



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

En este proyecto el alumno desarrollará la automatización de una planta industrial compleja que se representará en el laboratorio con dos prototipos: cilindros neumáticos y línea indexada. Para ello se emplearán varios autómatas S7 1200 distribuidos en una red Profinet. Los prototipos deberán funcionar de una forma coordinada entre sí gracias a la correcta sincronización entre los diferentes autómatas.

Finalmente se desarrollará una aplicación SCADA en WinCC RT para la supervisión de la planta automatizada.

Palabras clave: Automatización; SCADA; Profinet; Prototipo de laboratorio; Automatización distribuida.

RESUM

En aquest projecte l'alumne desenvoluparà l'automatització d'una planta industrial complexa que serà representada al laboratori amb dos prototips: cilindres pneumàtics i línia indexada. Amb aquest propòsit s'empraràn diversos autòmats S7 1200 distribuïts en una xarxa Profinet. Els prototips hauràn de funcionar d'una forma coordinada entre si gràcies a la correcta sincronització entre els diferents autòmats. Finalment, es desenvoluparà una aplicació SCADA en WinCC RT per a la supervisió de la planta automatitzada.

Paraules clau: Automatització; SCADA; Profinet; Prototip de laboratori; Automatització distribuïda.

ABSTRACT

On this project the student will develop the automisation of a complex industrial plant which will be represented at the lab with two prototypes: pneumatic cylinders and indexed line. For this, several automats S7 1200 will be used distributed in a Profinet grid. This prototypes must work in a coordinated manner due to the proper synchronization of the different automats.

Finally, it will be developed a SCADA app at WinCC RT for the supervision of the automatic plant.

Keywords: Automisation; SCADA; Profinet; Lab prototype. Distributed automation.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto
- Pliego de condiciones
- Anexos
- Manual de usuario de la aplicación SCADA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1.	OBJETIVO DEL PROYECTO.....	14
1.2.	MOTIVACIÓN.....	14
2.	CONDICIONES DEL CLIENTE Y NORMATIVA.....	15
2.1.	NORMAS.....	15
2.2.	REQUISITOS DEL CLIENTE.....	15
3.	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y SU FUNCIONAMIENTO.....	16
3.1.	CILINDROS NEUMÁTICOS.....	16
3.2.	LÍNEA INDEXADA.....	17
3.3.	AUTÓMATA SIEMENS S7 1200.....	19
3.4.	WINCC RT Y SCADA.....	21
3.5.	PROCESO CONJUNTO.....	23
4.	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	26
4.1.	INTRODUCCIÓN A LOS GRAFCET.....	26
4.2.	COMUNICACIÓN ENTRE LOS PROCESOS.....	27
4.3.	GRAFCET DE CILINDROS NEUMÁTICOS.....	30
4.3.1.	GRAFCET PRINCIPAL.....	30
4.3.2.	GRAFCET DE PRODUCCIÓN.....	30
4.3.3.	GRAFCET MODO AUTOMÁTICO.....	31
4.3.4.	GRAFCETS MODO MANUAL.....	32
4.4.	GRAFCET DE LÍNEA INDEXADA.....	32
4.4.1.	GRAFCET PRINCIPAL.....	32
4.4.2.	GRACETS DE PRODUCCIÓN.....	33
4.4.3.	GRAFCETS MODO AUTOMÁTICO.....	33
4.4.4.	GRAFCETS MODO MANUAL.....	33
4.5.	DISEÑO DE LA APLICACIÓN SCADA.....	35
5.	CONCLUSIONES.....	39
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	40

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Bancada de cilindros neumáticos (elaboración propia).....	16
Fig. 2 Línea indexada (elaboración propia)	17
Fig. 3 Autómata S7 1200, CPU 1214 AC/DC/Rly (elaboración propia)	20
Fig. 4 Autómata siemens S7 1200 (Obtenida de [2])	21
Fig. 5 Línea indexada conectada a PLC 1 (elaboración propia)	23
Fig. 6 Conexión en red de ambos PLC'S (elaboración propia).....	23
Fig. 7 Conexión bancada neumática con PLC 2 (elaboración propia)	24
Fig. 8 Estructura grafcet (obtenido de [6])	26
Fig. 9 Bloque TSEND del PLC 1, línea indexada (elaboración propia)	28
Fig. 10 Pestaña bloques comunicación (elaboración propia).....	29
Fig. 11 Esquema encapsulados (elaboración propia)	30
Fig. 12 Encapsulados línea (elaboración propia)	33
Fig. 13 Pantalla principal SCADA (elaboración propia)	37
Fig. 14 Pantalla línea indexada (elaboración propia).....	38
Fig. 15 Pantalla cilindros neumáticos (elaboración propia)	39
Fig. 16 Grafcet principal línea (elaboración propia).....	51
Fig. 17 Grafcet de funcionamiento línea (elaboración propia).....	52
Fig. 18 Grafcets manual línea (elaboración propia).....	53
Fig. 19 Grafcet automático línea (elaboración propia)	54
Fig. 20 Grafcet principal cilindros (elaboración propia).....	101
Fig. 21 Grafcet modos cilindros (elaboración propia).....	102
Fig. 22 Grafcet manual cilindros (elaboración propia).....	103
Fig. 23 Grafcet automático cilindros (elaboración propia).....	104
Fig. 24 Funcionamiento SCADA (elaboración propia)	142
Fig. 25 Icono de usuario (elaboración propia)	142
Fig. 26 Identificación en el sistema (elaboración propia)	143
Fig. 27 Nombre usuario (elaboración propia).....	143
Fig. 28 Botón registro alarmas (elaboración propia)	143
Fig. 29 Registro de eventos (elaboración propia)	144
Fig. 30 Modo automático (elaboración propia).....	145
Fig. 31 Modo manual línea (elaboración propia).....	146
Fig. 32 Modo manual cilindros (elaboración propia)	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desglose horas empleadas (elaboración propia)	43
Tabla 2 Total mano de obra (elaboración propia)	43
Tabla 3 Precios hardware (elaboración propia)	44
Tabla 4 Total hardware (elaboración propia)	44
Tabla 5 Precio del software (elaboración propia).....	45
Tabla 6 Total software (elaboración propia)	45
Tabla 7 Desglose presupuesto total (elaboración propia)	45
Tabla 8 Entradas línea indexada (obtenida de [9])	50
Tabla 9 Salidas línea indexada (obtenida de [9])	50
Tabla 10 Entradas cilindros neumáticos (obtenida de [10])	100
Tabla 11 Salidas cilindros neumáticos (obtenida de [10])	100

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	42
2. MANO DE OBRA.....	42
3. HARDWARE.....	43
4. SOFTWARE.....	44
5. PRESUPUESTO FINAL.....	44

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1. NORMATIVA.....	46
2. REGLAMENTO TÉCNICO DE BAJA TENSIÓN.....	46
3. CONDICIONES DEL CLIENTE.....	47

ÍNDICE DEL ANEXO

1. VARIABLES LÍNEA INDEXADA.....	49
1.1. ENTRADAS Y SALIDAS.....	49
1.2. GRAFCETS.....	50
1.3. SETS.....	54
1.4. ETAPAS.....	55
1.5. ACCIONES.....	57
1.6. LENGUAJE KOP TIA PORTAL LÍNEA INDEXADA.....	59
2. VARIABLES CILINDROS NEUMÁTICOS.....	99
2.1. ENTRADAS Y SALIDAS.....	99
2.2. GRAFCETS.....	100
2.3. SETS.....	104
2.4. ETAPAS.....	105
2.5. ACCIONES.....	106
2.6. LENGUAJE KOP TIA PORTAL CILINDROS.....	107
3. COMUNICACIÓN ENTRE AUTÓMATAS.....	137
3.1. PROGRAMACIÓN TIA PORTAL LÍNEA INDEXADA.....	137
3.2. PROGRAMACIÓN TIA PORTAL CILINDROS NEUMÁTICOS.....	138

ÍNDICE DEL MANUAL DEL USUARIO DE LA APLICACIÓN **SCADA**

1. PANTALLA PRINCIPAL.....	141
2. MODO AUTOMÁTICO.....	144
3. MODO MANUAL.....	145

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo de este proyecto es automatizar una planta industrial compleja representada por una línea indexada con una estación de fresado y otra de taladrado y sus respectivas cintas, y por otro lado una bancada con cilindros neumáticos. para luego poder comunicarlos entre ellos mediante la programación en TIA PORTAL V13 y la utilización de dos autómatas S7 1200 de SIEMENS conectados en red. Se ha considerado la opción de usar dos PLC'S por la gran cantidad de entradas y salidas gestionadas a la vez.

Posteriormente se realizará un SCADA con la aplicación WinCC RT para la supervisión y el control del proceso.

Se ha conseguido un SCADA muy fácil e intuitivo de consultar para que la persona que lo esté manejando sepa en todo momento en que estado se encuentra el proceso, dónde está la pieza en cada momento y si actuaran las protecciones de emergencia saber porqué estas han sido actuadas, entre otras muchas opciones.

1.2 MOTIVACIÓN.

El hecho de que haya escogido esta propuesta para el TFG ha sido la gran importancia que considero que tiene la industria de la automatización en el presente, y la futura necesidad de seguir implementando autómatas para poder automatizar cada día más tareas y procesos.

En todo tipo de industria se llevan a cabo procesos en los que se utilizan autómatas para la realización de diversas tareas, ya sean sencillas o complejas. Cada tarea necesita una programación que se adapte a sus características, lo que otorga un amplio abanico de posibilidades de trabajo para los ingenieros que programen los autómatas ya que tienen que conocer a la perfección cual va a ser la función de la máquina en cuestión.

Por todo ello he querido seguir aprendiendo dentro de este campo después de haber cursado las asignaturas de automática del grado y hacer un TFG relacionado con ello.

2. CONDICIONES DEL CLIENTE Y NORMATIVA

2.1 NORMAS

La normativa asociada a este proyecto es la siguiente:

- IEC 61131-3 : Define los estándares del lenguaje gráfico de los PLC.
- IEC 62541: Protocolo de comunicación para la automatización industrial.
- IEC 60870-5 : Monitorización de los sistemas de energía, control y sus comunicaciones.
- UNE-EN 60848:2013 : Norma del lenguaje GRAFCET.
- UNE-EN 61000-6-2:2006 : Norma sobre requisitos de inmunidad en materia de compatibilidad electromagnética de los aparatos eléctricos y electrónicos del entorno industrial.
- UNE-EN ISO 13849-1:2016 : Norma que proporciona requisitos de seguridad y orientación sobre los principios para el diseño e integración de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.
- UNE-EN 61158-1:2014 : Norma que trata las redes de comunicación industriales.

2.2 REQUISITOS DEL CLIENTE

El proyecto se ha realizado atendiendo a las necesidades y requisitos del cliente, el cual nos facilitó los dos prototipos, tanto la línea indexada como la bancada con los cilindros neumáticos. Ambos se asemejaban bastante a la realidad de las máquinas que se querían automatizar.

El cliente nos exigido desde el principio que su intención era que trabajásemos con los SIEMENS S7 1200.

Llevar trabajando con autómatas siemens en el resto de la planta durante los últimos 20 años y están muy satisfechos tanto por el rendimiento como por el servicio técnico de la marca, es por ello que a pesar de existir otras opciones en el mercado para poder llevar a cabo esta tarea, la exigencia del cliente nos limita a utilizar dos autómatas S7 1200 de siemens conectados en red.

Para más detalles del funcionamiento exigido en ambos procesos ver el pliego de condiciones.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y SU FUNCIONAMIENTO

3.1 CILINDROS NEUMÁTICOS

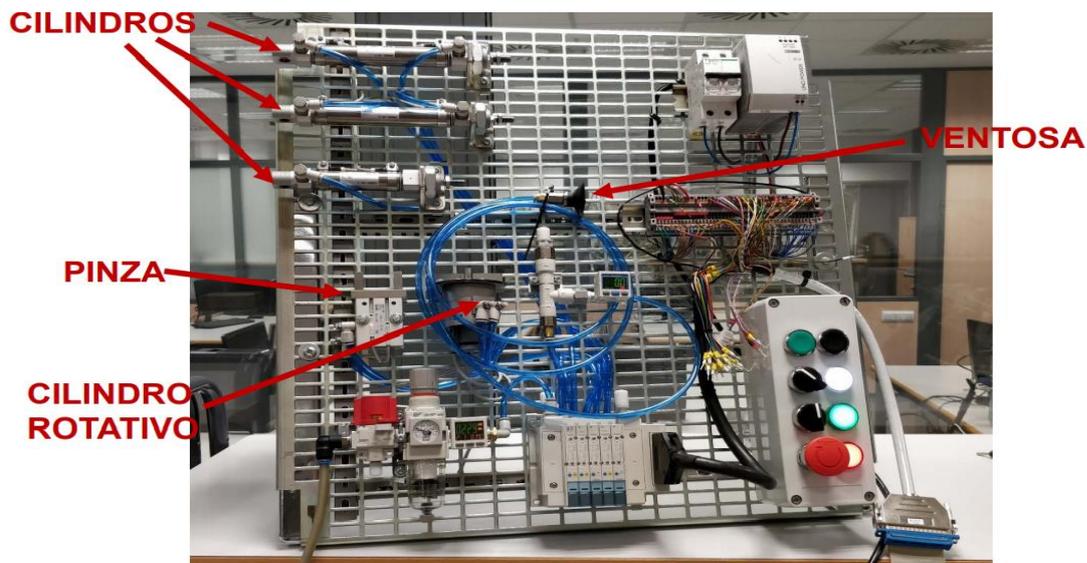


Fig. 1 Bancada de cilindros neumáticos (elaboración propia)

El proceso se pondrá en marcha con el botón verde, realizando la salida/retroceso de los cilindros superior, central e inferior de forma secuencial. A continuación, se abrirá la pinza y se cerrará. Durante estas operaciones se deberá encender el piloto verde.

Si el interruptor de 2 posiciones está hacia la derecha se inicializará la secuencia anterior automáticamente, si está hacia la izquierda se volverá al estado inicial, necesitando el pulsador verde para comenzar.

La activación de la seta de emergencia debe detener inmediatamente las acciones que estén realizándose. Durante esta situación el piloto blanco debe parpadear con un periodo de 1s.

Una vez la seta se desactive los cilindros deberán quedar recogidos, la pinza cerrada y estar a la espera de la pulsación del botón verde.

Este proceso se expone a modo de ejemplo de funcionamiento del proceso por sí solo y de manera independiente, en los apartados de proceso conjunto y comunicación entre los procesos se expone cual será su funcionamiento en comunicación con el PLC de la línea indexada.

3.2 LÍNEA INDEXADA

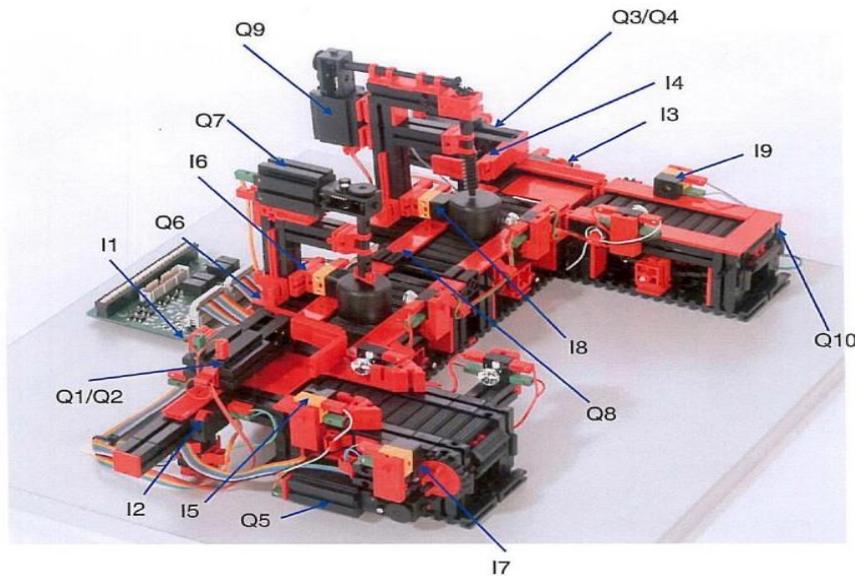


Fig. 2 Línea indexada (elaboración propia)

En la figura 2 se muestra una foto de la línea indexada de Fischer Technik formada por dos unidades de mecanizado, una fresadora y una taladradora.

En la parte izquierda se encuentra la cinta transportadora de alimentación, en la que se colocan de uno en uno los cilindros que serán procesados en dicha línea. El cilindro ha de colocarse en la ubicación del fototransistor I7 de dicha cinta.

Cuando esto ocurre ha de comenzar su procesado según la siguiente secuencia de operaciones:

1-Primero se pone en marcha la cinta de alimentación hasta que el cilindro pueda ser desplazado con el empujador 1. Para garantizar que esto sea así hay que mover la cinta durante dos segundos más tras haber detectado que el cilindro ha rebasado el fototransistor del empujador 1.

2-Seguidamente, de forma simultáneamente se desplaza hacia delante el empujador 1 y se activa la cinta transportadora de la fresadora hasta que el empujador 1 llega a su final de carrera frontal. Es muy importante que se compruebe tal situación, pues de lo contrario el empujador se saldría de su engranaje lineal y dejaría de operar. Para que esta operación se realice correctamente hay que garantizar que el empujador 1 esté en su final de carrera trasero antes de desplazarlo

3-Simultáneamente se desplaza hacia atrás el empujador 1 y se activa la cinta transportadora de la fresadora hasta que el cilindro llega hasta la fresadora (fototransistor de la fresadora). El empujador 1 debe detenerse cuando llegue a su final de carrera trasero. Es muy importante que se compruebe tal situación, pues de lo contrario el empujador se saldría de su engranaje lineal y dejaría de operar.

4-Una vez el cilindro se localice bajo la fresadora, si se detectase la colocación de un nuevo cilindro en el fototransistor I7 se procedería a su procesado como se ha indicado más arriba de forma simultánea

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200
conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

al resto de operaciones indicadas más adelante. En ningún caso podrá haber más de dos cilindros procesándose de forma simultánea. Por tanto, si ya había dos cilindros procesándose, el nuevo cilindro deberá esperar hasta que uno de estos dos cilindros sea retirado.

5-Se pone en marcha la fresadora durante 3 segundos.

6-Se activan las cintas transportadoras de la fresadora y taladradora hasta que el cilindro llega hasta la taladradora (fototransistor de la taladradora).

7-Se pone en marcha la taladradora durante 2 segundos.

8-Se activa la cinta transportadora de la taladradora hasta que el cilindro pueda ser desplazado con el empujador 2. Para garantizar que esto sea así hay que mover la cinta durante dos segundos más tras haber detectado que el cilindro ha rebasado el fototransistor de la taladradora.

9-Se desplaza hacia delante el empujador 2 hasta llegar a su final de carrera frontal. Es muy importante que se compruebe tal situación, pues de lo contrario el empujador se saldría de su engranaje lineal y dejaría de operar. Simultáneamente al desplazamiento de este empujador, se activa la cinta transportadora de salida.

Para que esta operación se realice correctamente hay que garantizar que el empujador 2 esté en su final de carrera trasero antes de desplazarlo.

10-Se mantiene activa la cinta transportadora de salida hasta que el cilindro alcance el fototransistor de la cinta de salida, y, simultáneamente, se desplaza hacia atrás el empujador 2 hasta alcanzar su final de carrera trasero. Es muy importante que se compruebe tal situación, pues de lo contrario el empujador se saldría de su engranaje lineal y dejaría de operar.

11-Para evitar la acumulación de cilindros procesados en la línea, si se detecta que simultáneamente hay un cilindro que no ha sido retirado en la cinta de salida y el siguiente acaba de finalizar el proceso de taladrado, la línea indexada se detendrá hasta que el cilindro que está en la cinta de salida sea retirado.

12-Incorporar un contador que contabilice las piezas que han sido procesadas y retiradas.

Como nota importante cabe mencionar que todos los fototransistores funcionan con lógica negada.

3.3 AUTÓMATA S7 1200

Los PLC son autómatas electrónicos programables, estos aparatos realizan diferentes funciones como controlar desde una simple máquina a procesos secuenciales a tiempo real. Es necesario programar este PLC a través de un software con las condiciones necesarias en cada aplicación para que funcione correctamente.

Los autómatas funcionan a través de terminales de entradas y salidas, estas pueden ser digitales o analógicas. Al disponer de salidas también puede actuar sobre diferentes objetos.

Las entradas podrán ser:

- Digitales: Las entradas digitales se alimentan normalmente a 24 VDC. Son contactos que al alimentarlos activan una señal interna en el PLC. Esta señal puede ser tratada por software como condición en un programa.

Cualquier botón, interruptor físico o sensor pueden activar una entrada digital.

- Analógicas: Las entradas analógicas sirven para leer valores físicos. Mediante programación se trata la lectura eléctrica mediante un rango para sacar el valor físico real.

Las salidas pueden ser también analógicas o digitales

- Digitales: Tenemos dos tipos de salidas digitales
 - Relé: Contactos mecánicos de poca potencia para trabajar sobre actuadores de poco consumo
 - Transistor: Contactos digitales de mucha rapidez. No pueden utilizarse para controlar potencia, es necesario trabajar a través de relés de adaptación.
- Analógicas: Similares a las entradas analógicas pero con una utilidad inversa, mediante un bucle de corriente o por tensión se envía una señal al actuador[1].

Para este proyecto se han utilizado dos autómatas S7 1200 conectados en red, el PLC utilizado es exactamente el SIMATIC S7-1200, CPU 1214C AC/DC/RIy, 6ES7-214-1BG40-0XB0 versión 4.2, de 14 entradas digitales, 10 salidas digitales y 2 entradas analógicas. Dispone de una Signal Board AQ (1x12bit) que añade una salida analógica.

La CPU S7 1200 es un potente controlador que incorpora una fuente de alimentación y distintos circuitos de entrada y salida integrados. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, contadores, temporizadores y operaciones matemáticas complejas.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

Para llevar a cabo la programación se ha utilizado el software del TIA PORTAL V13 utilizando el lenguaje de contactos también denominado lenguaje KOP.

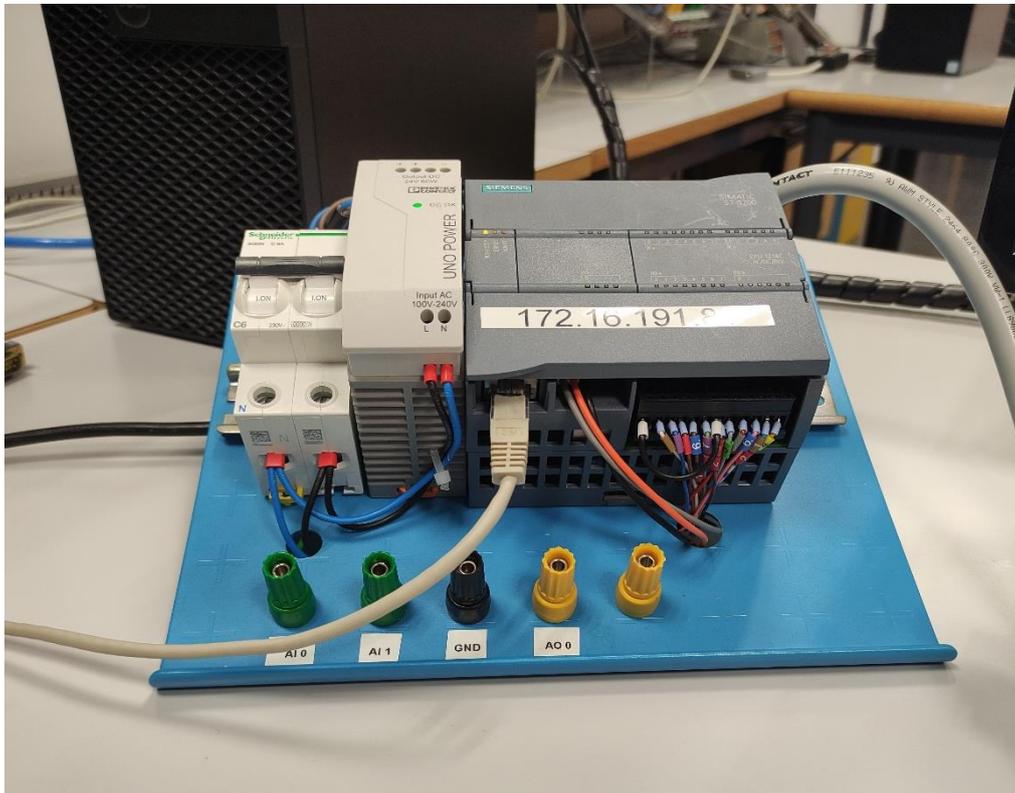


Fig. 3 Autómata S7 1200, CPU 1214 AC/DC/Rly (elaboración propia)

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

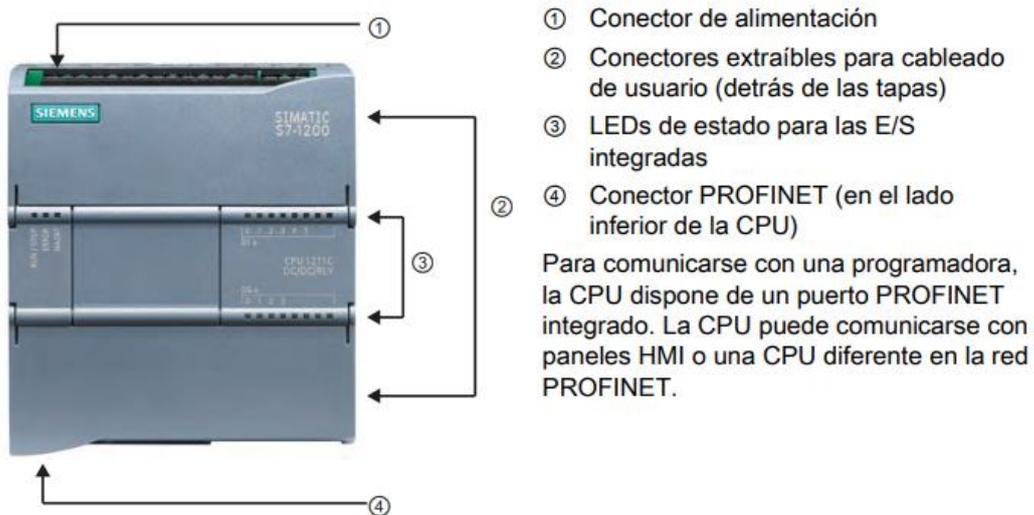


Fig. 4 Autómata siemens S7 1200 (Obtenida de [2])

3.4 WINCC RT Y SCADA

Simatic WinCC es un sistema de visualización de procesos escalable y dotado de potentes funciones para la supervisión de procesos automatización. WinCC aporta funcionalidad SCADA[3].

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) no es una tecnología en concreto sino una aplicación.

Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de un sistema con el fin de controlar y optimizar ese sistema es una aplicación SCADA[4].

A continuación se detallan algunas de las soluciones más comunes utilizadas en los SCADA:

- Creación de pantallas de sinóptico o pantallas principales para visualización de datos tales como parámetros de una máquina, valores reales de temperatura de un proceso o consignas introducidas por el usuario del SCADA. Las pantallas de sinóptico emulan la disposición física real de la aplicación a tratar. Por ejemplo si se controla una línea de montaje de una fábrica, se intenta recrear la línea virtualmente con todos los parámetros necesarios para poder ser utilizada.
- Control de consignas y parámetros a través de ventanas emergentes. Por ejemplo, visualización y control de todas las válvulas automáticas de una línea de producción.
- Registro de históricos que permiten almacenar todos los valores deseados de un SCADA, como por ejemplo, temperaturas, presiones, recetas para la fabricación de un producto.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

- Registro y visualización de gráficas de valores para poder controlar procesos. Por ejemplo, podrían visualizarse valores de tiempo y temperatura, tiempo y masa, velocidad de un motor, o cualquier parámetro deseado.
- Exportación de datos gracias al registro de históricos. Se pueden almacenar datos obtenidos en el SCADA y enviarlo a una base de datos u hojas de cálculo.
- Control y acceso de usuarios, para restringir o tener un control exacto de que usuario puede usar el SCADA. También se puede saber cuándo se realizan modificaciones en el programa y quien las ha realizado.
- Control de avisos y alarmas. Muy útil en los SCADA se pueden incorporar alarmas o avisos de alerta previamente prefijados para saber que pasa en todo momento en el sistema. Por ejemplo, podrían incorporarse alarmas de sobre valor en procesos que necesiten tener un control exacto de la temperatura, o sensores de nivel en un silo que al detectar el nivel máximo o mínimo de agua alerte al usuario de esa anomalía.
- Control vía web de los parámetros del SCADA. Dependiendo de qué aplicación se utilice, se puede diseñar una interface de usuario vía web, para tener total acceso a la aplicación desde el lugar y ordenador que sea. Este control puede ayudar a los usuarios a poder controlar una planta industrial, proceso o máquina sin la necesidad de estar cerca de ella y con total garantía de que el funcionamiento es correcto[5].

3.5 PROCESO CONJUNTO

En la realidad física del proceso en planta, los procesos no comparten piezas entre ellos, es por eso que se simulará una comunicación entre procesos alterando ciertas etapas para que cuando uno de los dos procesos se encuentre en una etapa en concreto, haga funcionar algún actuador en el resto. Trabajaremos con dos autómatas conectados en red.

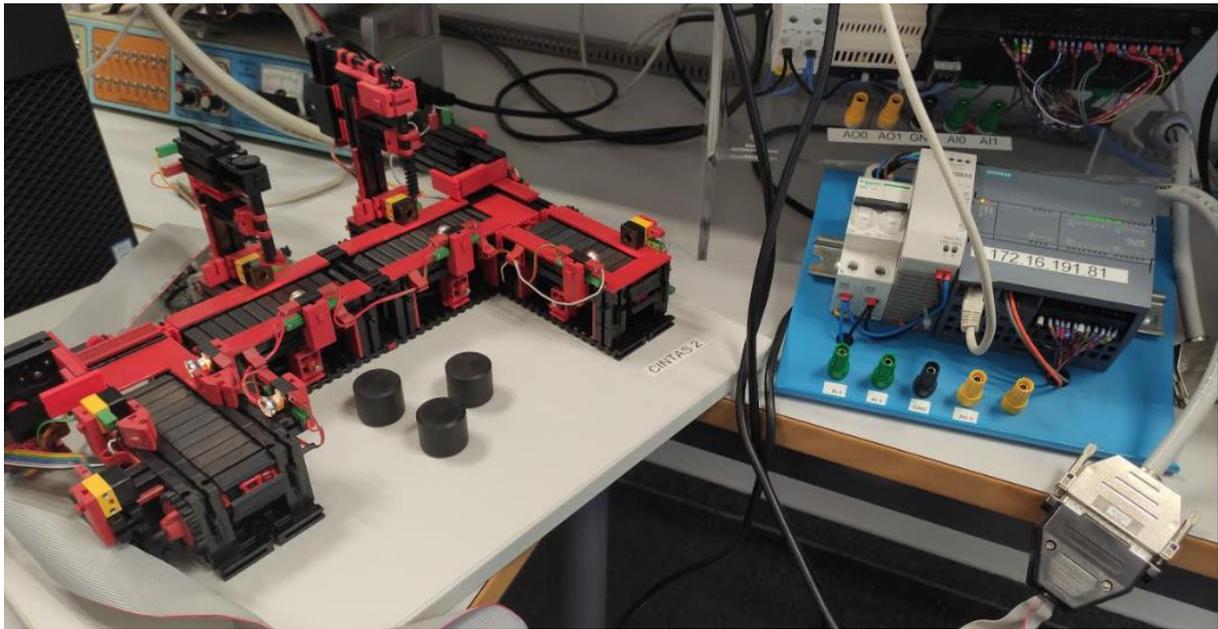


Fig. 5 Línea indexada conectada a PLC 1 (elaboración propia)

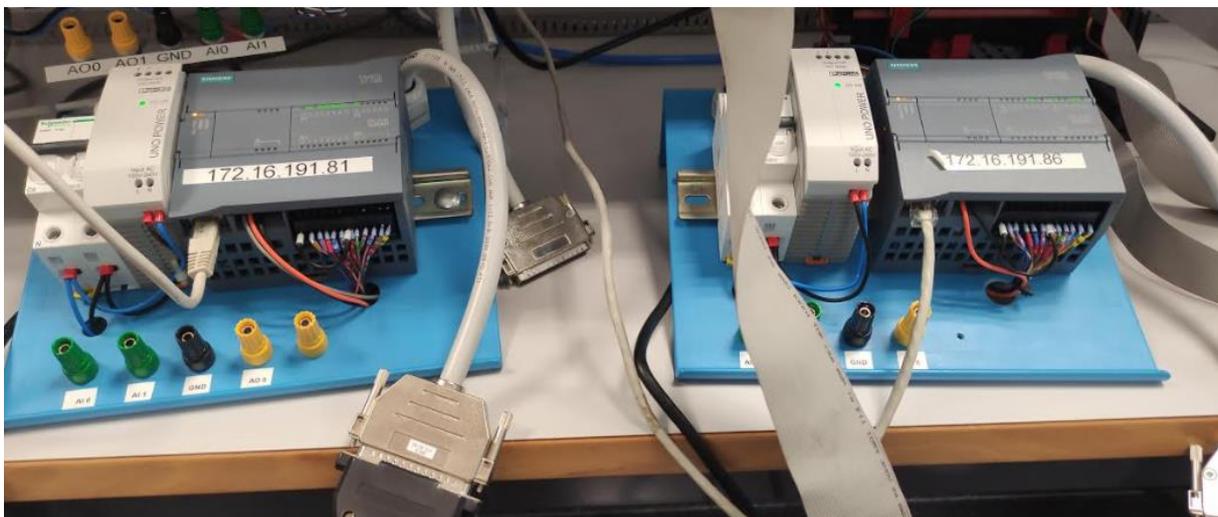


Fig. 6 Conexión en red de ambos PLC'S (elaboración propia)

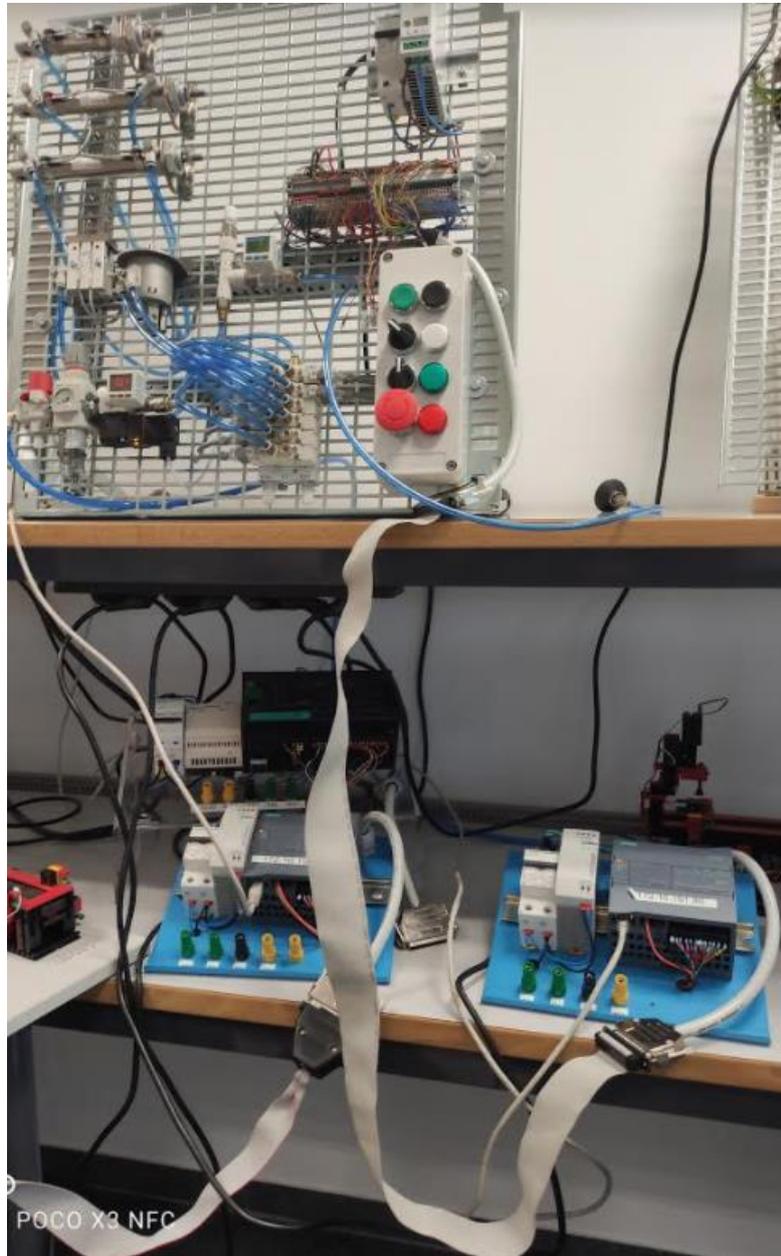


Fig. 7 Conexión bancada neumática con PLC 2 (elaboración propia)

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

A continuación se explicará cómo realizar esa unión de los procesos:

En nuestro caso simularemos que el proceso principal es el de la línea indexada con sus dos estaciones de fresado y taladrado, y por otro lado tendremos la bancada de cilindros neumáticos que se limitará a responder ante las etapas del proceso principal activando ciertas etapas y actuadores. Deberemos programar una comunicación bidireccional entre los dos autómatas para que hasta que las acciones en los cilindros no finalicen, no se pueda reanudar el proceso en la línea.

En concreto hay cuatro condiciones que se deben cumplir para coordinar ambos procesos:

Cuando el empujador 1 de la línea indexada se extienda y se contraiga, el cilindro central de la bancada de los cilindros ha de extenderse y contraerse simultáneamente.

Cuando el empujador 2 de la línea indexada se extienda y se contraiga, la pinza de la bancada de los cilindros se abrirá y cerrará simultáneamente.

En la fase de fresado se habrá de extender y contraer de forma repetida el cilindro superior hasta que finalice el fresado. Se ajusta el tiempo de fresado para que coincida con el recorrido exacto de avance y retroceso del cilindro.

En la fase de taladrado activaremos el cilindro inferior, manteniéndolo extendido mientras dure el tiempo de taladrado.

Todo ello será controlado y manejado mediante una aplicación SCADA con dos modos de funcionamiento, MANUAL y AUTO.

En modo MANUAL el operador de la planta tendrá acceso individualizado a cada actuador y podrá hacerlos funcionar en función de las necesidades del momento.

En modo AUTO la secuencia funcionará secuencialmente respondiendo a los criterios propios de cada PLC y a su comunicación expresada en el apartado 4.2.

4. METODOLOGÍA EMPLEADA

4.1 INTRODUCCIÓN A LOS GRAFCETS

Los diagramas grafcet son un método para el análisis y diseño de automatismos secuenciales, representan gráficamente la secuencia de operaciones a realizar.

La evolución del proceso se representa mediante una serie de etapas o estados del sistema.

La norma IEC 60848 lo define como un lenguaje funcional que describe la parte de eventos discretos de un sistema de control.

Un grafcet está compuesto por:

- Etapa: Define un estado en el que se encuentra el automatismo, las etapas iniciales se rodean con doble cuadro.
- Acciones: Van asociadas a las etapas, definen las acciones que se van a realizar en cada etapa.
- Transición: Es la condición o condiciones que, junto con la etapa anterior, hacen evolucionar el grafcet de una etapa a otra.[6]

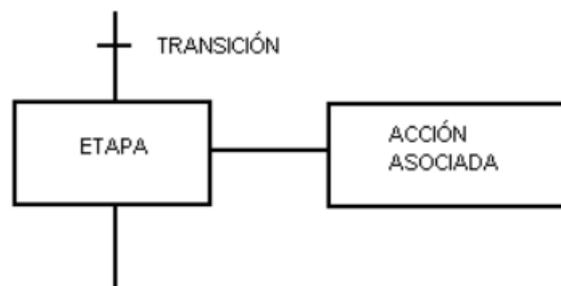


Fig. 8 Estructura grafcet (obtenido de [6])

4.2 COMUNICACIÓN ENTRE LOS PROCESOS

En este proyecto se trata de establecer la comunicación entre dos procesos industriales independientes para que en el momento en el que en la línea indexada se activen unas etapas, en los cilindros se activen otras, y hasta que no acaben esas acciones en los cilindros no se puedan reanudar las acciones en la línea.

Toda esta comunicación irá programada con dos modos de funcionamiento, uno manual en el que el operador en campo podría actuar independientemente cada actuador sin orden o secuencia, y otro automático en el que las etapas de los procesos se sucederán automáticamente.

Así pues, a continuación se detalla cómo se ha elaborado la programación y en siguientes apartados se expondrán todos los graficets de todos los procesos para verificar esa programación:

En primer lugar, para coordinar el movimiento del empujador 1 y la extensión y contracción del cilindro central programaremos una marca M (marca de memoria interna del autómata) en la línea indexada, que denominaremos M900.0 que se activará en el momento que se active la etapa 6 de la línea indexada (etapa en la que actúa el empujador 1 hacia delante)

Esa misma marca nos servirá como transición de acceso a la activación de la extensión del cilindro central en la etapa 5 de la bancada de los cilindros. Una vez el empujador llegue a su final de carrera comenzará a retroceder y activará la marca M900.1, esta marca servirá para activar el retroceso del cilindro central. Cuando el cilindro central llegue a su final de carrera interior activará una marca M905.0 que servirá como transición para proseguir la secuencia en la línea indexada. Con esta programación nos aseguramos que hasta que el PLC del proceso de la línea no lea las marcas activadas por el PLC de los cilindros el proceso no seguirá.

Para programar la comunicación entre el empujador 2 y la pinza de la bancada los pasos a seguir son iguales pero en este caso activaremos las marcas M900.2 y M900.3 cuando se de el avance y retroceso del empujador en la línea indexada y la M905.1, que se activará cuando haya abierto y cerrado la pinza. Esta nos asegurará que la pinza ha finalizado su proceso completo en la bancada de los cilindros y podemos continuar en la línea indexada.

Para programar la actuación del cilindro superior aplicaremos un tiempo de fresado de 4s, con ello nos aseguraremos 2 ciclos completos de movimiento del cilindro (cada extensión y contracción durarán 1 segundo, lo que quiere decir que en 4 segundos de fresado habrán 2 extensiones y 2 contracciones completas).

La marca M900.4 se activará en la etapa 10 de la línea indexada y dará paso a la extensión del cilindro durante 1 segundo en el PLC 2, en la siguiente etapa la acción de extensión se desactivará durante otro segundo y con ello retrocederá.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

Esto llegará a un contador que se incrementará en 1 y mientras no llegue a 2 no dará paso a la etapa 16, donde se reiniciará el contador y se activará la M905.2 que continuará el proceso de la línea.

Por último, en el proceso de taladrado, activaremos el cilindro inferior.

Cuando se active la etapa 15 de la línea (taladrado) se activará la marca M900.5, que servirá de condición de acceso a la etapa 18 de los cilindros. En esta se activará la extensión del cilindro superior durante 2 segundos (tiempo que dura el taladrado).

Al finalizar, en la etapa 19 se activará la marca M905.3 que dará permiso a la línea a pasar a la siguiente etapa.

Para llevar a cabo esta comunicación se emplearán una opción del lenguaje KOP del TIA Portal.

En la figura siguiente se observa en la esquina inferior derecha una pestaña con el nombre de comunicación.

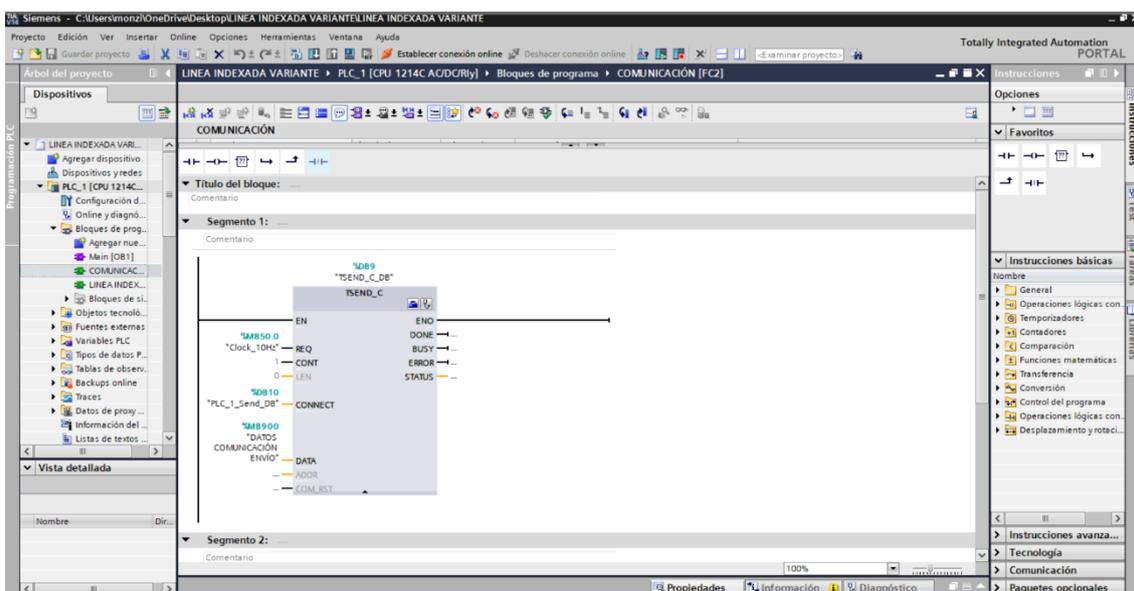


Fig. 9 Bloque TSEND del PLC 1, línea indexada (elaboración propia)

Al desplegar la pestaña aparecerá la carpeta Open User Communication, en la que estarán disponibles los bloques que usaremos en ambos PLC'S, los bloques TSEND, de envío de información, y los bloques TRCV que servirán para recibir la misma.

En el anexo se mostrarán todos los bloques programados en sus respectivos PLC'S y con sus entradas y salidas.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

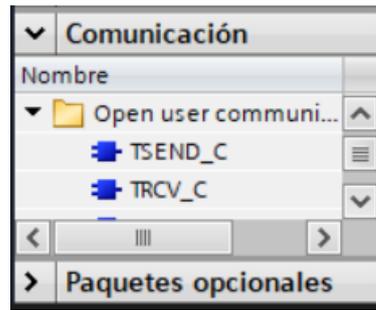


Fig. 10 Pestaña bloques comunicación (elaboración propia)

Toda la comunicación comentada anteriormente se dará solamente en el modo de funcionamiento automático, en el modo manual se deberán activar otras marcas desde la aplicación SCADA para la actuación individual de cada actuador, tanto en la línea indexada como en la bancada neumática.

4.3 GRAFCET DE CILINDROS NEUMÁTICOS

Para diseñar los grafkets de los cilindros neumáticos se ha seguido una estructura de encapsulamiento, partiendo de un grafket principal con dos etapas, la primera que encapsula el grafket de modo de funcionamiento y la segunda que activa el estado de alarma.

Dentro del grafket de modo habrá dos etapas, una encapsulará los grafkets del modo automático y otra encapsulará los grafkets del modo manual.

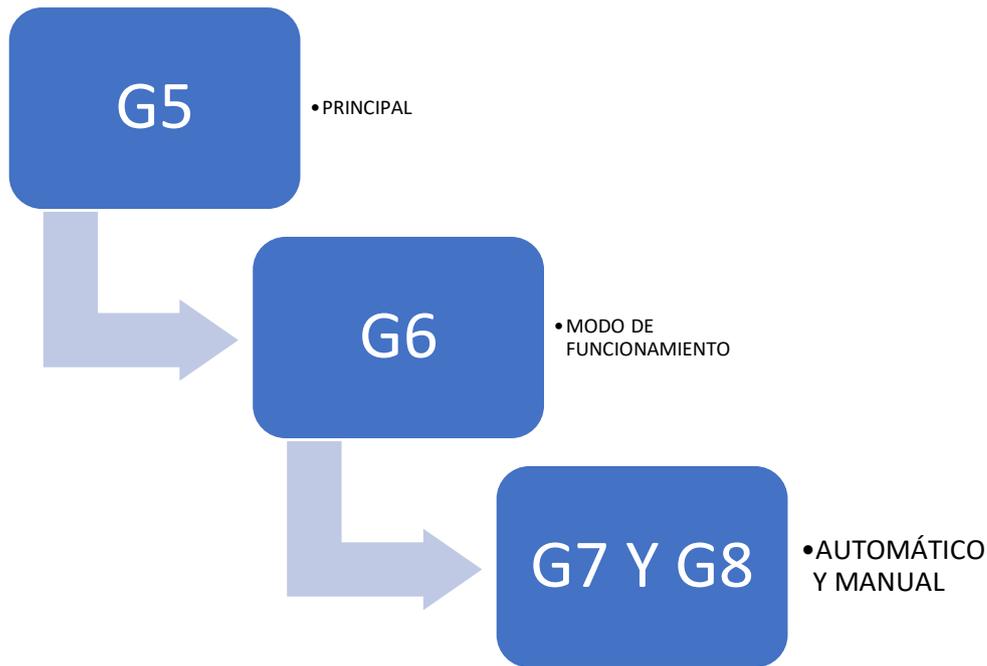


Fig. 11 Esquema encapsulados (elaboración propia)

4.3.1 GRAFCET PRINCIPAL

En este grafket principal de la bancada de los cilindros neumáticos nos encontramos dos etapas, la etapa 40 será la de funcionamiento normal del proceso y la 41 será la etapa que activará el paro de emergencia y la luz de emergencia que se visualizará en la aplicación SCADA.

Dentro de la etapa 40 se ha encapsulado el grafket de los modos de funcionamiento que se verá en el siguiente apartado.

La etapa 41 emite dos acciones, encenderá la luz de emergencia en la pantalla del SCADA y mandará la comunicación al PLC1 para activar el paro de su proceso también.

El modo de activación de la etapa de emergencia puede venir por dos motivos, o por la activación de la seta de emergencia física de la bancada de los cilindros neumáticos o por la activación del botón de la aplicación SCADA. En el anexo se adjunta el graficet con las marcas de activación explicadas.

4.3.2 GRAFCET DE PRODUCCIÓN

En este graficet se produce la elección del modo de funcionamiento que se desee ejecutar, estando dentro del encapsulado de la etapa 40 anteriormente visto.

De la etapa 0 activaremos el modo automático si se conmuta el selector de modo al estado ON o activaremos el modo manual en el estado OFF. Se adjunta graficet detallado en el anexo.

4.3.3 GRAFCET MODO AUTOMÁTICO

Este graficet se ha diseñado para que cada vez que se reinstaure el modo automático, la pinza y el cilindro central vuelvan a su posición de origen.

Una vez tenemos los actuadores bien posicionados el graficet esperará a recibir la comunicación del PLC1 que le dirá en cada momento a que rama de la divergencia dirigirse.

La primera rama se activará con la activación del empujador 1, eso se traduce en que en la línea indexada el empujador 1 está extendiéndose y manda la orden al PLC2 de que el cilindro central salga, una vez el cilindro llegue a su final de carrera o el empujador vuelva a retraerse, el cilindro retrocederá y cuando finalice la maniobra le enviará al PLC1 la confirmación de que ha finalizado la acción.

Sucede algo similar en la segunda rama, el avance del empujador 2 ejecuta la orden de abrir la pinza en el PLC2.

Una vez la pinza ha llegado a su final de carrera o el empujador comienza a retroceder, la pinza volverá a su estado inicial en posición cerrada y mandará la orden que avisará al PLC1 de que la línea puede continuar con su proceso.

En la tercera rama se necesita la activación del fresado del PLC1 para que se ejecuten los movimientos del cilindro.

Se ha programado esta rama de tal manera que para mandar la marca de vuelta al PLC1 para que continúe su proceso ha de producirse dos extensiones y contracciones del cilindro superior, dando un

segundo para extender y otro para contraer. Para asegurar que se realizan dos extensiones y contracciones se ha programado un contador de los ciclos del recorrido del cilindro, para que en el momento de que este contador llegue a 2 el grafcet reseteará el contador a 0 y enviará la orden al PLC1 para que finalice el fresado y avance hacia el taladrado.

La última rama se activará a través de la activación del taladrado, eso activará la extensión del cilindro inferior que durará 2 segundos. Cuando ésta acabe comunicará al PLC1 que ha finalizado para la finalización del proceso de taladrado. En el anexo se adjunta el grafcet con las marcas detalladas.

4.3.4 GRAFCETS MODO MANUAL

En el modo manual se han programado varios grafkets individuales encapsulados dentro de la etapa 2 del grafket de producción.

Cada vez que en modo manual sea activado se activarán todas las etapas iniciales de cada uno de los grafkets, a partir de ese punto en función de que marcas sean activadas se pondrán en funcionamiento unos u otros actuadores.

Las marcas que dan paso a los actuadores son marcas programadas en los PLC pero que serán activadas desde los pulsadores creados en la aplicación SCADA.

Estos pulsadores se han programado de modo que las etapas siguientes se activen mientras se mantenga pulsado el botón, en el momento que se suelte el botón la marca pasaría a su estado negado y desactivaría la etapa de la acción.

Hay 4 casos especiales en los que se ha condicionado la acción a los estados de los sensores de final de carrera. En el anexo se detalla el grafket.

4.4 GRAFCETS LÍNEA INDEXADA

La estructura seguida en los grafkets de la línea indexada es muy similar a la empleada en los cilindros neumáticos. Hay un grafket principal, que encapsula en una etapa al grafket de selección de modo de

funcionamiento y que en la otra etapa activa la emergencia. Dentro del grafcet de selección de modo habrá dos etapas que cada una de ellas encapsulará o bien a los grafcets del modo automático o del modo manual.

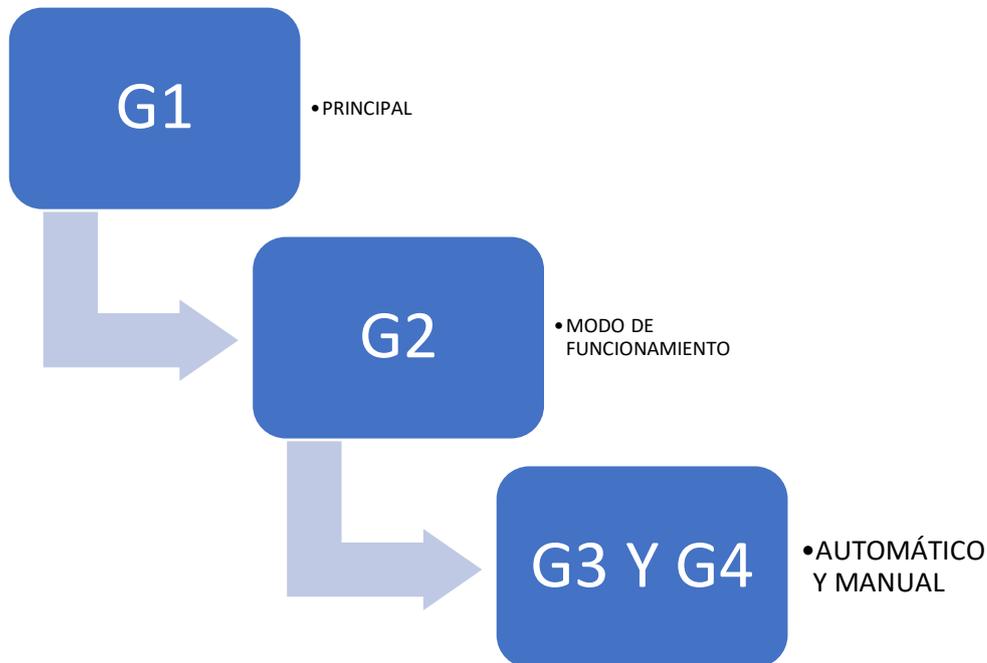


Fig. 12 Encapsulados línea (elaboración propia)

4.4.1 GRAFCET PRINCIPAL

Este grafcet contará con 2 etapas, la primera será la que encapsule los modos de funcionamiento y la situación normal de marcha y la segunda, que se activará en caso de emergencia producida tanto por el pulsador de la aplicación SCADA como por la activación de la seta de emergencia física en la bancada de los cilindros neumáticos. Se adjunta el grafcet en el anexo.

4.4.2 GRACET DE PRODUCCIÓN

En este grafcet se produce la elección de los modos de funcionamiento manual y automático.

El selector de modo activado desde la aplicación SCADA nos permite conmutar un selector al modo automático o manual.

Cuando el selector está en modo ON se activa la etapa donde se han encapsulado los graficets del modo automático.

Si el selector se desactiva se conmutará al modo off quedando activa la etapa que encapsula los graficets del modo manual. En el anexo se adjunta el graficet.

4.4.3 GRAFCETS MODO AUTOMÁTICO

Dentro del modo de funcionamiento automático se han diseñado 4 graficets individuales comunicados entre ellos a través de etapas y transiciones.

Al activarse el modo automático se hacen retroceder los empujadores 1 y 2 por si se hubieran quedado abiertos al regresar del modo manual o de un paro de emergencia.

En el primer graficet se ha agrupado el funcionamiento de la cinta de alimentación con el empujador 1, cuando se detecta pieza el comienzo de la cinta la cinta se pondrá en marcha y se mantendrá hasta que llegue la pieza al empujador 1.

El contador CP nos limitará el número de piezas a un máximo de dos dentro de la línea a la vez y en la etapa 4 se incrementará en 1. En ese momento si el empujador está bien posicionado y no hay una pieza en la fresadora el empujador 1 empujará la pieza al mismo tiempo que arrancará la cinta de la fresadora, en ese momento también se activará el cilindro central en el PLC2.

Cuando el empujador 1 llegue a su final de carrera frontal retrocederá hasta su posición original, el bucle llegará al final y esperará a que haya otra pieza al inicio de la cinta para volver a arrancar el proceso siempre que el contador le de permiso para ello.

En el siguiente graficet se ha arrancado la cinta de la fresadora al llegar a la mitad del primer graficet, una vez en marcha la cinta se detendrá cuando se detecte pieza bajo la fresadora, en ese momento se enviará al PLC2 el fresado activo, así el fresado estará en marcha hasta que finalicen los movimientos del cilindro superior.

Una vez acabado el fresado se volverá a encender la cinta de fresado junto con la de taladrado hasta que se detecte pieza bajo la taladradora, el bucle volverá a la etapa inicial dando permiso para que una segunda pieza sea aceptada en la cinta de alimentación y así garantizar que hay hueco suficiente entre ambas piezas dentro del proceso.

En el tercer graficet se han agrupado la cinta de taladrado, la taladradora y el empujador 2.

Al arrancar se recogerá el empujador 2 si fuera necesario, a partir de ahí se pondrá en marcha la cinta de la taladradora hasta que se detecte la pieza bajo ella.

Comenzará el taladrado con un temporizado de 2 segundos y se enviará la orden al PLC2 para que se extienda el cilindro inferior y se mantenga en esa posición los 2 segundos de duración. Una vez haya

acabado el tiempo se activará de nuevo la cinta hasta llegar al empujador 2, éste se moverá siempre que no haya ninguna pieza en la cinta de salida esperando a ser recogida.

El empujador 2 avanzará y retrocederá en comunicación con el PLC2.

La activación de la etapa 19 arrancará la cinta de salida de la línea en el grafcet final, la cinta permanecerá activa hasta que la pieza llegue al sensor de final de la línea.

Para que el grafcet vuelva al inicio habrá que retirar la pieza el sensor, lo que decrementará en uno el contador permisivo de piezas dentro de la línea y aumentará en 1 el número de piezas totales procesadas. Se adjunta el grafcet en el anexo.

4.4.4 GRAFCETS MODO MANUAL

En el modo manual estarán encapsulados varios grafkets individuales como en el modo manual de los cilindros.

Todos los grafkets se iniciarán la activación del modo manual y en función de las marcas que se activen desde las botoneras de la aplicación SCADA actuarán unos actuadores u otros.

La programación de los botones es idéntica a la ya expuesta en los cilindros neumáticos, las etapas se mantendrán activas mientras se mantengan pulsados los botones, una vez se suelte el botón el bit se desactivará y volverá al inicio del grafket desactivando la acción.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

En el caso de los empujadores 1 y 2 se ha condicionado la acción a los finales de carrera, para que así los empujadores no se salgan de sus guías una vez hayan llegado al final de su recorrido normal.

4.5 DISEÑO APLICACIÓN SCADA

La aplicación SCADA contará con 3 pantallas de visualización.

En la pantalla principal tendremos a nuestra disposición el botón de paro de emergencia, el selector de modos de funcionamiento y las dos pestañas para ir a las pantallas de los dos procesos por separado.

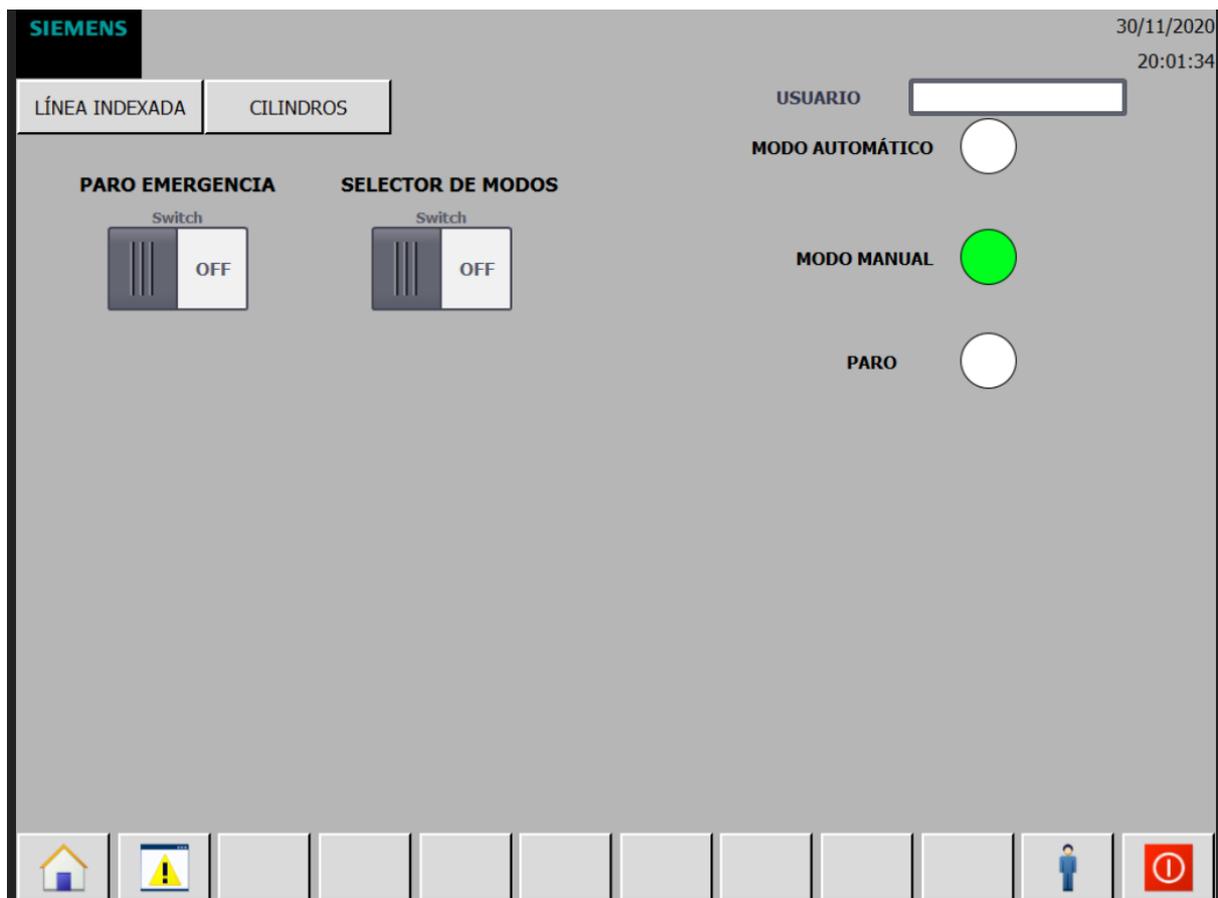


Fig. 13 Pantalla principal SCADA (elaboración propia)

También dispondremos de testigos luminosos que nos indicarán el modo de funcionamiento en el que estamos y si nos encontramos en una situación de emergencia. La programación de los modos de funcionamiento hace que la aplicación siempre arranque en modo manual.

Por último destacaremos la opción de visualización del registro de eventos y alarmas que sucedan en nuestra instalación y que existen dos opciones de acceso al sistema.

Habrá un usuario del departamento de ingeniería que tendrá acceso a todos los parámetros y actuadores mientras que habrá un segundo usuario con otra cuenta y contraseña que tendrá un acceso limitado al sistema no pudiendo acceder a todas las funcionalidades del sistema.

Todo esto se detallará más en profundidad en el manual de usuario.

Habrán dos pantallas más en la aplicación, una por cada proceso.

En la pantalla dedicada a la línea indexada tendremos la visualización de los modos de funcionamiento y botoneras para la actuación de cintas, empujadores, fresado y taladrado en el modo de funcionamiento manual. En los actuadores cuya activación esté enclavada con un sensor de final de carrera se mostrará en que estado está ese sensor.



Fig. 14 Pantalla línea indexada (elaboración propia)

La pantalla para la bancada de cilindros neumáticos será igual que la de la línea indexada con la diferencia de que la botonera disponible será para sus actuadores propios en el modo de funcionamiento manual, así podremos actuar cada cilindro y la pinza de manera independiente. Igual que lo visto en la pantalla anterior se mostrará la información de los sensores de final de carrera.

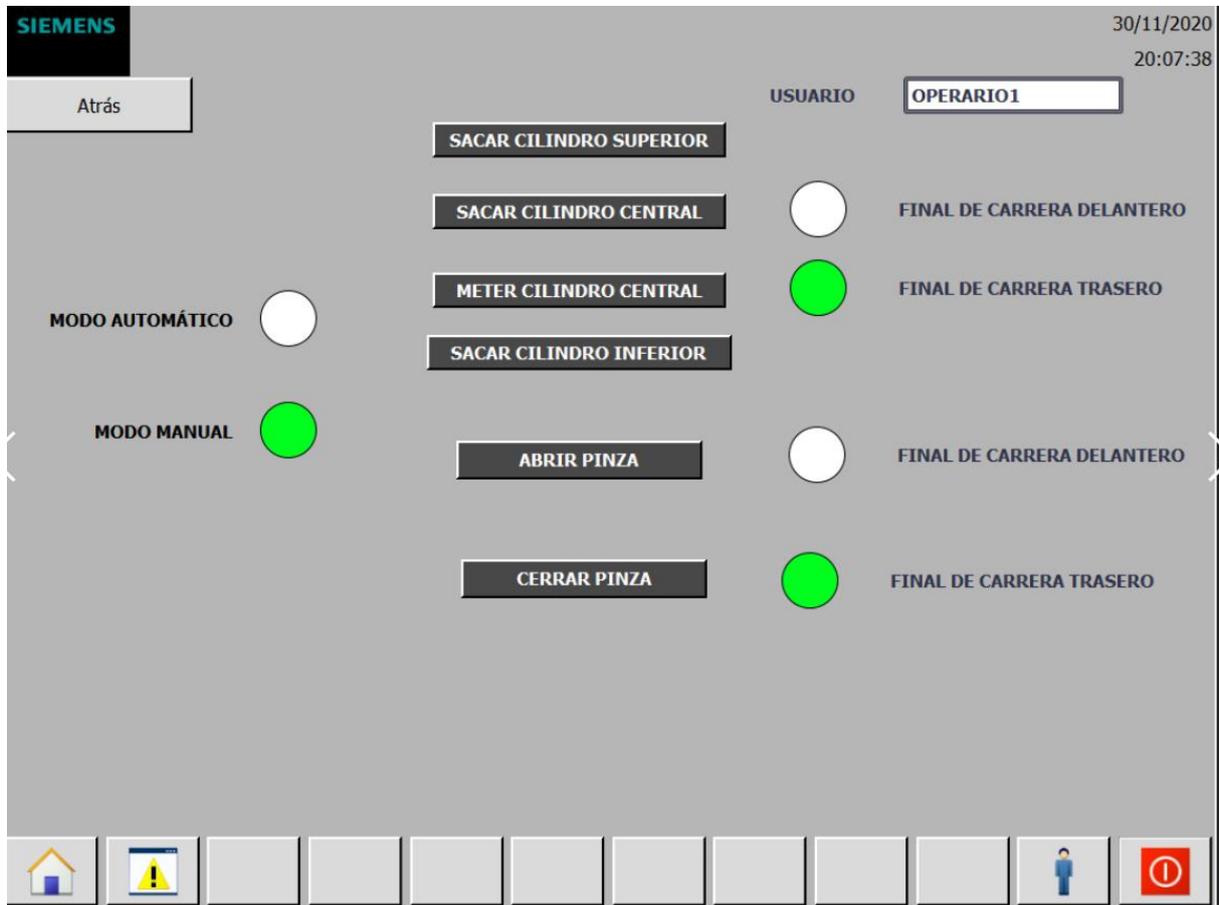


Fig. 15 Pantalla cilindros neumáticos (elaboración propia)

En todas las pantallas se podrá visualizar que usuario está accediendo al sistema en ese momento a través del campo de texto situado en la esquina superior derecha.

Todos los pasos a seguir para su correcta manipulación y funcionamiento se detallarán en el manual de usuario.

5. CONCLUSIONES

Para la realización de este proyecto se ha tenido que profundizar y ampliar los conocimientos previos sobre automática vistos durante el grado.

Previamente a este trabajo sólo se había conocido el lenguaje grafcet y se realizó alguna pequeña práctica con prototipos sencillos.

Tras el proyecto se han afianzado todos esos conocimientos y se han ampliado con el desarrollo del lenguaje KOP y el uso del software TIA portal V13.

El mayor reto del proyecto ha sido plantear los diagramas grafcet que resolvieran todas las necesidades del cliente en los procesos y comprobar, tras fallos y rectificaciones de programación, su correcto funcionamiento en planta.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Marsellach, F. (2020). Introducción a la Automatización. Consultado el 25 de octubre de 2020, de <https://www.fmjingenieros.com/servicios/automatizacion-industrial/introduccion-a-la-automatizacion>
- [2] Manual getting started s7 1200
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/875/39644875/att_76197/v1/s71200_getting_started_e-s-ES_es-ES.pdf (Consultado el 20 de octubre de 2020)
- [3] https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc_es.pdf (Consultado el 30 de octubre de 2020)
- [4] <https://www.wonderware.es/HMI-SCADA/que-es-SCADA/#:~:text=SCADA%20%28Supervisory%20Control%20and%20Data%20Acquisition%2C%20es%20decir%2C,y%20optimizar%20ese%20sistema%20es%20una%20aplicaci%C3%B3n%20SCADA.>
(Consultado el 20 de octubre de 2020)
- [5] <https://www.fmjingenieros.com/servicios/automatizacion-industrial/sistemas-scada>
(Consultado el 25 de octubre de 2020)
- [6] <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm> (Consultado el 25 de octubre de 2020)
- [7] [UNE - Busca tu norma](#) (Consultado el 28 de octubre de 2020)
- [8] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099> (Consultado el 10 de noviembre de 2020)
- [9] Manual Tecnología Automática Línea indexada
- [10] Manual Tecnología Automática bancada cilindros neumáticos

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se cuantificará el precio del coste total del proyecto y se desglosará en varias partes, contando la mano de obra del ingeniero industrial, el hardware y el software.

Cabe mencionar que tanto la línea indexada con sus dos estaciones de mecanizado, como la bancada de los cilindros neumáticos han sido cedidos por el cliente, lo que no supondrá ningún sobrecoste más.

2. MANO DE OBRA

En este apartado se considerará un salario medio como ingeniero industrial de 20€/h.

INGENIERO INDUSTRIAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	COSTE
ANÁLISIS	30h	20€/h	600€
DISEÑO	70h	20€/h	1400€
COMPROBACIÓN	20h	20€/h	400€
REDACCIÓN	80h	20€/h	1600€

Tabla 1 Desglose horas empleadas (elaboración propia)

IMPORTE BRUTO	IVA 21%	IMPORTE FINAL
4000€	840€	4840€

Tabla 2 Total mano de obra (elaboración propia)

3. HARDWARE

Los precios de los elementos de hardware utilizados en el proyecto son orientativos. Los prototipos usados en el laboratorio son aportados por la empresa con lo que no nos repercutirá en nuestro presupuesto.

El PC utilizado para la ejecución del SCADA desarrollado en WinCC RT se encuentra también en planta ya.

En el caso del ordenador utilizado se trata de un portátil valorado en 600 euros, pero no se puede cargar al presupuesto el precio entero puesto que es un hardware usado en otros proyectos y habrá que calcular su amortización.

Contando con una amortización de 3 años, se estima una amortización de 200 euros/año, considerando que el año tiene una jornada laboral de 1760 horas anuales contaremos con un precio estimado de 0.11 euros/hora.

HARDWARE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	COSTE TOTAL
PLC S7 1200	2	392.08€	784.16€
PC	200h	0.11 €/h	22€

Tabla 3 Precios hardware (elaboración propia)

IMPORTE BRUTO	IVA 21%	IMPORTE FINAL
806.16€	169.29€	975.45€

Tabla 4 Total hardware (elaboración propia)

4. SOFTWARE

En el software se repetirá la misma operación de amortización que con el portátil empleado, considerando un precio de la licencia del STEP 7 con WinCC Advanced y RT de 907.5€ y una amortización en 3 años con una jornada anual de 1760 horas, el precio por hora obtenido es de 0.172€.

SOFTWARE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	COSTE TOTAL
LICENCIA TIA PORTAL	70h	0.172€/h	12.04€

Tabla 5 Precio del software (elaboración propia)

IMPORTE BRUTO	IVA 21%	IMPORTE FINAL
12.04€	2.53€	14.57€

Tabla 6 Total software (elaboración propia)

5. PRESUPUESTO FINAL

Sumando todos los apartados desglosados previamente se obtiene un presupuesto total de:

PRESUPUESTO TOTAL

DESCRIPCIÓN	PRECIO
MANO DE OBRA	4840€
HARDWARE	975.45€
SOFTWARE	14.57€
TOTAL	5830.02€

Tabla 7 Desglose presupuesto total (elaboración propia)

El presupuesto final será de cinco mil ochocientos treinta euros con dos céntimos.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

PLIEGO DE CONDICIONES

1. NORMATIVA

La normativa asociada a este proyecto es la siguiente:

- IEC 61131-3 : Define los estándares del lenguaje gráfico de los PLC.
- IEC 62541: Protocolo de comunicación para la automatización industrial.
- IEC 60870-5 : Monitorización de los sistemas de energía, control y sus comunicaciones.
- UNE-EN 60848:2013 : Norma del lenguaje GRAFCET.
- UNE-EN 61000-6-2:2006 : Norma sobre requisitos de inmunidad en materia de compatibilidad electromagnética de los aparatos eléctricos y electrónicos del entorno industrial.
- UNE-EN ISO 13849-1:2016 : Norma que proporciona requisitos de seguridad y orientación sobre los principios para el diseño e integración de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.
- UNE-EN 61158-1:2014 : Norma que trata las redes de comunicación industriales.[7]

2. REGLAMENTO TÉCNICO DE BAJA TENSIÓN

El reglamento técnico de baja tensión tiene por objetivo establecer las condiciones técnicas y garantías que deben cumplir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión con el objetivo de:

- Garantizar la seguridad de las personas.
- Asegurar el buen funcionamiento de las instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
- Contribuir a la fiabilidad técnica y eficiencia económica.

Se prestará especial atención a la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-51 sobre instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.[8]

3. CONDICIONES DEL CLIENTE

El cliente ha pedido expresamente que la automatización de sus procesos se haga a través de la conexión en red de dos autómatas siemens S7 1200, esto es debido a que llevan trabajando con SIEMENS muchos años, que el resto de los procesos funcionan con esos PLC'S y que están realmente satisfechos con el servicio técnico durante todo este tiempo.

Además de lo anterior, se exigen unas condiciones de funcionamiento para los procesos. Éstos no serán independientes ni estarán aislados entre ellos, requieren de la conexión en red de los autómatas para comunicarse entre ellos y activar y desactivar actuadores entre ellos.

En concreto la unión que se pide es la siguiente:

- La activación del empujador 1 de la línea indexada provocará que en la bancada de los cilindros se active la extensión y el retroceso del cilindro central.
- La activación del empujador 2 de la línea indexada provocará la apertura y el cierre de la pinza.
- La activación de la etapa de fresado provocará la extensión y retroceso del cilindro superior.
- Por último, la activación de la etapa de taladrado activará la extensión del cilindro inferior y lo mantendrá extendido mientras dure el taladrado.

Cabe destacar que la comunicación entre los procesos será bidireccional, esto quiere decir que aunque sea la línea indexada la que marque los tiempos y las actuaciones de los cilindros, hasta que no finalicen las acciones en la bancada neumática no se podrá proseguir con las etapas en la línea indexada.

Además de las anteriores comunicaciones entre los procesos mencionadas más arriba, el proceso conjunto deberá tener dos modos de funcionamiento, un modo AUTO que seguirá las indicaciones anteriores y un modo MANUAL que dará la opción de manejar y actuar cada etapa independientemente.

ANEXO

1. VARIABLES LÍNEA INDEXADA

1.1. ENTRADAS Y SALIDAS

Nombre	Descripción	Siemens
I1	Final de carrera frontal del empujador 1	%I0.0
I2	Final de carrera trasero del empujador 1	%I0.1
I3	Final de carrera frontal del empujador 2	%I0.2
I4	Final de carrera trasero del empujador 2	%I0.3
I5	Fototransistor del empujador 1	%I0.4
I6	Fototransistor de la fresadora	%I0.5
I7	Fototransistor de la cinta transportadora de alimentación	%I0.6
I8	Fototransistor de la taladradora	%I0.7
I9	Fototransistor de la cinta transportadora de salida	%I1.0

Tabla 8 Entradas línea indexada (obtenida de [9])

Nombre	Descripción	Siemens
Q1	Motor empujador 1 hacia adelante	%Q0.0
Q2	Motor empujador 1 hacia atrás	%Q0.1
Q3	Motor empujador 2 hacia adelante	%Q0.2
Q4	Motor empujador 2 hacia atrás	%Q0.3
Q5	Motor cinta transportadora de alimentación	%Q0.4
Q6	Motor cinta transportadora fresadora	%Q0.5
Q7	Motor fresadora	%Q0.6
Q8	Motor cinta transportadora taladradora	%Q0.7
Q9	Motor taladradora	%Q1.0
Q10	Motor cinta transportadora de salida	%Q1.1
Q11	Alimentación de fototransistores y actuadores	Ya activo

Tabla 9 Salidas línea indexada (obtenida de [9])

1.2.GRAFCETS

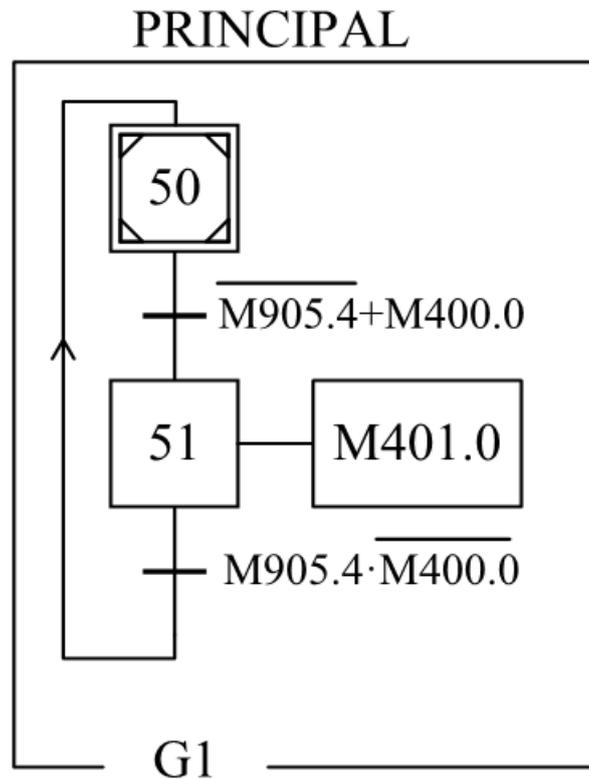


Fig. 16 Grafcet principal línea (elaboración propia)

La marca M905.4 corresponde a la marca que envía el PLC2 de que la seta de emergencia física se ha pulsado en los cilindros y la marca M400.0 es el bit que se activa con el botón de paro de emergencia de la aplicación SCADA. La etapa 51 activa la M401.0 que encenderá la luz roja del testigo de la aplicación SCADA,

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

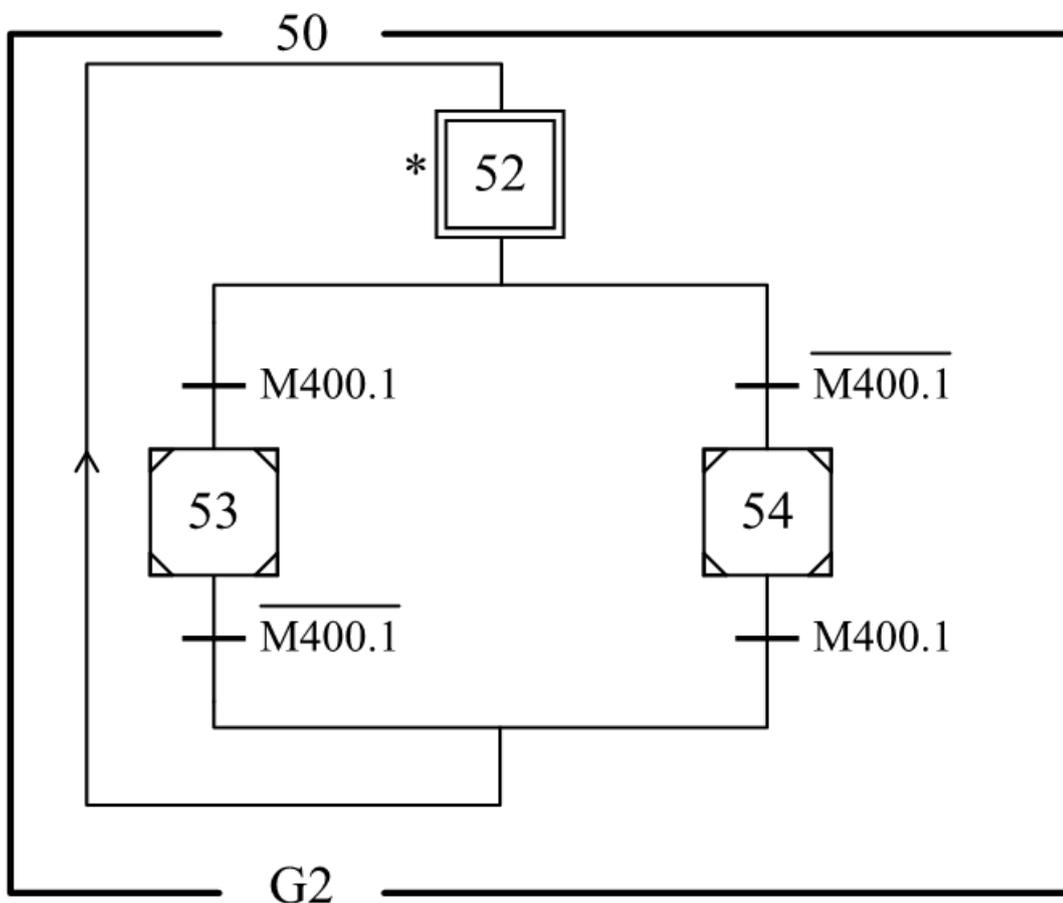


Fig. 17 Grafcet de funcionamiento línea (elaboración propia)

La marca M400.1 corresponde al bit del selector de modo en el SCADA, cuando se activa pasa al modo automático y cuando se desactiva al manual.

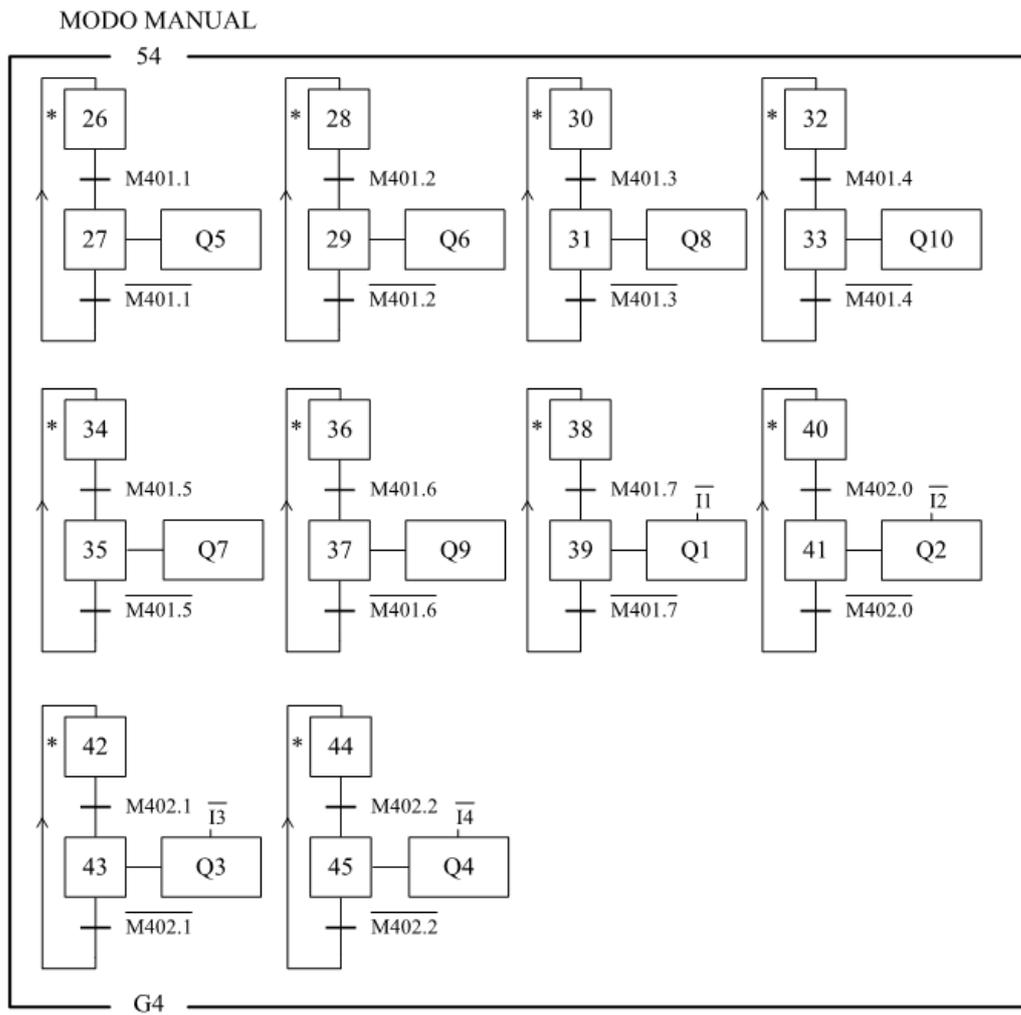


Fig. 18 Graficets manual línea (elaboración propia)

Las marcas expuestas se activan todas desde el SCADA.

La M401.1 activa la cinta de alimentación, la M401.2 activa la cinta de fresado, la M401.3 activa la cinta del taladrado, la M401.4 activa la cinta de salida, la M401.5 activa la fresadora, la M401.6 activa la taladradora, las M401.7 y M402.0 activan la salida/retroceso del empujador 1 y las M402.1 y M402.2 activan la salida/retroceso del empujador 2.

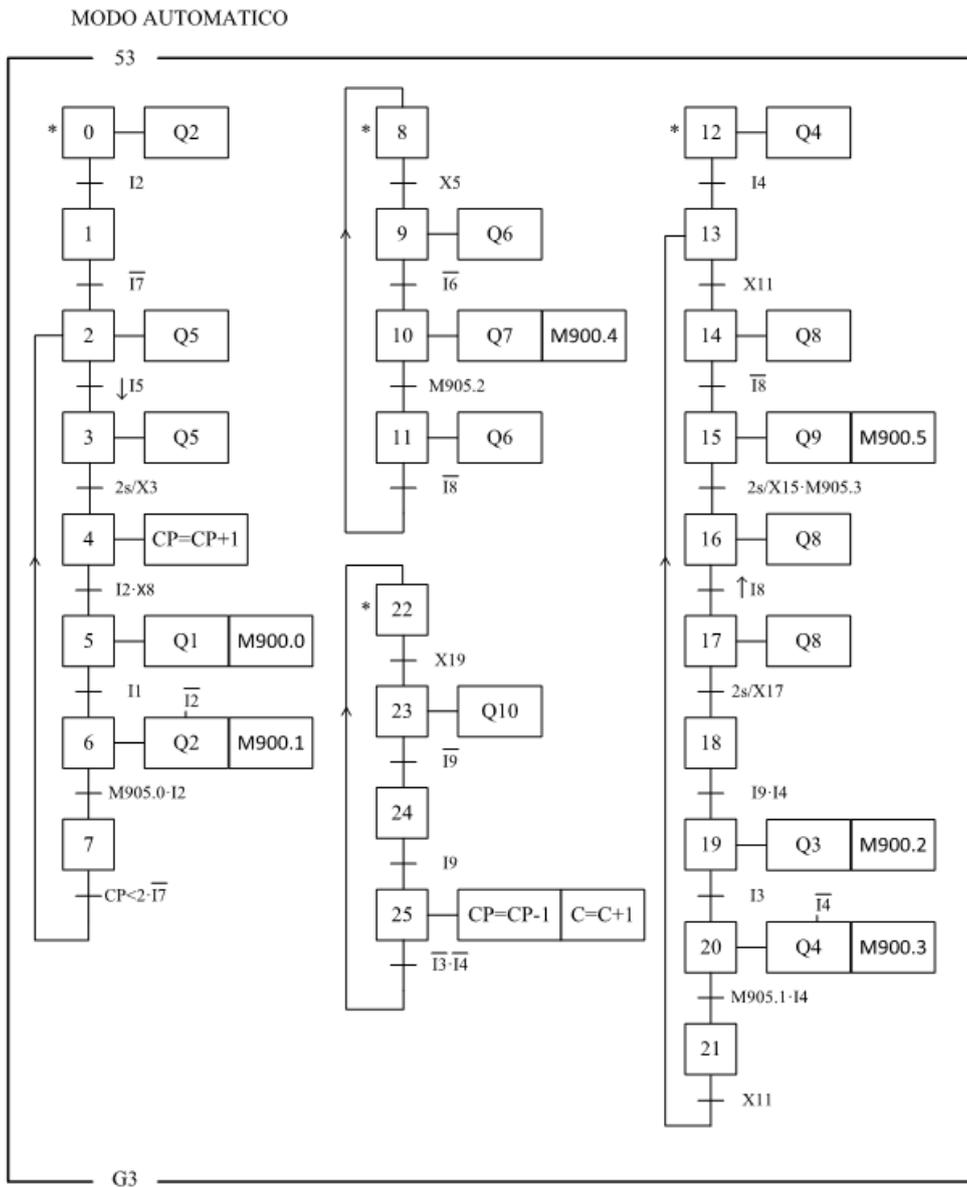


Fig. 19 Grafset automático línea (elaboración propia)

En el primer grafset las marcas M900.0 y M900.1 son las marcas de comunicación que el PLC1 envía al PLC2 para comunicar que el empujador 1 está saliendo y retrocediendo, tras ellas la marca M905.0 es la marca que este PLC recibe de los cilindros para confirmar que el cilindro central ha finalizado.

En el segundo grafset la marca M900.4 confirma al PLC2 que la fresadora está en marcha, la M905.2 enviada por los cilindros indica a la línea que el cilindro superior ha acabado sus operaciones.

En el tercer grafset se envía la marca M900.5 que indica a los cilindros que el taladrado está activo, tras eso recibe la marca M905.3 de que el cilindro inferior ha finalizado su operación.

Tras esto, se envía la marca M900.2 como confirmación de la salida del empujador 2 y la M900.3 de

retroceso del empujador 2. Para finalizar se recibe la marca M905.5 de los cilindros para confirmar que la pinza ha cerrado.

1.3.SETS

$$SET 50 = Firstscan + X51 * M905.4 * \overline{M400.0}$$

$$SET 51 = X50 * (\overline{M905.4} + M400.0)$$

$$SET 52 = firstscan + X53 * \overline{M400.1} + X54 * M400.1$$

$$SET 53 = X52 * M400.1$$

$$SET 54 = X52 * \overline{M400.1}$$

$$SET 0 = Firstscan$$

$$SET 1 = X0 * I2$$

$$SET 2 = X1 * \overline{I2} + X7 * [Cp < 2]$$

$$SET 3 = X2 * \downarrow I5$$

$$SET 4 = X3 * \frac{2s}{X3}$$

$$SET 5 = X4 * I2 * X8$$

$$SET 6 = X5 * I1$$

$$SET 7 = X6 * M905.0 * I2$$

$$SET 8 = Firstscan + X11 * \overline{I8}$$

$$SET 9 = X8 * X5$$

$$SET 10 = X9 * \overline{I6}$$

$$SET 11 = X10 * M905.2$$

$$SET 12 = firstscan$$

$$SET 13 = X12 * I4 + X21 * X11$$

$$SET 14 = X13 * X11$$

$$SET 15 = X14 * \overline{I8}$$

$$SET 16 = X15 * \left(\frac{2s}{X15} * M905.3 \right)$$

$$SET 17 = X16 * \uparrow I8$$

$$SET 18 = X17 * \frac{2s}{X17}$$

$$SET 19 = X8 * I9 * I4$$

$$SET 20 = X19 * I3$$

$$\begin{aligned}
 SET\ 21 &= X20 * M905.1 * I4 \\
 SET\ 22 &= Firstscan + X25 * \bar{I3} * \bar{I4} \\
 SET\ 23 &= X22 * X19 \\
 SET\ 24 &= X23 * \bar{I9} \\
 SET\ 25 &= X24 * I9 \\
 SET\ 26 &= X27 * \overline{M401.1} \\
 SET\ 27 &= X26 * M401.1 \\
 SET\ 28 &= X29 * \overline{M401.2} \\
 SET\ 29 &= X28 * M401.2 \\
 SET\ 30 &= X31 * \overline{M401.3} \\
 SET\ 31 &= X30 * M401.3 \\
 SET\ 32 &= X33 * \overline{M401.4} \\
 SET\ 33 &= X32 * M401.4 \\
 SET\ 34 &= X35 * \overline{M401.5} \\
 SET\ 35 &= X34 * M401.5 \\
 SET\ 36 &= X37 * \overline{M401.6} \\
 SET\ 37 &= X36 * M401.6 \\
 SET\ 38 &= X39 * \overline{M401.7} \\
 SET\ 39 &= X38 * M401.7 \\
 SET\ 40 &= X41 * \overline{M402.0} \\
 SET\ 41 &= X40 * M402.0 \\
 SET\ 42 &= X43 * \overline{M402.1} \\
 SET\ 43 &= X42 * M402.1 \\
 SET\ 44 &= X45 * \overline{M402.2} \\
 SET\ 45 &= X44 * M402.2
 \end{aligned}$$

1.4. ETAPAS

$$\begin{aligned}
 X50 &= SET50 + X50 * \overline{SET51} \\
 X51 &= SET51 + X51 * \overline{SET50} \\
 X52 &= (SET52 + X52 * \overline{SET53} * \overline{SET54}) * X50 + \uparrow X50 \\
 X53 &= (SET53 + X53 * \overline{SET52}) * X50 \\
 X54 &= (SET54 + X54 * \overline{SET52}) * X50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X0 &= (SET0 + X0 * \overline{SET1}) * X53 + \uparrow X53 \\X1 &= (SET1 + X1 * \overline{SET2}) * X53 \\X2 &= (SET2 + X2 * \overline{SET3}) * X53 \\X3 &= (SET3 + X3 * \overline{SET4}) * X53 \\X4 &= (SET4 + X4 * \overline{SET5}) * X53 \\X5 &= (SET5 + X5 * \overline{SET6}) * X53 \\X6 &= (SET6 + X6 * \overline{SET7}) * X53 \\X7 &= (SET7 + X7 * \overline{SET2}) * X53 \\X8 &= (SET8 + X8 * \overline{SET9}) * \uparrow X53 \\X9 &= (SET9 + X9 * \overline{SET10}) * X53 \\X10 &= (SET10 + X10 * \overline{SET11}) * X53 \\X11 &= (SET11 + X11 * \overline{SET8}) * X53 \\X12 &= (SET12 + X12 * \overline{SET13}) * X53 + \uparrow X53 \\X13 &= (SET13 + X13 * \overline{SET14}) * X53 \\X14 &= (SET14 + X14 * \overline{SET15}) * X53 \\X15 &= (SET15 + X15 * \overline{SET16}) * X53 \\X16 &= (SET16 + X16 * \overline{SET17}) * X53 \\X17 &= (SET17 + X17 * \overline{SET18}) * X53 \\X18 &= (SET18 + X18 * \overline{SET19}) * X53 \\X19 &= (SET19 + X19 * \overline{SET20}) * X53 \\X20 &= (SET20 + X20 * \overline{SET21}) * X53 \\X21 &= (SET21 + X21 * \overline{SET13}) * X53 \\X22 &= (SET22 + X22 * \overline{SET23}) * X53 + \uparrow X53 \\X23 &= (SET23 + X23 * \overline{SET24}) * X53 \\X24 &= (SET24 + X24 * \overline{SET25}) * X53 \\X25 &= (SET25 + X25 * \overline{SET22}) * X53 \\X26 &= (SET26 + X26 * \overline{SET27}) * X54 + \uparrow X54 \\X27 &= (SET27 + X27 * \overline{SET26}) * X54 \\X28 &= (SET28 + X28 * \overline{SET29}) * X54 + \uparrow X54 \\X29 &= (SET29 + X29 * \overline{SET28}) * X54 \\X30 &= (SET30 + X30 * \overline{SET31}) * X54 + \uparrow X54 \\X31 &= (SET31 + X31 * \overline{SET30}) * X54\end{aligned}$$

$$X32 = (SET32 + X32 * \overline{SET33}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X33 = (SET33 + X33 * \overline{SET32}) * X54$$

$$X34 = (SET34 + X34 * \overline{SET35}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X35 = (SET35 + X35 * \overline{SET34}) * X54$$

$$X36 = (SET36 + X36 * \overline{SET37}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X37 = (SET37 + X37 * \overline{SET36}) * X54$$

$$X38 = (SET38 + X38 * \overline{SET39}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X39 = (SET39 + X39 * \overline{SET38}) * X54$$

$$X40 = (SET40 + X40 * \overline{SET41}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X41 = (SET41 + X41 * \overline{SET40}) * X54$$

$$X42 = (SET42 + X42 * \overline{SET43}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X43 = (SET43 + X43 * \overline{SET42}) * X54$$

$$X44 = (SET44 + X44 * \overline{SET45}) * X54 + \uparrow X54$$

$$X45 = (SET45 + X45 * \overline{SET44}) * X54$$

1.5.ACCIONES

$$LUZ PARO HMI = X51$$

$$EMPUJADOR 1 ADELANTE = X5 + X39 * \bar{I1}$$

$$EMPUJADOR 1 ATRÁS = (X6 + X41) * \bar{I2} + X0$$

$$EMPUJADOR 2 ADELANTE = X19 + X43 * \bar{I3}$$

$$EMPUJADOR 2 ATRÁS = (X20 + X45) * \bar{I4} + X12$$

$$CINTA ALIMENTACIÓN = X2 + X3 + X27$$

$$CINTA FRESADORA = X9 + X11 + X29$$

$$MOTOR FRESADORA = X10 + X35$$

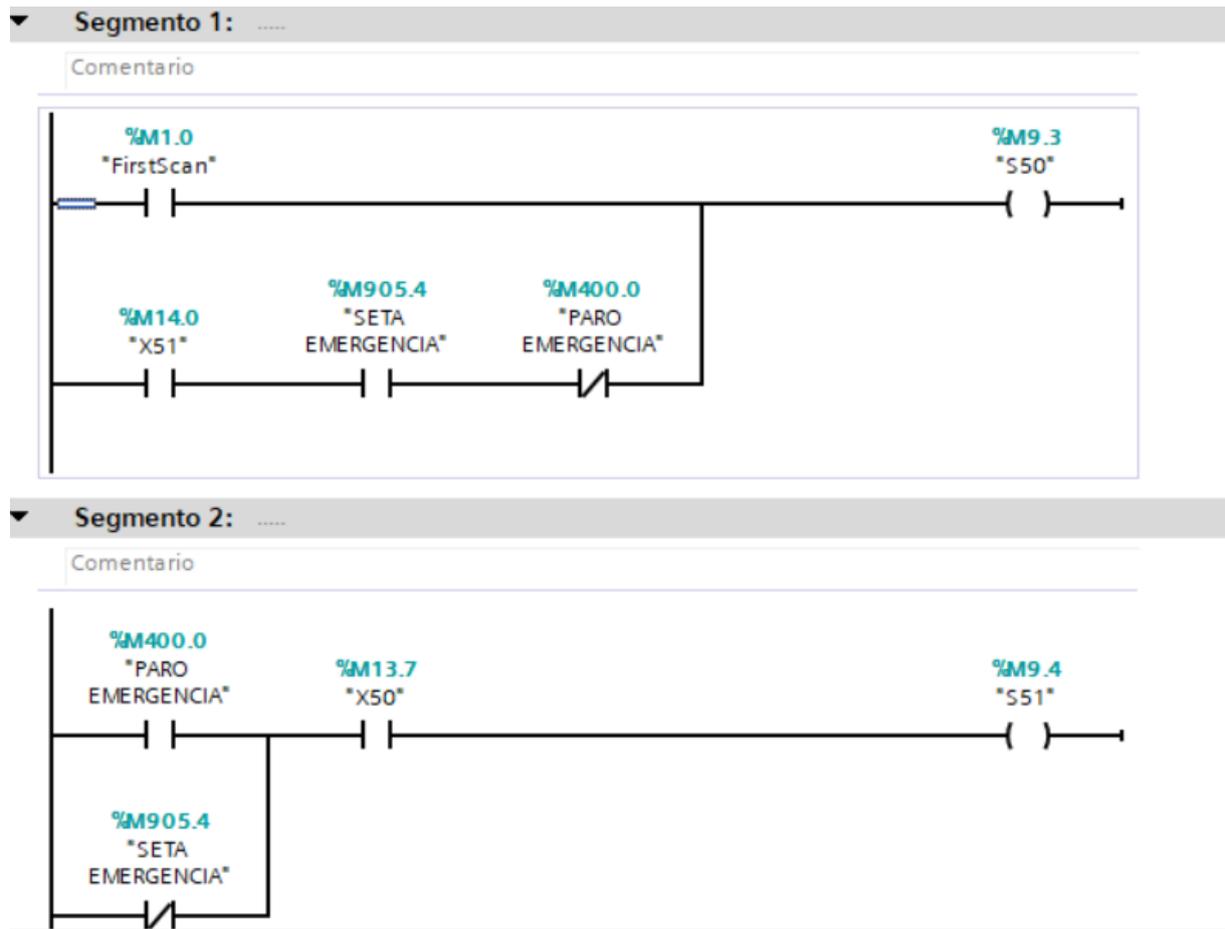
$$CINTA TALADRADORA = X14 + X16 + X17 + X31$$

$$MOTOR TALADRADORA = X15 + X37$$

$$CINTA SALIDA = X23 + X33$$

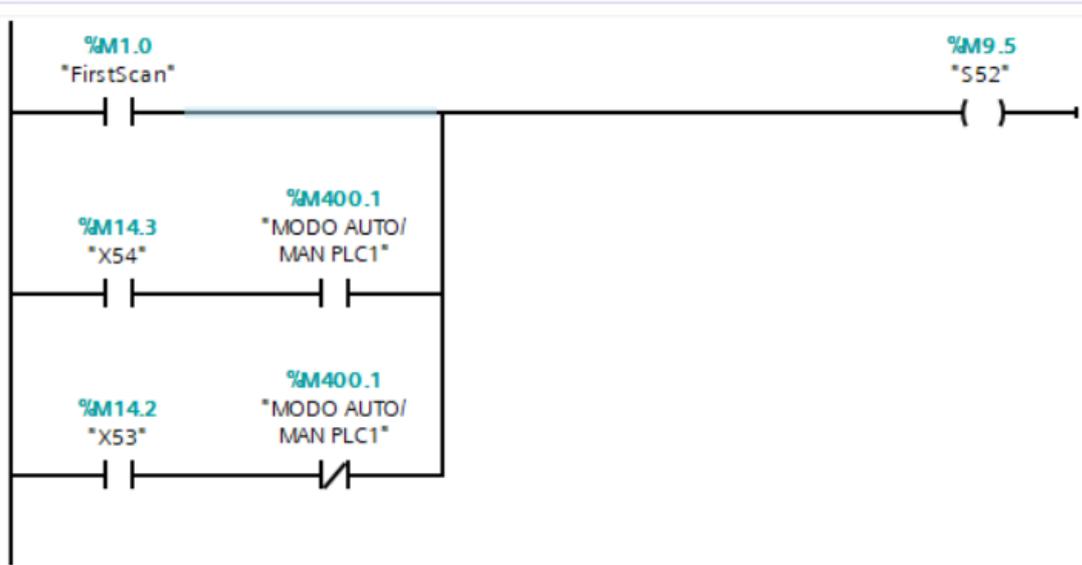
COMIENZO EMPUJADOR 1 = X5
FIN EMPUJADOR 1 = X6
FRESADO ACTIVO = X10
TALADRADO ACTIVO = X15
COMIENZO EMPUJADOR 2 = X19
FIN EMPUJADOR 2 = X20
CONTADOR PERMISIVO + 1 = X4
CONTADOR PERMISIVO - 1 = X25
RESET CONTADRO PERMISIVO = X0
CONTADOR PIEZAS + 1 = X25

1.6. LENGUAJE KOP LÍNEA INDEXADA



▼ **Segmento 3:**

Comentario



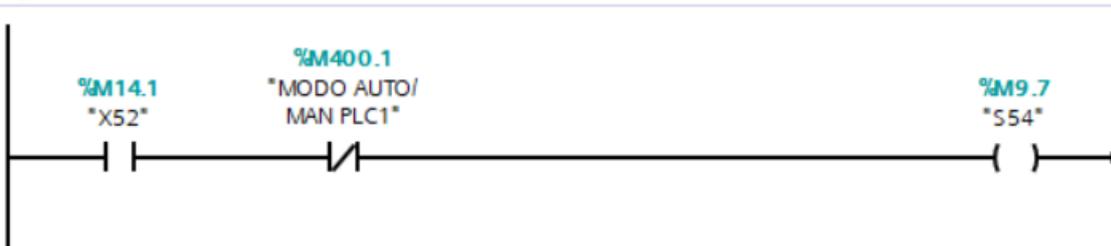
▼ **Segmento 4:** MODO AUTOMÁTICO

Comentario



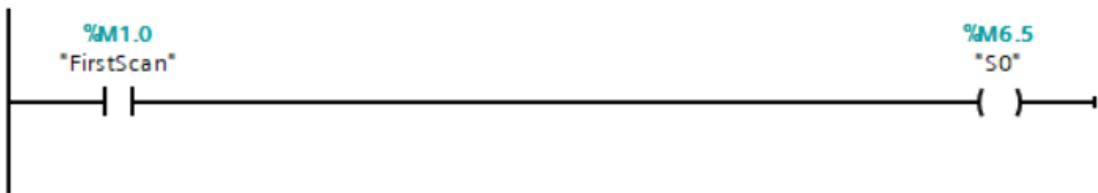
▼ **Segmento 5:** MODO MANUAL

Comentario



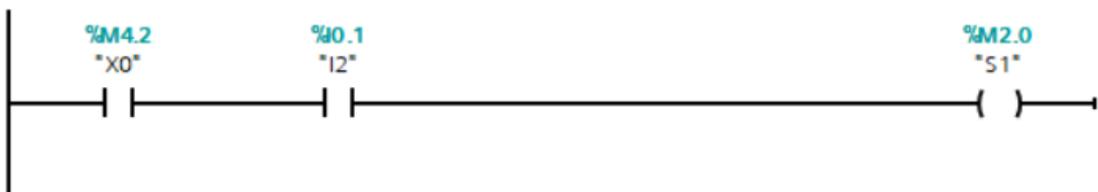
▼ Segmento 6:

Comentario



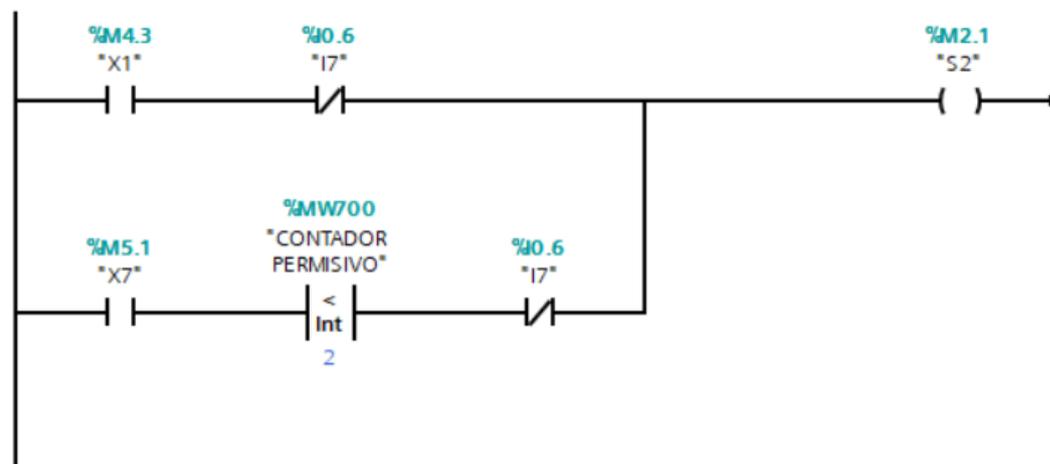
▼ Segmento 7:

Comentario



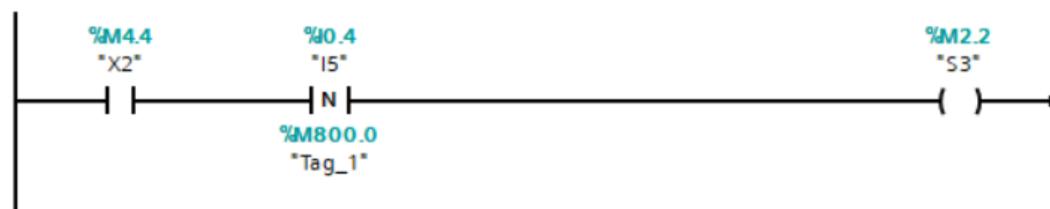
▼ Segmento 8:

Comentario



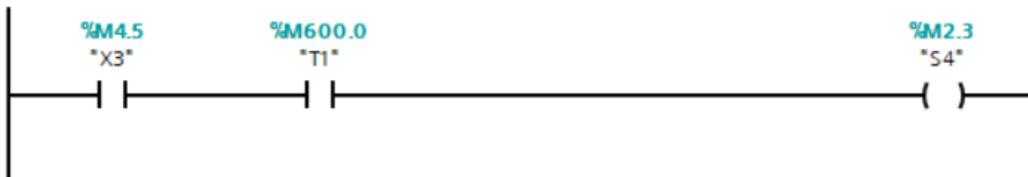
▼ Segmento 9:

Comentario



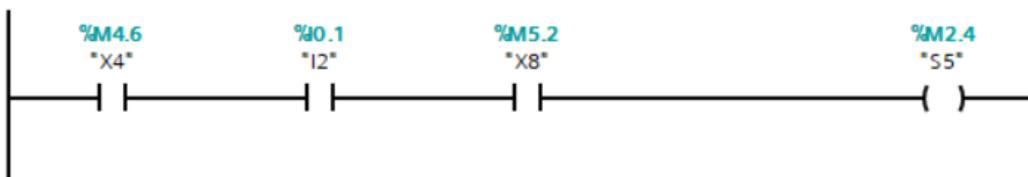
▼ Segmento 10:

Comentario



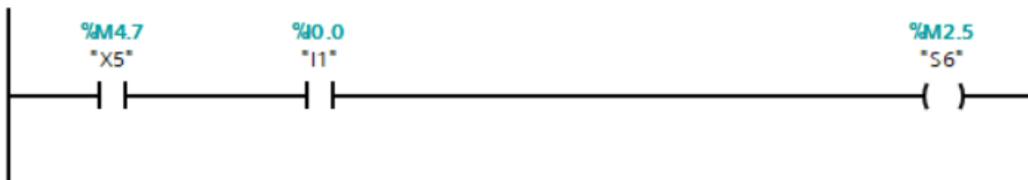
▼ Segmento 11:

Comentario



▼ Segmento 12:

Comentario



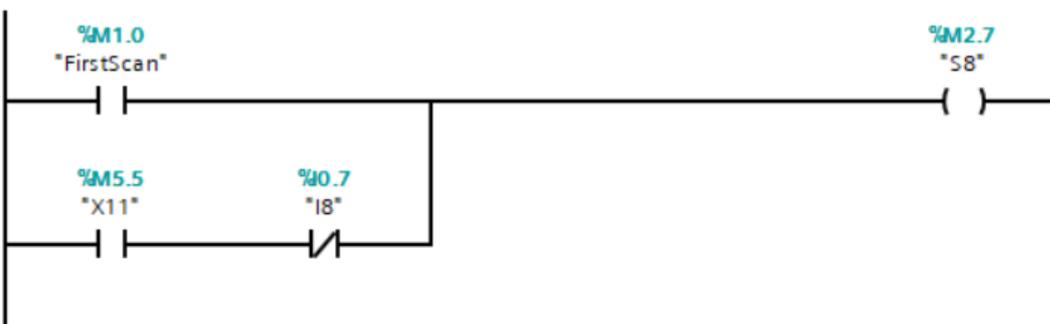
▼ Segmento 13:

Comentario



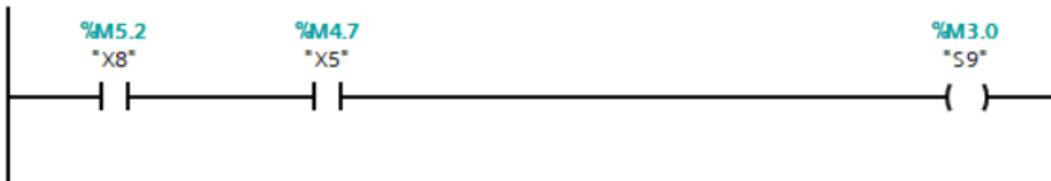
▼ Segmento 14:

Comentario



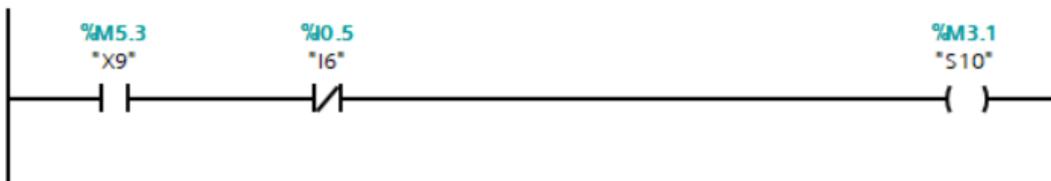
▼ **Segmento 15:**

Comentario



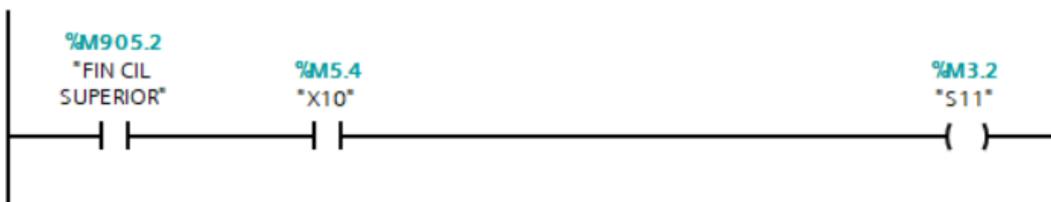
▼ **Segmento 16:**

Comentario



▼ **Segmento 17:**

Comentario



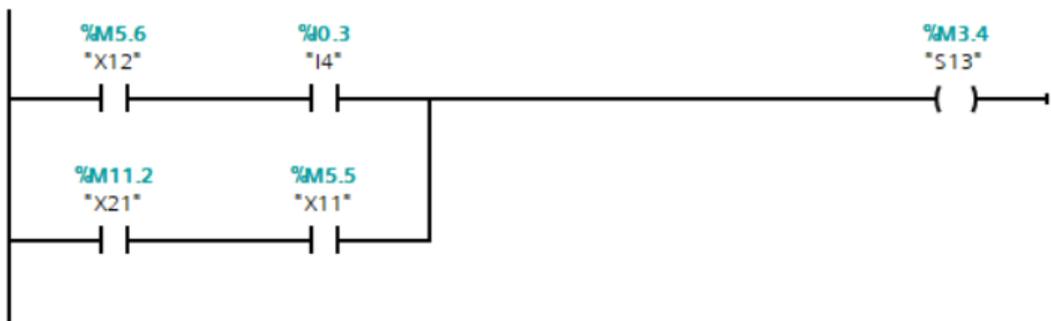
▼ **Segmento 18:**

Comentario



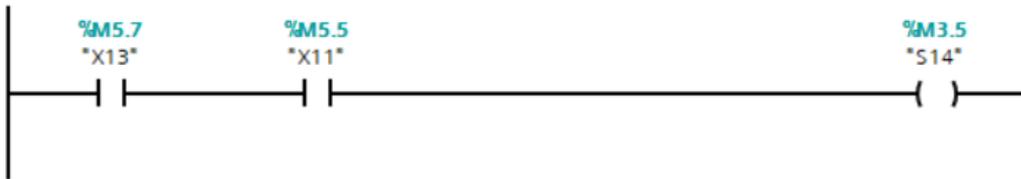
▼ **Segmento 19:**

Comentario



▼ Segmento 20:

Comentario



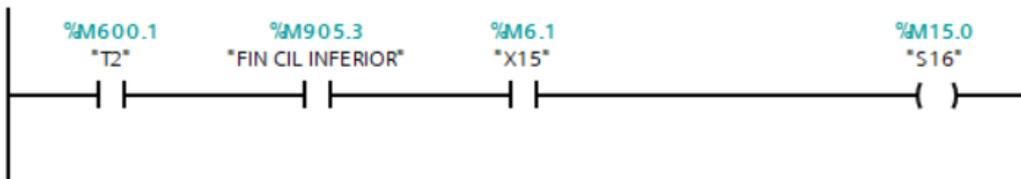
▼ Segmento 21:

Comentario



▼ Segmento 22:

Comentario



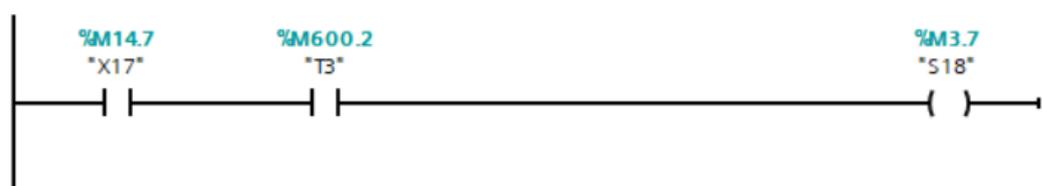
▼ Segmento 23:

Comentario



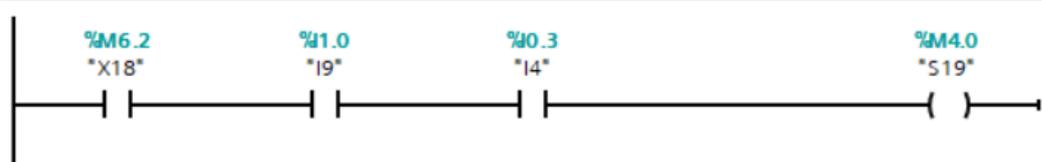
▼ Segmento 24:

Comentario



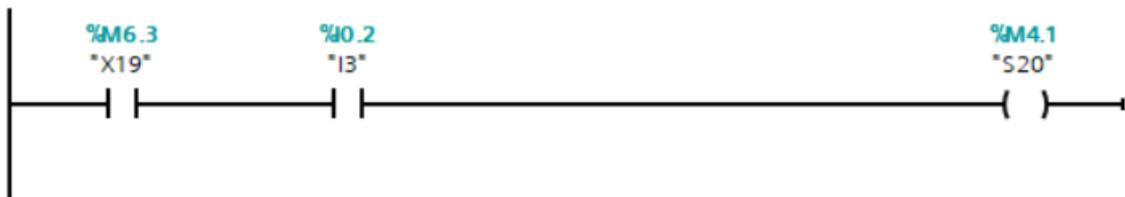
▼ Segmento 25:

Comentario



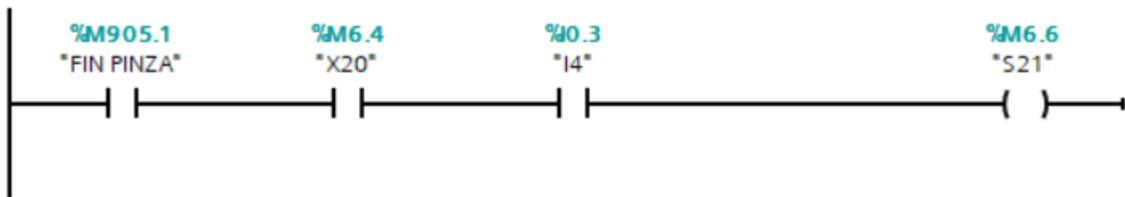
▼ Segmento 26:

Comentario



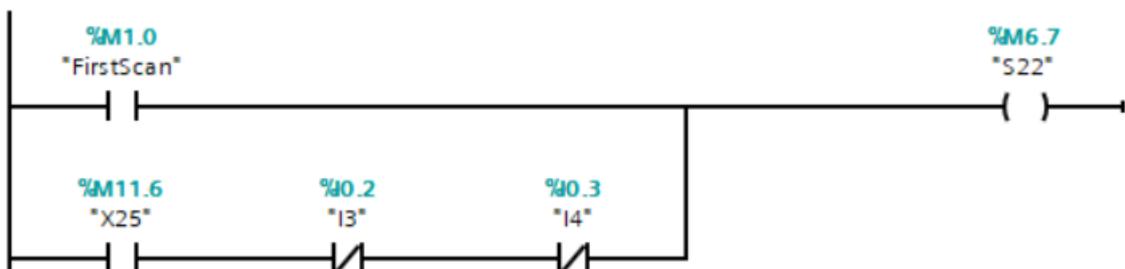
▼ Segmento 27:

Comentario



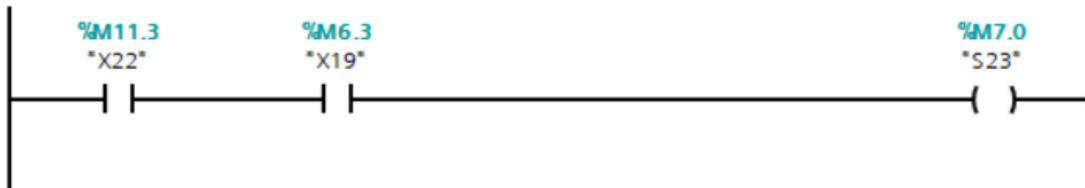
▼ Segmento 28:

Comentario



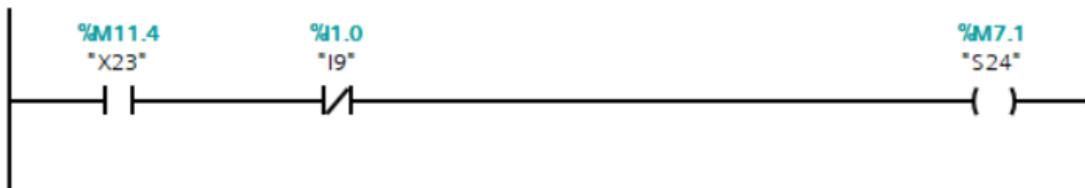
▼ Segmento 29:

Comentario



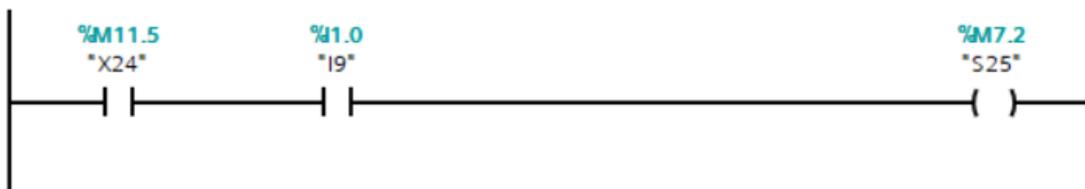
▼ Segmento 30:

Comentario



▼ Segmento 31:

Comentario



▼ Segmento 32:

Comentario



▼ Segmento 33:

Comentario



▼ Segmento 34:

Comentario



▼ Segmento 35:

Comentario



▼ Segmento 36:

Comentario



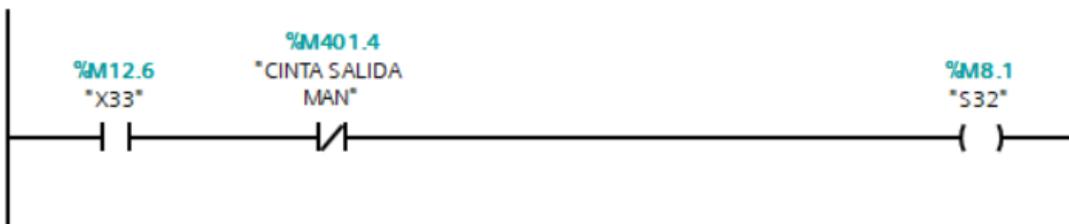
▼ Segmento 37:

Comentario



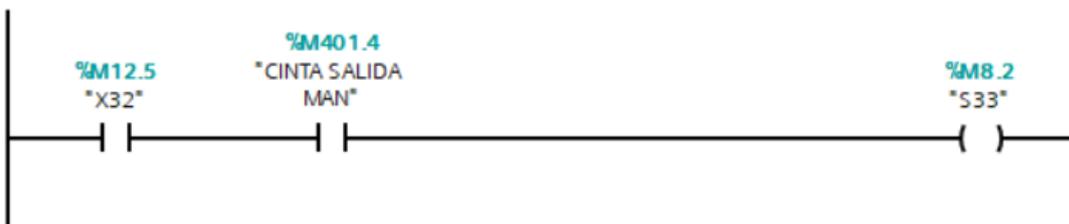
▼ Segmento 38:

Comentario



▼ Segmento 39:

Comentario



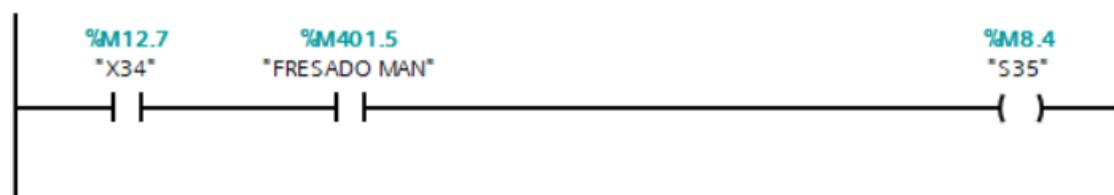
▼ Segmento 40:

Comentario



▼ Segmento 41:

Comentario



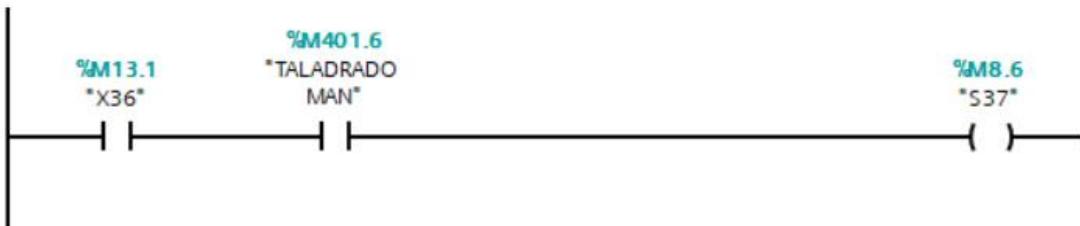
▼ Segmento 42:

Comentario



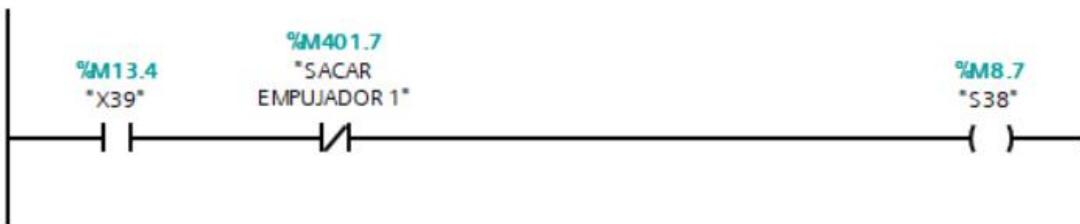
▼ Segmento 43:

Comentario



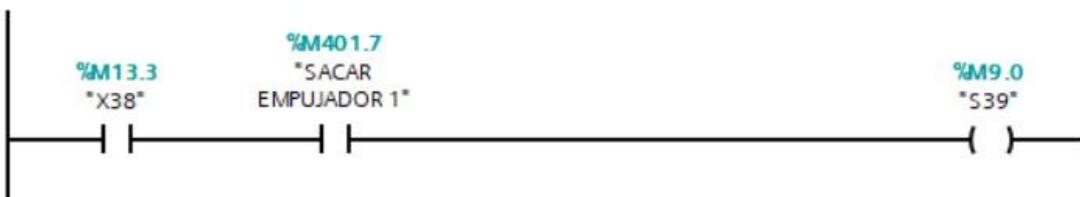
▼ Segmento 44:

Comentario



▼ Segmento 45:

Comentario



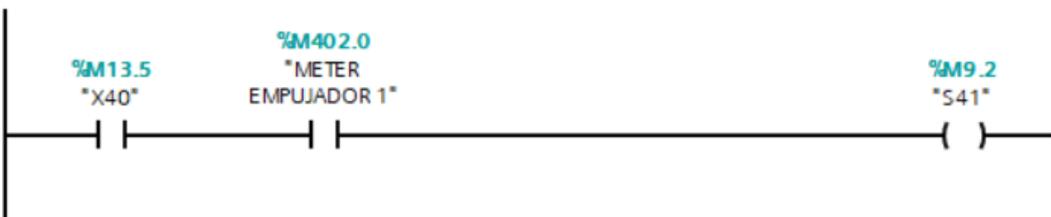
▼ Segmento 46:

Comentario



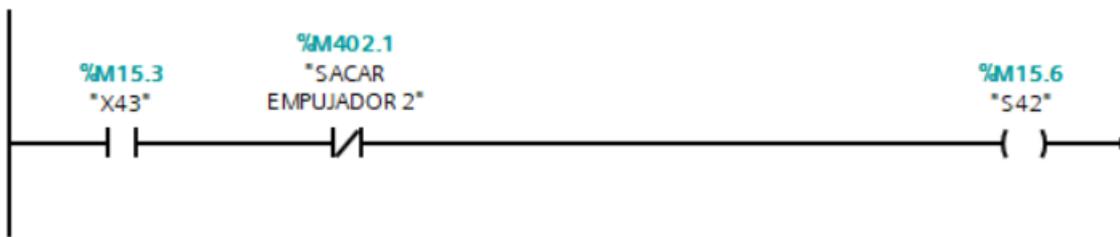
▼ Segmento 47:

Comentario



▼ Segmento 48:

Comentario



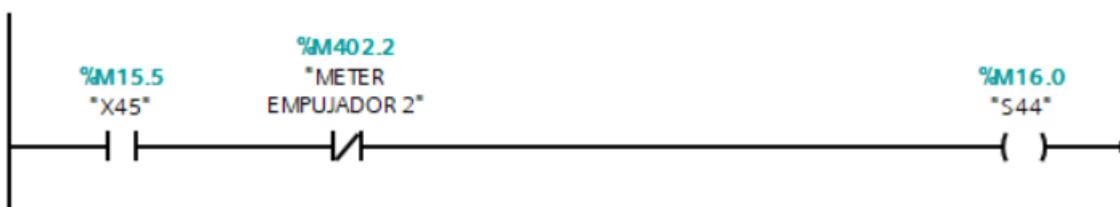
▼ Segmento 49:

Comentario



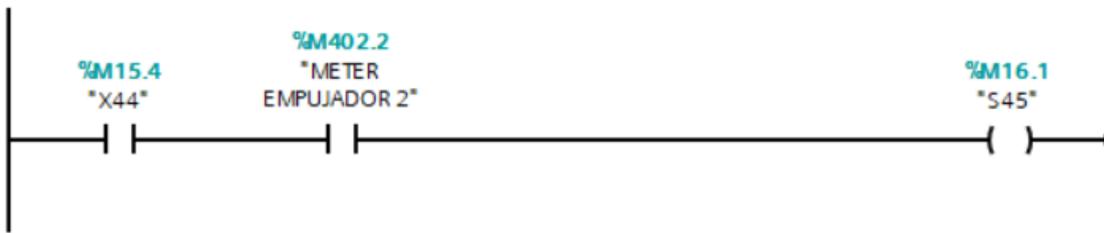
▼ Segmento 50:

Comentario



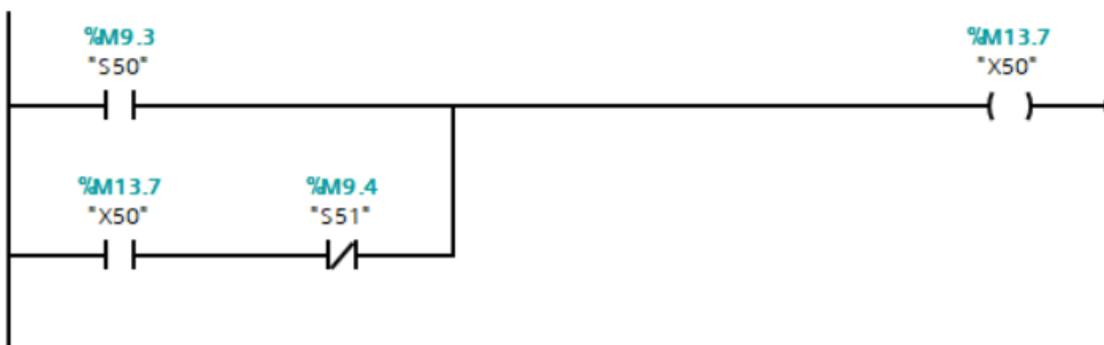
▼ Segmento 51:

Comentario



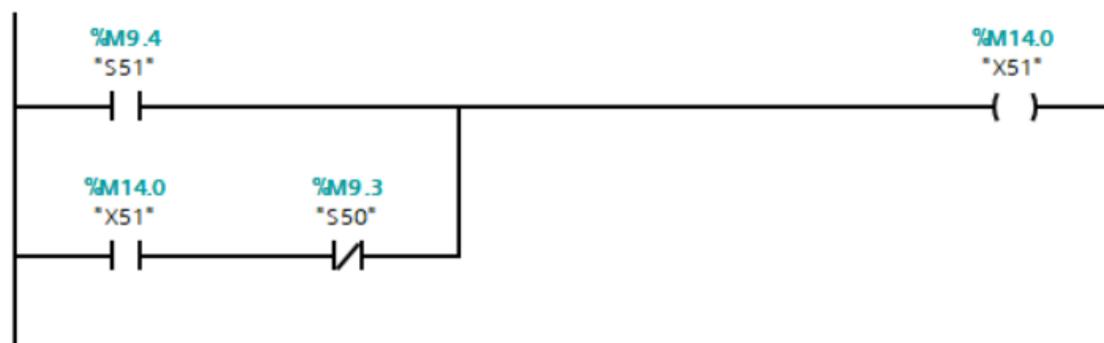
▼ Segmento 52:

Comentario



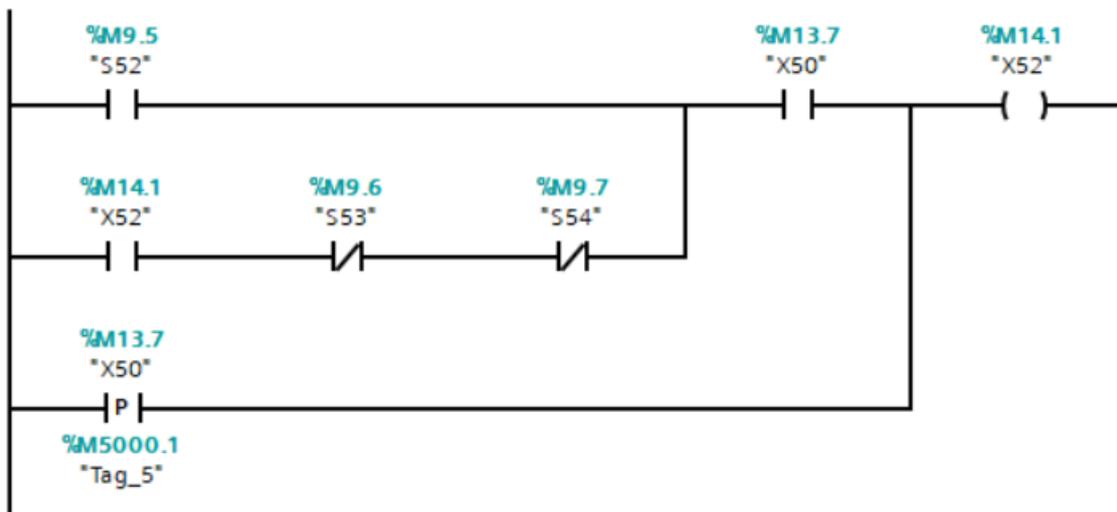
▼ Segmento 53:

Comentario



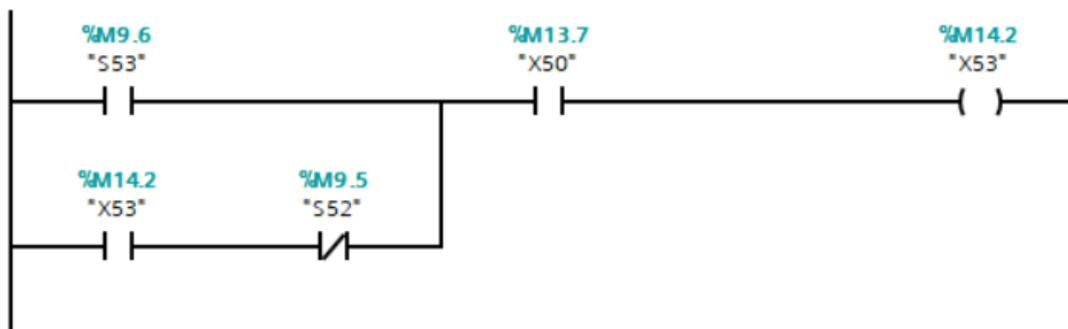
▼ Segmento 54:

Comentario



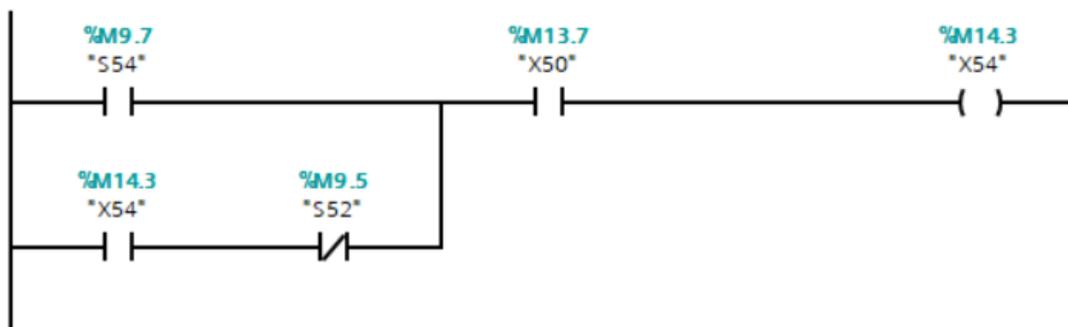
▼ Segmento 55:

Comentario



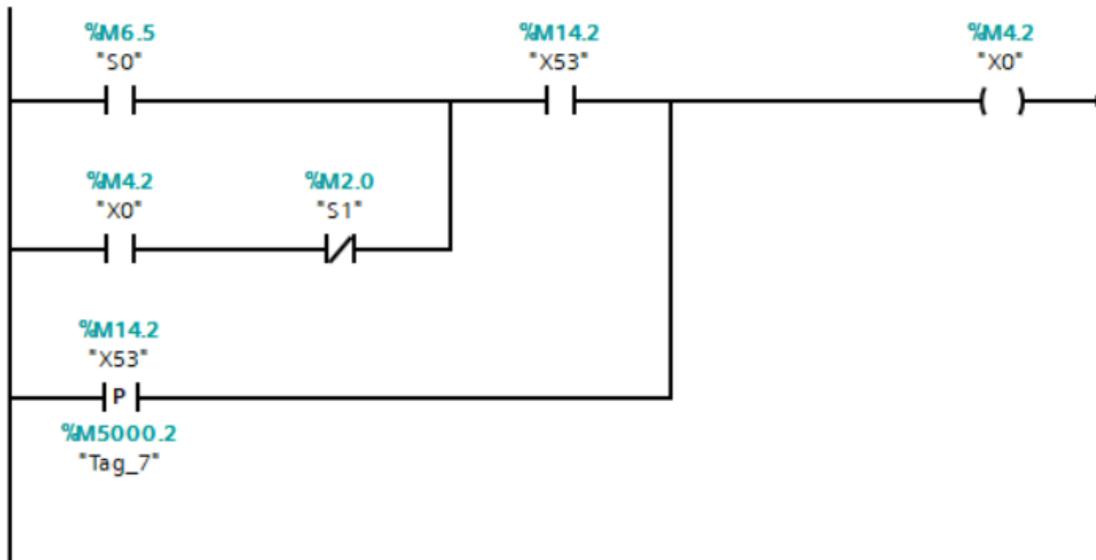
▼ Segmento 56:

Comentario



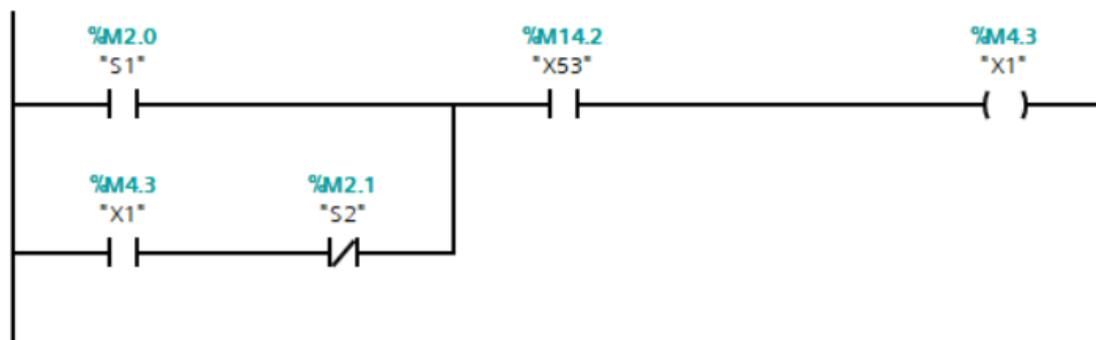
▼ Segmento 57:

Comentario



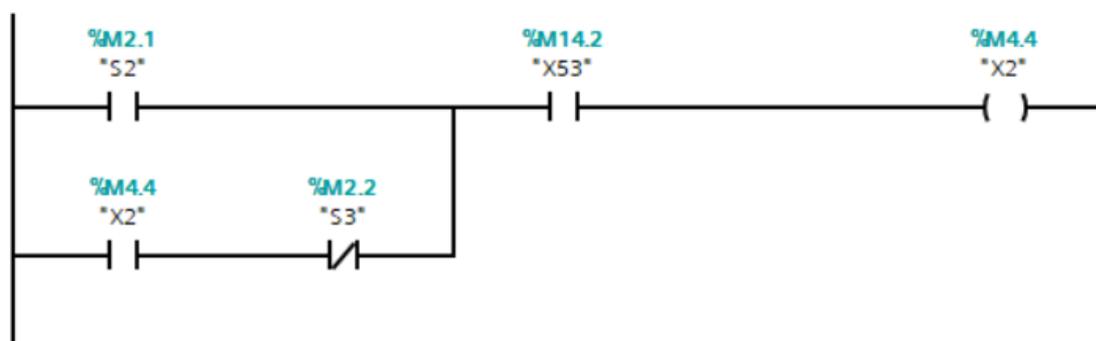
▼ Segmento 58:

Comentario



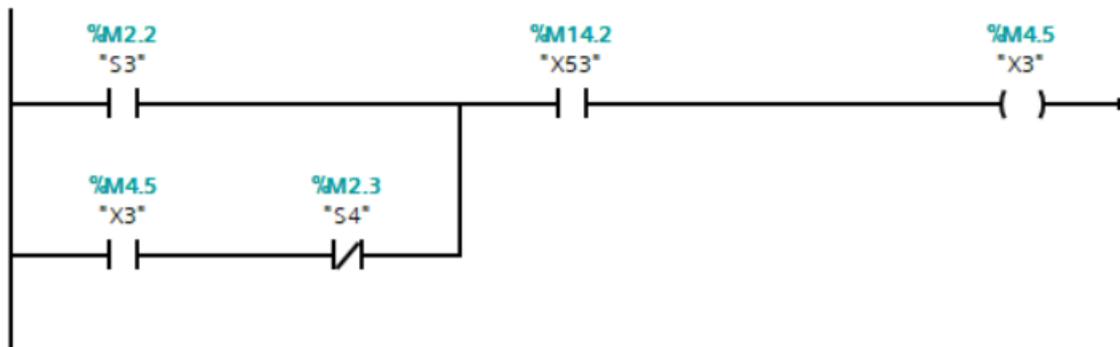
▼ Segmento 59:

Comentario



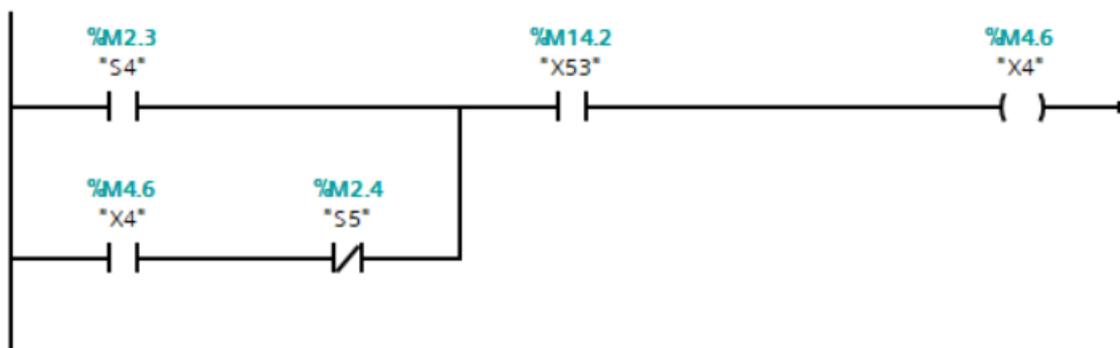
▼ Segmento 60:

Comentario



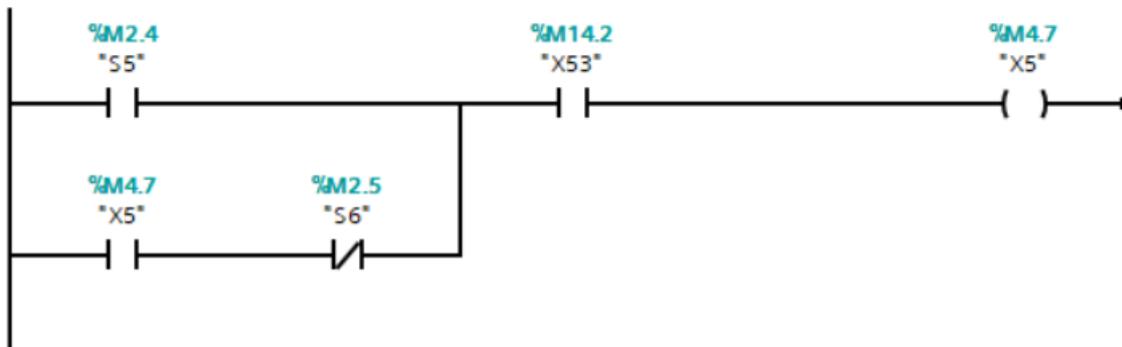
▼ Segmento 61:

Comentario



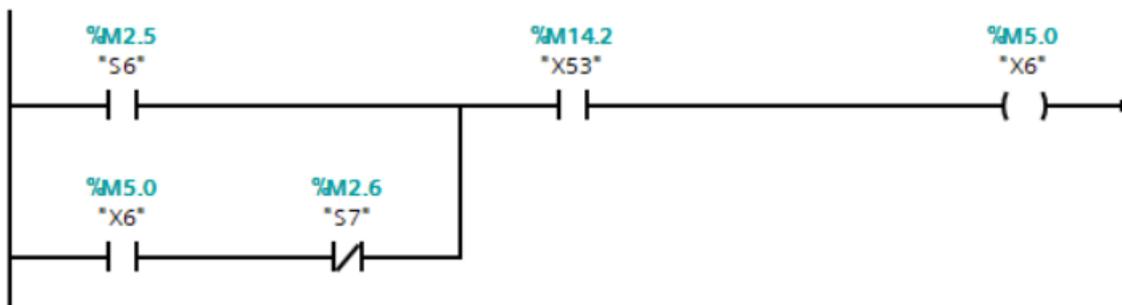
▼ **Segmento 62:**

Comentario



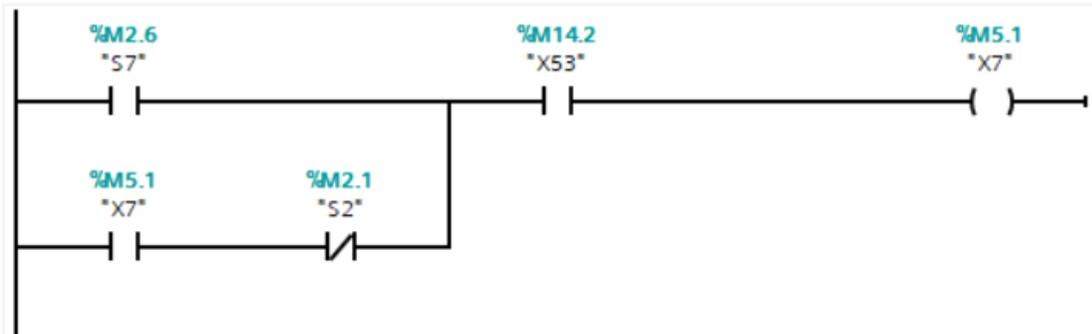
▼ **Segmento 63:**

Comentario



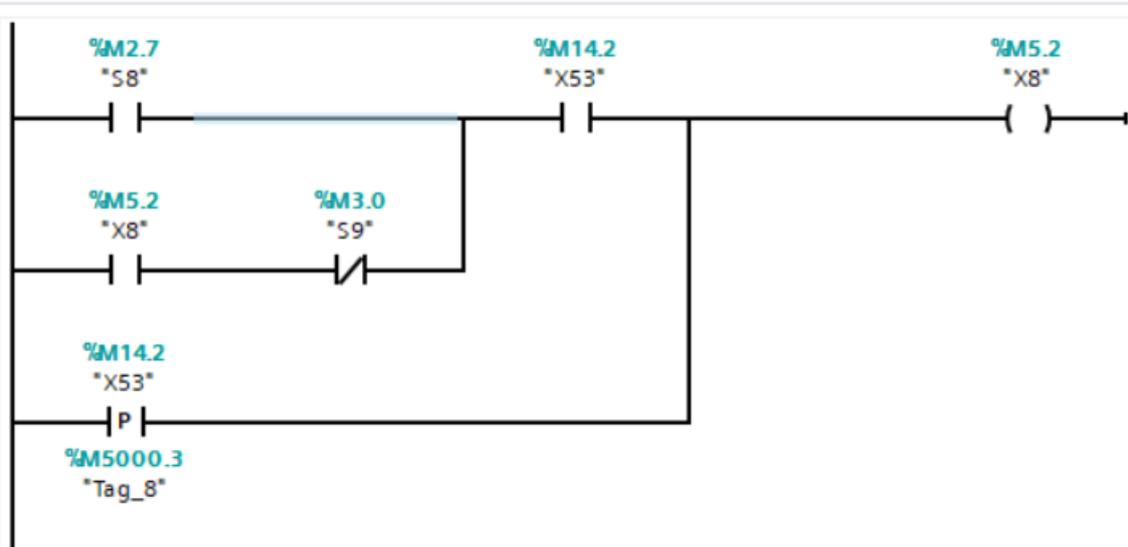
▼ **Segmento 64:**

Comentario



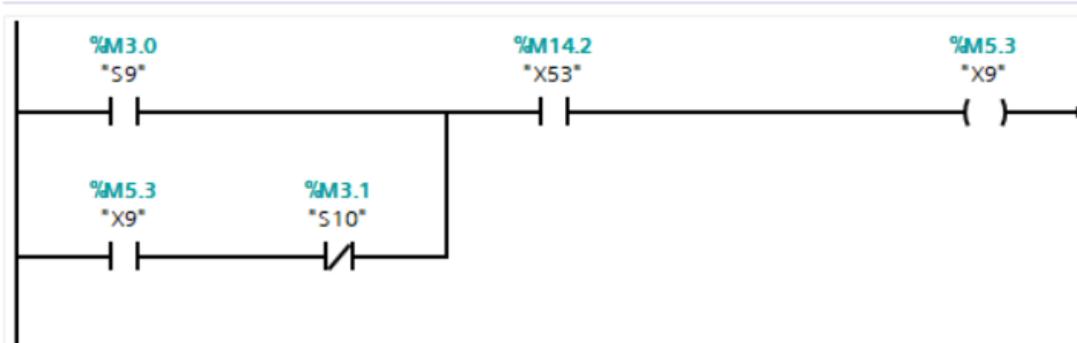
▼ Segmento 65:

Comentario



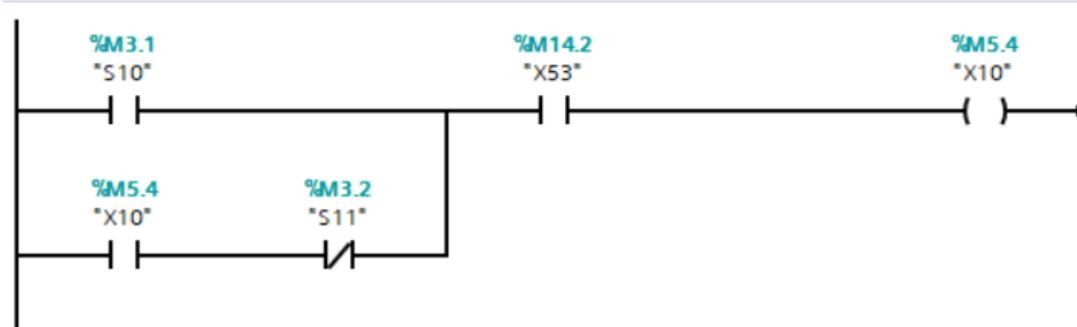
▼ Segmento 66:

Comentario



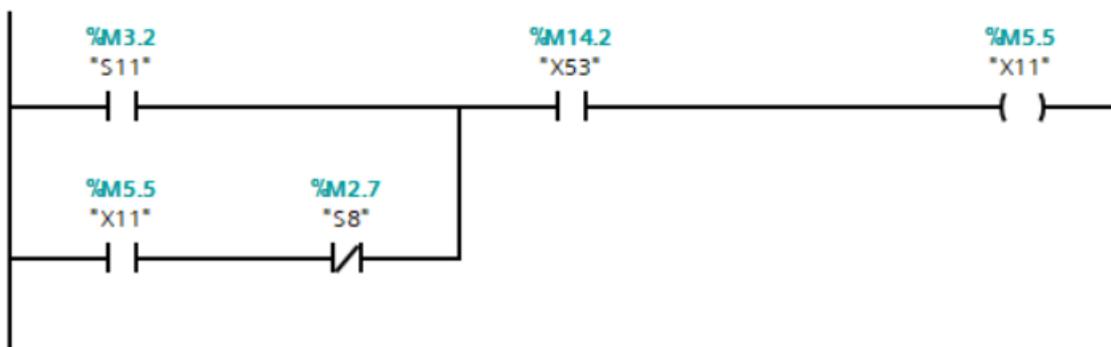
▼ Segmento 67:

Comentario



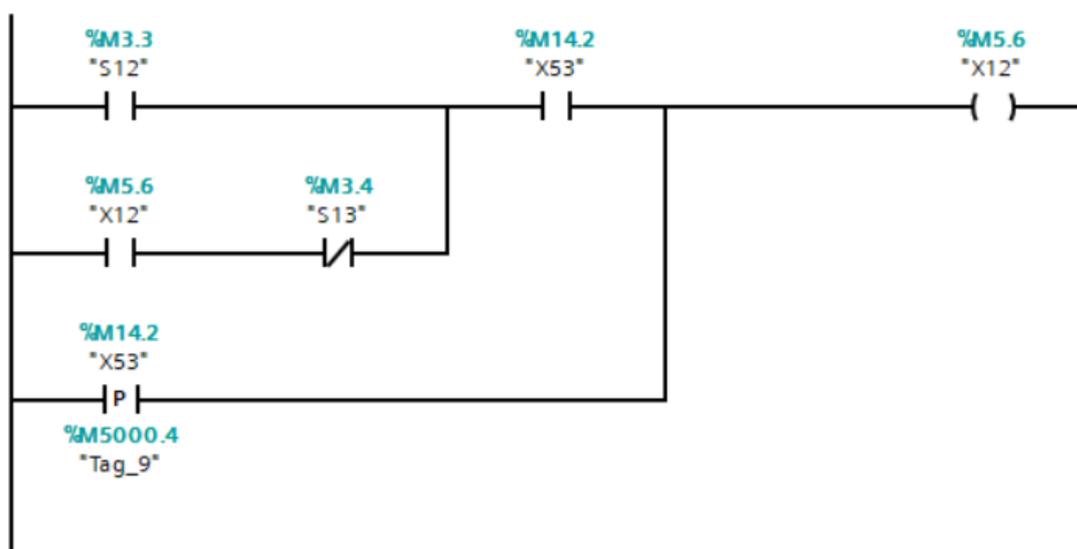
▼ **Segmento 68:**

Comentario



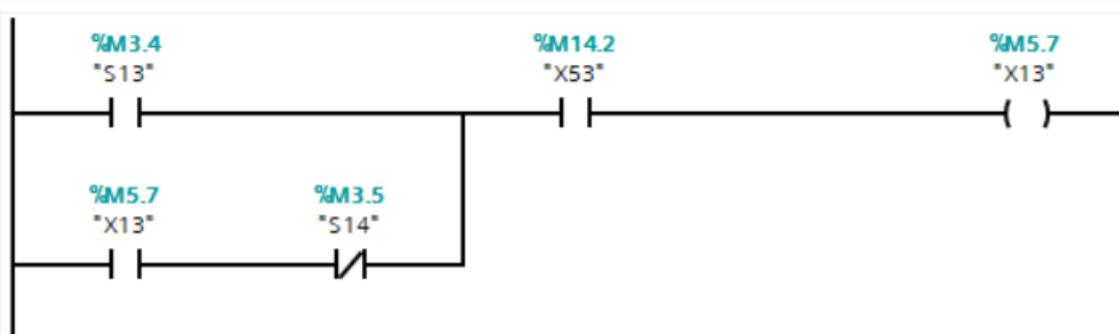
▼ **Segmento 69:**

Comentario



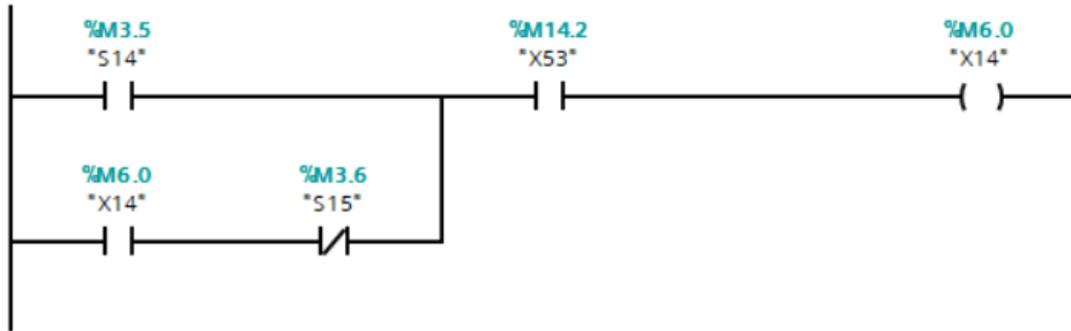
▼ **Segmento 70:**

Comentario



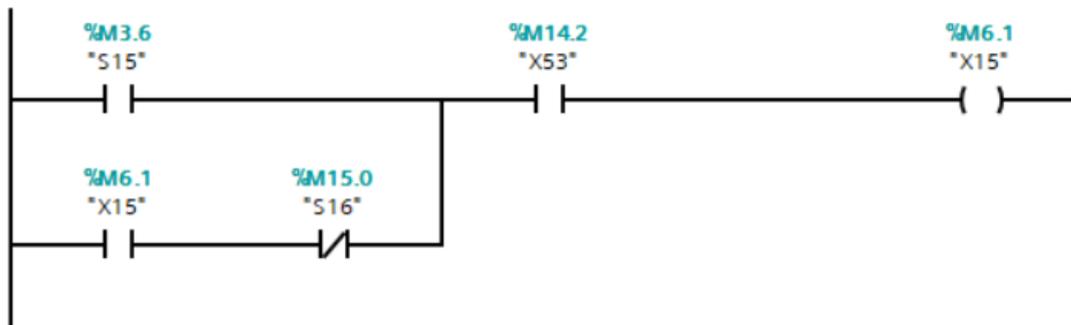
▼ Segmento 71:

Comentario



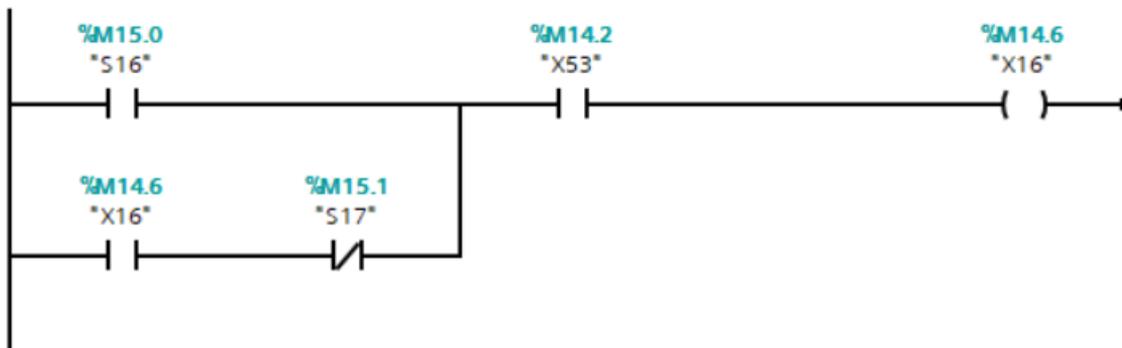
▼ Segmento 72:

Comentario



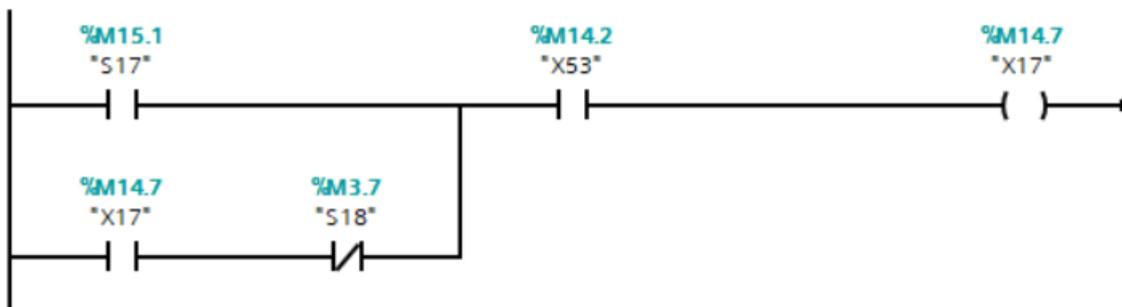
▼ Segmento 73:

Comentario



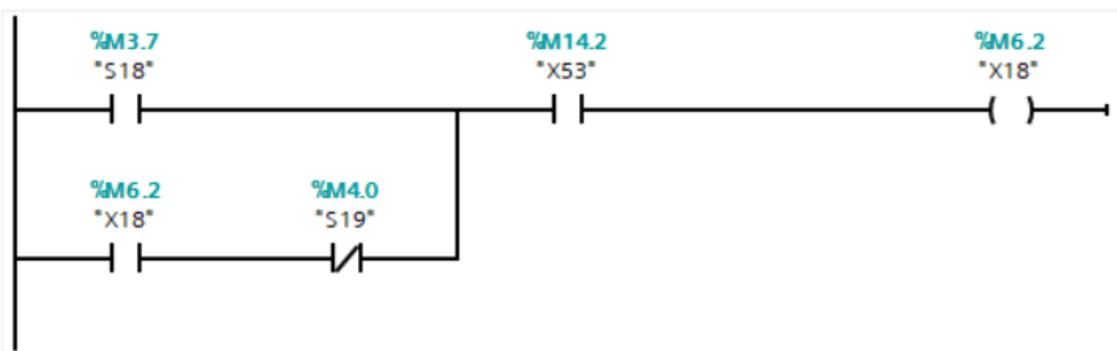
▼ Segmento 74:

Comentario



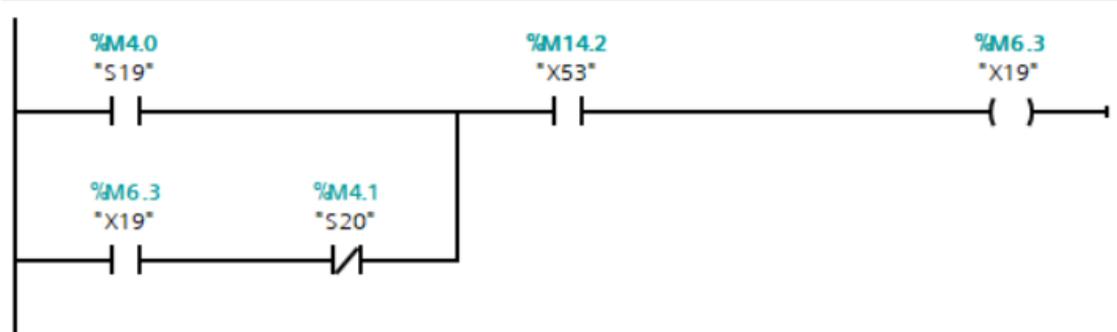
▼ Segmento 75:

Comentario



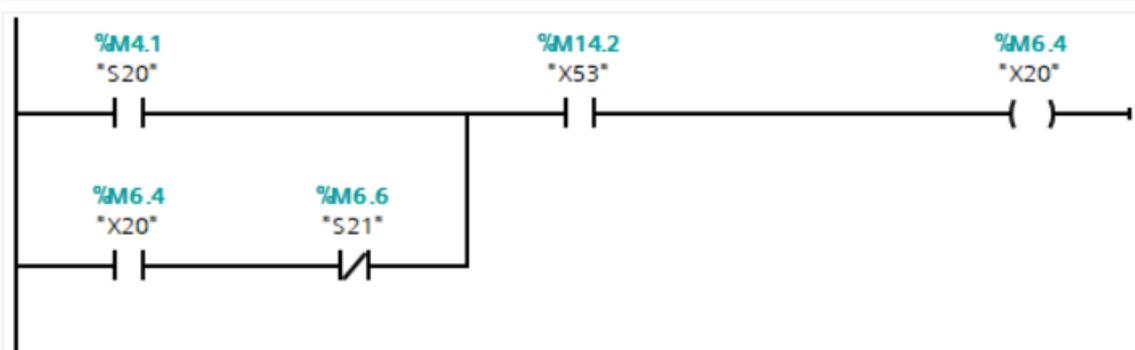
▼ Segmento 76:

Comentario



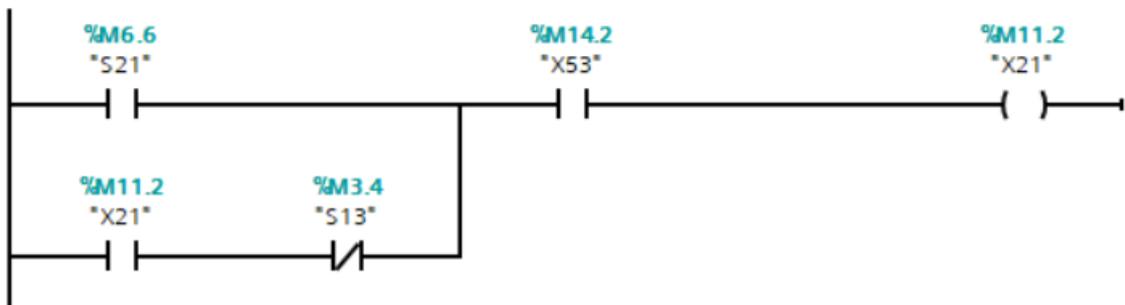
▼ Segmento 77:

Comentario



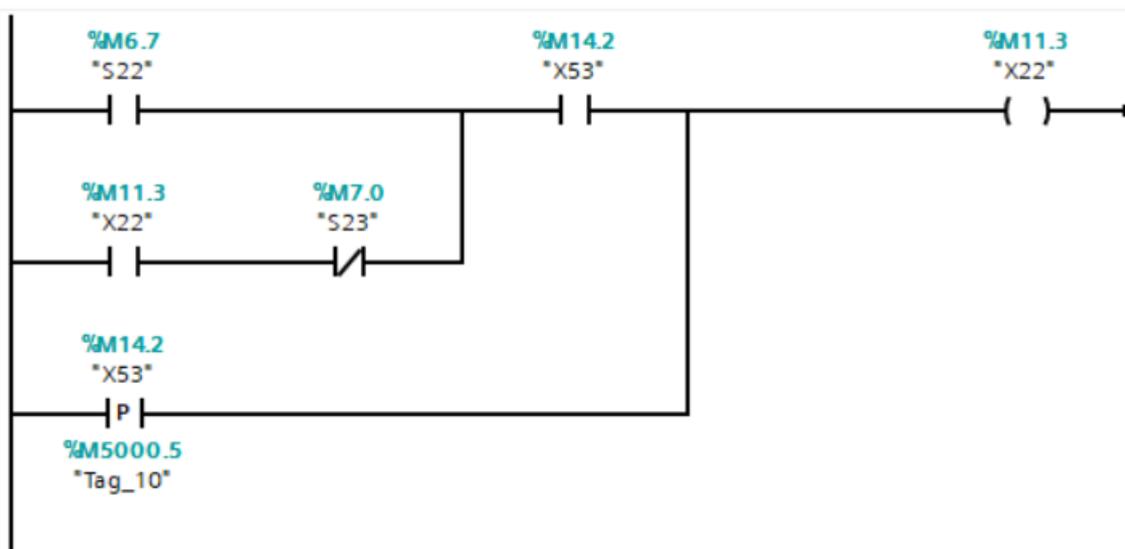
▼ Segmento 78:

Comentario



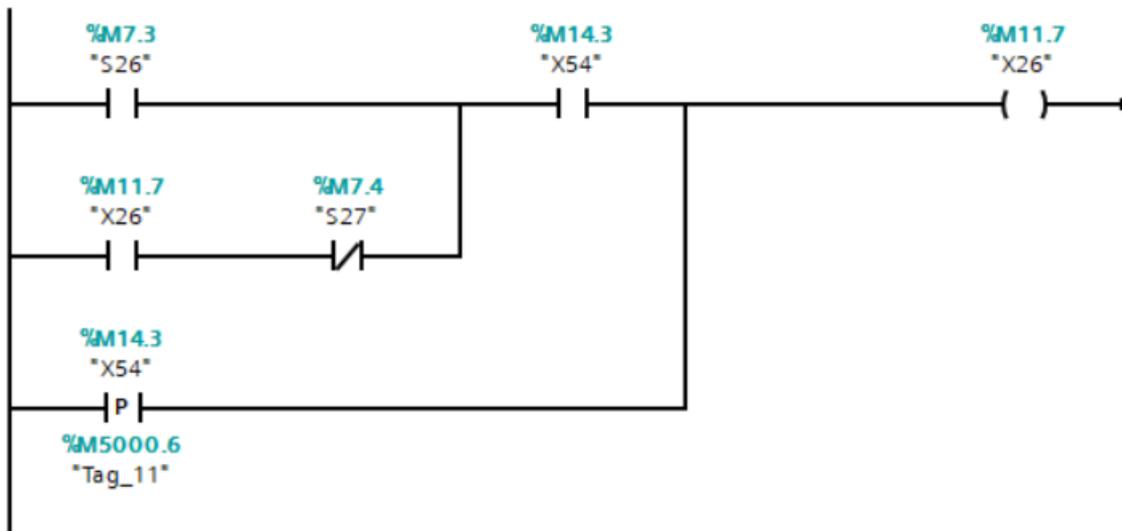
▼ Segmento 79:

Comentario



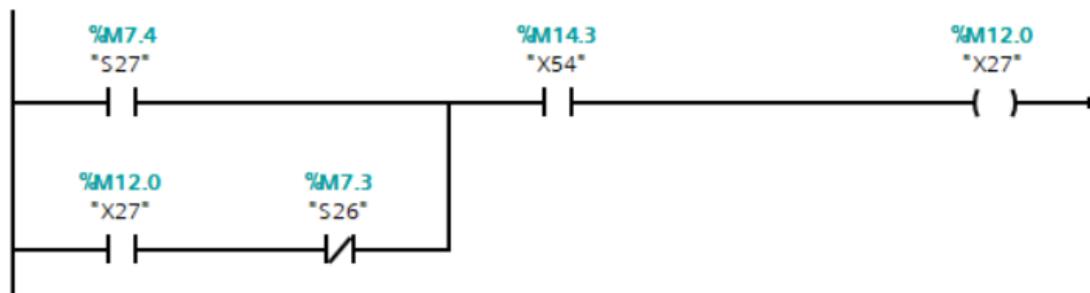
▼ Segmento 83:

Comentario



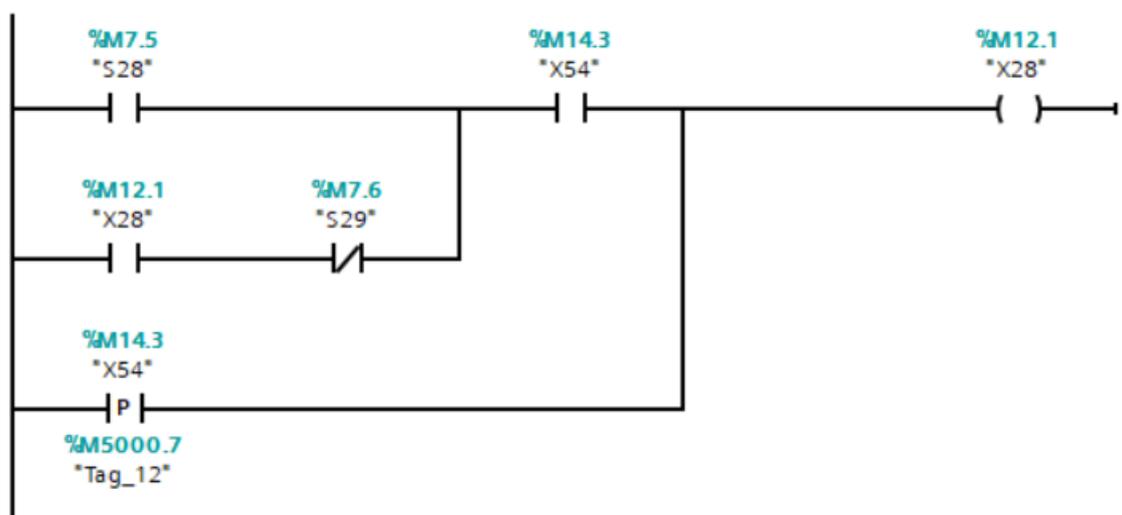
▼ Segmento 84:

Comentario



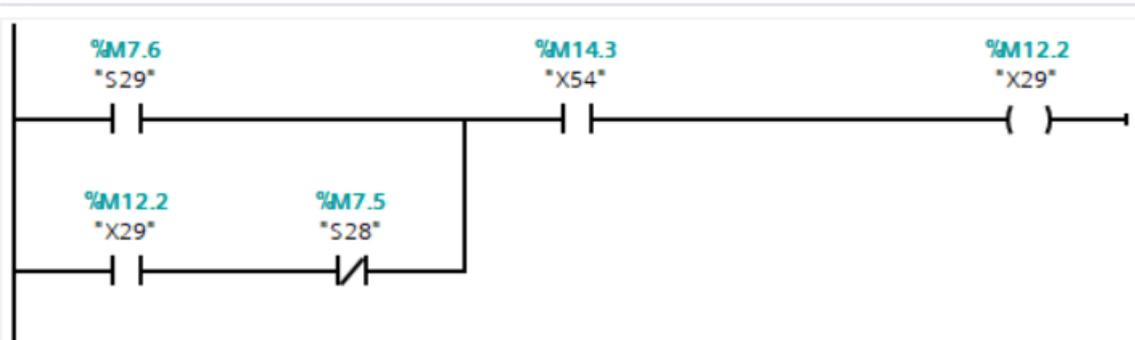
▼ Segmento 85:

Comentario



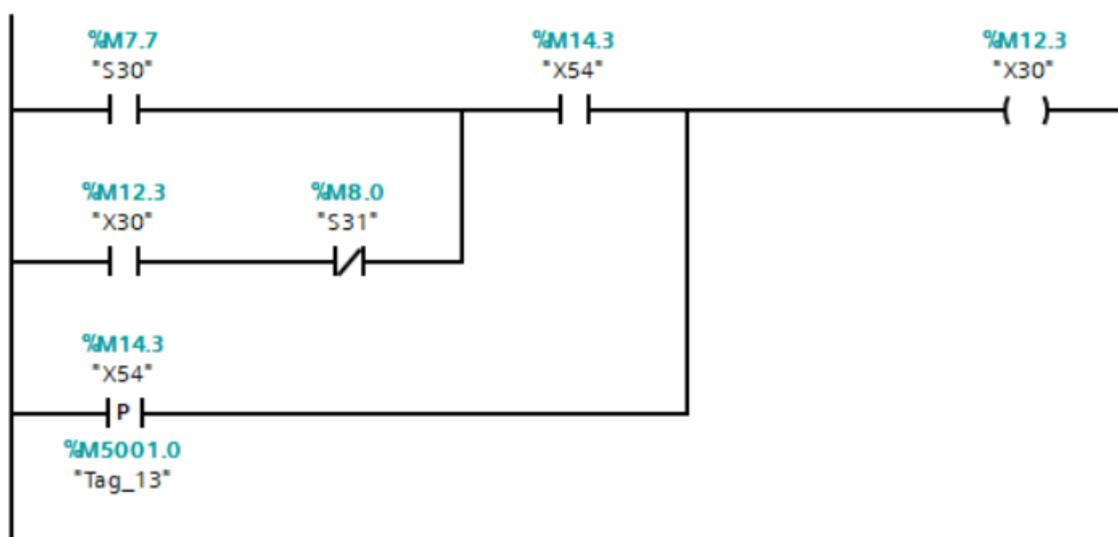
▼ Segmento 86:

Comentario



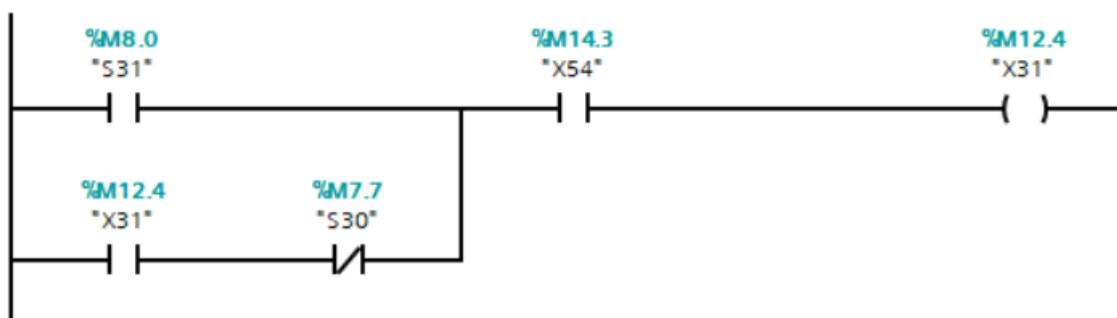
▼ Segmento 87:

Comentario



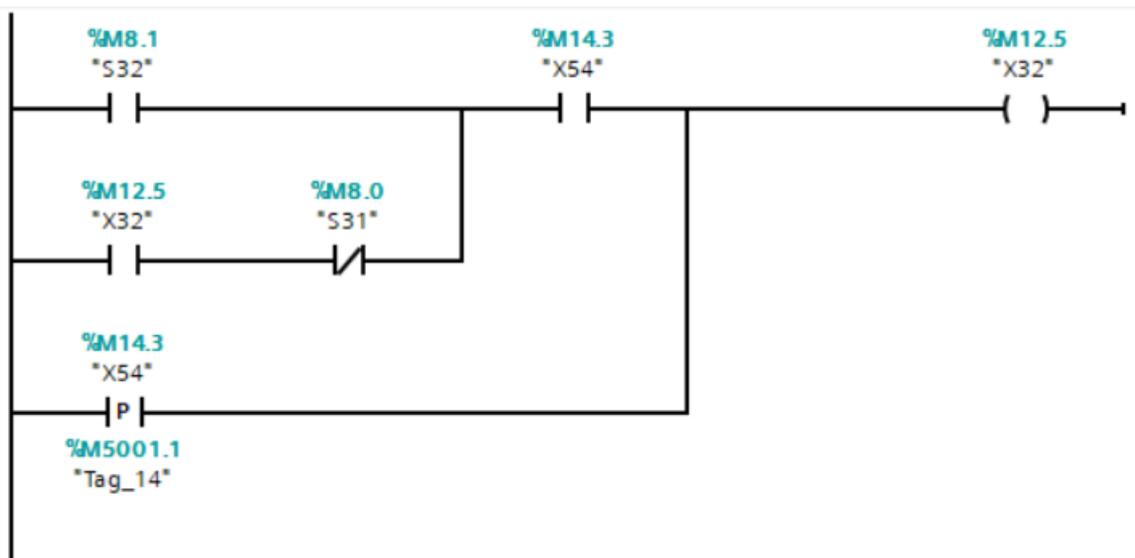
▼ Segmento 88:

Comentario



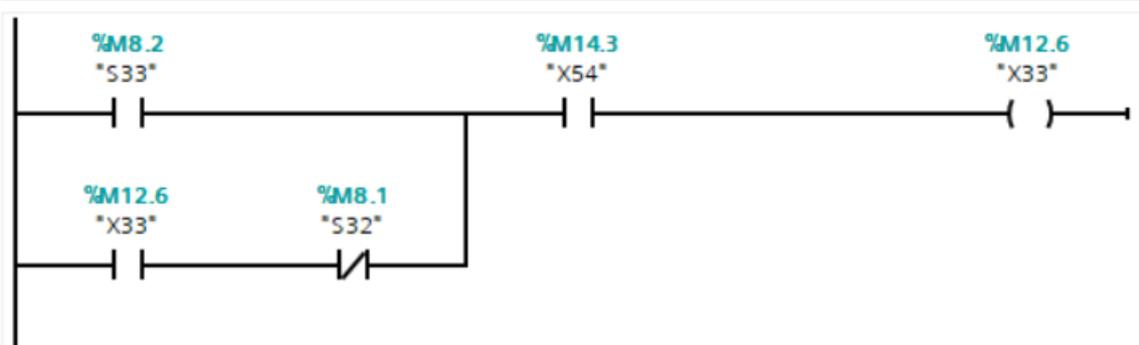
▼ Segmento 89:

Comentario



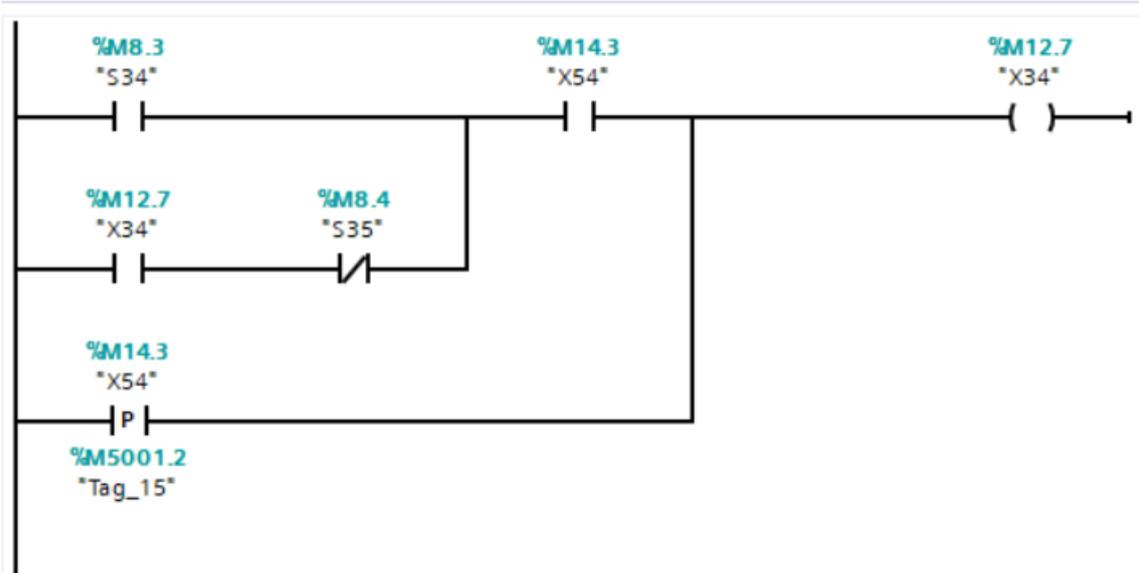
▼ Segmento 90:

Comentario



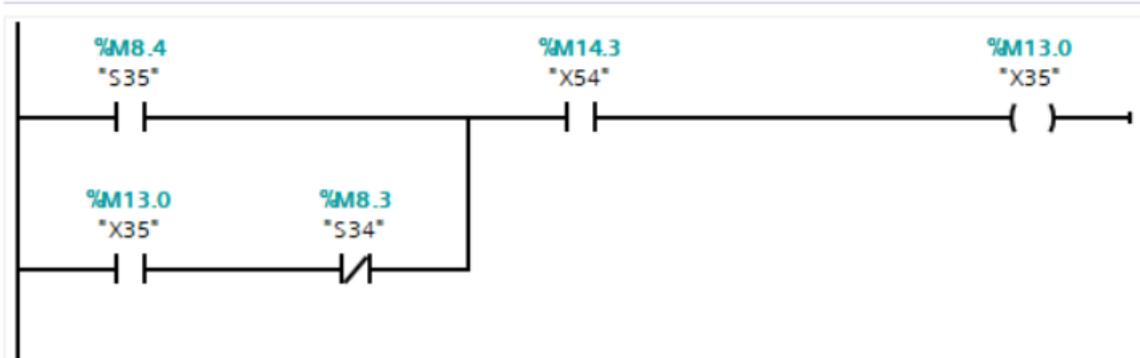
▼ Segmento 91:

Comentario



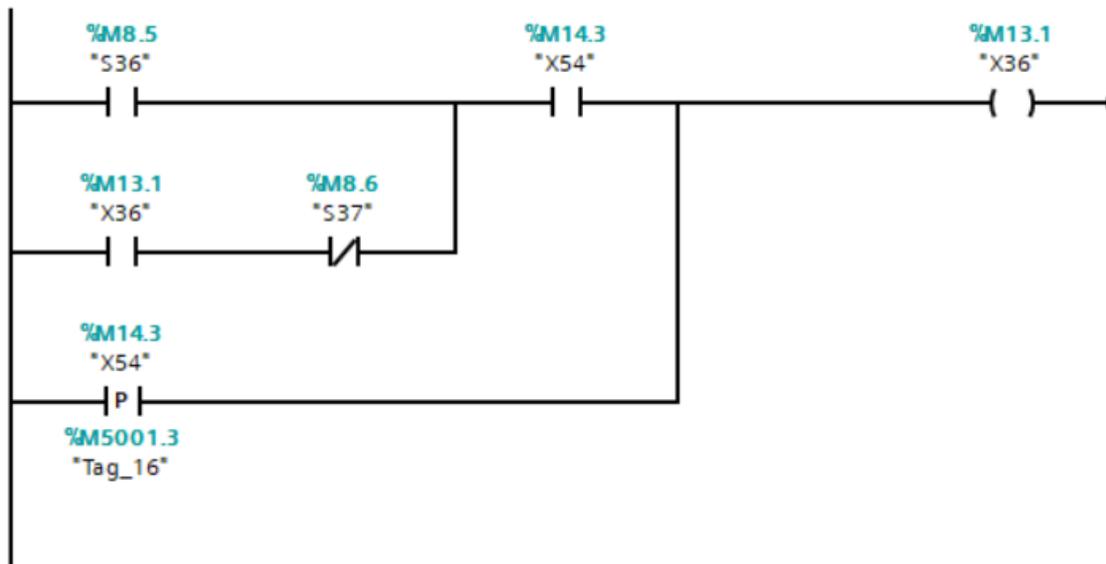
▼ Segmento 92:

Comentario



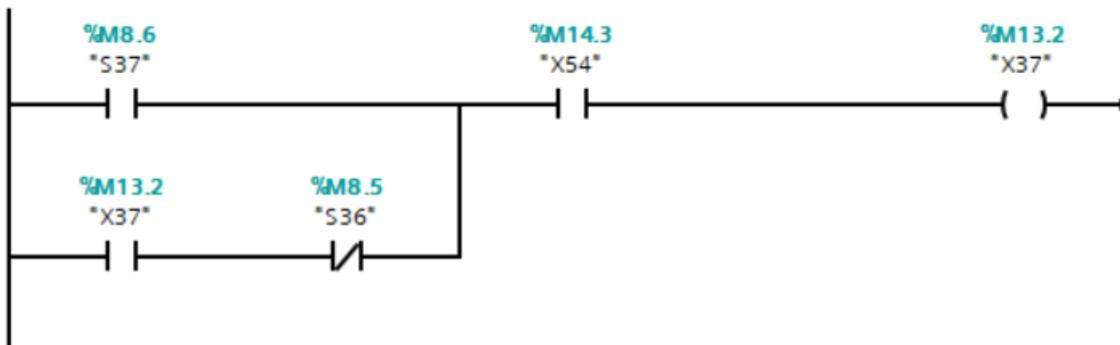
▼ Segmento 93:

Comentario



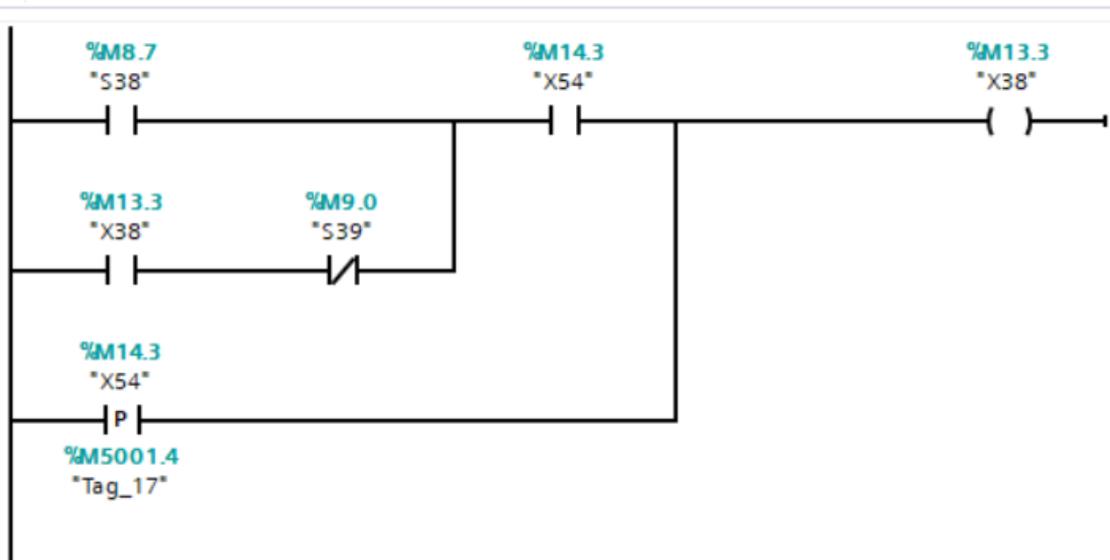
▼ Segmento 94:

Comentario



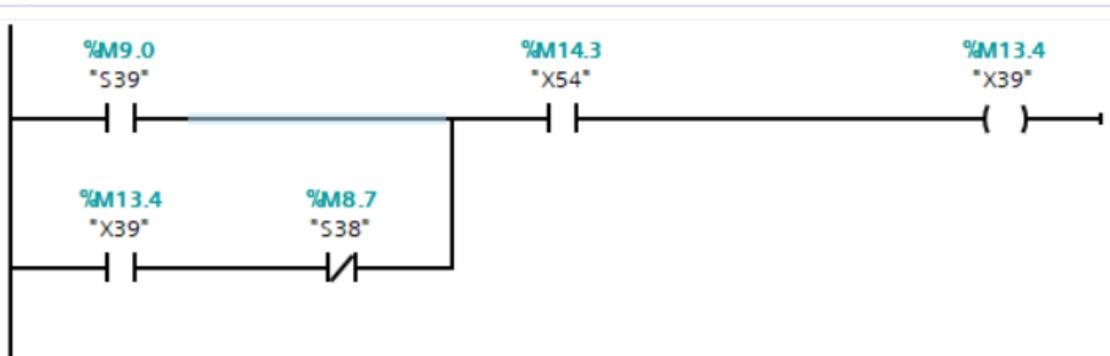
▼ Segmento 95:

Comentario



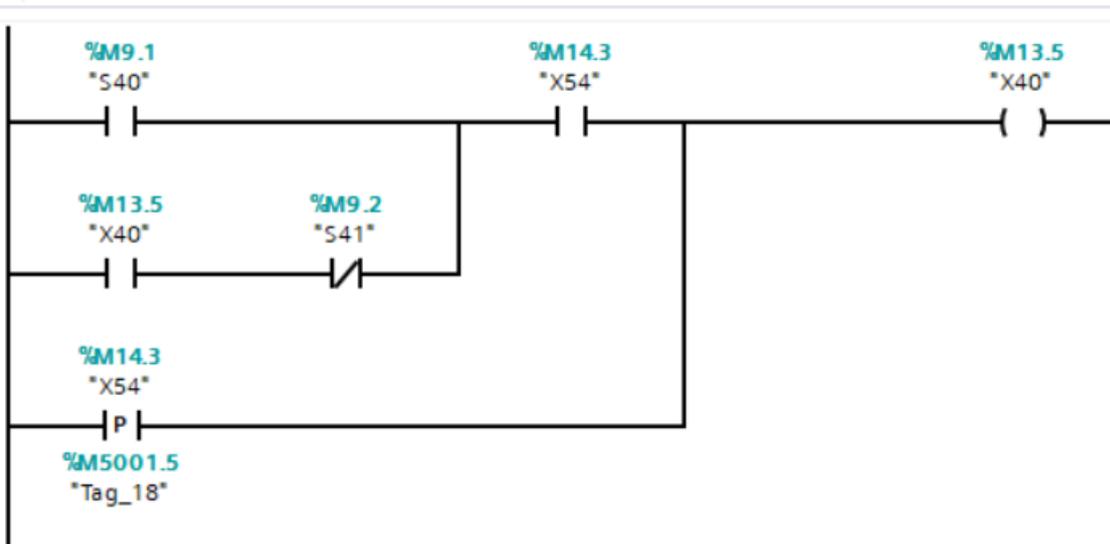
▼ Segmento 96:

Comentario



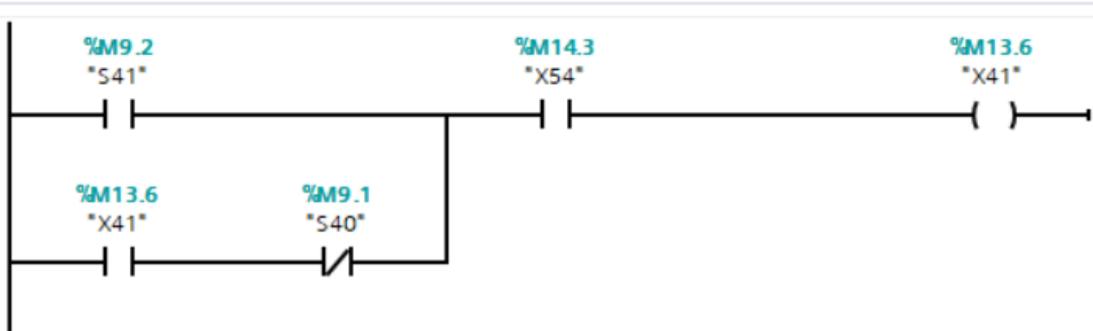
▼ Segmento 97:

Comentario



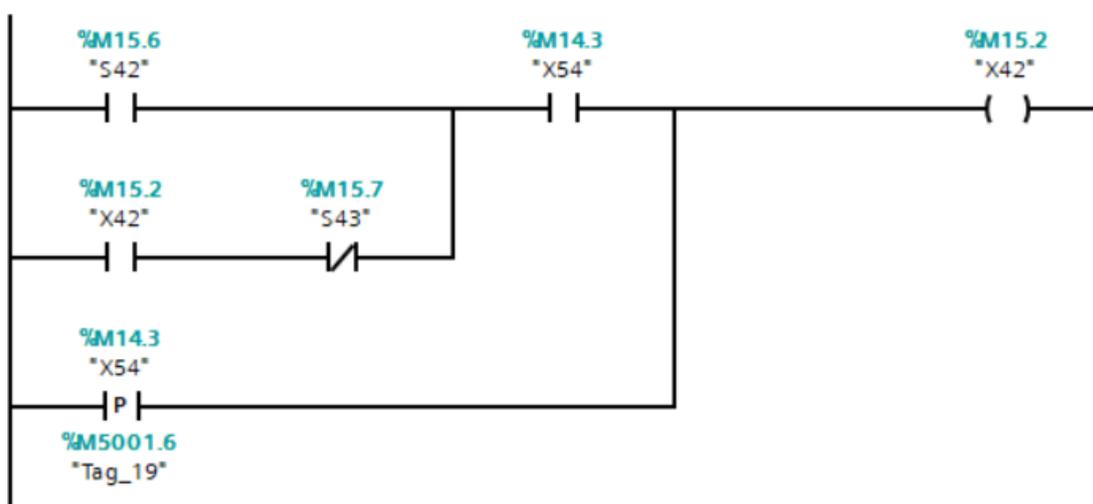
▼ Segmento 98:

Comentario



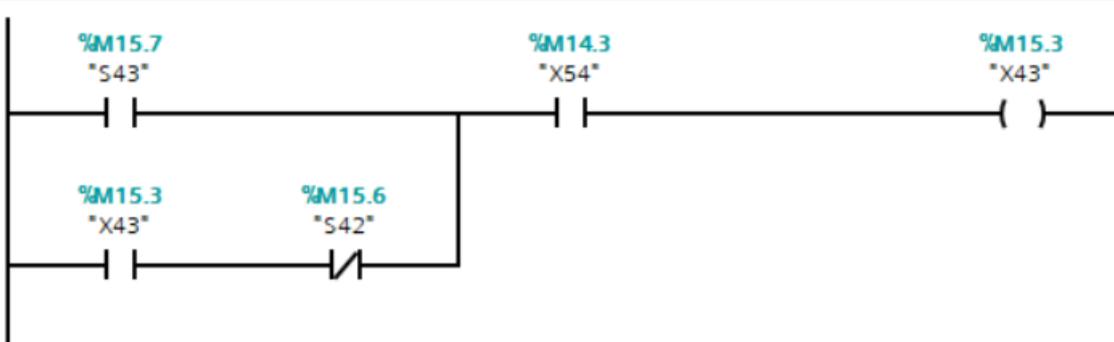
▼ Segmento 99:

Comentario



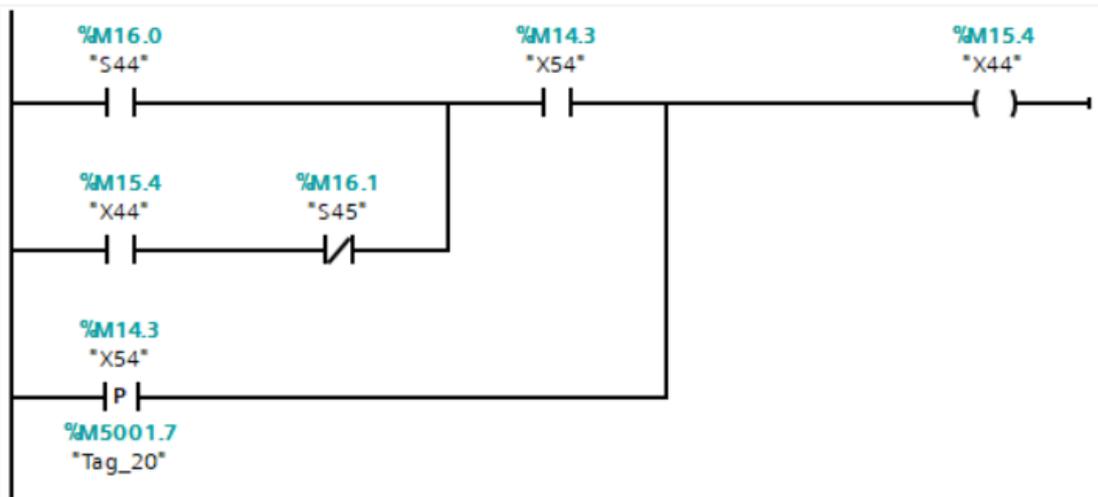
▼ Segmento 100:

Comentario



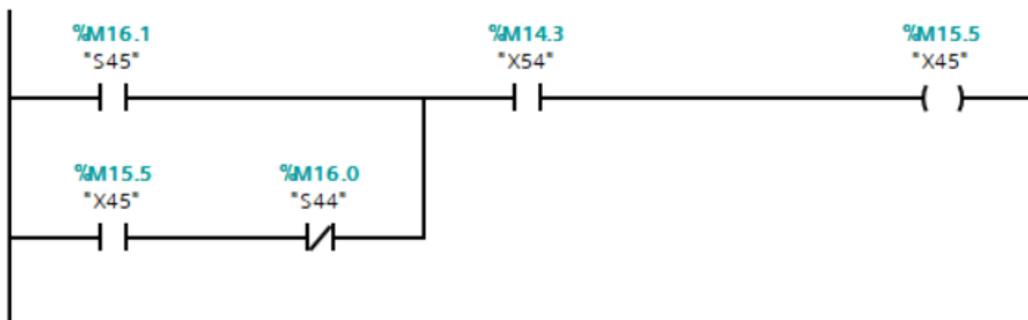
▼ Segmento 101:

Comentario



▼ Segmento 102:

Comentario



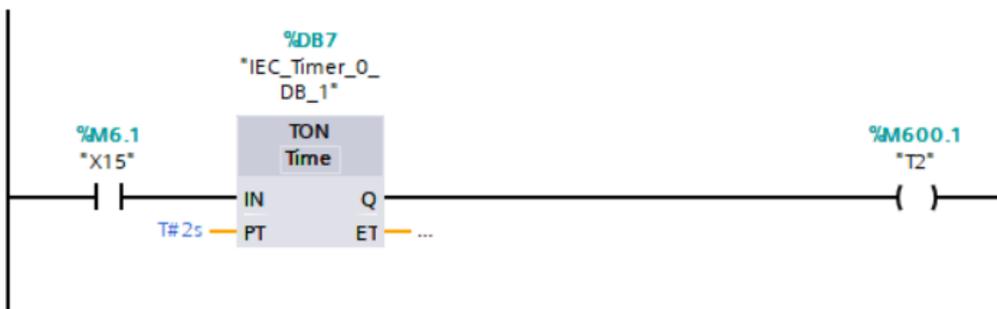
▼ Segmento 103:

Comentario



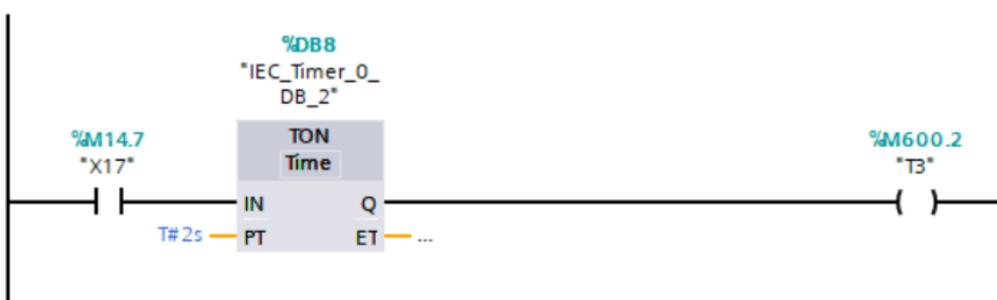
▼ Segmento 104:

Comentario



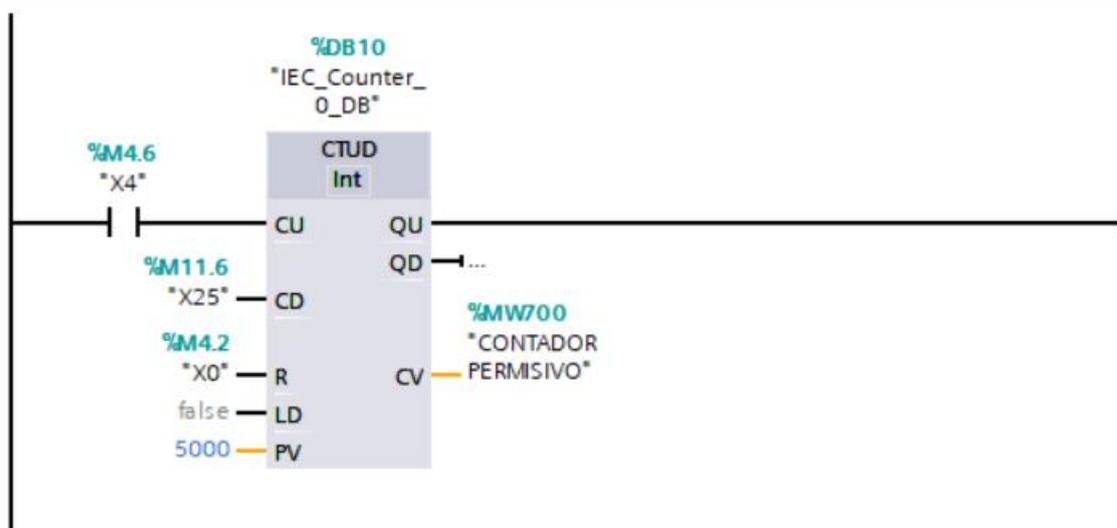
▼ Segmento 105:

Comentario



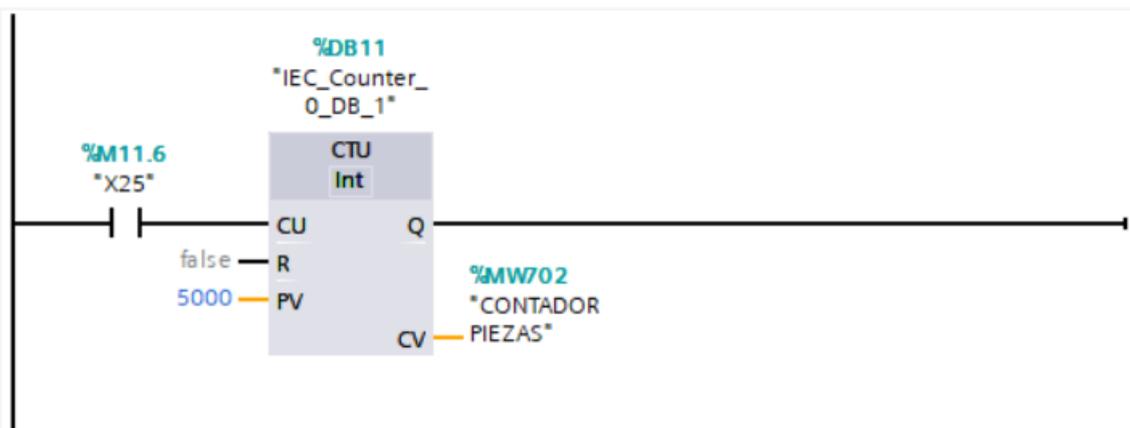
▼ Segmento 106:

Comentario



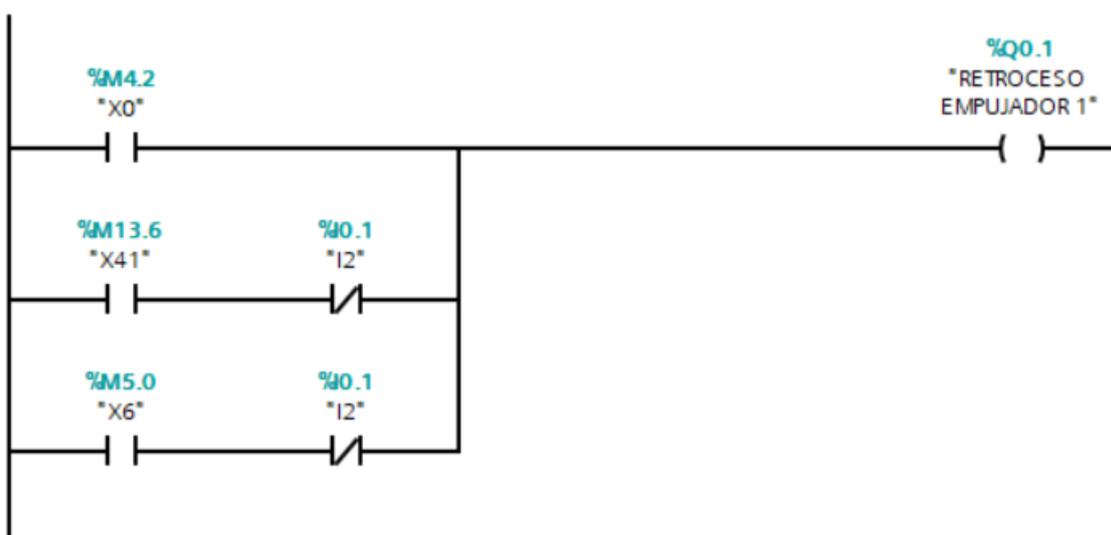
▼ Segmento 107:

Comentario



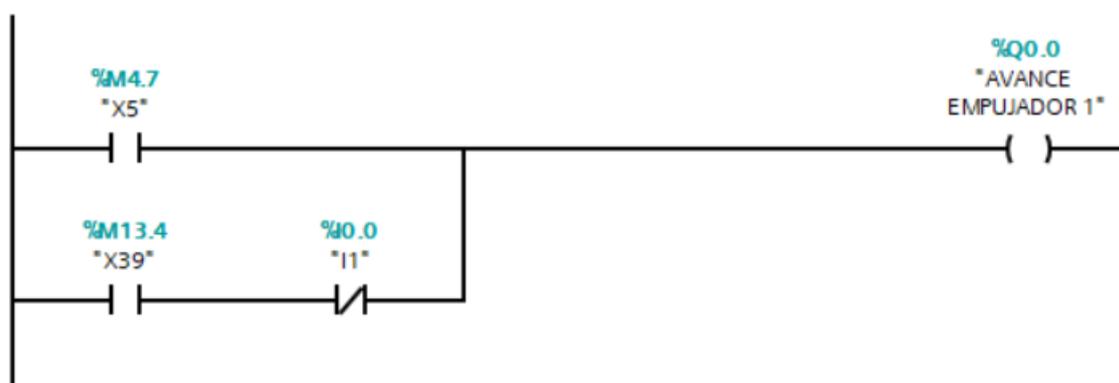
▼ Segmento 108:

Comentario



▼ Segmento 109:

Comentario



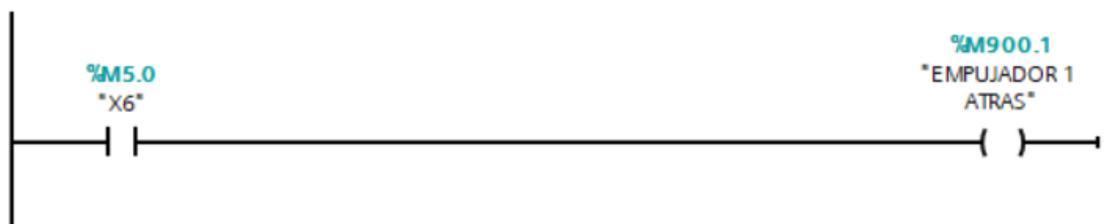
▼ Segmento 110:

Comentario



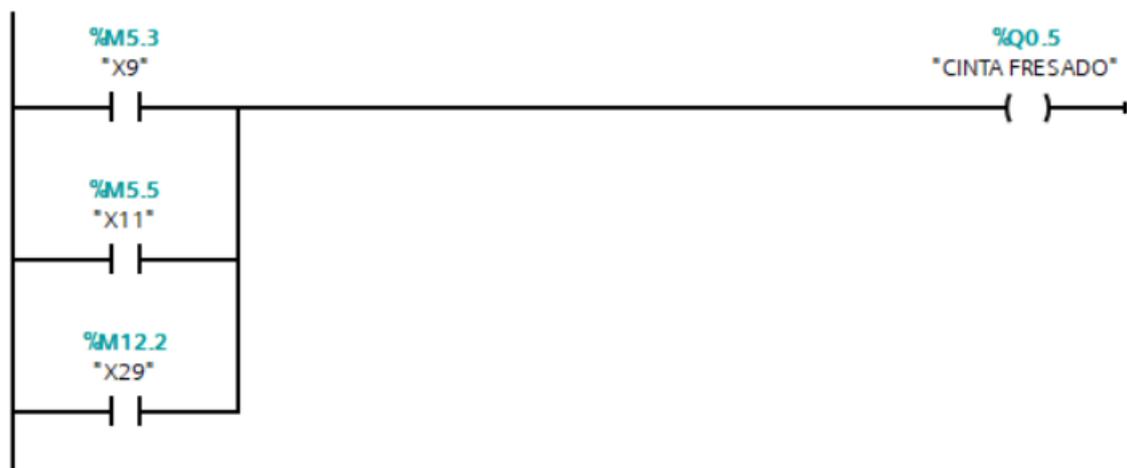
▼ Segmento 111:

Comentario



▼ Segmento 112:

Comentario



▼ Segmento 113:

Comentario



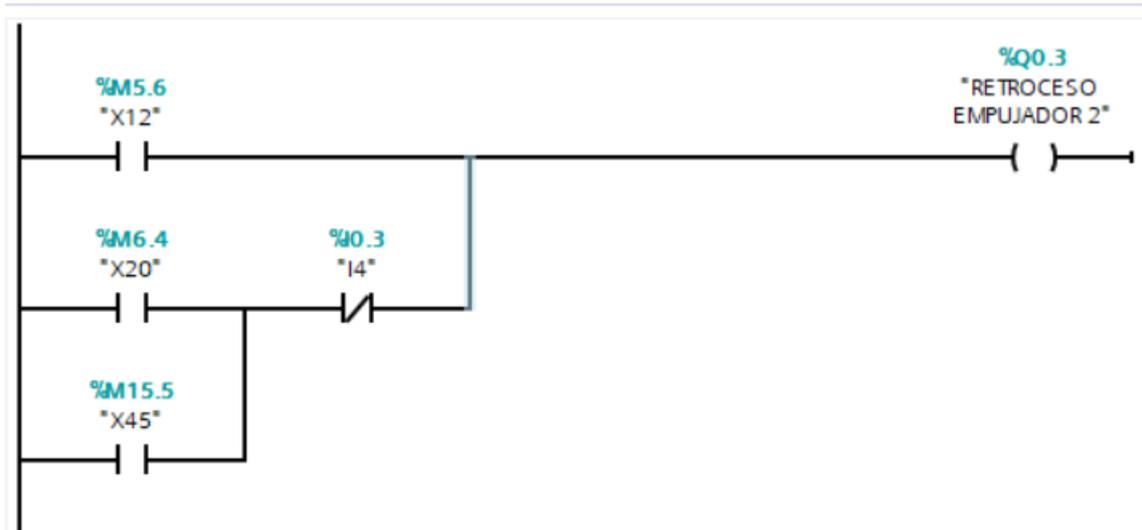
▼ Segmento 114:

Comentario



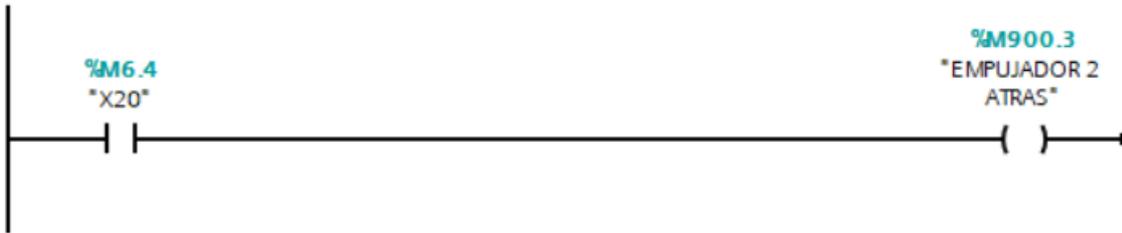
▼ Segmento 115:

Comentario



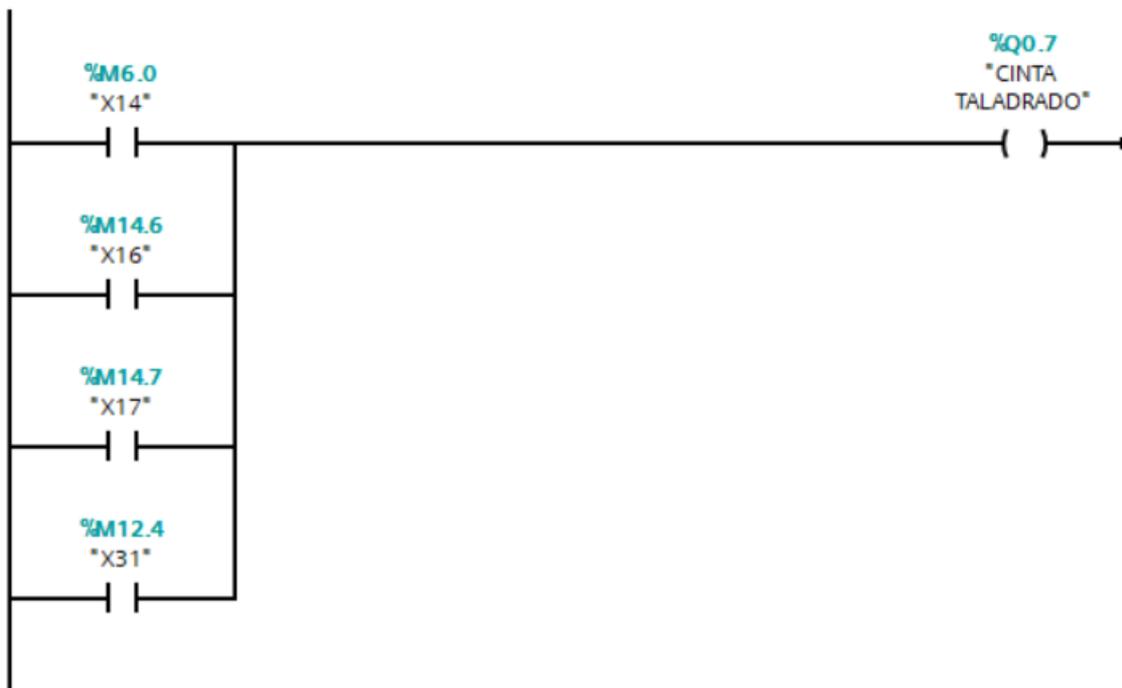
▼ Segmento 116:

Comentario



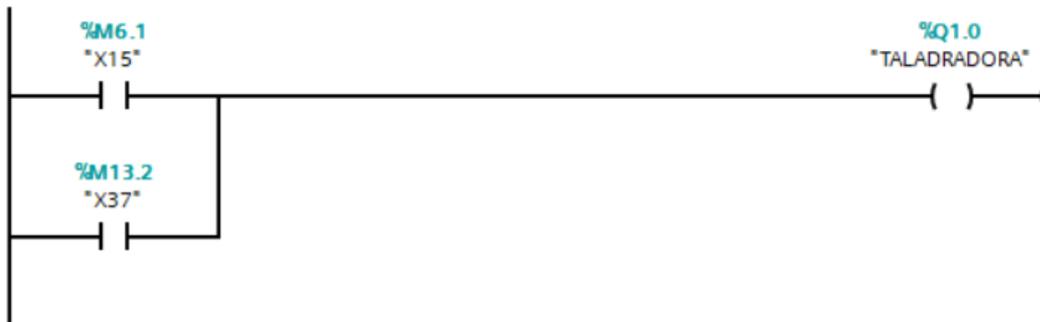
▼ Segmento 117:

Comentario



▼ **Segmento 118:**

Comentario



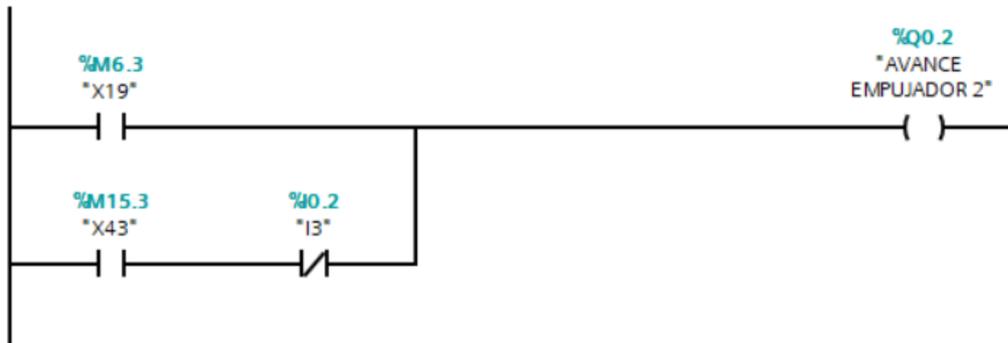
▼ **Segmento 119:**

Comentario



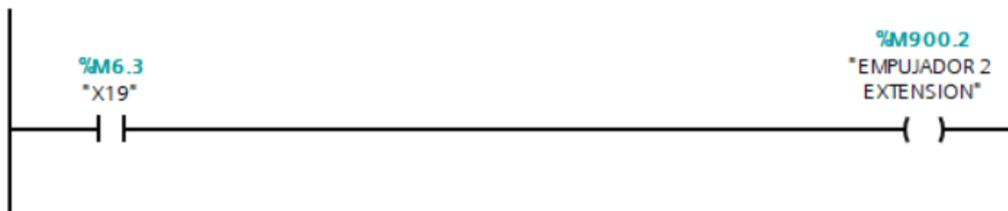
▼ **Segmento 120:**

Comentario



▼ **Segmento 121:**

Comentario



▼ Segmento 122:

Comentario



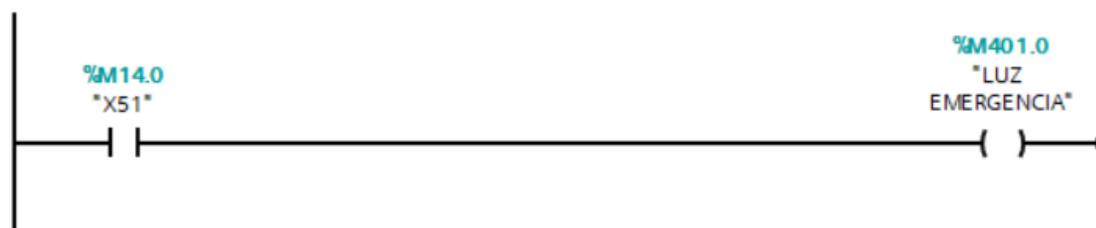
▼ Segmento 123:

Comentario



▼ Segmento 124:

Comentario



2. VARIABLES CILINDROS NEUMÁTICOS

2.1. ENTRADAS Y SALIDAS

Entrada	Descripción	Dirección S7-1200
I0	Botonera pulsador verde	%I0.0
I1	Botonera pulsador negro	%I0.1
I2	Botonera selector 2 posiciones (derecha)	%I0.2
I3	Botonera selector 3 posiciones I (Izq.)	%I0.3
I4	Botonera selector 3 posiciones II (Der.)	%I0.4
I5	Botonera seta (N.C.)	%I0.5
I6	Cilindro superior sensor fuera	%I0.6
I7	Cilindro central sensor fuera	%I0.7
I8	Cilindro central sensor dentro	%I1.0
I9	Cilindro inferior sensor fuera	%I1.1
I10	Pinza abierta	%I1.2
I11	Pinza cerrada	%I1.3
I12	Cilindro rotativo inicio	%I1.4
I13	Cilindro rotativo final	%I1.5

Tabla 10 Entradas cilindros neumáticos (obtenida de [10])

Salida	Descripción	Dirección S7-1200
Q0	Sacar cilindro superior	%Q0.0
Q1	Sacar cilindro central	%Q0.1
Q2	Introducir cilindro central	%Q0.2
Q3	Sacar cilindro inferior	%Q0.3
Q4	Cerrar pinza	%Q0.4
Q5	Abrir pinza	%Q0.5
Q6	Cilindro rotativo (horario)	%Q0.6
Q7	Vacío en ventosa	%Q0.7
Q8	Botonera piloto verde	%Q1.0
Q9	Botonera piloto blanco	%Q1.1

Tabla 11 Salidas cilindros neumáticos (obtenida de [10])

Cabe resaltar que en la programación no se han incluido todas las entradas y salidas porque no influían todas en el proceso. En el caso de las entradas no se ha utilizado la I4 (selector de 3 posiciones) ni las I12 e I13 (correspondientes al cilindro rotativo).

En el caso de las salidas no se han programado la Q6 (cilindro rotativo) ni la Q7 (vacío en ventosa).

2.2.GRAFCETS

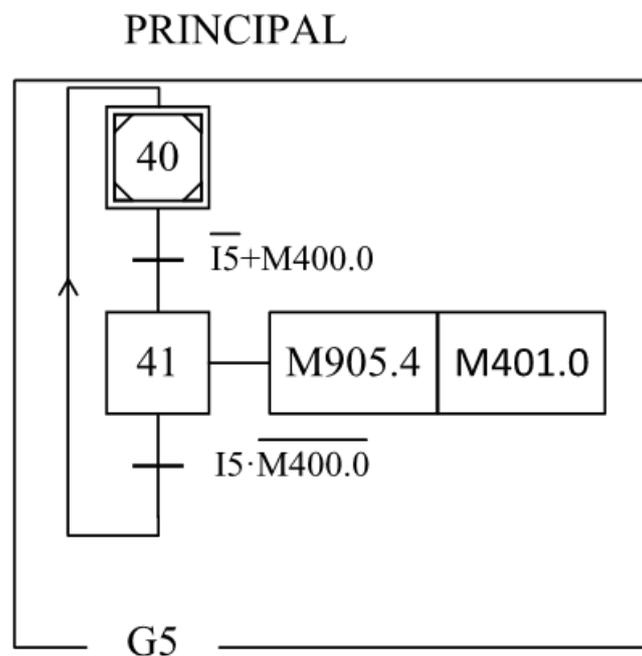


Fig. 20 Grafcet principal cilindros (elaboración propia)

La marca M400.0 está asociada al botón de paro de emergencia de la aplicación SCADA.

Al activar la etapa 41 se enviará la marca M905.4 al PLC1 para traducir la señal de la seta de emergencia física de los cilindros a la línea indexada, además se activará la marca M401.0 que encenderá el testigo rojo del SCADA.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

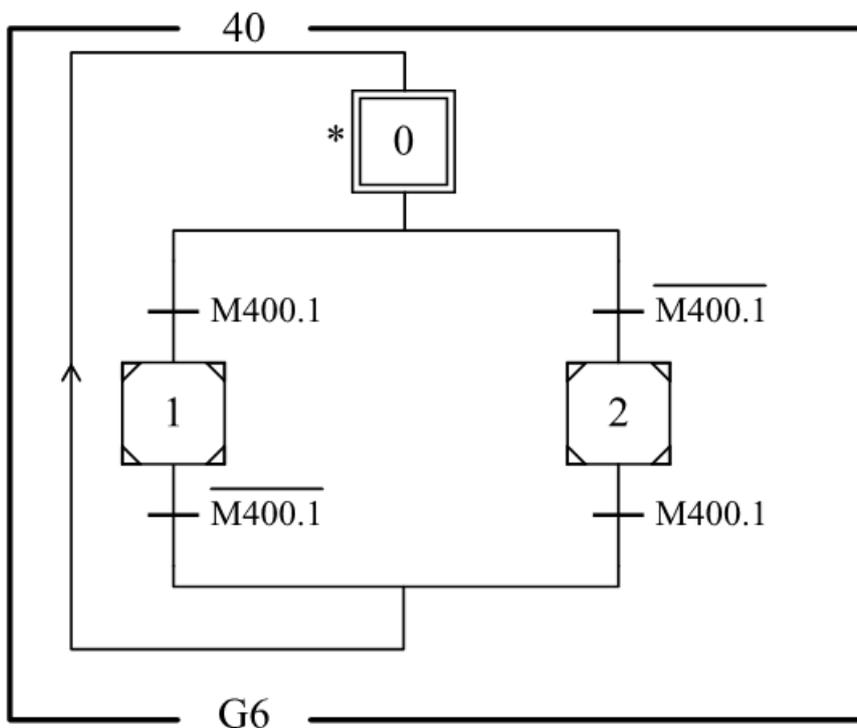


Fig. 21 Grafset modos cilindros (elaboración propia)

La marca M400.1 se asocia al selector de modos del SCADA, la activación de ese bit dará acceso al modo automático mientras que su desactivación arrancará el modo manual.

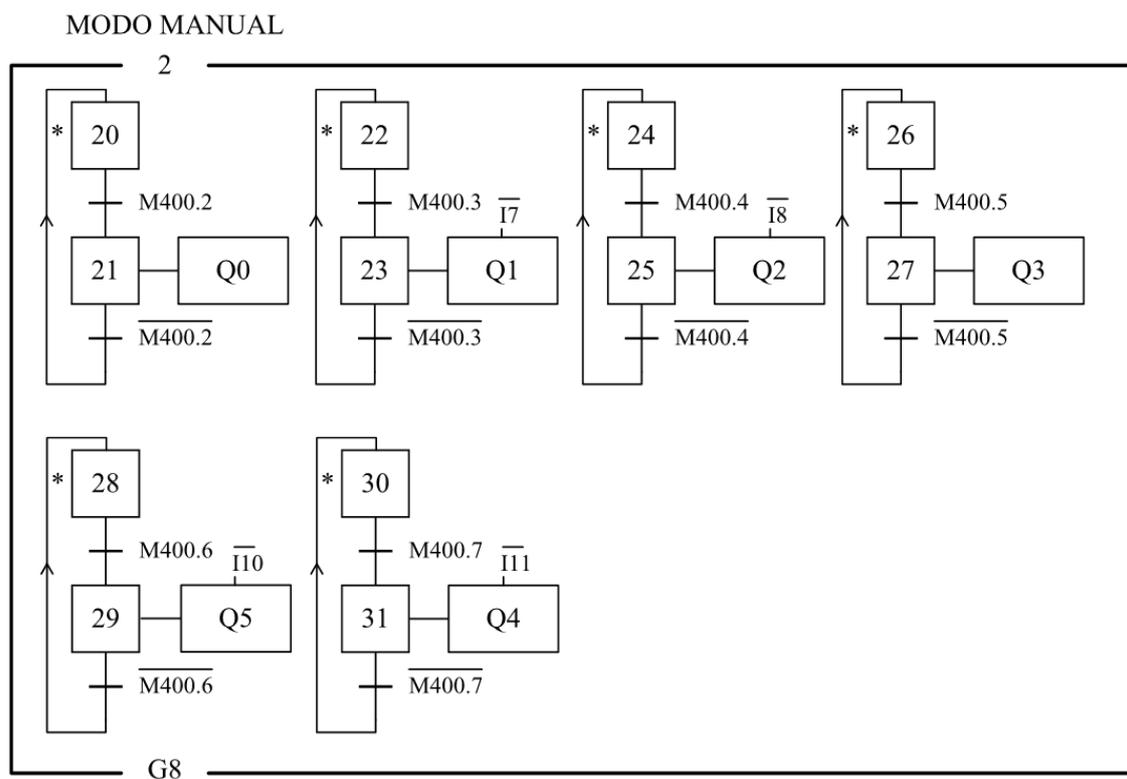


Fig. 22 Graficet manual cilindros (elaboración propia)

Todas las marcas de este graficet se activarán desde la aplicación SCADA en el modo manual.

La marca M400.2 saca el cilindro superior, la M400.3 saca el cilindro central, la M400.4 retrocede el cilindro central, la M400.5 saca el cilindro inferior, la M400.6 abre la pinza y la M400.7 la cierra.

2.3.SETS

$$SET\ 40 = Firstscan + X41 * I5 * \overline{M400.0}$$

$$SET\ 41 = X40 * (\overline{I5} + M400.0)$$

$$SET\ 0 = Firstscan + X1 * \overline{M400.1} + X2 * M400.1$$

$$SET\ 1 = X0 * M400.1$$

$$SET\ 2 = X0 * \overline{M400.1}$$

$$SET\ 3 = Firstscan$$

$$SET\ 4 = X3 * I11 * I4 + X7 * \overline{M900.0}$$

$$SET\ 5 = X4 * M900.0$$

$$SET\ 6 = X5 * (M900.1 + I7)$$

$$SET\ 7 = X6 * I8$$

$$SET\ 8 = X3 * I8 * I11 + X11 * \overline{M900.2}$$

$$SET\ 9 = X8 * M900.2$$

$$SET\ 10 = X9 * (M900.3 + I2)$$

$$SET\ 11 = X10 * I11$$

$$SET\ 12 = X3 * I8 * I11 + X16 * \overline{M900.4}$$

$$SET\ 13 = X12 * M900.4 + X15 * [C < 2]$$

$$SET\ 14 = X13 * 1s/X13$$

$$SET\ 15 = X14 * \left(\frac{1s}{X14}\right)$$

$$SET\ 16 = X15 * [C = 2]$$

$$SET\ 17 = X3 * I8 * I11 + X19 * \overline{M900.5}$$

$$SET\ 18 = X17 * M900.5$$

$$SET\ 19 = X18 * \frac{2s}{X18}$$

$$SET\ 20 = Firstscan + X21 * \overline{M400.2}$$

$$SET\ 21 = X20 * M400.2$$

$$SET\ 22 = Firstscan + X23 * \overline{M400.3}$$

$$SET\ 23 = X22 * M400.3$$

$$SET\ 24 = Firstscan + X25 * \overline{M400.4}$$

$$SET\ 25 = X24 * M400.4$$

$$SET\ 26 = Firstscan + X27 * \overline{M400.5}$$

$$SET\ 27 = X26 * M400.5$$

$$SET\ 28 = Firstscan + X29 * \overline{M400.6}$$

$$SET\ 29 = X28 * M400.6$$

$$SET\ 30 = Firstscan + X31 * \overline{M400.7}$$

$$SET\ 31 = X30 * M400.7$$

2.4.ETAPAS

$$X40 = SET40 + X40 * \overline{SET41}$$

$$X41 = SET41 + X41 * \overline{SET40}$$

$$X0 = (SET0 + X0 * \overline{SET1} * \overline{SET2}) * X40 + \uparrow X40$$

$$X1 = (SET1 + X1 * \overline{SET0}) * X40$$

$$X2 = (SET2 + X2 * \overline{SET0}) * X40$$

$$X3 = (SET3 + X3 * \overline{SET4} * \overline{SET8} * \overline{SET12} * \overline{SET17}) * X1 + \uparrow X1$$

$$X4 = (SET4 + X4 * \overline{SET5}) * X1$$

$$X5 = (SET5 + X5 * \overline{SET6}) * X1$$

$$X6 = (SET6 + X6 * \overline{SET7}) * X1$$

$$X7 = (SET7 + X7 * \overline{SET4}) * X1$$

$$X8 = (SET8 + X8 * \overline{SET9}) * X1$$

$$X9 = (SET9 + X9 * \overline{SET10}) * X1$$

$$X10 = (SET10 + X10 * \overline{SET11}) * X1$$

$$X11 = (SET11 + X11 * \overline{SET8}) * X1$$

$$X12 = (SET12 + X12 * \overline{SET13}) * X1$$

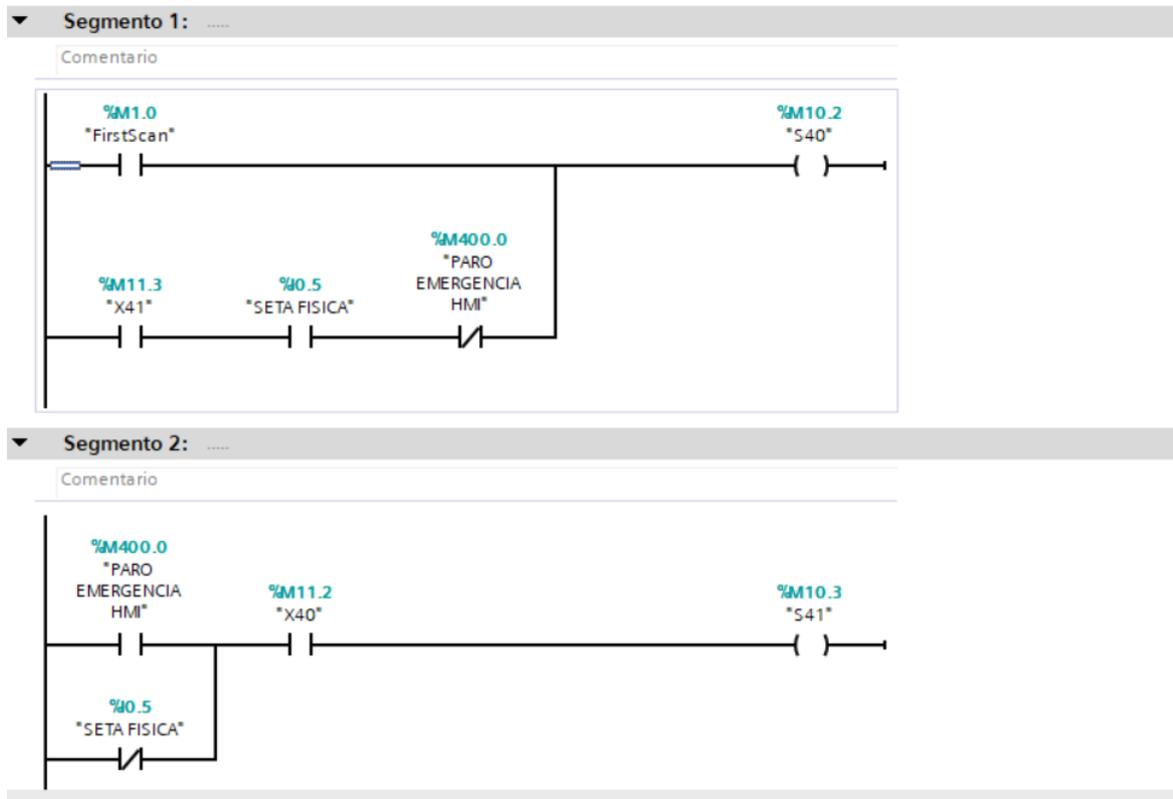
$$\begin{aligned}
 X13 &= (SET13 + X13 * \overline{SET14}) * X1 \\
 X14 &= (SET14 + X14 * \overline{SET15}) * X1 \\
 X15 &= (SET15 + X15 * \overline{SET16} * \overline{SET13}) * X1 \\
 X16 &= (SET16 + X16 * \overline{SET12}) * X1 \\
 X17 &= (SET17 + X17 * \overline{SET18}) * X1 \\
 X18 &= (SET18 + X18 * \overline{SET19}) * X1 \\
 X19 &= (SET19 + X19 * \overline{SET17}) * X1 \\
 X20 &= (SET20 + X20 * \overline{SET21}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X21 &= (SET21 + X21 * \overline{SET20}) * X2 \\
 X22 &= (SET22 + X22 * \overline{SET23}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X23 &= (SET23 + X23 * \overline{SET22}) * X2 \\
 X24 &= (SET24 + X24 * \overline{SET25}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X25 &= (SET25 + X25 * \overline{SET26}) * X2 \\
 X26 &= (SET26 + X26 * \overline{SET27}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X27 &= (SET27 + X27 * \overline{SET26}) * X2 \\
 X28 &= (SET28 + X28 * \overline{SET29}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X29 &= (SET29 + X29 * \overline{SET28}) * X2 \\
 X30 &= (SET30 + X30 * \overline{SET31}) * X2 + \uparrow X2 \\
 X31 &= (SET31 + X31 * \overline{SET30}) * X2
 \end{aligned}$$

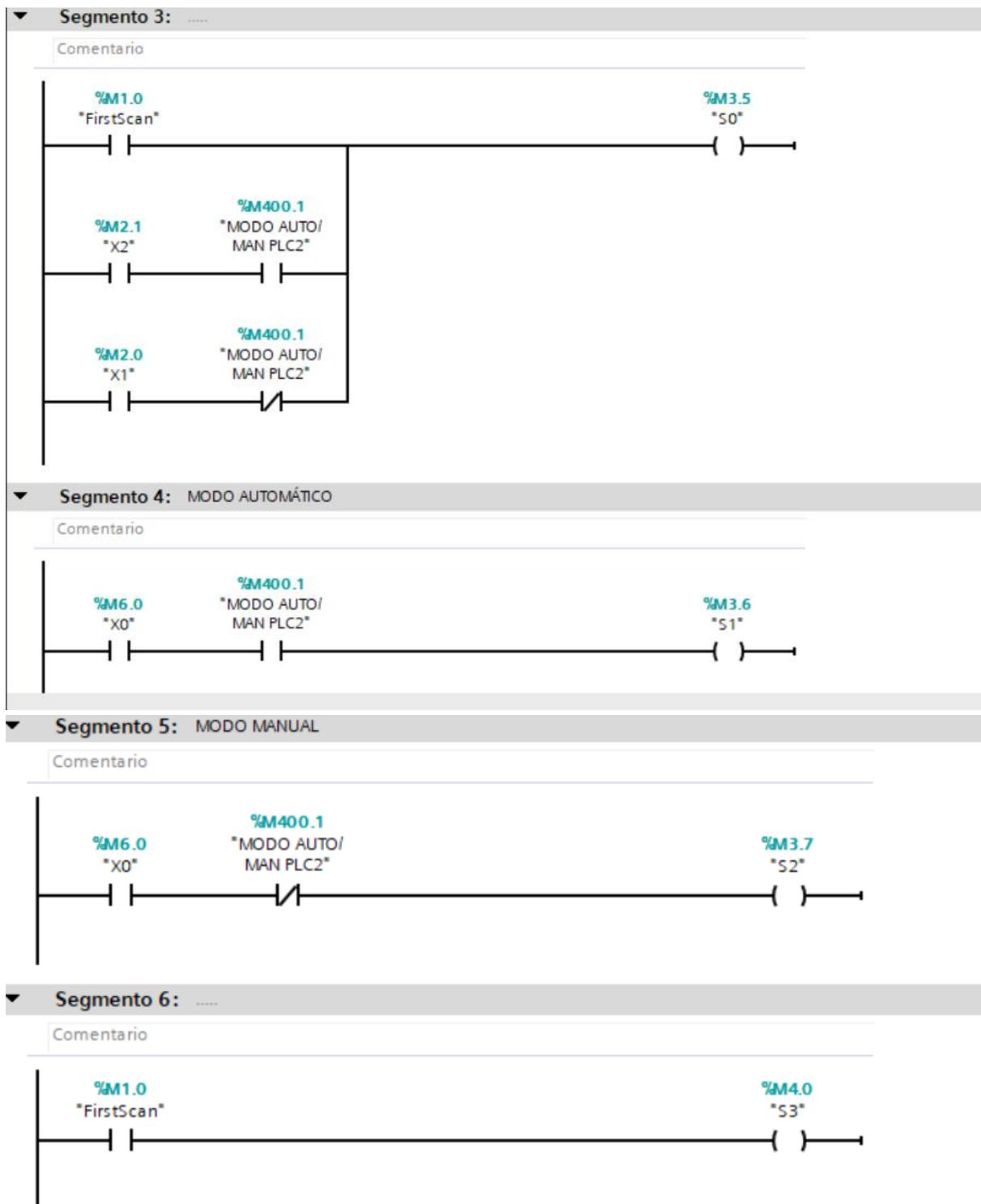
2.5.ACCIONES

$$\begin{aligned}
 LUZ PARO EMERGENCIA &= X41 \\
 PARO EMERGENCIA &= \overline{X41} \\
 SACAR CILINDRO CENTRAL &= X5 + X23 * \overline{I7} \\
 METER CILINDRO CENTRAL &= X6 + X25 * \overline{I8} \\
 ABRIR PINZA &= X9 + X29 * \overline{I10} \\
 CERRAR PINZA &= X10 + X31 * \overline{I11}
 \end{aligned}$$

SACAR CILINDRO SUPERIOR = X13 + X21
SACAR CILINDRO INFERIOR = X18 + X27
FIN CILINDRO CENTRAL = X4 + X7
FIN PINZA = X11 + X8
FIN CILINDRO SUPERIOR = X16
FIN CILINDRO INFERIOR = X1
CONTADOR CICLOS CIL SUPERIOR + 1 = X15
CONTADOR CICLOS CIL SUPERIOR RESET = X16

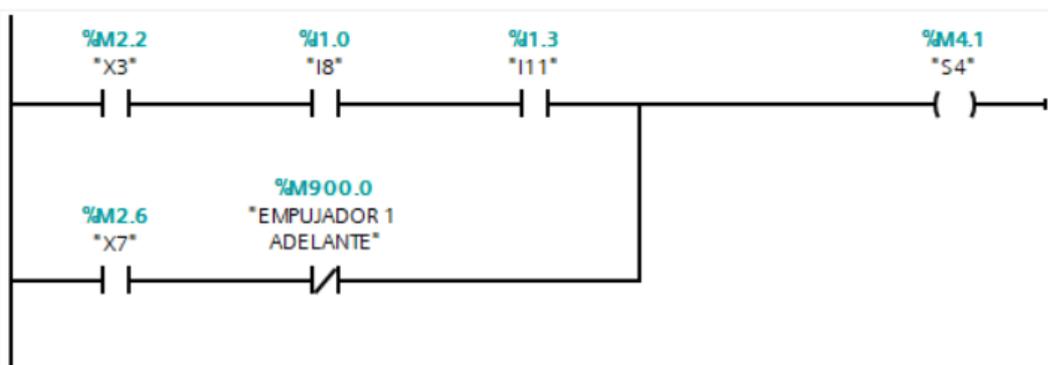
2.6. LENGUAJE KOP CILINDROS NEUMÁTICOS





▼ Segmento 7:

Comentario



▼ Segmento 8:

Comentario



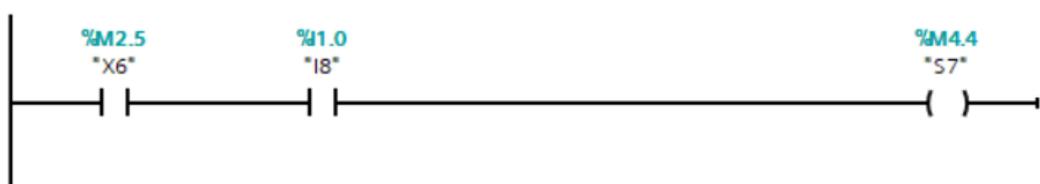
▼ Segmento 9:

Comentario



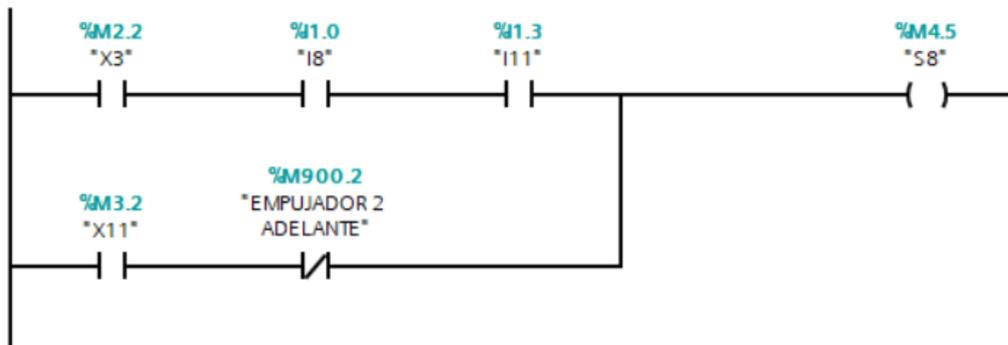
▼ Segmento 10:

Comentario



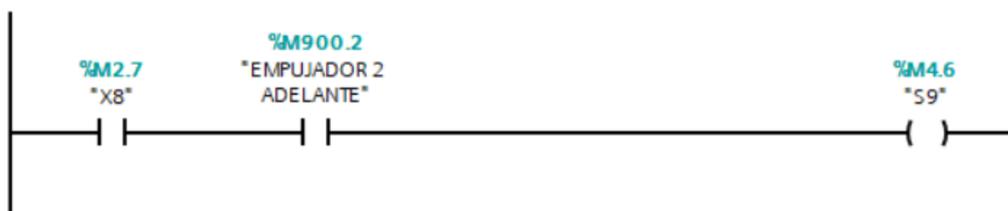
▼ Segmento 11:

Comentario



▼ Segmento 12:

Comentario



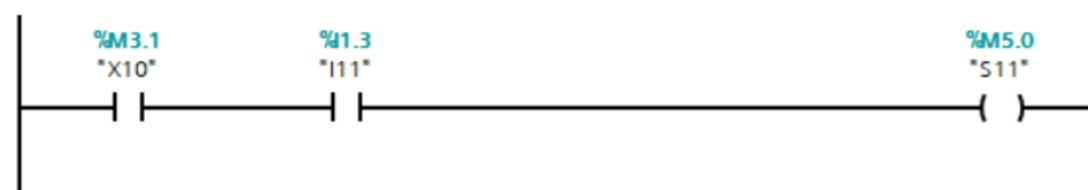
▼ Segmento 13:

Comentario



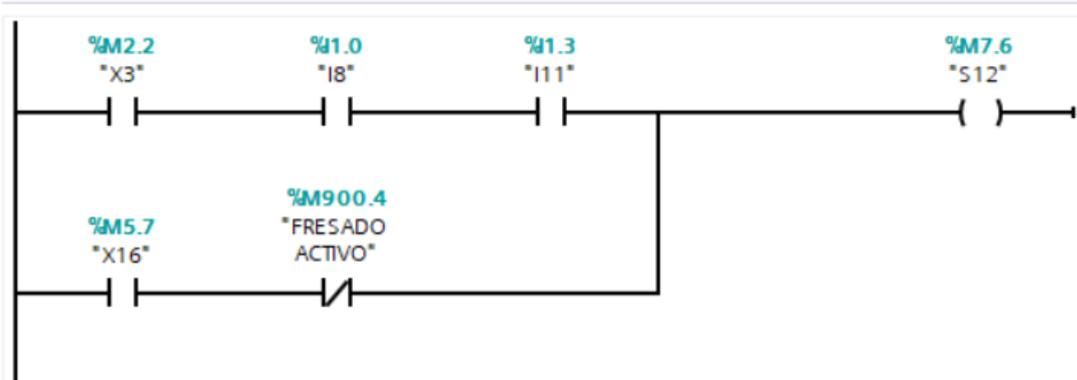
▼ Segmento 14:

Comentario



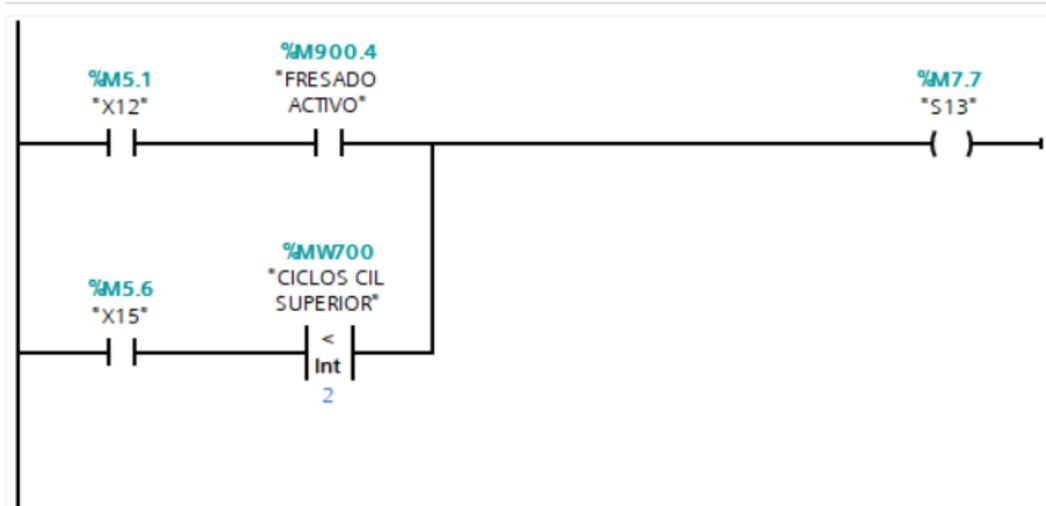
▼ Segmento 15:

Comentario



▼ Segmento 16:

Comentario



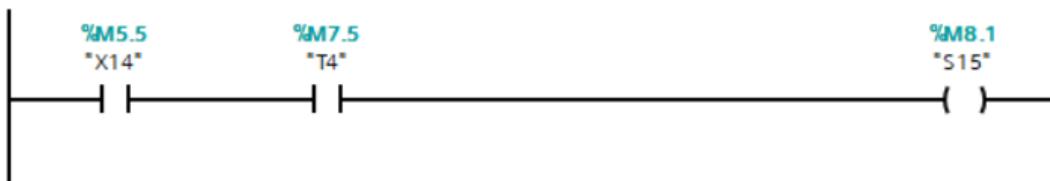
▼ Segmento 17:

Comentario



▼ Segmento 18:

Comentario



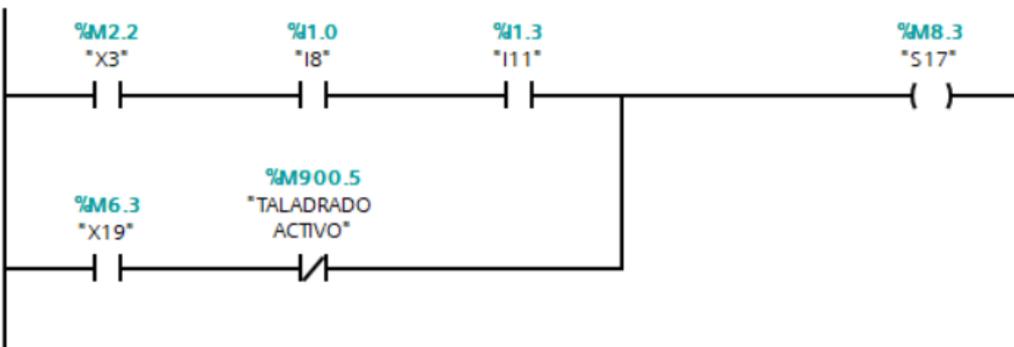
▼ Segmento 19:

Comentario



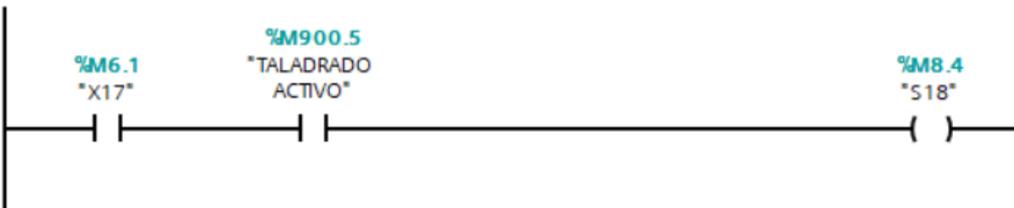
▼ Segmento 20:

Comentario



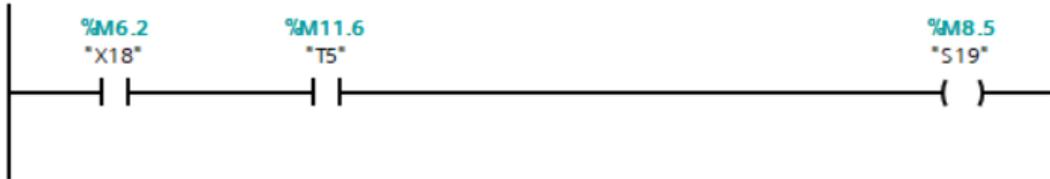
▼ Segmento 21:

Comentario



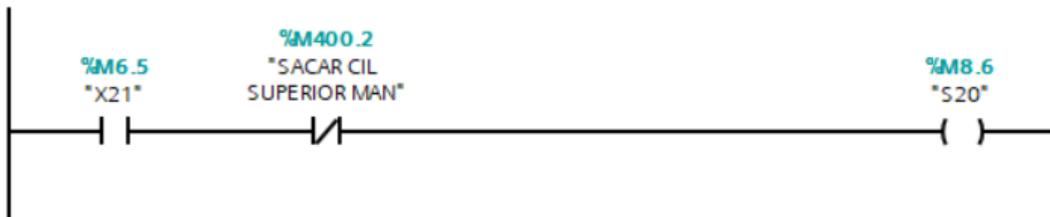
▼ Segmento 22:

Comentario



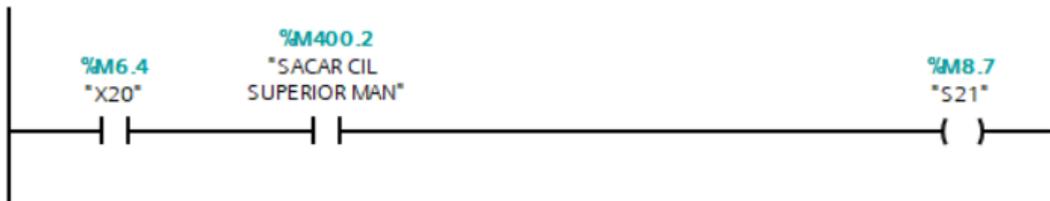
▼ Segmento 23:

Comentario



▼ Segmento 24:

Comentario



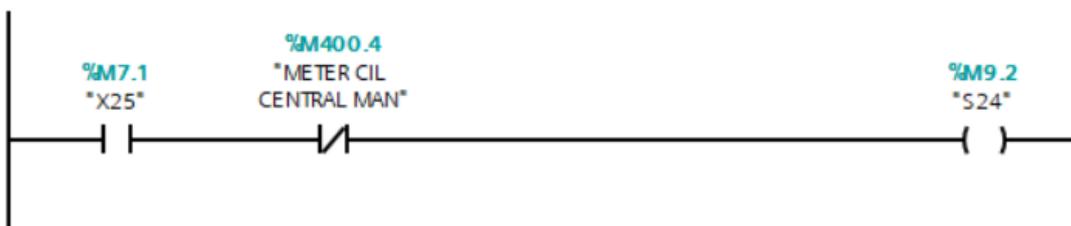
▼ Segmento 26:

Comentario



▼ Segmento 27:

Comentario



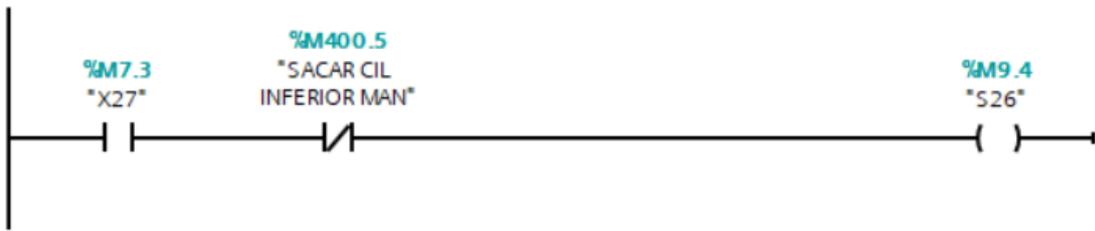
▼ Segmento 28:

Comentario



▼ Segmento 29:

Comentario



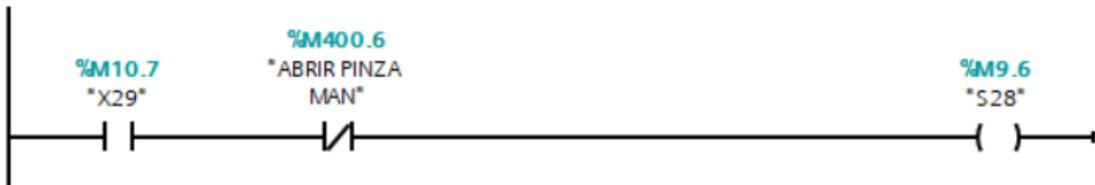
▼ Segmento 30:

Comentario



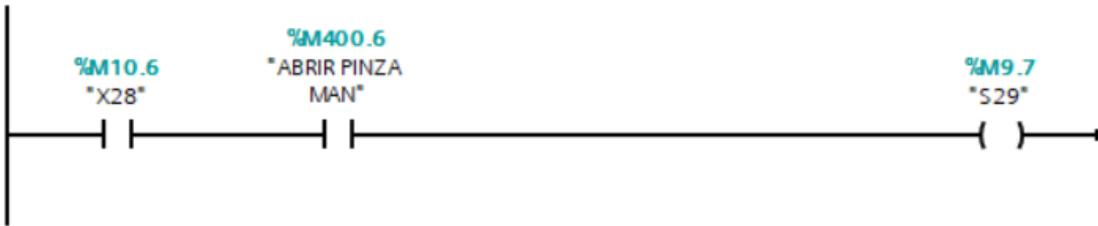
▼ Segmento 31:

Comentario



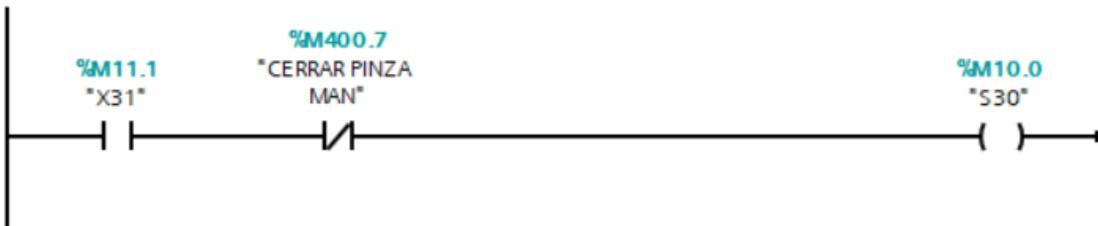
▼ Segmento 32:

Comentario



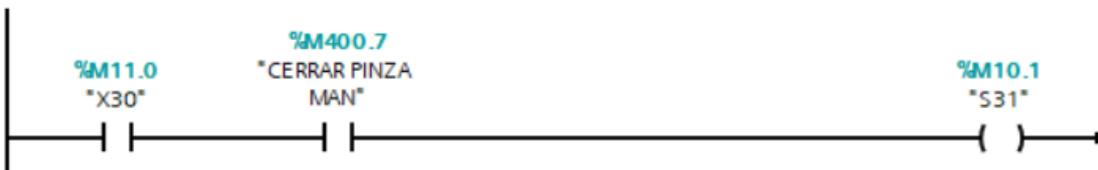
▼ Segmento 33:

Comentario



▼ Segmento 34:

Comentario



▼ Segmento 35:

Comentario



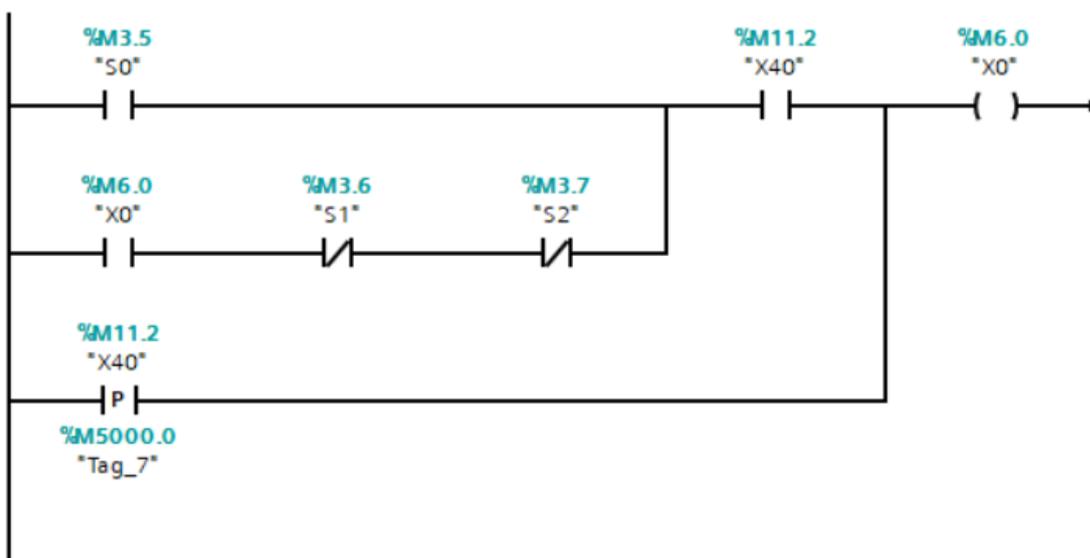
▼ Segmento 36:

Comentario



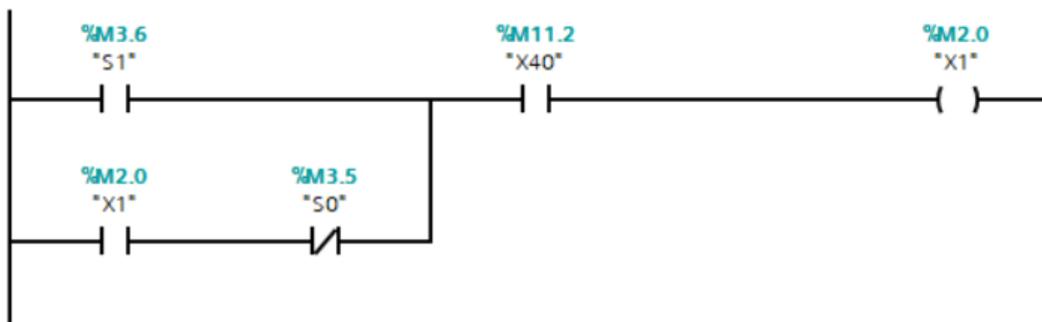
▼ Segmento 37:

Comentario



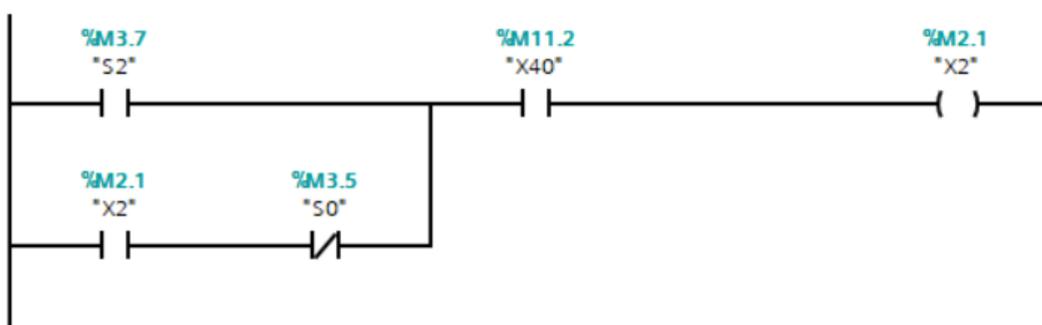
▼ Segmento 38:

Comentario



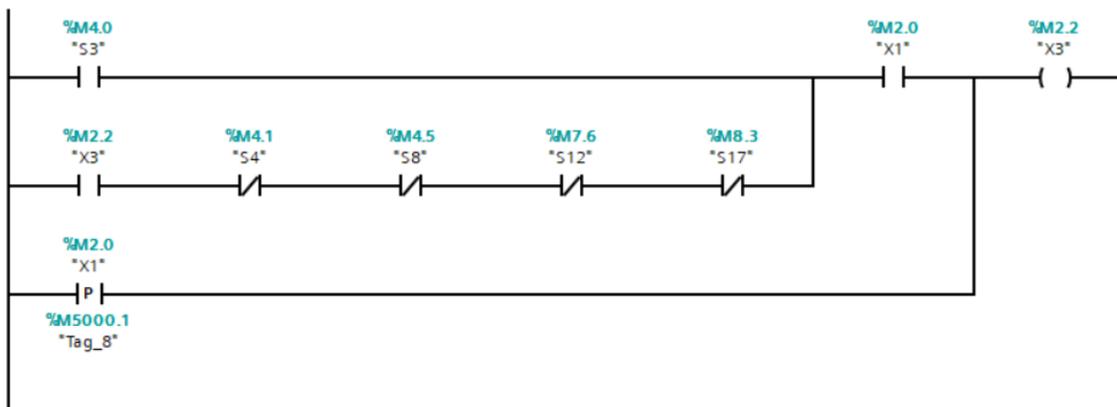
▼ Segmento 39:

Comentario



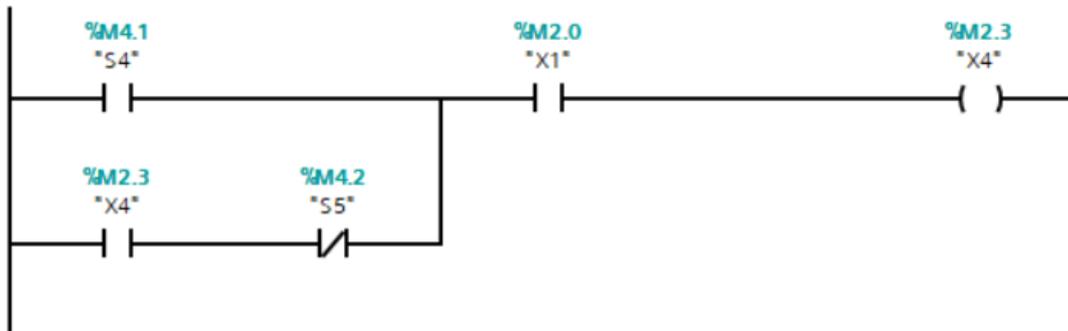
▼ Segmento 40:

Comentario



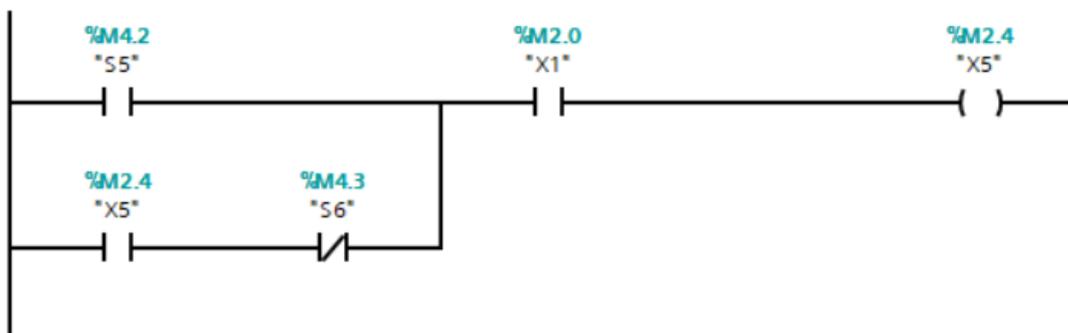
▼ Segmento 41:

Comentario



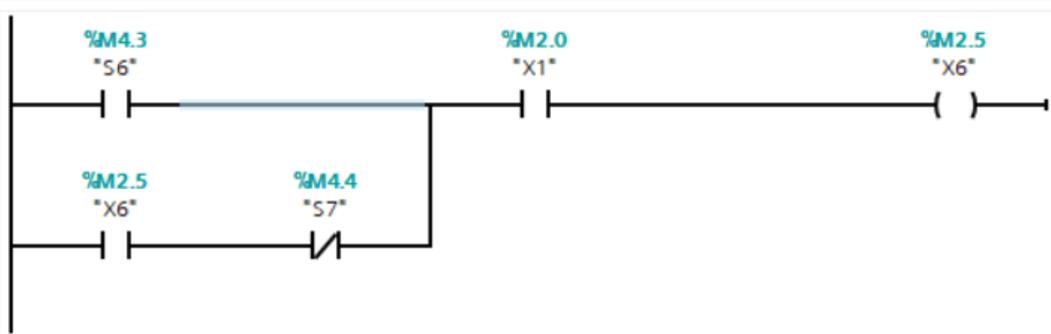
▼ Segmento 42:

Comentario



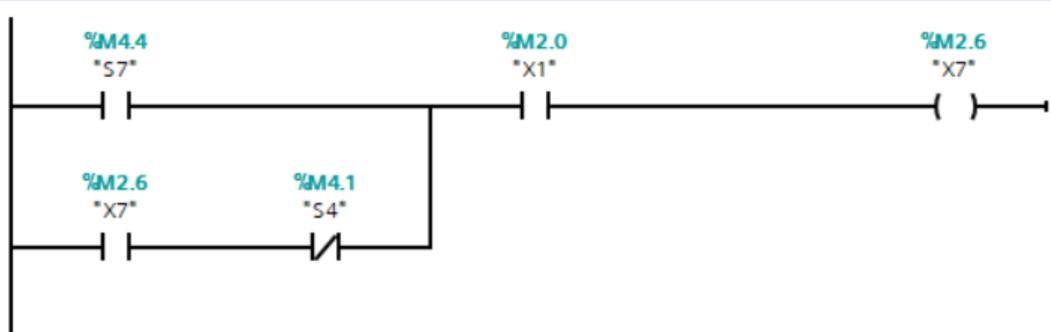
▼ Segmento 43:

Comentario



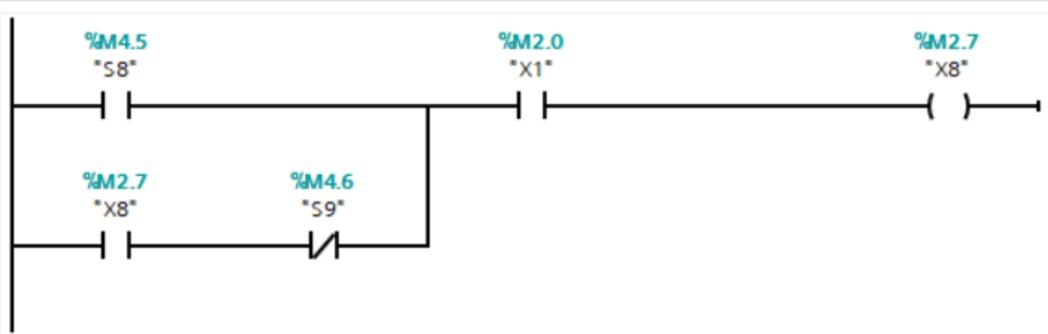
▼ Segmento 44:

Comentario



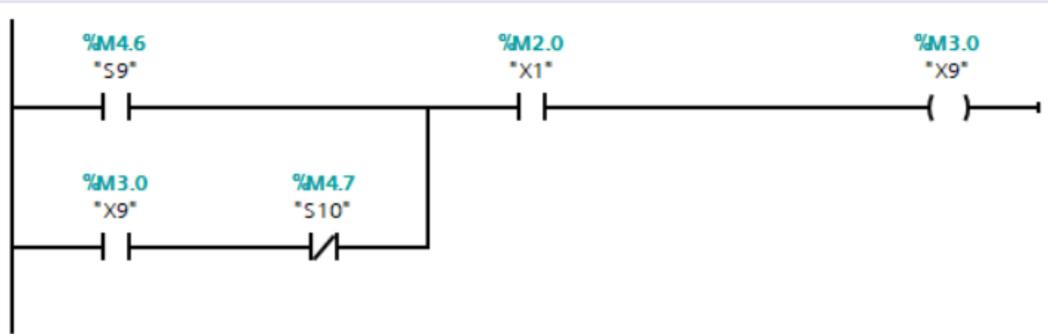
▼ Segmento 45:

Comentario



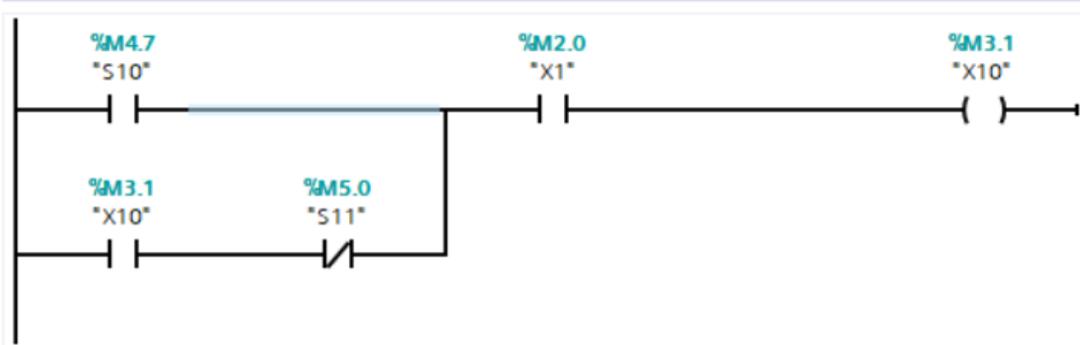
▼ Segmento 46:

Comentario



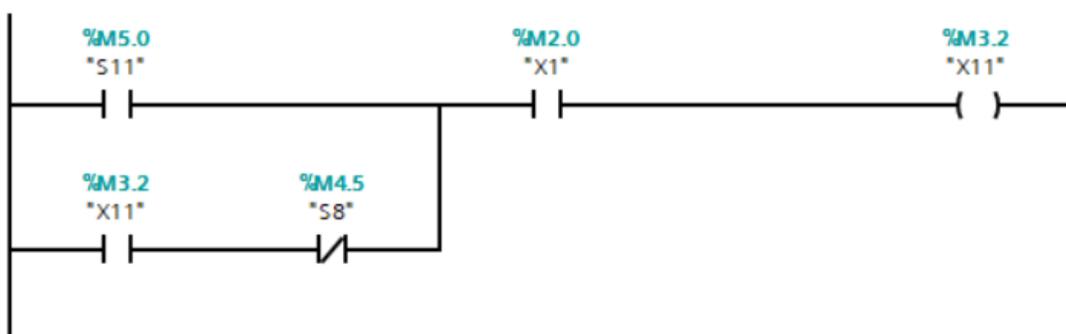
▼ Segmento 47:

Comentario



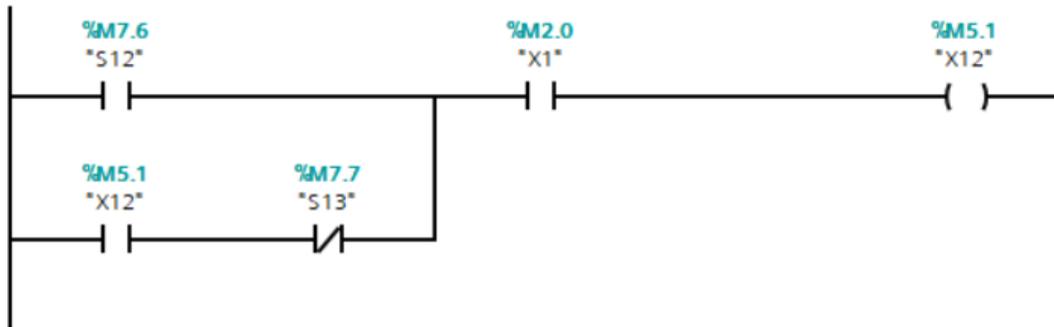
▼ Segmento 48:

Comentario



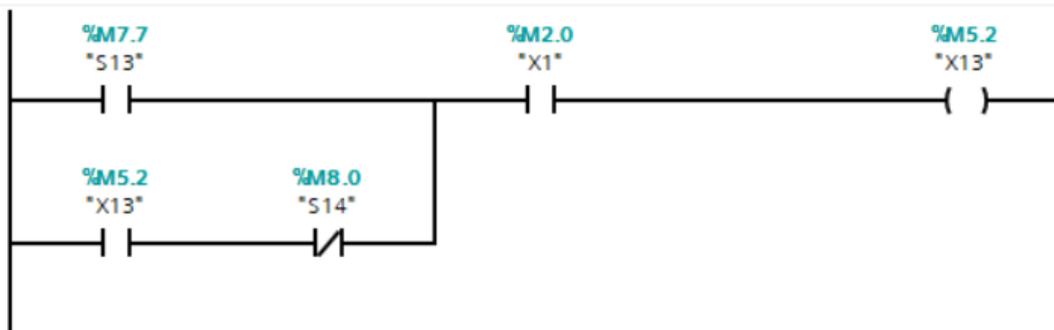
▼ Segmento 49:

Comentario



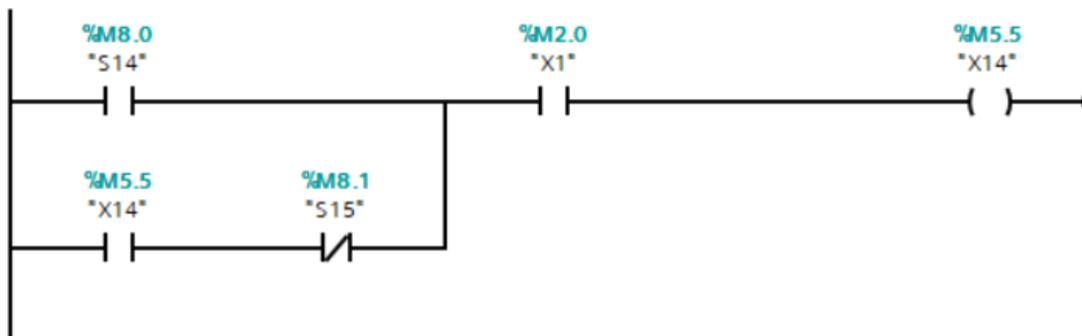
▼ Segmento 50:

Comentario



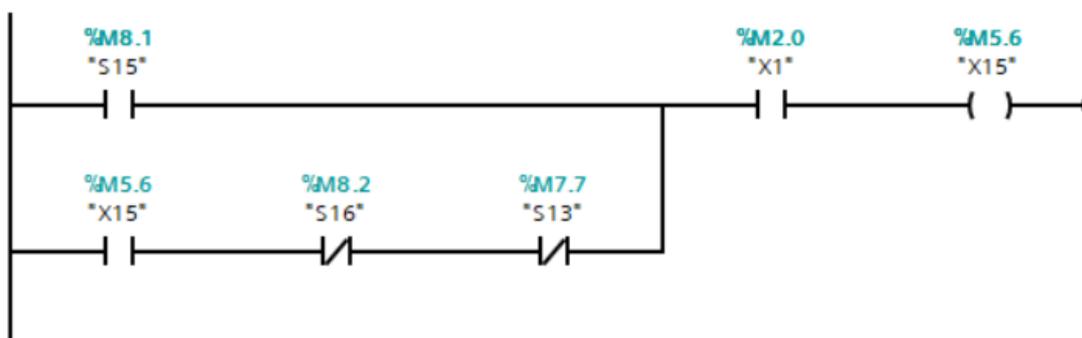
▼ Segmento 51:

Comentario



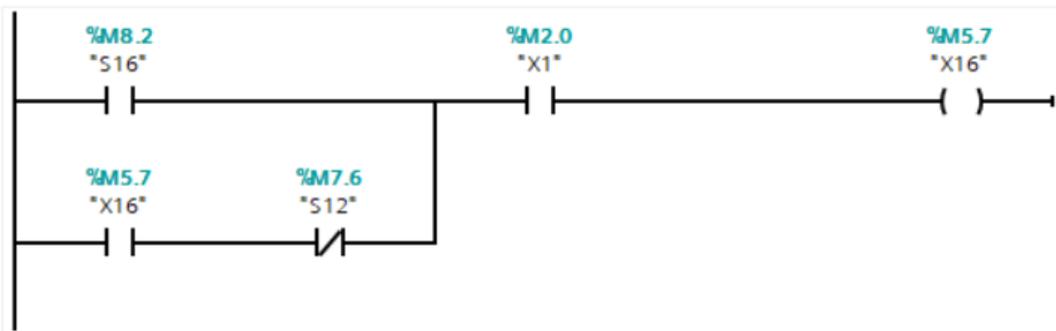
▼ Segmento 52:

Comentario



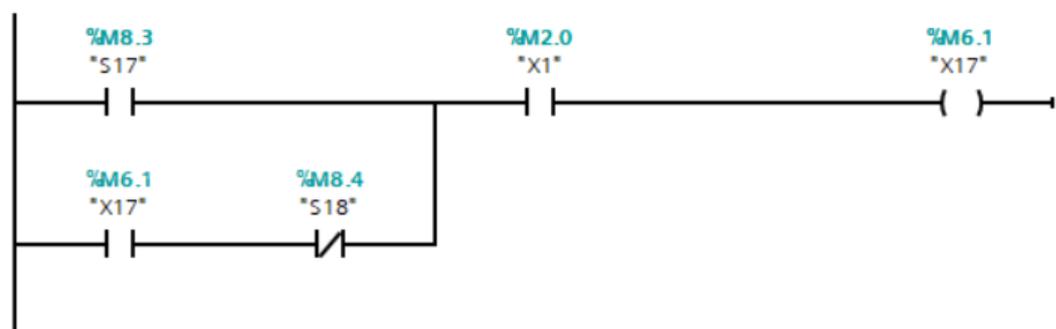
▼ **Segmento 53:**

Comentario



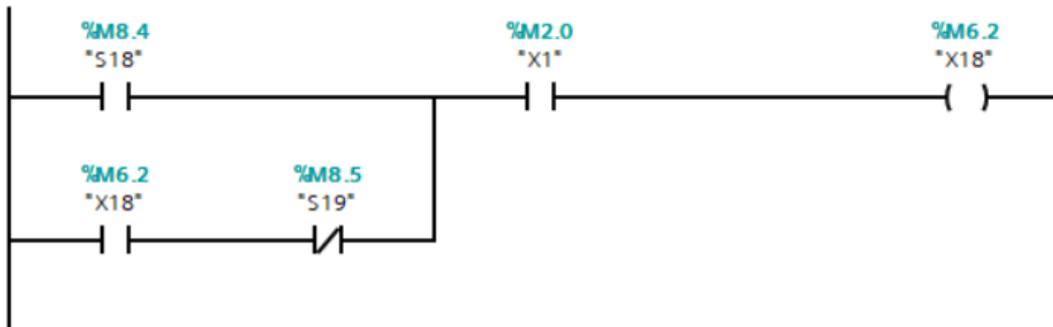
▼ **Segmento 54:**

Comentario



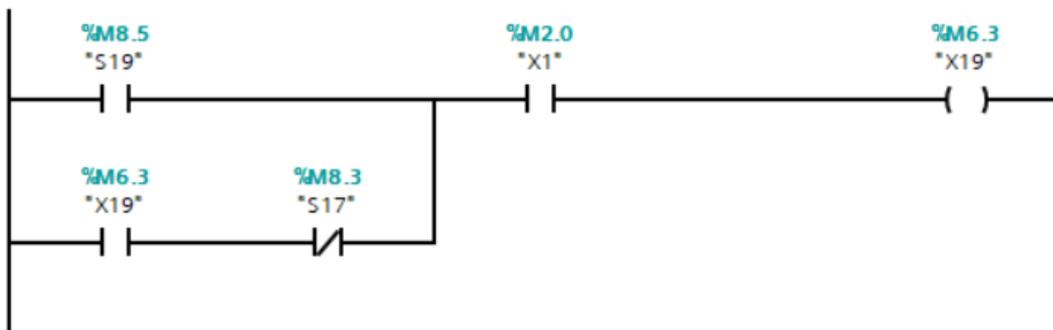
▼ Segmento 55:

Comentario



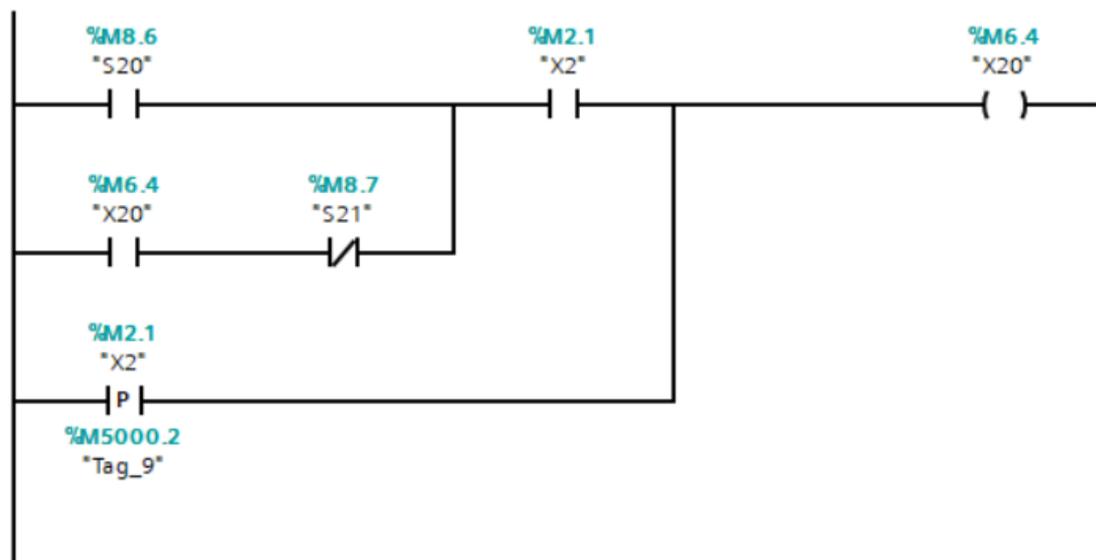
▼ Segmento 56:

Comentario



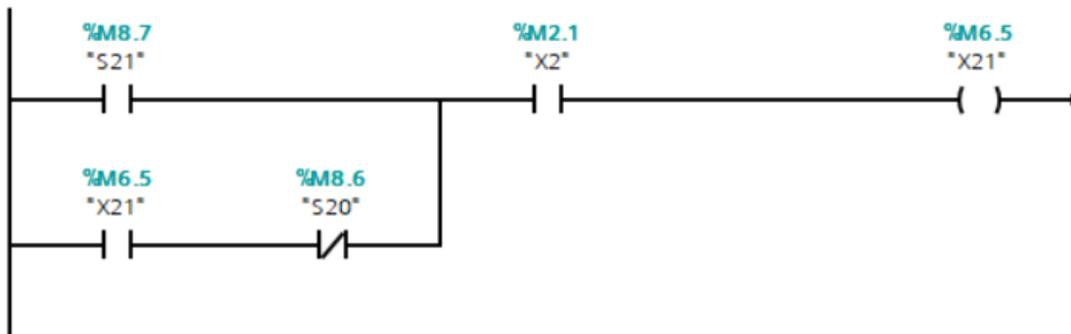
▼ Segmento 57:

Comentario



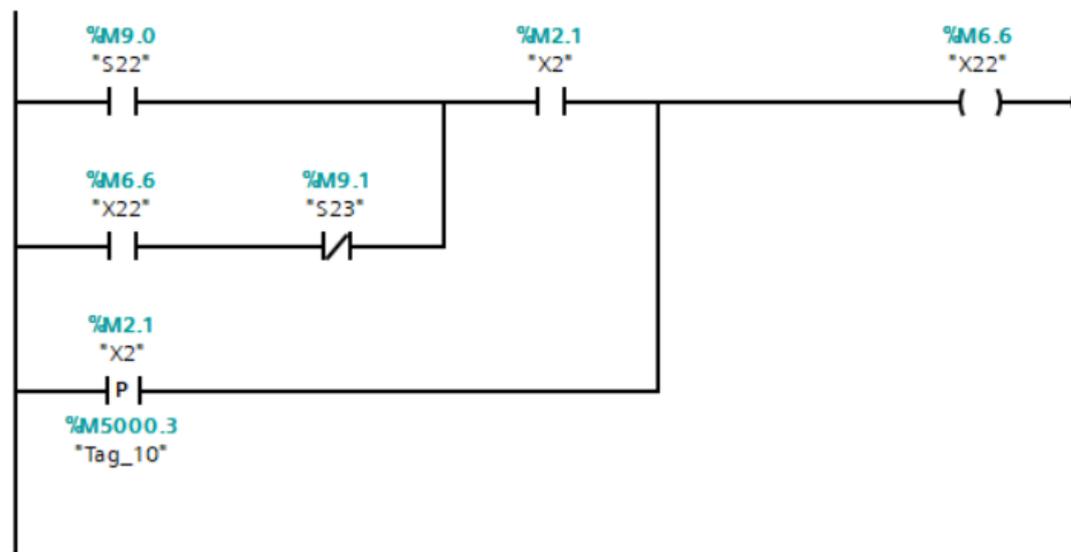
▼ Segmento 58:

Comentario



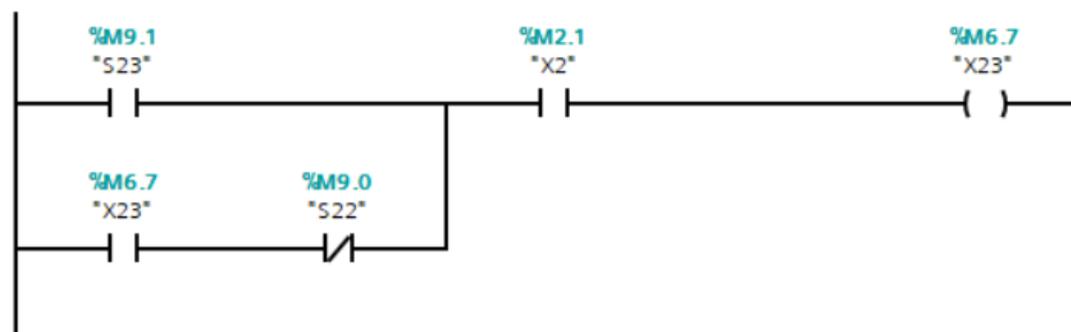
▼ Segmento 59:

Comentario



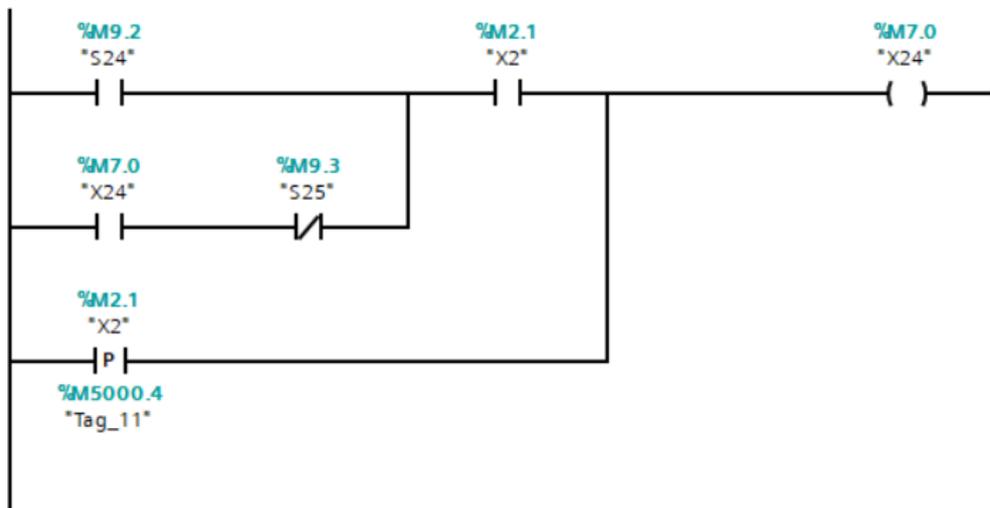
▼ Segmento 60:

Comentario



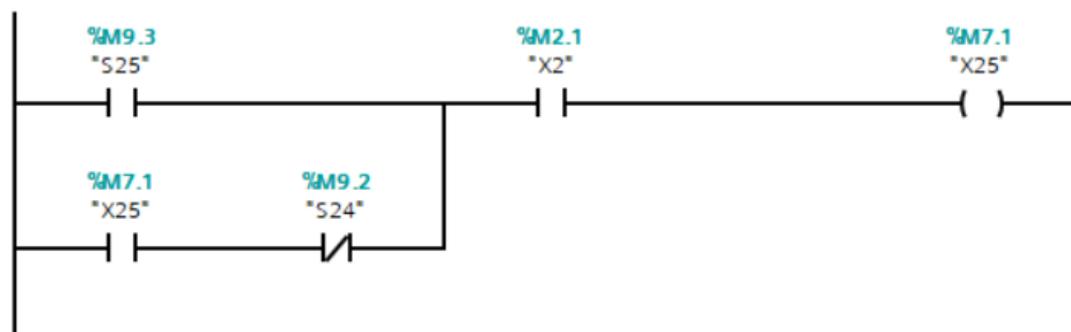
▼ Segmento 61:

Comentario



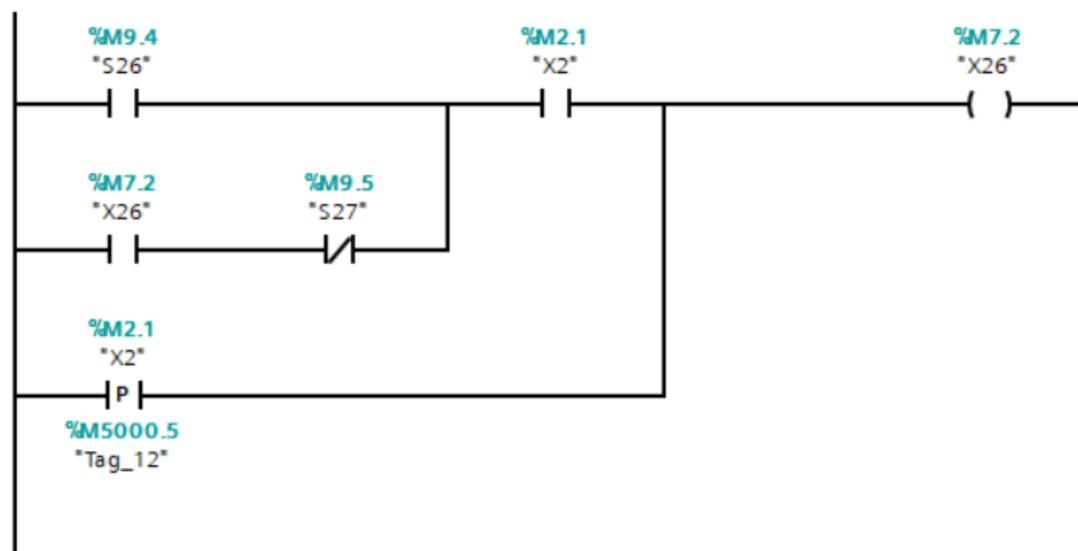
▼ Segmento 62:

Comentario



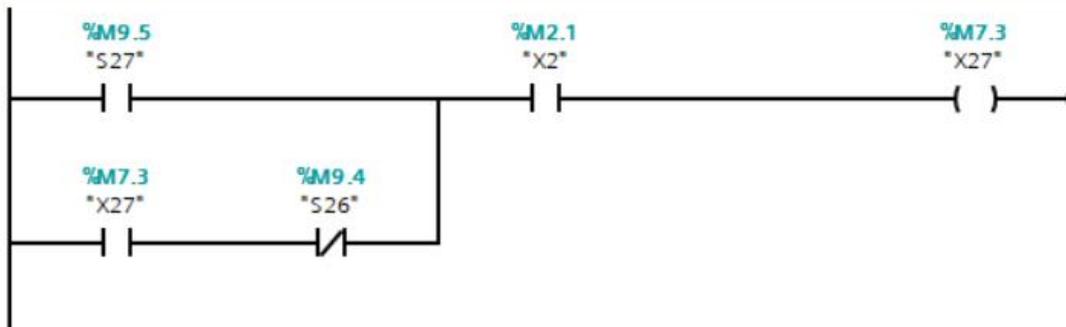
▼ Segmento 63:

Comentario



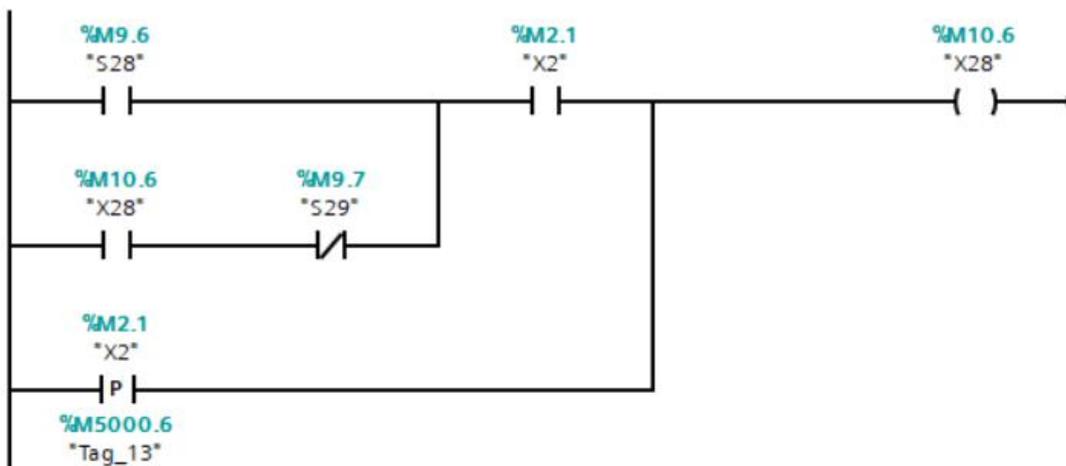
Segmento 64:

Comentario



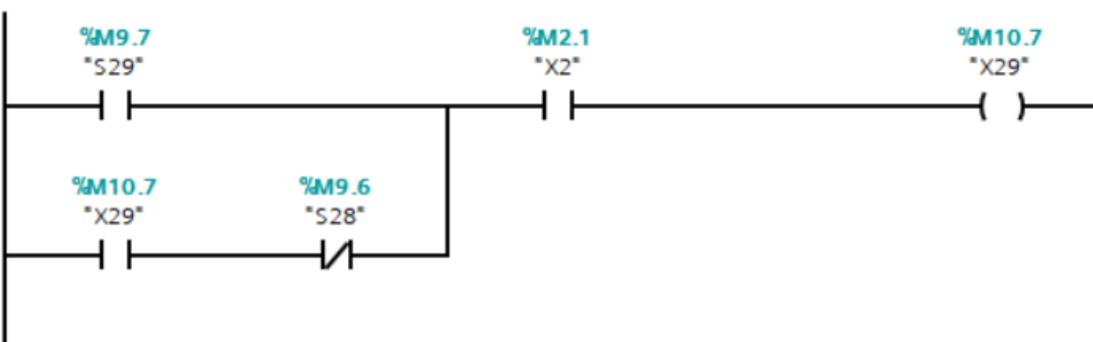
Segmento 65:

Comentario



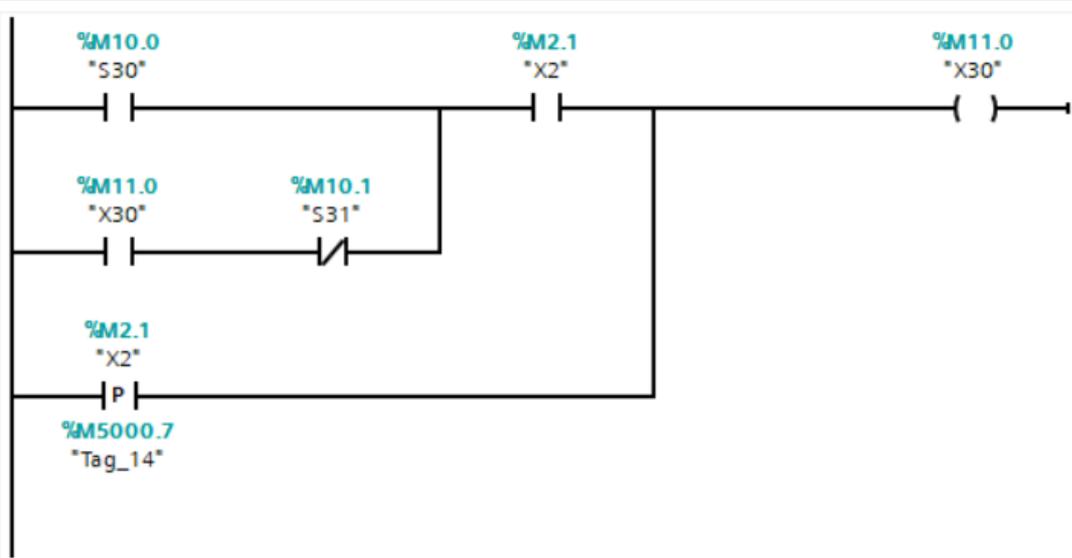
Segmento 66:

Comentario



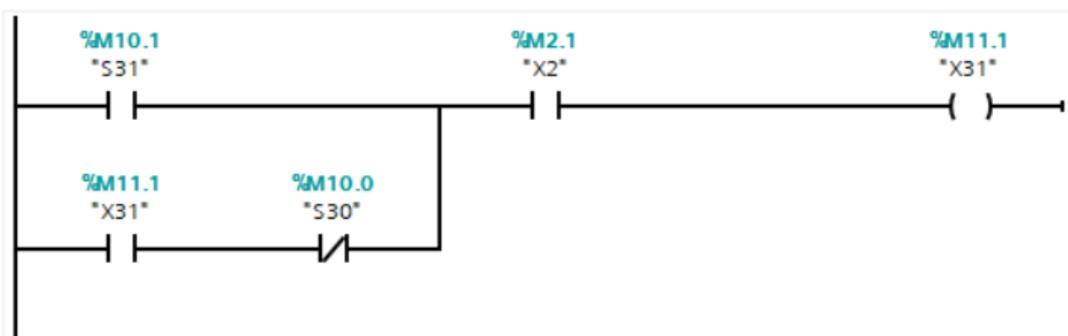
▼ Segmento 67:

Comentario



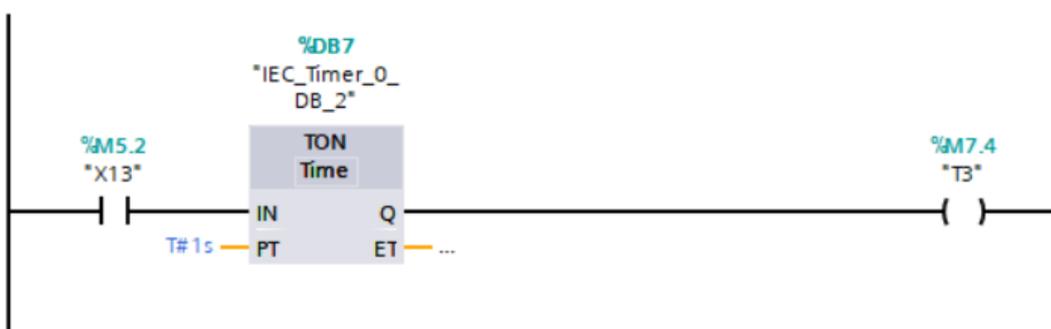
▼ Segmento 68:

Comentario



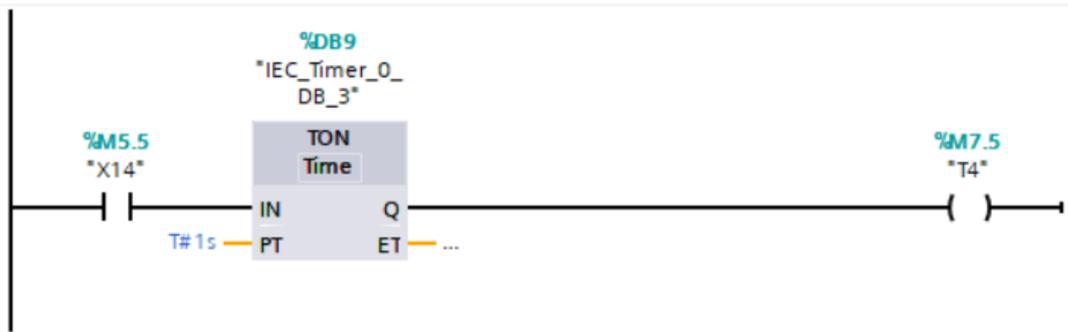
▼ Segmento 69:

Comentario



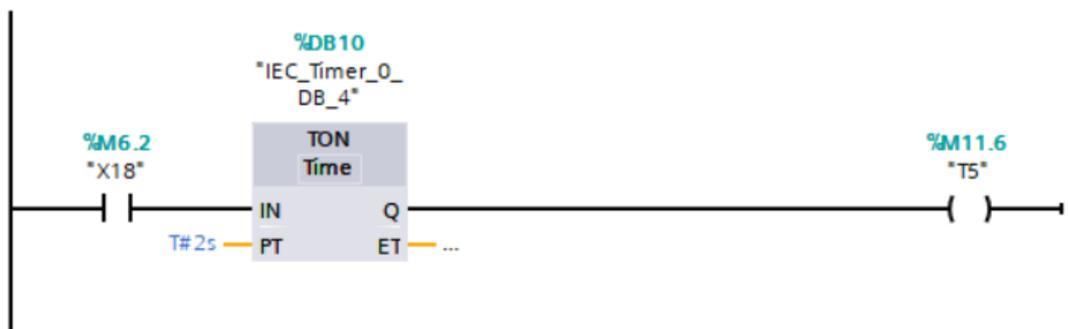
▼ Segmento 70:

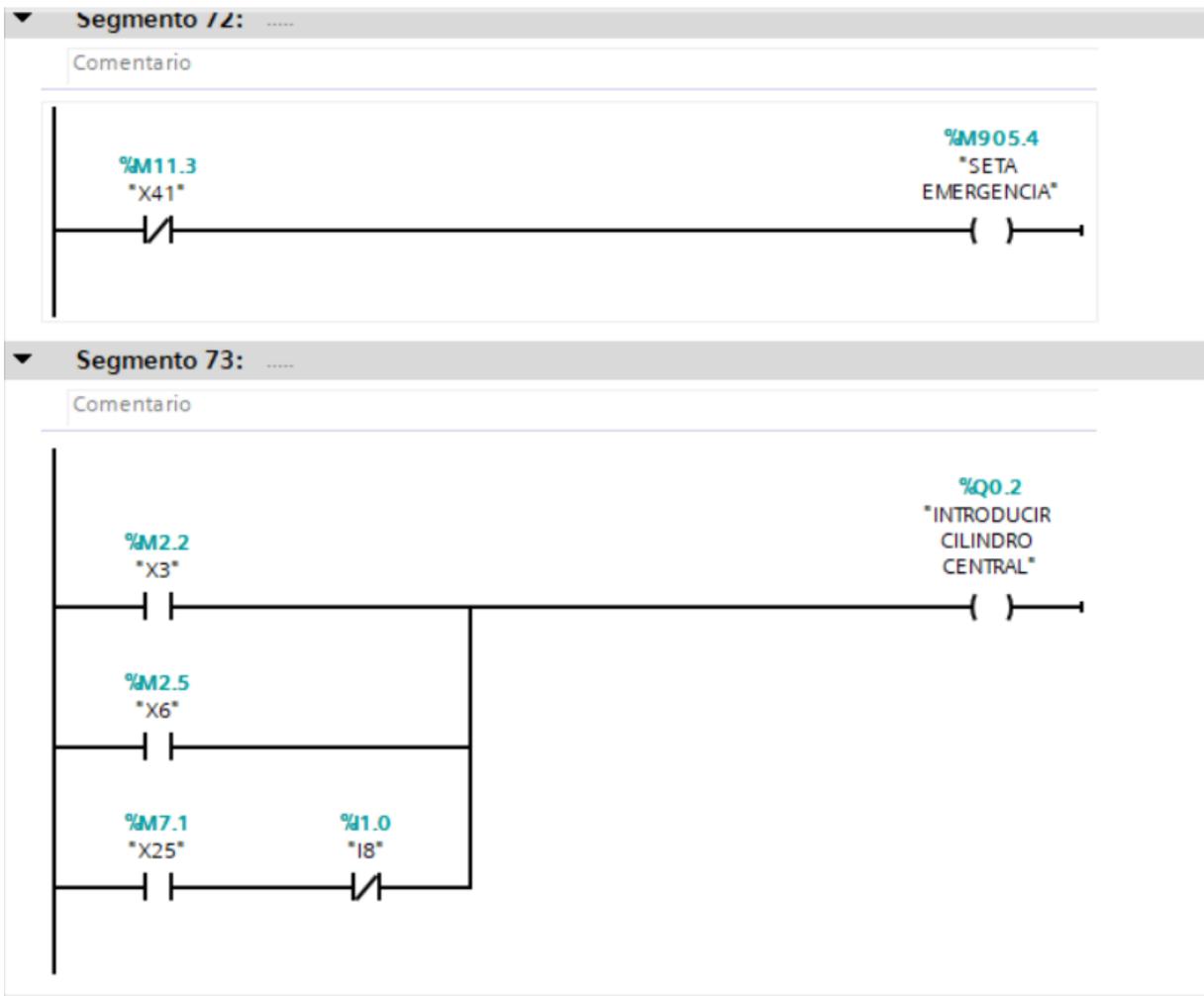
Comentario



▼ Segmento 71:

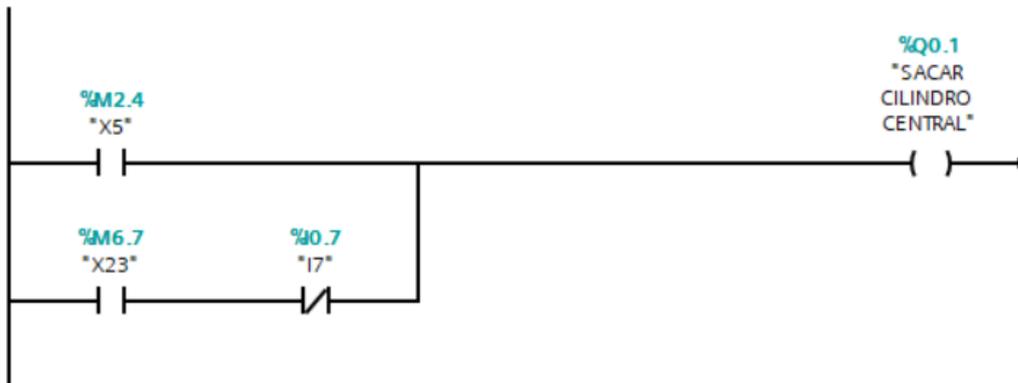
Comentario





▼ Segmento 74:

Comentario



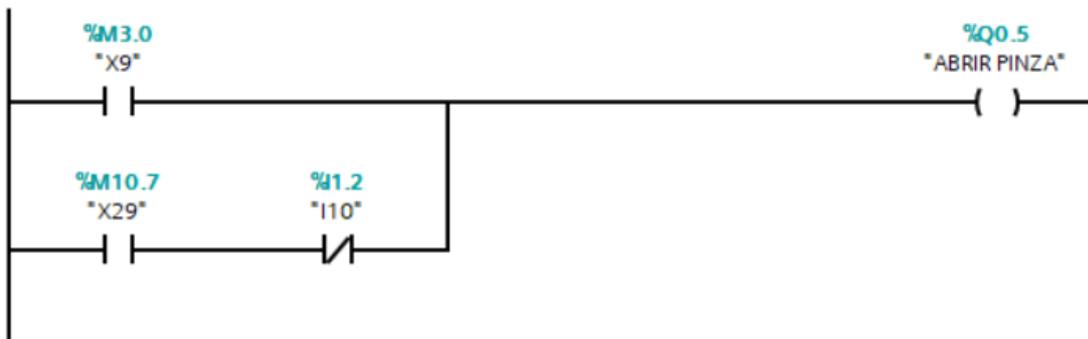
▼ Segmento 75:

Comentario



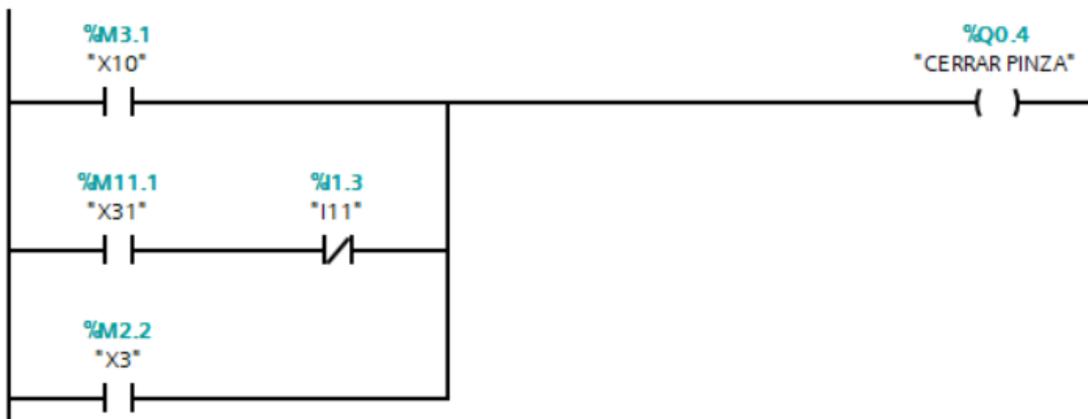
▼ **Segmento 76:**

Comentario



▼ **Segmento 77:**

Comentario



▼ Segmento 78:

Comentario



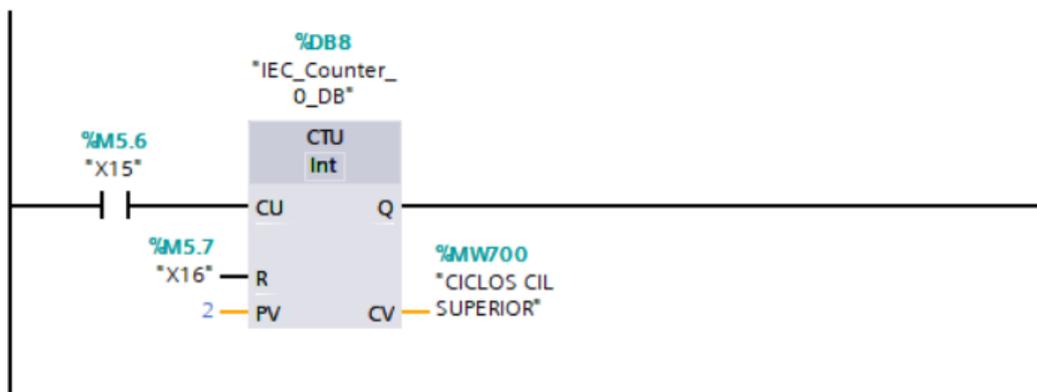
▼ Segmento 79:

Comentario



▼ Segmento 80:

Comentario



▼ Segmento 81:

Comentario



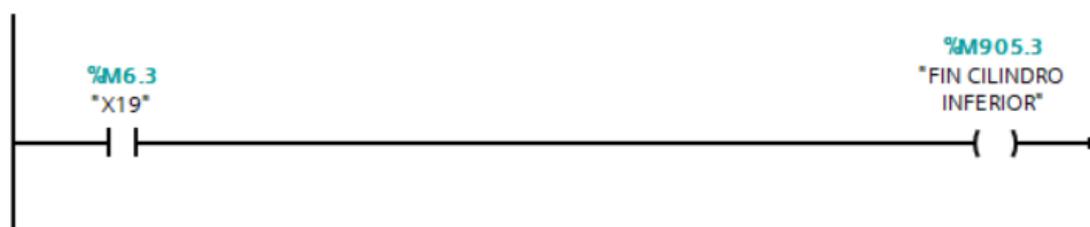
▼ Segmento 82:

Comentario



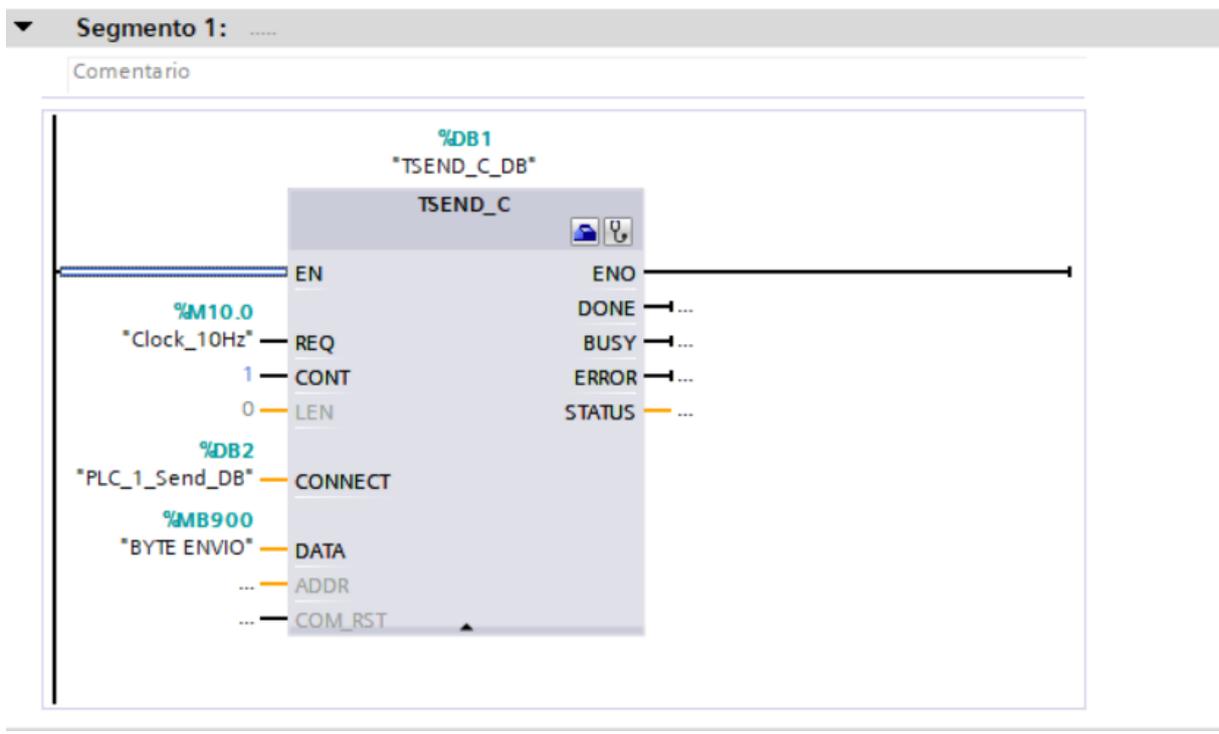
▼ Segmento 83:

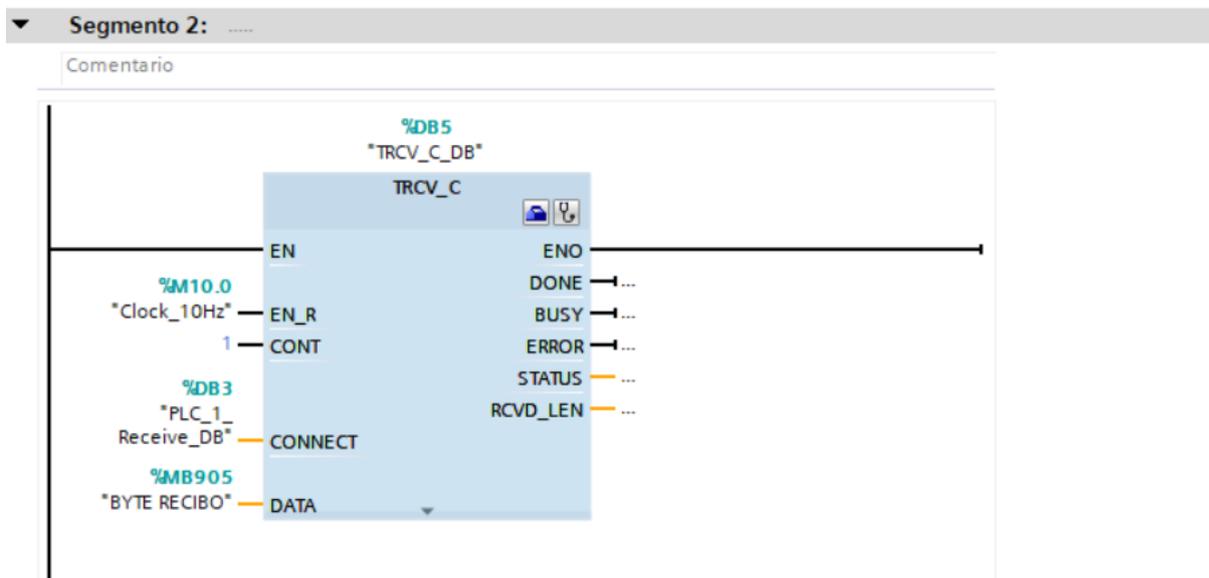
Comentario



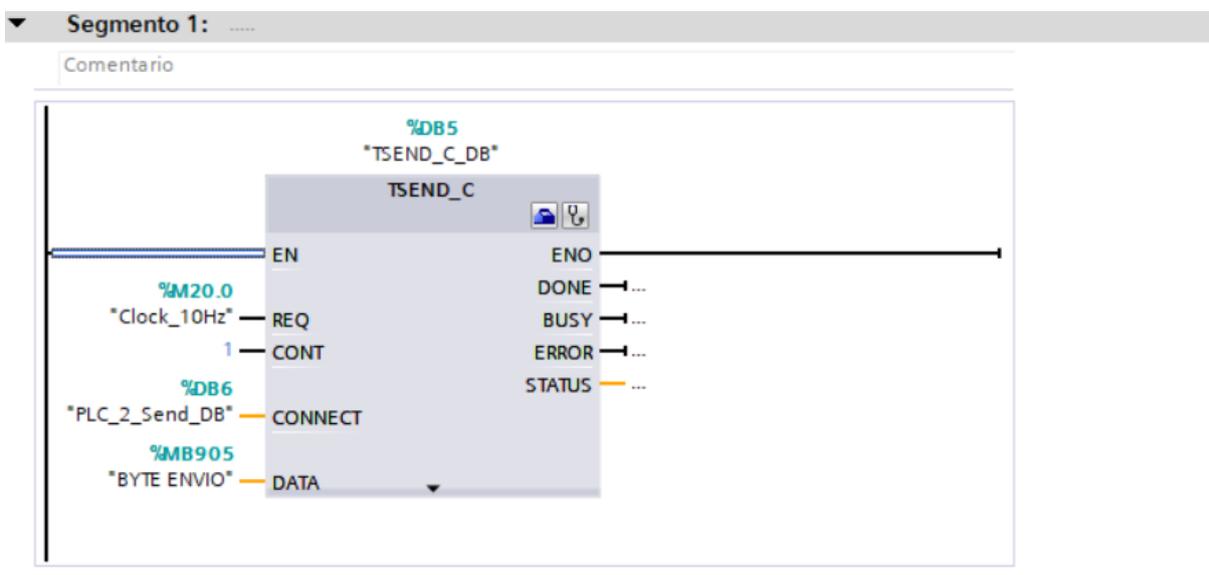
3. COMUNICACIÓN ENTRE AUTÓMATAS

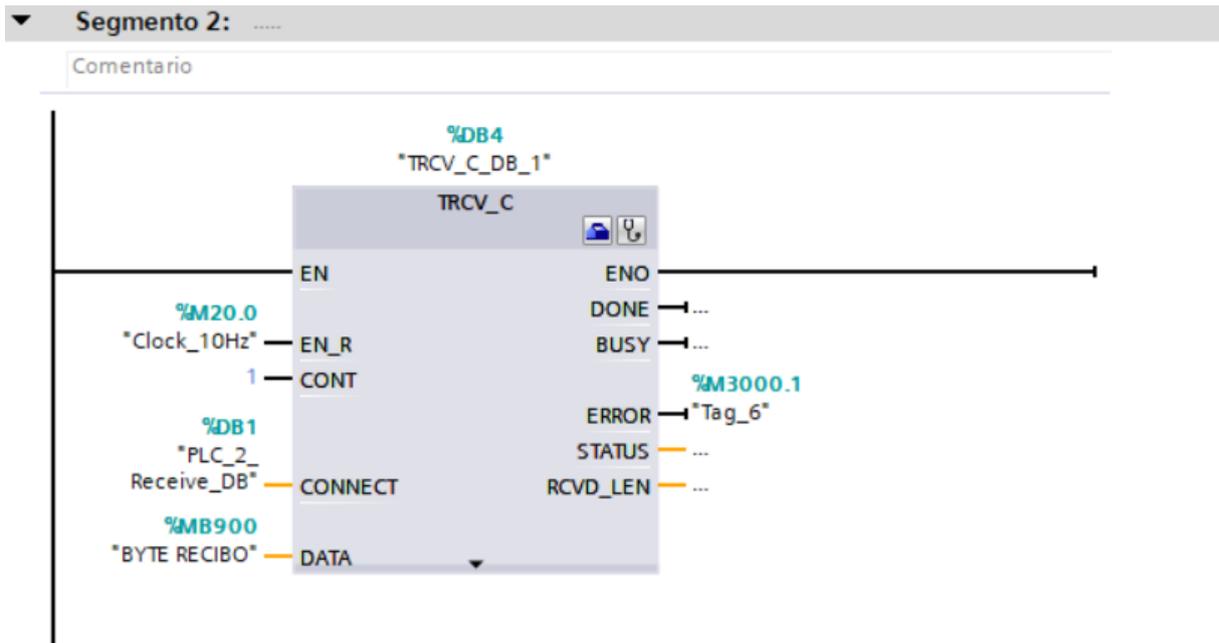
3.1. PROGRAMACIÓN TIA PORTAL LÍNEA INDEXADA





3.2 PROGRAMACIÓN TIA PORTAL CILINDROS NEUMÁTICOS





Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN SCADA

1. PANTALLA DE INICIO

Al arrancar la aplicación SCADA nos encontraremos con la siguiente pantalla

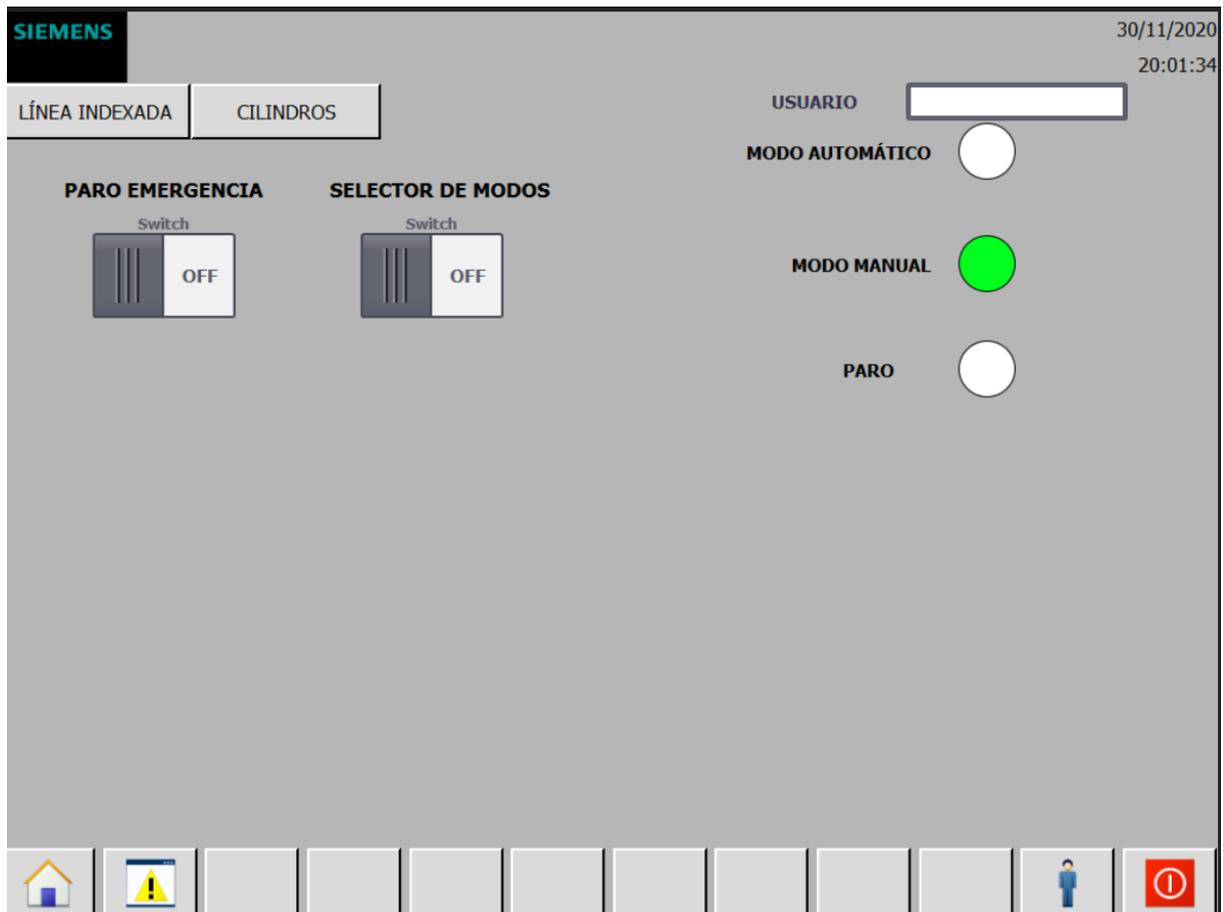


Fig. 24 Funcionamiento SCADA (elaboración propia)

En ella el usuario debe identificarse con su nombre de usuario y contraseña. Se han generado dos usuarios con dos niveles de acceso.



Fig. 25 Icono de usuario (elaboración propia)

Al clicar en este icono nos aparecerá la siguiente ventana:

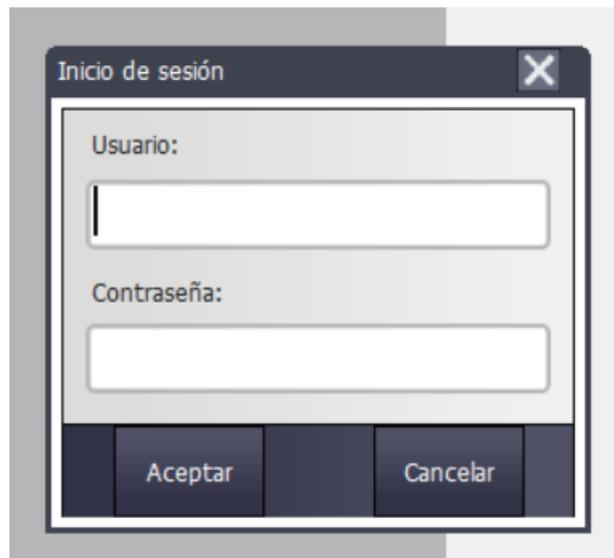


Fig. 26 Identificación en el sistema (elaboración propia)

En ella nos podremos identificar con dos niveles distintos, un usuario del departamento de ingeniería que tendrá acceso total a todas las funcionalidades y registros del sistema y un usuario del departamento de producción que será el operario encargado de las maniobras de las máquinas, en el caso del segundo usuario no habría acceso a las alarmas y registros del sistema, tan sólo podría seleccionar los modos, parar por una emergencia o mover manualmente cada actuador del proceso.

Una vez el usuario se ha identificado el sistema arrancará por defecto en modo manual, puesto que siempre se arranca con la marca M400.1 desactivada, y en el margen derecho superior aparecerá el nombre del usuario registrado en ese momento



Fig. 27 Nombre usuario (elaboración propia)

El usuario del departamento de ingeniería tendrá acceso al registro de eventos y alarmas del sistema a través del pulsador:



Fig. 28 Botón registro alarmas (elaboración propia)

Una vez dentro del registro nos aparecerá la pantalla de avisos no acusados.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.

The screenshot displays a Siemens WinCC RT SCADA interface. At the top left is the Siemens logo. The top right shows the date 30/11/2020 and time 20:06:10. Below the logo are two buttons: 'LÍNEA INDEXADA' and 'CILINDROS'. To the right is a 'USUARIO' field containing 'INGENIERO1'. Below this are three mode selector buttons: 'MODO AUTOMÁTICO' (white), 'MODO MANUAL' (green), and an unlabeled white button. On the left, there are two 'PARO EMERGENCIA' switches, both labeled 'OFF'. In the center, there is a 'SELECTOR DE MODOS' switch, also labeled 'OFF'. A central window titled 'Registro de eventos' displays a table of system events.

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo
A 4	20:05:02	30/11/2020	E	MODO MANUAL	0
A 3	20:05:02	30/11/2020	(E)S	MODO AUTO	0
A 4	20:05:01	30/11/2020	(E)S	MODO MANUAL	0
A 3	20:05:01	30/11/2020	E	MODO AUTO	0
A 4	20:04:59	30/11/2020	E	MODO MANUAL	0
A 3	20:04:59	30/11/2020	(E)S	MODO AUTO	0
!	2	20:04:57	(E)S	PARO EMERGENCIA PANTA...	0
A 3	20:04:57	30/11/2020	E	MODO AUTO	0
!	1	20:04:57	(E)S	PARO DE EMERGENCIA	0

At the bottom of the interface is a navigation bar with icons for home, alarm, and other functions.

Fig. 29 Registro de eventos (elaboración propia)

Aquí se informará de todos los sucesos ocurridos en el sistema, ya sea el paro de emergencia, un cambio de modo o cualquier error en el sistema o en una variable aparecerá registrado aquí con su fecha y hora correspondiente.

2. MODO AUTOMÁTICO

Para seleccionar el modo automático deberá estar desactivado el botón de paro de emergencia, ya que si tuviéramos la seta de emergencia o el botón de paro de emergencia del SCADA activados encontraríamos el testigo luminoso de PARO encendido en rojo y no entrará en funcionamiento ni automático ni manual.

Seleccionado el modo automático con el selector de modos en posición ON, tan sólo deberíamos situar la pieza al principio de la línea indexada y el proceso comenzará de forma autónoma e ininterrumpidamente hasta que se cambie de modo o se produzca una emergencia.

Mientras esté activo el modo automático se mantendrá encendida la luz verde del modo automático.

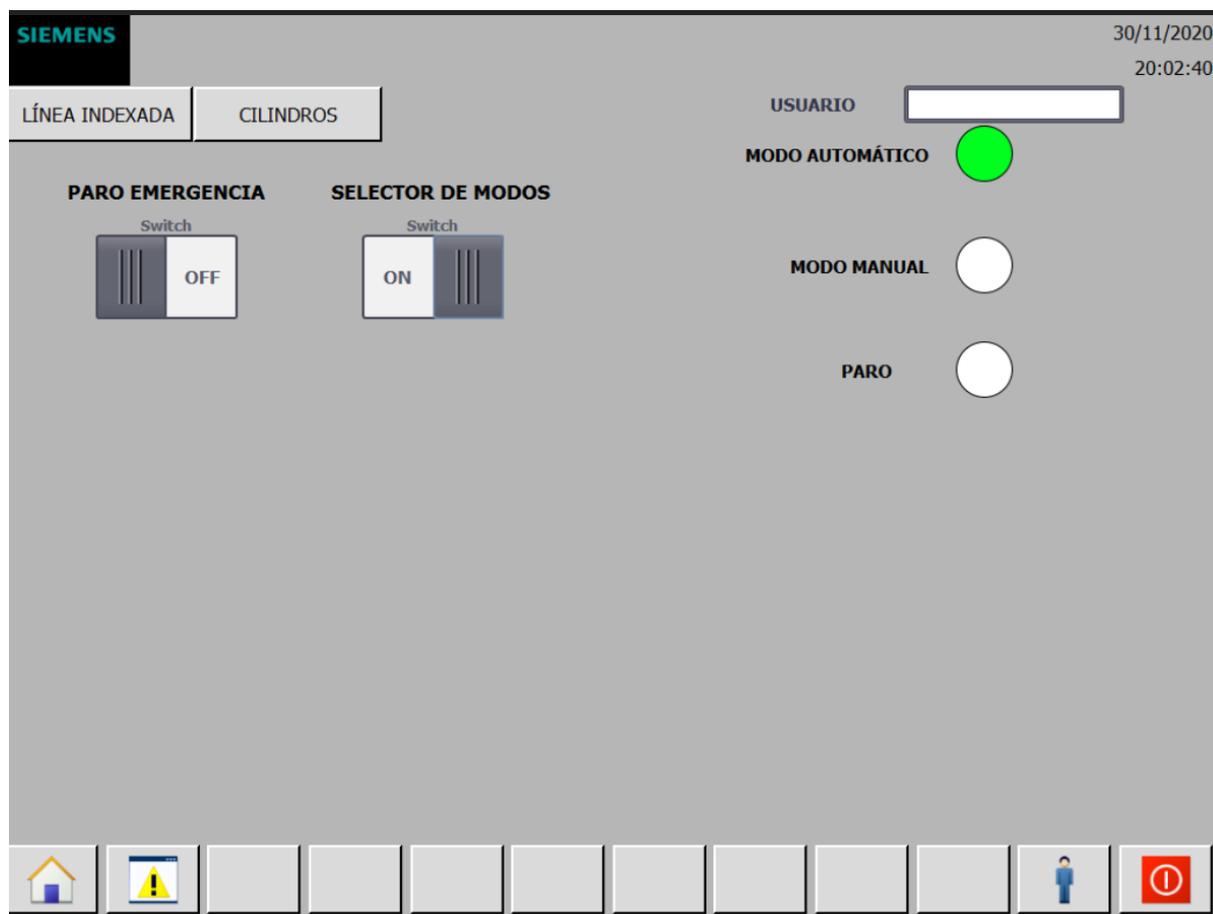


Fig. 30 Modo automático (elaboración propia)

3. MODO MANUAL

Para activar el modo manual se deberá conmutar a OFF el selector de modos, una vez activo se podrán activar todos los actuadores de los dos prototipos de manera independiente.

Para actuar sobre la línea indexada pulsaremos sobre la pestaña LÍNEA INDEXADA en la esquina superior izquierda.

Aparecerá la siguiente pantalla:

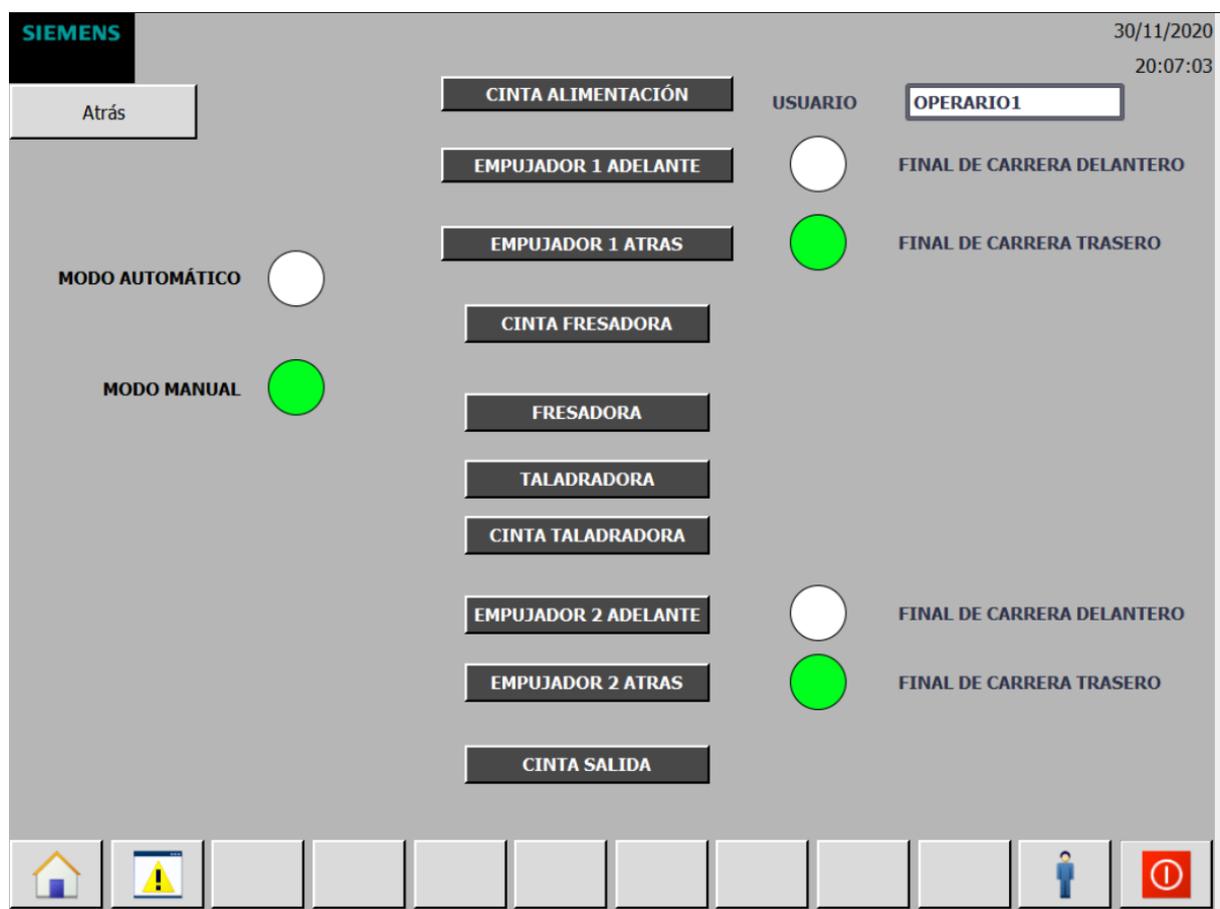


Fig. 31 Modo manual línea (elaboración propia)

Aparecerán un par de testigos luminosos que nos indican en que modo de funcionamiento se encuentra el proceso. Seguidamente nos encontramos con todos los botones de los actuadores de la línea indexada. Este modo de funcionamiento servirá al operario para mover manualmente cualquier parte del proceso en el caso de que hubiera que hacer una modificación o una prueba en alguna parte del proceso. Al lado de los botones de los empujadores se encuentran unos testigos luminosos que estarán de color verde en función de que final de carrera de los empujadores esté activo, dándonos información de la posición del empujador en el caso de que tuviéramos que moverlo

manualmente. Además estos testigos también se iluminarán cuando el proceso se encuentre en modo automático, ofreciéndonos información sobre el estado del sistema.

Para activar los actuadores manualmente el usuario habrá de mantener pulsado el botón para mantener la acción deseada, en el momento que el botón sea soltado el bit se desactivará y la etapa que activa esa acción se desactivará.

Si se quiere manejar los actuadores de los cilindros neumáticos se habrá de pulsar la pestaña de CILINDROS y aparecerá la siguiente pantalla:

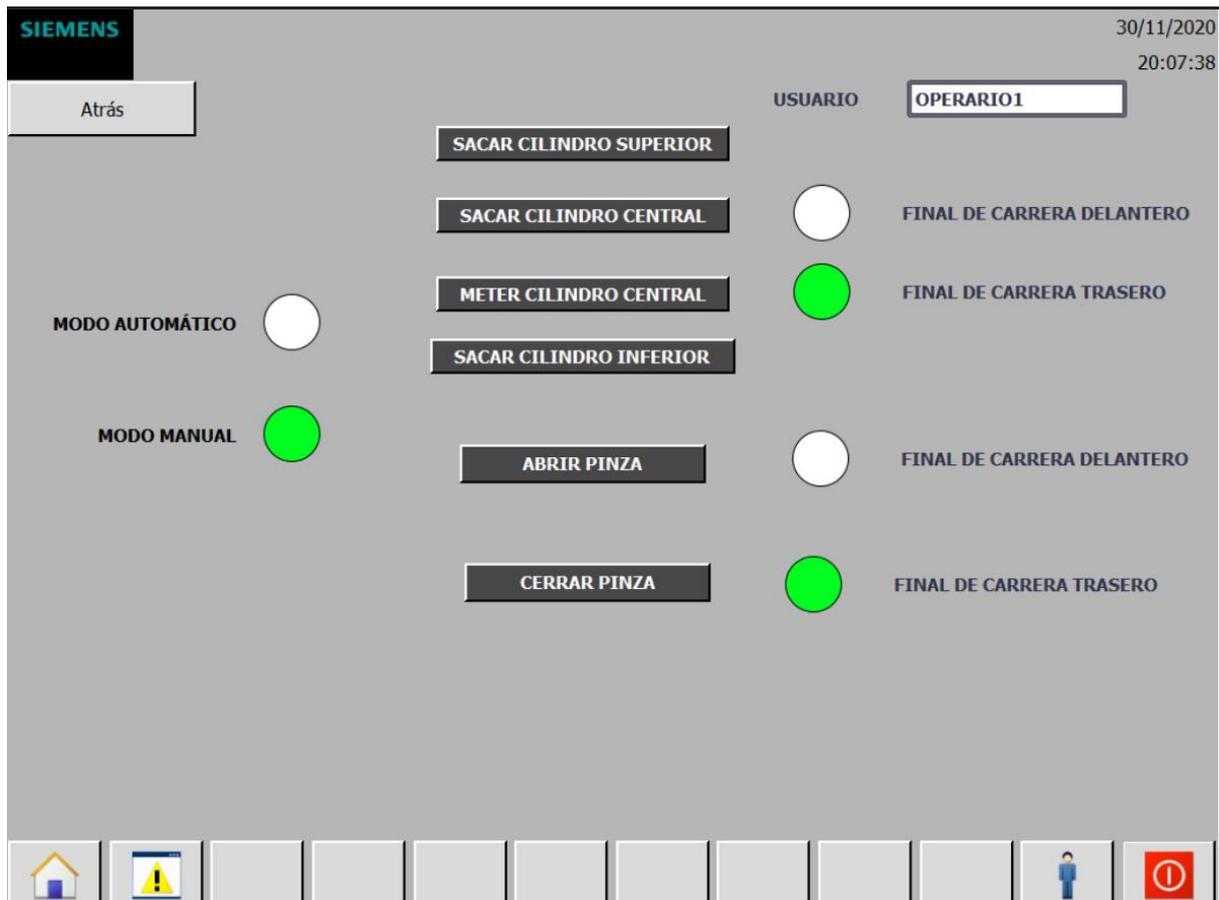


Fig. 32 Modo manual cilindros (elaboración propia)

La pantalla de los cilindros neumáticos es exactamente igual que la de la línea indexada pero con los botones para actuar sobre sus propios actuadores y la forma de activación y desactivación de las acciones es igual que la vista anteriormente.

Nuevamente aparecen unos testigos luminosos a la derecha que nos indicarán en que posición se encuentra el cilindro central y la pinza, para ver en que posición se encuentra el actuador en caso de tener que moverlo manualmente o ver cómo se van moviendo automáticamente en el modo automático.

En ambas pantallas habrá que pulsar la pestaña atrás para volver a la pantalla inicial.

Proyecto de automatización de una planta industrial compleja mediante autómatas S7 1200 conectados en red y desarrollo de aplicación SCADA en WinCC RT.