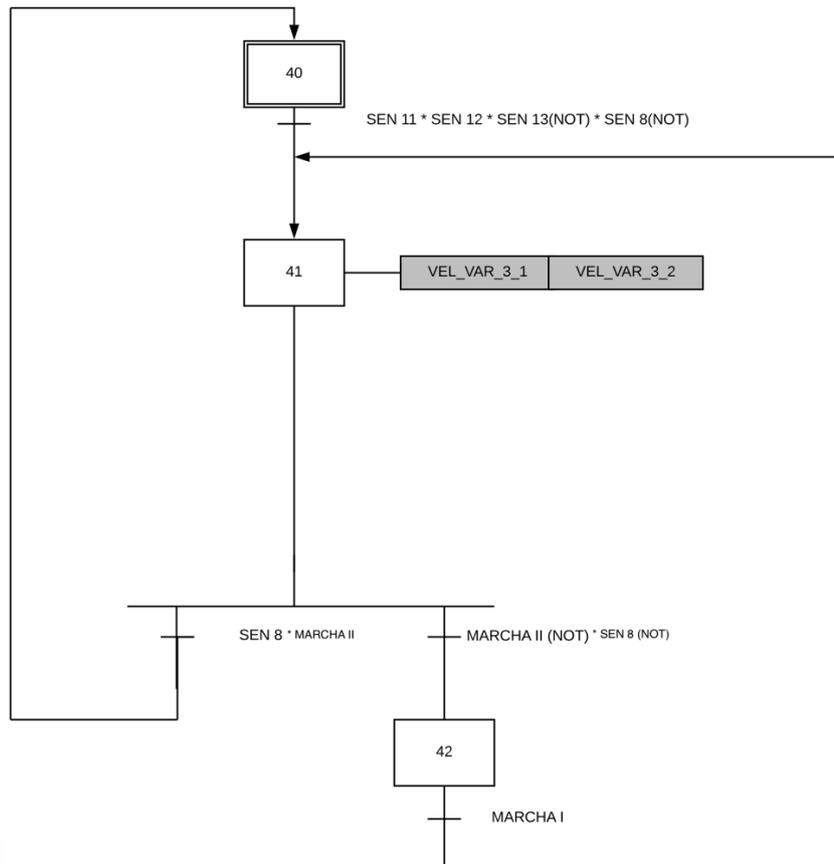


Ilustración 19. Graficet Cinta Recirculación

En el estado inicial, etapa X40, se encuentra la cinta en reposo, es decir, parada. Para pasar al estado X41, se han de cumplir diversas condiciones:

- Que el Pick&Place se encuentre en la posición final, en la posición de la cinta de recirculación, estando activo por tanto SEN 11.
- El cilindro del sistema Pick&Place se encuentra arriba, para evitar posibles daños al vástago y asegurar la correcta colocación de la pieza (SEN 12)
- La cinta comenzará a moverse una vez el Pick&Place no tengo pieza en la ventosa, ya que dicha pieza deberá de estar en la cinta, por lo que SEN 13 deberá estar negado.
- Una vez una pieza llega al final de la cinta de recirculación, no podrá moverse la cinta, quedándose en la etapa X40, esperando a que dicha pieza sea recogida.

Se volverá al estado inicial una vez SEN 8 sea activado, es decir, cuando una pieza llegue al final de la cinta de recirculación.

Al igual que en el resto de cintas transportadoras, se añade la opción de parar la cinta pulsando el botón rojo, identificado como MARCHA II. Recordar que dicho pulsador trabaja con lógica negada.

### 3.2.8. Auxiliar Detección Pieza

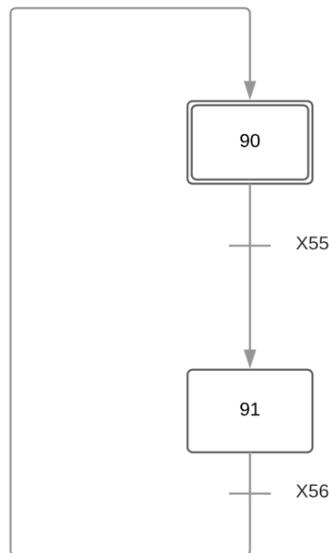


Ilustración 20. Grafcet Auxiliar Detección Pieza

Mediante este grafcet, se identifica que la pieza es grande y servirá de ayuda para ver cuando la compuerta se debe accionar y cuando no. No posee ninguna acción dentro de sus estados, ya que como se ha comentado, sirve simplemente como un grafcet auxiliar que permita controlar cuando se debe accionar la compuerta y cuando no.

Para pasar al estado X91, se debe de haber estado en el estado X55, en el cual se estará cuando se haya detectado mediante la prensadora que es una pieza grande y se esté en el fin de la Cinta Central.

Se volverá al estado inicial cuando se esté en la etapa X56, en la cual se estará accionando la Cinta Central para depositar las piezas en el contenedor azul.



## CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN SCADA

### 4.1. Desarrollo Aplicación SCADA

En primer lugar, se tendrá que tener en cuenta qué se quiere representar en la aplicación y sobretodo qué se quiere controlar a distancia o que se pretende ver. Para ello, como ya se ha ido comentando a lo largo del presente proyecto, se utilizará Wincc Advanced.

Será necesaria la creación de dos modos de trabajo, el automático, siendo éste el modo de trabajo en el que todo está totalmente automatizado y no se puede accionar manualmente nada; y el manual. En el modo manual es donde la aplicación SCADA aparecerá para permitirnos accionar las distintas salidas que deseemos y ver cómo se encuentran las entradas o sensores de los que se dispone en el proceso. Para cambiar de modo se establecerá un botón (*rotary button*) que permita pasar de un modo de trabajo a otro desde la pantalla principal. Por otra parte, dicha aplicación en el modo automático permitirá ver en pantalla al operario todo lo que está ocurriendo en el proceso, sin tener la necesidad de estar presente físicamente en el mismo.

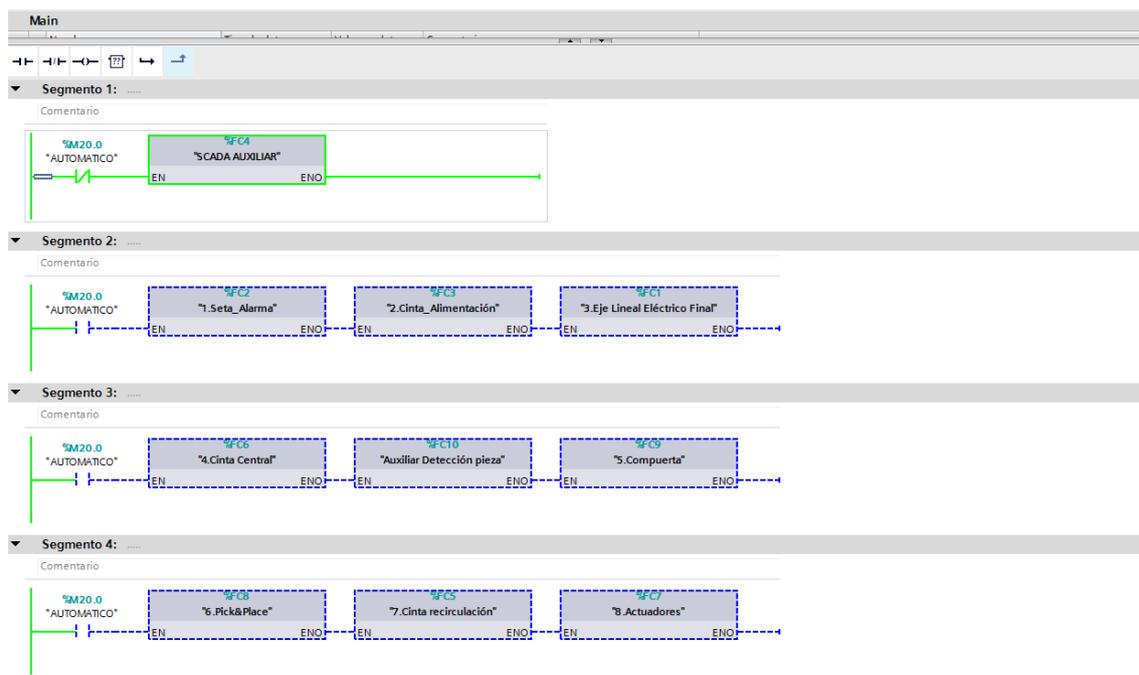


Ilustración 21. Bloque Main Automático/Manual

Tal y como se puede observar en la ilustración anterior, el bloque *main OB* sufre modificaciones con respecto al que se expuso en su momento en la **Ilustración 10. Bloque Main OB**. Se introducen contactos para que una vez el modo automático esté activado, puede

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

seguir el proceso anteriormente diseñado, mientras que cuando no esté activo, se activará la función "SCADA Auxiliar" que servirá para aportar distinta información de sensores y de marcas relacionadas con distintas variables de la maqueta a la aplicación SCADA.

Se trabajará con el ordenador, que servirá de pantalla para la aplicación, por lo que en primer lugar se tendrá que configurar en Wincc Advanced dicha opción, conectando entre sí el monitor o pantalla de la aplicación con el PLC.

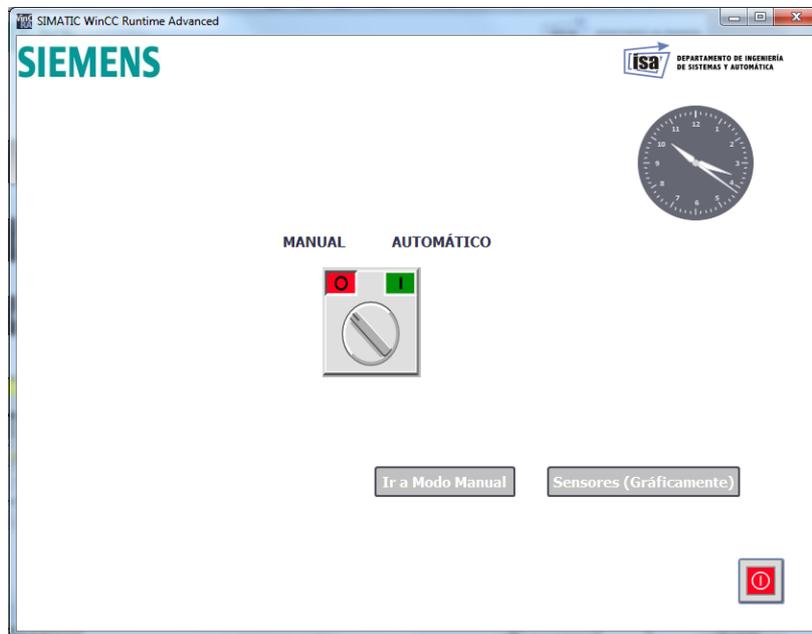


Ilustración 22. Pantalla Principal SCADA

En la ilustración anterior se muestra la pantalla principal de la aplicación que se ha desarrollado. En ella, se podrá elegir el modo en el que se trabaja, si manual o automático, mediante el *rotary button* que se ha comentado anteriormente. Además, se podrá pulsar el botón "Ir a Modo Manual" que le llevará a las pantallas que controlen dicho modo y "Sensores (Gráficamente)" que permitirá ver distintos parámetros en una representación de la maqueta.

### 4.2. Modo Automático

Tal y como se ha comentado brevemente en el apartado anterior, en este modo de operación el operario podrá ver por pantalla todo lo que está sucediendo a medida que el proceso va teniendo lugar.

De entre todas las posibilidades que tanto Wincc Advanced como el propio proceso ofrece, se han considerado como importantes y, por tanto, de vital importancia para el operario la siguiente información que verá por pantalla:

- Las distintas posiciones que ocuparán las piezas. Para ello se emplearán los distintos sensores de los que está compuesta la maqueta, como puede ser el final de cinta de cada una de las tres cintas, como el sensor que indica que hay una pieza en la estación de prensado.

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

- Las posiciones que tanto el Eje Lineal Eléctrico como el Pick&Place van ocupando a medida que el proceso avanza y van recogiendo y depositando las distintas piezas.
- Se reflejará en la pantalla principal que cintas están activas y por tanto en movimiento mediante un led que se encenderá en dicho caso.
- Por otro lado, en la pantalla principal también, se indicarán todas las señales luminosas como pueden ser la baliza que indicará un estado de emergencia y el piloto auxiliar rojo que se localiza físicamente en la botonera industrial, que se encenderá cuando se ha pulsado el botón rojo (MARCHA II).

En este modo de trabajo sólo se podrán ver el estado de distintos sensores, por lo que la única pantalla, junto con la principal, que se podrá manejar será la de “Sensores (Gráficamente)”.

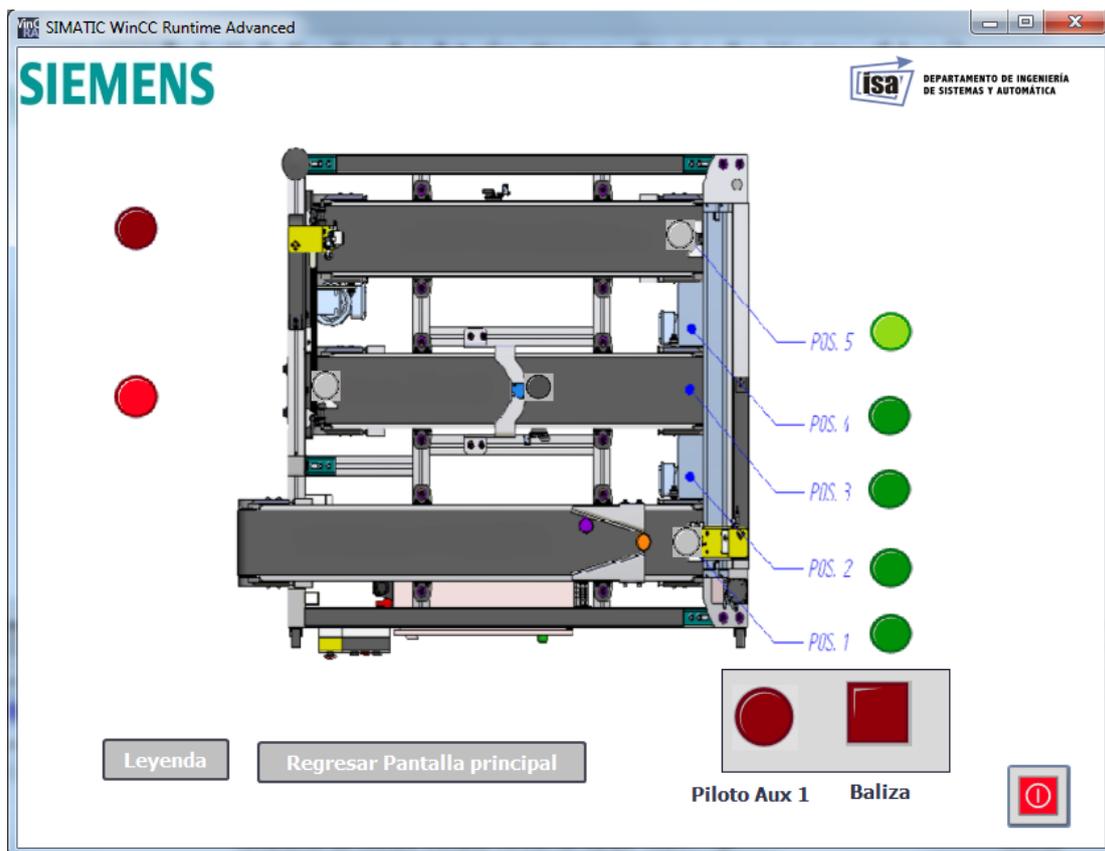


Ilustración 23. Pantalla Sensores (Gráficamente)

Fijándose en esta pantalla, se podrá conocer viendo los distintos pilotos (LEDs) que se han puesto a lo largo de las cintas, donde se encuentran las piezas:

- Pieza al final de la Cinta de Alimentación.
- Pieza en Estación de Prensado.
- Pieza al final de la Cinta Central.
- Pieza al final de la Cinta de Recirculación.

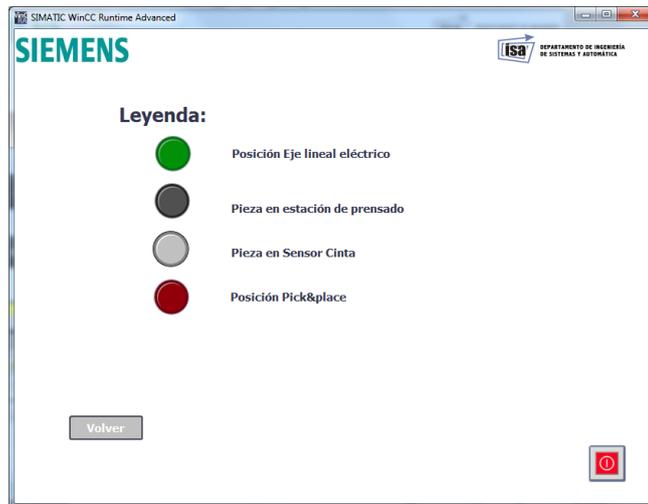
Por otro lado, en el cuadro localizado en la esquina inferior derecha, se disponen las señales luminosas, la baliza y la del piloto localizado en la botonera industrial.

Por último, en los márgenes derecho e izquierdo de la representación gráfica de la maqueta, se localizan distintos pilotos que al encenderse señalizaran dónde se encuentra el Pick&Place y el

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

Eje Lineal Eléctrico respectivamente. Para el caso que se representa en la *Ilustración 23. Pantalla Sensores (Gráficamente)*, el Pick&Place estaría en la posición inicial (en la Cinta Central) y el Eje Lineal Eléctrico en la posición número 5.

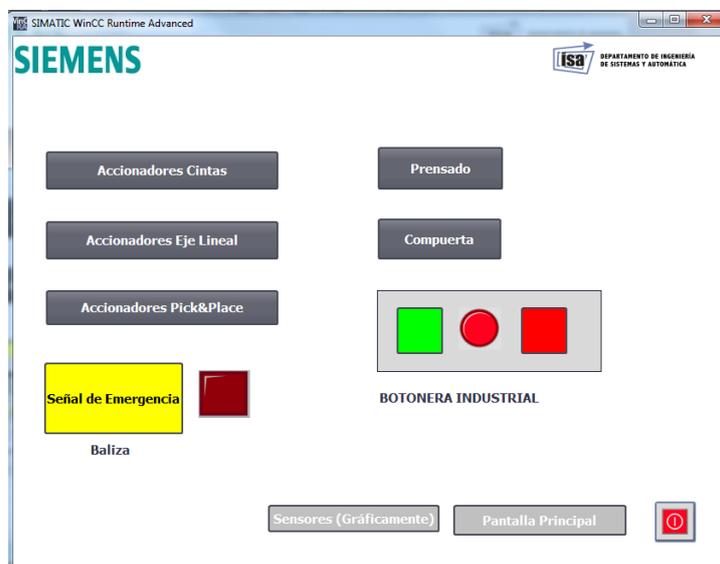
Con el fin de que cualquier operario o usuario de la aplicación sepa interpretar dichos pilotos, pulsando el botón “Leyenda”, aparecerá una ventana donde quedarán explicados todos los pilotos de los que se dispone en la pantalla anterior.



*Ilustración 24. Leyenda pantalla sensores*

### 4.3. Modo Manual

Una vez el interruptor se encuentra en modo “Manual” se podrán controlar todas las salidas o actuadores de los que se dispone en la maqueta desde la aplicación desarrollada. Para ello, se deberá de pulsar el botón que reside en la pantalla principal “Ir a modo Manual”. Una vez se haya pulsado, la aplicación mostrará la pantalla del modo manual considerada como principal para este modo.



*Ilustración 25. Pantalla Principal del Modo Manual*

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

Directamente desde esta pantalla se podrán accionar las siguientes salidas:

- Prensado.
- Compuerta.
- Botón rojo de la botonera industrial (Marcha II).
- Botón verde de la botonera industrial (Marcha I).
- Señal de emergencia o baliza.

Para el resto de salidas, se disponen de tres botones que redirigirán al usuario a distintas pantallas, estos son:

- **“Accionadores Cinta”**, a través de la cual se podrá controlar la velocidad de las cintas transportadoras y ver si éstas se encuentran en movimiento mediante un piloto verde.

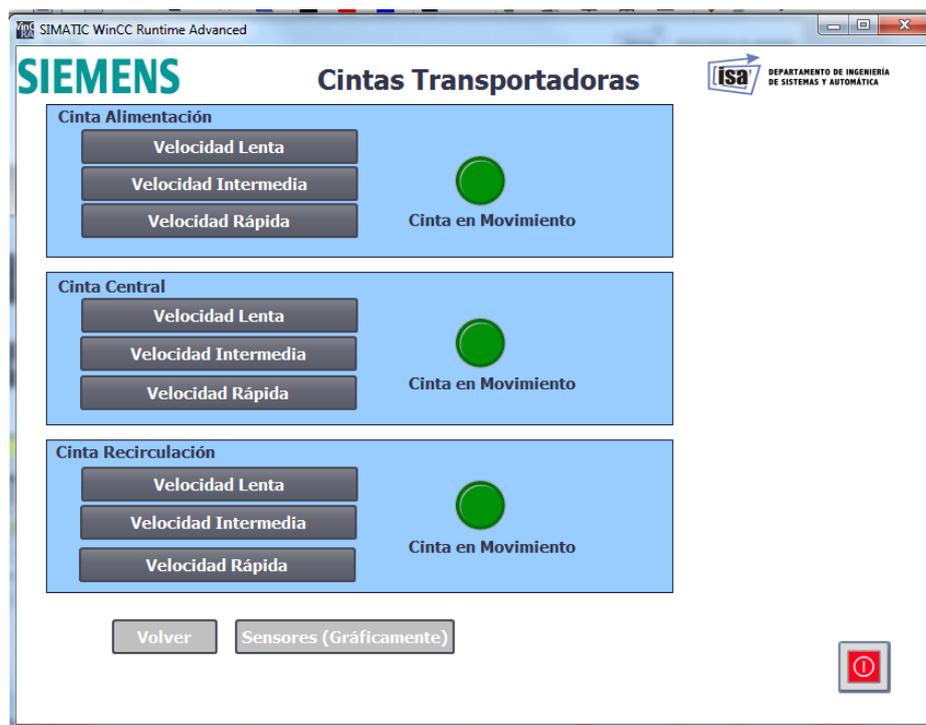


Ilustración 26. Pantalla Cintas Transportadoras

- **“Accionadores Eje Lineal Eléctrico”**, permitirá controlar las salidas de dicho sistema, como son la posición que ocupa en la maqueta, bajar el brazo o realizar el vacío para poder tomar una pieza. Además, se le ha añadido dos sensores que marcarán cuando el brazo se encuentra arriba, o por el contrario, se encuentra en la posición de abajo.

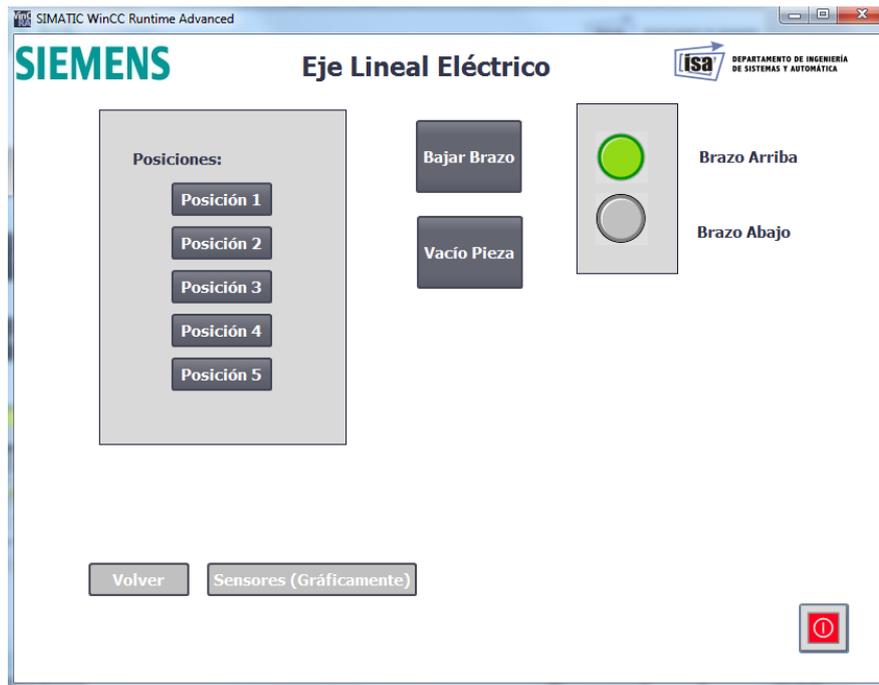


Ilustración 27. Pantalla Eje Lineal Eléctrico

- “**Accionadores Pick&Place**”, controlarán tanto el movimiento o posición del sistema, así como la posibilidad de realizar el vacío o bajar el vástago para poder tomar una pieza. Al igual que en el anterior caso, se añaden dos pilotos para identificar donde se encuentra el vástago del Pick&Place, si arriba o abajo.

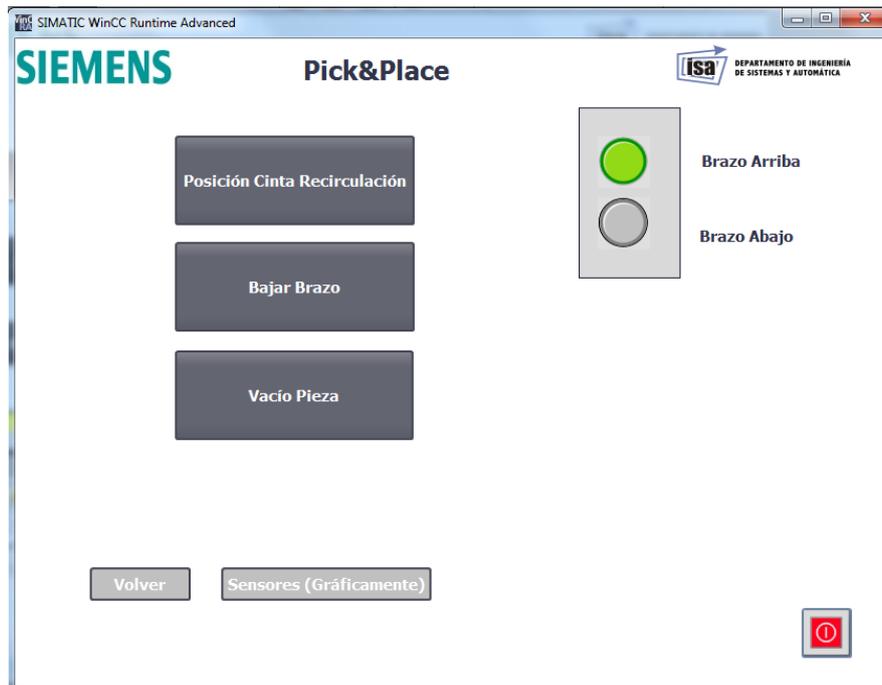


Ilustración 28. Pantalla Pick&Place

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

Tal y como se puede observar, a las tres pantallas se les ha añadido un botón auxiliar para poder ir a la pantalla de los sensores y poder ver en tiempo real donde se encuentran las piezas o cualquier información que se necesite que se encuentre en dicha pantalla.

A ese botón, se le suma otro, el de "Volver", que permitirá al usuario volver a la pantalla principal del modo automático, para así poder seguir accionando otras distintas variables.



## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Del siguiente proyecto se han podido extraer varias conclusiones. Una de ellas y la más importante es la facilidad con la que se puede programar un automatismo una vez se conoce el software de programación TIA Portal. Resulta muy fácil configurar los dispositivos y aún más realizar los distintos programas. Otro de los puntos más importantes es la gran cantidad de opciones que aporta Wincc Advanced, ofreciendo una gran variedad de funciones y de elementos gráficos, con el fin de hacer más intuitiva para el usuario la aplicación. Esto se debe en parte, gracias a la gran librería que viene de serie en el software, la cual se puede ampliar con nuevos elementos.

En este capítulo, además, se recogerán los pasos por los que se ha pasado para la realización del proyecto, citando los aspectos más cruciales e importantes y las posibles conclusiones que se han podido sacar de ellos.

En primer lugar, antes de empezar a diseñar el proceso industrial, se estuvo en un periodo de formación, en el que el principal objetivo era familiarizarse con el entorno de programación que se iba a emplear, al igual que la familiarización con el autómata.

Seguidamente, se configuró el PLC en TIA Portal, conectándolo a la red y añadiéndole la Signal Module, la cual ha facilitado el proyecto en gran medida, ya que, de no haber sido por la adición de ésta, se tendría que haber trabajado o bien, con dos autómatas S7 1200 y conectarlos entre sí, o trabajar con otro autómata, lo cual podría haber aumentado el coste del proyecto. De este apartado del proyecto, se podría destacar la facilidad con la que se conecta el PLC a la red, gracias a la interfaz, siendo no muy largo o complejo.

Una vez ya se tiene configurado el PLC, se pasa a un proceso en el que se trata de entender el proceso industrial que se pretende automatizar, viendo con qué entradas y salidas se trabaja, para así tener un entendimiento general.

Conocido ya el proceso, se empezará con la programación. A través de la ayuda de distintos *Grafsets*, uno para cada proceso que se ha considerado oportuno, y las ecuaciones lógicas del Álgebra de Boole, se pasa a ecuaciones de contacto implementadas en distintas funciones FC dentro de TIA Portal. El uso de estas funciones, facilita la programación del automatismo de manera que lo hace más visual y de una forma más organizada.

Uno de los puntos más complejos y largos, ha sido la evaluación del automatismo programado, viendo que se cumplen todas las expectativas y se cumple también toda la casuística posible.

Finalizado ya el proceso de diseño, y la correspondiente evaluación del mismo, comprobando que todo está correcto, se ha pasado al diseño de la aplicación SCADA, mediante el software que ofrece TIA Portal, Wincc Advanced. Con esta aplicación se pretende poder controlar el proceso por pantalla, conociendo todos los detalles posibles, y a su vez, poder manipular,

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

desde el ordenador en este caso, el proceso. Se pretende poder controlar todas las acciones o salidas, y poder detener en caso de accidente el proceso.

Dentro de esta aplicación, se trabajará con dos modos de trabajo: manual o automático. El modo manual permitirá controlar todas las salidas de las que se dispone en la maqueta de una forma muy gráfica y sencilla. También en este modo, se podrá observar gráficamente con una representación en 2D de la maqueta, los distintos lugares por los que la pieza va circulando, así como otros elementos de interés como señales luminosas, posiciones del Eje Lineal eléctrico y del Pick&Place, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- GARCIA MORENO, E. 1999. *Automatización de procesos industriales robótica y automática (1999)*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- BALCELLS SENDRA, J. and ROMERAL MARTÍNEZ, J. 1997. *Autómatas programables*. Barcelona: Marcombo Boixareu.
- Manual Usuario Iniciación S7-1200. Cache.industry.siemens.com [en línea] 2018.
- *Maqueta Célula de Procesos Automática (2011)*. Proporcionada por el tutor del trabajo.
- *Transparencias Tecnología de la Automatización (2017)*. Proporcionada por el tutor del trabajo.
- MARTÍNEZ TORRES. JOSÉ. *Aprenda WinCC*. Departamento Automatización Siemens.
- RODRÍGUEZ PENIN, A. 2007. *Sistemas SCADA*. Barcelona: Marcombo.

## LISTADO DE FIGURAS

<i>ILUSTRACIÓN 1. PRIMER PLC PRODUCIDO COMERCIALMENTE: MODICON 084</i> .....	2
<i>ILUSTRACIÓN 2. DISTINTAS PARTES AUTÓMATA SIEMENS S7 1200</i> .....	6
<i>ILUSTRACIÓN 3. CPU S71200 (1) Y SIGNAL MODULE (2)</i> .....	7
<i>ILUSTRACIÓN 4. VISUALIZACIÓN MODO PROYECTO INTERFAZ TIA PORTAL</i> .....	9
<i>ILUSTRACIÓN 5. MAQUETA ARTITECNIC LABORATORIO AUTOMATIZACIÓN</i> .....	10
<i>ILUSTRACIÓN 6. PICK&amp;PLACE</i> .....	11
<i>ILUSTRACIÓN 7. PIEZAS CILÍNDRICAS MAQUETA</i> .....	11
<i>ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA CINTAS Y POSICIONES EJE LINEAL ELÉCTRICO</i> .....	12
<i>ILUSTRACIÓN 9. BOTONERA INDUSTRIAL</i> .....	17
<i>ILUSTRACIÓN 10. BLOQUE MAIN OB</i> .....	21
<i>ILUSTRACIÓN 11. GRAFCET SETA DE EMERGENCIA</i> .....	21
<i>ILUSTRACIÓN 12. GRAFCET CINTA DE ALIMENTACIÓN</i> .....	22
<i>ILUSTRACIÓN 13. GRAFCET EJE LINEAL ELÉCTRICO</i> .....	23
<i>ILUSTRACIÓN 14. BUFFERS POSICIÓN 2 Y 4</i> .....	24
<i>ILUSTRACIÓN 15. DISTINTAS POSICIONES SENSOR 3</i> .....	26
<i>ILUSTRACIÓN 16. GRAFCET CINTA CENTRAL</i> .....	27
<i>ILUSTRACIÓN 17. GRAFCET COMPUERTA</i> .....	28
<i>ILUSTRACIÓN 18. GRAFCET PICK&amp;PLACE</i> .....	29
<i>ILUSTRACIÓN 19. GRAFCET CINTA RECIRCULACIÓN</i> .....	31
<i>ILUSTRACIÓN 20. GRAFCET AUXILIAR DETECCIÓN PIEZA</i> .....	32



# **PRESUPUESTO**



# **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL PRESUPUESTO**

1. Precios Descompuestos por los distintos capítulos que componen el proyecto
2. Resumen de los recursos por capítulo
3. Resumen General del presupuesto

## **Apreciaciones necesarias de mencionar:**

En primer lugar, en relación a las distintas licencias empleadas a lo largo del proyecto, mencionar que se ha estipulado un tiempo de amortización de 2 años, al igual que para el ordenador personal utilizado.

Posteriormente, en el caso del sueldo que se le ha asignado al Ingeniero Técnico Industrial, se ha establecido un precio de 20€/hora, siendo un valor estándar dentro del sector de la automatización.

 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	<b>Trabajo Final de Grado</b>	<b>Pág.: 1</b>
	<b>PRESUPUESTO</b>	<b>Ref.: propre1</b>
	<b>Hardware Empleado</b>	<b>Fec.:</b>

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
	<b>Trabajo Final de Grado</b>			
<b>01</b>	<b>Hardware Empleado</b>			
01.01 01.01	Cable Ethernet	1,00	8,99 €	8,99 €
01.02 01.02	Siemens S7 1214C AC/DC/Rly	1,00	417,63 €	417,63 €
01.03 01.03	Signal Module (DI 16x24VDC/DQ 16xRelay)	1,00	311,19 €	311,19 €
	<b>Total Capítulo 01</b>	.....		<b>737,81 €</b>

 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	Trabajo Final de Grado	Pág.: 2
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Diseño del automatismo del proceso industrial	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>02</b>	<b>Diseño del automatismo del proceso industrial</b>			
02.01 02.01	TIA Portal	0,50	214,39 €	107,20 €
02.02 02.02	Microsoft Office	0,20	18,62 €	3,72 €
02.03 02.03	Adobe Photoshop	0,30	72,57 €	21,77 €
02.04 02.04	Ordenador personal	0,30	175,00 €	52,50 €
02.05 02.05	Ingeniero Técnico Industrial	105,00	20,00 €	2.100,00 €
	<b>Total Capítulo 02</b> .....			<b>2.285,19 €</b>

 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	Trabajo Final de Grado	Pág.: 3
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Diseño de la aplicación SCADA	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>03</b>	<b>Diseño de la aplicación SCADA</b>			
03.01 03.01	TIA Portal	0,30	214,39 €	64,32 €
03.02 03.02	Microsoft Office	0,10	18,62 €	1,86 €
03.03 03.03	Adobe Photoshop	0,20	72,57 €	14,51 €
03.04 03.04	Ordenador personal	0,30	175,00 €	52,50 €
03.05 03.05	Ingeniero Técnico Industrial	60,00	20,00 €	1.200,00 €
	<b>Total Capítulo 03</b>	.....		<b>1.333,19 €</b>

 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	Trabajo Final de Grado	Pág.: 4
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Evaluación y Pruebas del automatismo	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>04</b>	<b>Evaluación y Pruebas del automatismo</b>			
04.01 04.01	TIA Portal	0,20	214,39 €	42,88 €
04.02 04.02	Ordenador personal	0,10	175,00 €	17,50 €
04.03 04.03	Ingeniero Técnico Industrial	30,00	20,00 €	600,00 €
	<b>Total Capítulo 04</b>	.....	.....	<b>660,38 €</b>

 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	Trabajo Final de Grado	Pág.: 5
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Redacción del documento	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>05</b>	<b>Redacción del documento</b>			
05.01 05.01	Microsoft Office	0,70	18,62 €	13,03 €
05.02 05.02	Adobe Photoshop	0,50	72,57 €	36,29 €
05.03 05.03	Ordenador personal	0,30	175,00 €	52,50 €
05.04 05.04	Ingeniero Técnico Industrial	105,00	20,00 €	2.100,00 €
	<b>Total Capítulo 05</b> .....			<b>2.201,82 €</b>
	<b>Total Presupuesto</b> .....			<b>7.218,39 €</b>

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Trabajo Final de Grado	Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores1
		Fec.:

Nº Orden	Descripción de los capítulos	Importe	%
01	Hardware Empleado	737,81	10,22 %
02	Diseño del automatismo del proceso industrial	2.285,19	31,66 %
03	Diseño de la aplicación SCADA	1.333,19	18,47 %
04	Evaluación y Pruebas del automatismo	660,38	9,15 %
05	Redacción del documento	2.201,82	30,50 %

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL ..... 7.218,39 €**

13 % Gastos Generales ..... 938,39 €

6 % Beneficio Industrial ..... 433,10 €

**TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA ..... 8.589,88 €**

21 % I.V.A. .... 1.803,87 €

**TOTAL PRESUPUESTO C/IVA ..... 10.393,75 €**

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:

DIEZ MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

1 de Junio de 2018

El Ingeniero Técnico Encargado:

EL Cliente:

Fdo.: .....

Fdo.: .....



# **PLIEGO DE** **CONDICIONES**

## **ÍNDICE:**

- 1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**
  - 1.1. Objeto del pliego**
  - 1.2. Descripción general del montaje**
- 2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL**
- 3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES**
- 4. ORDENADOR PERSONAL**

## **1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

### **1.1. Objeto del Pliego**

Este pliego de condiciones trata de reunir todas las condiciones técnicas necesarias para poder realizar el proyecto, de una forma adecuada, segura y eficiente.

El objetivo de dicho proyecto es la automatización de una proceso industrial dado mediante una maqueta, con un autómeta Siemens S7 1200 y el posterior diseño de una aplicación SCADA, para poder controlar el proceso a distancia.

### **1.2. Descripción general del montaje**

Para la correcta realización del proyecto, la forma adecuada de proceder en el desarrollo del mismo sería la siguiente:

- Evaluación de la maqueta entregada por el cliente, conociendo todos los elementos que la integran.
- Entendimiento del proceso que se quiere automatizar, para poder realizar un automatismo de acuerdo con lo que el cliente espera de la maquinaria que dispone.
- Montaje del PLC, con su debida conexión y configuración.
- Pruebas para garantizar que los distintos sensores y actuadores funcionan.
- Programación del automatismo.
- Evaluación y corrección de errores del automatismo programado, bajo la supervisión del cliente.
- Desarrollo de la aplicación SCADA.
- Evaluación global del proyecto.

Para la realización de estas tareas, se debe disponer de un profesional que sepa utilizar la lógica combinatoria característica de los automatismos, así como, estar familiarizado con el entorno de programación de TIA Portal. A lo sumo, deberá de tener conocimientos informáticos avanzados y la capacidad de resolver distintos problemas de programación para hacer del equipamiento integrado un correcto y eficiente funcionamiento.

Será necesario un correcto montaje de los sensores en especial, en el sistema de Pick&Place y en el Eje lineal Eléctrico, ya que una pequeña variación de estos dos últimos, podría hacer que la pieza no se depositase correctamente, interrumpiendo todo el proceso.

## **2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL**

Este apartado recoge la hipotética mala utilización de un elemento del equipo, siendo responsabilidad de aquel que haya utilizado de forma incorrecta dicho material. Ante el fallo de cualquier material del equipamiento entregado por el cliente, se deberá de sustituir por uno de iguales características para así no afectar a la programación del conjunto.

Por último, el proyecto deberá de cumplir sin excepción ninguna la normativa vigente con respecto a proyectos del tipo de automatización industrial.

## **3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES**

En lo que a los materiales se refiere, no se podrán utilizar materiales distintos a los pactados al inicio del proyecto, puesto que, al estar realizando el automatismo en un entorno de programación determinado, el cambio de materiales podría perjudicar a todo lo programado hasta el momento del cambio.

En lo que se refiere a los recambios (cambios de piezas por piezas idénticas), no debería de presentar problema alguno, puesto que se tratan de piezas normalizadas y de fácil obtención dentro de la industria de la automatización. También, el hecho de trabajar con PLCs tan empleados en el sector como lo son los Siemens, y en concreto los S7 1200, facilita la búsqueda de piezas de recambio que se pudiesen necesitar a lo largo del proyecto.

## **4. Ordenador Personal**

De vital importancia a la hora de realizar el proyecto, puesto que debe asegurar una correcta conexión con el autómata y una fiable estabilidad a la hora de programar. Para ello se ha empleado un ordenador fijo, de sobremesa, proporcionado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA), el cual se encuentra en el laboratorio de Automatización.

Para ello, necesitaremos unos requisitos mínimos tanto de software como de hardware, para tal y como se ha mencionado, haya un correcto funcionamiento a la hora de programar y establecer conexión con el autómata, utilizando la versión v13 de TIA Portal:

## **Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

- **HARDWARE:**
  - En lo que se refiere al procesador, se necesitará un CoreTM i5-3320M 3.3 GHz o similar.
  - Disco duro de 300 GB SSD.
  - Será necesaria una memoria principal de 8GB o más.
- **SOFTWARE:**
  - TIA Portal v13, donde se empleará STEP 7 y Wincc Advanced.
  - Sistema operativo: Windows 7 en adelante.



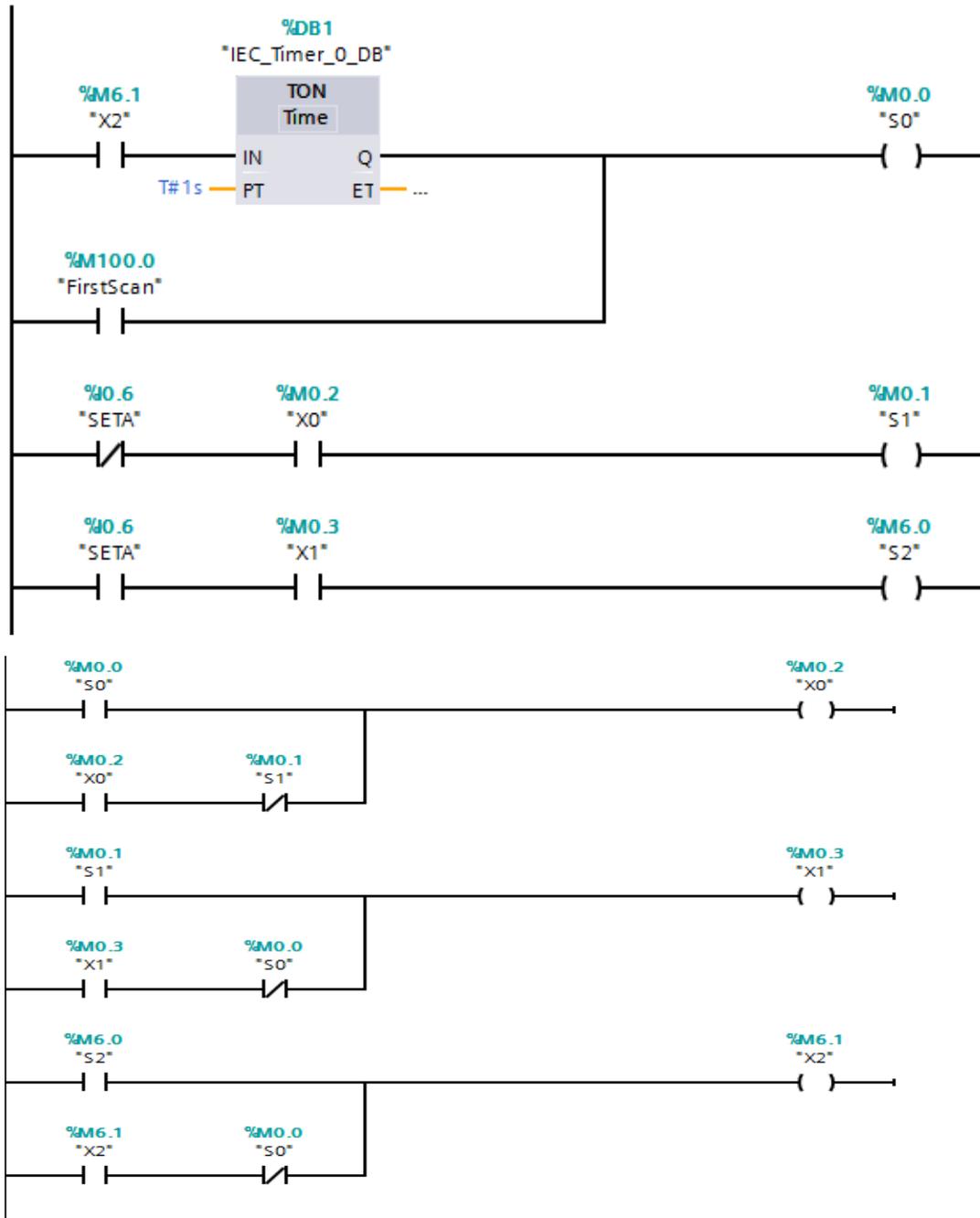
# **ANEXOS**

## ÍNDICE:

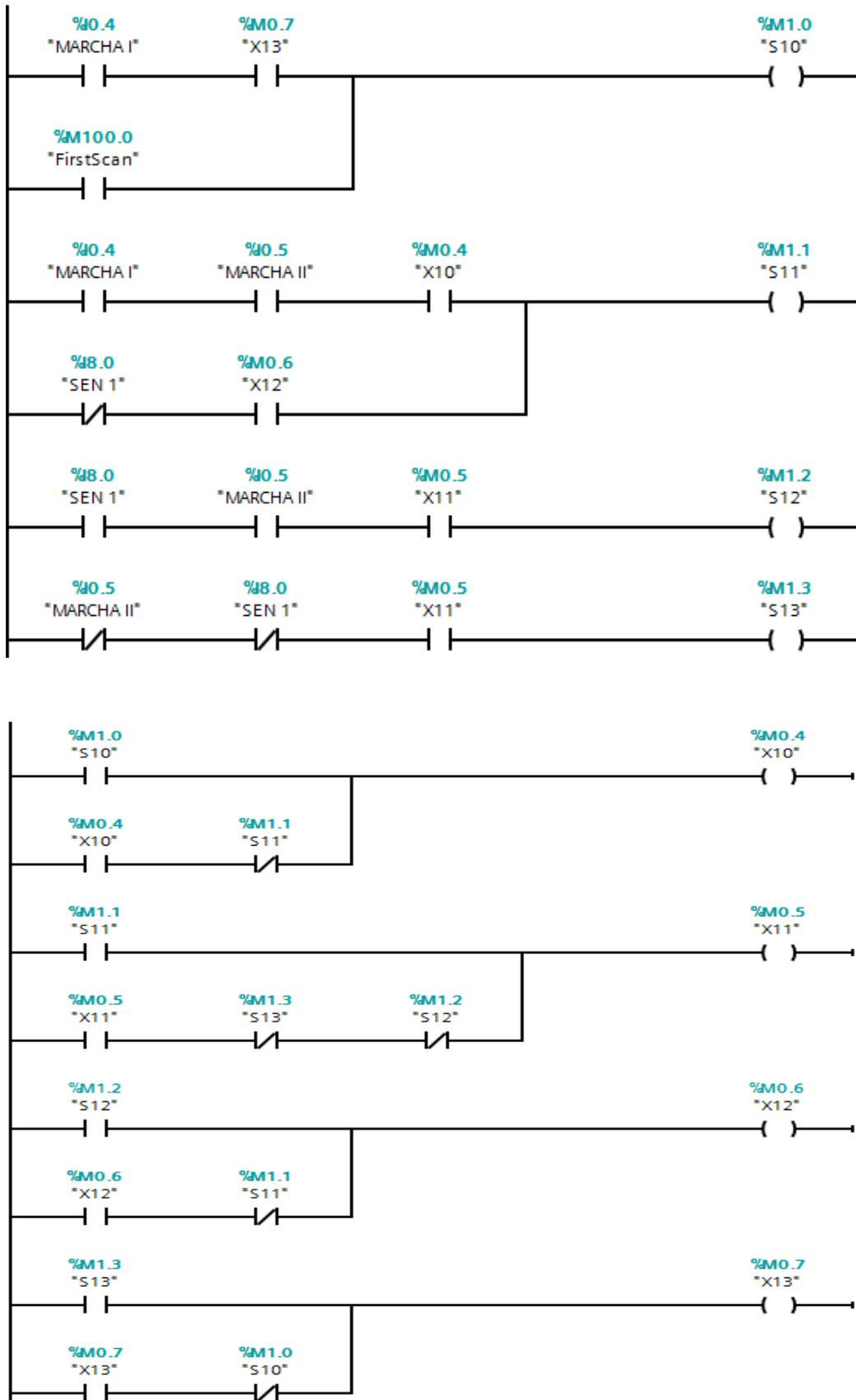
ANEXO I. DIAGRAMA DE CONTACTOS - LENGUAJE KOP .....	62
ANEXO II. ECUACIONES ALGEBRA DE BOOLE .....	84

## Anexo I. Diagrama de Contactos - Lenguaje KOP

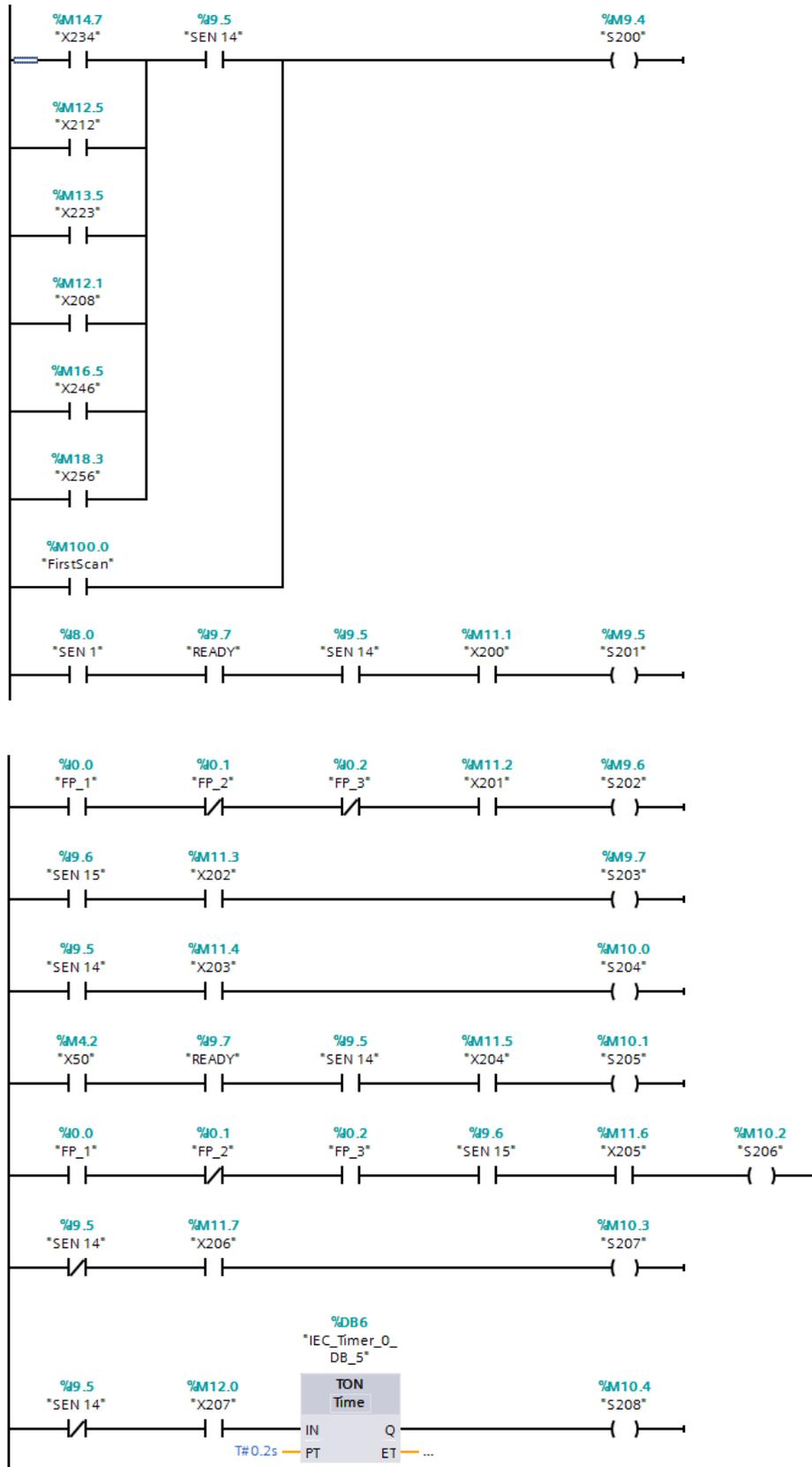
Seta de Emergencia:



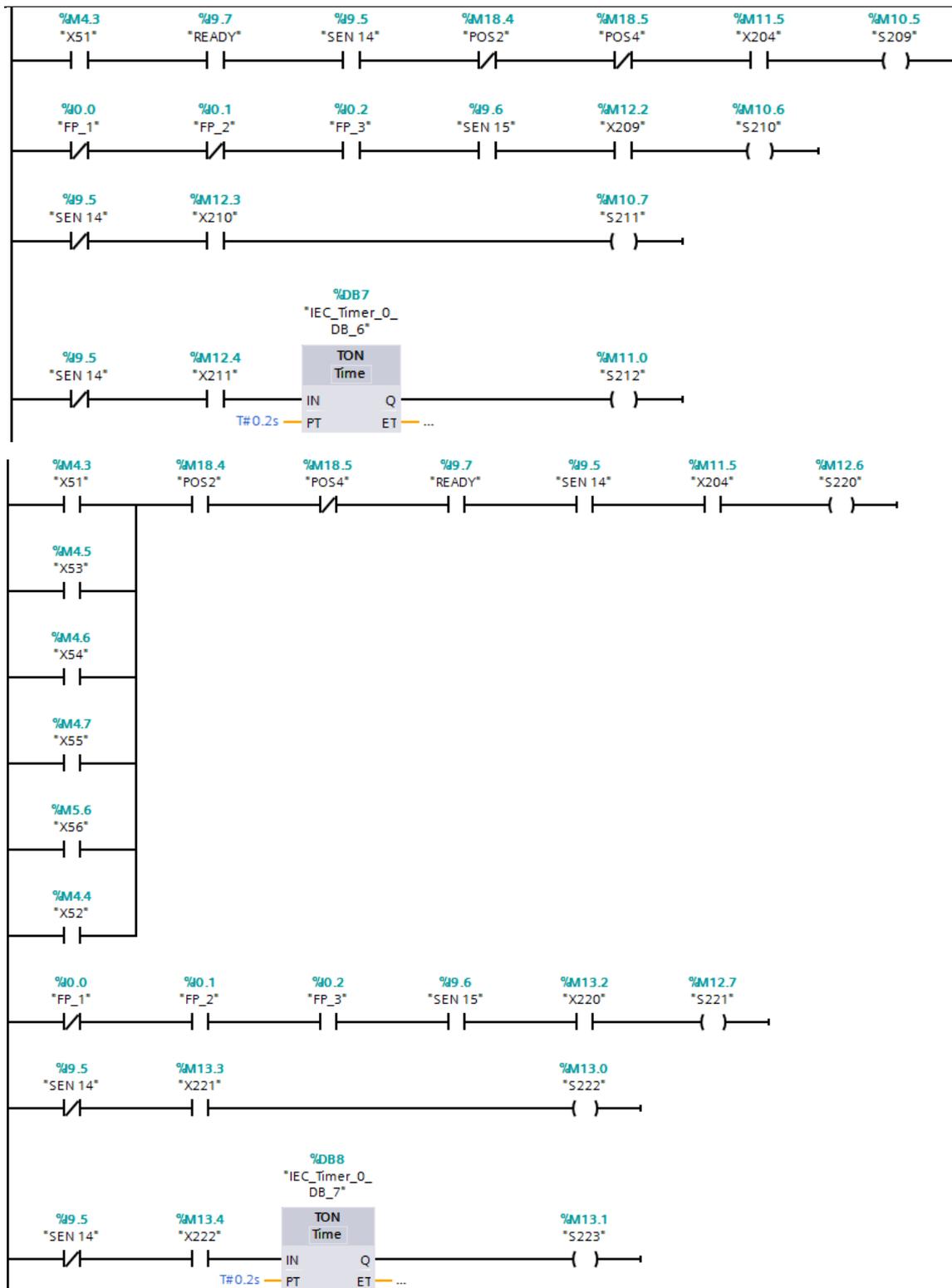
Cinta de Alimentación:



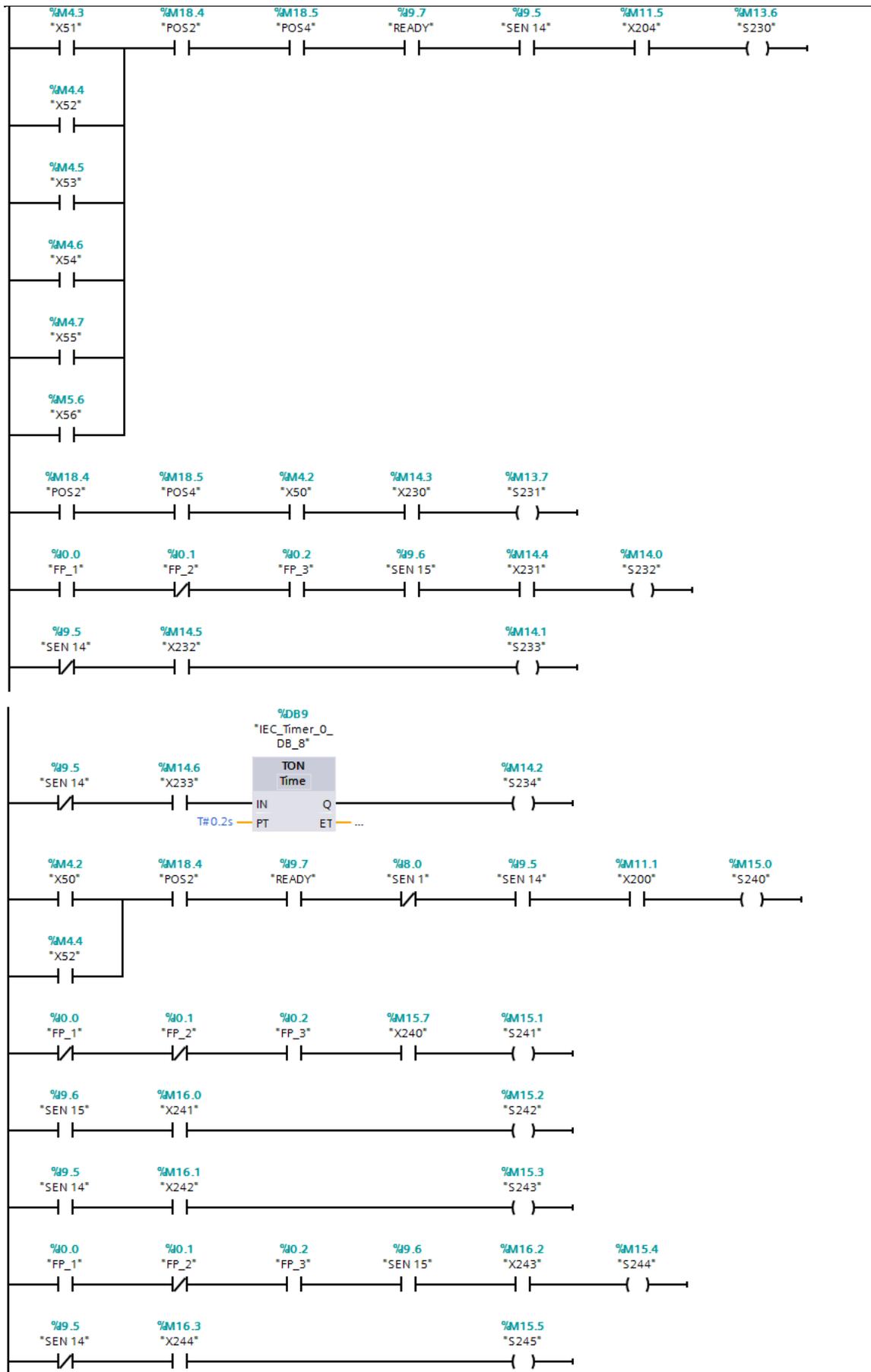
Eje Lineal Eléctrico:



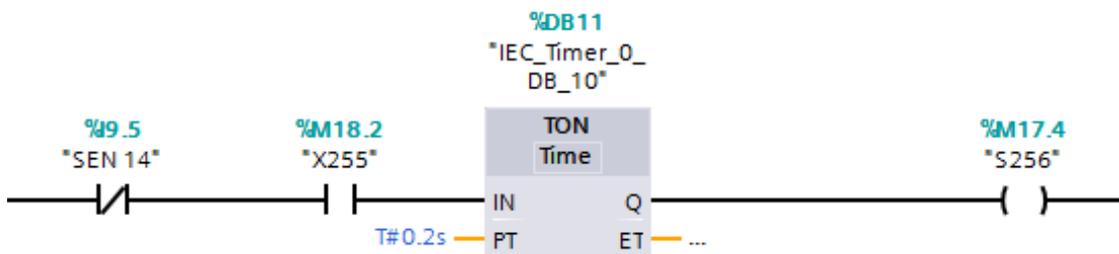
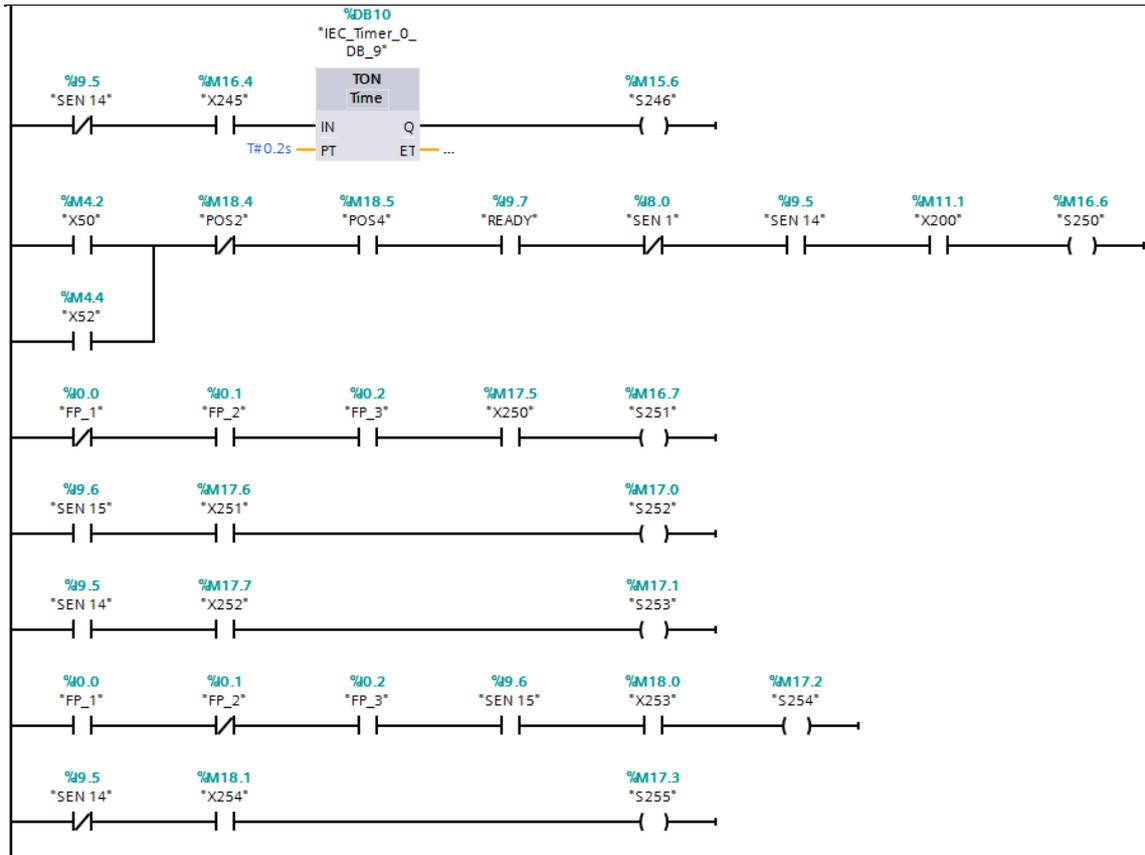
## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



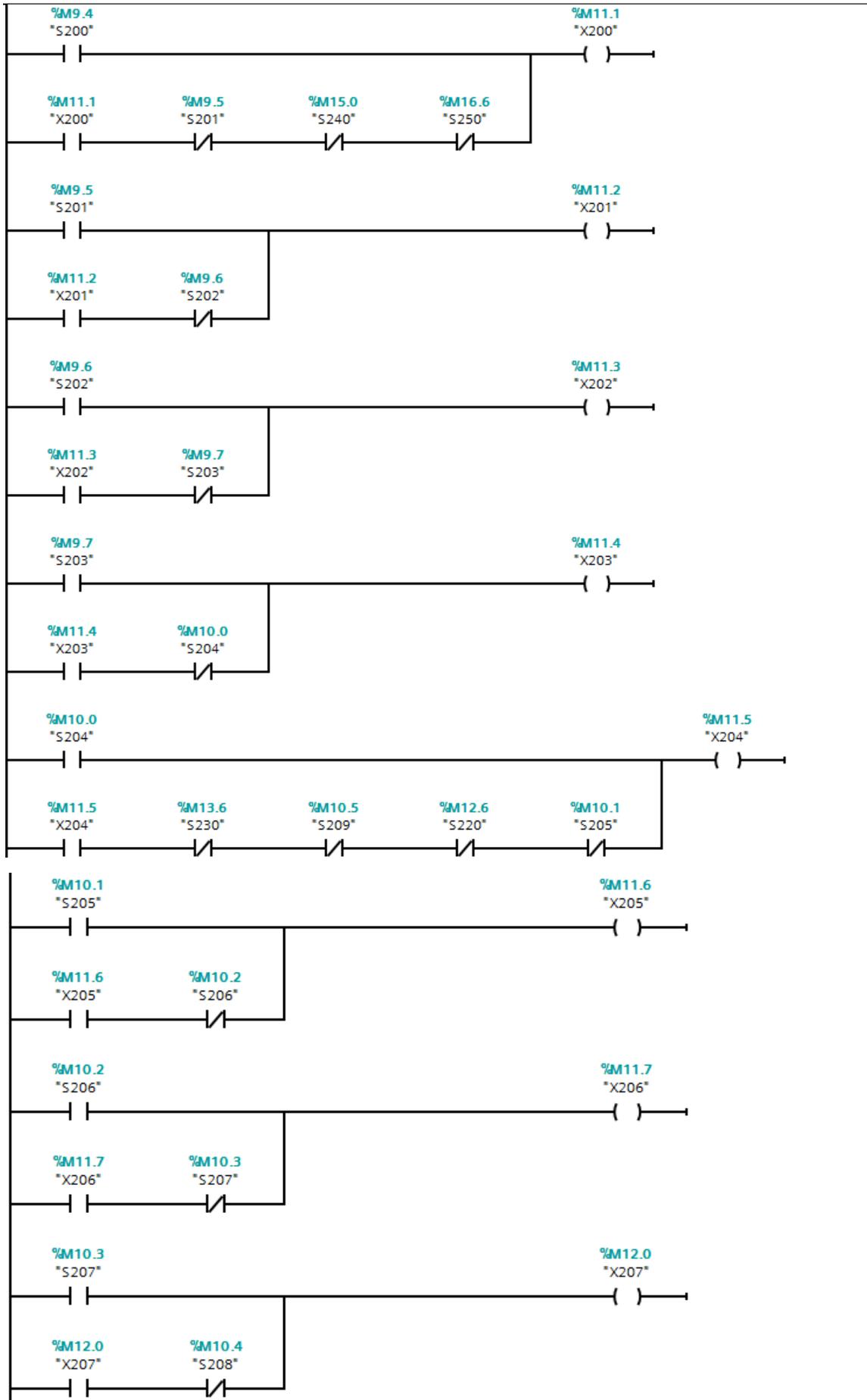
## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



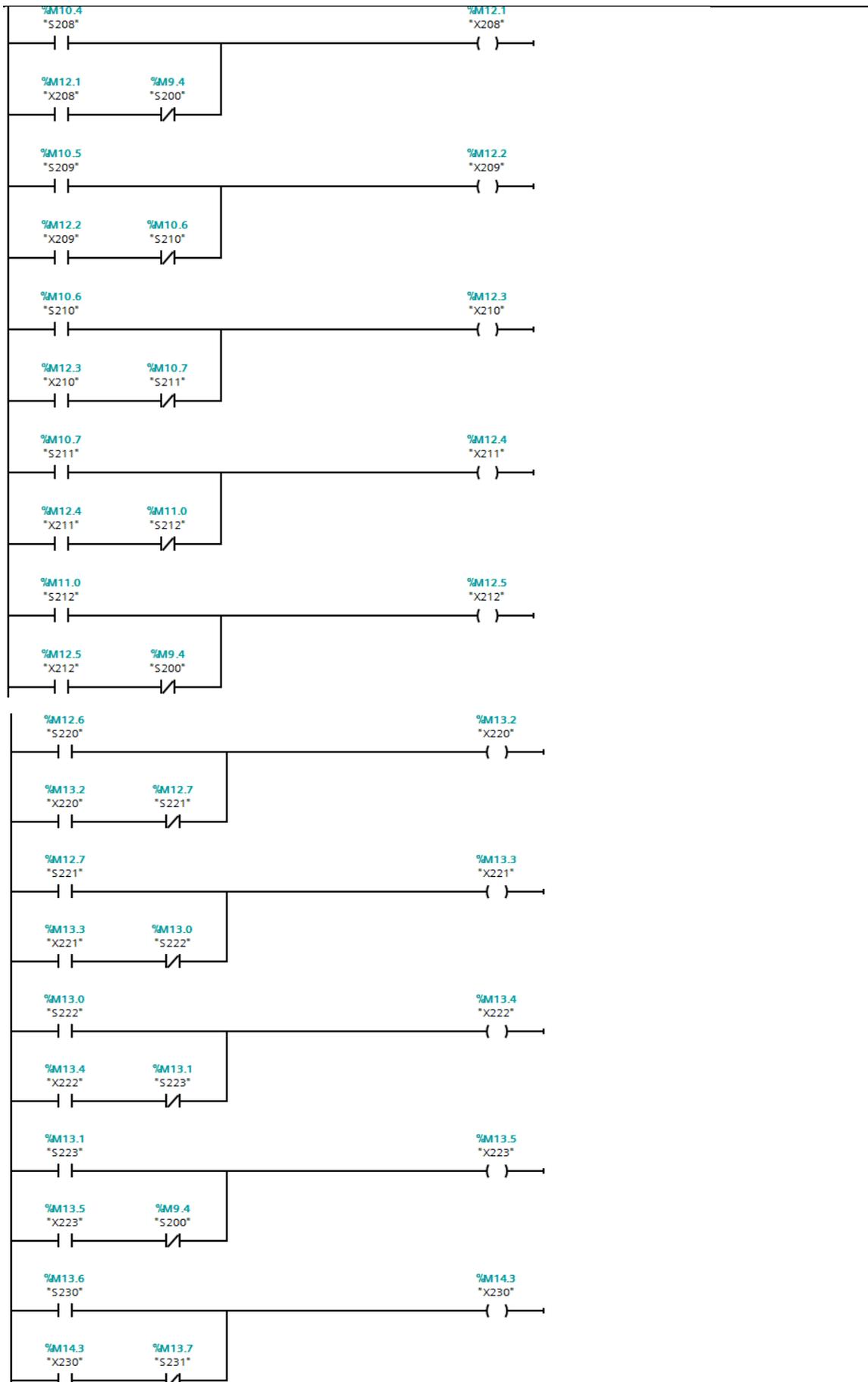
**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**



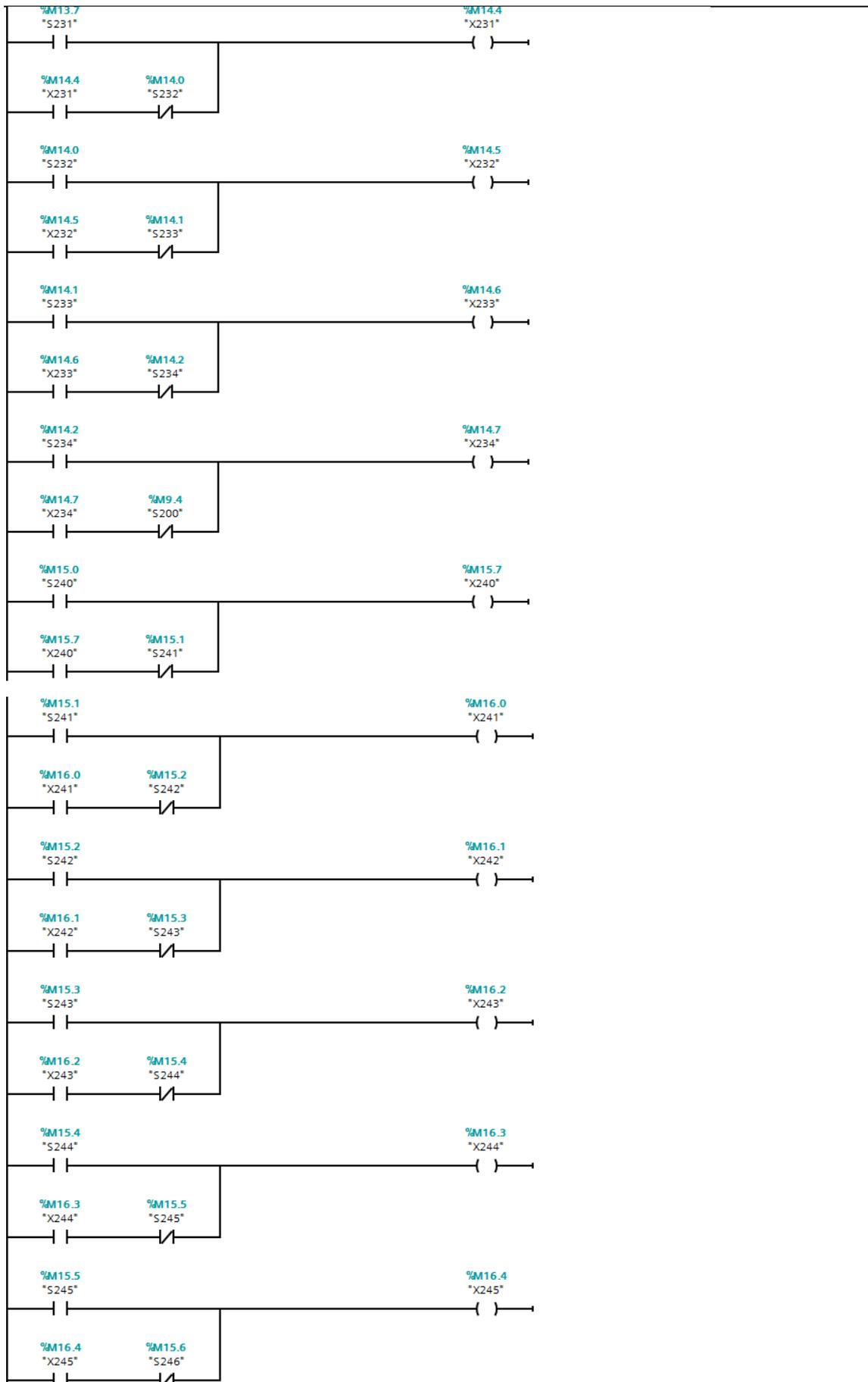
**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**



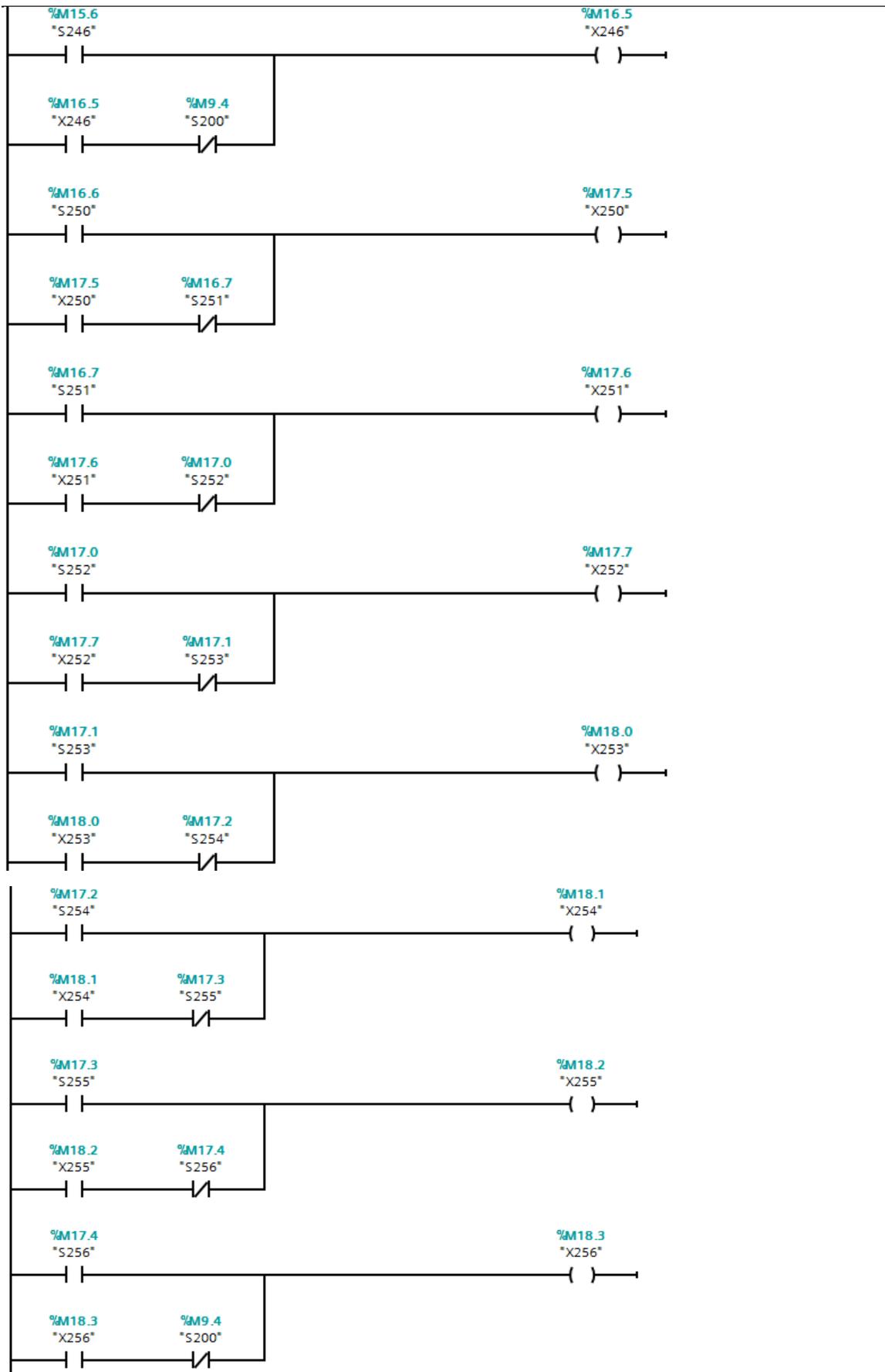
## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



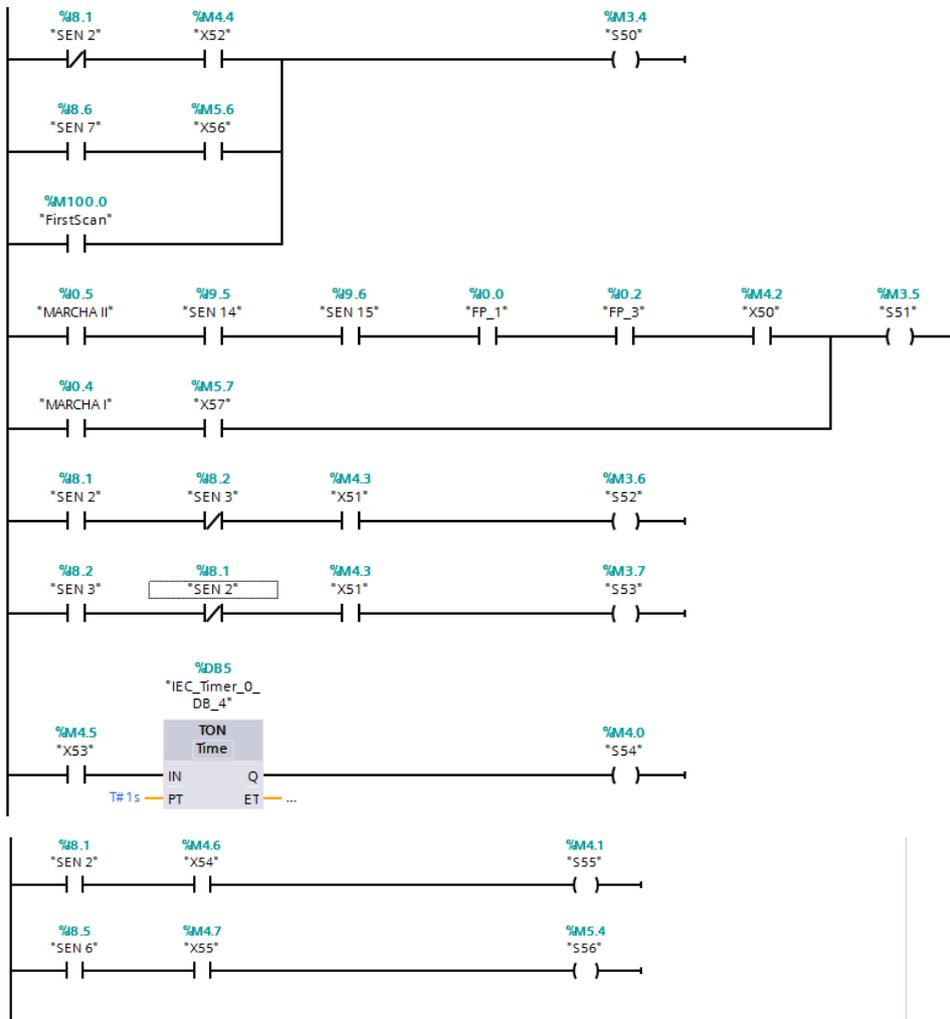
## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

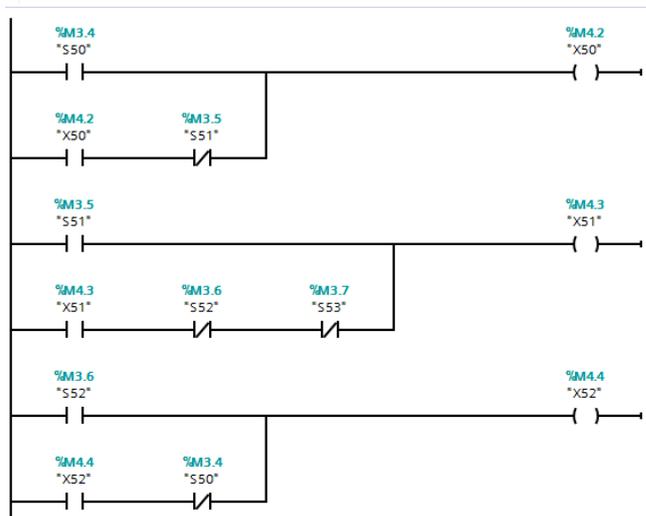


Cinta Central:

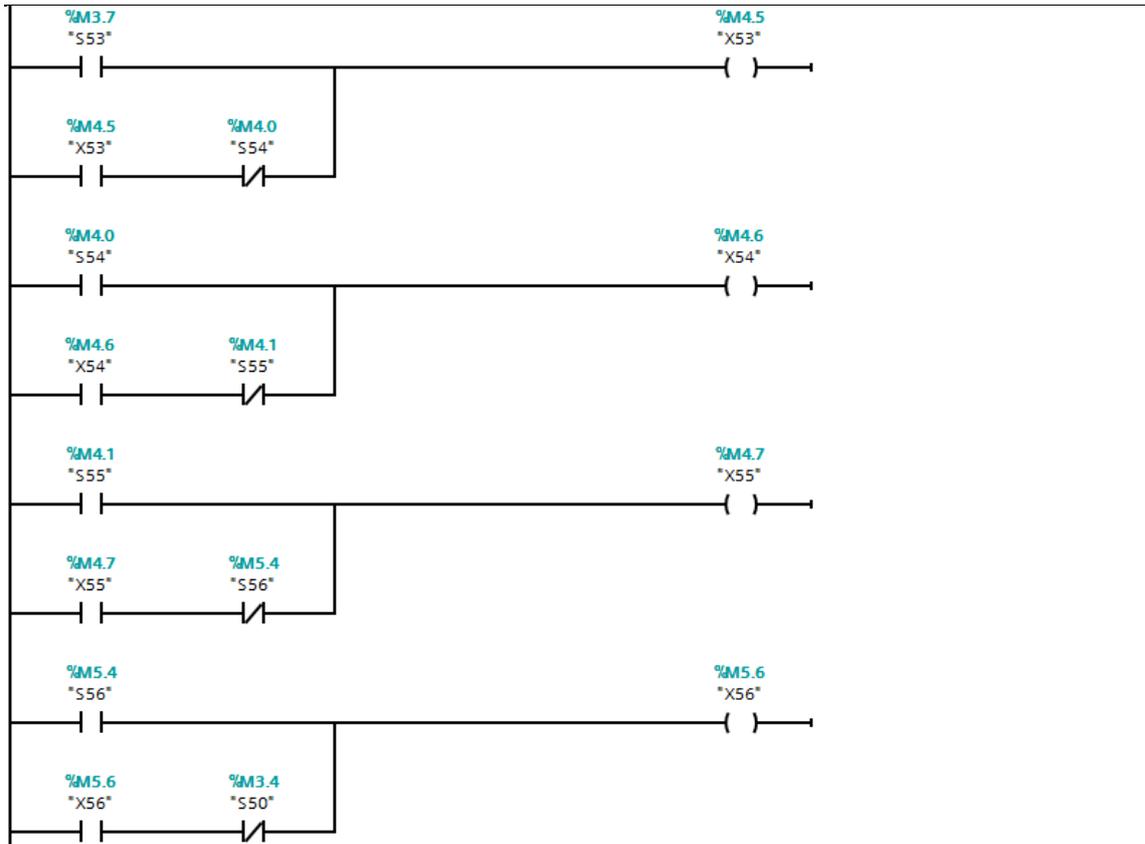


Segmento 2: .....

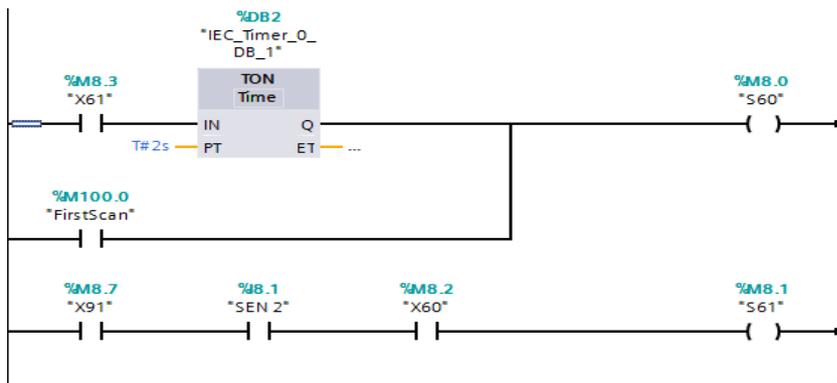
Comentario



**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

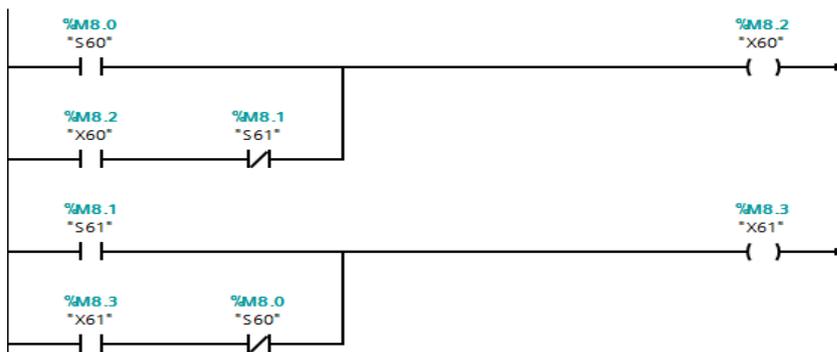


**Compuerta:**



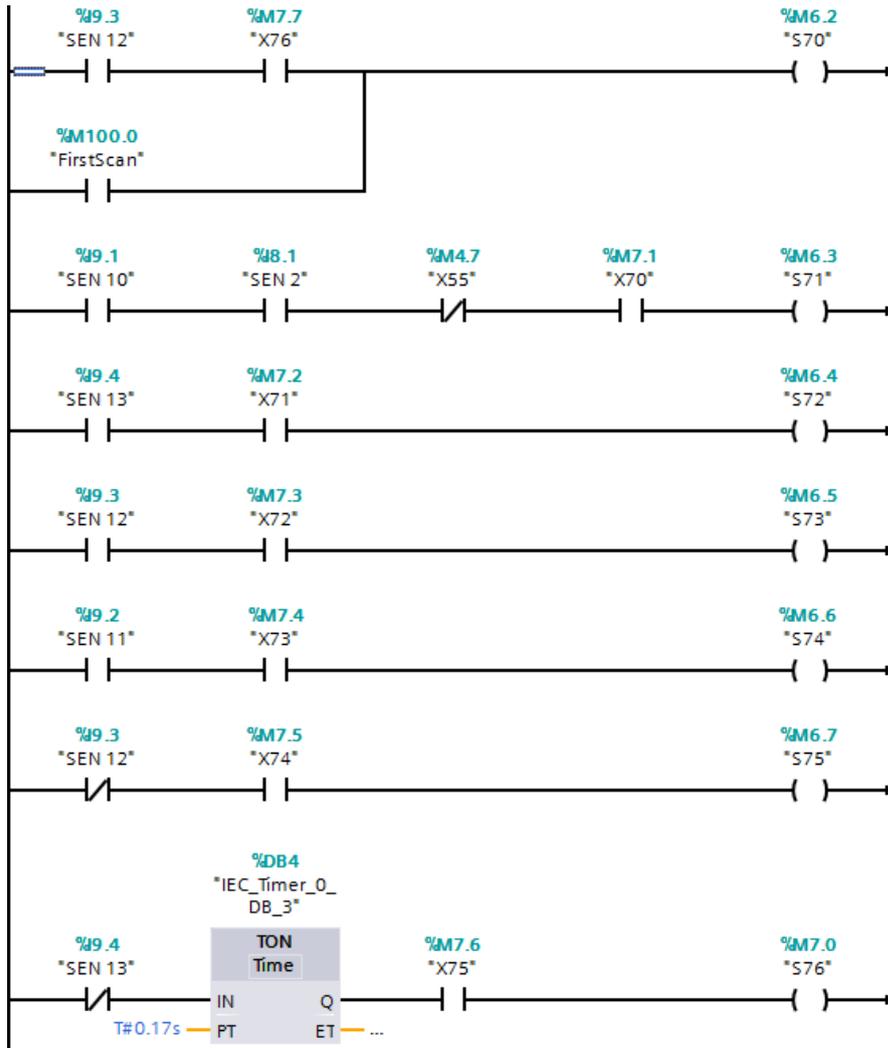
**Segmento 2: .....**

Comentario

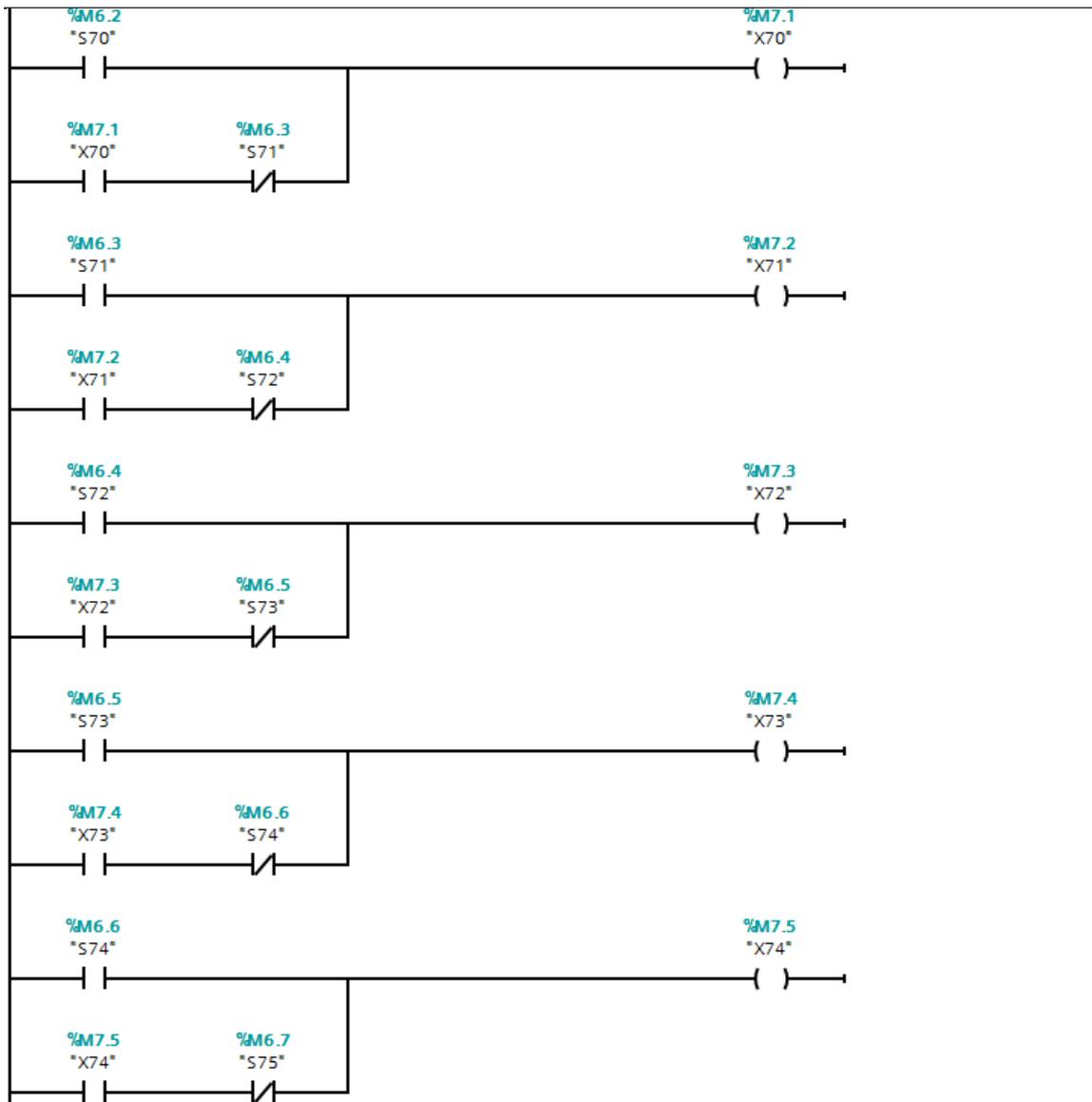


Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

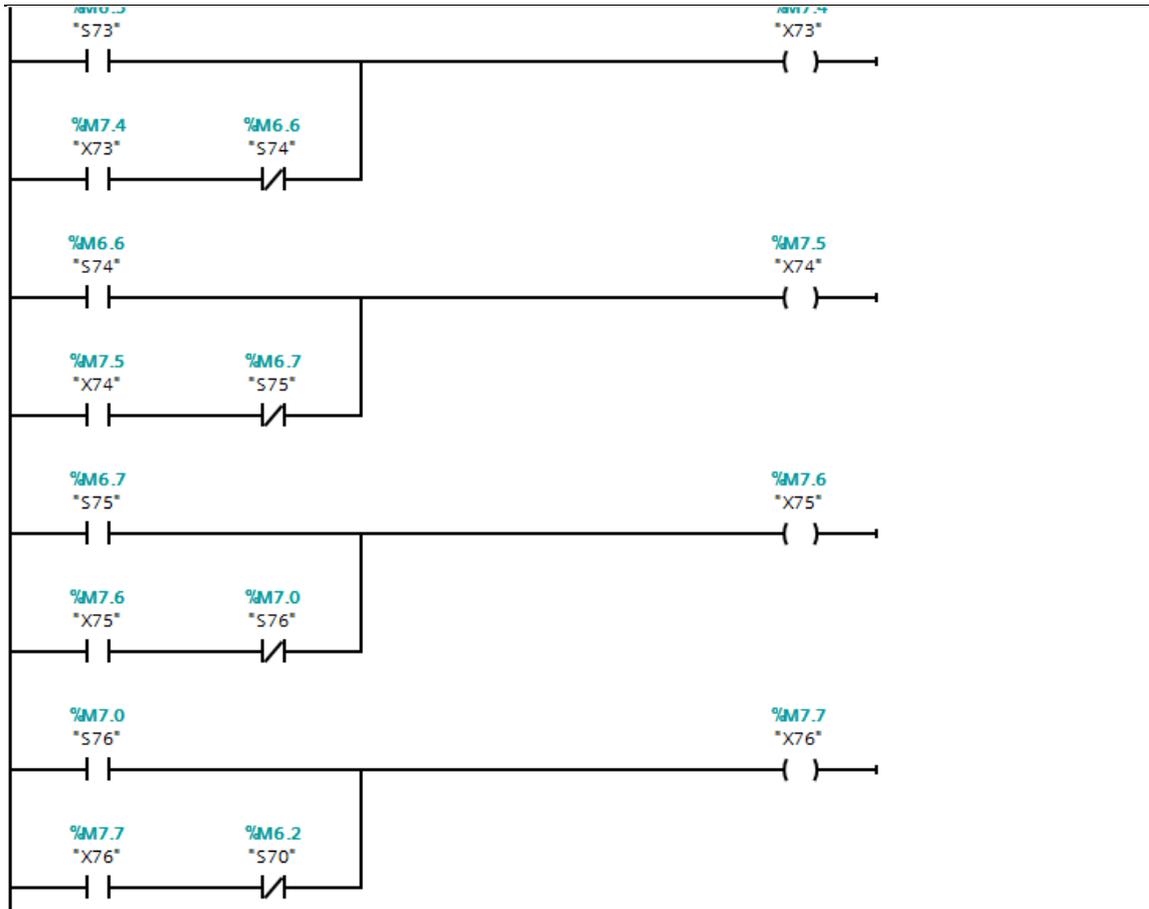
Pick&Place:



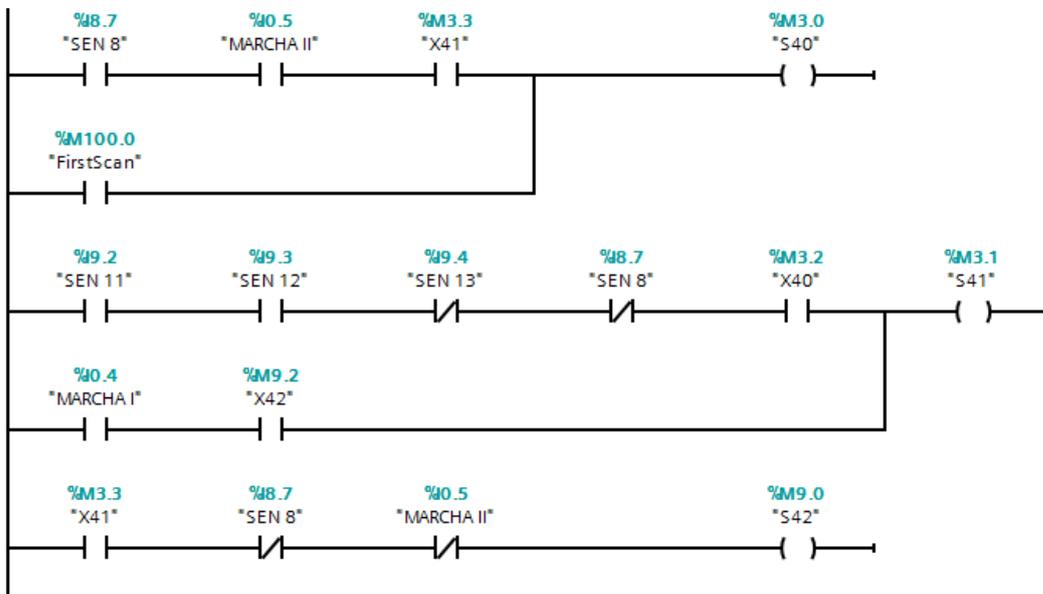
Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



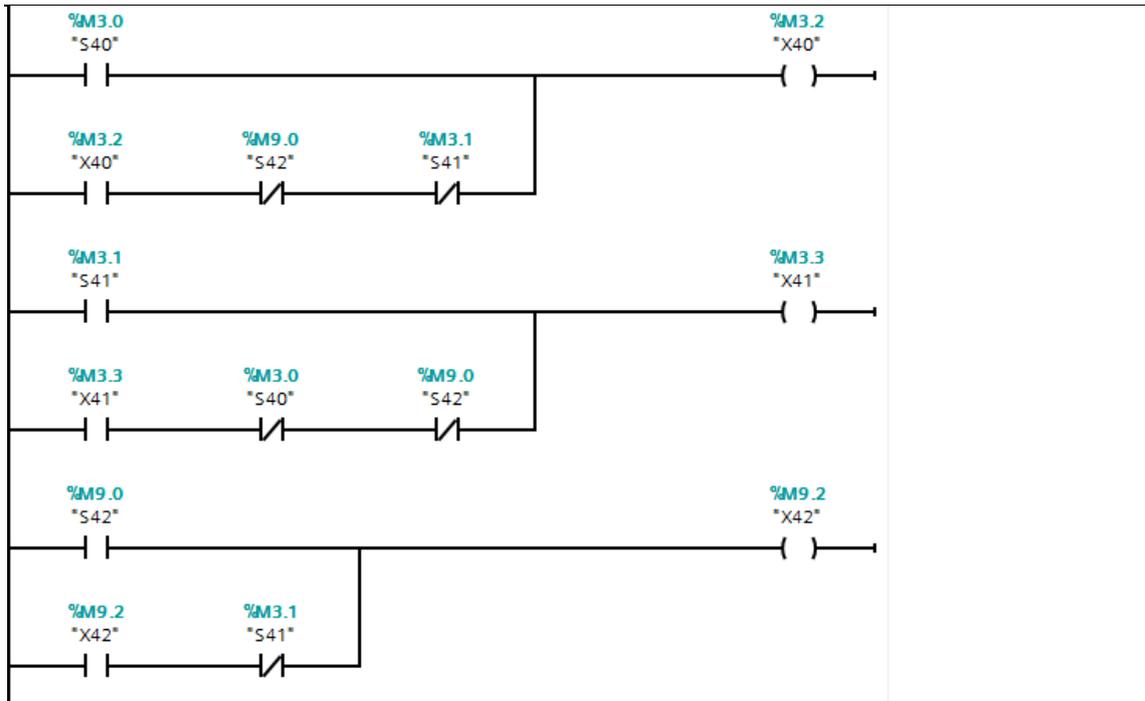
**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**



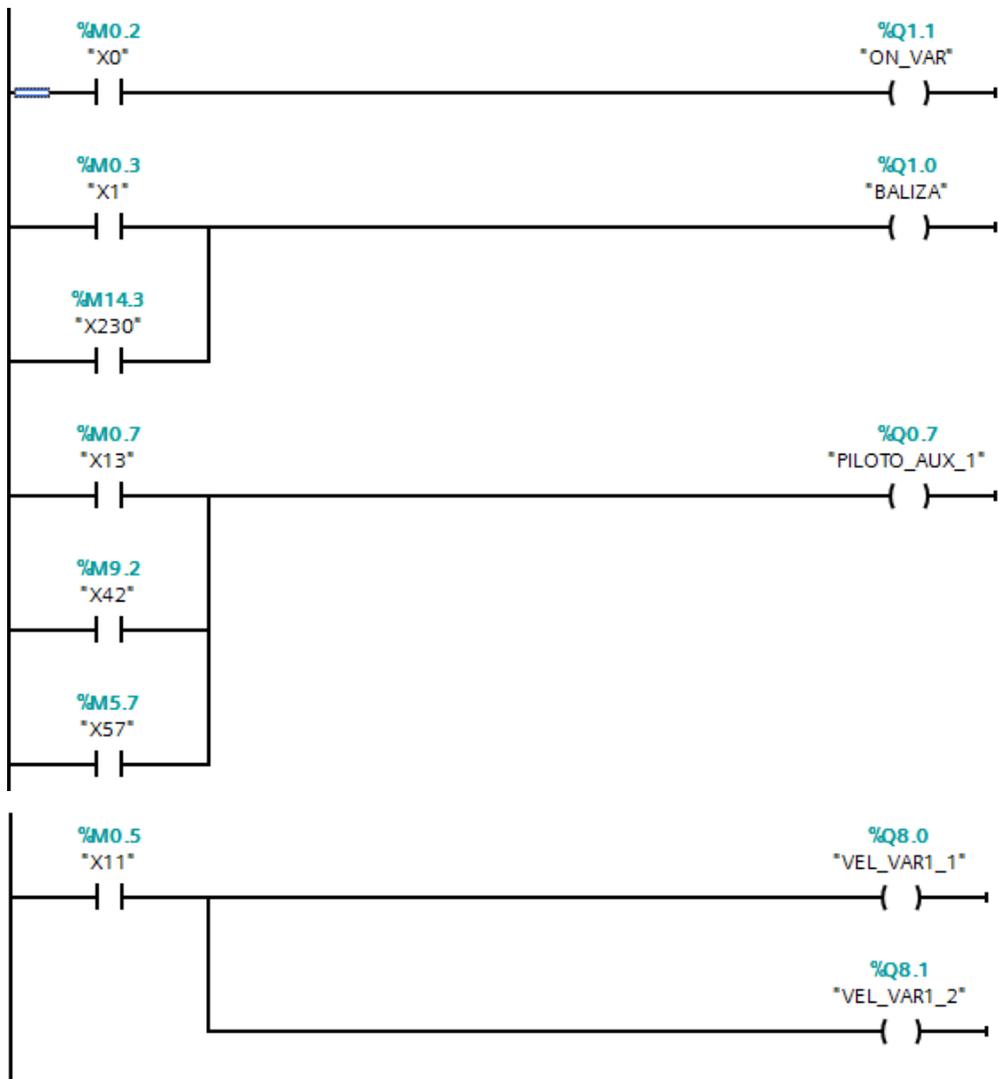
**Cinta de Recirculación:**



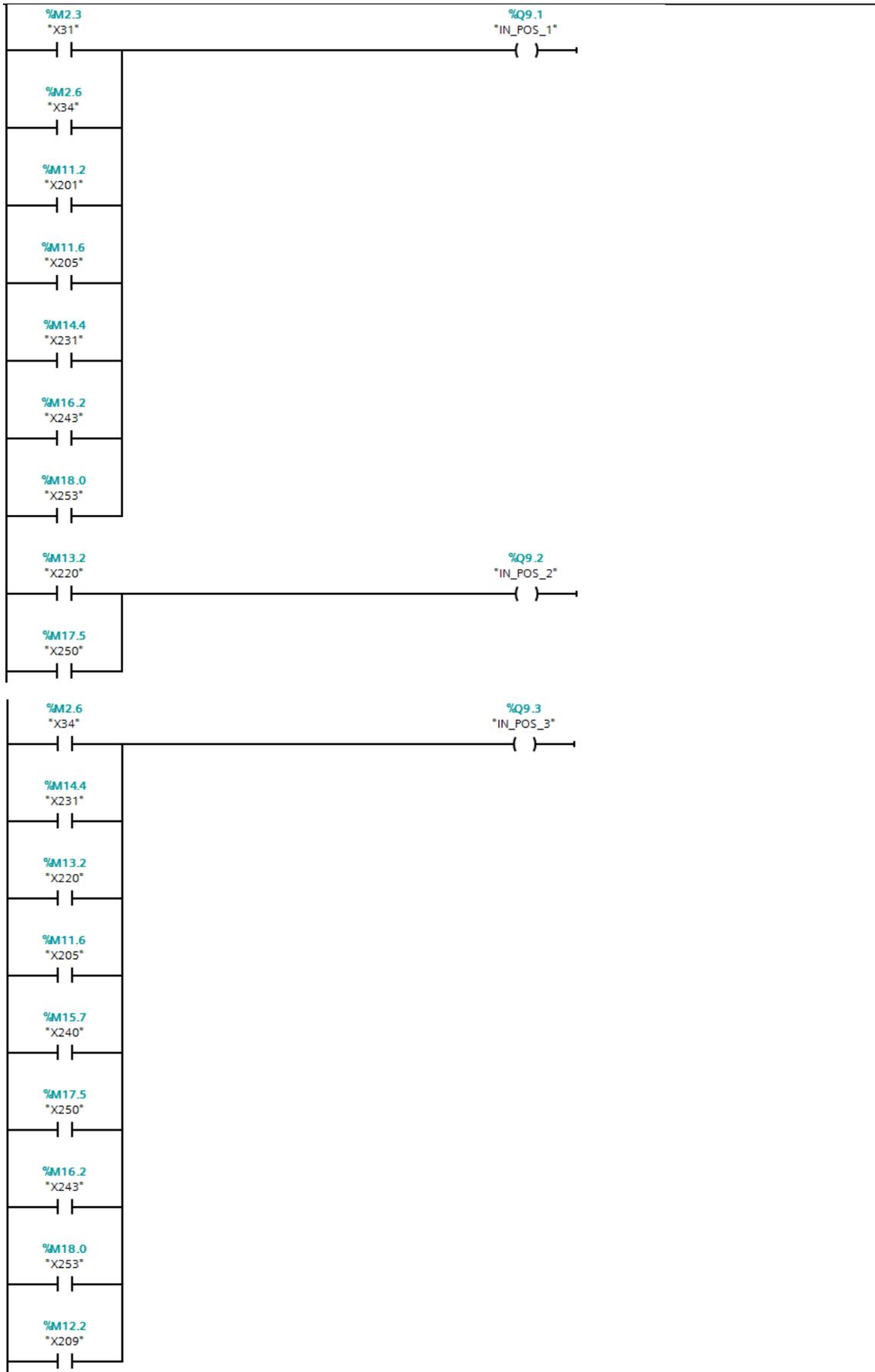
**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**



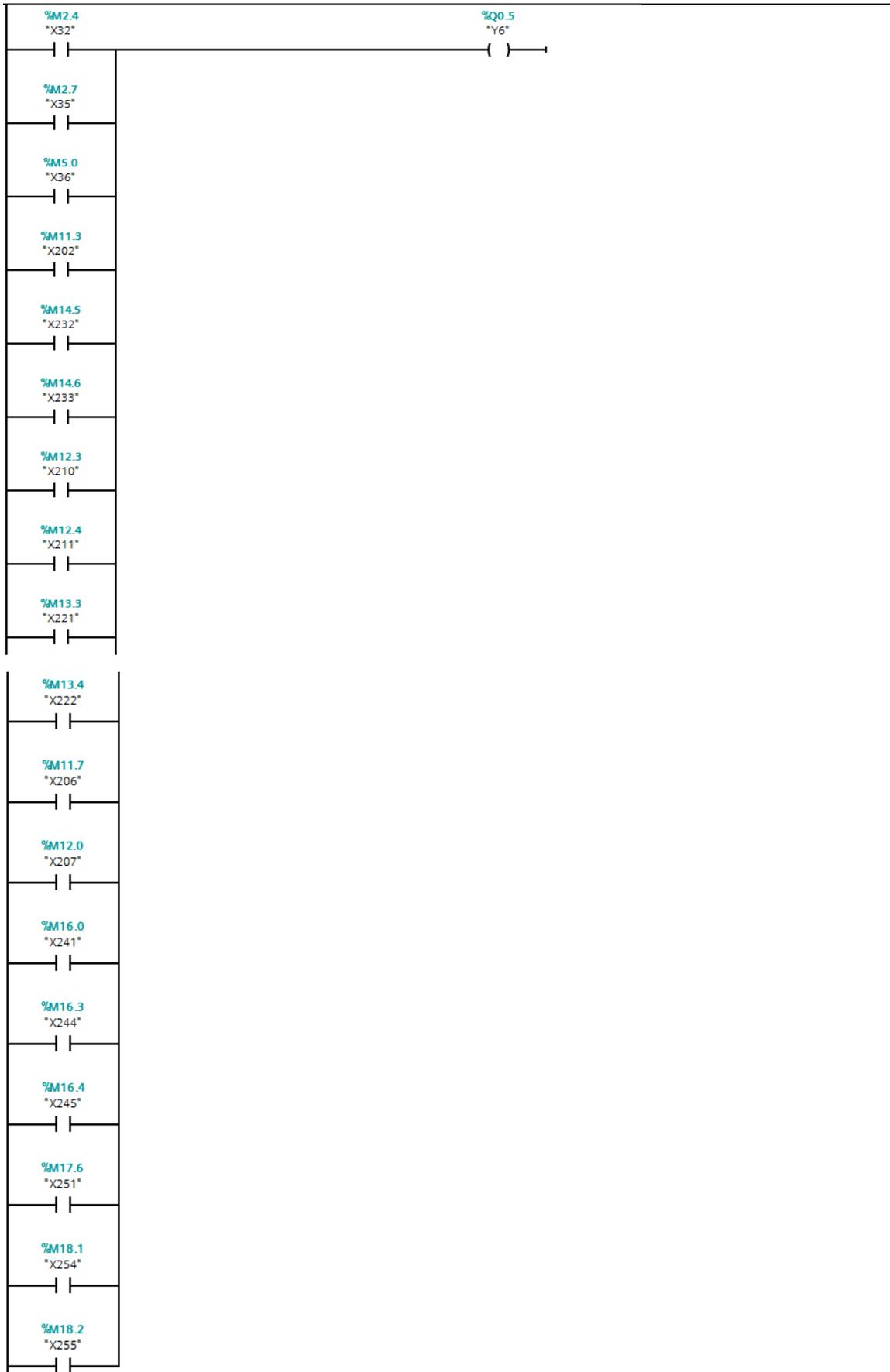
**Actuadores:**



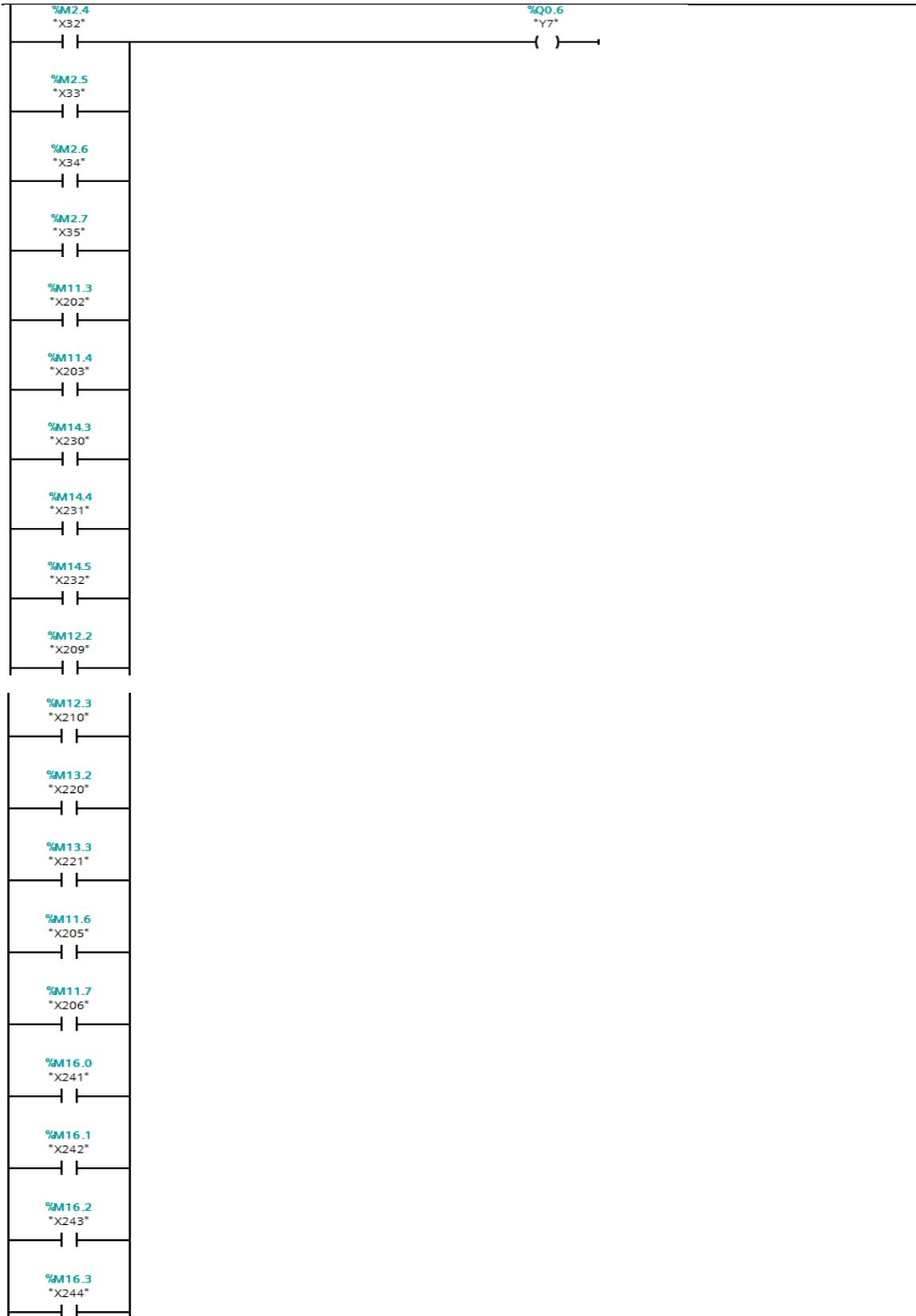
# Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



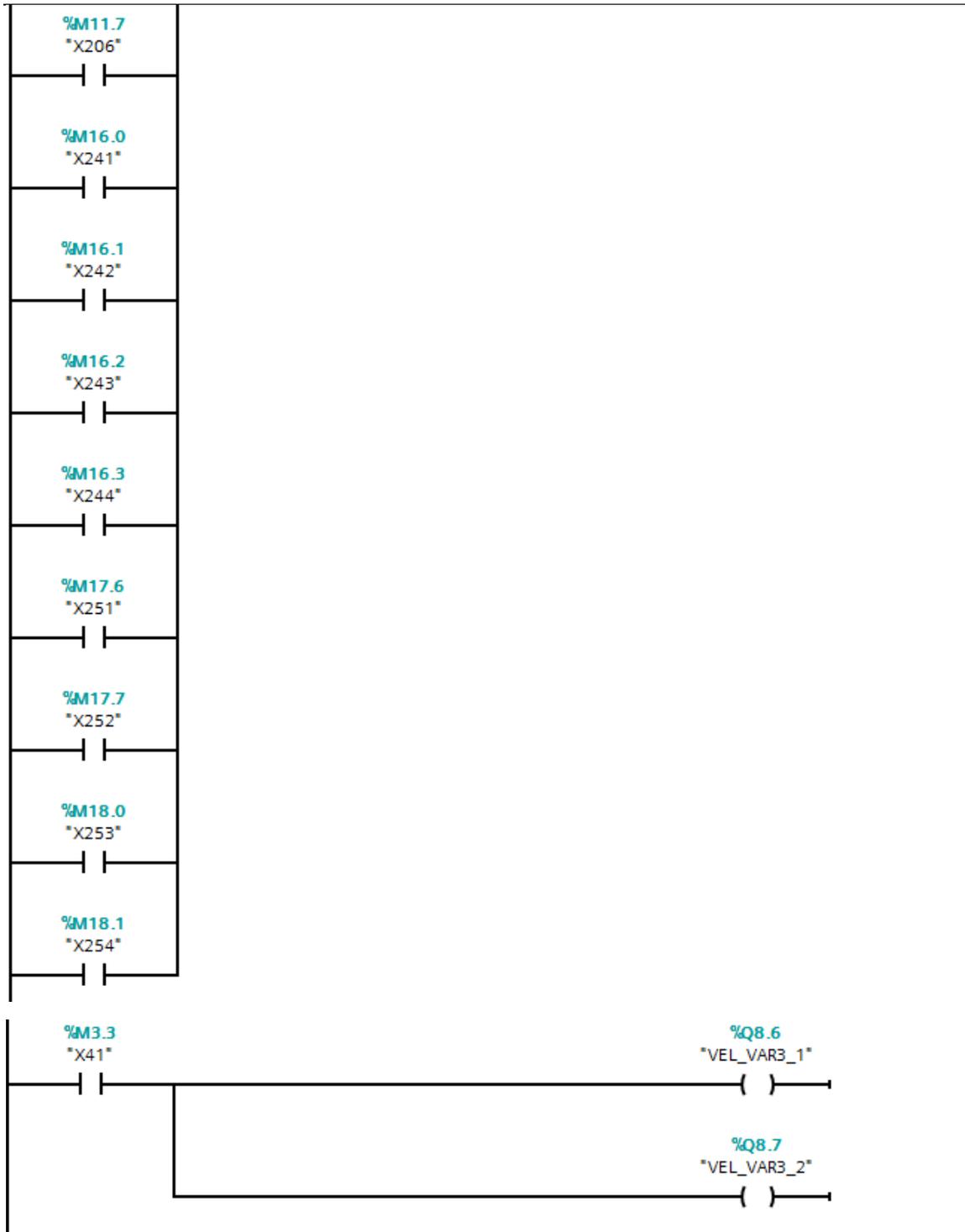
# Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



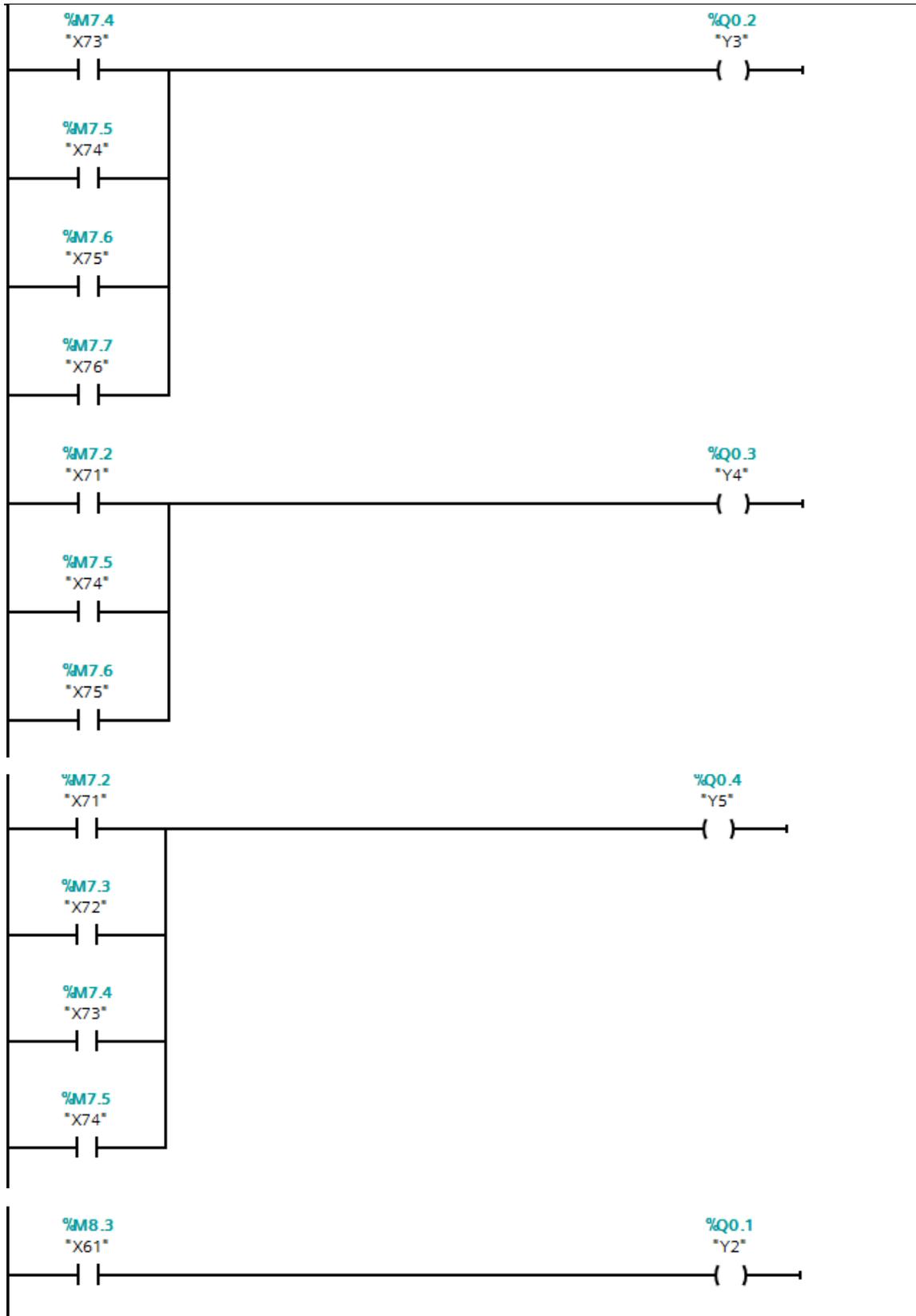
# Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



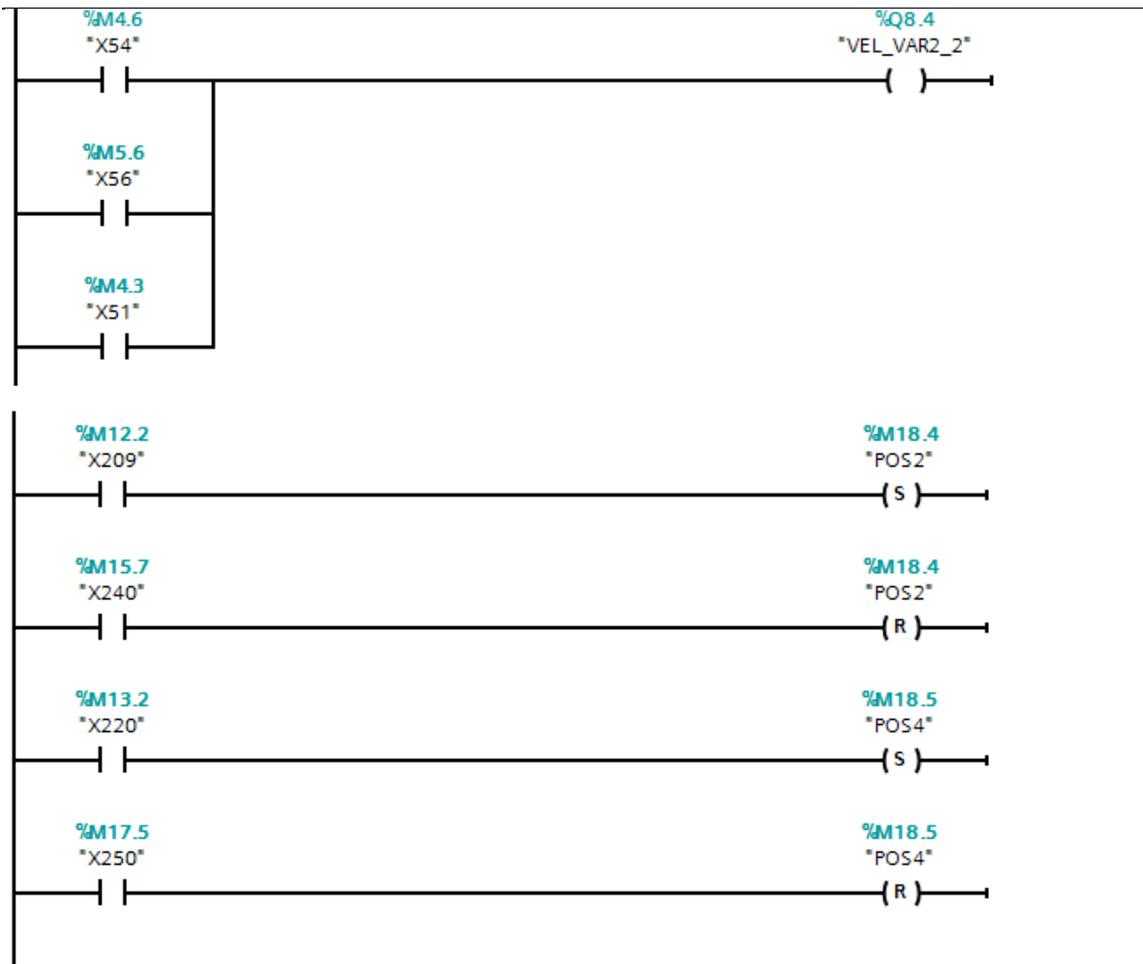
Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



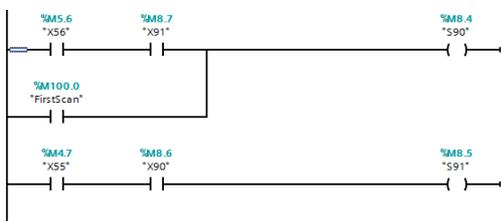
Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced



**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

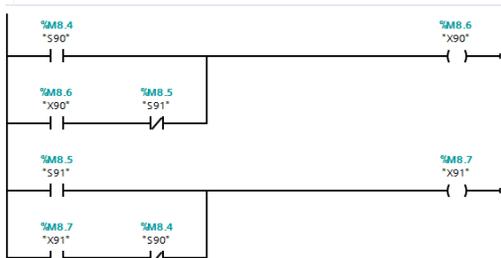


**Auxiliar Detección Pieza:**



Segmento 2: ---

Comentario



## Anexo II. Ecuaciones Algebra de Boole

### Seta de Emergencia:

$$S_0 = (1s/X_2) * X_2 + \%M100$$

$$S_1 = \overline{SETA} * X_0$$

$$S_2 = SETA * X_1$$

$$X_0 = S_0 + \overline{S1} * X_0$$

$$X_1 = S_1 + \overline{S2} * X_1$$

$$X_2 = S_2 + \overline{S0} * X_2$$

$$ON\_VAR = X_0$$

$$BALIZA = X_1$$

### Cinta de Alimentación:

$$S_{10} = MARCHA I * X_{13} + \%M100$$

$$S_{11} = MARCHA I * MARCHA II * X_{10} + \overline{SEN1} * X_{12}$$

$$S_{12} = SEN 1 * MARCHA II * X_{11}$$

$$S_{13} = \overline{MARCHA II} * \overline{SEN1} * X_{11}$$

$$X_{10} = S_{10} + \overline{S11} * X_{10}$$

$$X_{11} = S_{11} + \overline{S12} * \overline{S13} * X_{11}$$

$$X_{12} = S_{12} + \overline{S11} * X_{12}$$

$$X_{13} = S_{13} + \overline{S10} * X_{13}$$

$$VEL\_VAR\_1\_1 = X_{11}$$

$$VEL\_VAR\_1\_2 = X_{11}$$

$$PILOTO\_AUX1 = X_{13}$$

**Eje Lineal Eléctrico:**

$$S_{200} = \text{SEN14} * (X_{234} + X_{212} + X_{223} + X_{208} + X_{246} + X_{256}) + \%M100$$

$$S_{201} = \text{SEN1} * \text{READY} * \text{SEN14} * X_{200}$$

$$S_{202} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \overline{\text{FP\_3}} * X_{201}$$

$$S_{203} = \text{SEN13} * X_{202}$$

$$S_{204} = \text{SEN14} * X_{203}$$

$$S_{205} = \text{READY} * \text{SEN14} * X_{50} * X_{204}$$

$$S_{206} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \text{FP\_3} * \text{SEN15} * X_{205}$$

$$S_{207} = \overline{\text{SEN14}} * X_{206}$$

$$S_{208} = \overline{\text{SEN14}} * (0,5s/X_{207}) * X_{207}$$

$$S_{209} = \text{READY} * \text{SEN14} * \overline{\text{POS2}} * \overline{\text{POS4}} * X_{51} * X_{204}$$

$$S_{210} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \text{FP\_3} * \text{SEN15} * X_{209}$$

$$S_{211} = \overline{\text{SEN14}} * X_{210}$$

$$S_{212} = \overline{\text{SEN14}} * (0,5s/X_{211}) * X_{211}$$

$$S_{220} = (X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56}) * \text{READY} * \text{SEN14} * \text{POS2} * \overline{\text{POS4}} * X_{204}$$

$$S_{221} = \overline{\text{FP\_1}} * \text{FP\_2} * \text{FP\_3} * \text{SEN15} * X_{220}$$

$$S_{222} = \overline{\text{SEN14}} * X_{221}$$

$$S_{223} = \overline{\text{SEN14}} * (0,5s/X_{222}) * X_{222}$$

$$S_{230} = (X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56}) * \text{POS2} * \text{POS4} * \text{READY} * \text{SEN14}$$

$$S_{231} = \text{POS2} * \text{POS4} * X_{50} * X_{230}$$

$$S_{232} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \text{FP\_3} * \text{SEN15} * X_{230}$$

$$S_{233} = \overline{\text{SEN14}} * X_{232}$$

$$S_{234} = \overline{\text{SEN14}} * (0,5s/X_{233}) * X_{233}$$

$$S_{240} = (X_{52} + X_{55} + X_{56}) * \text{POS2} * \overline{\text{SEN1}} * \text{SEN14} * \text{READY} * X_{200}$$

$$S_{241} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \text{FP\_3} * X_{240}$$

$$S_{242} = \text{SEN15} * X_{241}$$

$$S_{243} = \text{SEN14} * X_{242}$$

$$S_{244} = \overline{\text{FP\_1}} * \overline{\text{FP\_2}} * \text{FP\_3} * \text{SEN15} * X_{243}$$

$$S_{245} = \overline{\text{SEN14}} * X_{244}$$

$$S_{246} = \text{SEN14} * (0,5s/X_{245}) * X_{245}$$

$$S_{250} = (X_{52} + X_{55} + X_{56}) * \overline{\text{POS2}} * \text{POS4} * \overline{\text{SEN1}} * \text{SEN14} * \text{READY} * X_{200}$$

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

---

$$S_{251} = \overline{FP\_1} * FP\_2 * FP\_3 * X_{250}$$

$$S_{252} = SEN15 * X_{251}$$

$$S_{253} = SEN14 * X_{252}$$

$$S_{254} = FP\_1 * \overline{FP\_2} * FP\_3 * SEN15 * X_{253}$$

$$S_{255} = \overline{SEN14} * X_{254}$$

$$S_{256} = SEN14 * (0,5s/X_{255}) * X_{255}$$

$$X_{200} = S_{200} + \overline{S201} * \overline{S240} * \overline{S250} * X_{200}$$

$$X_{201} = S_{201} + \overline{S202} * X_{201}$$

$$X_{202} = S_{202} + \overline{S203} * X_{202}$$

$$X_{203} = S_{203} + \overline{S204} * X_{203}$$

$$X_{204} = S_{204} + \overline{S230} * \overline{S209} * \overline{S220} * \overline{S205} * X_{204}$$

$$X_{205} = S_{205} + \overline{S206} * X_{205}$$

$$X_{206} = S_{206} + \overline{S207} * X_{206}$$

$$X_{207} = S_{207} + \overline{S208} * X_{207}$$

$$X_{208} = S_{208} + \overline{S200} * X_{208}$$

$$X_{209} = S_{209} + \overline{S210} * X_{209}$$

$$X_{210} = S_{210} + \overline{S211} * X_{210}$$

$$X_{211} = S_{211} + \overline{S212} * X_{211}$$

$$X_{212} = S_{212} + \overline{S200} * X_{212}$$

$$X_{220} = S_{220} + \overline{S202} * X_{220}$$

$$X_{221} = S_{221} + \overline{S202} * X_{221}$$

$$X_{222} = S_{222} + \overline{S202} * X_{222}$$

$$X_{223} = S_{223} + \overline{S202} * X_{223}$$

$$X_{230} = S_{230} + \overline{S231} * X_{230}$$

$$X_{231} = S_{231} + \overline{S232} * X_{231}$$

$$X_{232} = S_{232} + \overline{S233} * X_{232}$$

$$X_{233} = S_{233} + \overline{S234} * X_{233}$$

$$X_{234} = S_{234} + \overline{S200} * X_{234}$$

$$X_{240} = S_{240} + \overline{S241} * X_{240}$$

$$X_{241} = S_{241} + \overline{S242} * X_{241}$$

$$X_{242} = S_{242} + \overline{S243} * X_{242}$$

## Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un autómatas Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced

---

$$X_{243}=S_{243} + \overline{S244} * X_{243}$$

$$X_{244}=S_{244} + \overline{S245} * X_{244}$$

$$X_{245}=S_{245} + \overline{S246} * X_{245}$$

$$X_{246}=S_{246} + \overline{S200} * X_{246}$$

$$X_{250}=S_{250} + \overline{S251} * X_{250}$$

$$X_{251}=S_{251} + \overline{S252} * X_{251}$$

$$X_{252}=S_{252} + \overline{S253} * X_{252}$$

$$X_{253}=S_{253} + \overline{S254} * X_{253}$$

$$X_{254}=S_{254} + \overline{S255} * X_{254}$$

$$X_{255}=S_{255} + \overline{S256} * X_{255}$$

$$X_{256}=S_{256} + \overline{S200} * X_{256}$$

$$IN\_POS\_1=X_{201} + X_{205} + X_{231} + X_{243} + X_{253}$$

$$IN\_POS\_2=X_{209} + X_{220} + X_{250}$$

$$IN\_POS\_3=X_{205} + X_{209} + X_{220} + X_{240} + X_{243} + X_{250} + X_{253}$$

$$SET\ POS\ 2=X_{209}$$

$$RESET\ POS\ 2=X_{240}$$

$$SET\ POS\ 4=X_{220}$$

$$RESET\ POS\ 4=X_{250}$$

$$Y6=X_{202} + X_{206} + X_{207} + X_{210} + X_{211} + X_{221} + X_{222} + X_{232} + X_{233} + X_{241} + X_{244} + X_{245} + X_{251} + X_{254} + X_{255}$$

$$Y7=X_{202} + X_{203} + X_{205} + X_{206} + X_{209} + X_{210} + X_{220} + X_{221} + X_{230} + X_{231} + X_{232} + X_{241} + X_{242} + X_{243} + X_{244} + X_{251} + X_{252} + X_{253} + X_{254}$$

### Cinta Central:

$$S_{50}=\overline{SEN2} * X52 + SEN7 * X56 + \%M100$$

$$S_{51}=MARCHA\ II * SEN14 * SEN15 * FP\_1 * FP\_3 * X50$$

$$S_{52}=SEN2 * \overline{SEN3} * X51$$

$$S_{53}=SEN3 * \overline{SEN2}$$

$$S_{54}=(1s/X53) * X53$$

$$S_{55}=SEN2 * X54$$

$$S_{56}=SEN6 * X55$$

$$X_{50} = S_{50} + \overline{S51} * X_{50}$$

$$X_{51} = S_{51} + \overline{S52} * \overline{S53} * X_{51}$$

$$X_{52} = S_{52} + \overline{S50} * X_{52}$$

$$X_{53} = S_{53} + \overline{S54} * X_{53}$$

$$X_{54} = S_{54} + \overline{S55} * X_{54}$$

$$X_{55} = S_{55} + \overline{S56} * X_{55}$$

$$X_{56} = S_{56} + \overline{S50} * X_{56}$$

$$VEL\_VAR2\_2 = X_{51} + X_{54} + X_{56}$$

$$Y1 = X_{53}$$

#### Compuerta:

$$S_{60} = (2s/X_{61}) * X_{61}$$

$$S_{61} = X_{55} * SEN2 * X_{60}$$

$$X_{60} = S_{60} + \overline{S61} * X_{60}$$

$$X_{61} = S_{61} + \overline{S60} * X_{61}$$

$$Y2 = X_{61}$$

#### Pick&Place:

$$S_{70} = SEN12 * X_{76} + \%M100$$

$$S_{71} = SEN10 * SEN2 * \overline{X55} * X_{70}$$

$$S_{72} = SEN13 * X_{71}$$

$$S_{73} = SEN12 * X_{72}$$

$$S_{74} = SEN11 * X_{73}$$

$$S_{75} = \overline{SEN12} * X_{74}$$

$$S_{76} = \overline{SEN12} * X_{75}$$

$$X_{70} = S_{70} + \overline{S71} * X_{70}$$

$$X_{71} = S_{71} + \overline{S72} * X_{71}$$

**Desarrollo de la automatización de un prototipo industrial mediante el uso de un  
autómata Siemens S7 1214C y diseño de aplicación SCADA con WinCC Advanced**

---

$$X_{72} = S_{72} + \overline{S73} * X_{72}$$

$$X_{73} = S_{73} + \overline{S74} * X_{73}$$

$$X_{74} = S_{74} + \overline{S75} * X_{74}$$

$$X_{75} = S_{75} + \overline{S76} * X_{75}$$

$$X_{76} = S_{76} + \overline{S70} * X_{76}$$

$$Y3 = X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76}$$

$$Y4 = X_{71} + X_{74} + X_{75}$$

$$Y5 = X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74}$$

**Cinta de Recirculación:**

$$S_{40} = SEN8 * MARCHA II * X_{41} + \%M100$$

$$S_{41} = SEN11 * SEN12 * \overline{SEN13} * \overline{SEN8} * X_{40} + MARCHA I * X_{42}$$

$$S_{42} = \overline{MARCHA II} * \overline{SEN8} * X_{41}$$

$$X_{40} = S_{40} + \overline{S41} * X_{40}$$

$$X_{41} = S_{41} + \overline{S40} * \overline{S42} * X_{41}$$

$$X_{42} = S_{42} + \overline{S40} * X_{42}$$

$$VEL\_VAR3\_1 = X_{41}$$

$$VEL\_VAR3\_2 = X_{41}$$

**Auxiliar Detección Pieza:**

$$S_{90} = X_{56} * X_{91} + \%M100$$

$$S_{91} = X_{55} * X_{90}$$

$$X_{90} = S_{90} + \overline{S91} * X_{90}$$

$$X_{91} = S_{91} + \overline{S90} * X_{91}$$

