



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna



**Universidad
de La Laguna**

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Trabajo de Fin de Grado Curso 22/23

Programación de la Estación FAS-216: Almacén automatizado de piezas procesadas

Autores: Carlos Martínez García y Luis Alejandro Oropeza Trujillo
Tutoras: Silvia Alayón Miranda y Marta Sigut Saavedra

Junio de 2023



Agradecimientos:

Antes de empezar la redacción sobre el trabajo, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos han ayudado durante la realización de nuestro Trabajo de Fin de Grado. Este proyecto ha sido un gran desafío para nosotros y no habría sido posible sin la valiosa ayuda de muchas personas.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras tutoras Silvia Alayón Miranda y Marta Sigut Saavedra. Su conocimiento y su compromiso con nuestro crecimiento académico tanto en el Trabajo de Fin de Grado como en las asignaturas del Grado han sido fundamentales para nosotros. Gracias por su paciencia y su motivación constante en conseguir realizar este trabajo. Sin su ayuda habría sido imposible la entrega de este trabajo.

También queremos expresar nuestra gratitud a nuestras familias y amigos por su incondicional apoyo. Una mención especial para Laura Martín, Luis Pedro Martínez, Carla García, Luis Martínez, Verónica Trujillo, Luis Oropeza, Nico Oropeza y Fani Molina. Su comprensión y sus ánimos nos han impulsado a superar los momentos difíciles y a mantenernos enfocados en nuestro objetivo final.

Asimismo, deseamos agradecer a nuestros compañeros y compañeras de clase, en especial a Miguel, Yaky y Ricardo después de tantos años juntos compartiendo grandes momentos. En especial agradecer también a nuestros compañeros de proyecto: Arcia, Aarón y Andrés, con los que hemos compartido mucho tiempo realizando nuestro trabajo final de Grado y cuya ayuda ha sido muy importante para nosotros.

Además, queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento a todos los profesores y profesoras que nos han brindado su tiempo y conocimientos en diversas consultas. Una mención especial al técnico del laboratorio D. Manuel Fernández Vera y al profesor D. Jonay Toledo Carrillo. Su ayuda ha sido crucial para resolver muchos imprevistos.

Por último, pero no menos importante, deseamos agradecer a nuestra universidad, por brindarnos una educación de calidad y la oportunidad de llevar a cabo este proyecto.

Esperamos que nuestro trabajo pueda ser una pequeña contribución al campo de la ingeniería y a la comunidad académica. Gracias nuevamente por confiar en nosotros y por su continuo respaldo y ayuda.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivo del Trabajo Fin de Grado (TFG)	4
1.2 Breve descripción de la maqueta	4
1.3 Justificación	5
2. ANTECEDENTES	7
2.1 Maquetas para simulación industrial	7
2.2 Herramientas software de Simulación en Automatización	9
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA FAS-200	12
3.1 Componentes neumáticos	13
3.2 Componentes eléctricos	14
3.3 Comunicaciones	19
4. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA PLANTA FAS-200	20
5. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN FAS 216 - ALMACÉN DE PIEZAS.	24
5.1 Elementos propios de la estación FAS-216	25
5.2 Sensores	27
5.3 Actuadores	31
6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	36
6.1 Guía GEMMA	36
6.2 GRAFCET	37
6.3 Lenguaje KOP	39
6.4 Comunicaciones	42
7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA GEMMA PARA LA ESTACIÓN	43
7.1 Diseño de la Guía GEMMA	44
7.1.1 Estados incluidos en la Guía GEMMA	44
7.1.2 Estados no incluidos en la Guía GEMMA	47
7.2 Implementación de la Guía GEMMA	48
7.2.1 GRAFCETS DISEÑADOS PARA LA ESTACIÓN FAS-216	48
7.2.2 Código en KOP	50
8. COMUNICACIONES	51
9. RESULTADOS	53
10. PROBLEMAS ENCONTRADOS:	55
11. POSIBLES MEJORAS DE LA ESTACIÓN	57
12. PROPUESTA GUIONES DE PRÁCTICAS	58
13. PRESUPUESTO	59
CONCLUSIONES	60
REFERENCIAS	64
ANEXOS	67



RESUMEN

En la industria moderna, la automatización está experimentando un crecimiento constante. Las tareas sencillas en los procesos industriales como el almacenamiento, el traslado de materiales, etc. pueden ser mucho más eficaces gracias a esta rama de la ingeniería: la automatización. Es por este motivo que se considera cada vez más importante la implementación de sistemas automatizados.

En este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se pondrá en marcha y se programará una de las tres estaciones de la maqueta industrial FAS-200 de la compañía SMC, adquirida por el Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas para la docencia en asignaturas de Automatización. Concretamente, se trabajará con la estación FAS-216.

El TFG abarca el estudio de la estación, la programación de un ciclo básico de funcionamiento, la realización de la guía GEMMA, la programación en KOP de todos los estados considerados en ella, y la implementación de las comunicaciones con las otras estaciones.

De esta manera, estaremos realizando un proyecto automatizado, donde aplicaremos los conocimientos adquiridos durante el Grado en un caso práctico como es el sistema de un almacén automatizado.

ABSTRACT

In the modern industry, automation is constantly growing. Simple tasks in industrial processes such as storage, material transfer, etc. can be made much more efficient thanks to this branch of engineering: automation. It is for this reason that the implementation of automated systems is considered increasingly important.

In this Final Degree Project (TFG) one of the three stations of the industrial model FAS-200 of the company SMC, acquired by the Department of Computer and Systems Engineering for the teaching of Automation subjects, will be implemented and programmed. Specifically, we will work with the FAS-216 station.

The TFG covers the study of the station, the programming of a basic cycle of operation, the realization of the GEMMA guide, the programming in KOP of all the states considered in it, and the implementation of the communications with the other stations.

In this way, we will be carrying out an automated project, where we will apply the knowledge acquired during the degree in a practical case such as an automated warehouse system.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del Trabajo Fin de Grado (TFG)

El objetivo del TFG se enfoca en el estudio y la programación de la estación FAS-216, de la marca SMC. En concreto, la estación se trata de un almacén automatizado. Se realizará la programación de un ciclo básico de funcionamiento donde se procesarán las piezas. Además, se incluye la realización de la guía GEMMA, junto con la programación de todos los estados considerados en ella y la implementación de las comunicaciones con las otras estaciones. Finalmente, se valorará su uso como práctica docente, y se propondrán experiencias prácticas de diversa dificultad para alumnos de automatización.

1.2 Breve descripción de la maqueta

En este TFG se trabaja con una planta ubicada en el laboratorio de automatización de la Universidad de La Laguna. Está compuesta por 3 estaciones tal y como se puede observar en la figura 1, siendo la tercera estación, que se encuentra en el extremo izquierdo de la figura 1, el objeto de este proyecto.



Figura 1: Planta FAS-200



Esta estación, denominada FAS-216, dispone de un brazo neumático-eléctrico tridireccional con actuadores y sensores que recoge una pieza cuando llega al almacén. El brazo debe depositar las piezas en una posición concreta, especificada por programación, y también extraerlas cuando el operario lo requiera.

1.3 Justificación

La estación abordada en el presente TFG es un almacén automatizado. Este elemento es un aspecto básico en cualquier empresa, industria o proyecto en ingeniería [1, 2], ya que:

1. Los almacenes permiten llevar a cabo el seguimiento de lo que se está almacenando en un proceso industrial.
2. Los almacenes sirven para mantener las propiedades de los productos de un determinado proceso.
3. Los almacenes en el sector de ingeniería pueden ayudar también a reducir en gran medida el tiempo de inactividad de un determinado proceso industrial.
4. Los almacenes pueden tener también un rol fundamental en la optimización del flujo de trabajo.

El presente TFG aborda el análisis del control del almacén desde el punto de vista de la simulación. La simulación es muy importante en el campo de la ingeniería, ya que permite crear una serie de representaciones o modelos que pueden ser utilizados para analizar y mejorar cualquier proceso industrial [3,4]. Existen varios tipos de simulación, siendo los tres más comunes los siguientes [5,6]:

1. Simulación con modelos matemáticos para estudiar el comportamiento de un determinado proceso. Este tipo de simulación suele utilizarse en la Ingeniería de Control.
2. Simulación basada en herramientas software. Estos paquetes software de simulación permiten la creación de modelos muy variados con diferentes objetivos. Se suelen emplear en ramas como la de Ingeniería Electrónica o Ingeniería Informática.
3. Simulación física realizada a través de maquetas a escala. Con estas maquetas se puede verificar el diseño, comportamiento, viabilidad y futuros costes de un determinado producto. Este es justamente el tipo de simulación empleada en el presente TFG, ya que la estación abordada es una maqueta a escala de un almacén.



Por lo tanto, dedicar un TFG al estudio y puesta en marcha de una estación de trabajo con fines docentes, concretamente sobre la automatización de un almacén, está plenamente justificado.



2. ANTECEDENTES

En este apartado se repasan diferentes herramientas de simulación en Automatización, que es la temática abordada directamente en este TFG. En el ámbito de la ingeniería moderna, la simulación desempeña un papel indispensable, ya que permite a los profesionales del sector comprobar y validar diseños antes de llevarlos a una producción en masa o de construirlos a escala real [5]. La estación FAS-216 es un ejemplo de cómo la simulación física puede aplicarse en la ingeniería de hoy en día.

2.1 Maquetas para simulación industrial

En el entorno educativo se pueden encontrar desarrollos basados en maquetas muy variados. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Planta FESTO[7]: Esta planta está ubicada en el laboratorio “Profesor Lorenzo Moreno Ruiz” en la Escuela Superior de Ingeniería (ESIT) de la Universidad de la Laguna (ULL). Actualmente se emplea para la docencia de asignaturas de automatización del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la ULL (figura 2). En estas prácticas los alumnos se encargan de automatizar las cinco estaciones que componen la planta y la comunicación entre ellas. Además, esta planta ha sido objeto de estudio en varios TFGS [8].



Figura 2: Estaciones de la planta FESTO



- Maqueta de línea de ensamblaje: Esta maqueta (figura 3), diseñada por la empresa “nosolomaquetas” [9], simula una línea de ensamblaje de una fábrica de helicópteros automatizada. Con ella, los estudiantes pueden aprender sobre el control de procesos, la programación de elementos y la comunicación entre distintas estaciones de la cadena de producción .



Figura 3: Maqueta de línea de ensamblaje. Imagen extraída de [9].

- Maqueta de tratamiento de aguas: Esta maqueta, realizada por la empresa “maquetasarquitectonicas” [10], se encarga de simular una planta de tratamiento de aguas automatizada, donde los estudiantes encargados de programarla pueden aprender sobre el control de procesos y la gestión de residuos de una planta de este tipo (figura 4).



Figura 4: Maqueta de la planta de tratamiento de aguas. Imagen extraída de [10]



- Maqueta de una planta embotelladora: Esta maqueta, cuyo fabricante es “Maquetas y tareas PR” [11], simula una planta embotelladora automatizada. Con ella, los estudiantes trabajan el control de procesos, la monitorización de un almacén y la resolución de los problemas propios de este entorno industrial (figura 5).



Figura 5: Maqueta de una planta embotelladora. Imagen extraída de [11]

2.2 Herramientas software de Simulación en Automatización

La simulación vía software hoy en día tiene un gran impacto en la enseñanza de Automatización. Algunos programas software de simulación con fines educativos en esta área de ingeniería son los siguientes:

- Factory IO[12]: Factory IO es un software de simulación 3D de plantas industriales creado por la empresa Real Games. Este software permite a sus usuarios trabajar con el modelo 3D de una planta industrial (una fábrica, por ejemplo) y controlar dicho modelo con un autómatas programable real o simulado. Sus librerías ofrecen muchos elementos típicos industriales, como brazos eléctricos, cintas transportadoras, sensores, actuadores, etc (figura 6).



Figura 6: Software Factory IO. Imagen extraída de [12]

- Ciros [7]: Ciros es un software de simulación 3D enfocado a la educación creado por la empresa FESTO[7], el mismo fabricante que la planta mencionada anteriormente disponible en la ULL. Este software permite trabajar únicamente con modelos 3D de sus plantas físicas educativas, tal y como se puede ver en la figura 7.

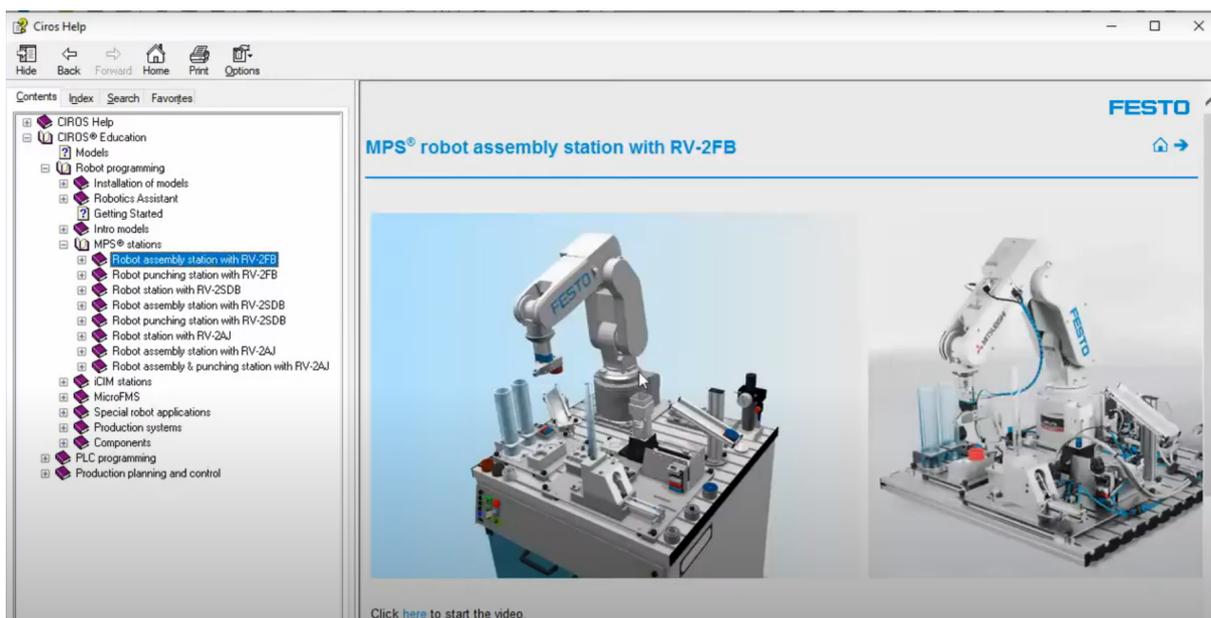


Figura 7: Software Ciros. Imagen extraída de [7]



- Realvirtual.io[13]: Este programa permite también controlar modelos 3D de plantas industriales con un autómatas real o simulado, pero con la gran ventaja de que da total libertad al usuario para crear sus propios modelos. Este software trabaja con Unity[14], una plataforma de desarrollo en tiempo real empleada normalmente en la rama de videojuegos. En su entorno digital se puede personalizar el diseño del modelo en su totalidad, tal y como se puede observar en la figura 8. En los casos anteriores el usuario debe ceñirse a diseños ya predefinidos, que son personalizables hasta cierto punto, incluso contando con una demo del programa utilizable sin siquiera descargar la aplicación[15]

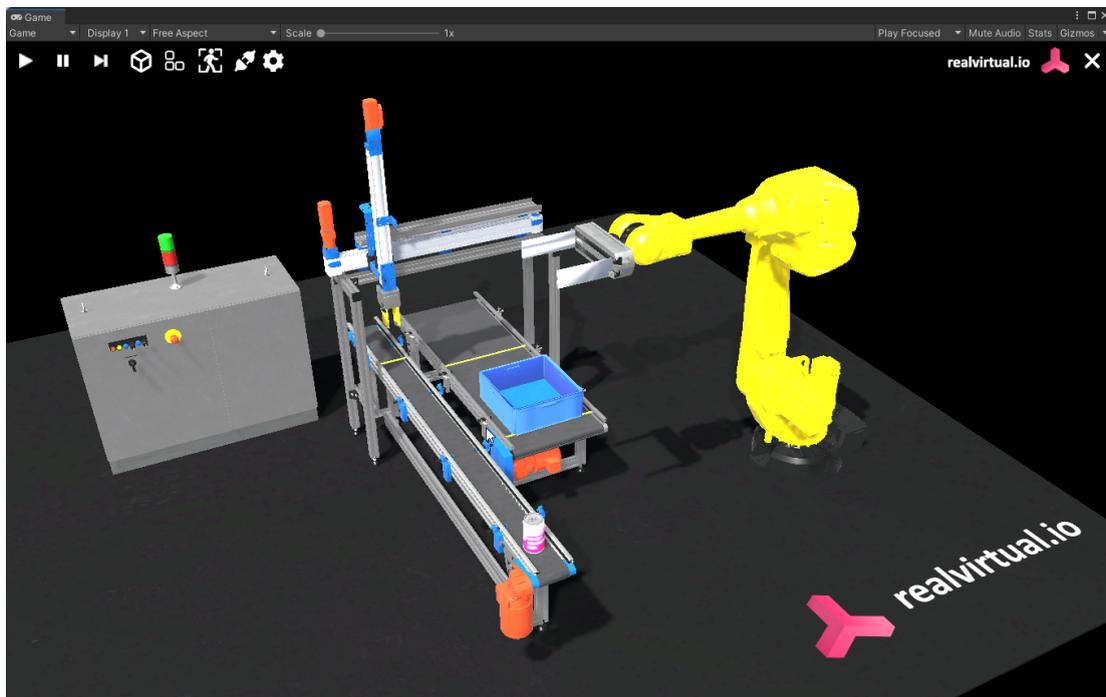


Figura 8: Software de realvirtual.io. Imagen extraída de [13]



3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA FAS-200

La planta FAS-200 del fabricante SMC[16] tiene como objetivo el procesado de piezas de diferentes tamaños y colores. Se distinguen los procesos: distribución, medida, clasificación, movimiento y almacenamiento. Se compone de cuatro estaciones (figuras 9 y 10), controladas tres de ellas con un Autómata Programable o PLC (Programmable Logic Controller) de la marca Siemens, cuyo modelo es el S7-1200 [17]. Estos PLC se comunican entre sí por medio de una red PROFINET. Todo el sistema se puede programar con el software de Siemens, “TIA Portal”[18].

Las estaciones son:

- Estación 1. Estación FAS-209: sistema de dispensación y pruebas de piezas
- Estación 2 Estación FAS-210: sistema de selección
- Estación 3 Estación FAS-216: sistema de almacenamiento
- Estación 4 Estación FAS-230: sistema de transporte

La planta contiene un circuito neumático y uno eléctrico. El circuito neumático consta de electroválvulas, manómetros, válvulas, accionadores neumáticos y un compresor, mientras que el circuito eléctrico consta de sensores, actuadores eléctricos, luces, botoneras, fuentes de alimentación y otros elementos.



Figura 9: Planta FAS-200, vista frontal

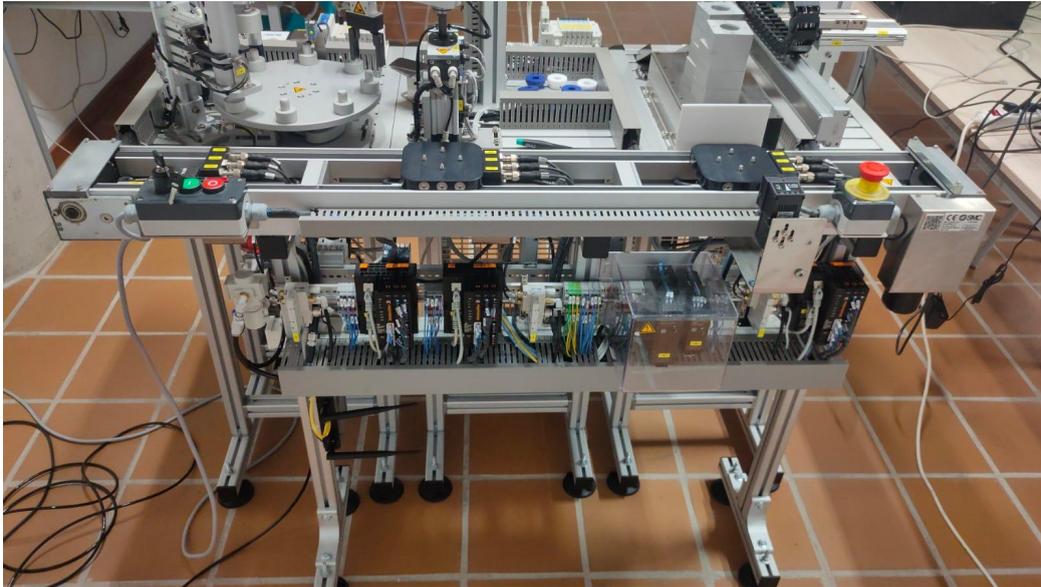


Figura 10: Planta FAS-200, vista trasera

3.1 Componentes neumáticos

Los principales componentes de neumáticos se describen a continuación:

- Compresor: El compresor (figura 11), es el encargado de suministrar el aire comprimido. Debe estar a una presión apta para que el sistema neumático de la planta no se vea comprometido por verse sometido a altas presiones. A su vez se debe estar pendiente de que la presión no sea demasiado baja, ya que el sistema puede perder fuerza, lo que ocasionaría una mayor lentitud en los procesos o incluso la detención total de la planta.



Figura 11: Compresor de aire de la planta FAS-200



- Válvulas de aire: Cada estación cuenta con sus propias válvulas generales de suministro de aire (figura 12). La válvula situada en la estación 4 es la primera del circuito neumático. Si esta no se encuentra abierta, ninguna estación contará con aire en sus procesos.



Figura 12: Válvula de aire abierta y cerrada

3.2 Componentes eléctricos

Con respecto a la parte eléctrica de la planta, se pueden destacar los siguientes componentes:

- Fuente de alimentación: en la planta, se encuentran protegidas por una caja de plástico por motivos de seguridad (figura 13). Hay una por cada estación.



Figura 13: Fuente de alimentación



- Botonera: Las estaciones 1, 2 y 3 cuentan con una botonera idéntica. Esta botonera cuenta con 4 botones y 2 conmutadores, tal y como se observa en la figura 14.



Figura 14: Botonera estaciones

La estación 4 dispone de una botonera distinta, con un botón de “START” y otro de “STOP”, encargados de accionar o detener el motor de la cinta transportadora de manera manual. Además, existe un interruptor con llave, que permite el encendido/apagado general de la planta (figura 15).



Figura 15: Botonera Estación 4



La parada de emergencia está presente en todas las estaciones. Es un accionador de tipo seta, que corta el suministro de cada estación, además de una parada general en la estación 4 (figura 16).



Figura 16: Botón de emergencia

- Autómatas (PLC): Los autómatas son los encargados de automatizar el proceso de la planta. La planta cuenta con 3 autómatas, uno en cada una de las estaciones de producción (figura 17). En las estaciones FAS-216 y FAS-209 (estaciones 1 y 3), el autómata contará además con un módulo de expansión para permitir un mayor número de entradas y salidas. En la Tabla 1 se indican, para cada estación, las características de los PLCs y sus módulos adicionales.

Tabla 1: Características de los autómatas de la planta FAS-200

Estaciones	Estación FAS-209	Estación FAS-210	Estación FAS-216
Modelo PLC	CPU 1214C DC/DC/DC	CPU 1214C DC/DC/DC	CPU 1214C DC/DC/DC
Versión Tia Portal	14	14	16
Firmware requerido	4.2	4.2	4.4
Nº I/O	10	8	16
Módulo Expansión	SM 1278 I/O link	-	SM 1223 DC/DC

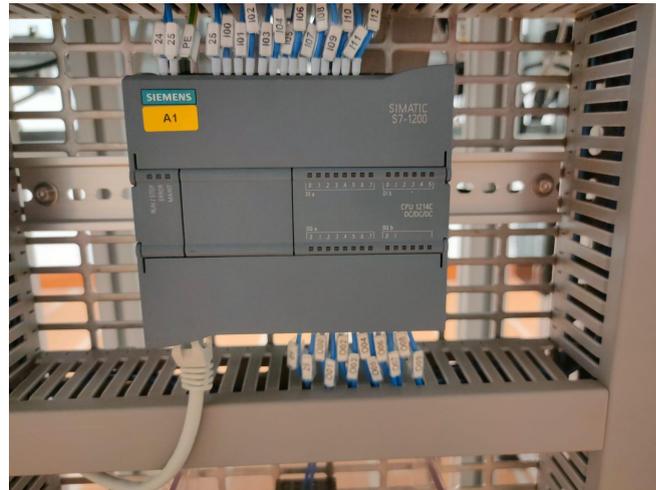


Figura 17 : Autómata de la estación FAS-210

- Módulo de entradas y salidas distribuidas: Se trata de un componente ubicado en la parte trasera de cada estación (figura 18). A través de una red PROFINET este dispositivo se conecta con ciertos sensores y actuadores de la planta.

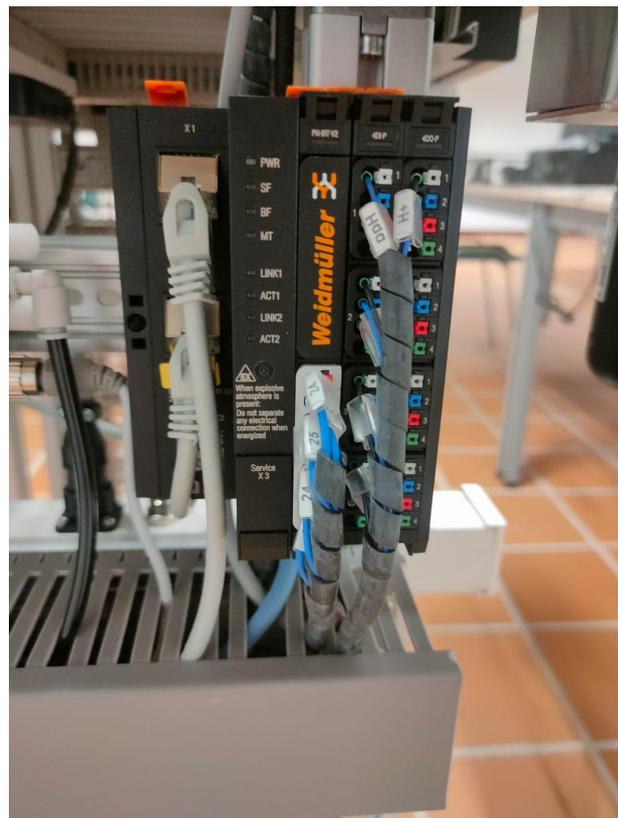


Figura 18: Módulo de entradas y salidas distribuidas



- Pantalla HMI: Este elemento puede programarse para realizar numerosas operaciones de intercambio de información con el operario. La pantalla es de la marca “ESA ware” [19], del modelo ESA 7 Inch ATEX ZONE 2 HMI . Esta pantalla se encuentra visible en la figura 19



Figura 19: Pantalla HMI

- Cámara: Este componente está ubicado en la estación 4 (FAS-230). Su función es tomar una foto cuando una pieza llega para lograr identificarla de una forma muy precisa. Este elemento es de la marca “Omron” [20], tratándose del modelo FQ2-S. Este elemento posee además un sistema de flash tal y como se puede ver en la figura 20. Esto provoca que las fotos tomadas no se vean afectadas por la iluminación del entorno.



Figura 20: Cámara integrada



3.3 Comunicaciones

En la planta FAS-200 se encuentran los siguientes elementos para implementar comunicaciones:

- Router: Este elemento realiza la conexión de cada PLC con un PC externo, para posterior programación. Se realiza vía WiFi empleando el router presente en la planta, que puede observarse en la figura 21. La red Wi-Fi se identifica como "FAS-200" y su contraseña es "0123456789".



Figura 21: Router de la planta

- PROFINET: Las estaciones se comunican entre sí con el uso de una red PROFINET. Todos los PLCs están conectados entre sí con puertos Ethernet (figura 22).



Figura 22: Cable PROFINET estación FAS-216



4. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA PLANTA FAS-200

El proceso empieza en la estación 1 (FAS-209), que contiene un almacén tubular por el que se introducen piezas en el sistema. Las piezas caen sobre un plato giratorio, que cambia las piezas de posición y permite el procesado paralelo de las mismas (figura 23). Durante el procesado, se medirá la altura de la pieza, el color, y el material del que está hecha.

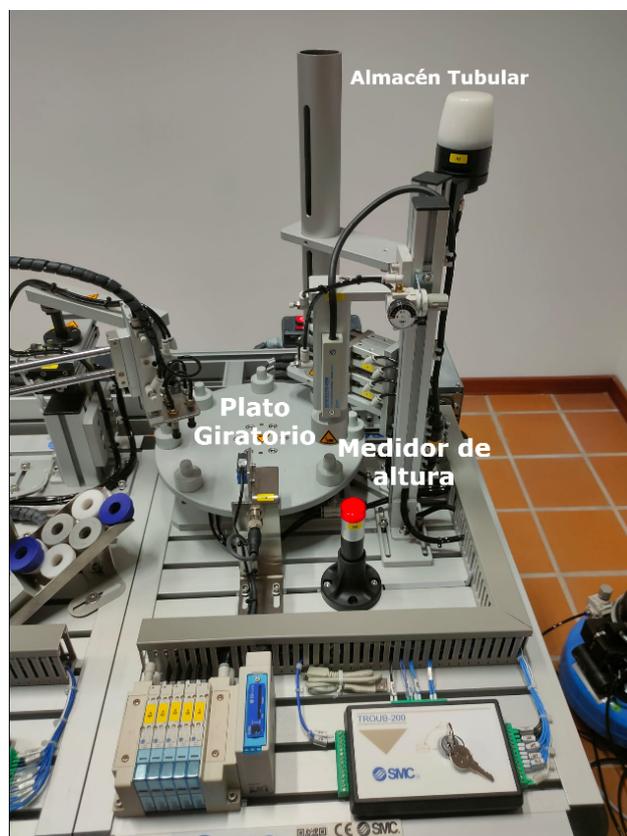


Figura 23: Estación FAS-209

La estación 2 (FAS-210) puede recoger las piezas procesadas por la estación 1 en dos posiciones diferentes, según sean piezas aptas o no (figura 24). Si la pieza es adecuada, la transporta a la cinta transportadora de la estación 4 (FAS-230). En caso contrario, se encarga de desechar la pieza del sistema mediante una rampa instalada en la propia estación.

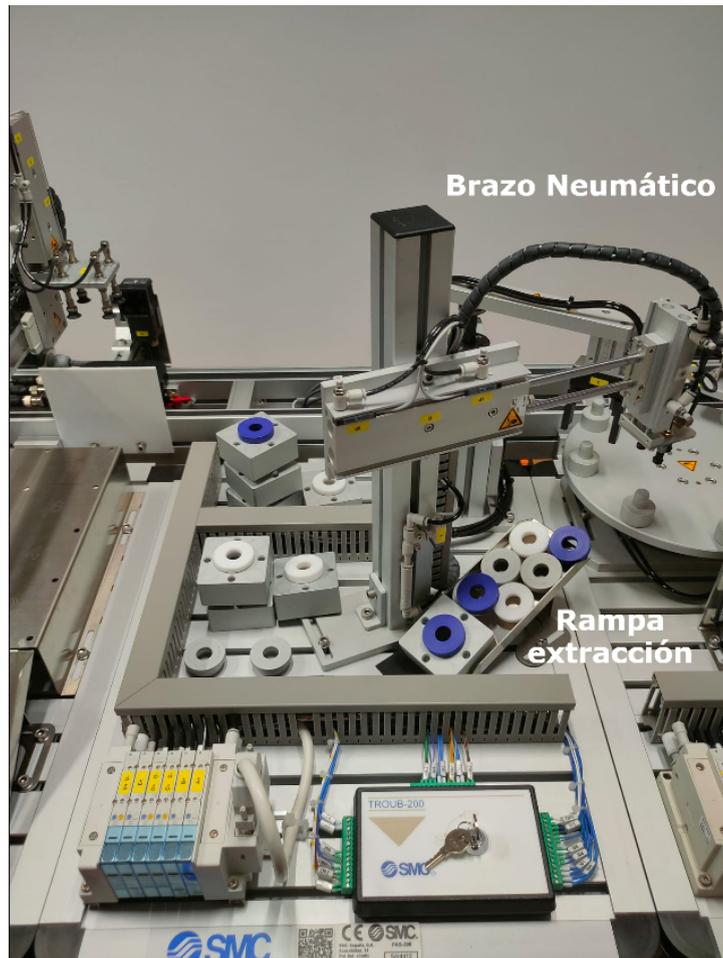


Figura 24: Estación FAS-210

La estación FAS-230 (figura 25) no cuenta con un PLC como el resto de estaciones. Consta de una cinta transportadora, que es controlada manualmente, encargada de trasladar las piezas entre estaciones. Además, cabe destacar que la estación tiene integrados una cámara y una serie de sensores, que le permiten indicarle a cada una de las estaciones el momento preciso en el que llega una pieza a su posición correcta. Desde aquí, la pieza que se encuentre en la estación 4 (FAS-230), será llevada mediante la cinta transportadora hasta la estación FAS-216.

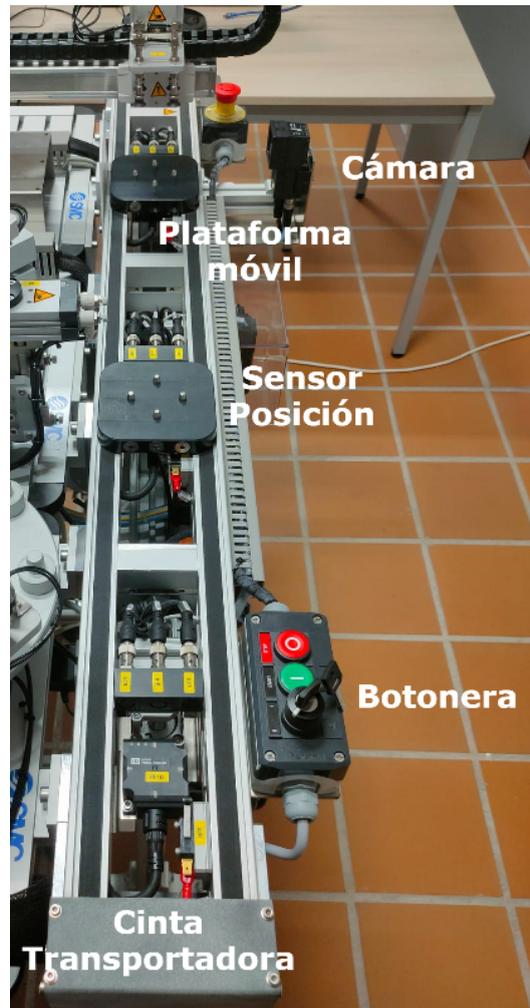


Figura 25: Estación FAS-230

Por último la estación 3 (FAS-216), que es la abordada en este TFG, se encargará del almacenamiento de las piezas. Su labor consiste en trasladar las piezas que llegan a la estación a su posición correspondiente dentro del almacén, por medio de un brazo tridireccional. Hay espacio para almacenar hasta 8 piezas al mismo tiempo (figura 26).

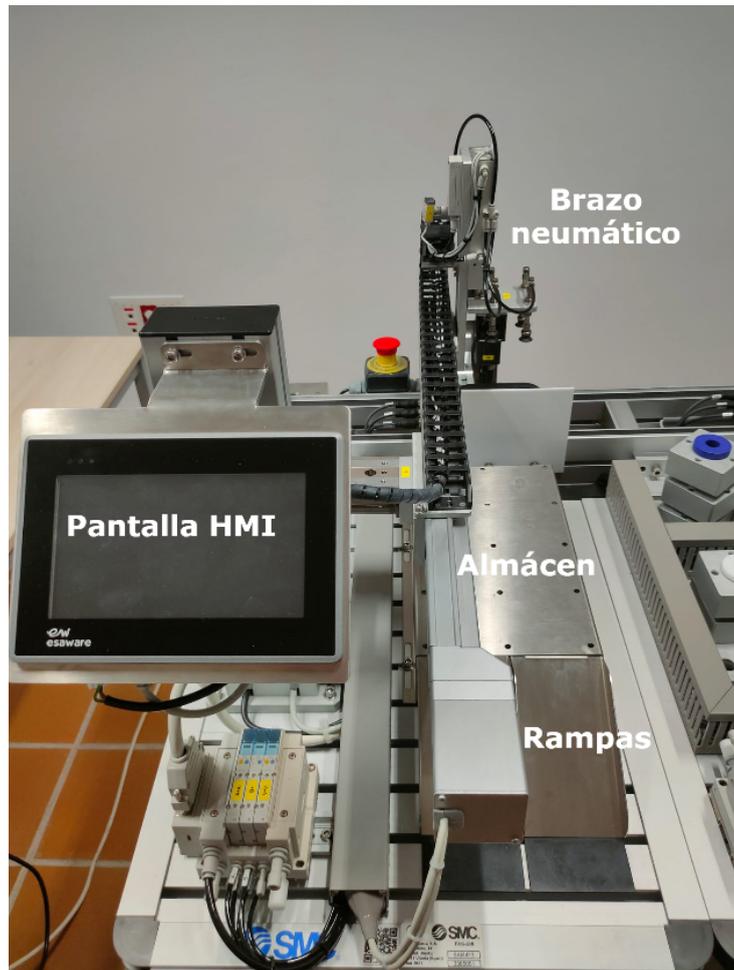


Figura 26: Estación FAS-216



5. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN FAS 216 - ALMACÉN DE PIEZAS.

La estación FAS-216 (figura 26) tiene como objetivo la recogida y almacenamiento ordenado de las piezas procesadas que llegan desde la estación FAS-230 (figura 25). Posee 8 espacios de almacenamiento, y un brazo que se encarga de llevar las piezas a su posición correspondiente. La posición asignada a cada pieza se define por programación.

El sistema cuenta con dos rampas para poder sacar las piezas. Actualmente solo se utiliza la rampa más alejada de la pantalla por problemas de diseño, ya que durante la realización del proyecto, el brazo impactó contra la pantalla HMI de la estación. Desde ese momento sólo empleamos la rampa más alejada (figura 27).



Figura 27: Rampas de salida

Por otro lado, el almacén, que se muestra en la figura 28, cuenta con 8 posiciones de almacenaje, las cuales están enumeradas sobre la superficie del propio almacén. Éste se llenará o vaciará siguiendo la secuencia programada en el PLC.



Figura 28: zona de almacenamiento de la estación FAS-216

5.1 Elementos propios de la estación FAS-216

Los elementos presentes únicamente en esta estación son los siguientes:

- Fuente de alimentación: La fuente de alimentación de la estación FAS-216 difiere respecto a la de las otras estaciones ya que es de mayor potencia. Esto es debido a que la estación cuenta con un motor paso a paso, que requiere un gran consumo energético. Suministra 24V y está situada en la parte frontal, justo debajo de la estación (figura 29).



Figura 29: Fuente alimentación de la estación FAS-216



- Autómata con módulo de expansión: Ubicado en la parte frontal de la estación, su función es llevar a cabo los procesos de automatización, actuando como el “cerebro” de la estación. Utiliza un firmware con la versión 4.4, siendo una versión superior a la utilizada en el resto de las estaciones. Se utilizó el software de “TIA PORTAL” [18] en la versión 16 para programarlo. Debido al número insuficiente de entradas y salidas, se tuvo que utilizar un módulo de expansión, aumentando las entradas en 8 y las salidas en 8 (figura 30).



Figura 30: Autómata de la estación FAS-216 con su módulo de expansión



5.2 Sensores

La estación FAS-216 tiene instalados los siguientes sensores y elementos de información de entrada:

- Botonera: La estación FAS-216 cuenta con una botonera a su disposición. Ésta tiene 4 botones: el primero es el botón de emergencia, el segundo botón, cuyo color es verde es el botón de “START”. Justo a su derecha de la figura, se encuentra situado el botón de “STOP”, y, el último botón de la estación, es el de color azul, “RESET” (figura 31).

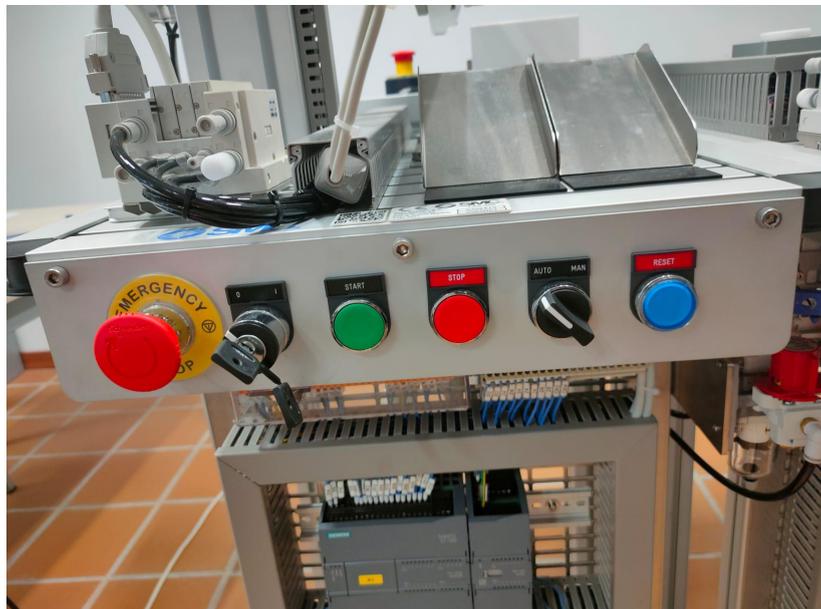


Figura 31: Botonera de la estación FAS-216

- Sensores de final de carrera del eje horizontal: Los sensores de final de carrera horizontales, llamados “a0” y “a1”, están ubicados en el brazo, en su eje horizontal (figura 32). Se emplean para conocer la ubicación del brazo en su respectivo eje, en este caso en el eje horizontal. Son sensores de tipo inductivo.



Figura 32 : Sensores de final de carrera del eje horizontal

- Sensores de final de carrera del eje vertical: Se encuentran en el brazo de la estación (figura 33), en su eje vertical. Se referencian con los nombres “b0” y “b1”. Se emplean para conocer la ubicación del brazo en su respectivo eje, en este caso en el eje vertical. Son sensores de tipo inductivo.



Figura 33: Sensores de final de carrera del eje vertical



- Sensor de llegada de piezas: El sensor (figura 34) está ubicado en la parte trasera de la estación, más concretamente en la cinta transportadora. Se utiliza para saber cuando llega una pieza nueva proveniente de las anteriores estaciones. El sensor pasa a estar activo (a “1”) si hay una plataforma haciendo contacto con éste. En el caso contrario, muestra “0” si no hay ninguna pieza encima. Se trata de un sensor de contacto.



Figura 34: Sensor de llegada de piezas

En la Tabla 2 se muestra la tabla de conexionado de los sensores de la estación FAS-216 al PLC.

Tabla 2: Conexiones de los sensores a la estación FAS-216

Sensores		
Dirección	Nombre	Descripción
I0.0	Start	Botón. En este TFG se usa para habilitar el comienzo de un nuevo ciclo de producción de la estación, salir de la parada de emergencia y del estado de reposo de la planta
I0.1	Stop	Botón. En este TFG se encarga de detener el ciclo de producción de la estación o de la marcha de verificación en caso de que la estación estuviese en reposo
I0.2	Auto/Manual	Conmutador. En este TFG habilita a la estación cambiar entre el modo de llenado y el modo de vaciado del almacén



I0.3	Reset	Botón. En este TFG habilita la marcha de finalización de la estación.
I0.4	a0	Sensor de final de carrera. Indica que el brazo se encuentra en las posiciones pares del almacén.
I0.5	a1	Sensor de final de carrera. Indica que el brazo se encuentra en las posiciones impares del almacén.
I0.6	b0	Sensor de final de carrera. Indica que el brazo se encuentra en su punto más alto
I0.7	b1	Sensor de final de carrera. Indica que el brazo se encuentra en su punto más bajo
I1.0	V	Indica que las ventosas se encuentran en funcionamiento
I1.1	Brazo ocupado	Indica que el brazo se encuentra en funcionamiento
I1.4	Em	Botón. Habilita la parada de emergencia de la estación
I400.0	Sensor de llegada de piezas	Indica el momento en el que llega una pieza en la estación 3 (FAS-216)



5.3 Actuadores

La estación FAS-216 dispone de los siguientes actuadores:

- Eje horizontal del brazo: Es el encargado de mover el brazo en sentido horizontal. Permite acceder a las dos columnas numeradas del almacén junto a las dos rampas de salida. Cuenta con dos sensores de finales de carrera que se han expuesto en el apartado anterior. Este elemento se muestra en la figura 35.

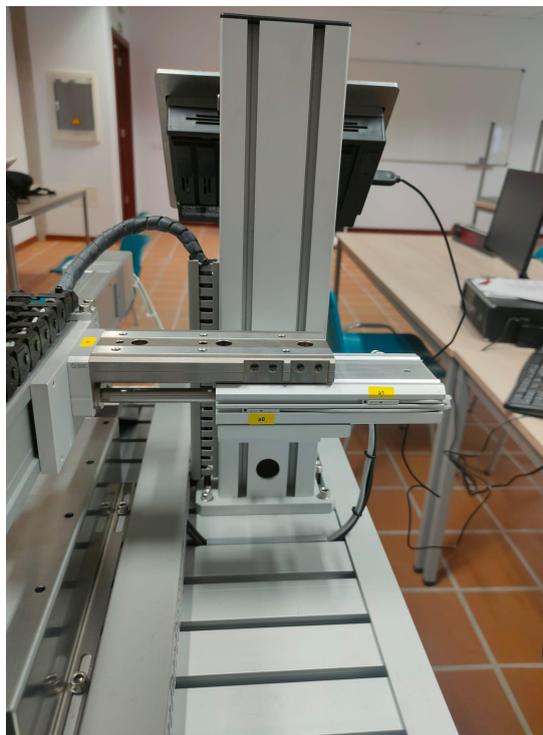


Figura 35: Eje horizontal del brazo

- Eje vertical del brazo: Este actuador (figura 36) es el encargado de subir y bajar el brazo, permitiendo subir las piezas o bajarlas según el operario lo solicite. Cuenta con dos sensores de finales de carrera.



Figura 36: Eje vertical del brazo

- Ventosas: Son las responsables de recoger las piezas y soltarlas cuando proceda. Se trata de un elemento neumático de doble efecto (figura 37).



Figura 37: Ventosas



- Driver/Controlador: Es un elemento que convierte una señal de posicionamiento electrónico proveniente del PLC en una señal eléctrica para el motor encargado del movimiento del brazo. [21]. Este driver permite el desplazamiento del brazo, seleccionando su posición según las señales de bits “IN0”, “IN1” e “IN2”.

Se necesita de un proceso específico para que el elemento pueda funcionar correctamente:

- En primer lugar se deberá iniciar el motor paso a paso (figura 38) mediante el actuador “SVON”.
- Una vez encendido, habrá que llevarlo hasta la zona de calibración, donde el brazo es capaz de ubicarse sin necesidad de un sensor. Es importante dar un margen de tiempo adecuado, pues si acabase el proceso antes de llegar a la altura de las rampas de salida, que es la posición designada como de calibración, contaría la posición en la que se haya quedado en el proceso como ésta, lo que podría ocasionar diversos errores en los procesos siguientes. Este proceso se designa como “SETUP”.
- Por último, para realizar cualquier movimiento del brazo se hará uso del actuador “DRIVE”. Este actuador hay que apagarlo una vez se haya realizado algún movimiento, es decir, hay que reiniciar este elemento cada vez que el brazo se detenga en alguna posición del proceso.

Según las combinaciones de bits formadas por las distintas combinaciones de los actuadores “IN0”, “IN1” e “IN2”, el brazo se dirigirá a su posición correspondiente a dicha combinación. Las posiciones dependiendo de las combinaciones de bits vienen expuestas en la Tabla 3.



Figura 38: Driver de la estación FAS-216



Tabla 3: Combinaciones de bits con sus respectivas posiciones

IN0	IN1	IN2	POSICIÓN
0	0	0	SALIDA RAMPA
0	0	1	8
0	1	0	4
0	1	1	SALIDA RAMPA
1	0	0	2
1	0	1	COGIDA PIEZA
1	1	0	6
1	1	1	SALIDA RAMPA

En la Tabla 4 se muestra la tabla de conexionado de los sensores de la estación FAS-216 al PLC:

Tabla 4: Conexiones de los actuadores a la estación FAS-216

Actuadores		
Dirección	Nombre	Descripción
Q0.0	Luz alarma	Luz LED en el botón de RESET. En este TFG se usa para indicar cuando está disponible el modo de vaciado automático de la estación (marcha de finalización)
Q0.1	A+	Se encarga de mover el brazo hacia la izquierda teniendo Q0.2 se encuentra apagado
Q0.2	A-	Se encarga de mover el brazo hacia la derecha teniendo Q0.1 se encuentra apagado
Q0.3	B+	Se encarga de mover el brazo hacia abajo
Q0.4	V+	Se encarga de encender las ventosas si Q0.5 se encuentra apagado
Q0.5	V-	Se encarga de apagar las ventosas si Q0.4 se encuentra apagado



Q0.6	IN0	Primer dígito de la combinación de bits del controlador
Q0.7	IN1	Segundo dígito de la combinación de bits del controlador
Q1.0	IN2	Tercer dígito de la combinación de bits del controlador
Q1.1	Setup	Se encarga de realizar el proceso de calibración de la posición del controlador o driver
Q8.0	Drive	Se encarga del movimiento del brazo
Q8.1	Svon	Se encarga de realizar el proceso de encendido del controlador. Es necesario realizar este paso antes que ningún otro proceso



6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este TFG se aborda el diseño de la guía GEMMA, de los GRAFCETS asociados y la programación en KOP de la estación, además de su comunicación con otras estaciones. Por este motivo, en este apartado se ofrecerá una breve explicación teórica de los diferentes contenidos más relevantes para el desarrollo del TFG.

6.1 Guía GEMMA

La guía GEMMA, creada en el año 1981 en Francia, es un acrónimo para "*Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts*" que traducido al español sería "*Guía de estudio de la marcha y las paradas*". Tiene como objetivo principal imponer una metodología que sea estándar para cualquier sistema de producción automatizado. Esta guía está diseñada para prever todos los estados de un automatismo. En la figura 39 se muestra el esquema general de la guía GEMMA [22].

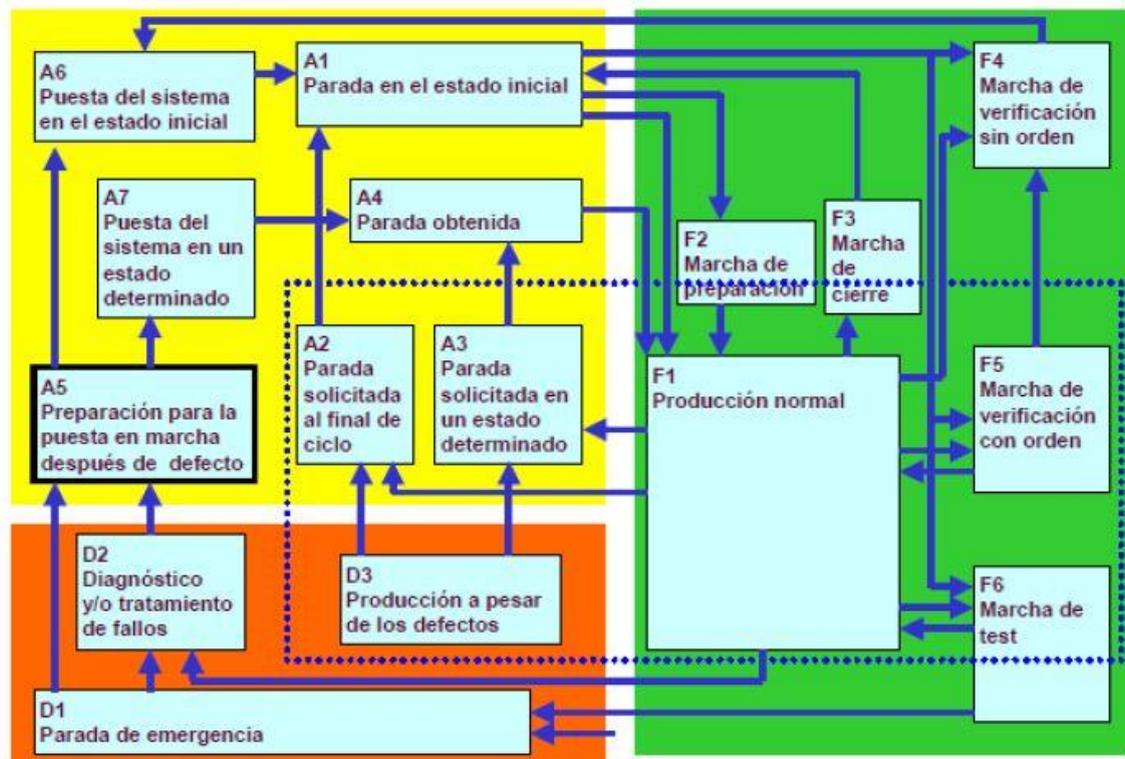


Figura 39: Esquema General de la Guía GEMMA. Imagen extraída de [23]

Como se puede observar en la figura 39, los diferentes estados contemplados en la Guía GEMMA se agrupan en tres familias [23,24]:



- Familia F: Dentro de esta zona existirán los estados: $F1$, $F2$, $F3$, $F4$, $F5$ y $F6$. Esta familia contiene todos los estados necesarios para la producción de un proceso. En éste se incluye tanto el funcionamiento normal como los de prueba o verificación.
- Familia A: En esta zona se encuentran los estados $A1$, $A2$, $A3$, $A4$, $A5$, $A6$ y $A7$. Se abarcan todos los estados que conduzcan a una parada del sistema. Se incluyen aquellos estados que lleven la estación a una parada en caso de que ocurra un defecto y a los que el proceso se encuentra detenido.
- Familia D: Dentro de esta zona se consideran los estados $D1$, $D2$ y $D3$: Este grupo engloba todos los estados en los que el sistema se encuentra con algún defecto. Esto incluye a los que el defecto está ocurriendo en ese determinado momento, a los que conllevan a la parada del proceso debido a un defecto y a los que se encuentren en diagnóstico o tratamiento de fallos.

6.2 GRAFCET

El GRAFCET (Gráfico de Mando Etapa de Transición) es un diagrama que permite describir el comportamiento de un proceso automatizado. Es muy útil a la hora de suministrar información ya que define las acciones a realizar en un proceso determinado. Estas acciones se determinan mediante los siguientes elementos [25,26]:

- Etapas: las etapas (figura 40) son el elemento más importante de un GRAFCET. Éstas representan el estado en el que se encuentra un proceso automatizado. Su función principal consiste en definir las acciones a realizar por parte de los actuadores.

Se representan por un cuadrado numerado (se enumeran por orden ascendente, comenzando por la etapa 0, y cada etapa debe tener un número único e irrepetible). Una etapa se activa siempre y cuando la etapa anterior lo esté y, además, se cumpla la condición de transición entre ambas. Una etapa se desactiva si la condición de transición posterior a ella se ha cumplido.

La primera etapa del gráfico (0) suele estar representada por un cuadrado doble.

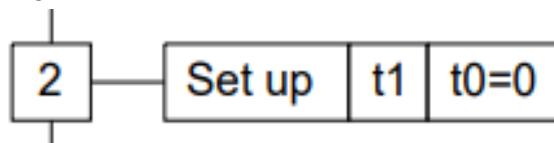


Figura 40: Ejemplo de etapa de un GRAFCET

- Transición: las transiciones (figura 41) se representan como una línea perpendicular a la línea de unión entre dos etapas. Definen qué condición debe cumplirse para que la etapa anterior se desactive y se active la siguiente.

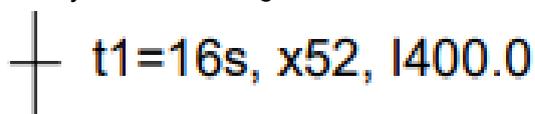


Figura 41: Ejemplo de transición de un GRAFCET



Una vez explicados los elementos principales que forman la estructura GRAFCET, se exponen a continuación los 3 niveles existentes dentro de los GRAFCET para su representación:

- Nivel 1: Se muestran etiquetas con información representativa sin llegar a entrar en detalles técnicos.
- Nivel 2: Se utilizan anotaciones, con un nivel de detalle mayor, mostrando nombre de las etiquetas de los sensores y actuadores usados en el proceso
- Nivel 3: El nivel con más detalle, llegando a usar las direcciones del propio PLC para definir las acciones asociadas a las etapas y transiciones.

Cabe destacar un elemento de los GRAFCETs que se ha empleado en la realización de este TFG: el forzado de etapas. Bajo ciertas circunstancias, es necesario desactivar las etapas y pasar a activar una etapa sin la necesidad de cumplir con su transición previa. En estos casos hacemos uso del forzado, que es especialmente útil para las paradas de emergencias o en sistemas que se quieran interrumpir abruptamente e inicializar de nuevo (figura 42).

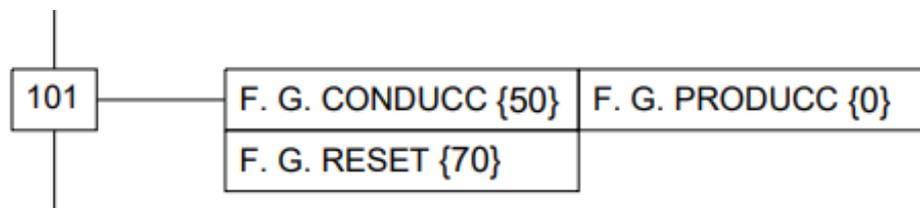


Figura 42: Ejemplo de forzado de un GRAFCET

Los GRAFCETs pueden seguir una jerarquía determinada, que permite tener un control mayor sobre los procesos. La jerarquía normalmente adoptada es la que se puede observar en el esquema mostrado en la figura 43.

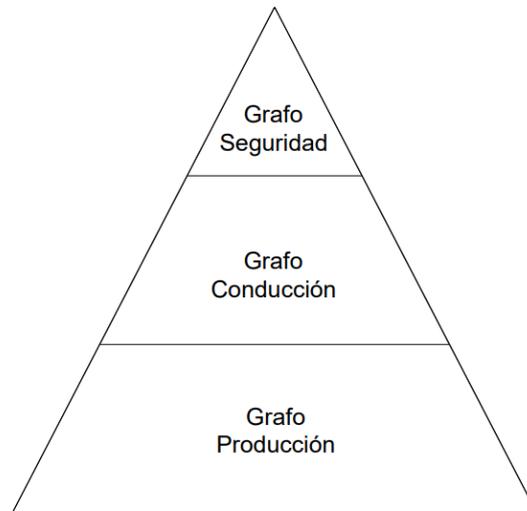


Figura 43: Jerarquía general de un GRAFCET

El GRAFCET de Seguridad se encuentra en lo alto de la jerarquía, dado que es de vital importancia que, en el caso de la aparición de una emergencia, los otros grafos puedan ser bloqueados o forzados por éste [26,27].

En el segundo escalón de la jerarquía, se encuentra el GRAFCET de conducción, que permite redireccionar el grafo inferior. Este segundo escalón de la jerarquía se encarga de permitir, interferir o detener las transiciones entre las etapas del grafo de producción. Este grafo se realiza para poder sobrellevar las distintas circunstancias que puedan aparecer en el proceso.

Por último, se encuentra el grafo de Producción. Este GRAFCET suele ser el grafo más extenso debido a que contiene las etapas que corresponden al funcionamiento normal del proceso que se pretende automatizar. Obviamente se incluyen en éste también la gran mayoría de los estados de la guía GEMMA.

6.3 Lenguaje KOP

“KOP” es un lenguaje de programación basado en contactos. Es el lenguaje empleado para programar autómatas por excelencia, ya que está diseñado para facilitar la programación a los usuarios al tener numerosas similitudes con los esquemas eléctricos. Esta programación se divide en segmentos, en los que cada uno de ellos es una representación de una red eléctrica por la que fluye una cantidad de corriente. [28,29].

A la hora de trabajar en la programación en KOP, se emplean numerosos elementos. A continuación explicaremos detalladamente los elementos más comunes [30]:

- Contactos: Se emplean para leer señales (sensores, botones, conmutadores y señales de entrada de la estación o las variables lógicas como las marcas). Existen



2 tipos principales de contactos: contacto normalmente abierto (figura 44) y contacto normalmente cerrado (figura 45).



Figura 44: Ejemplo contacto directo usando una marca



Figura 45: Ejemplo contacto negado usando un sensor

- Bobinas: Se usan para escribir sobre las salidas del PLC, marcas, etc. Las bobinas (figura 46) son el resultado de una operación lógica de contactos, es decir, los contactos determinan los sucesos que tienen que darse para la activación de una bobina. Como en el caso anterior, existen bobinas de contacto normalmente abierto y de contacto normalmente cerrado, pero en este caso se destacan las bobinas de “set” y “reset” (figura 46). Estas bobinas se encargan de mantener el estado de los actuadores o marcas. Éstos se mantienen encendidos por medio de la bobina de “set” o apagados por medio de la bobina de “reset”.

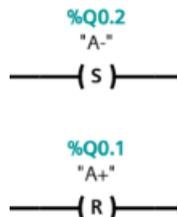


Figura 46: Bobina de set y bobina de reset

- Temporizadores: Son elementos clave en la programación en KOP que se usan para medir intervalos de tiempo de manera precisa. Su comportamiento al finalizar la cuenta varía en función del tipo de temporizador: se destacan 3 tipos, el “TON”, el “TOFF” y el “TONR”. En el caso de los temporizadores “TON”, se activan cuando termina una cuenta, los “TOFF”, se desactivan y los “TONR” se comportan como un “TON” permitiendo además el reseteo de su cuenta. Su esquema puede observarse en la figura 47.

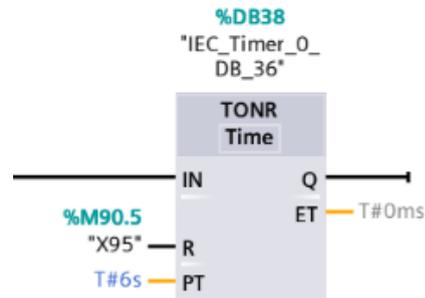


Figura 47: Temporizador TONR

- Contadores: Se encargan de contabilizar las repeticiones de un evento para generar una salida. Cada vez que se produce un suceso, el valor de conteo específico del contador varía. Se distinguen 3 tipos de contadores principales: "CTU" que cuentan en orden ascendente, "CTD", que cuentan en orden descendente y "CTUD" (figura 48) que permite ambos.

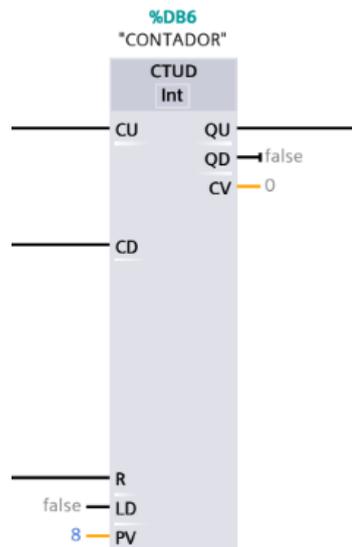


Figura 48: Contador CTUD



6.4 Comunicaciones

La comunicación posibilita que los autómatas sean capaces de recopilar y enviar información en tiempo real de otros elementos. Toda esta información ayuda a optimizar la producción en gran medida, ahorrando el tiempo de inactividad de un proceso y evitando posibles problemas o fallos dentro del ciclo de producción [31, 32].

PROFINET, inventado en el año 2004, es un protocolo de comunicación que se basa en la transferencia de información mediante cables Ethernet. Permite el intercambio de información entre dispositivos, siendo normalmente PLCs con otros dispositivos como puede ser módulos de entradas y salidas o incluso entre otros autómatas [31, 32]. Las comunicaciones con las otras estaciones presentes en el proyecto fueron realizadas bajo el uso de éste estándar. Para lograrlo, se hace uso de la red Ethernet disponible en la planta y en cada una de las estaciones, que permite comunicar todos los dispositivos entre sí en tiempo real y de forma bidireccional.

Éste estándar es el más empleado en las comunicaciones en procesos industriales. Se destacan las siguientes características[31]:

- Aumenta el potencial de productividad: reduce de manera sustancial los costes de desarrollo e ingeniería.
- Ofrece nuevas posibilidades de desarrollo.
- Permite la integración con otros sistemas de comunicación como INTERBUS, PROFIBUS, AS-Interface...
- Viene con un sistema de seguridad integrado: Se dispone por parte del usuario de la tecnología PROFIsafe.
- Es escalable en tiempo real.

Una vez se han expuesto las principales características del estándar PROFINET, se enumeran las tres clasificaciones de los elementos que intervienen en la conexión:

- Controladores: se encargan de ejecutar un programa e intercambian datos con los dispositivos.
- Dispositivos: son los sensores o actuadores que se conectan al controlador por medio de un cable Ethernet.
- Supervisores: son dispositivos encargados de realizar la puesta en marcha, el monitoreo y análisis de diagnóstico. Algunos ejemplos de supervisores podrían ser HMI, PC, etc.



7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA GEMMA PARA LA ESTACIÓN

En el diseño de guía GEMMA propuesto en este TFG para la estación FAS-216, se han incluido y excluido los estados mostrados, así como también se representan las evoluciones entre estados (figuras 49 y 50). Se pueden ver tachados en color rojo los estados descartados en este TFG. Además, en este apartado se incluyen las condiciones entre los estados seleccionados.

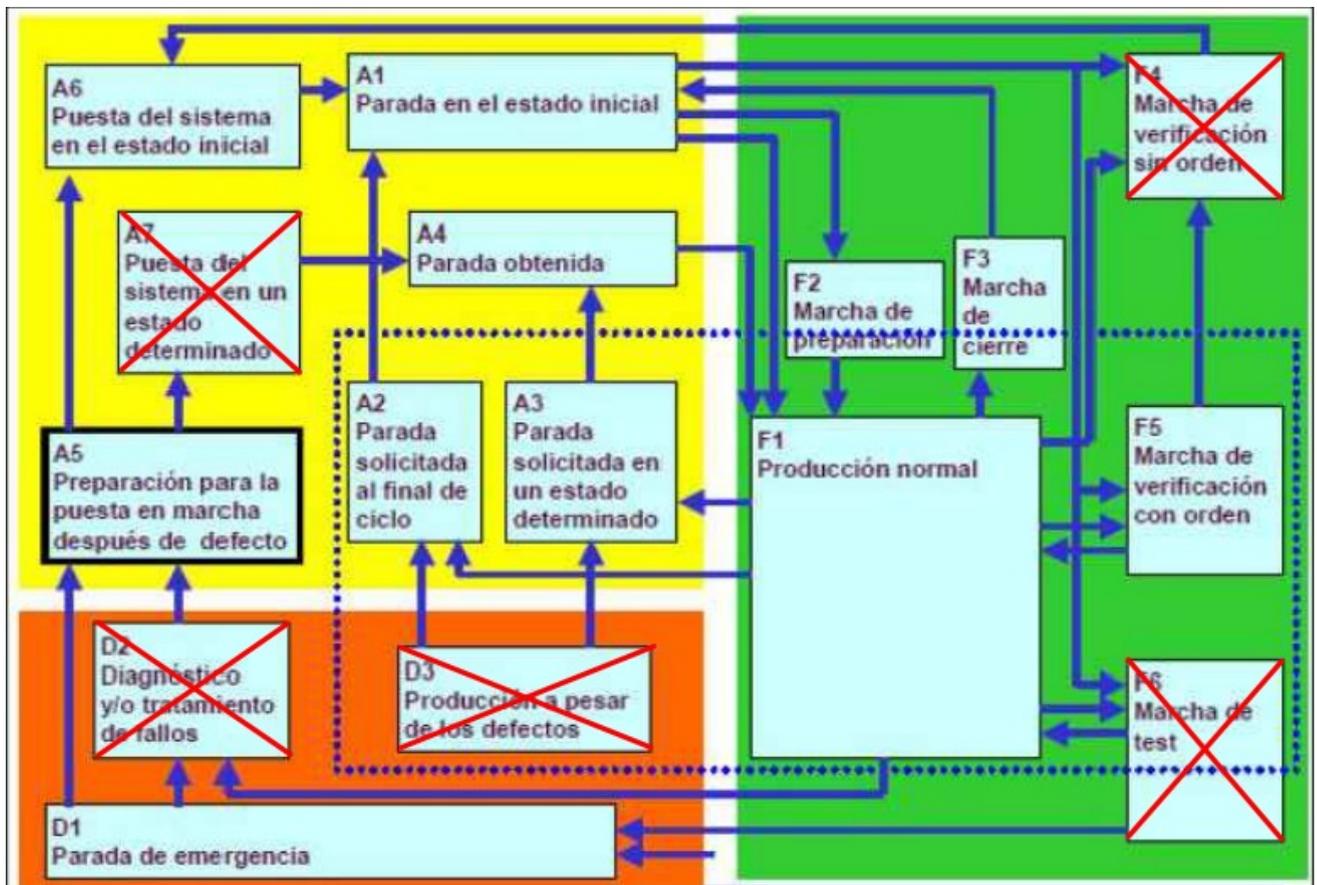


Figura 49: Guía GEMMA estación FAS-216. Imagen modificada, extraída de [23]

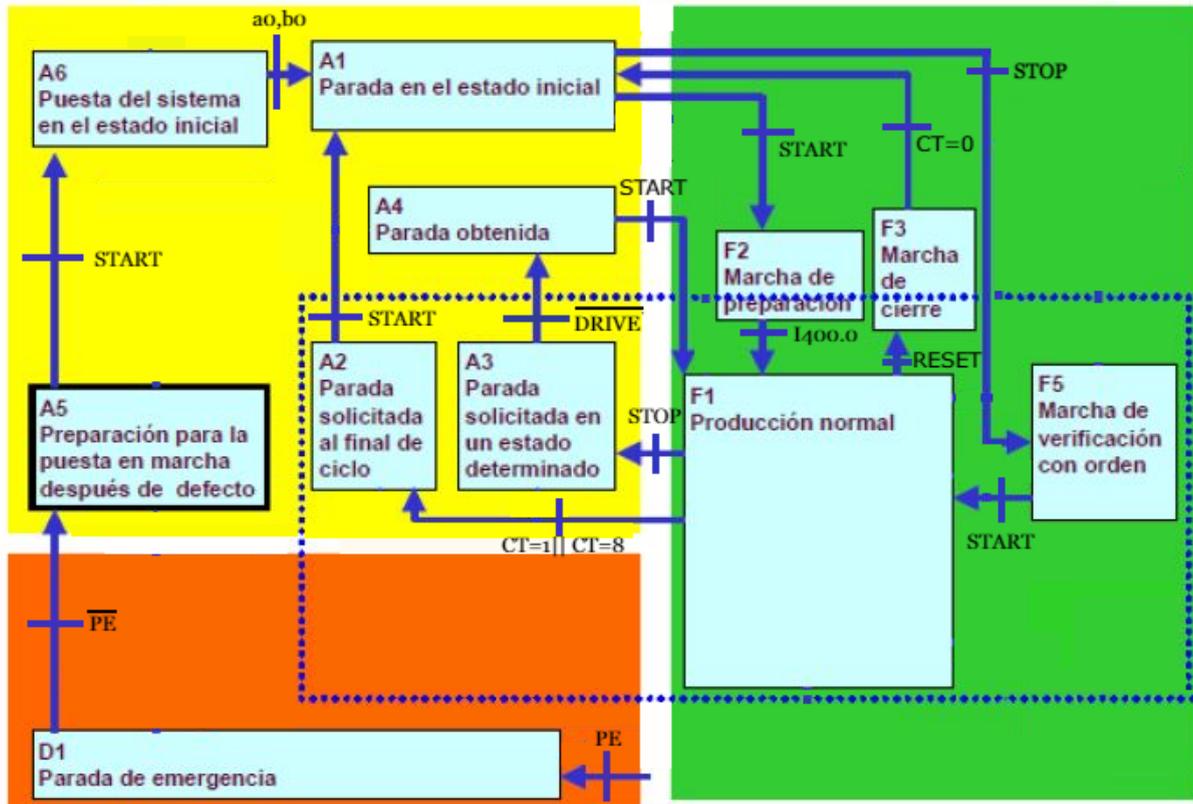


Figura 50: Guía GEMMA con condiciones entre estados. Imagen modificada, extraída de [23]

7.1 Diseño de la Guía GEMMA

A continuación, se exponen los motivos de esta selección de estados, y una descripción detallada de cada uno de ellos. Se dividirán en 2 apartados

7.1.1 Estados incluidos en la Guía GEMMA

Familia F: Estados de funcionamiento

➤ *F1: Producción normal:*

Es el estado más importante de la guía GEMMA ya que en éste se comprenden todos los procesos a ejecutar en la producción normal de la estación. En el caso de la estación FAS-216 la producción normal consistirá en:

1. Pulsamos el botón "START" para iniciar el proceso.
2. Una vez llegue una pieza al sensor de la cinta transportadora, el brazo se dirige a la posición de recogida donde recoge la pieza por medio de las ventosas



3. Ya con la pieza el brazo se dirige a la posición 1, donde se coloca suavemente.
4. Dependiendo de la posición del conmutador “auto/manual” se iniciará un proceso u otro. Si se encuentra en posición de llenado (auto), el brazo se encargará de llenar en orden numérico (ascendente) el almacén, tal y como hizo con la primera pieza. En cambio, si se encuentra en posición de vaciado (manual), el brazo se encargará de recoger la última pieza colocada y de trasladarla a la rampa de salida del almacén.
5. Siguiendo en la posición de llenado, el brazo continuará colocando las piezas en las posiciones correspondientes del 1 al 8. Una vez lleno el almacén, el brazo se quedará detenido ignorando las piezas que lleguen a través de la cinta transportadora.
6. Si se cambia el estado del conmutador a vaciado, el brazo se encargará de vaciar desde la última pieza colocada, en orden numérico descendente (del 8 al 1). Cuando el almacén quede vacío, el brazo se quedará parado ya que no habrán más piezas que sacar por la rampa.

➤ *F2: Marcha de preparación:*

Se trata también de un estado fundamental para la estación FAS-216 ya que debe incluir etapas previas a la producción en modo automático.

Esta marcha consiste en realizar el “SVON” y el “SETUP” del brazo para lograr un encendido del motor y una calibración idónea.

➤ *F3: Marcha de finalización o cierre:*

Con este estado se quiere simular que acaba una jornada laboral y se desea dejar el almacén vacío.

Esta marcha se solicita mediante el botón “RESET”. Una vez pulsado, el brazo se encargará de vaciar el almacén de todas las piezas que se encuentren almacenadas en ese momento, en orden numérico descendente (del 8 al 1). Una vez el almacén se encuentre vacío, el brazo estará disponible para realizar las labores de llenado de nuevo.

➤ *F5: Marcha de verificación con orden:*

Esta marcha se encarga de verificar el funcionamiento de todos los elementos de la estación pero esta vez con un orden estipulado que se define a continuación, difiere del funcionamiento normal. Este estado sí que es implementable ya que sólo hace uso de un botón (“STOP”). La marcha de verificación con orden consistirá en:

1. Se pulsa el botón “STOP”, antes de empezar la marcha de producción normal.
2. Realiza el *setup* del brazo.
3. Una vez en la posición final del *setup*, se lleva el brazo hasta el sensor de final de carrera de la izquierda (“a1”).



4. Una vez el brazo llegue al sensor de final de carrera “a1”, el brazo se moverá hacia la derecha.
5. Una vez se llegue al sensor de final de carrera “a0”, el brazo se dirige hasta la posición de recogida de piezas.
6. Ya en la posición de recogida, se encienden las ventosas durante 5 segundos para comprobar su correcto funcionamiento.
7. Finalizados los 5 segundos, el brazo se dirige a la rampa de salida.
8. Una vez en la posición de salida de piezas, bajamos el brazo hasta el sensor de final de carrera inferior, “b1”.
9. Una vez cumplidos 2 segundos, el brazo vuelve a subir.

Con esta marcha de verificación con orden se logra verificar el correcto funcionamiento de todos los elementos de la estación previamente a la entrada en el estado F1 de producción normal. Una vez finalizado este proceso de verificación, la estación se encontrará disponible para realizar cualquier tipo de proceso.

Familia A: Estados de paro

➤ *A1: Parada en el estado inicial:*

Es uno de los estados más importantes a incluir en cualquier diseño de Guía GEMMA, ya que éste define la parada en condiciones iniciales de la estación.

Para la estación tratada en este proyecto, implica que los sensores de final de carrera “a0” y “b0” estén activos, además de que las ventosas deben encontrarse apagadas. De esta forma, el eje vertical del brazo se encontrará retraído y el eje horizontal extendido.

➤ *A2: Parada solicitada a final de ciclo:*

Se emplea para ejecutar las acciones que llevan a la estación a colocarse en un estado de reposo a la finalización de un ciclo. Esto ocasiona que se encuentre nuevamente operativa para el siguiente ciclo.

Una vez se haya terminado un ciclo, la estación se queda en estado de parada solicitada a final de ciclo, siempre en condiciones iniciales para actuar en caso de que se requiera el movimiento del brazo nuevamente.

➤ *A3: Parada solicitada en un estado determinado:*

Se trata de un estado transitorio de parada de la estación distinto al del final de ciclo, ya que ésta se dará en el momento requerido por el usuario. Esta parada se encarga de apagar el brazo y las ventosas cuando finalice la acción que se encuentre realizando la estación en ese determinado instante. Para llevar a cabo esta parada solicitada en un estado determinado, se acciona el botón “STOP”.



➤ *A4: Parada obtenida:*

Es el estado de reposo conseguido por medio del estado A3. La estación se quedará en un estado de espera hasta que se pulse nuevamente el botón “START”, donde reanudará su actividad justo por donde se había interrumpido en el estado A3.

➤ *A5: Preparación para la puesta en marcha después de un defecto:*

La parada de emergencia de la estación FAS-216 viene previamente cableada y se encarga de apagar y resetear todos los elementos. Ante esto, tras desactivar la parada de emergencia, se pasa automáticamente al estado A6.

➤ *A6: Puesta del sistema en el estado inicial:*

Este estado se encarga de establecer las acciones necesarias para llevar la estación a condiciones iniciales: el brazo se coloca en la columna de los números pares del almacén, el brazo se sitúa en su posición más elevada y las ventosas se apagan. Una vez finalizado este estado, el sistema pasará al estado A1, que corresponde al de “parada en el estado inicial”, tal y como se puede ver en la figura 50.

Familia D: Estados de fallo

➤ *D1: Parada de emergencia:*

En este estado se definen las acciones a ejecutar cuando se produce una situación de emergencia. La parada se activa con la seta de parada de emergencia (PE) de la estación. Esta parada de emergencia viene configurada de fábrica para que, en caso de ser pulsada, se pare el brazo y cualquier acción que se encuentre haciendo la estación en ese instante. Hay una excepción en este proceso y es que, en caso de que las ventosas se encuentren funcionando en el momento de la parada, seguirán con su succión para evitar daños en la estación.

7.1.2 Estados no incluidos en la Guía GEMMA

Familia F: Estados de funcionamiento

➤ *F4: Marcha de verificación sin orden:*

Esta marcha se encarga de verificar el funcionamiento de cada elemento de la estación por separado y sin un orden concreto. En el caso de la estación tratada en el TFG, verificaría el funcionamiento del brazo sobre los 3 ejes y de la succión de las ventosas.

No se incluye esta marcha ya que la botonera de la estación es muy reducida. Para implementar esta marcha se debería de disponer un botón para cada elemento que se quisiera verificar y, en el caso de la estación FAS-216, no existe esa posibilidad.

➤ *F6: Marcha de test:*

No se disponen de suficientes botones en la botonera para implementar este estado.



Familia A: Estados de paro

➤ *A7: Puesta del sistema en un estado determinado:*

Tal y como se puede observar en la figura 50, sólo se puede acceder a este estado mediante el A5. En el caso de la estación, desde A5 se evoluciona hacia el estado A1, por lo que no tiene sentido implementar un A7 en nuestro proceso. Por lo tanto, en la estación FAS-216 no se contempla la puesta en marcha de la estación desde un estado distinto de las condiciones iniciales.

Familia D: Estados de fallo

➤ *D2: Diagnóstico y/o tratamiento de fallos:*

Este estado no es implementado en este TFG debido a que la estación FAS-216 es la única de la planta general que carece de un sistema de tratamiento de fallos instalado. En el caso de las otras dos estaciones de la planta, sí se podría llevar a cabo este estado, puesto que disponen de un sistema de simulación de fallos instalado.

➤ *D3: Producción a pesar de los defectos:*

No se incluye este estado porque la estación no puede producir con un defecto en el proceso. Esto quiere decir que, en el caso de que se dé algún tipo de fallo, la estación tendrá que detenerse hasta que se solucione manualmente el error.

7.2 Implementación de la Guía GEMMA

A continuación se exponen los apartados de implementación de la Guía GEMMA, que se dividen en 2 partes, los GRAFCETs de la estación FAS-216 y la programación en KOP:

7.2.1 GRAFCETS DISEÑADOS PARA LA ESTACIÓN FAS-216

El GRAFCET de la estación FAS-216, recogido en el anexo I de este documento, ofrece una descripción tecnológica del proceso que se ha automatizado.

La estación FAS-216 cuenta con 3 grafos principales:

- El primer GRAFCET, es el Grafo de seguridad (figura 51). Este grafo controla los otros grafos para forzarlos a condiciones iniciales en caso de que se pulse la parada de emergencia.



Según lo estipulado en el GRAFCET, si el operario pulsa el botón de emergencia, todos los actuadores se pararán a excepción de las ventosas en el caso de que se encontrasen encendidas. Esto se debe a que si se apagan transportando una de las piezas, el brazo la dejaría caer provocando daños dentro de la estación. Este grafo sólo cuenta con dos etapas, cuya transición es la parada de emergencia, que ocasiona el forzado del resto de grafos.

GRAFO SEGURIDAD

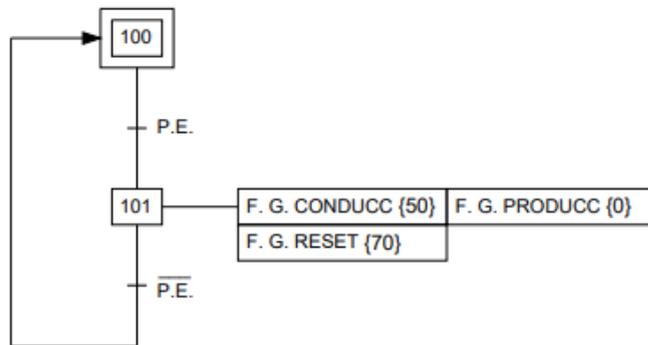


Figura 51: GRAFCET de seguridad

- El segundo GRAFCET es el de conducción (figura 52). Este grafo permite redireccionar el grafo de producción para activar, parar o forzar las transiciones entre diferentes estados. En esta estación fue de bastante utilidad debido a la cantidad de procesos que tiene la estación.

GRAFO CONDUCCION

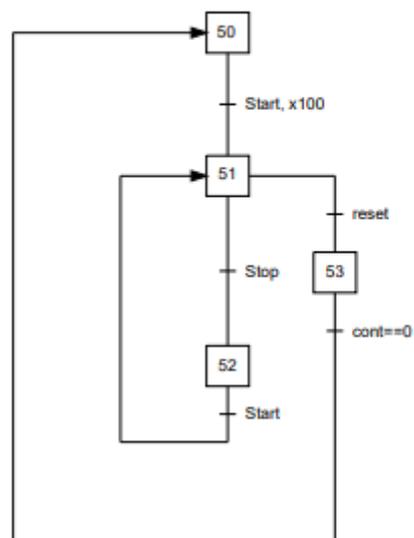


Figura 52: GRAFCET de conducción



- El tercer GRAFCET es el de producción. En este grafo está descrito el funcionamiento del autómat. Con sus etapas de llenado, vaciado y reset, es el grafo más extenso.

Dentro del grafo de producción se encuentra la sección de inicialización de la FAS-216, definiendo las acciones iniciales necesarias para alcanzar un estado óptimo y poder iniciar el proceso de llenado. Este proceso finaliza cuando se ha cumplido el “setup” del controlador, en la etapa 2 del GRAFCET (figura 53).

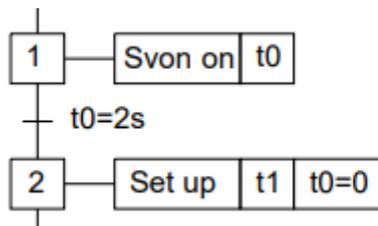


Figura 53: Etapas 1 y 2 GRAFCET de producción

También se puede observar la parte de llenado, comenzando desde la etapa 3 del GRAFCET. En estas etapas se definen las acciones para recoger las piezas y llevarlas a su lugar correspondiente dentro de la estación.

Si en algún momento el operario decide cambiar de modo y vaciar el almacén, pasaremos a tener una estructura muy similar a la de llenado, donde el brazo tomará las piezas de sus posiciones y las llevará a la rampa más alejada de la pantalla para depositar ahí las piezas.

Por último, si el operario decide realizar una marcha de finalización, pulsará el botón de “RESET”. Esta parte del grafo con una similar estructura, se encargará de vaciar por completo la estación independientemente del modo que esté seleccionado en ese momento.

7.2.2 Código en KOP

El código KOP implementado en la FAS-216 se puede visualizar en el anexo II.

En cuanto a la programación de la estación, se ha optado por traducir directamente cada GRAFCET a KOP. Se representa cada estado de los GRAFCETs mediante una marca. La evolución del grafo se realiza reseteando las marcas activas y activando las marcas siguientes. Este proceso se realiza según las condiciones programadas en cada transición. El código final se compone de 144 segmentos.



8. COMUNICACIONES

PROFINET es el estándar que emplea la estación para comunicar los diferentes dispositivos. En el caso de este TFG, las comunicaciones fueron esenciales. Sin éstas no se hubiera podido acceder al sensor de la cinta transportadora, que indica cuando llega una pieza. Este sensor se encuentra en un módulo de entradas y salidas distribuidas externo. Para obtener la información del sensor fue necesario conectar en red el módulo y el PLC.

En la red existen tres PLCs, uno por cada estación, siendo el de la FAS-216 el maestro. Esto le permite obtener los datos de todos los sensores conectados a los módulos de E/S distribuidas, por lo que fue necesario compartir la información de estos sensores con las otras estaciones de la planta FAS-200.

Se mencionan a continuación los pasos seguidos para configurar la red de comunicación:

1. Inicialmente se deben identificar todos los dispositivos. Esto se puede hacer viendo la etiqueta que tengan o usando los manuales disponibles.
2. Se debe crear la subred en el software TIA Portal [18]. Para ello se accede al apartado “topología y redes del programa”.
3. Se añade el PLC que se desee designar como el maestro de la red. En este caso, el maestro es el PLC de la estación FAS-216.
4. Se añaden también los distintos dispositivos que forman la red. Para ello se debe saber el modelo específico de cada uno de los elementos de manera individual.
5. Una vez añadidos los distintos dispositivos, se procede a crear una subred de comunicaciones. Es importante que todos los elementos se encuentren en la misma subred y que el PLC de esta estación sea el maestro.
6. Por último, se deben configurar los dispositivos añadiendo un valor para las entradas y salidas si es requerido.
7. Verificar que la comunicación funcione correctamente.

En la figura 54 se muestra la vista de redes de la estación FAS-216.

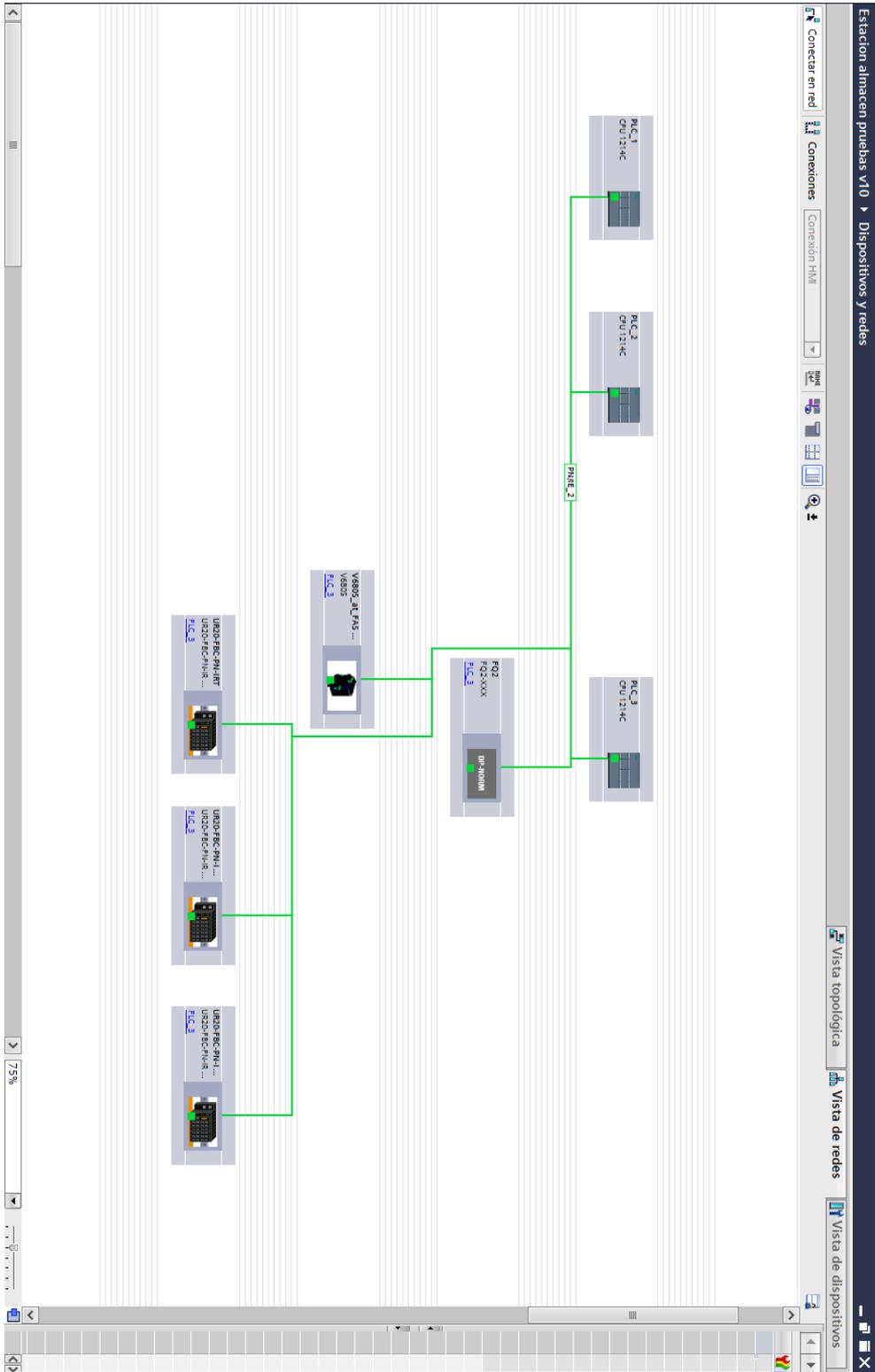


Figura 54: Vista de redes



9. RESULTADOS

En este apartado se muestra el funcionamiento de la estación FAS-216 después de la programación implementada en este TFG. Siguiendo la guía GEMMA diseñada, se pueden diferenciar diferentes los siguientes modos de funcionamiento:

- Producción normal (llenado): Este estado se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/1juDKh0eX8HgGHOP-s-1-nylCr66LcfrK/view?usp=sharing>. En este estado se llena el almacén a medida que llegan piezas a través de la cinta transportadora. Este estado se adoptará cuando el conmutador de auto/manual se encuentre en modo “auto”
- Producción normal (vaciado): Este estado se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/1CsBvtgTivMPHqBrTykKCaCskz9b9YblC/view?usp=sharing>. Este estado se encargará de vaciar el almacén, si hay una o más piezas en el mismo. Para pasar a este modo, únicamente hay que cambiar el conmutador de auto/manual a modo “manual”.
- Marcha de finalización o cierre: Este estado se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/1Ama2PA-hubg7CpFuy-QS0wjBH6giGzct/view?usp=sharing>. En este estado se ha programado el vaciado del almacén de forma automática que se activa pulsando el botón “RESET”. Este modo solo se podrá ejecutar cuando haya 1 o más piezas disponibles en el almacén. Esto se indicará iluminando la luz LED de “RESET”.
- Marcha de verificación con orden: Este estado se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/1sjSt2CGTMjaQd3ZiSM1CYOjp0H7ha9Sh/view?usp=sharing>. Este estado se encarga de verificar el funcionamiento de todos los elementos de la estación siguiendo un orden preestablecido en la programación. Se activa mediante el botón de “STOP” y si la estación se encuentra en condiciones iniciales.
- Parada solicitada: Este estado estación se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/1GbBI901Zz-ntSgBA3jN4S7pCyPe517uU/view?usp=sharing>. Este estado se encarga de detener la estación si el operario así lo requiere. Este modo se accionará siempre y cuando la estación se encuentre en modo producción y se pulse el botón “STOP”.
- Parada de emergencia: Este estado estación se muestra en el siguiente vídeo: <https://drive.google.com/file/d/15Flq3IELZN2rqHhIHrZZ8zj9ckKvowPj/view?usp=sharing>. Activar este estado ocasiona la parada de todos los elementos de la FAS-216



excepto las ventosas. Para activarlo se ha de pulsar el botón de parada de emergencia.



10. PROBLEMAS ENCONTRADOS:

Durante la realización del trabajo de fin de grado nos han surgido muchos más problemas e imprevistos de los esperados. Se enumeran a continuación junto con la solución implementada:

1. Error de las condiciones iniciales preprogramadas: Al poner en funcionamiento la planta con el código precargado en los PLCS, se disparaban alarmas sonoras y luminosas y el funcionamiento estaba bloqueado, por lo que no pudimos ver el funcionamiento “ideal” de la planta, según el fabricante. Se optó por sobrescribir con un código realizado por nosotros.
2. Falta de manuales de los componentes y de las estaciones: Este ha sido un problema importante a la hora de realizar este TFG. Prácticamente ningún componente de la planta disponía de un manual. Esto nos dificulta notoriamente el trabajo, en especial cuando surgían errores y no sabíamos cómo solventarlos.
3. Controlador o “driver”: para aprender a usar el controlador del motor paso a paso tuvimos que buscar manuales en Internet. Con la herramienta software ACT Controller (US) [21] y la ayuda de D. Jonay Toledo Carrillo, pudimos solventar los errores.
4. Versión TIA Portal incompatible: Inicialmente, todos los ordenadores tenían instalada la versión 14 del “TIA Portal”[18]. Para el caso de las primeras dos estaciones, no suponía ningún problema, pero, en nuestro caso, nos causaba incompatibilidad el firmware. Además, nos era imposible leer el código original que venía instalado en la planta ya que estaba programado en una versión más actualizada de Tia Portal. Gracias a la ayuda de D. Manuel Fernández Vera, quien nos consiguió una licencia de la versión actualizada (versión 16), pudimos instalarla y solventar el problema.
5. Cortocircuito en el módulo de expansión del autómeta: Durante la realización de pruebas sobre la estación se produjo un cortocircuito en el módulo de expansión de E/S de nuestro autómeta, que lo dejó inutilizable. Fue necesario adquirir e instalar un módulo nuevo.
6. Necesidad de antenas WiFi: La conexión PC- PLC de la planta está configurada vía Wi-Fi. Inicialmente los PCs que usábamos no contaban con tarjetas Wi-Fi, y hasta que dispusimos de éstas, nos conectamos al PLC a través de un cable Ethernet.



7. Fugas de aire en determinados elementos: Inicialmente se detectaron un par de fugas en el circuito de aire de la estación. Se solucionó cambiando algunos elementos por otros de repuesto además de atornillar de manera correcta algunas uniones que estaban débiles.



11. POSIBLES MEJORAS DE LA ESTACIÓN

A continuación se enumeran posibles mejoras que podría adoptar la empresa fabricante SMC para mejorar la estación FAS-216:

1. Entrega de manuales de todos los elementos: Pese a haberlo destacado como un problema, creemos que este aspecto es clave a la hora de exponer posibles mejoras de la estación. Creemos que la empresa fabricante SMC debería incorporar manuales mucho más completos y útiles de los que actualmente dispone. Elementos tan complejos y delicados como el driver, la cámara o el Wi-Fi de la planta general, necesitan indudablemente de un manual para cada uno de ellos.
2. Disponer de más finales de carrera: Esta estación tiene sensores de finales de carrera del eje que va de izquierda a derecha (a0 y a1) y del eje que va de arriba a abajo (b0 y b1), pero la planta carece de sensores finales de carrera en el eje de delante-atrás, lo que complica sustancialmente numerosos procesos. Por ejemplo, ha sido necesario utilizar un temporizador en el setup del brazo (suponiendo siempre 16 segundos, el tiempo máximo de recorrido del setup) o también a la hora de sacar piezas por la rampa de salida.
3. Diseño de las rampas de salida: Tal y como se puede observar en nuestros procesos, a la hora de sacar piezas por la rampa de salida siempre lo hacemos por la rampa derecha. Esto es así porque hemos comprobado que el brazo puede chocar con la pantalla HMI cuando saca una pieza por la rampa izquierda. Proponemos como solución y como posible mejora alejar un poco más la pantalla HMI de las estaciones.
4. Diseño de la cinta transportadora: Después de haber empleado la cinta transportadora creemos que su diseño actual es mejorable. La empresa que diseñó la estación no tuvo en cuenta que las piezas se acumulan al final de la cinta transportadora, obligando a retirarlas manualmente.



12. PROPUESTA GUIONES DE PRÁCTICAS

Como uno de los objetivos de este TFG es estudiar la viabilidad de uso de la estación como planta de prácticas, se han desarrollado varios guiones de distintos niveles para posibles prácticas planteables a estudiantes de Automatización. Además se adjunta un documento de ayuda al profesor de prácticas en el que se especifica el funcionamiento de algunos componentes que pueden resultar conflictivos para los alumnos. Estos documentos se pueden consultar en el anexo III.

Como se puede observar, se proponen dos guiones de prácticas para distintos niveles de conocimiento en automatización. En el primer guión, de nivel básico, los alumnos únicamente tendrán que programar el funcionamiento normal de la planta (F1). Esto incluye el llenado y el vaciado del almacén. Además, en este guión no se tienen en cuenta las comunicaciones con la cinta transportadora, por lo que se evitará el uso del sensor conectado a I400.0.

El segundo guión está dedicado a alumnos con conocimientos más avanzados en la materia. En este se les pide implementar una guía GEMMA para la estación. Se propone también, como trabajo adicional, la programación de las comunicaciones.



13. PRESUPUESTO

A continuación se desglosa el presupuesto del proyecto:

Inicialmente se calcula el Presupuesto de Ejecución Material (PEM), donde se tiene en cuenta tanto la mano de obra como el material empleado en la realización de este proyecto.

Tabla 5: Tabla de Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	Detalles	Coste desglosado	Coste
<i>Mano de Obra</i>	Horas de trabajo 600 H X 48 €/HORA	28.800 €	28.800 €
<i>Material (hardware+software)</i>	Estación	15350 €	16.500 €
	PC	800 €	
	Licencias de software (TIA Portal)	350 €	
Total PEM			45.300 €

Pasamos posteriormente a la suma del beneficio industrial y de los costes indirectos:

Tabla 6: Presupuesto PEM+BI+CI

Presupuesto	Coste
<i>PEM</i>	45.300 €
<i>Beneficio Industrial (6%)</i>	2.718 €
<i>Costes indirectos (13%)</i>	5.889 €
Total	53.907 €

Por último, le agregamos el Impuesto General Indirecto Canario (IGIC).

Tabla 7: Presupuesto Final

Presupuesto	Coste
<i>Presupuesto (PEM+BI+CI)</i>	53.907 €
<i>IGIC (7%)</i>	3.774 €
Presupuesto TOTAL	57.681 €



CONCLUSIONES

El objetivo de este TFG ha sido la puesta en marcha y programación de la estación FAS-216 de la planta FAS-200, del fabricante SMC, presente en el Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna. Después de haber trabajado con la estación podemos afirmar que se trata de un proyecto en el que hay que tener muy claro conceptos sobre automatización, además de tener una gran capacidad de resolución de problemas.

Cabe destacar que el lenguaje GRAFCET nos ha sido de suma utilidad a la hora de programar debido a que, tras diversos intentos de programación siguiendo un estilo libre, optamos por la programación basada en la traducción de GRAFCET a KOP que hemos explicado anteriormente en el documento. Esta estrategia de programación no solo solucionó numerosos problemas, sino que además, nos permitió identificar posibles errores en la programación.

Es importante destacar también que han surgido numerosos problemas e imprevistos a lo largo de la realización del TFG. Esto se puede ver claramente en el apartado de problemas encontrados. Este aspecto nos ha permitido ver de primera mano lo que nos podemos enfrentar en un futuro laboral, en el que, como nos ha ocurrido a lo largo de la realización de este proyecto, pueden surgir muchos problemas e inconvenientes que no esperamos. Por esta razón creemos que un ingeniero debe tener la capacidad de sobrellevar y enfrentarse a los problemas que puedan ocurrir.

Asimismo, destacamos la importancia de la simulación como herramienta clave en la enseñanza de la automatización, ya que permite a los estudiantes experimentar de manera segura y controlada situaciones complicadas, estresantes o incluso peligrosas que podrían presentarse en un entorno real. Además, es muy importante para poder practicar de forma repetida, hasta lograr desenvolverse de la manera necesaria en la programación de este tipo de sistemas. Esperamos que este proyecto pueda ser de utilidad para los futuros estudiantes de Automatización de nuestra Escuela. Los alumnos tendrán a su disposición una estación que necesita combinar conocimientos de automatización con conceptos nuevos, relacionados con la Industria 4.0.

Nos gustaría hacer mención a las asignaturas del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática que más nos han ayudado a la hora de realizar este proyecto: “Automatización y Control Industrial”, por brindarnos nuestros primeros conocimientos en lenguaje KOP, “Electrónica Digital”, que nos aportó competencias muy útiles a la hora de entender el controlador de la estación, “Organización y Gestión de Proyectos”, que nos dió los conocimientos necesarios para la realización de este proyecto y, por último, “Automatización



Industrial Avanzada”, que nos sirvió para tener conceptos más avanzados sobre los GRAFCETS, guía GEMMA y programación en KOP.

Queremos mencionar también algunos de los conceptos aprendidos durante este TFG. Ampliamos técnicas en materia de automatización y programación, como el uso de los GRAFCETS para crear códigos KOP, aprendimos también sobre el funcionamiento de motores paso a paso y su control, destacamos además nuevos conceptos sobre la redacción de proyectos industriales y, por último, ampliamos nuestros conocimientos en la integración de comunicaciones en procesos industriales.

Para finalizar, se han cumplido los objetivos propuestos al inicio de este Trabajo de Fin de Grado, al haber logrado la puesta en marcha y la programación de la estación FAS-216, y haber propuesto futuras aplicaciones en asignaturas de automatización.



CONCLUSIONS

The objective of this TFG has been the commissioning and programming of the FAS-216 station of the FAS-200 plant, from the manufacturer SMC, present in the Automation Laboratory of the Department of Computer and Systems Engineering of the School of Engineering and Technology of the University of La Laguna. After having worked with the station we can affirm that it is a project in which it is necessary to have very clear concepts about automation, in addition to having a great capacity for problem solving.

It should be noted that the GRAFCET language has been extremely useful to us when programming because, after several attempts at programming following a free style, we opted for programming based on the translation of GRAFCET to KOP that we explained earlier in the document. This programming strategy not only solved numerous problems, but also allowed us to identify possible errors in the programming.

It is also important to note that numerous problems and unforeseen events have arisen throughout the completion of the TFG. This can be clearly seen in the section on problems encountered. This aspect has allowed us to see firsthand what we may face in a future job, in which, as has happened to us throughout the completion of this project, many problems and inconveniences that we do not expect may arise. For this reason we believe that an engineer must have the ability to cope and face the problems that may occur.

We also emphasize the importance of simulation as a key tool in teaching automation, as it allows students to experience in a safe and controlled way complicated, stressful or even dangerous situations that could occur in a real environment. In addition, it is very important to be able to practice repeatedly, to achieve the necessary skills in the programming of such systems. We hope that this project can be useful for the future students of Automation of our School. The students will have at their disposal a station that needs to combine automation knowledge with new concepts related to Industry 4.0.

We would like to mention the subjects of the Degree in Industrial Electronics and Automation Engineering that have helped us the most when carrying out this project: "Industrial Automation and Control", for giving us our first knowledge in KOP language, "Digital Electronics", which gave us very useful skills when understanding the station controller, "Organization and Project Management", which gave us the necessary knowledge for the realization of this project and, finally, "Advanced Industrial Automation", which helped us to have more advanced concepts about GRAFCETS, GEMMA guide and programming in KOP.

We would also like to mention some of the concepts learned during this TFG. We expanded techniques in automation and programming, such as the use of GRAFCETs to create KOP codes, we also learned about the operation of stepper motors and their control, we also



highlighted new concepts on the drafting of industrial projects and, finally, we expanded our knowledge in the integration of communications in industrial processes.

Finally, the objectives proposed at the beginning of this Final Degree Project have been fulfilled, having achieved the commissioning and programming of the FAS-216 station, and having proposed future applications in automation subjects.



REFERENCIAS

- [1] Monografías, El ingeniero industrial en un sistema de almacén, disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos101/ingeniero-industria-sistema-almacen/ingeniero-industria-sistema-almacen>
- [2] Ingeniería industrial online, ¿Qué es la Gestión de Almacenes?, disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-almacenes/que-es-la-gestion-de-almacenes/>
- [3] Industrias GSL, ¿Qué es la simulación ingeniería industrial?, disponible en: <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/simulacion-ingenieria-industrial#:~:text=%C2%BFPara%20qu%C3%A9%20sirve%20la%20simulaci%C3%B3n,de%20una%20bomba%20entre%20otros>
- [4] vld-eng, ¿QUÉ ENTENDEMOS POR SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES?, disponible en: <https://www.vld-eng.com/blog/simulacion-procesos-industriales/>
- [5] Curso aula 21, ¿Qué es la simulación de procesos industriales, disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-simulacion-de-procesos-industriales/>
- [6] IUPSM Simulación, Investigación de Operaciones I, disponible en: <https://iupsm simulacion.wordpress.com/tipos-de-simulacion/>
- [7] Festo, disponible en: <https://www.festo.com>
- [8] Lotero Nañez, Jamileth.(2016). Herramienta de apoyo a la enseñanza del estándar IEC 61131 basada en la automatización y simulación de la tercera estación de la planta Festo y Siena [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna]. Recuperado de [\[http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/1386\]](http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/1386).
- [9] Nosolomaquetas, Fábrica de helicópteros, disponible en: <https://www.nosolomaquetas.com/primera-maqueta-industrial-para-mce/>
- [10] Maquetasarquitectonicas, Maqueta Industrial – PTAR, disponible en: <https://maquetasarquitectonicas.es/maquetas/planta-tratamiento-aguas-residuales/>



[11] Facebook (Maquetas extraídas de Maquetas PR), Maqueta de empresa embotelladora, disponible en:

https://www.facebook.com/1096367497230898/posts/maqueta-de-empresa-embotelladora-e-scala-1100-elaboramos-tu-maqueta-de-acuerdo-a-/1130163897184591/?locale=es_LA

[12] Factoryio, disponible en:

<https://factoryio.com/>

[13] RealVirtual.io, disponible en:

<https://realvirtual.io/en/>

[14] Unity, disponible en:

<https://unity.com/es>

[15] RealVirtual, demo, disponible en:

<https://realvirtual.io/demo/demomodel/>

[16] Siemens, SMC training, disponible en:

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

[17] Siemens, S7-1200, disponible en:

https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html?qclid=Cj0KCQjwmZeJBhC_ARIsAGhCqnfS_ndn4dgM7mHm09chOVcgrN2XIcUCPRIF6bs17eLg4dhwMZurdA0aAgAoEALw_wcB&acz=1

[18] Siemens, TIA Portal, disponible en:

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/industry-software/automation-software/tia-portal/software.html>

[19] ESA. Automation, Esaware and the solutions for Industrial Automation, disponible en:

<https://www.esa-automation.com/es/en-esaware-and-the-solutions-for-industrial-automation/>

[20] OMRON, Omron España , disponible en:

<https://omron.es/es/home>

[21] SMCWORLD, Controller, disponible en:

https://www.smcworld.com/assets/manual/en-jp/files/LECA6_E.pdf

[22] Biblus, Guía GEMMA, disponible en:

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4553/fichero/08+-+Gu%C3%ADa+GEMMA.pdf>



[23] MasterHacks, Guía GEMMA, disponible en:

<https://blogs.masterhacks.net/ingenieria/automatizacion/guia-gemma/>

[24] Recursos Citea UPC, Descripción de la guía GEMMA, disponible en:

<https://recursos.citea.upc.edu/grafcet/gemma/descrip.html>

[25] Guerrero Saiz, José Manuel. Programación estructurada de autómatas programables con Grafcet. Paraninfo.

[26] Automatasorg, INTRODUCCIÓN AL GRAFCET, disponible en:

<https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>

[27] UNIOVI, RESUMEN SOBRE GRAFCET, disponible en:

http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet_resumen.pdf

[28] UNIOVI, Consultas y bobinas, disponible en:

<http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez/ii/CursoOnline/4aconsultas%20y%20bobinas.htm#:~:text=EI%20lenguaje%20de%20contactos%20>

[29] Programación Siemens, Step 7... AWL, FUP o KOP ¿Cuál elijo?, disponible en:

<https://programacionsiemens.com/step-7-awl-fup-kop-cual-elijo/>

[30] Área Tecnología, DIAGRAMA O LENGUAJE DE CONTACTOS, disponible en:

<https://areatecnologia.com/electricidad/lenguaje-de-contactos.html>

[31] Cursosaula21, PROFINET: Qué es y cómo funciona, disponible en:

[https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/#:~:text=PROFINET%20\(Process%20Field%20Network\)%20es,datos%20entre%20controladores%20y%20dispositivos.](https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/#:~:text=PROFINET%20(Process%20Field%20Network)%20es,datos%20entre%20controladores%20y%20dispositivos.)

[32] PROFIBUS, PROFINET: ¿Qué es y cómo funciona?, disponible en:

<https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/>

[33] Siemens, Industry licencia TIA Portal, disponible en:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7822-1AE06-0YA5>

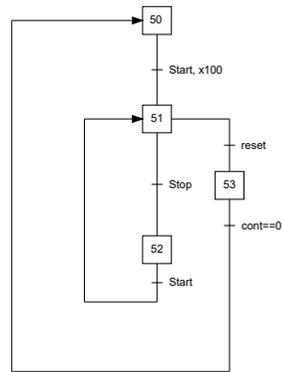


ANEXOS

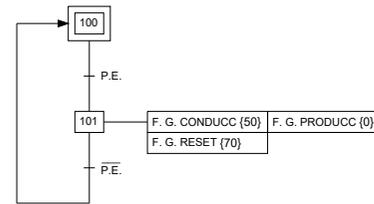


ANEXO I:
GRAFNETs de la estación
FAS-216

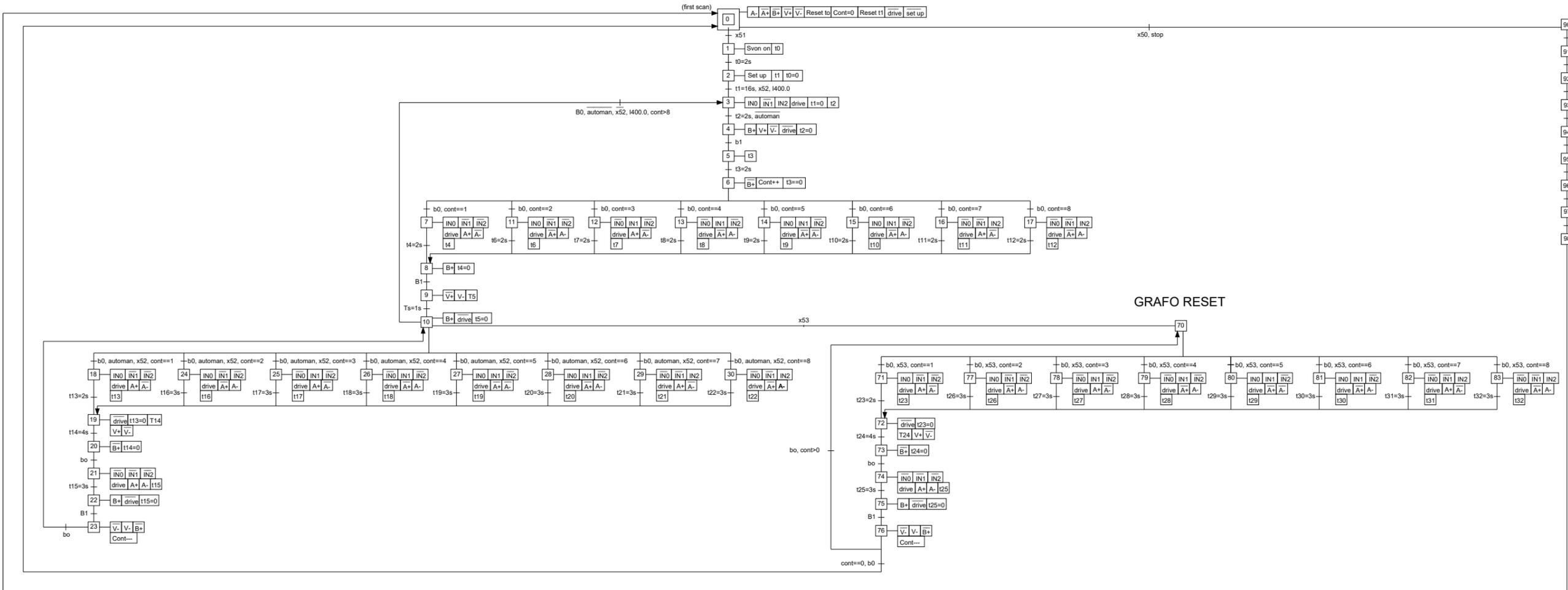
GRAFO CONDUCCION



GRAFO SEGURIDAD



GRAFO PRODUCCION



GRAFO RESET



ANEXO II: **CÓDIGO EN KOP**

Main [OB1]

Main Propiedades

General

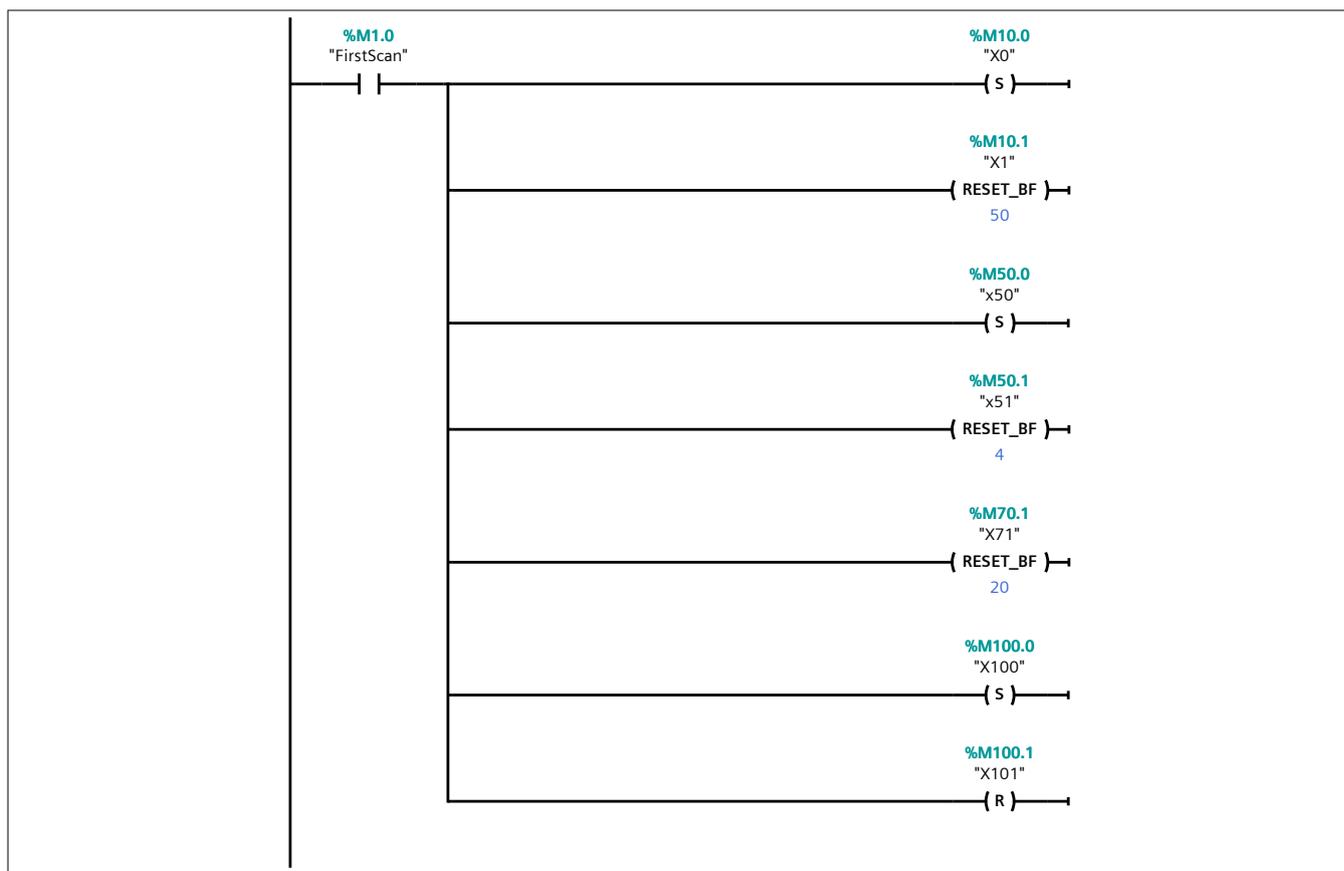
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

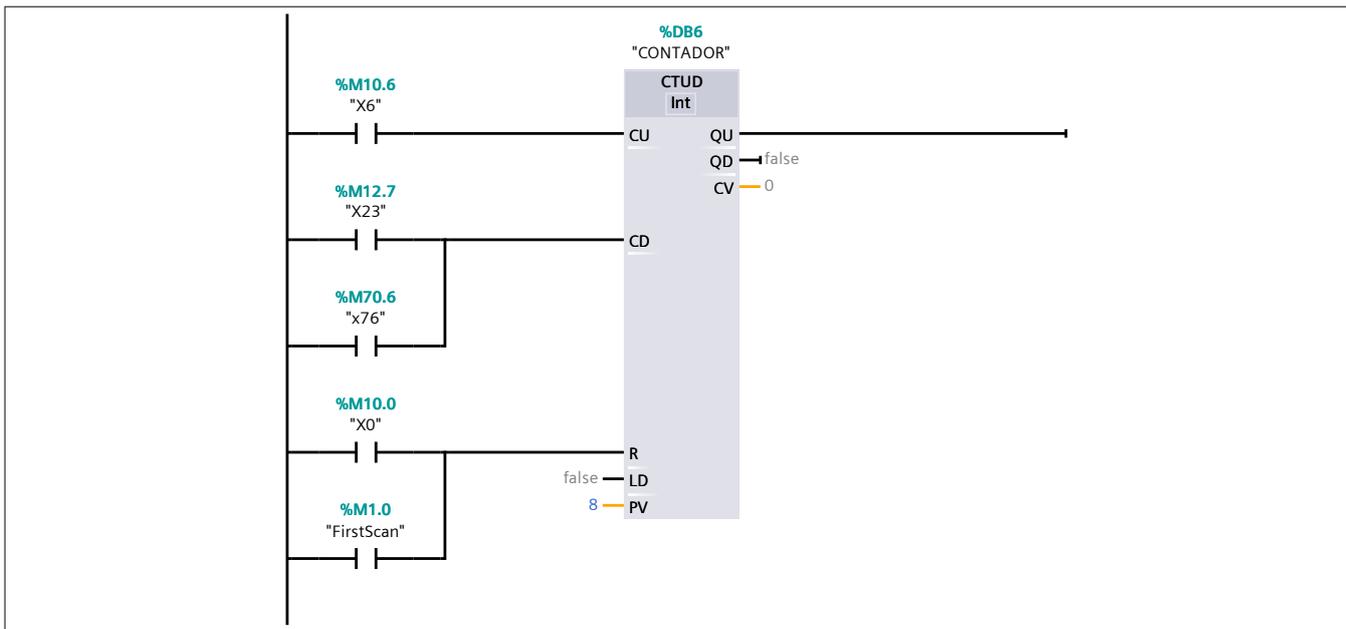
Título	"Main Program Sweep (Cycl"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

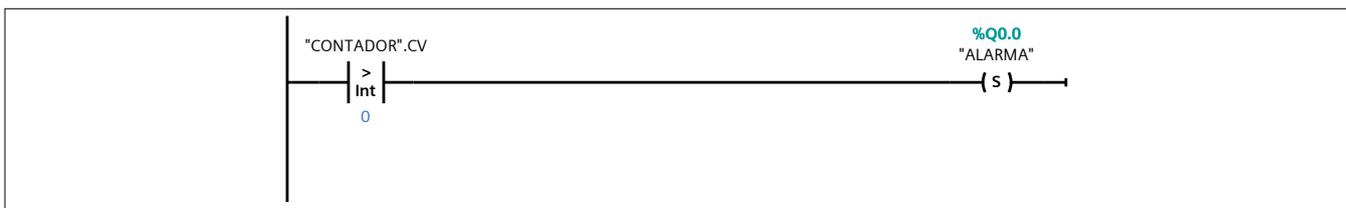
Segmento 1: CONDICIONES INICIALES



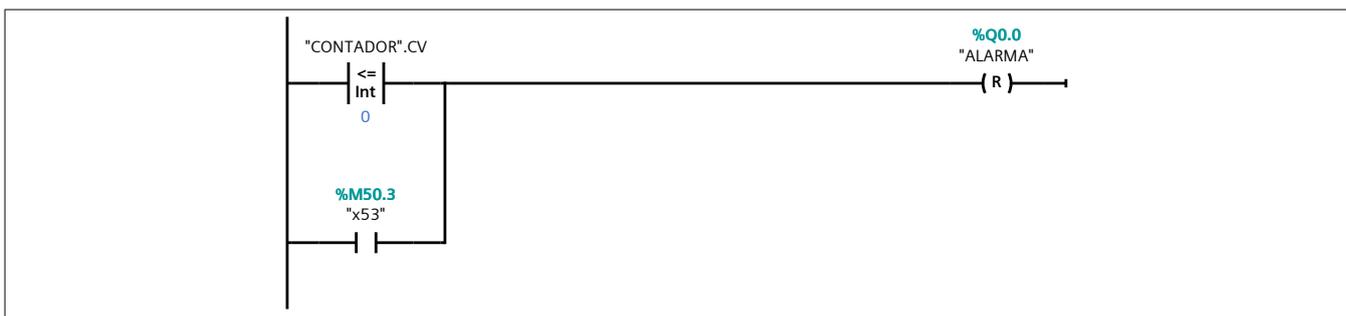
Segmento 2: CONTADOR



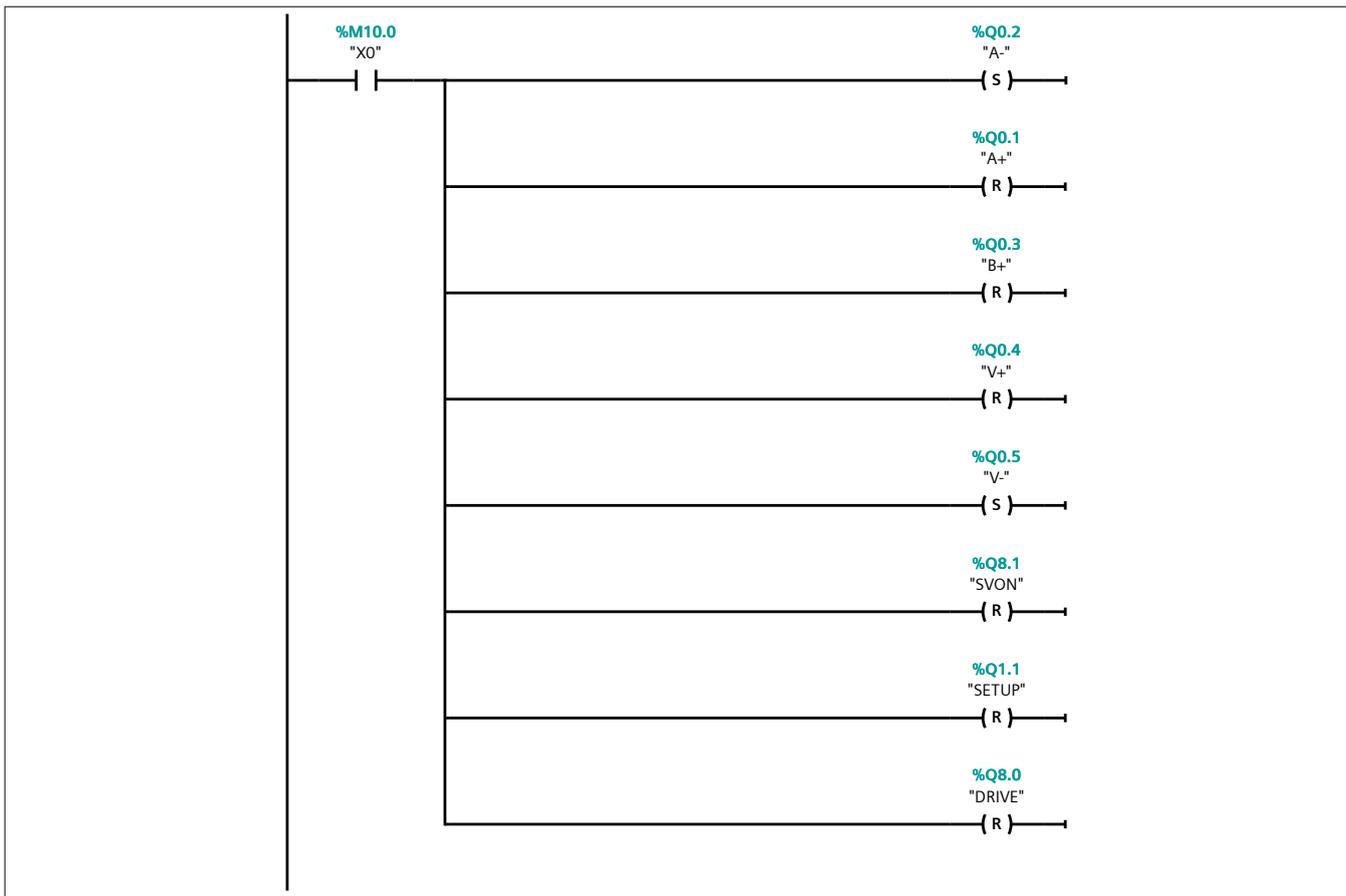
Segmento 3: ALARMA ENCENDER



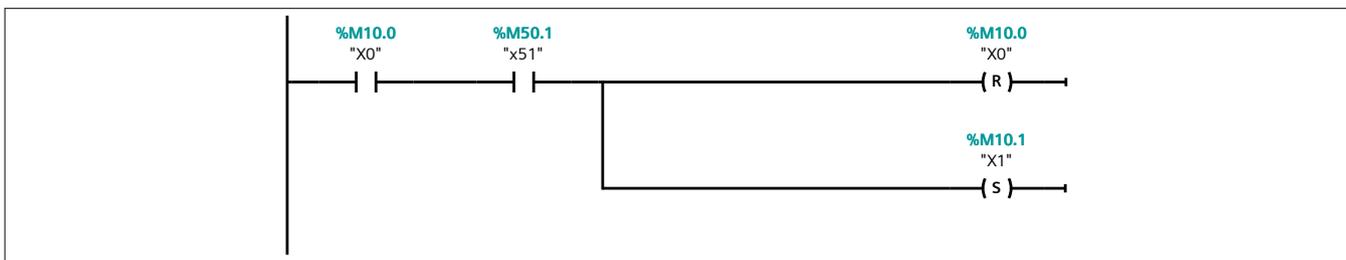
Segmento 4: ALARMA APAGAR



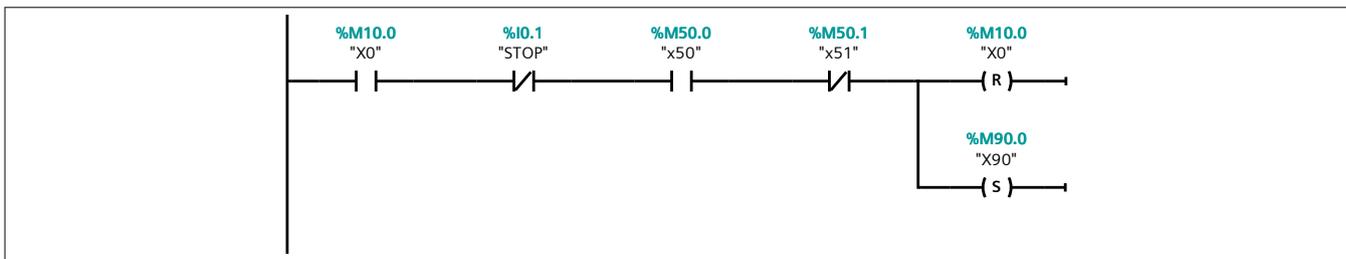
Segmento 5: ESTADO 0



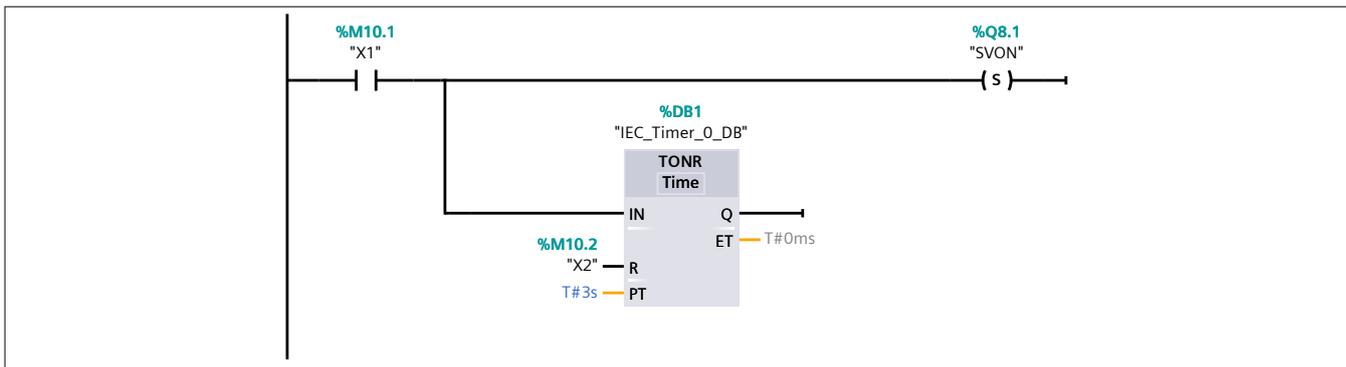
Segmento 6: TRANSICION 0



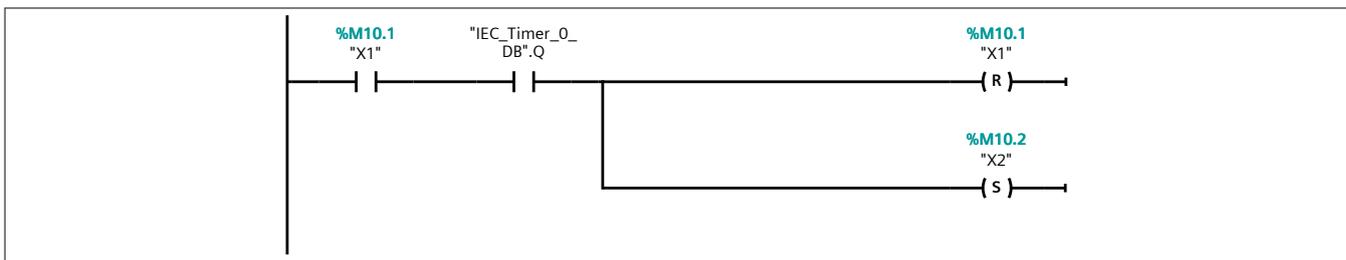
Segmento 7: TRANSICION 0 A 90



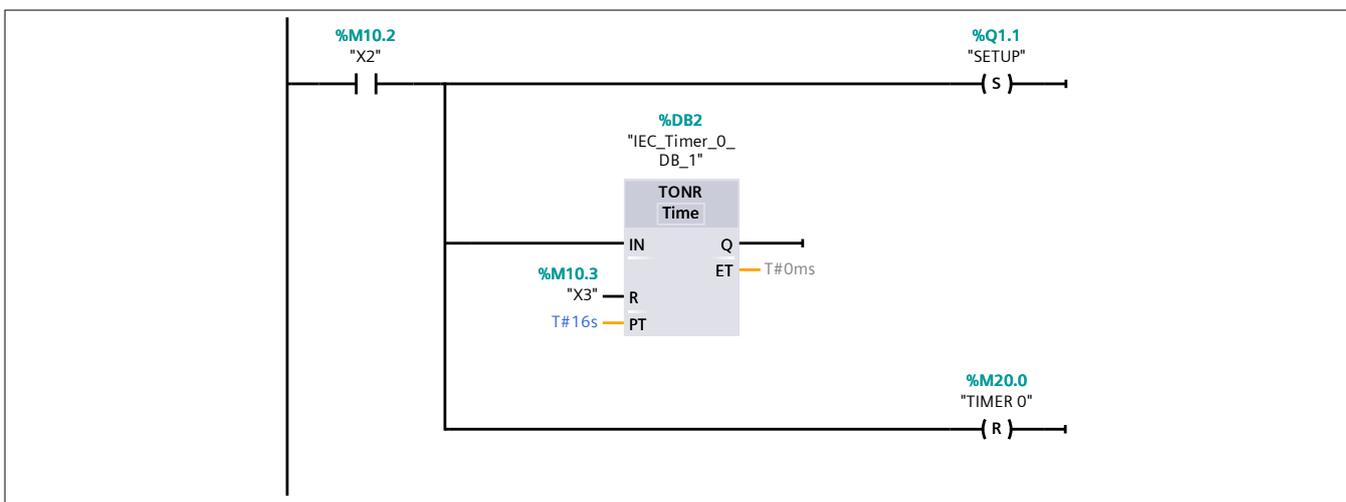
Segmento 8: ESTADO 1



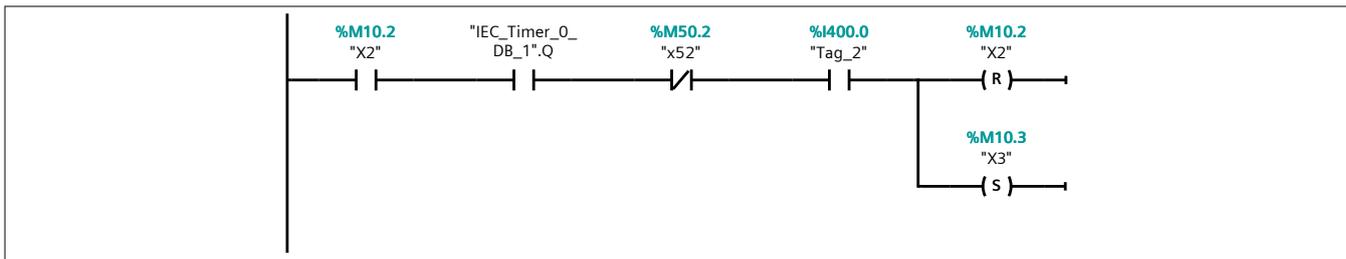
Segmento 9: TRANSICION 1



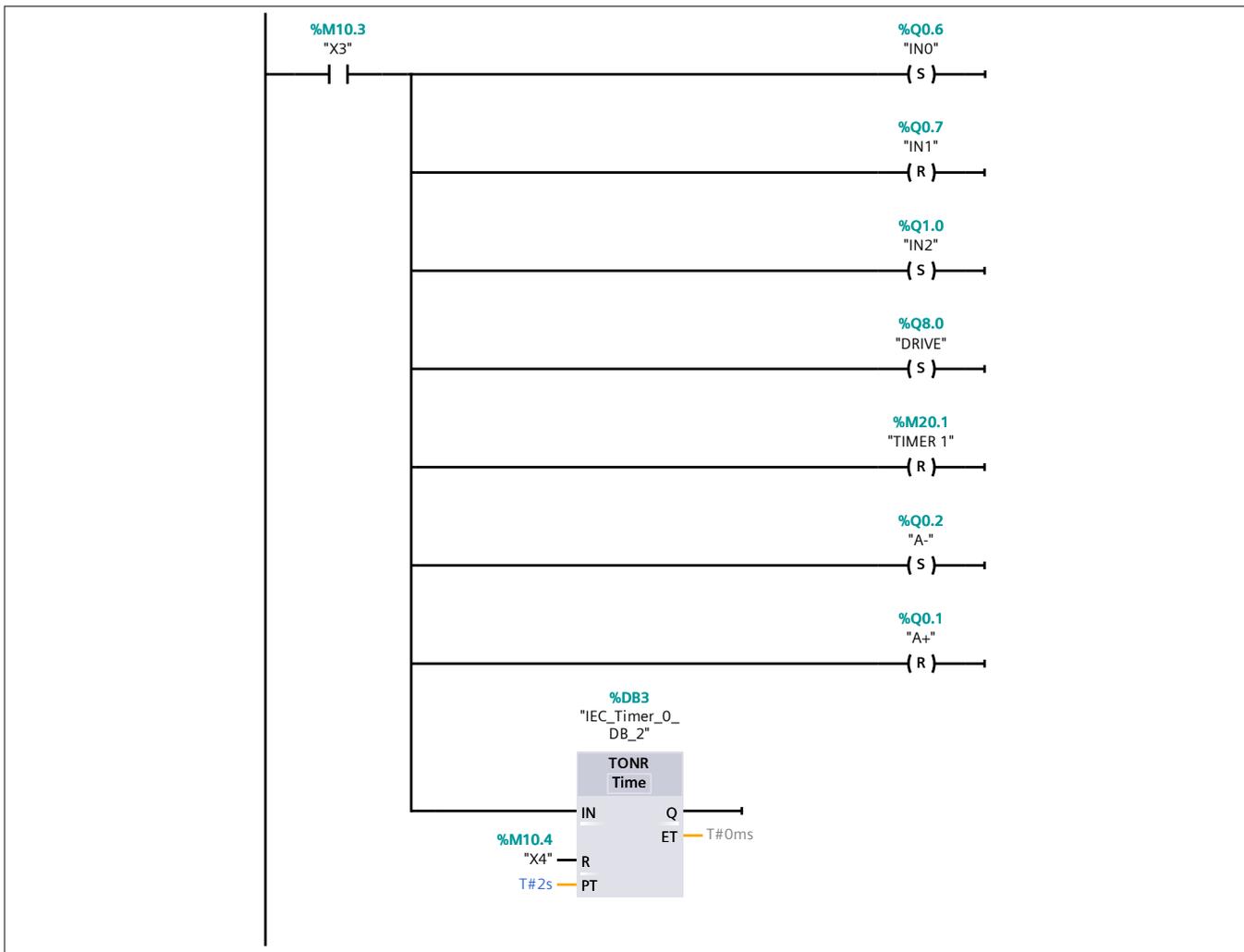
Segmento 10: ESTADO 2



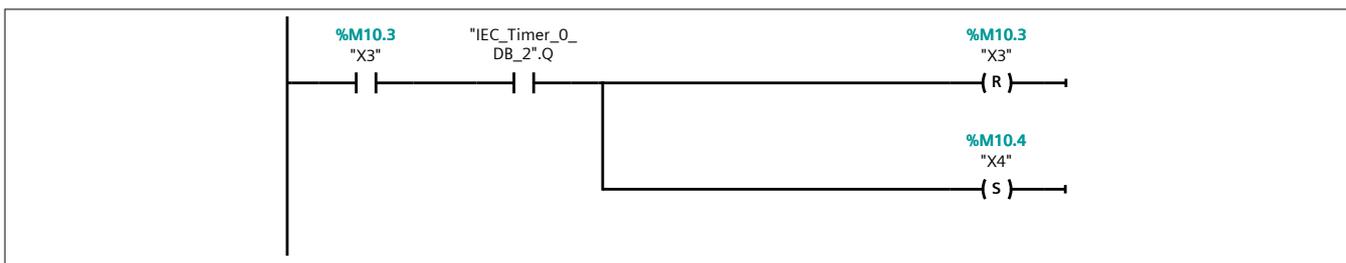
Segmento 11: TRANSICION 2



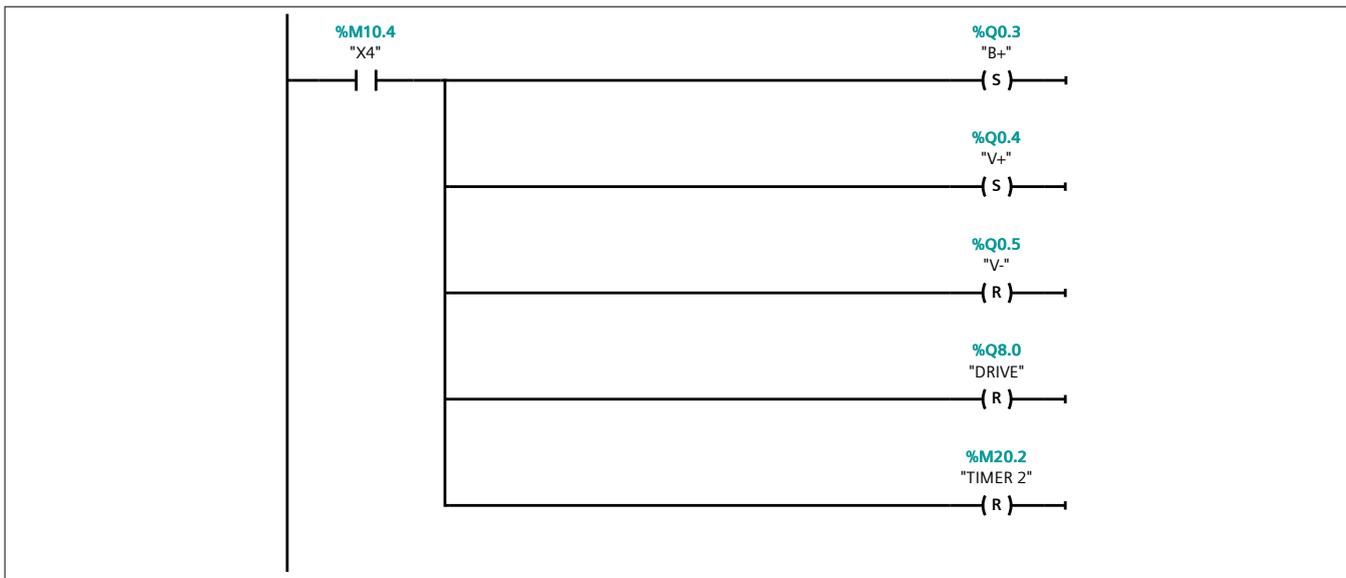
Segmento 12: ESTADO 3



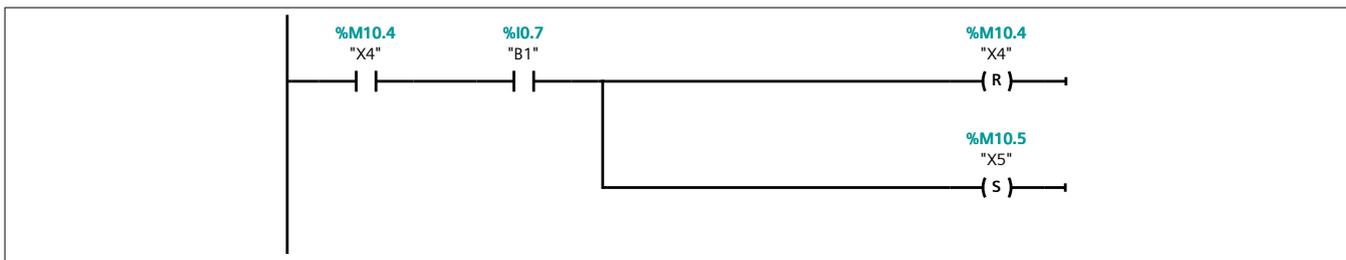
Segmento 13: TRANSICION 3



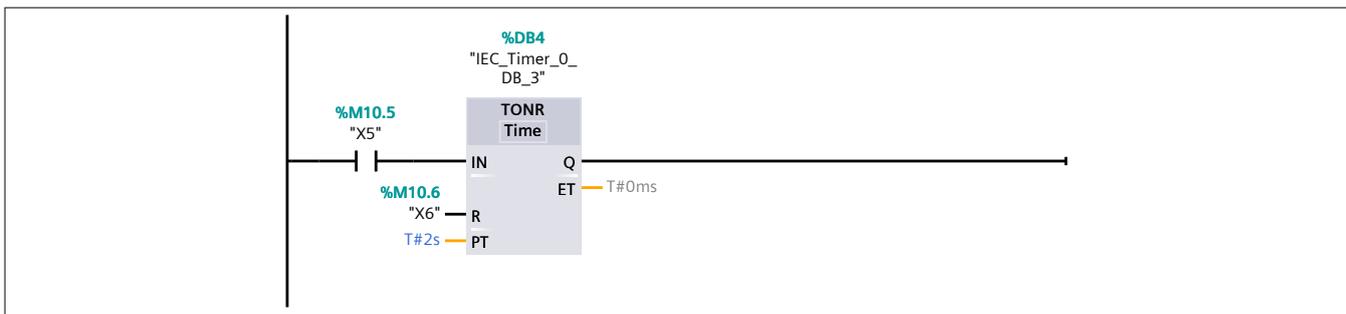
Segmento 14: ESTADO 4



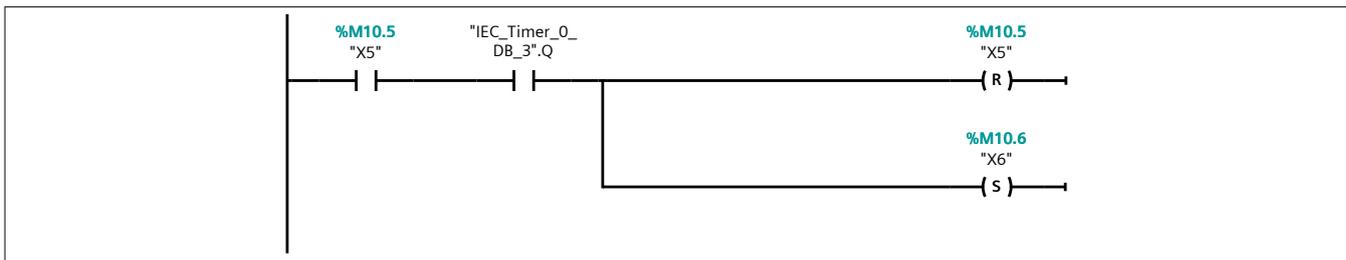
Segmento 15: TRANSICION 4



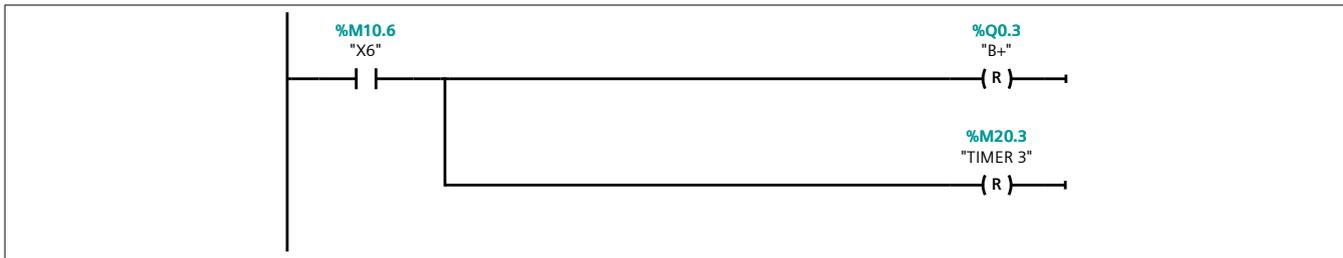
Segmento 16: ESTADO 5



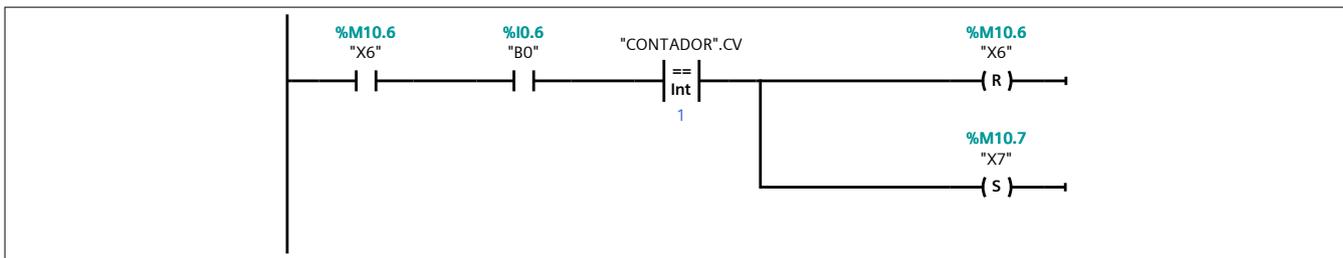
Segmento 17: TRANSICION 5



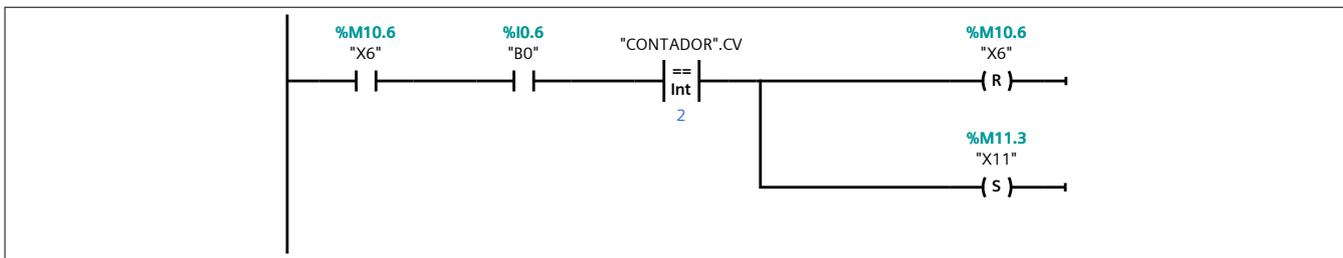
Segmento 18: ESTADO 6



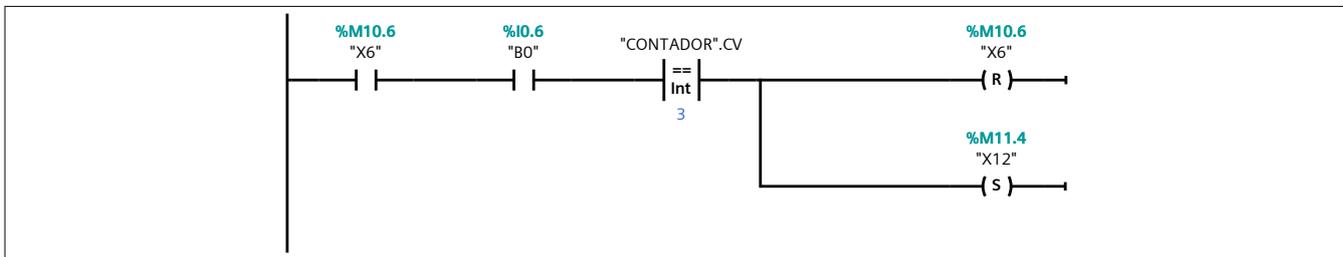
Segmento 19: TRANSICION 6 CONTADOR 1



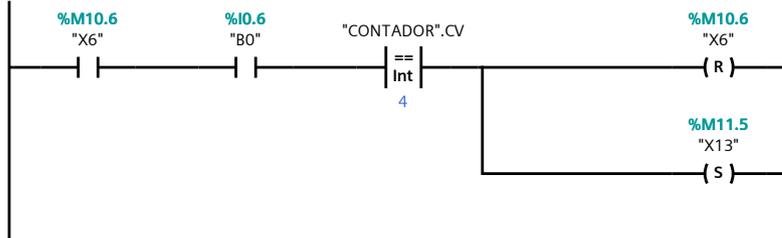
Segmento 20: TRANSICION 6 CONTADOR 2



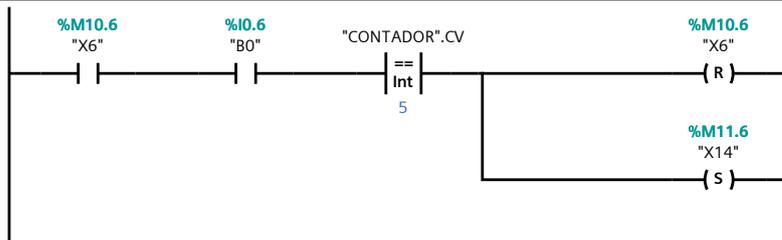
Segmento 21: TRANSICION 6 CONTADOR 3



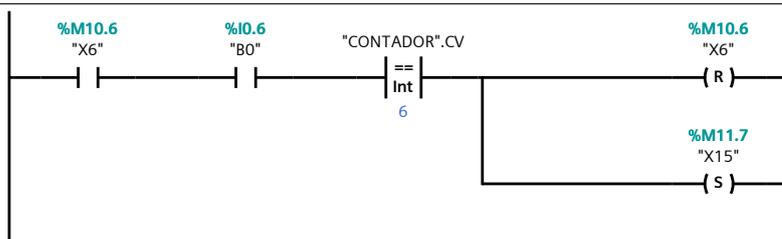
Segmento 22: TRANSICION 6 CONTADOR 4



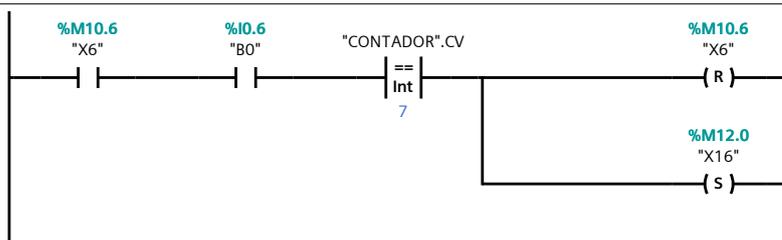
Segmento 23: TRANSICION 6 CONTADOR 5



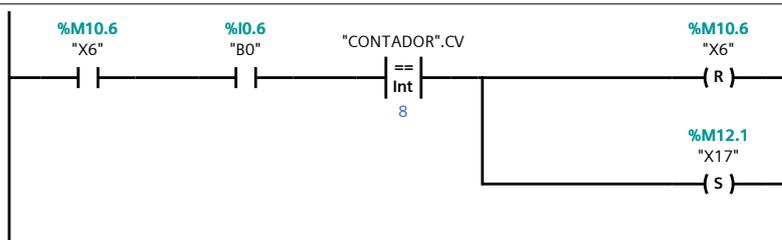
Segmento 24: TRANSICION 6 CONTADOR 6



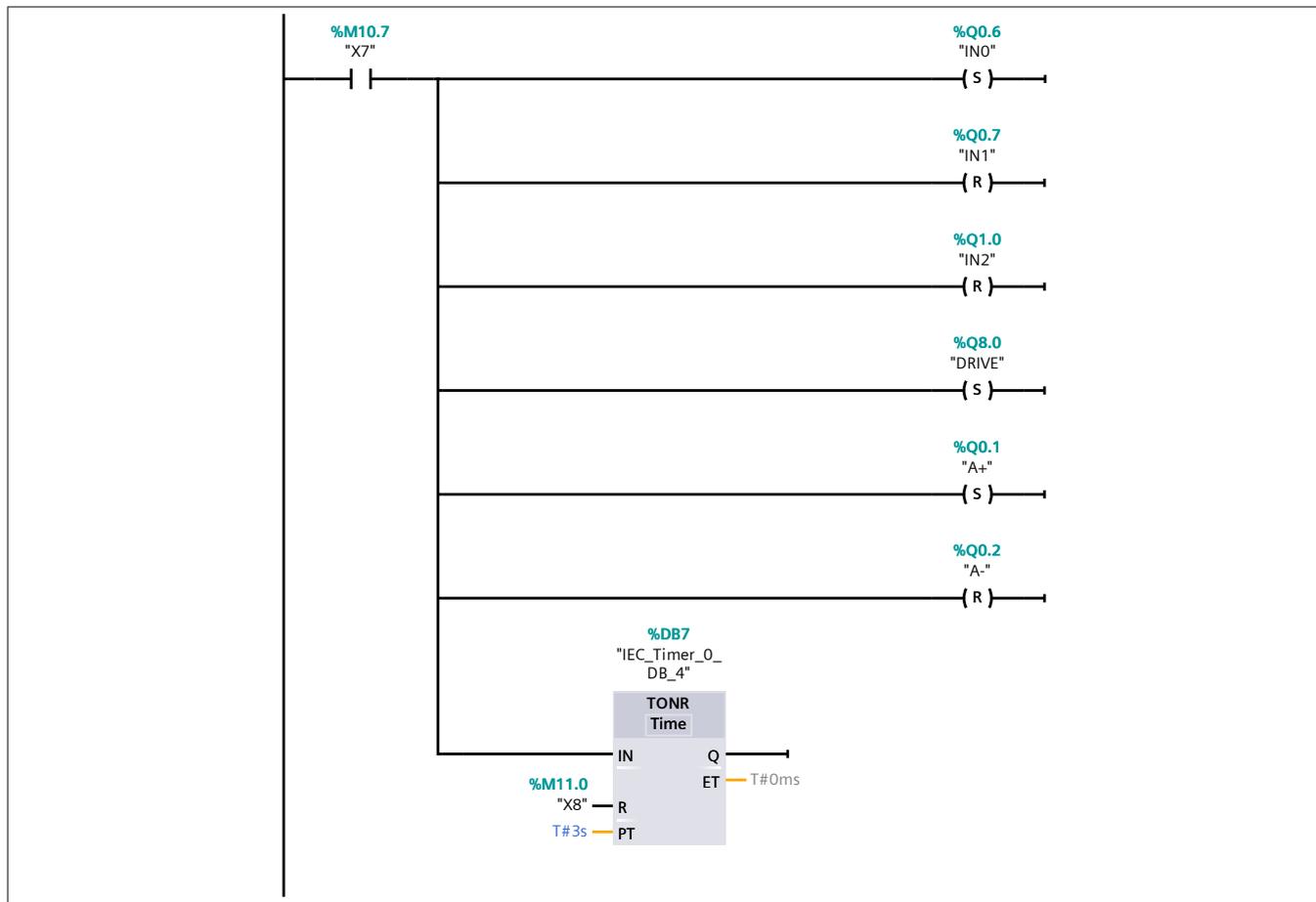
Segmento 25: TRANSICION 6 CONTADOR 7



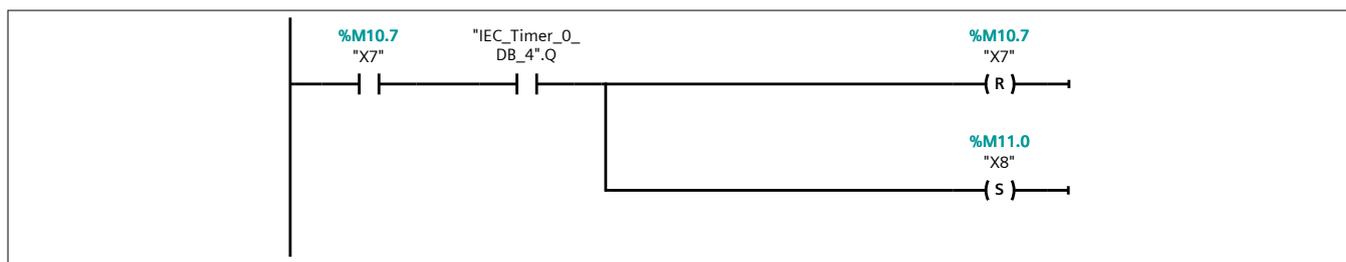
Segmento 26: TRANSICION 6 CONTADOR 8



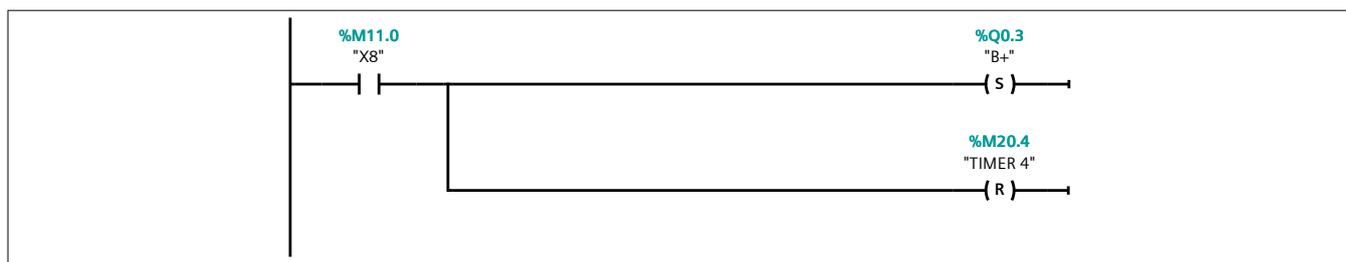
Segmento 27: ESTADO 7



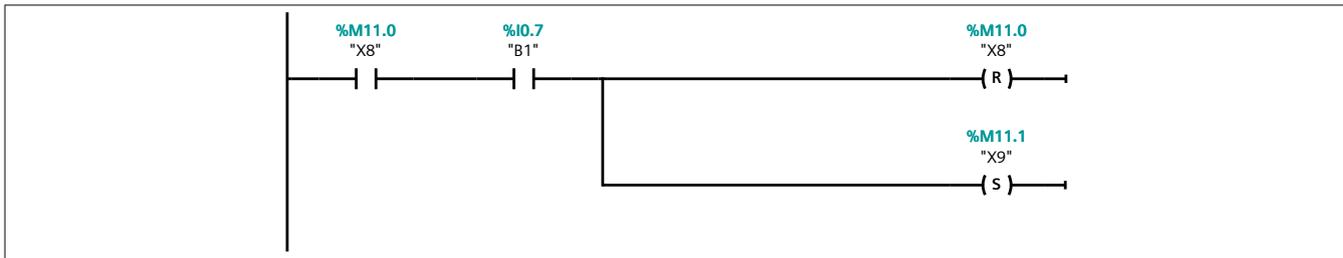
Segmento 28: TRANSICION 7



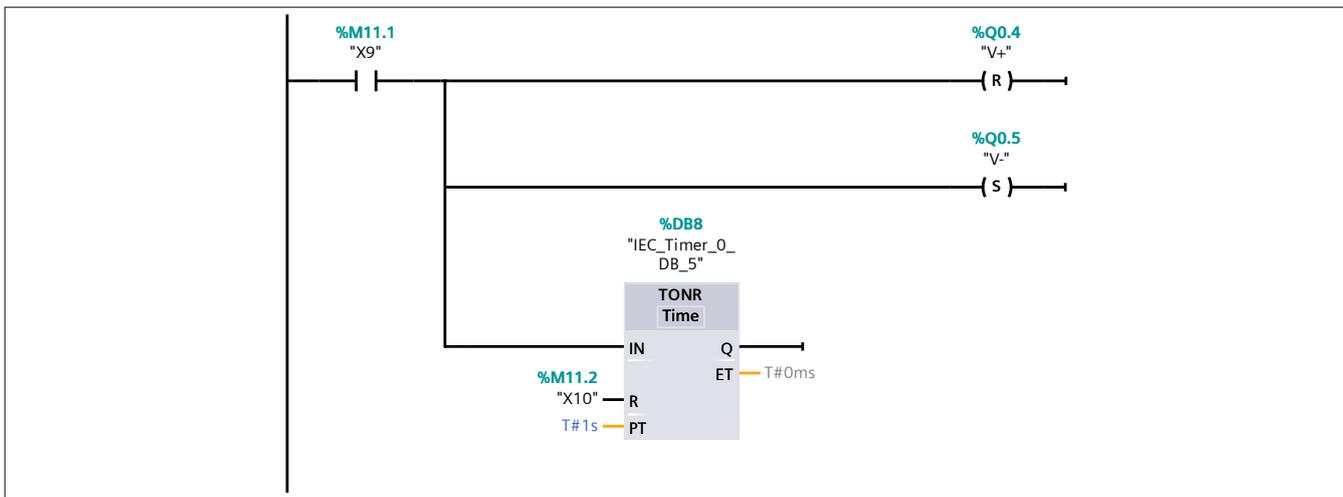
Segmento 29: ESTADO 8



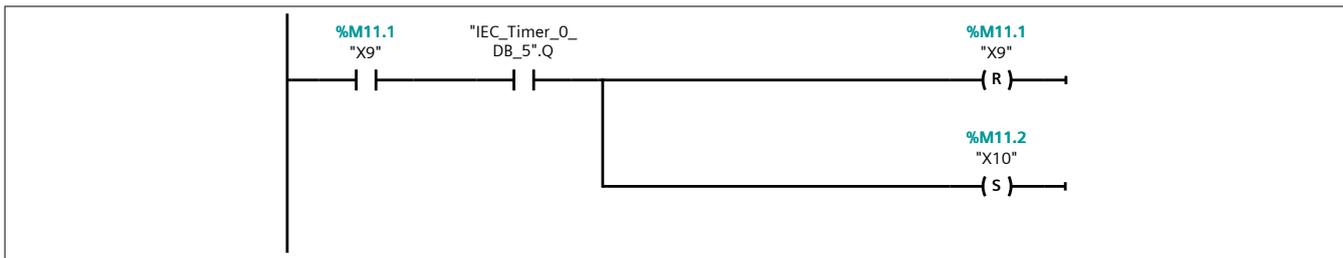
Segmento 30: TRANSICION 8



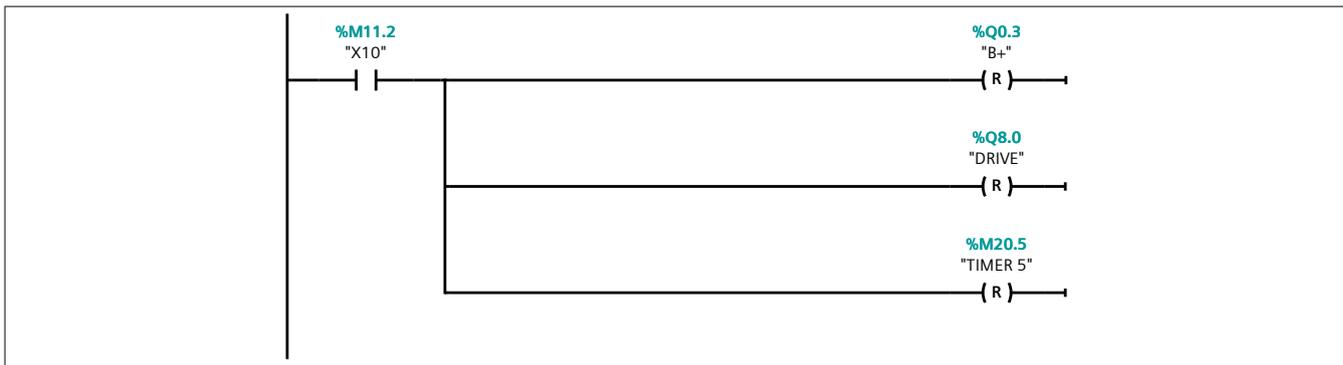
Segmento 31: ESTADO 9



Segmento 32: TRANSICION 9

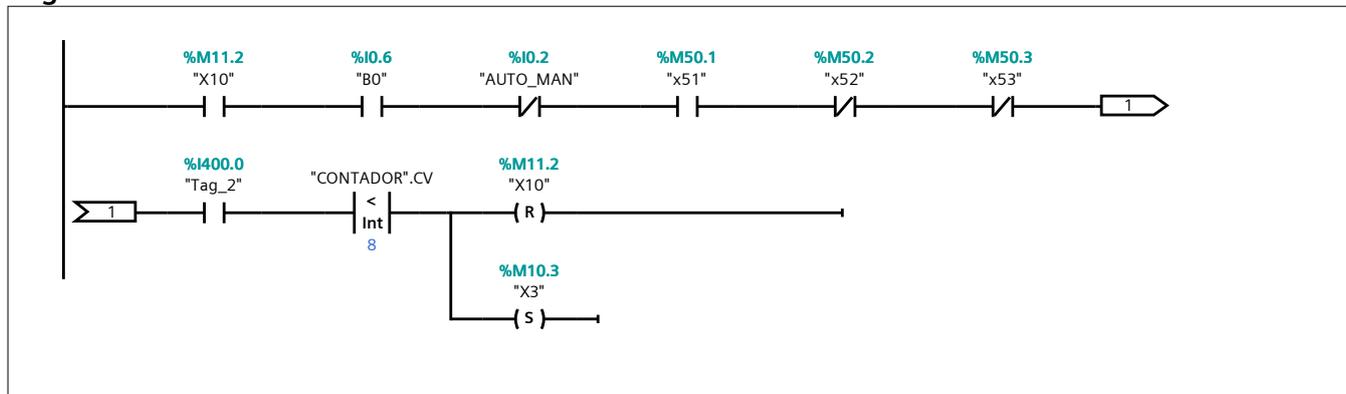


Segmento 33: ESTADO 10

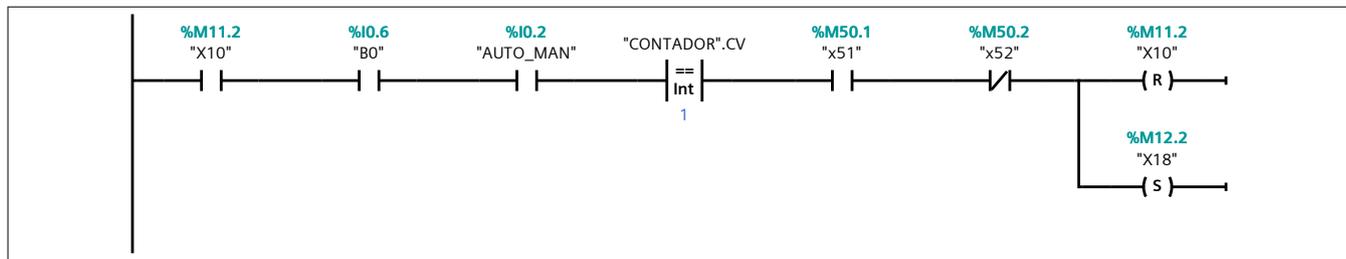


Segmento 34: TRANSICION 10 A RECOGER

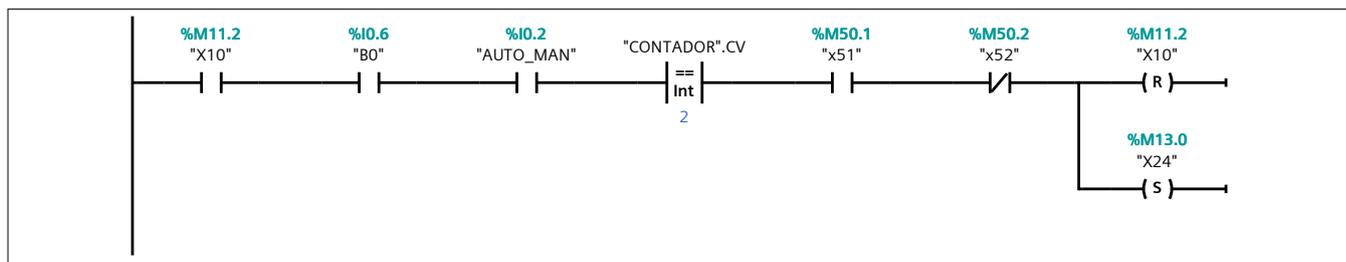
Segmento 34: TRANSICION 10 A RECOGER



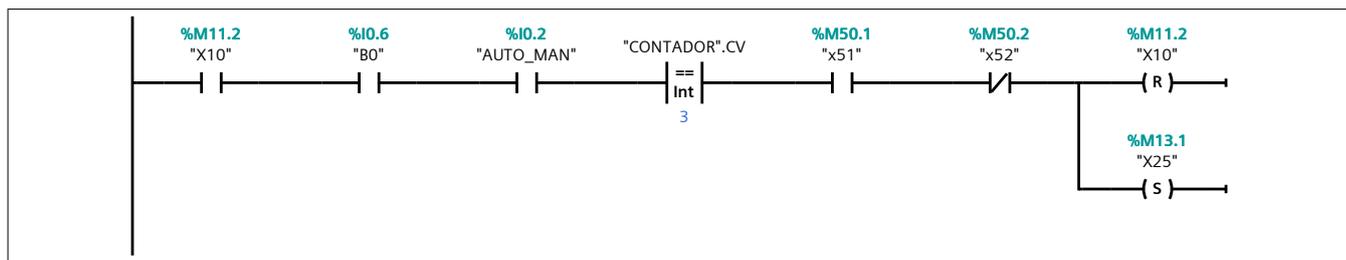
Segmento 35: TRANSICION 10 A SACAR CONTADOR 1



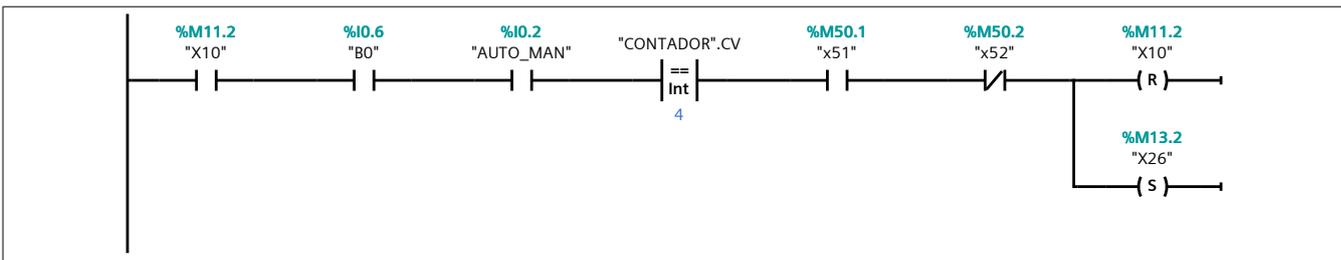
Segmento 36: TRANSICION 10 CONTADOR 2



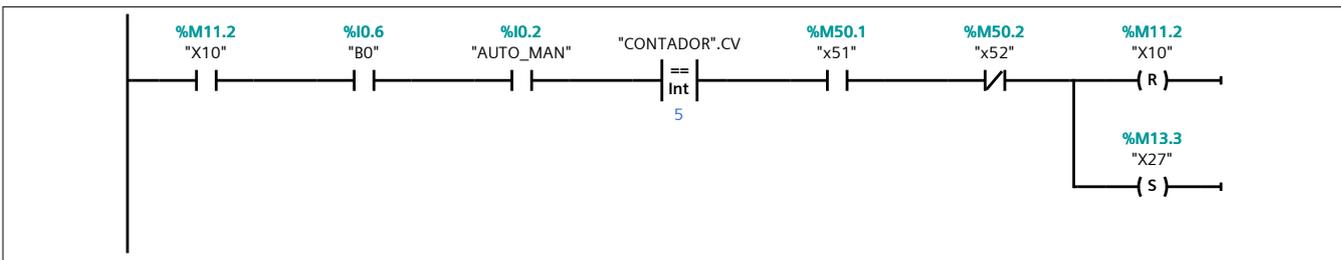
Segmento 37: TRANSICION 10 CONTADOR 3



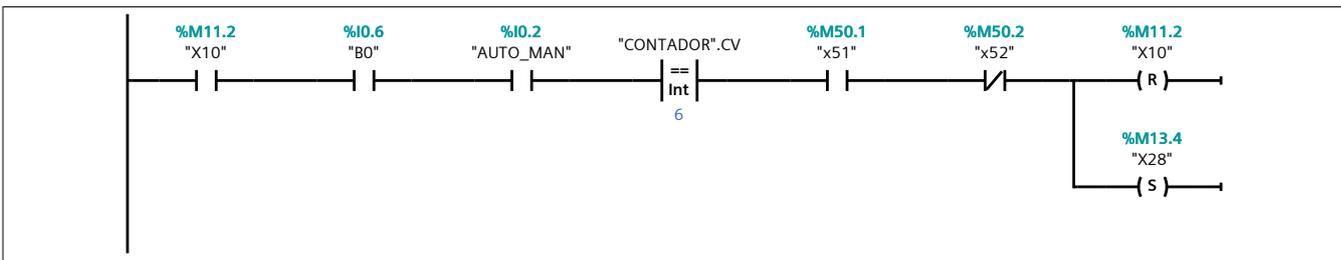
Segmento 38: TRANSICION 10 CONTADOR 4



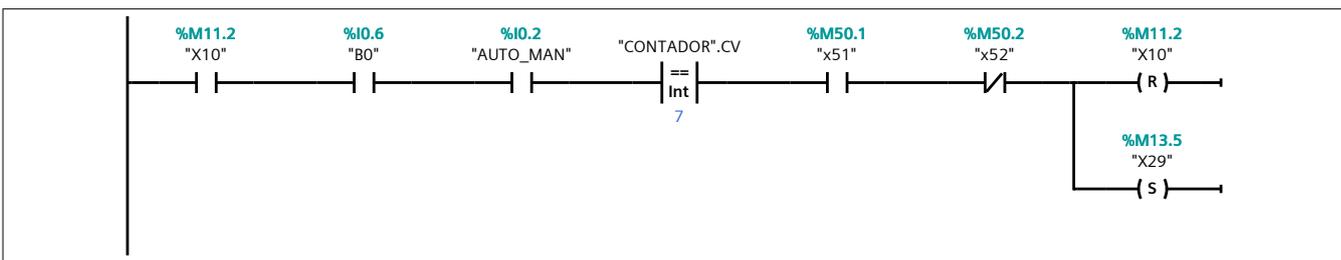
Segmento 39: TRANSICION 10 CONTADOR 5



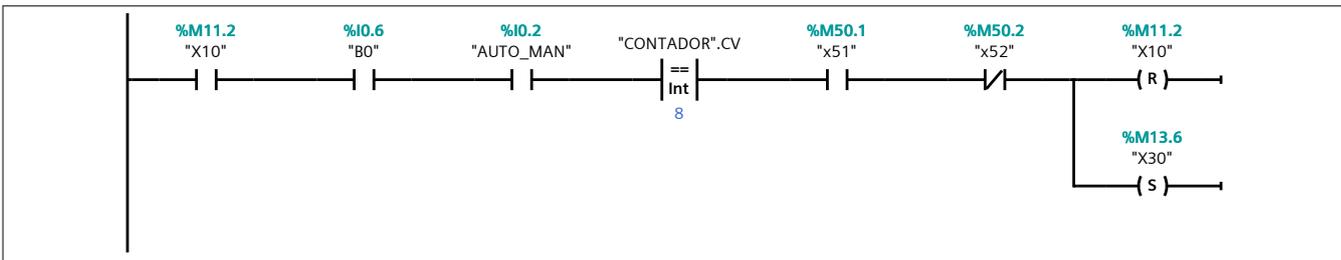
Segmento 40: TRANSICION 10 CONTADOR 6



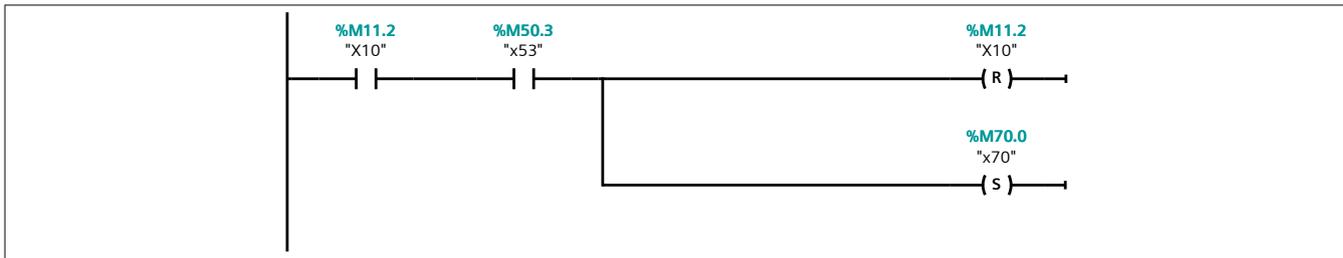
Segmento 41: TRANSICION 10 CONTADOR 7



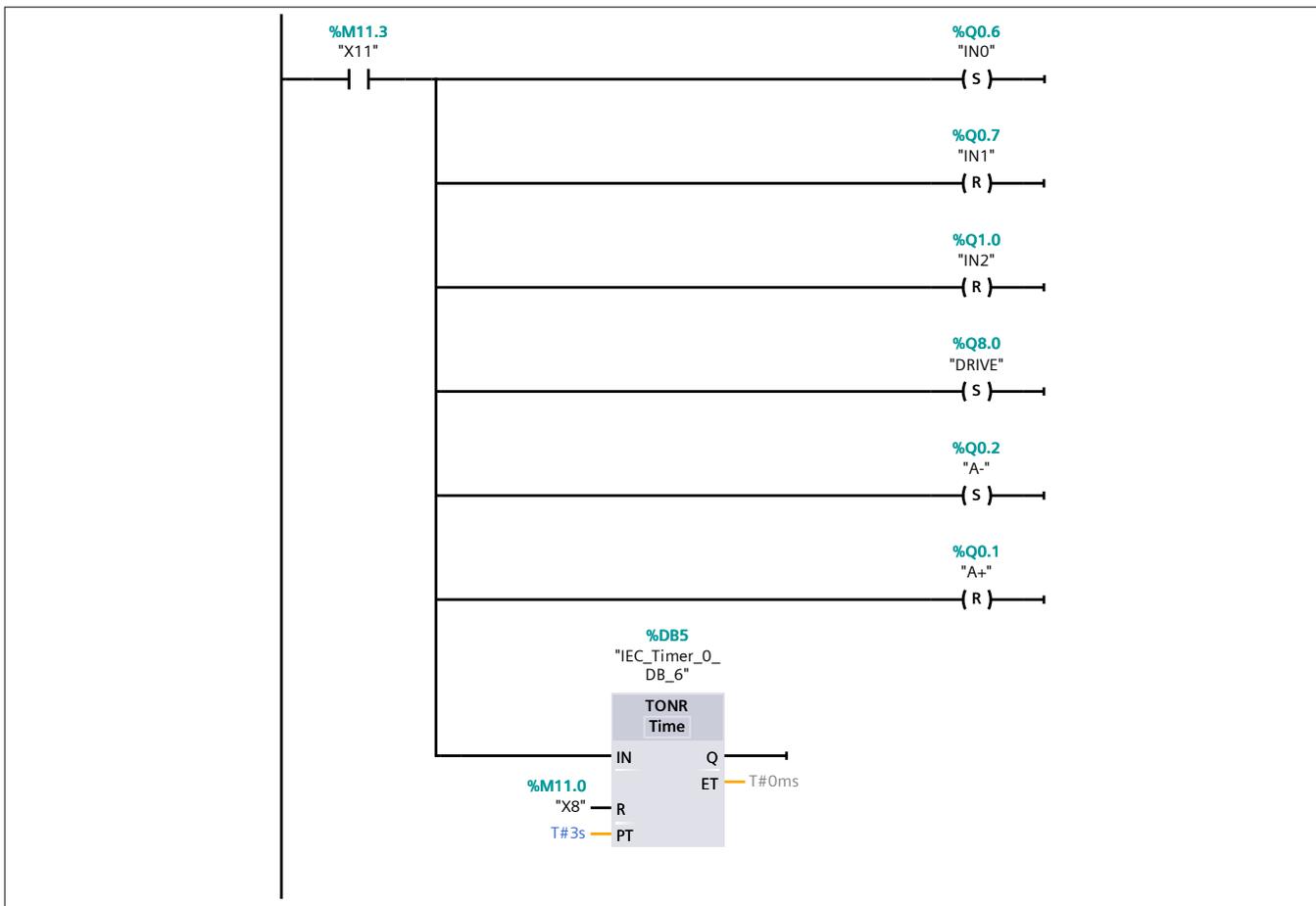
Segmento 42: TRANSICION 10 CONTADOR 8



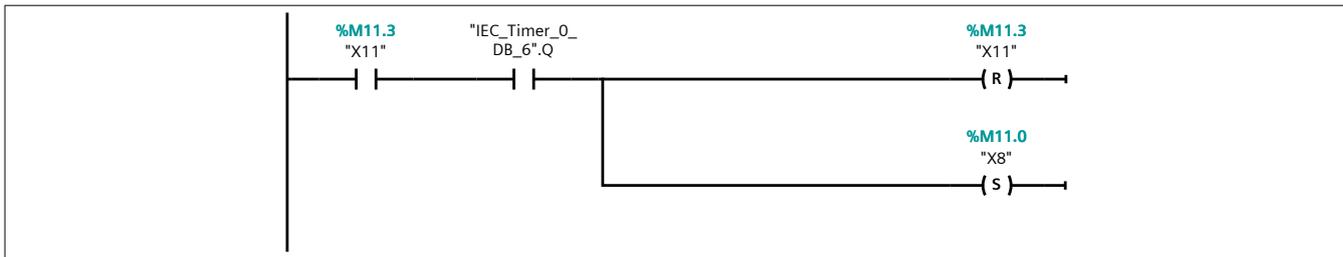
Segmento 43: TRANSICION 10 A 70



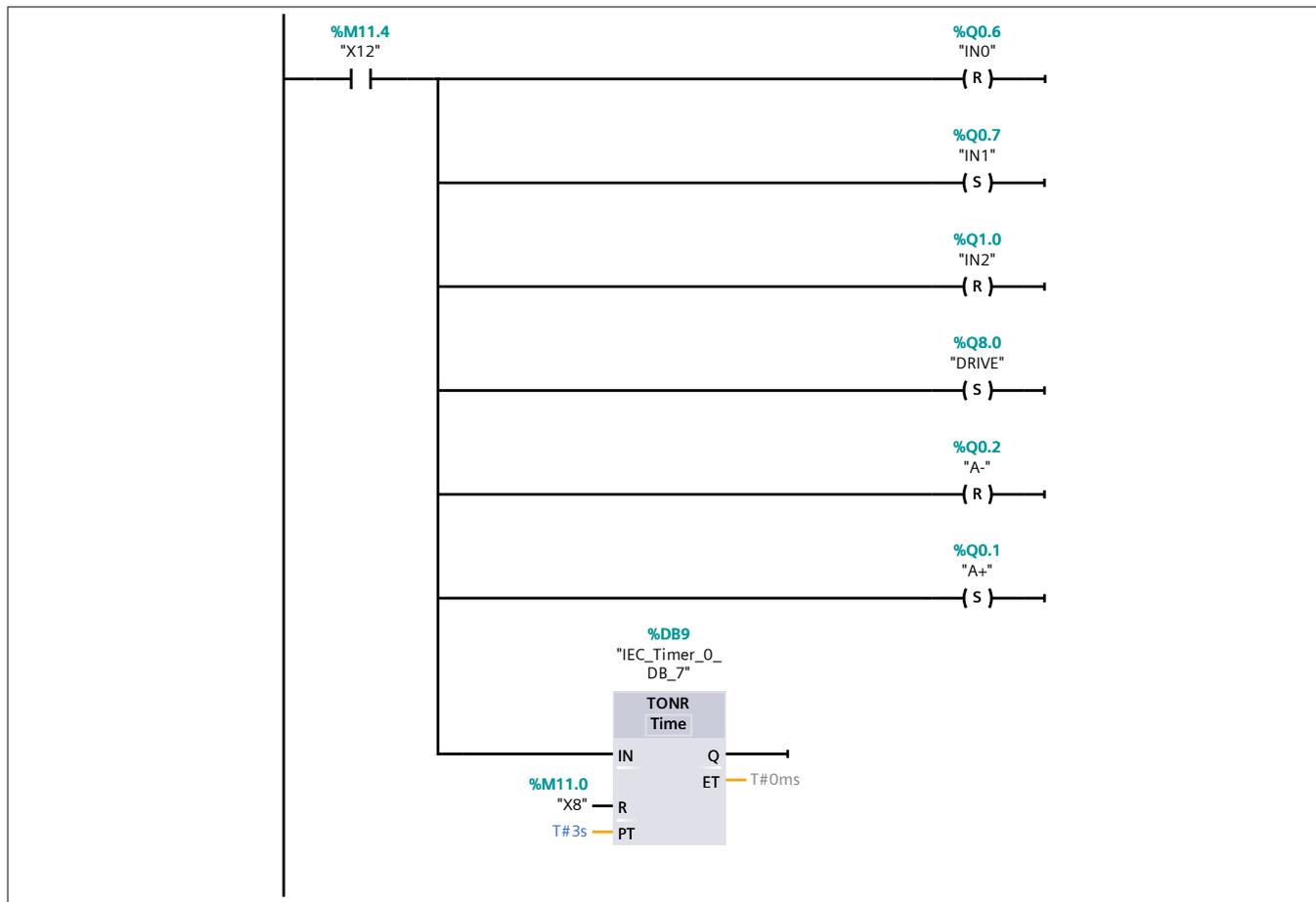
Segmento 44: ESTADO 11



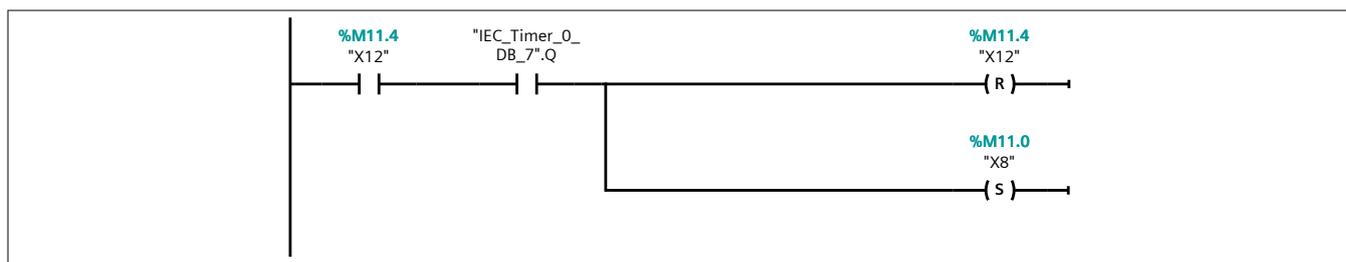
Segmento 45: TRANSICION 11



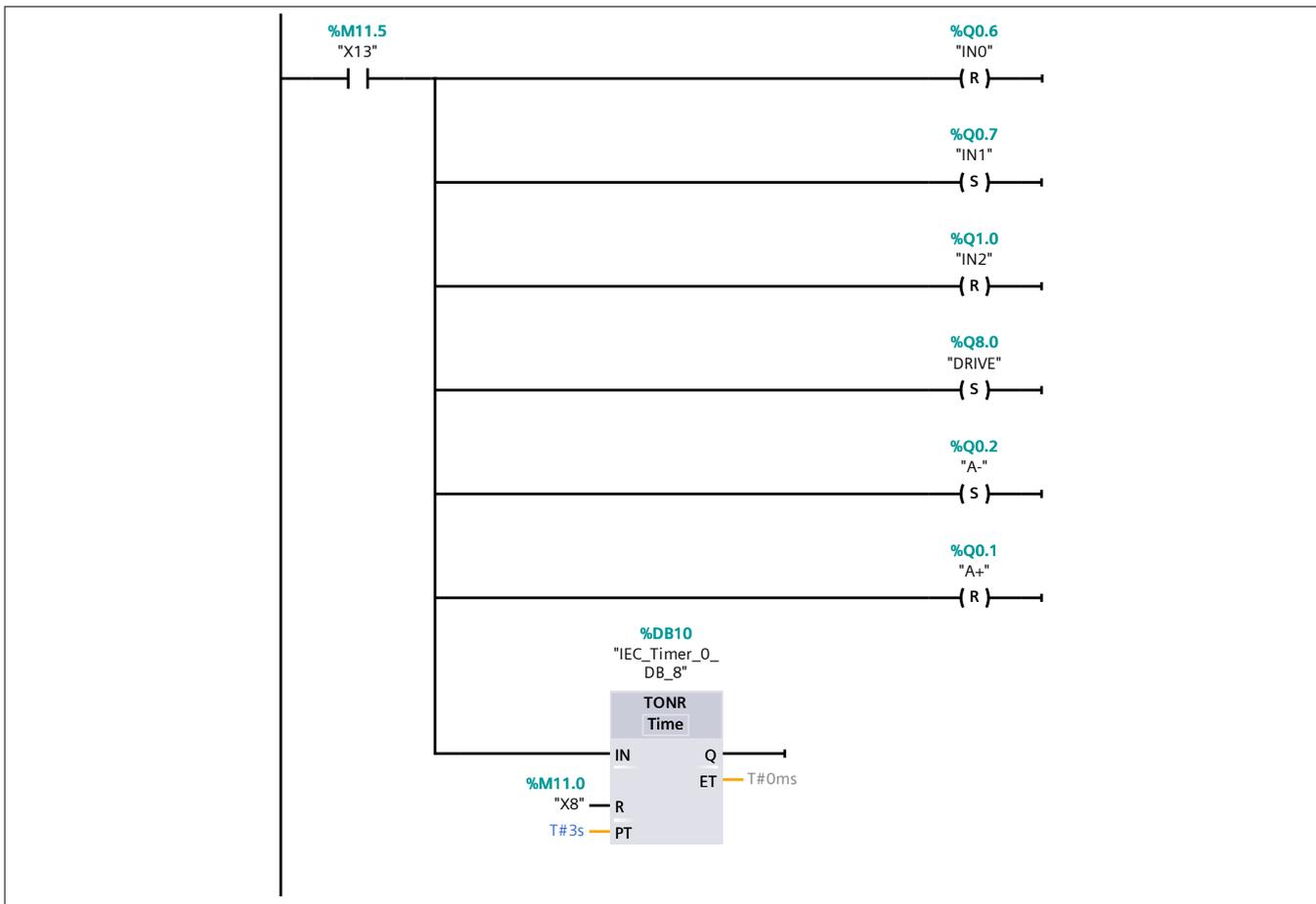
Segmento 46: ESTADO 12



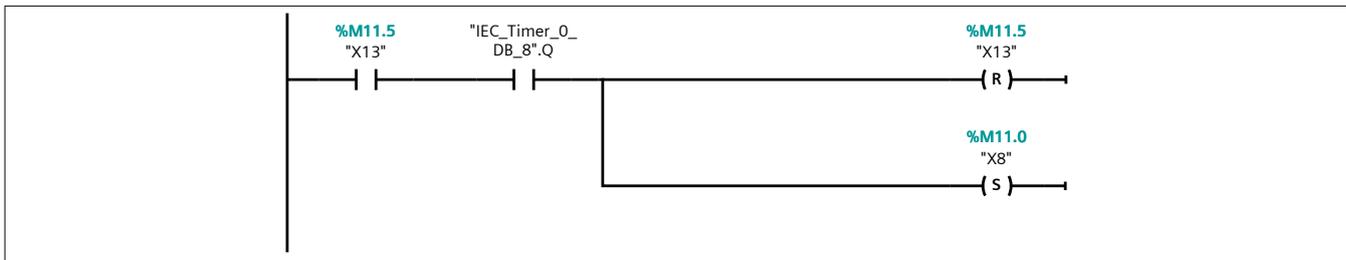
Segmento 47: TRANSICION 12



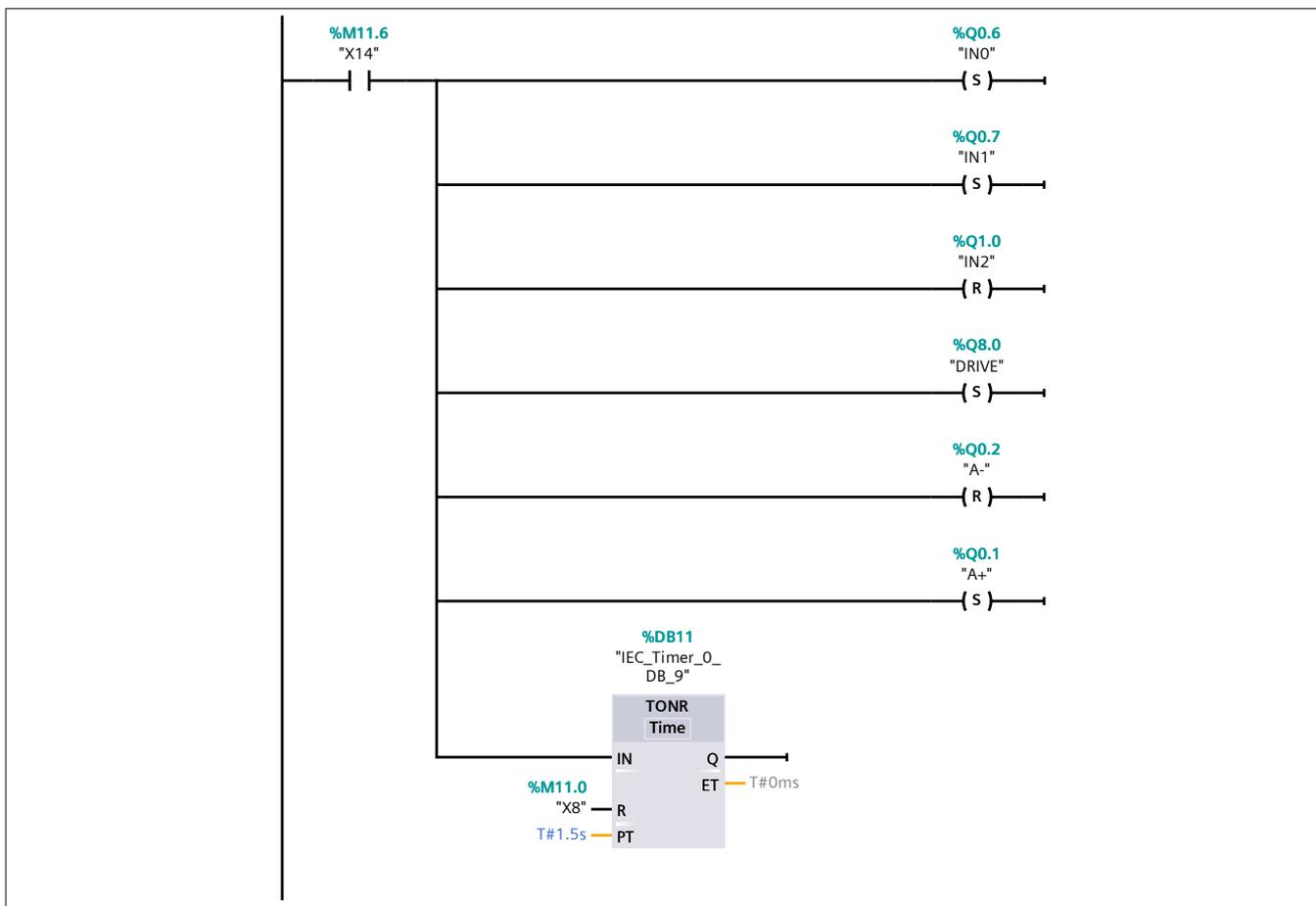
Segmento 48: ESTADO 13



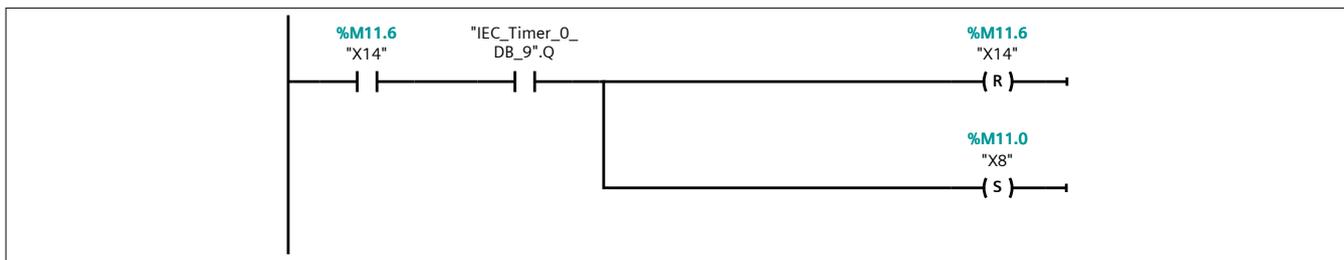
Segmento 49: TRANSICION 13



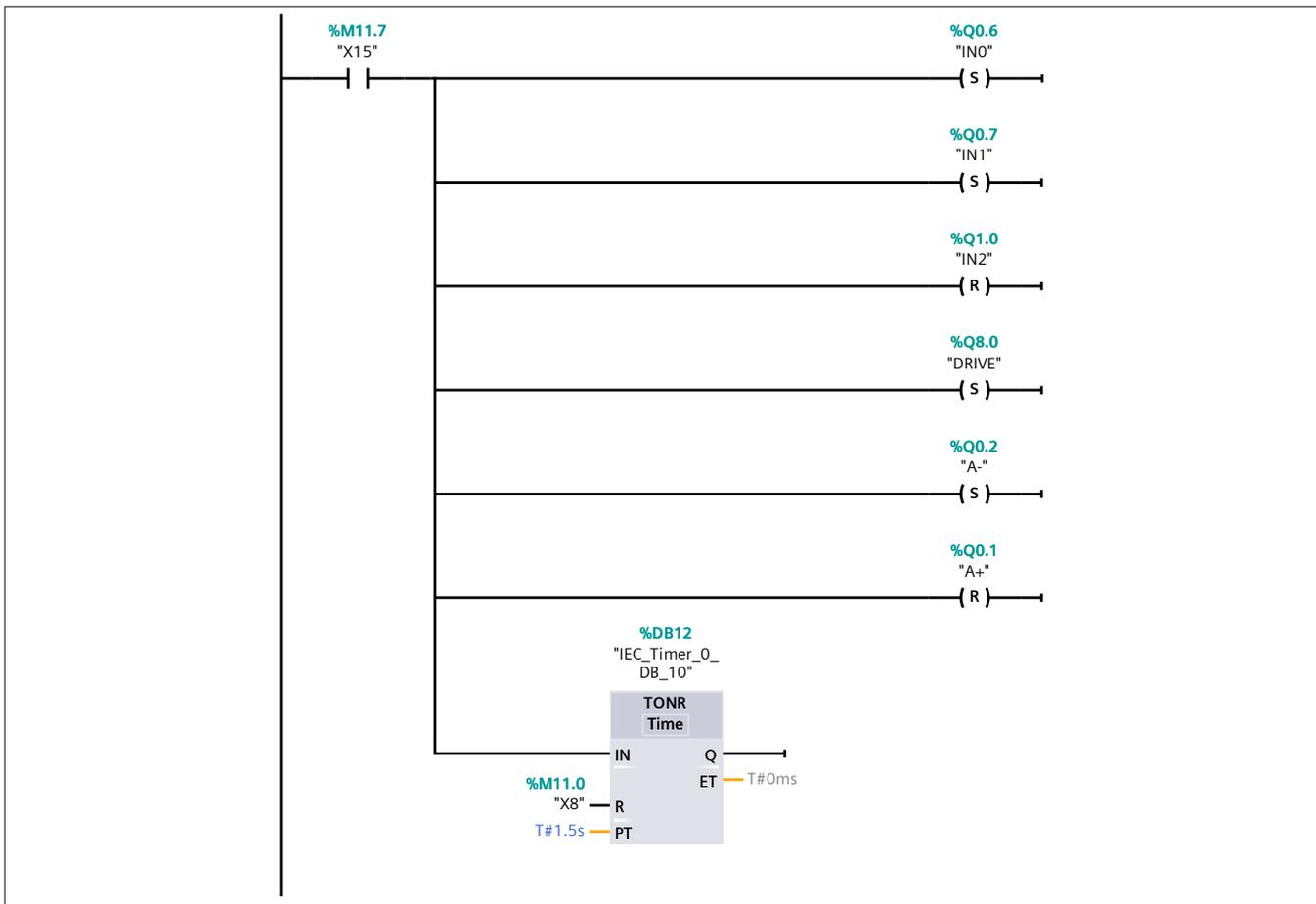
Segmento 50: ESTADO 14



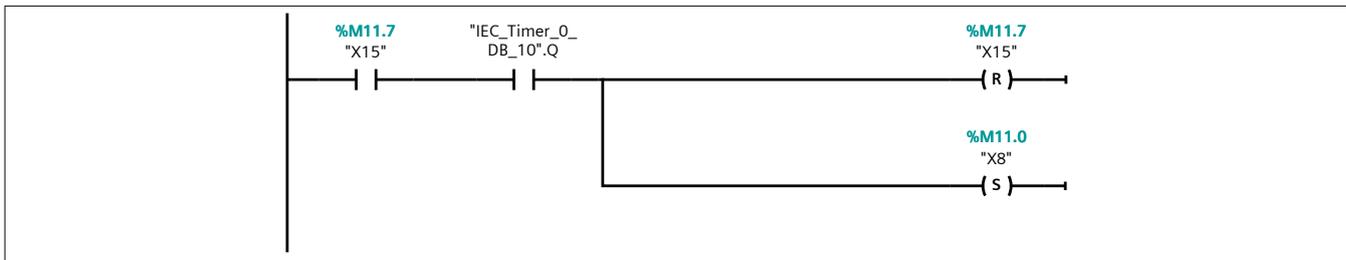
Segmento 51: TRANSICION 14



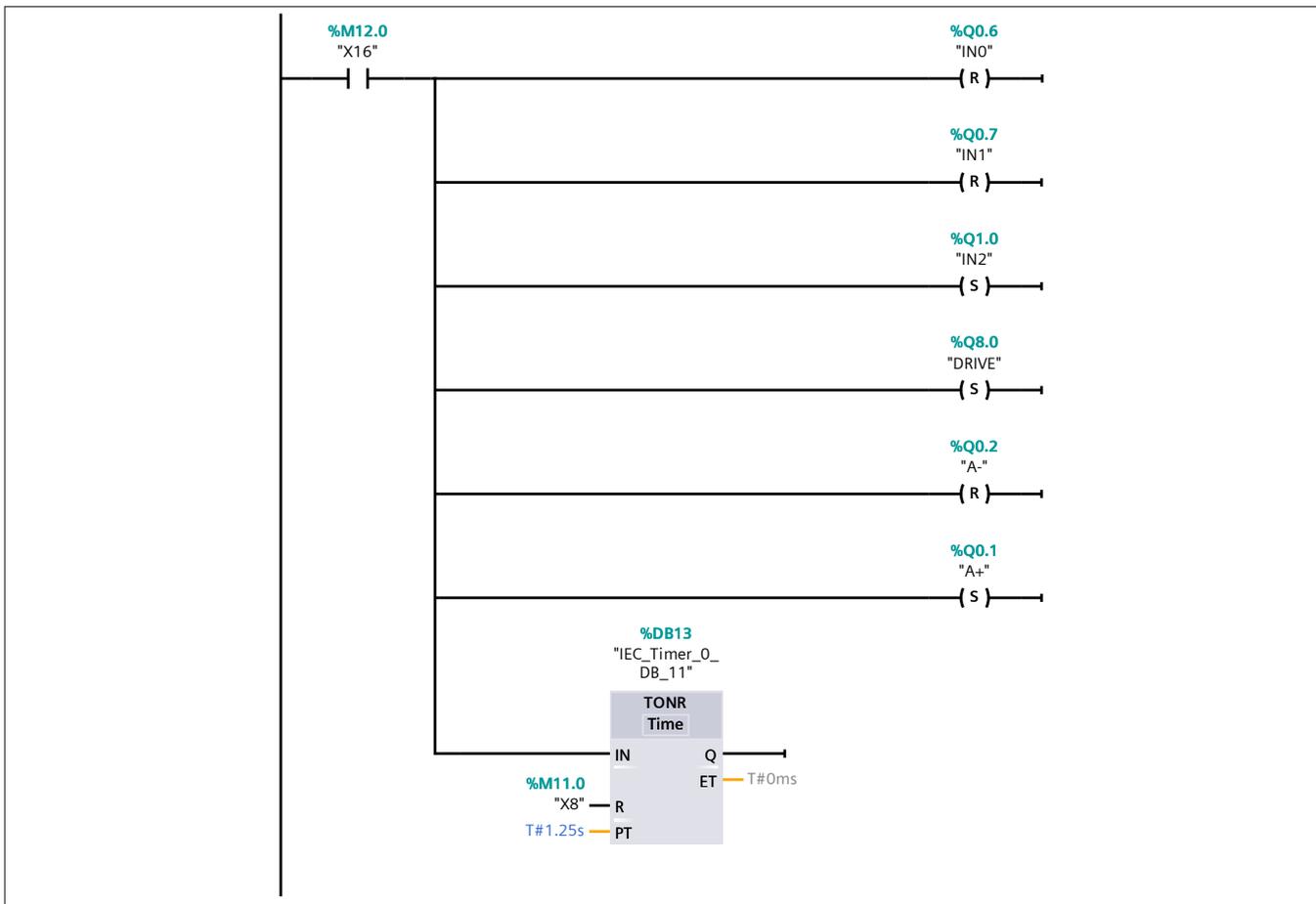
Segmento 52: ESTADO 15



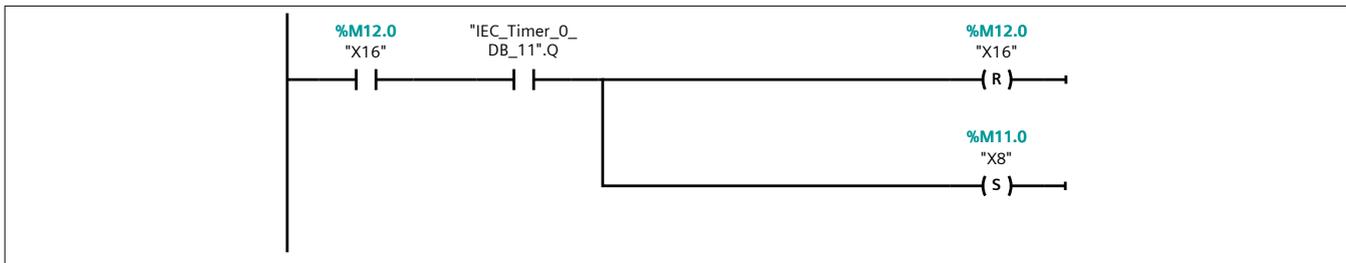
Segmento 53: TRANSICION 15



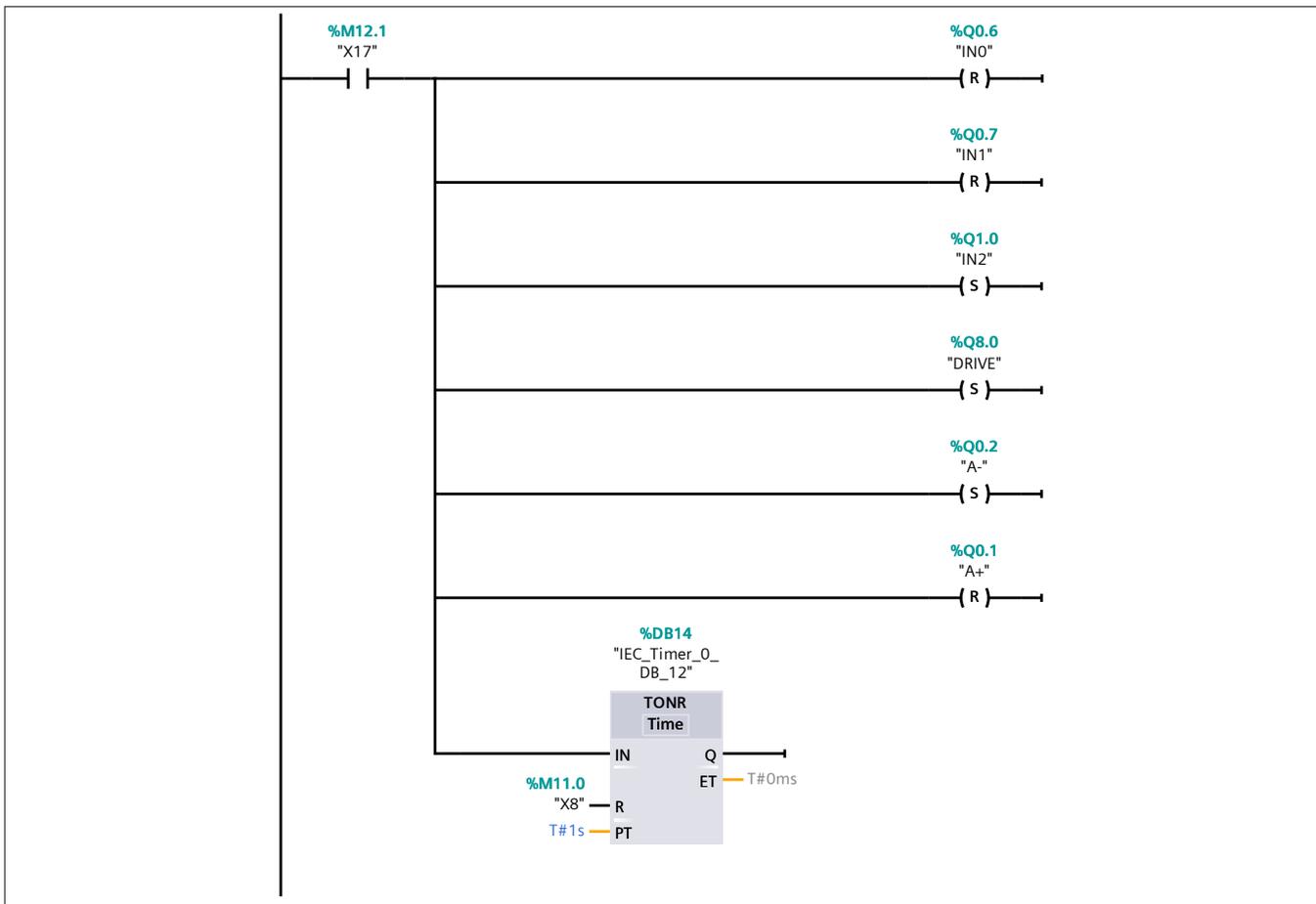
Segmento 54: ESTADO 16



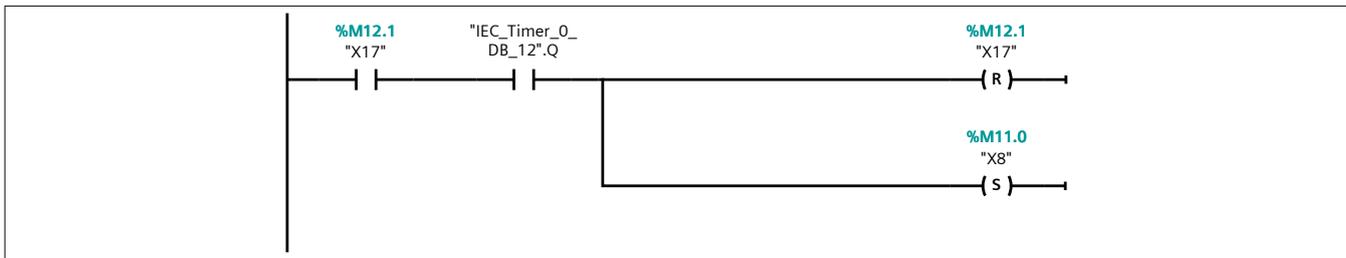
Segmento 55: TRANSICION 16



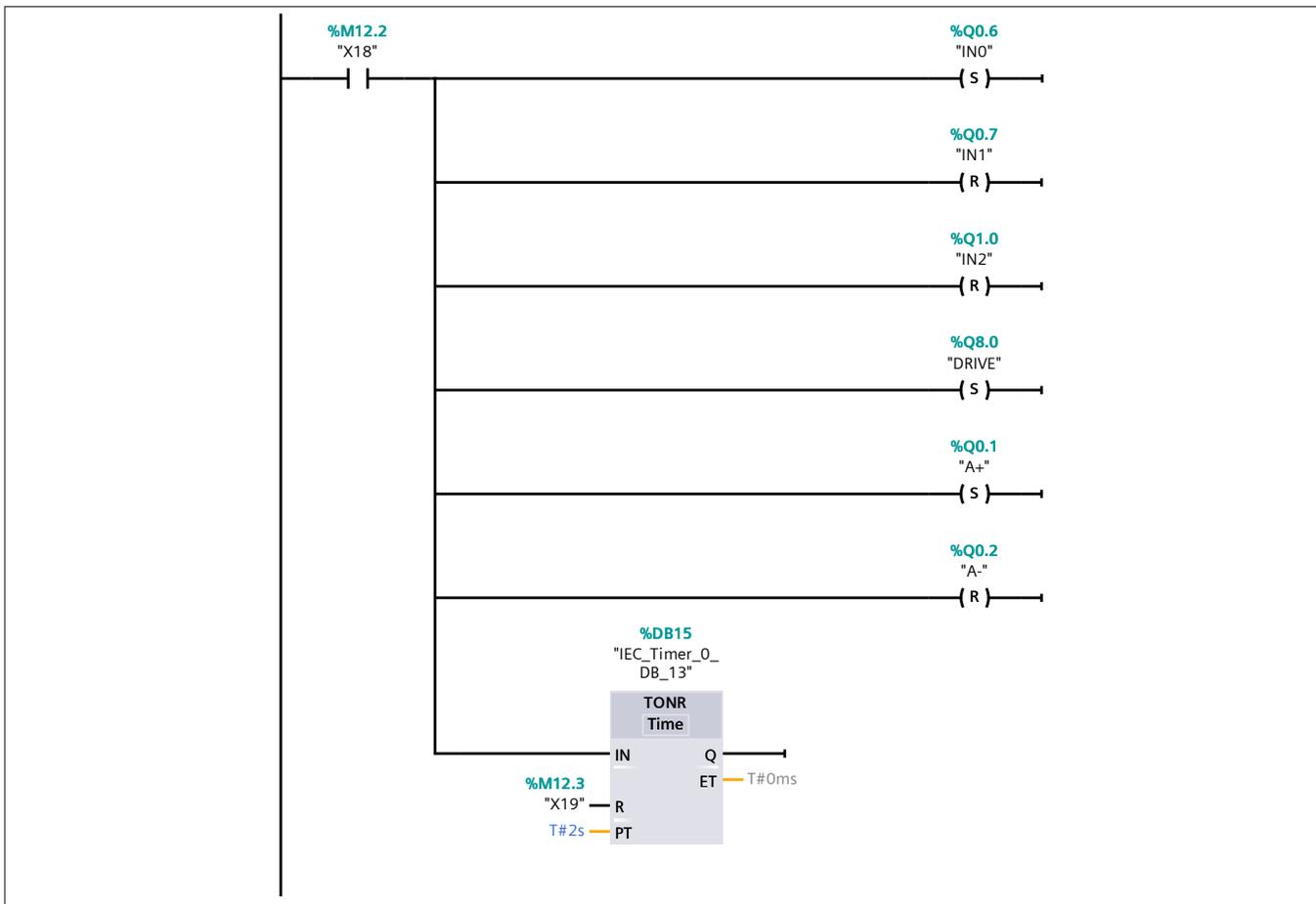
Segmento 56: ESTADO 17



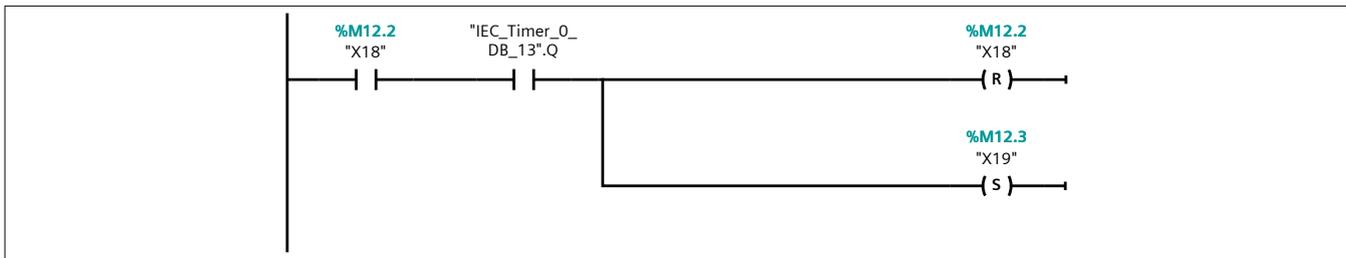
Segmento 57: TRANSICION 17



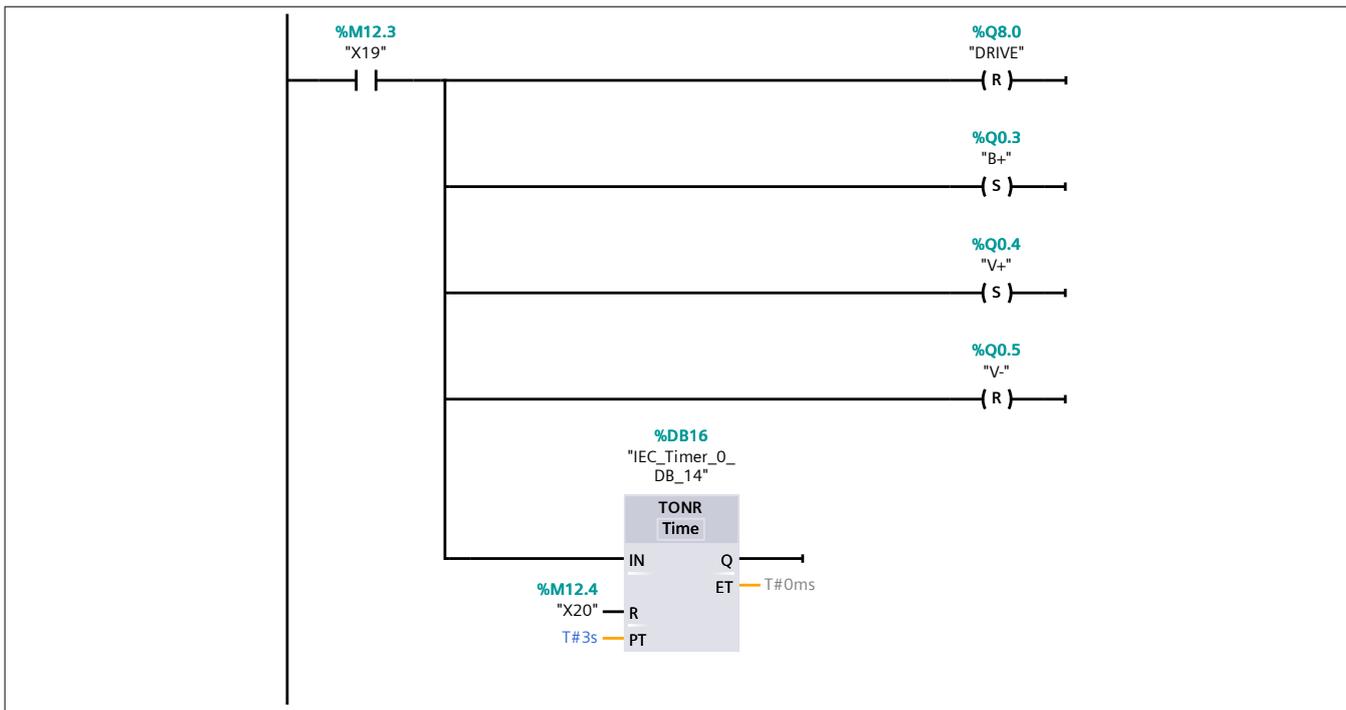
Segmento 58: ESTADO 18



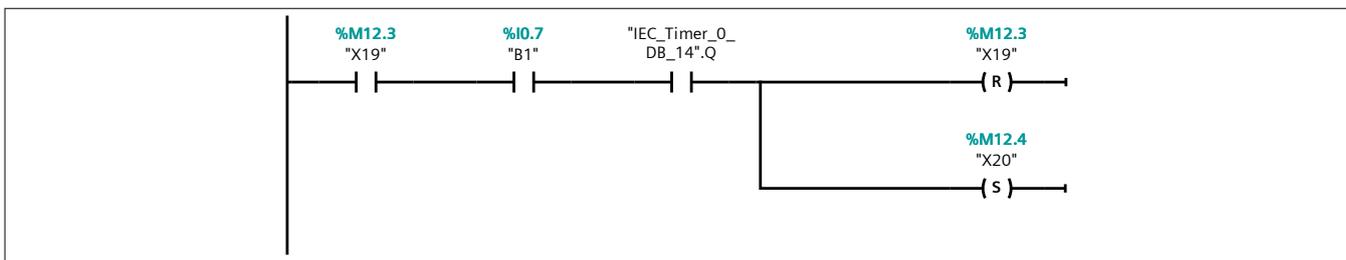
Segmento 59: TRANSICION 18



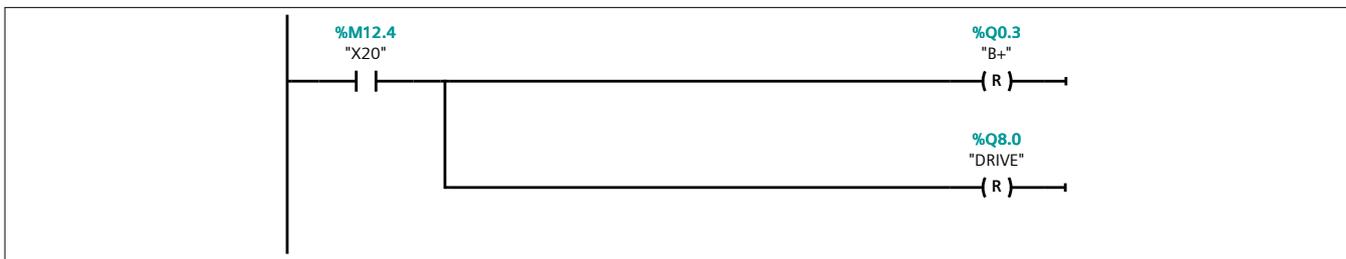
Segmento 60: ESTADO 19



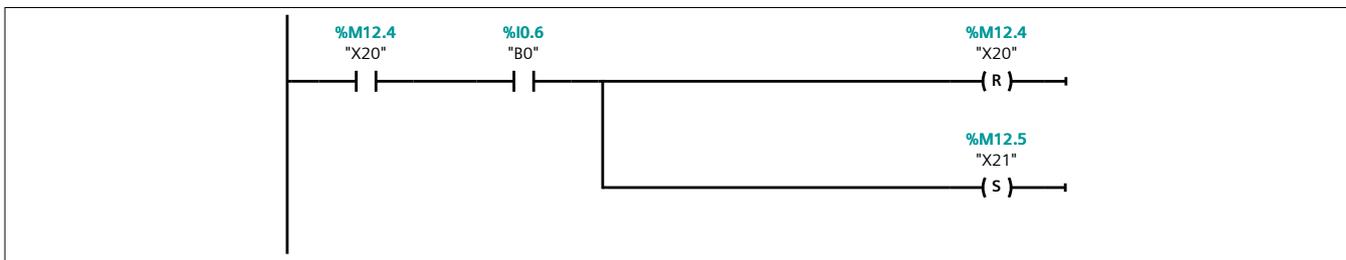
Segmento 61: TRANSICION 19



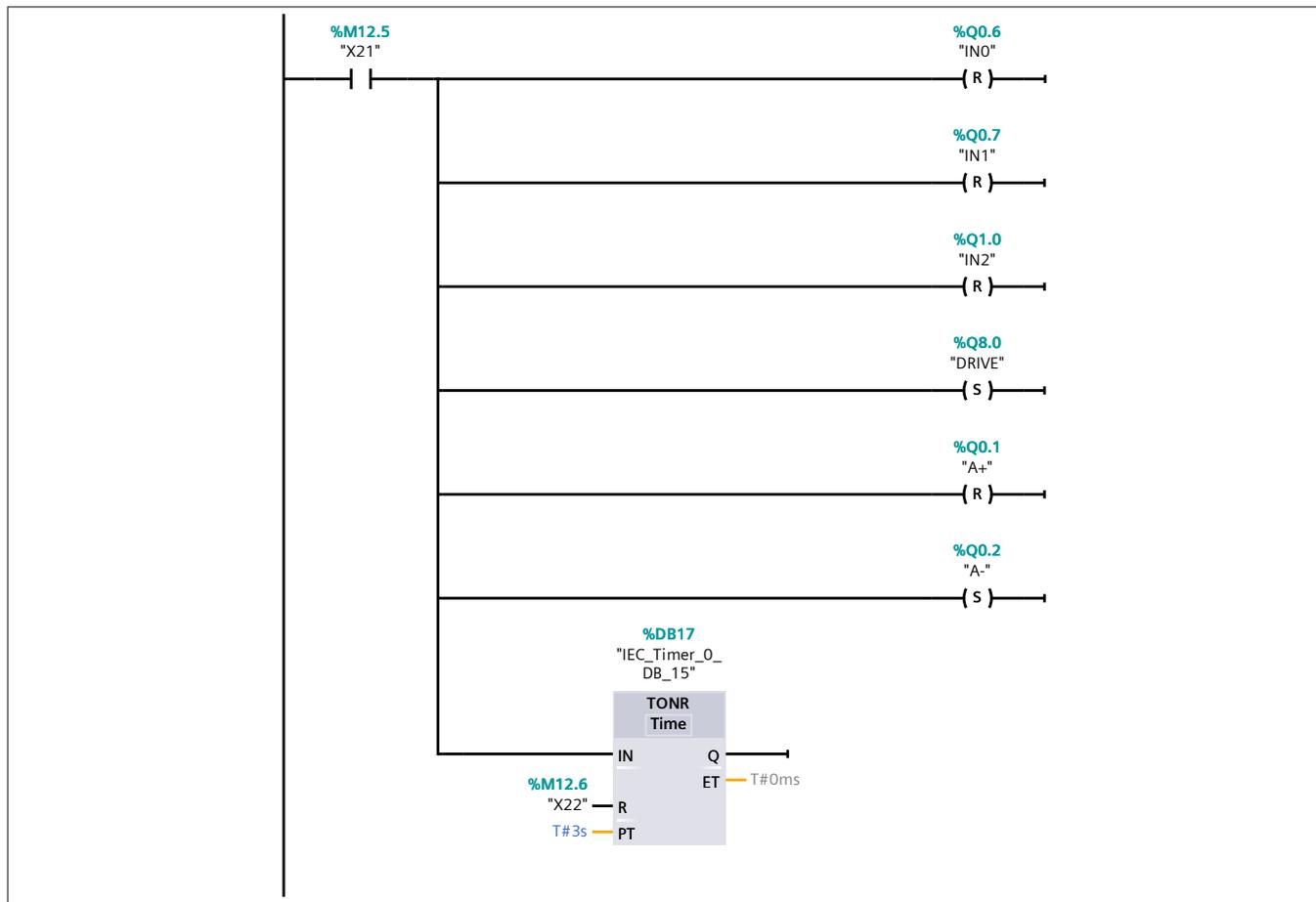
Segmento 62: ESTADO 20



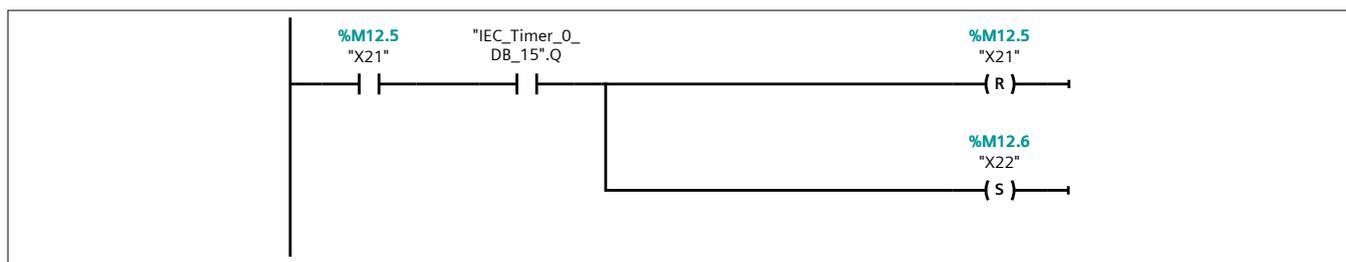
Segmento 63: TRANSICION 20



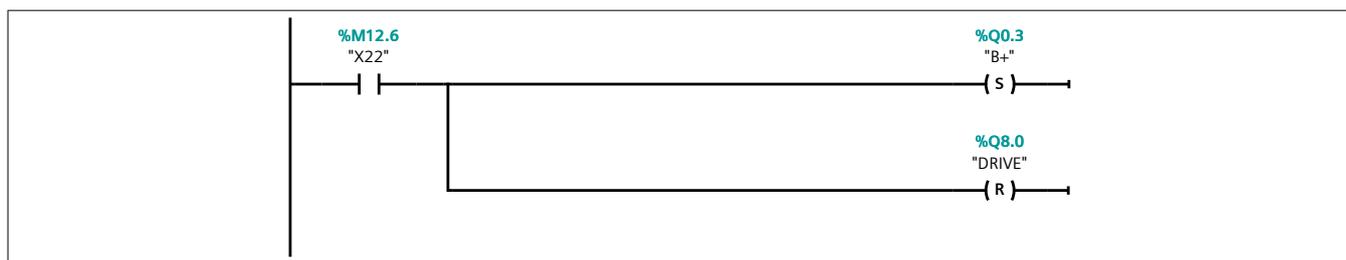
Segmento 64: ESTADO 21



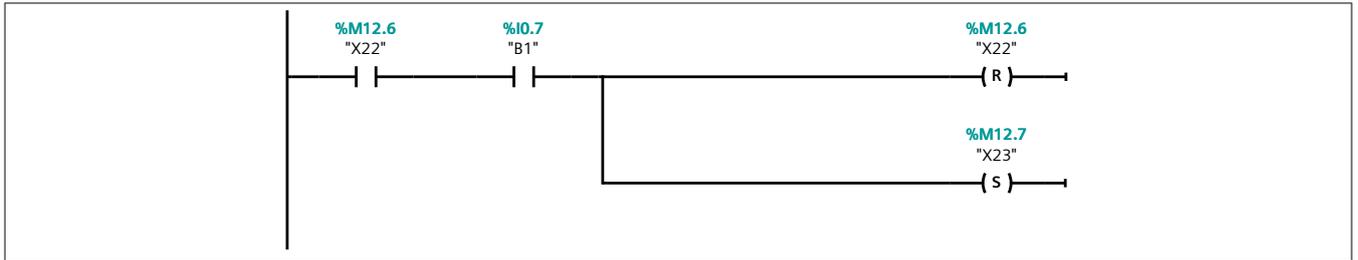
Segmento 65: TRANSICION 21



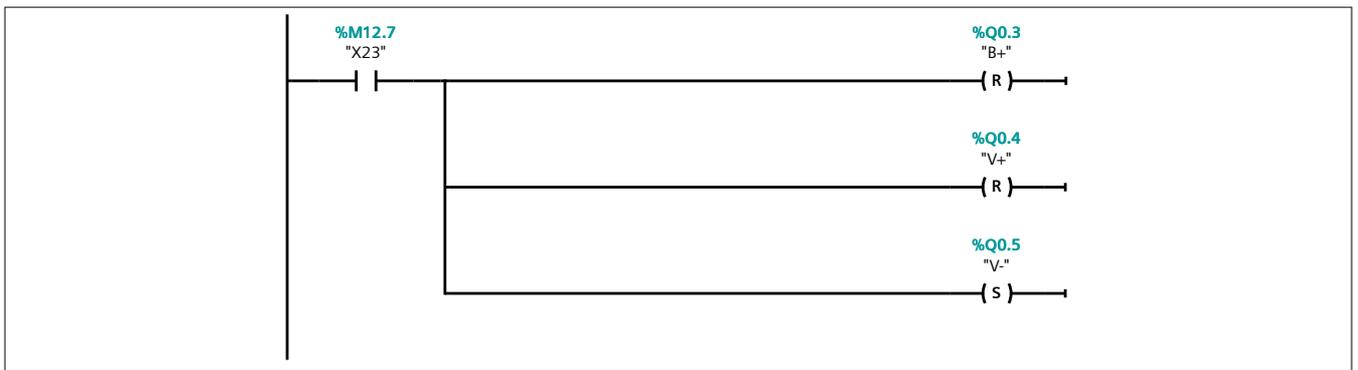
Segmento 66: ESTADO 22



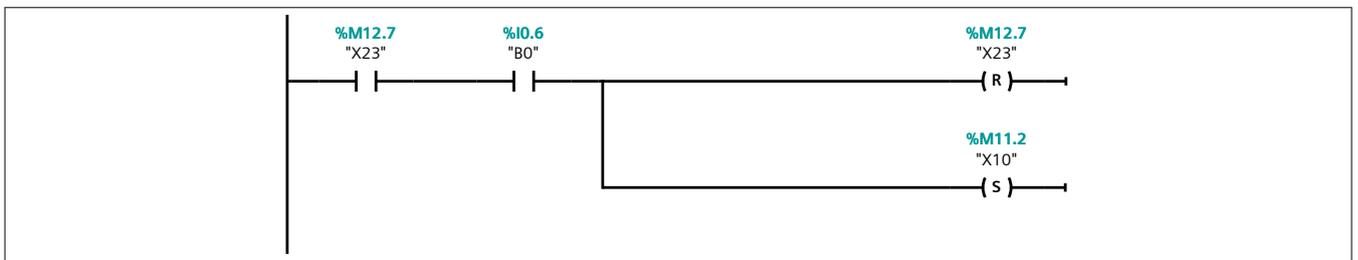
Segmento 67: TRANSICION 22



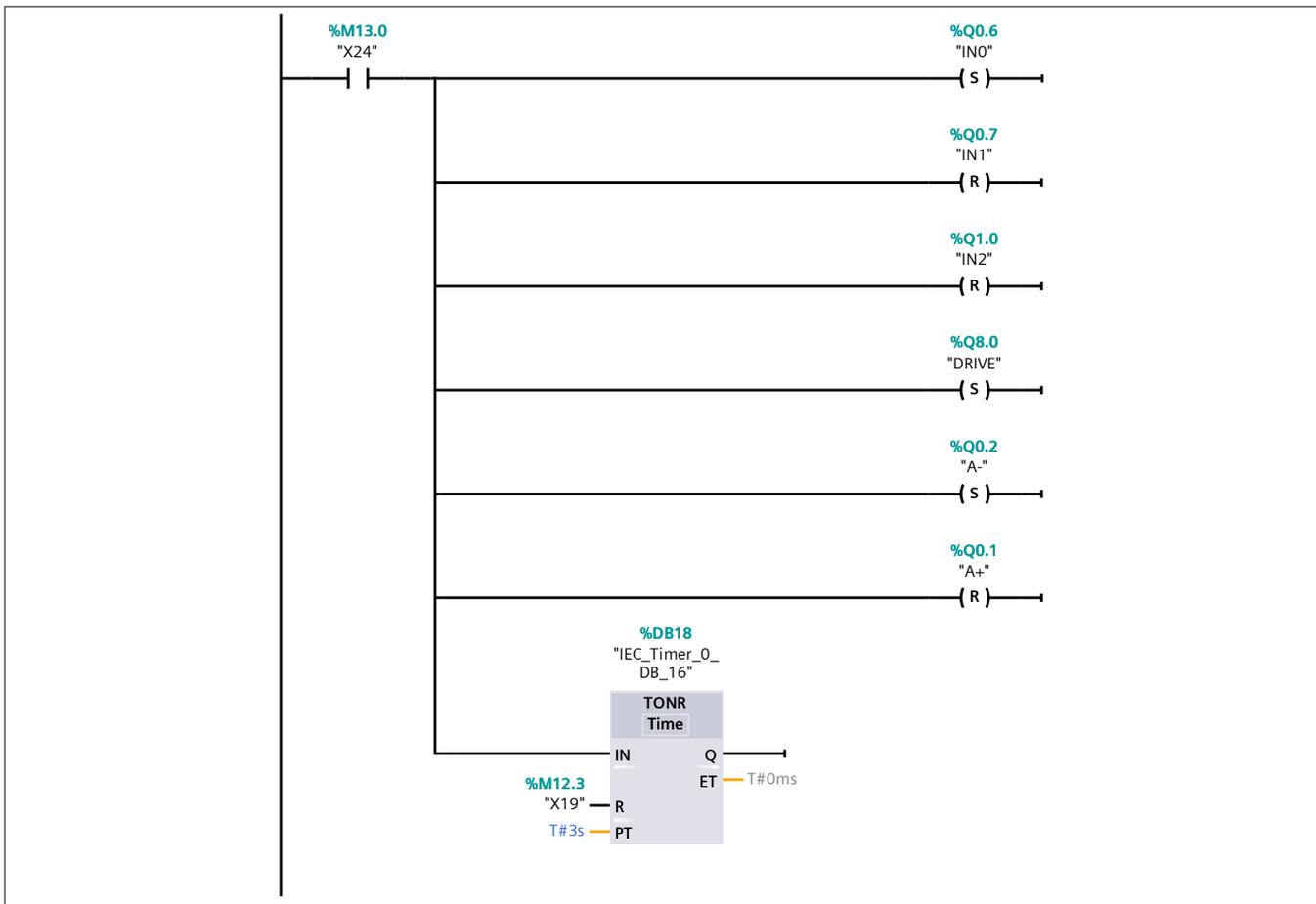
Segmento 68: ESTADO 23



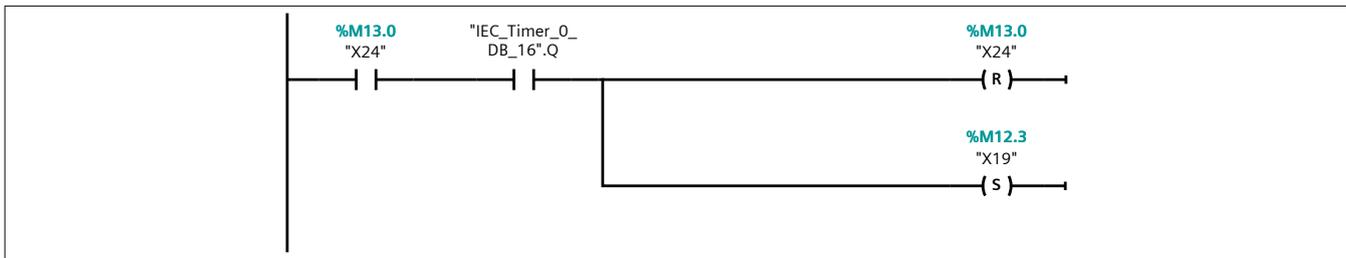
Segmento 69: TRANSICION 23



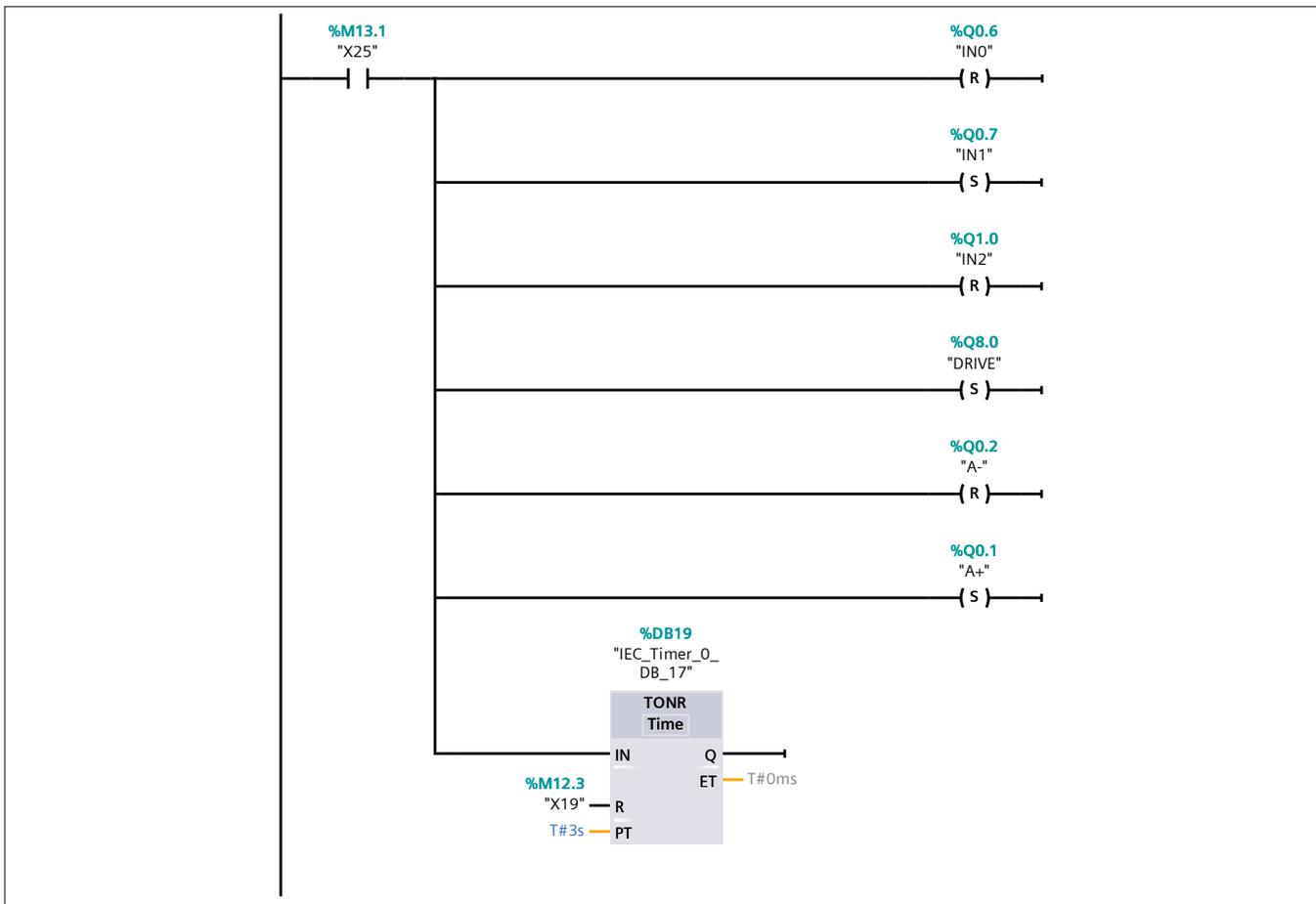
Segmento 70: ESTADO 24



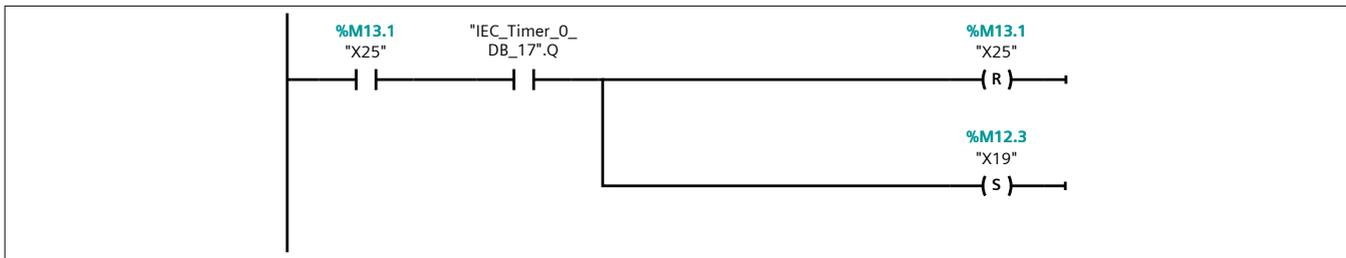
Segmento 71: TRANSICION 24



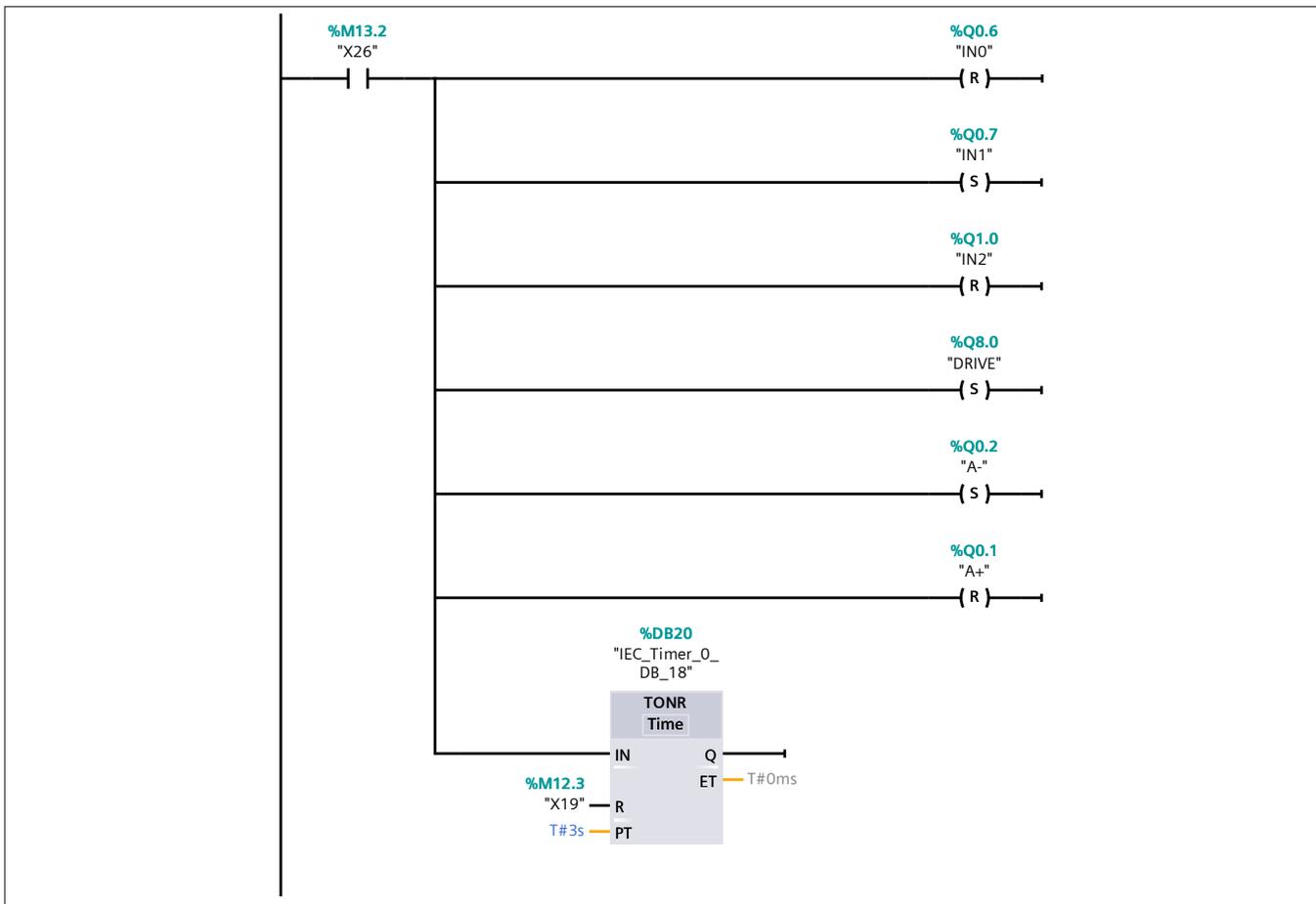
Segmento 72: ESTADO 25



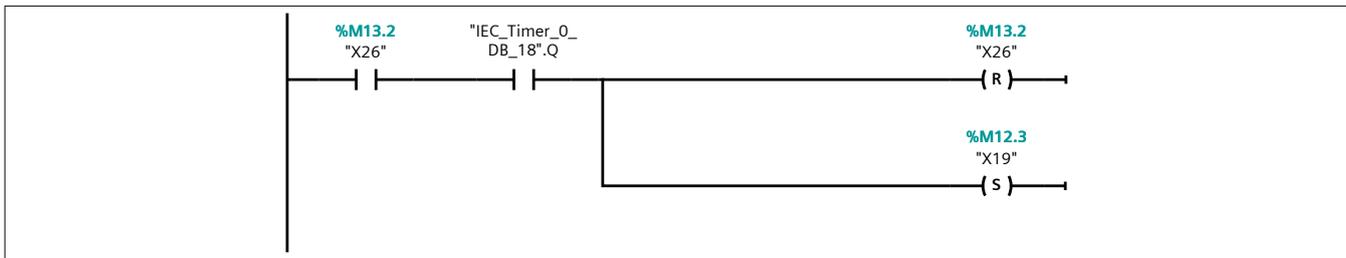
Segmento 73: TRANSICION 25



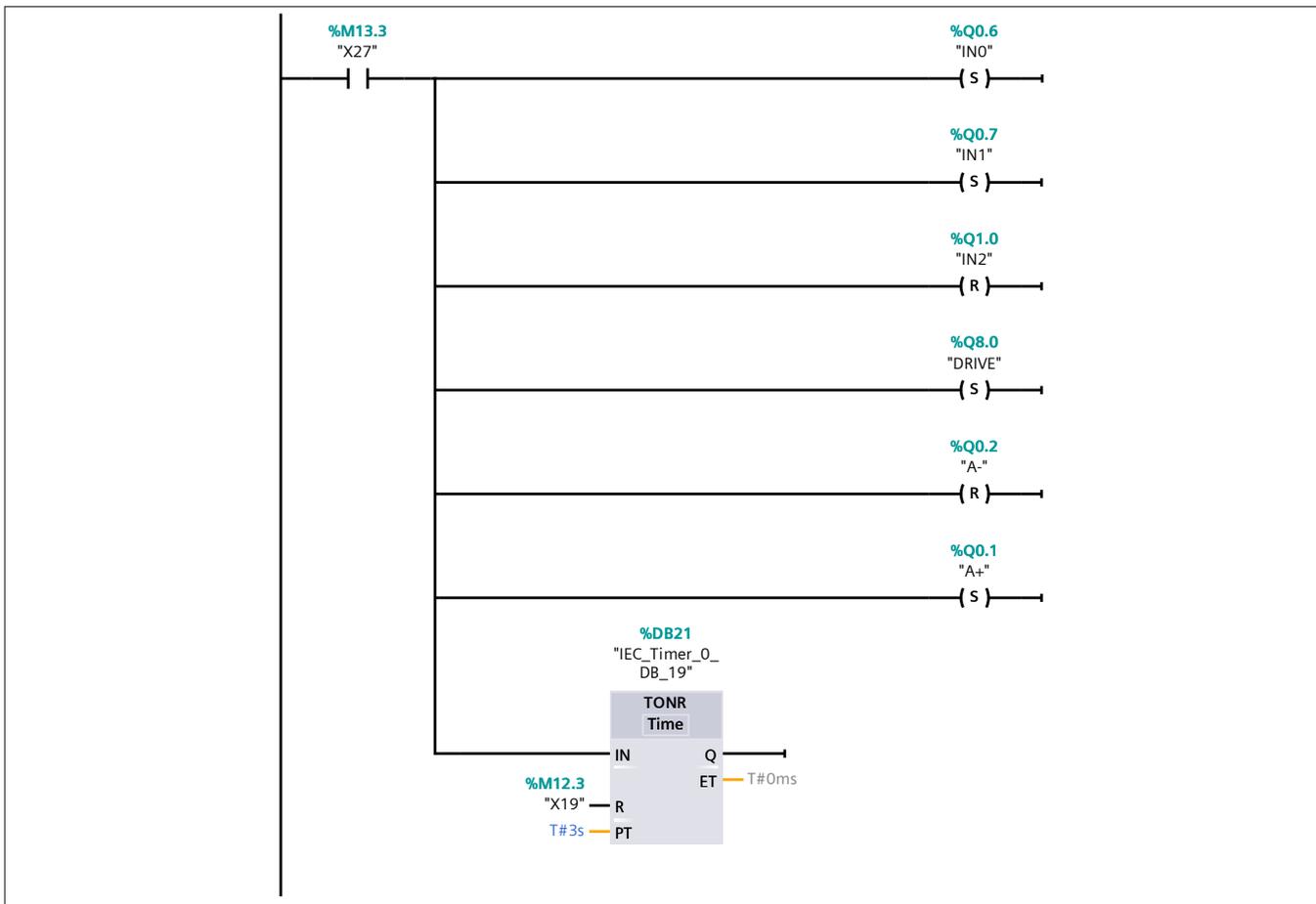
Segmento 74: ESTADO 26



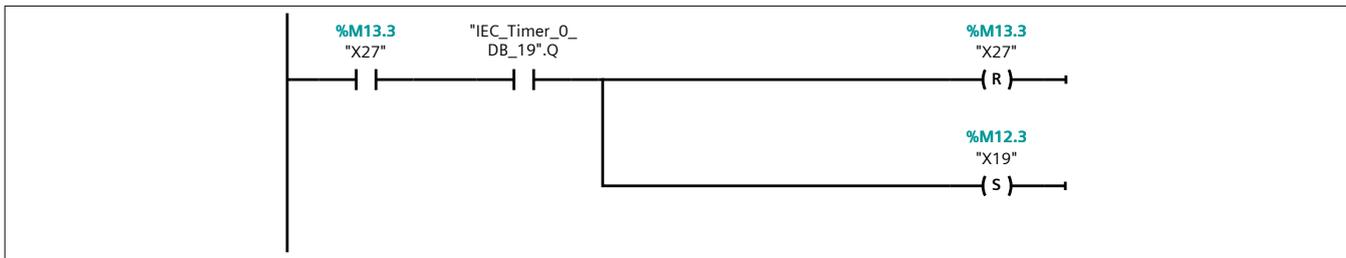
Segmento 75: TRANSICION 26



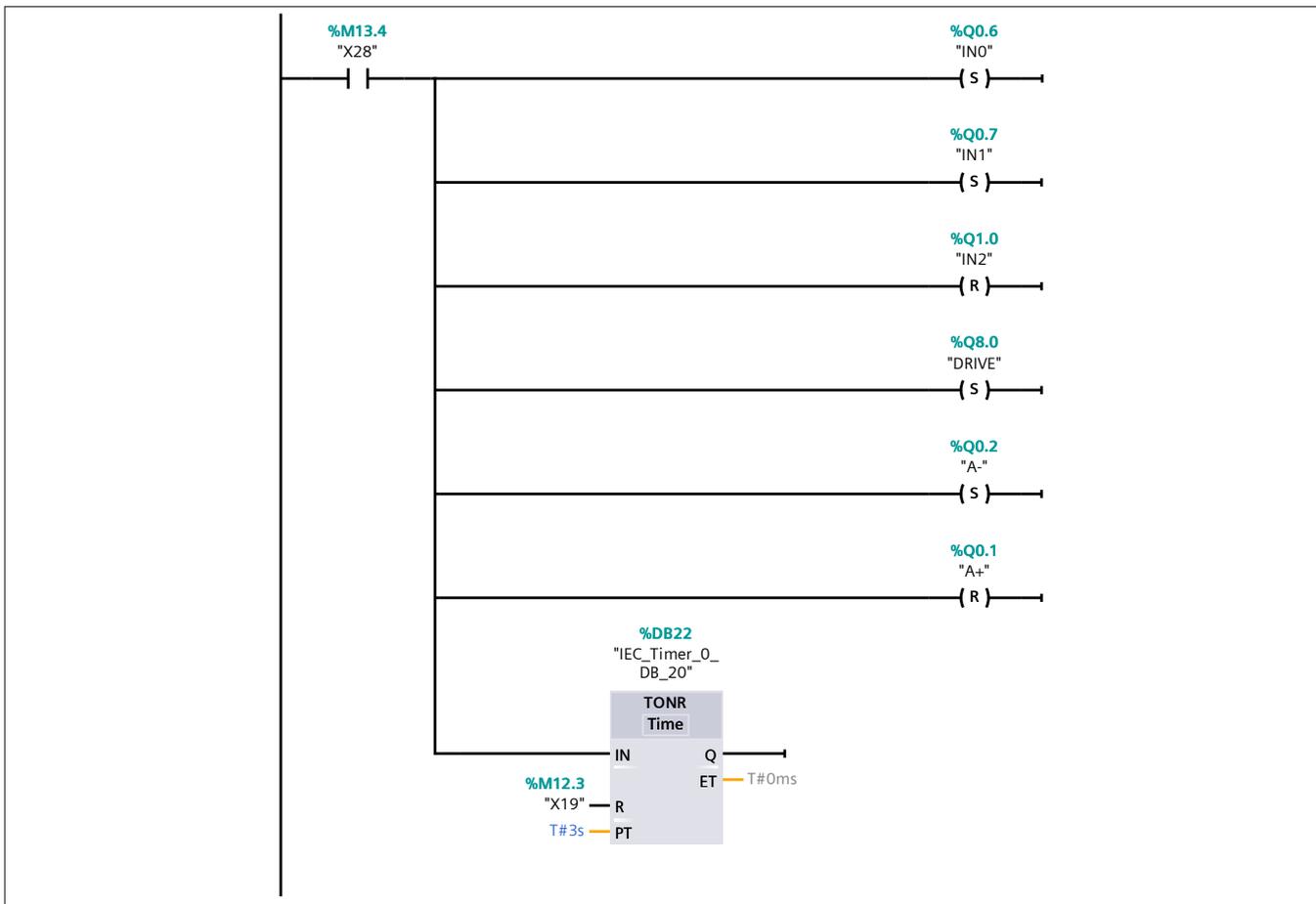
Segmento 76: ESTADO 27



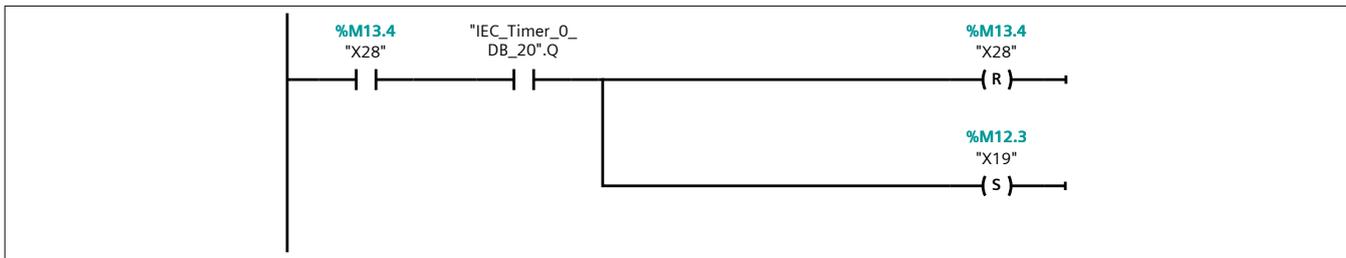
Segmento 77: TRANSICION 27



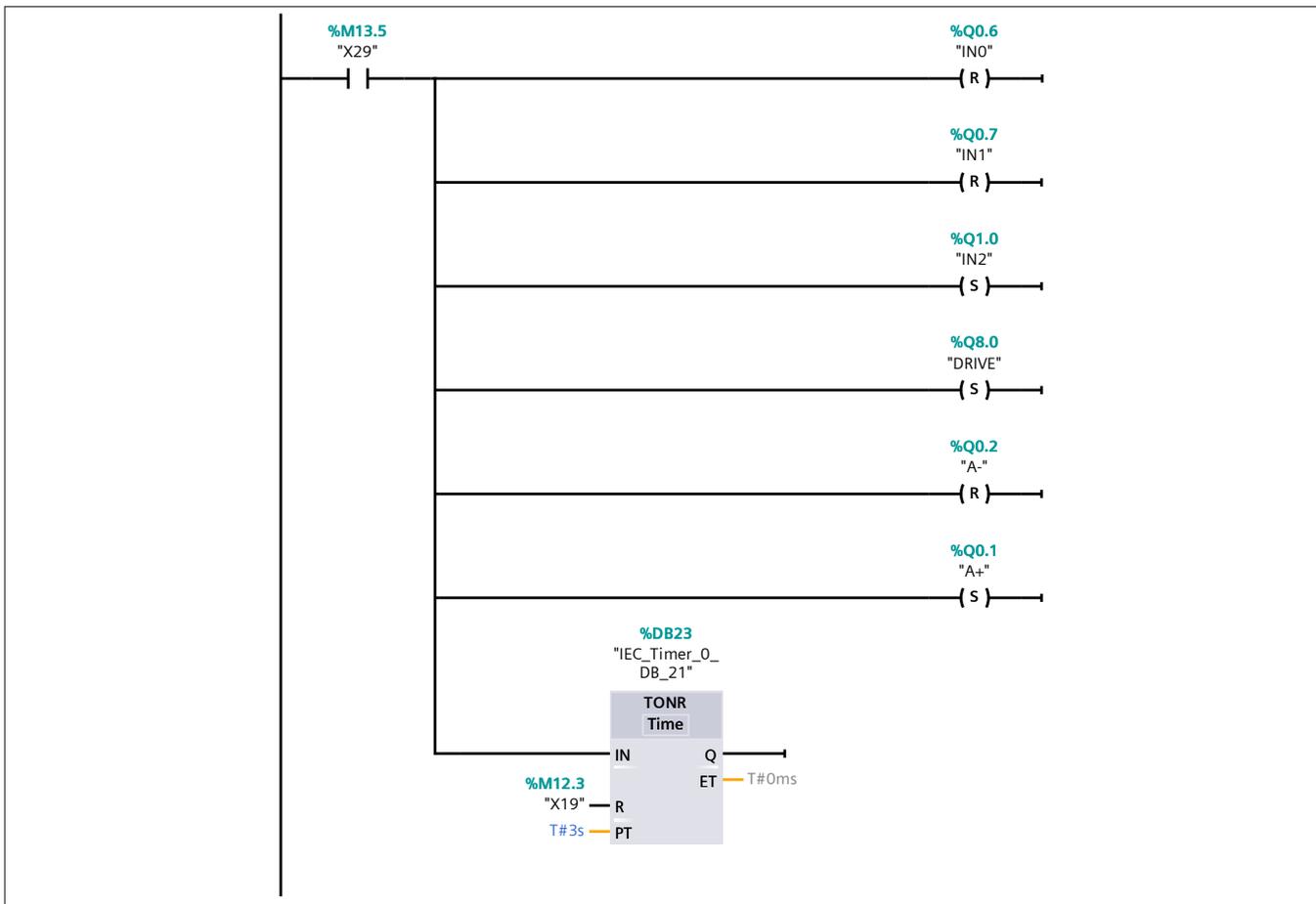
Segmento 78: ESTADO 28



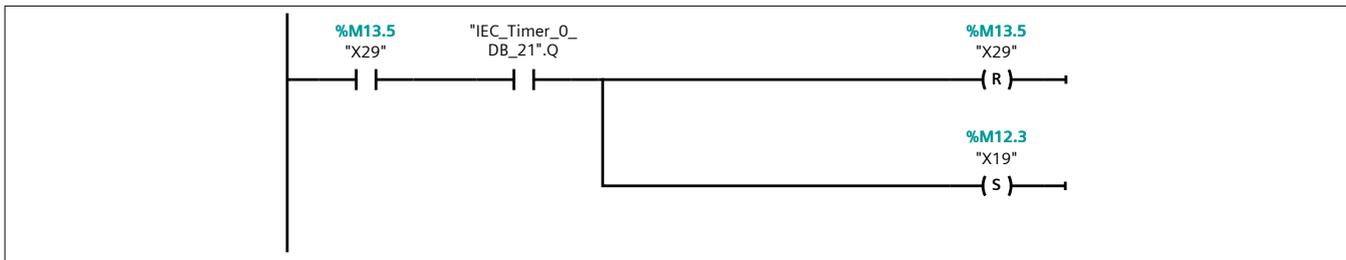
Segmento 79: TRANSICION 28



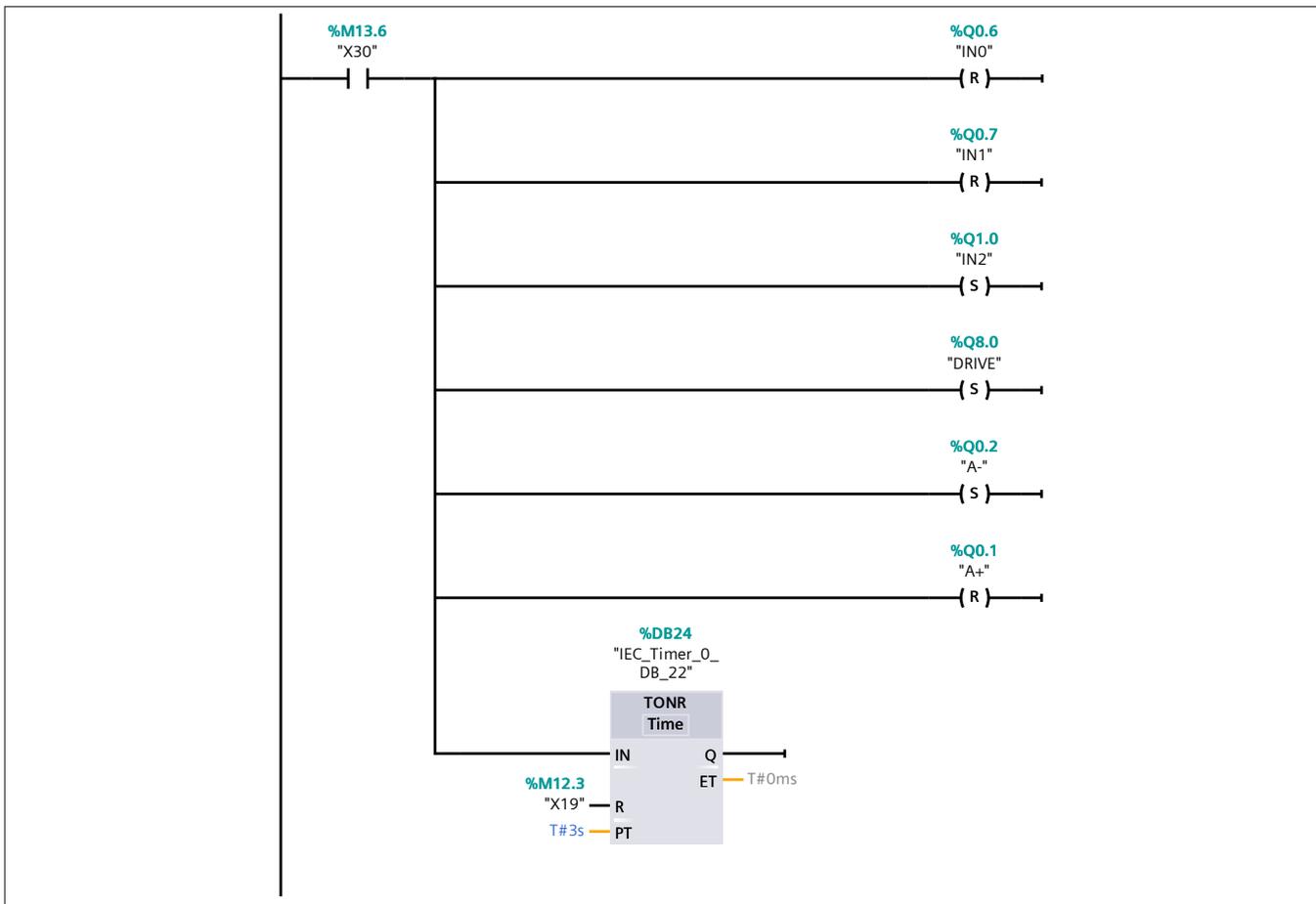
Segmento 80: ESTADO 29



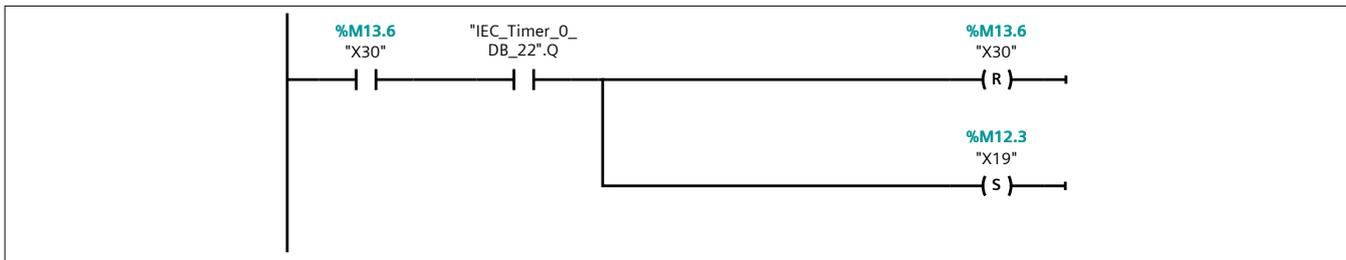
Segmento 81: TRANSICION 29



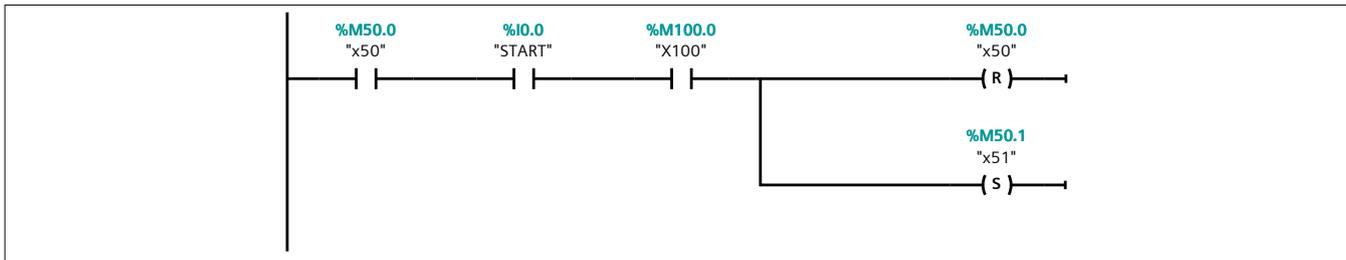
Segmento 82: ESTADO 30



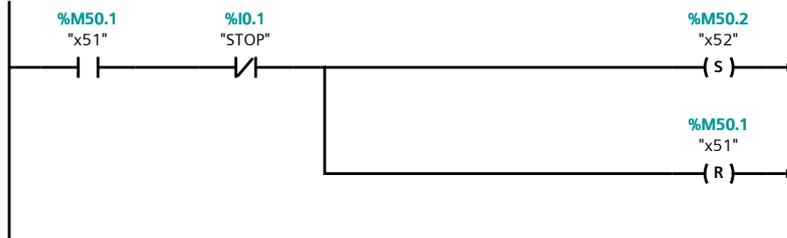
Segmento 83: TRANSICION 30



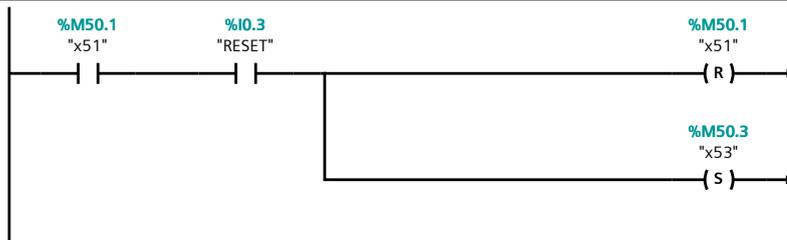
Segmento 84: TRANSICIÓN 50



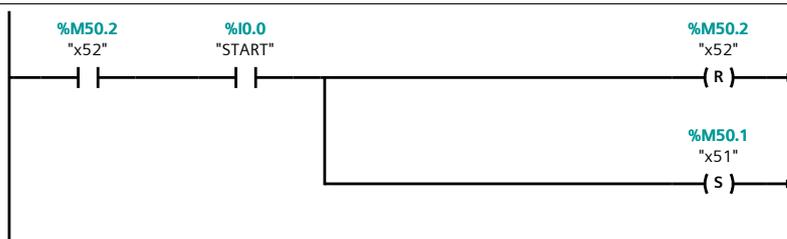
Segmento 85: TRANSICIÓN 51 STOP



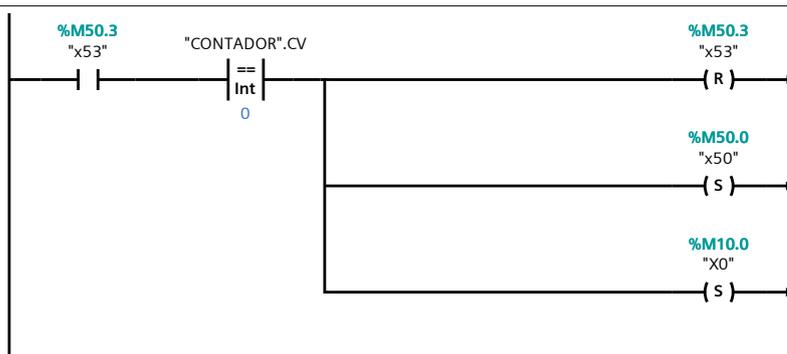
Segmento 86: TRANSICION 51 RESET



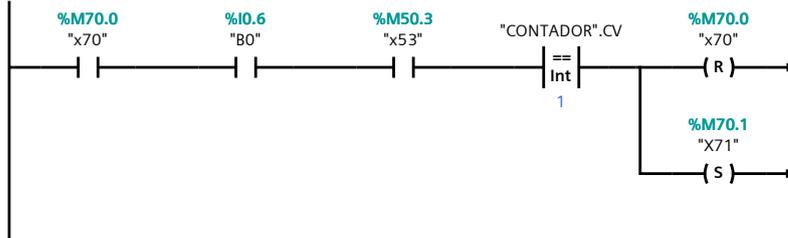
Segmento 87: TRANSICIÓN 52



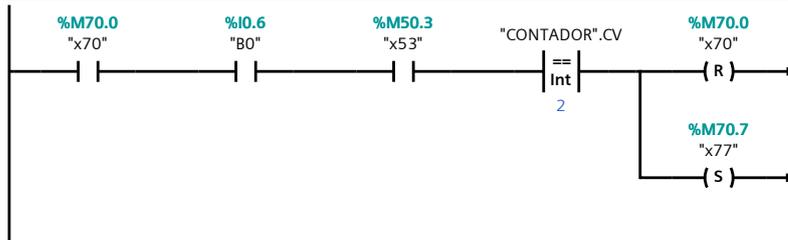
Segmento 88: ESTADO 53



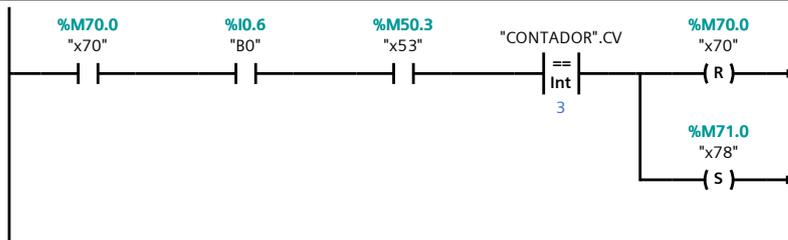
Segmento 89: TRANSICION 70 A SACAR CONTADOR 1



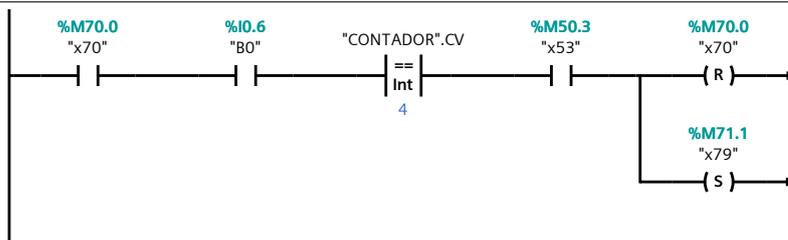
Segmento 90: TRANSICION 70 CONTADOR 2



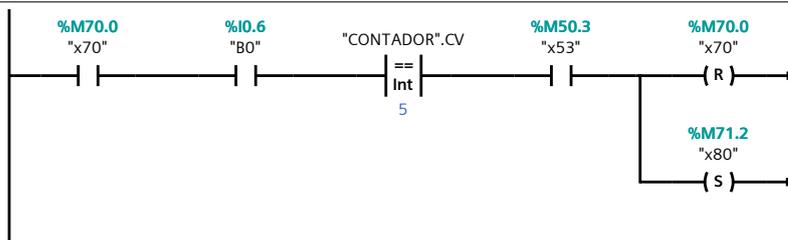
Segmento 91: TRANSICION 70 CONTADOR 3



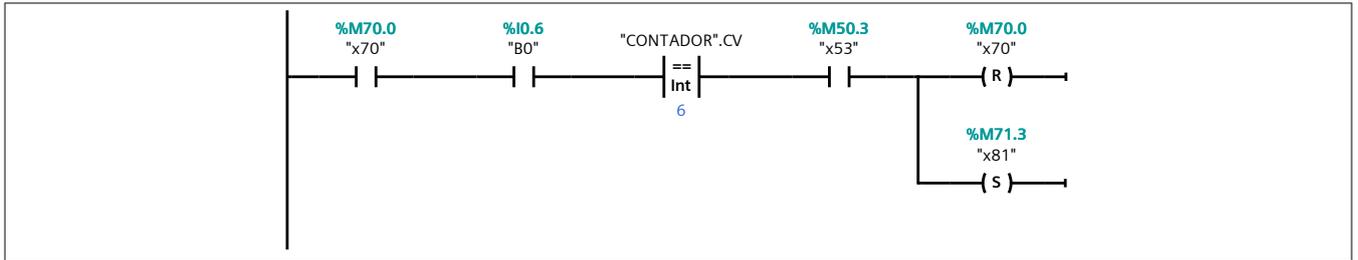
Segmento 92: TRANSICION 70 CONTADOR 4



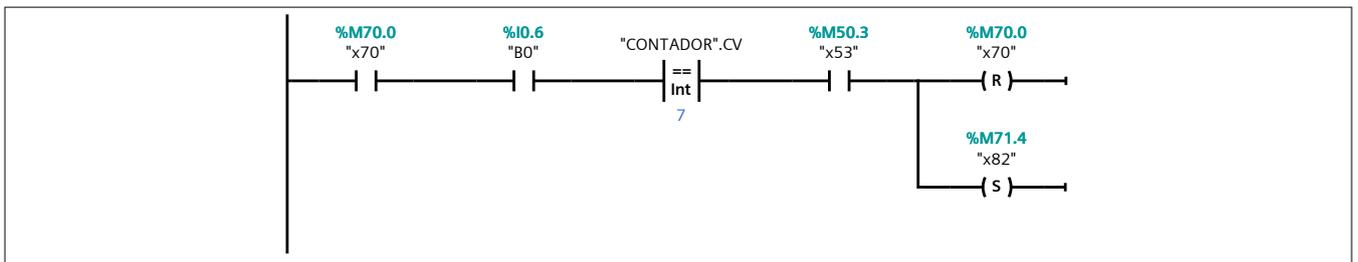
Segmento 93: TRANSICION 70 CONTADOR 5



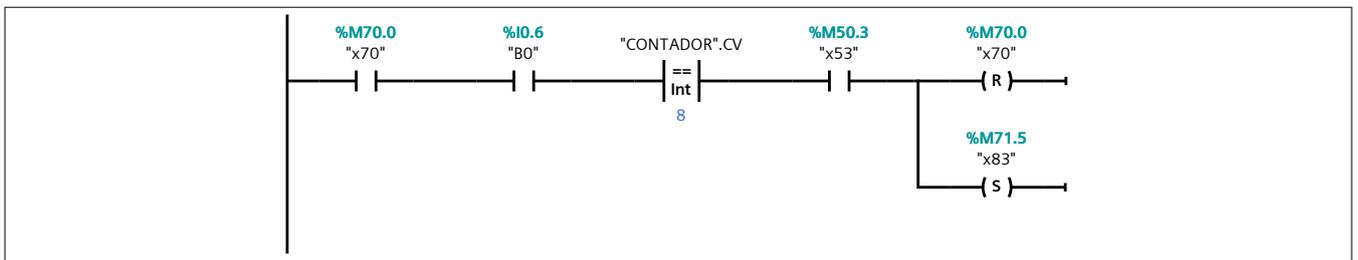
Segmento 94: TRANSICION 70 CONTADOR 6



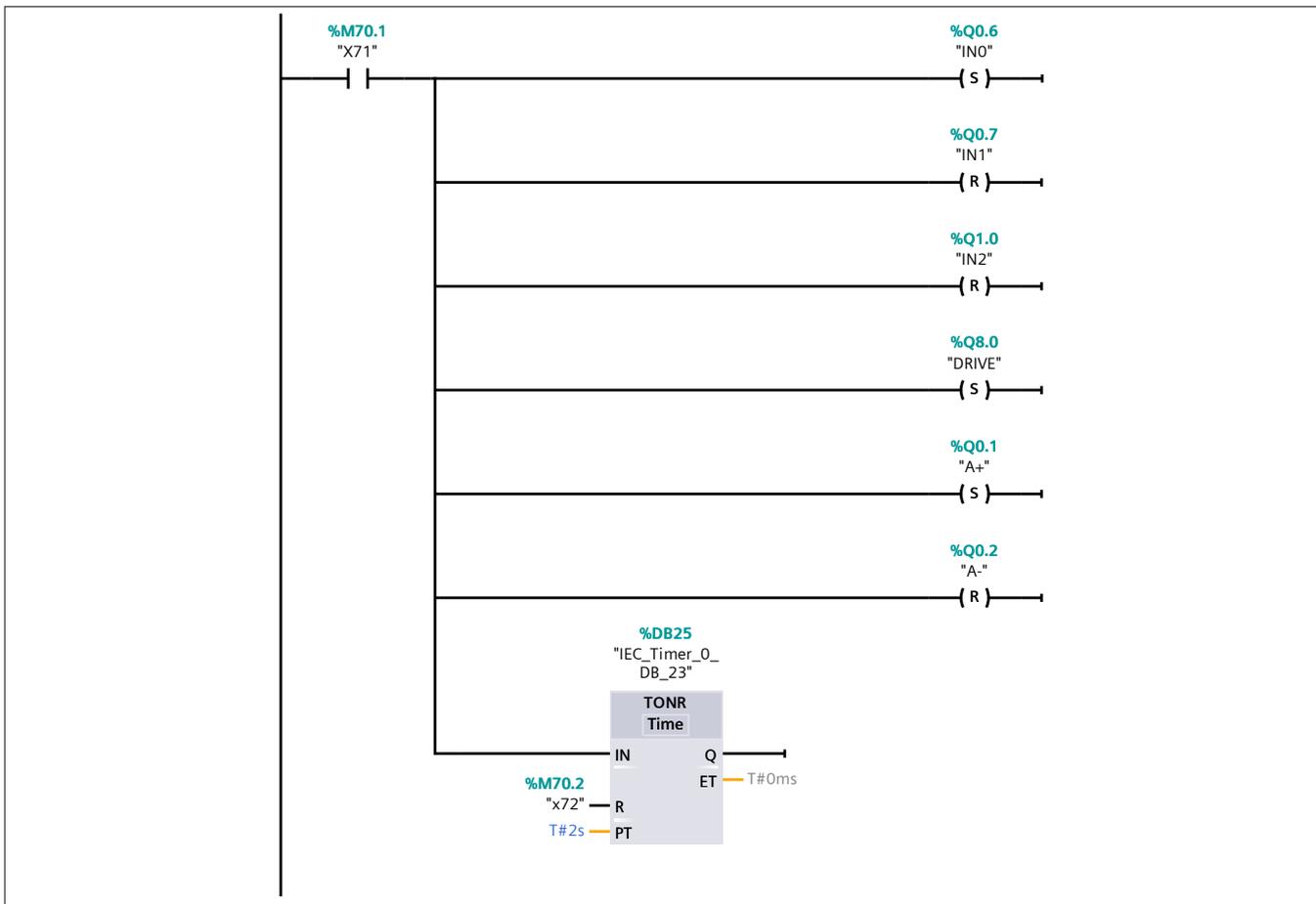
Segmento 95: TRANSICION 70 CONTADOR 7



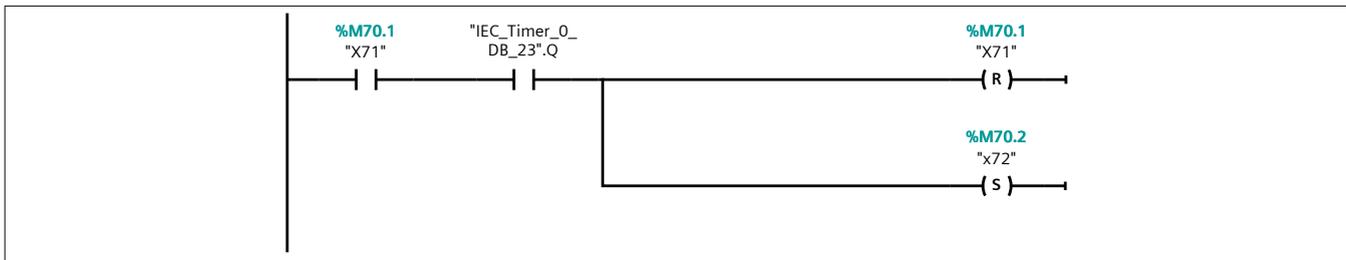
Segmento 96: TRANSICION 70 CONTADOR 8



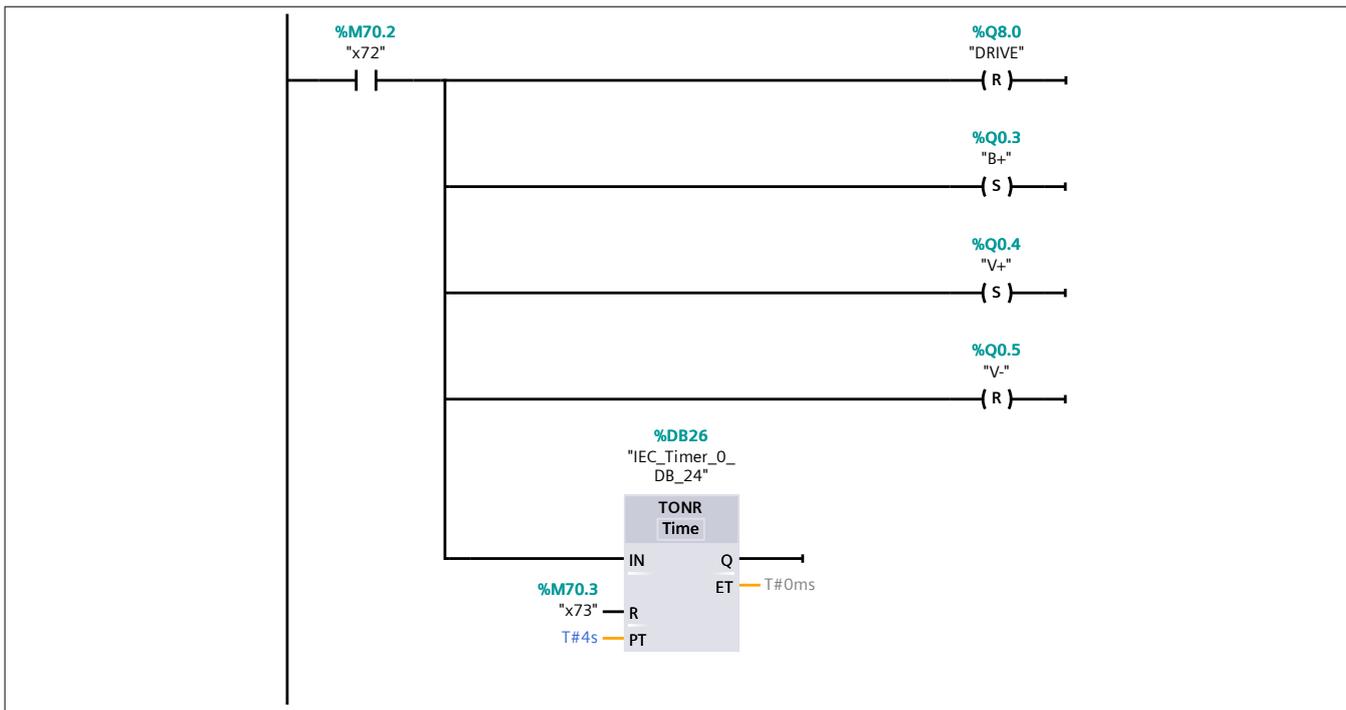
Segmento 97: ESTADO 71



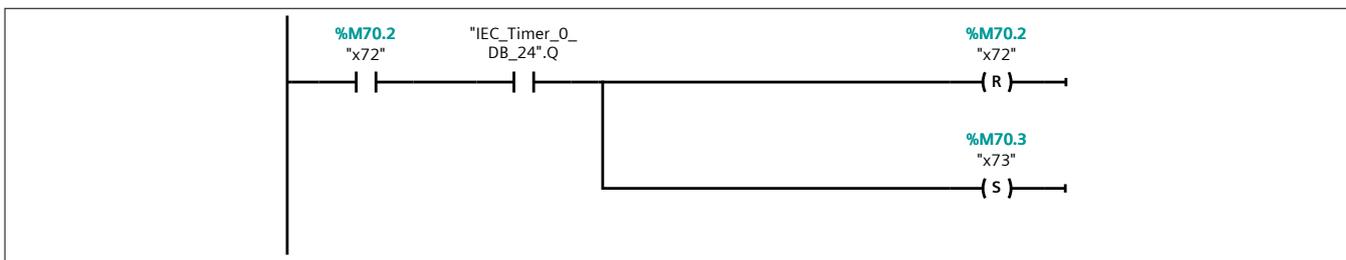
Segmento 98: TRANSICION 71



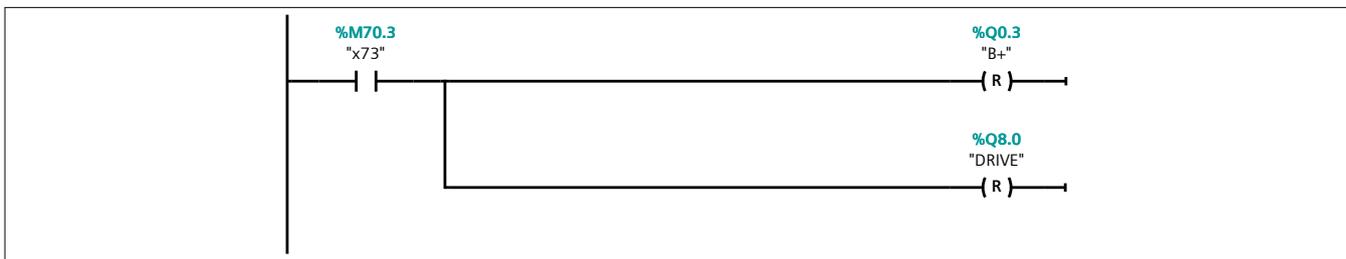
Segmento 99: ESTADO 72



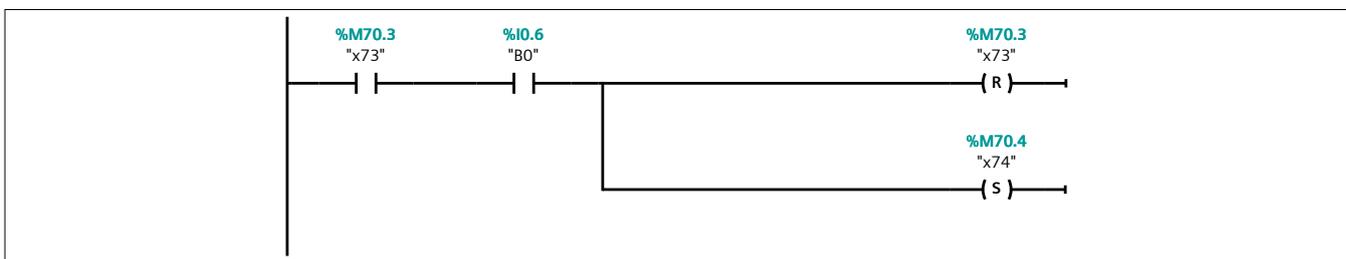
Segmento 100: TRANSICION 72



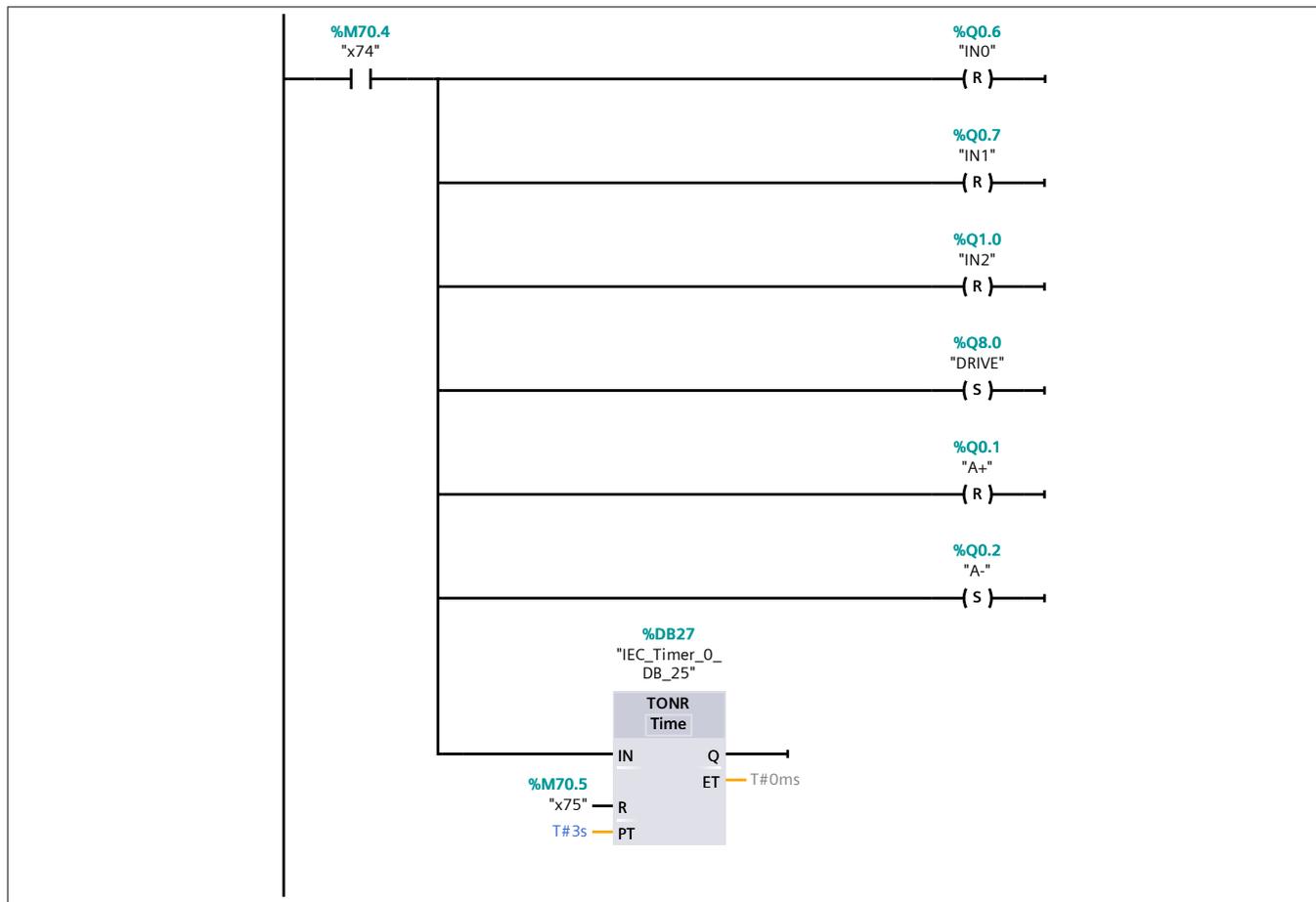
Segmento 101: ESTADO 73



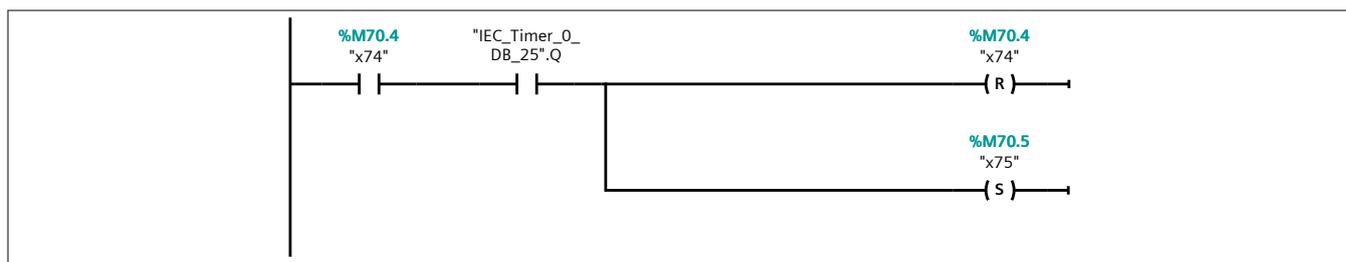
Segmento 102: TRANSICION 73



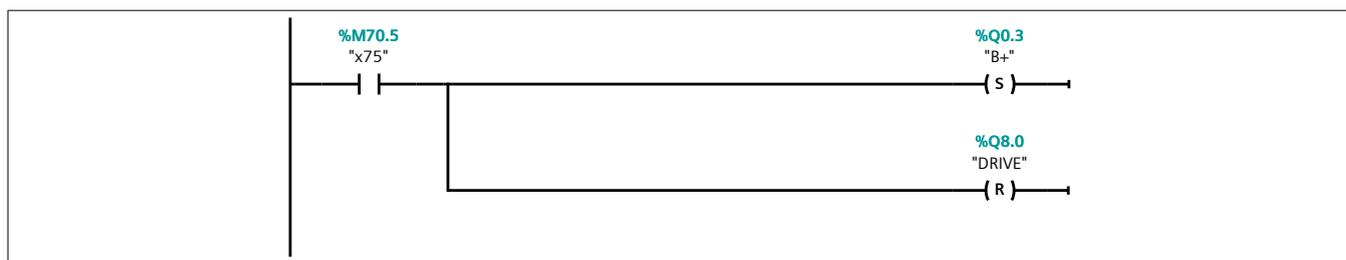
Segmento 103: ESTADO 74



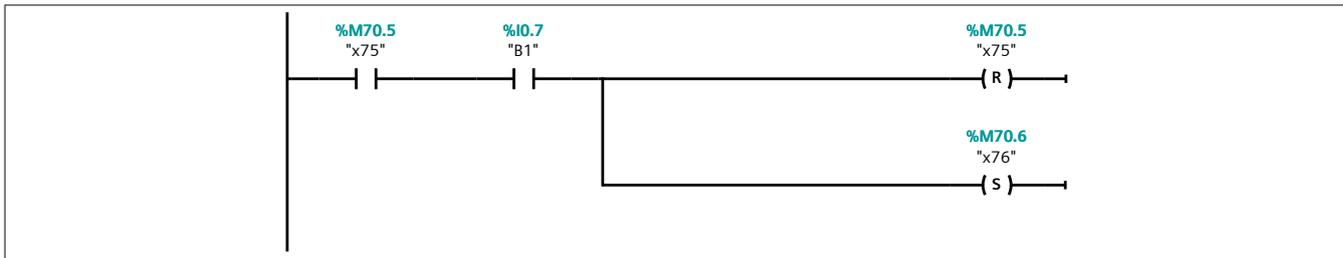
Segmento 104: TRANSICION 74



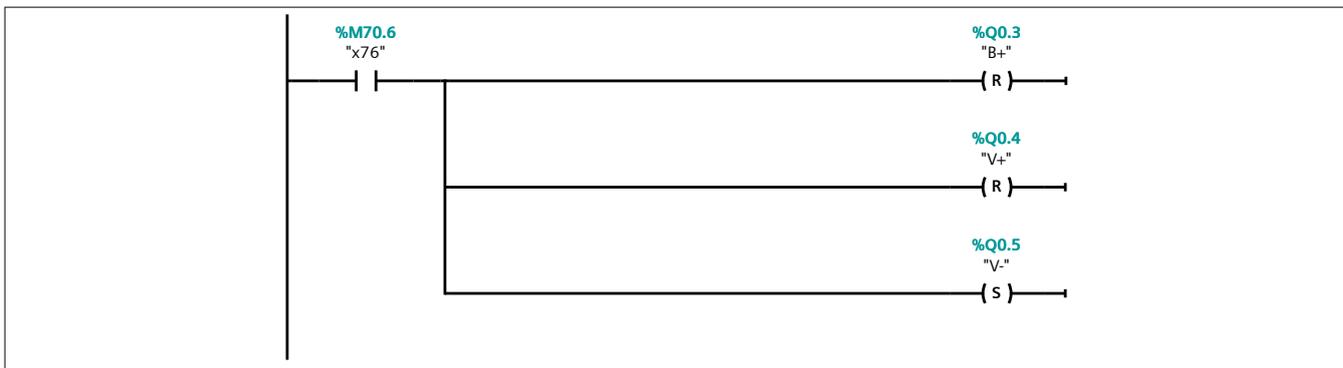
Segmento 105: ESTADO 75



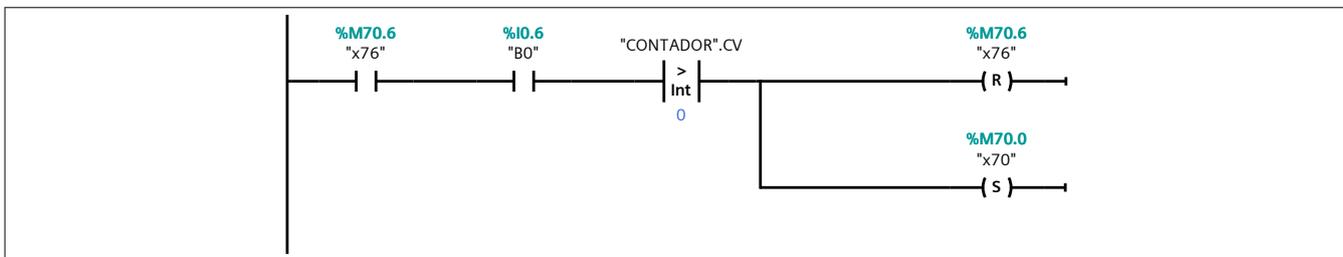
Segmento 106: TRANSICION 75



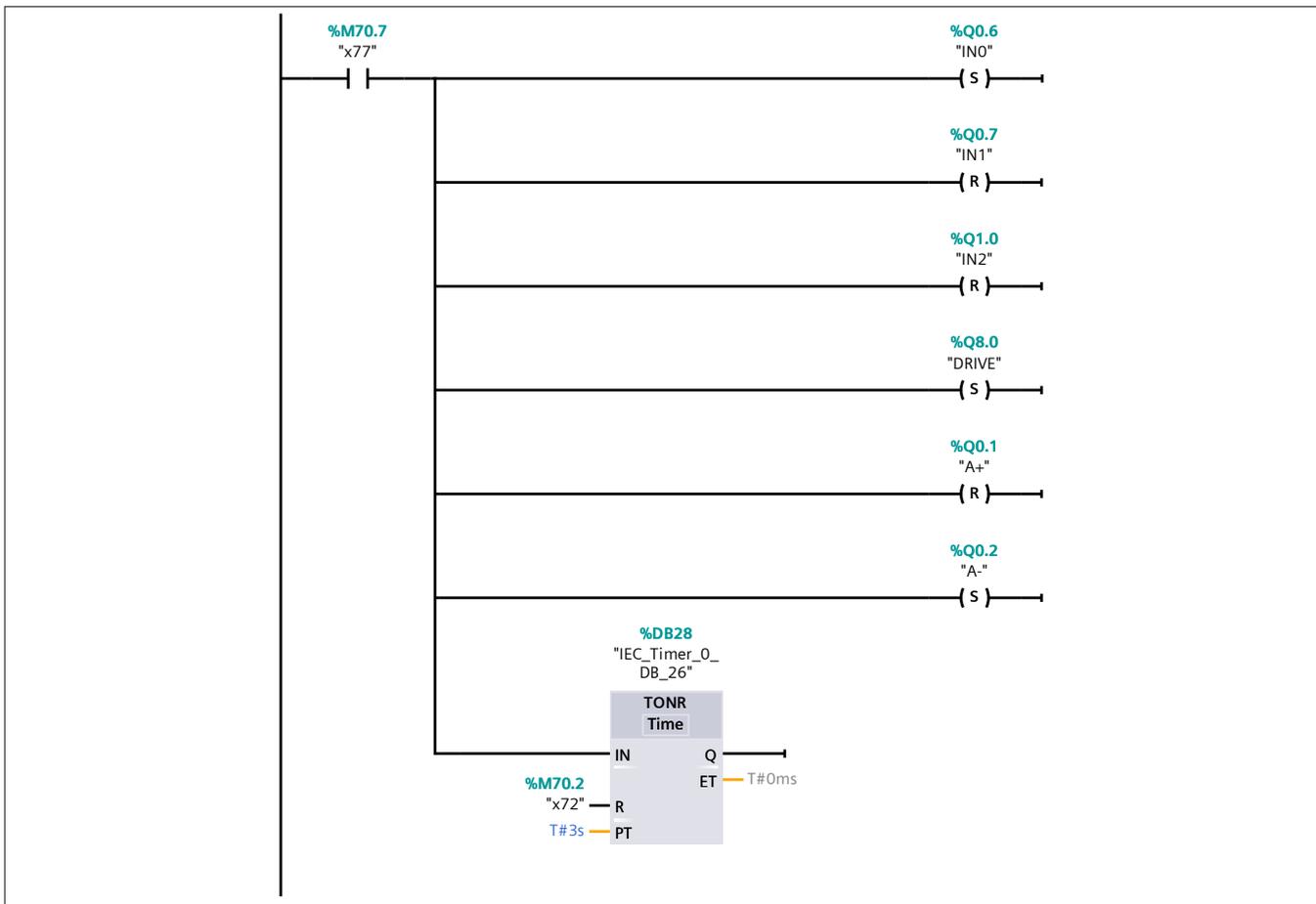
Segmento 107: ESTADO 76



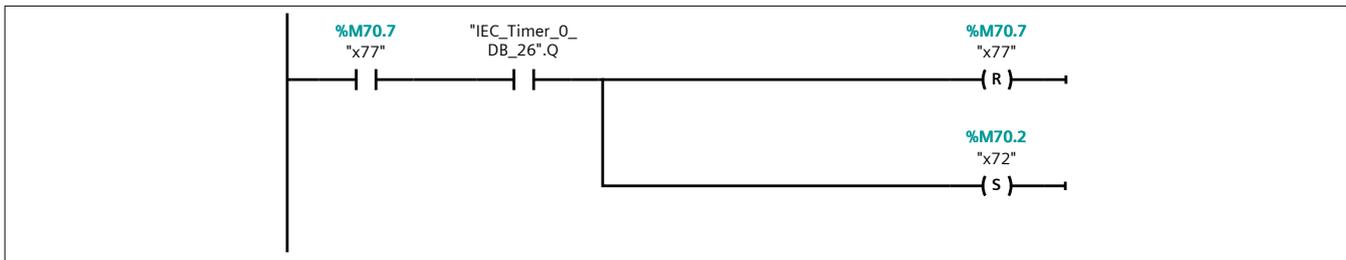
Segmento 108: TRANSICION 76



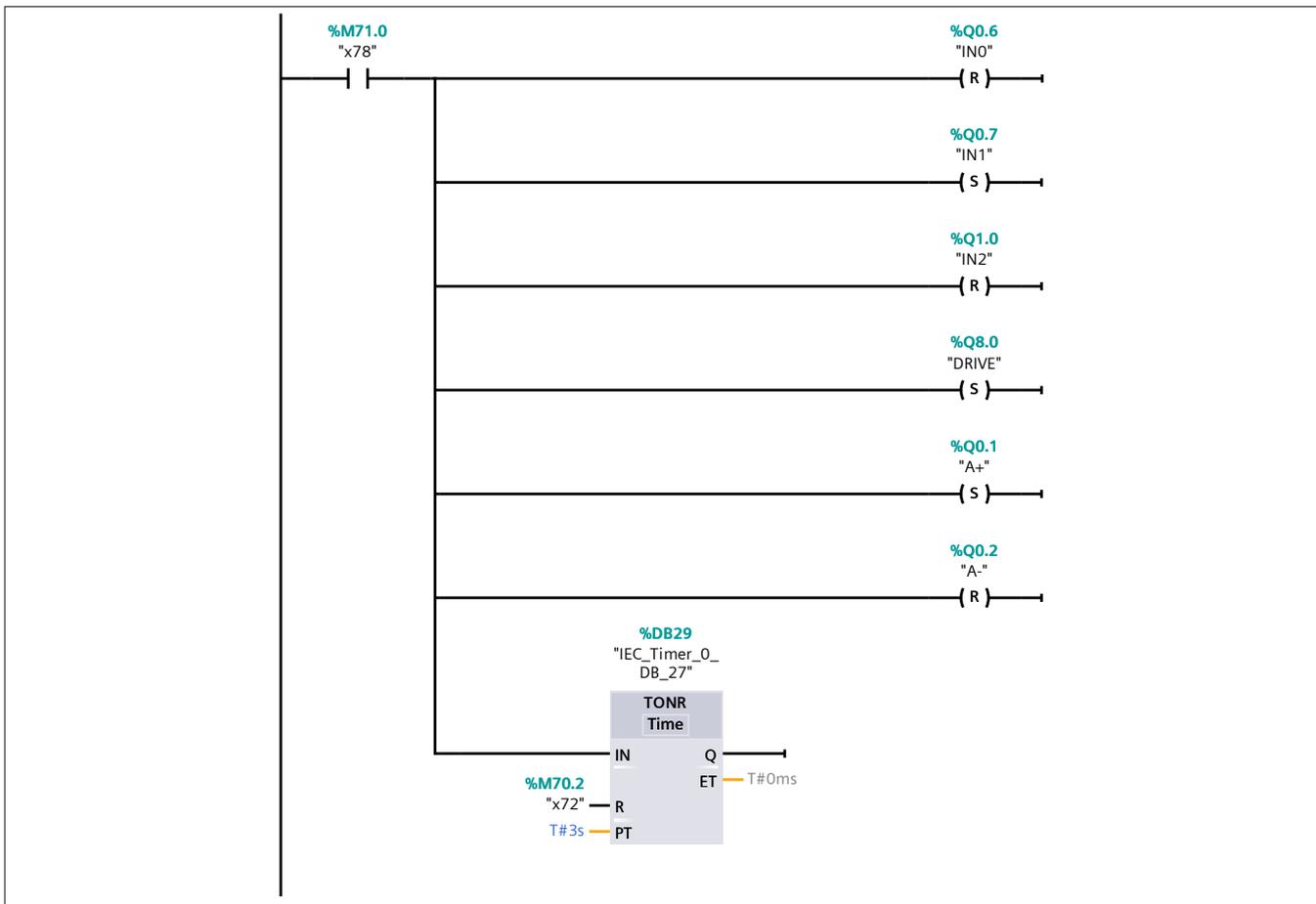
Segmento 109: ESTADO 77



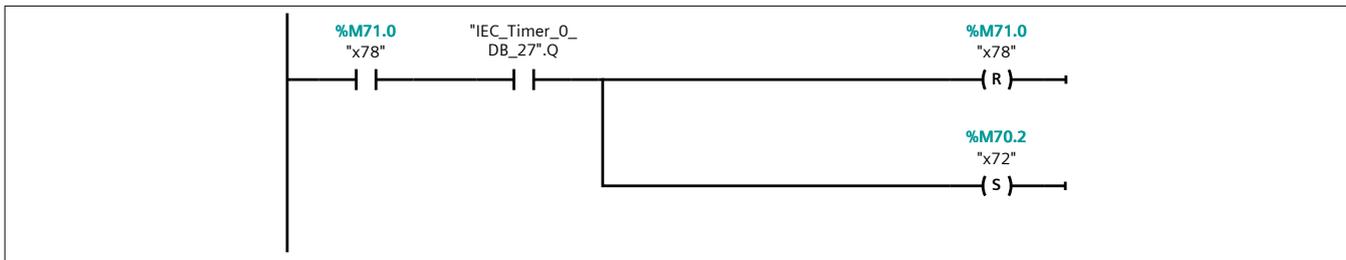
Segmento 110: TRANSICIÓN 77



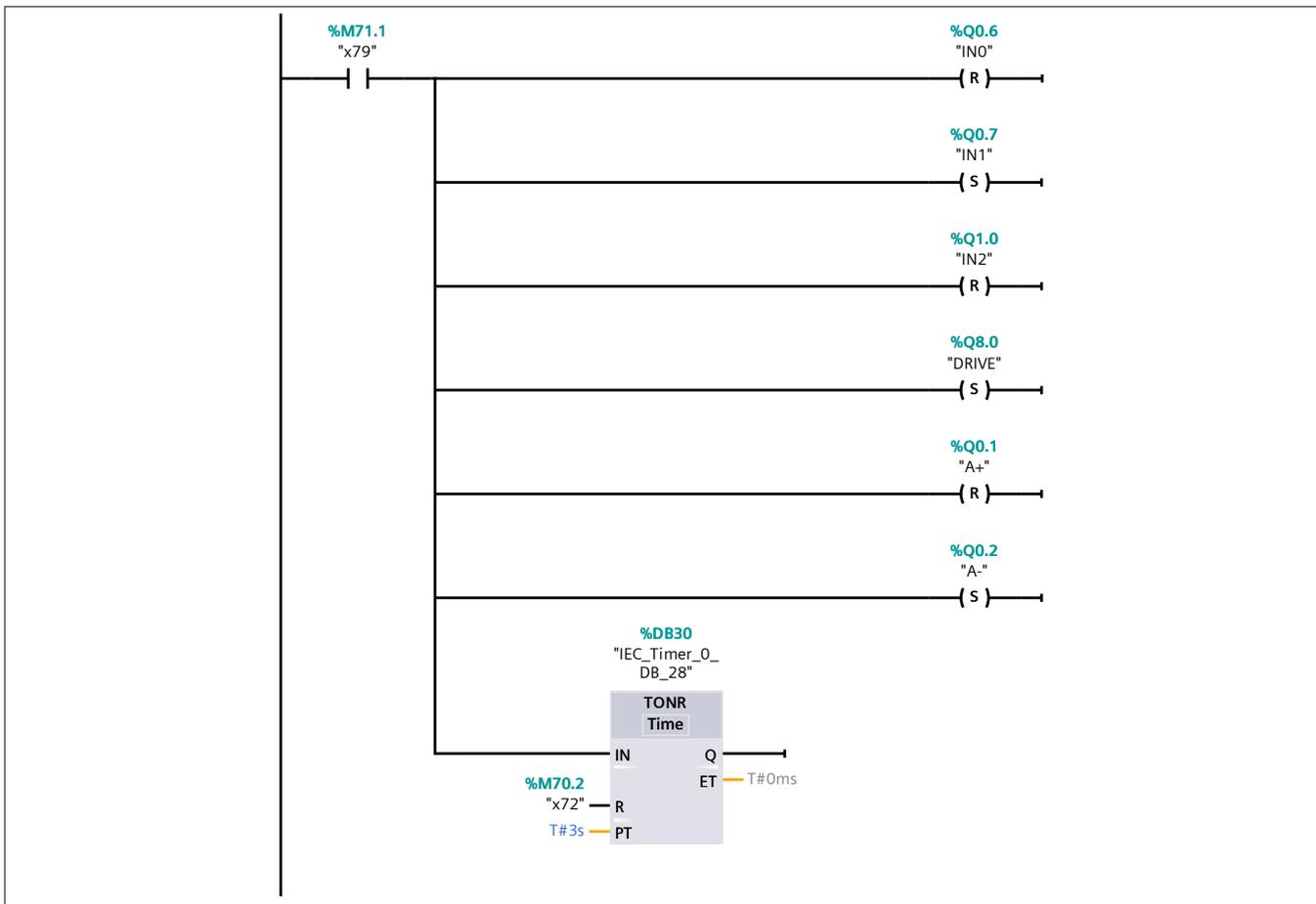
Segmento 111: ESTADO 78



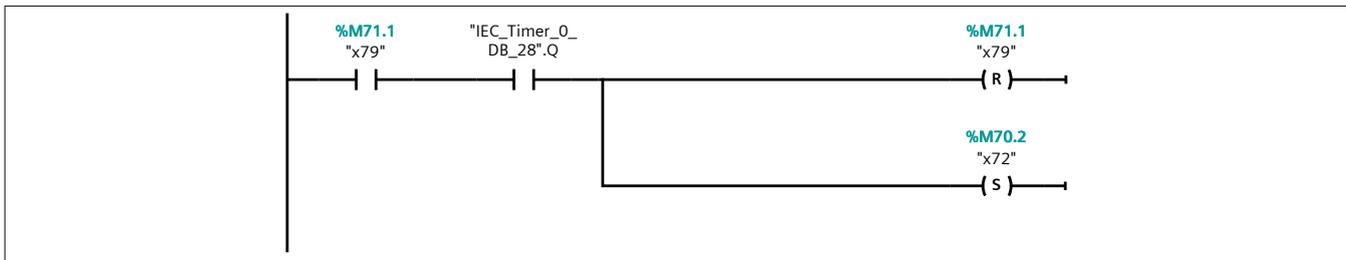
Segmento 112: TRANSICIÓN 78



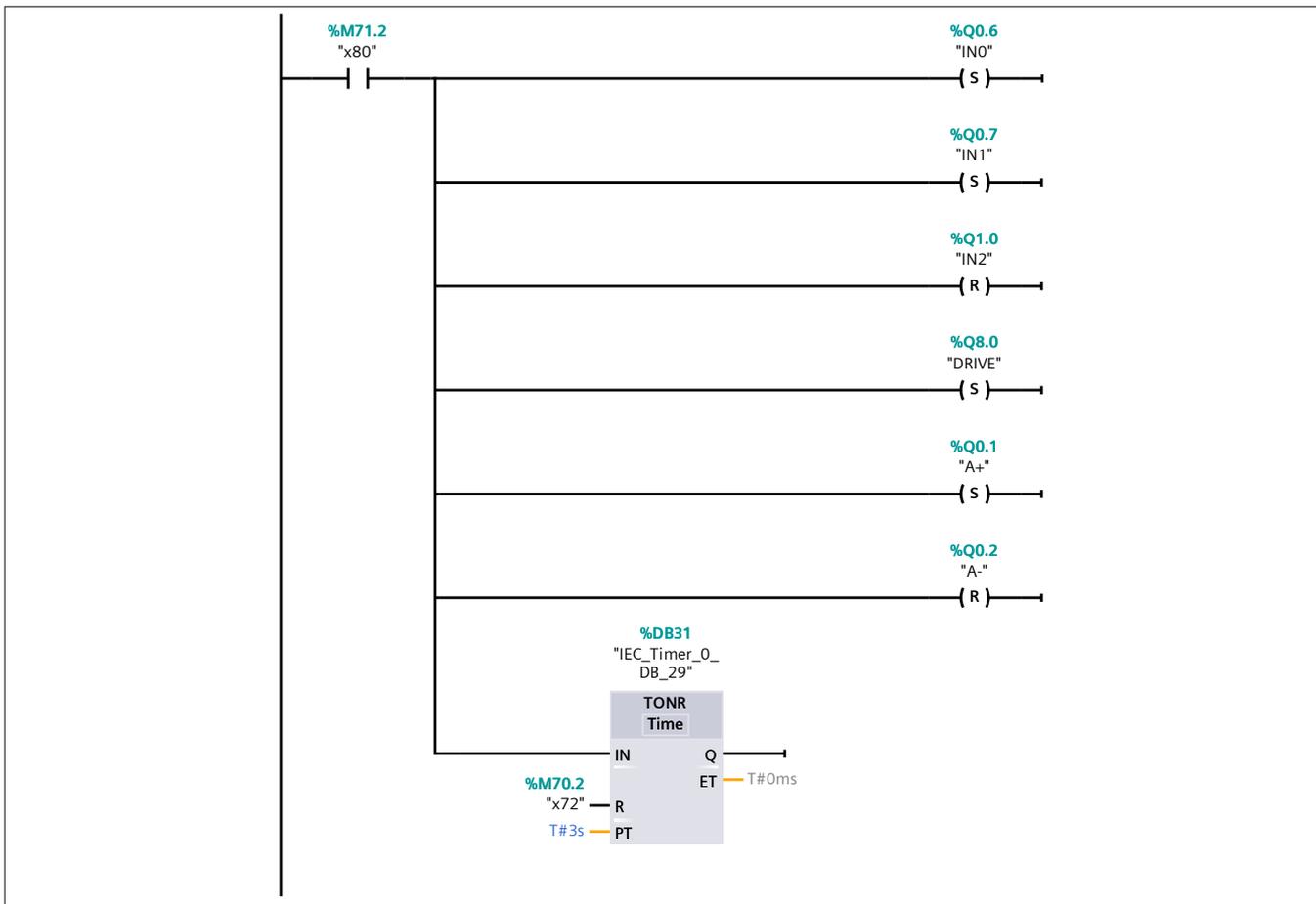
Segmento 113: ESTADO 79



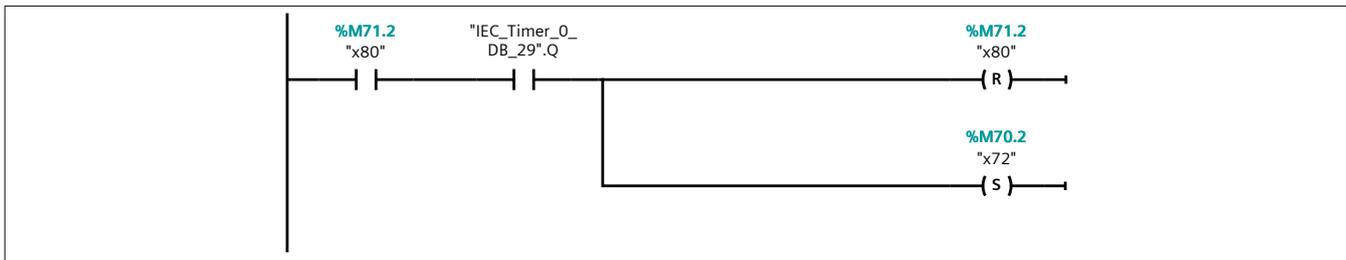
Segmento 114: TRANSICIÓN 79



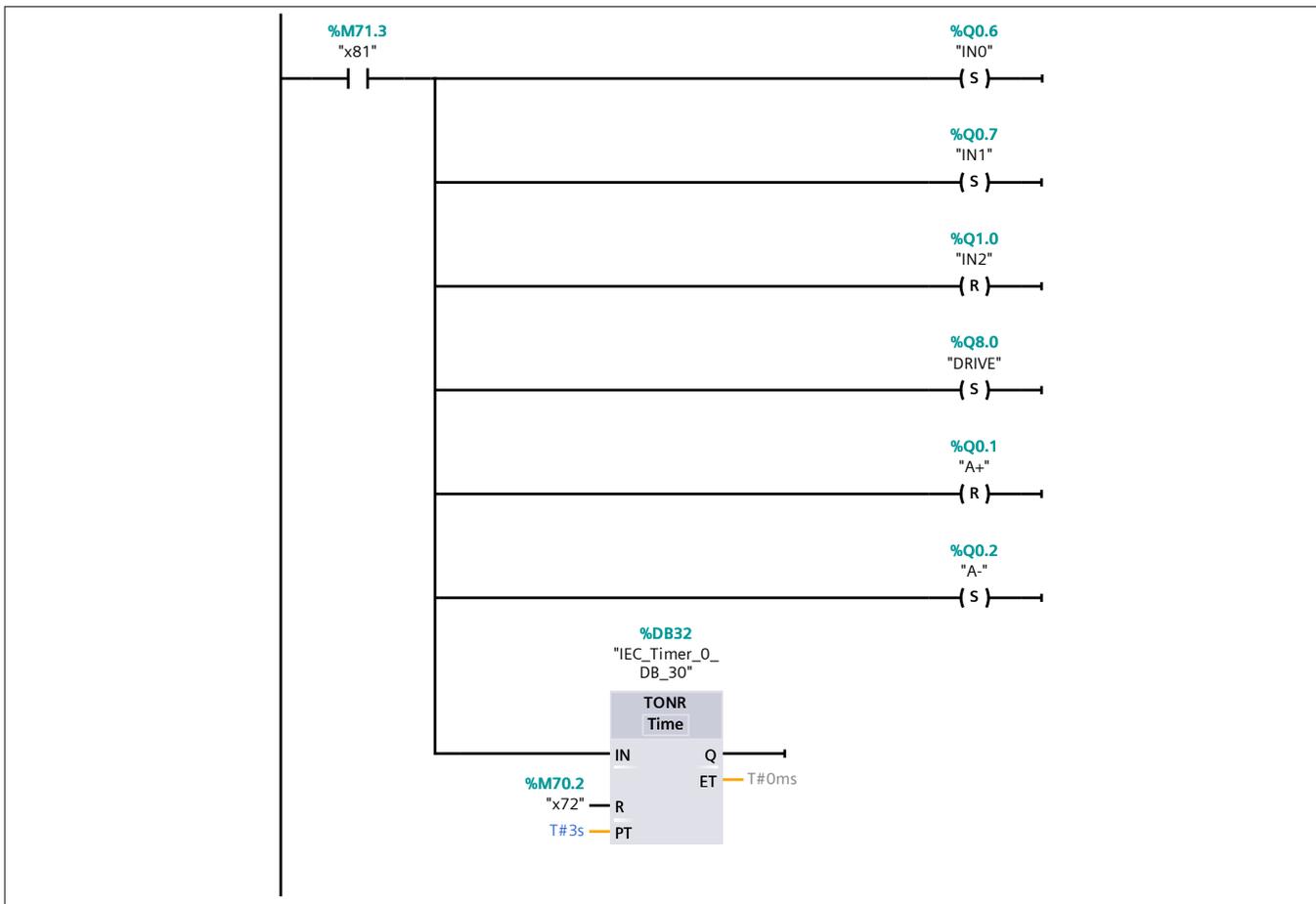
Segmento 115: ESTADO 80



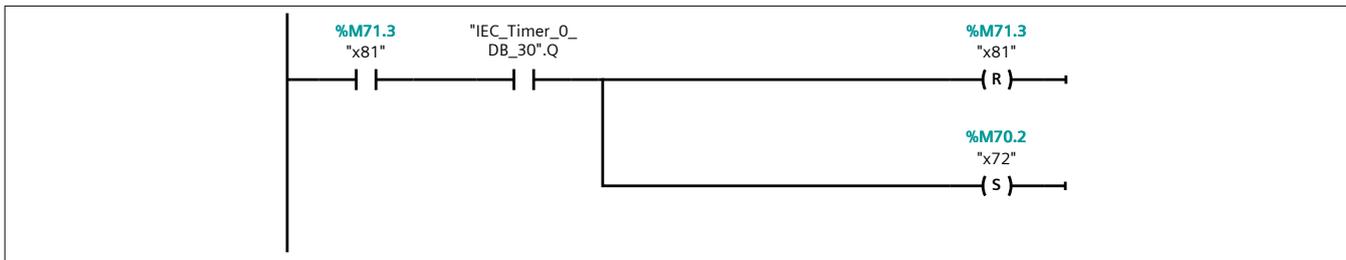
Segmento 116: TRANSICIÓN 80



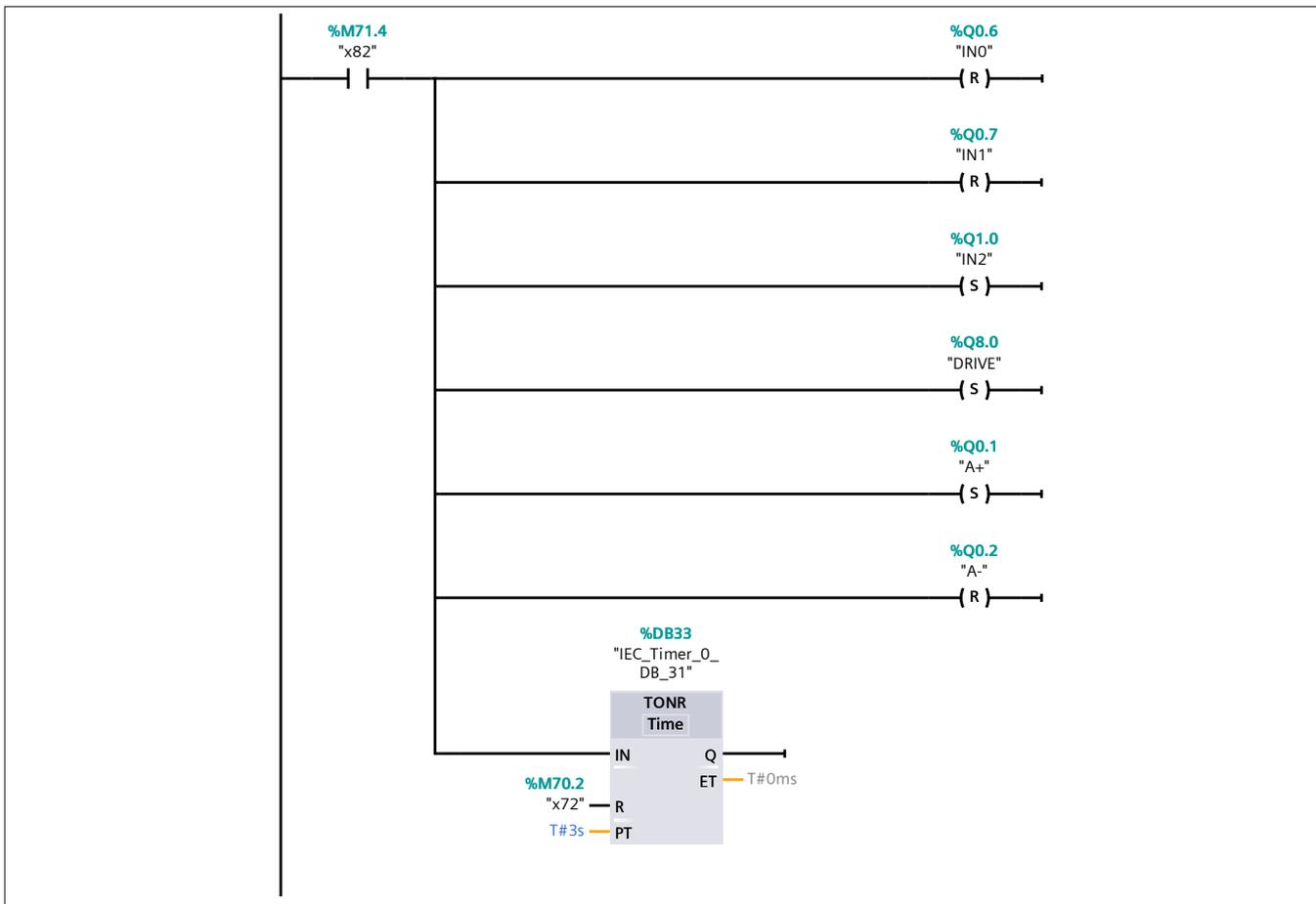
Segmento 117: ESTADO 81



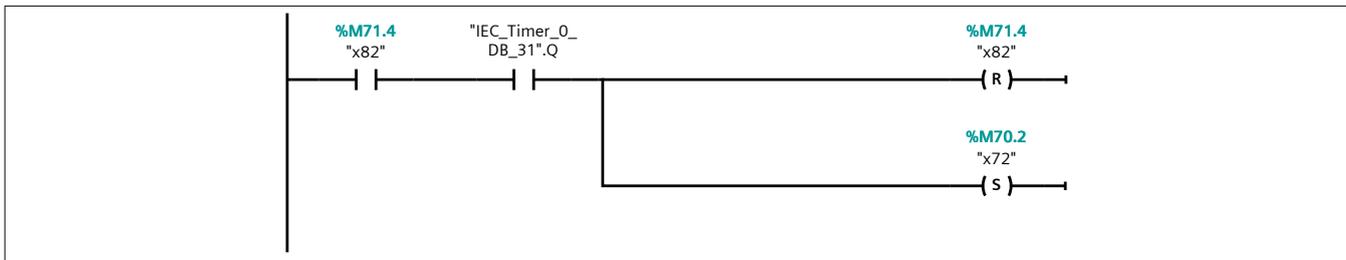
Segmento 118: TRANSICIÓN 81



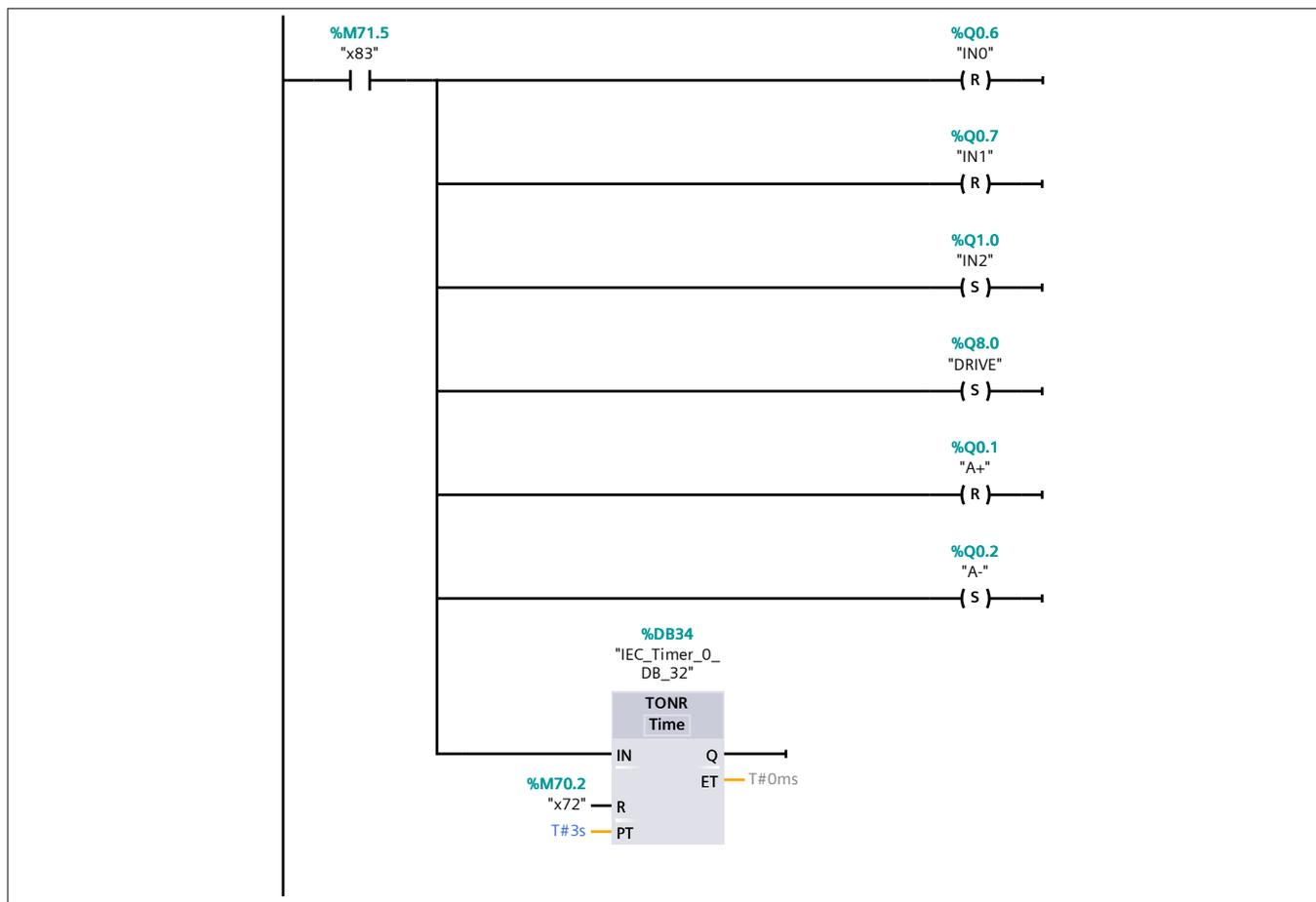
Segmento 119: ESTADO 82



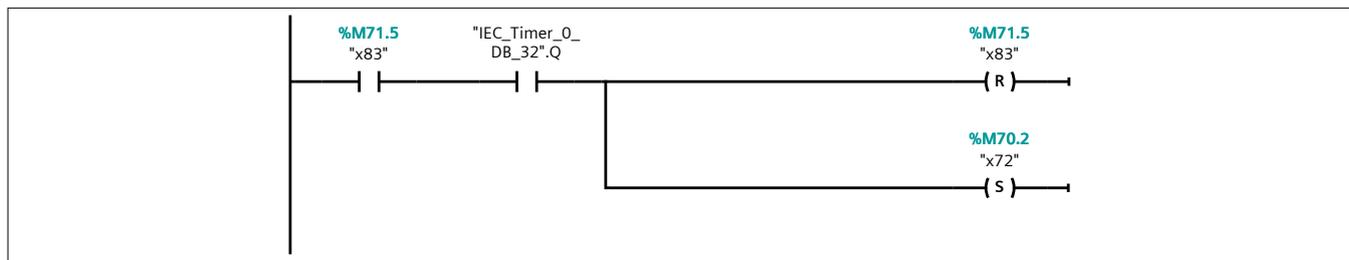
Segmento 120: TRANSICIÓN 82



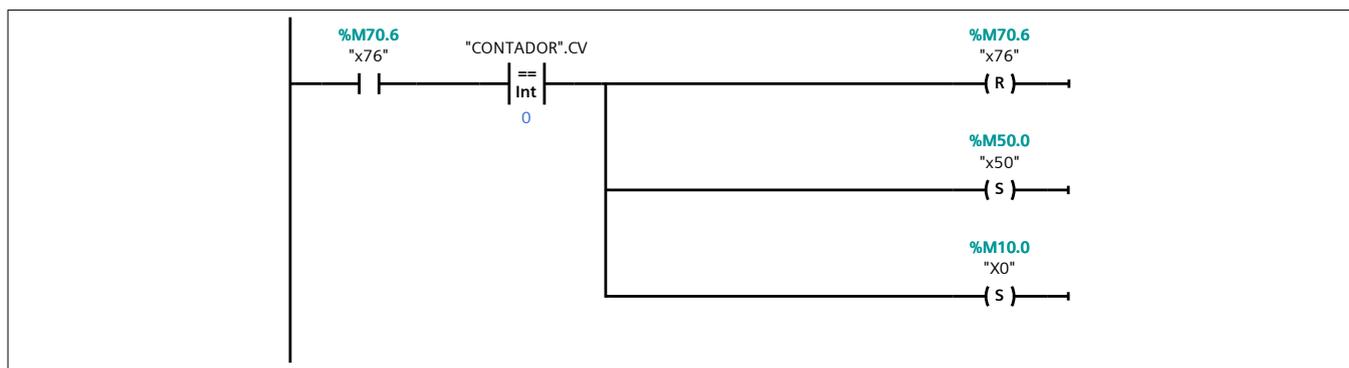
Segmento 121: ESTADO 83



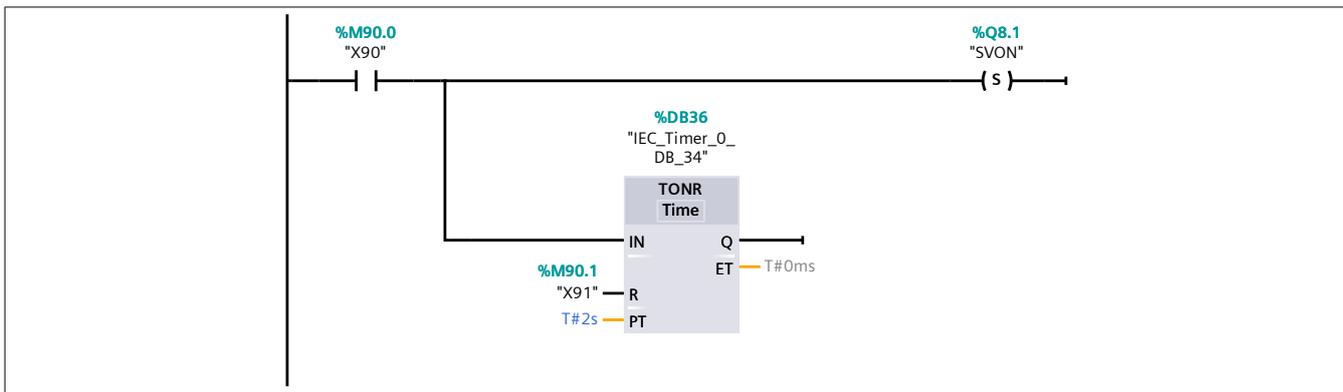
Segmento 122: TRANSICIÓN 83



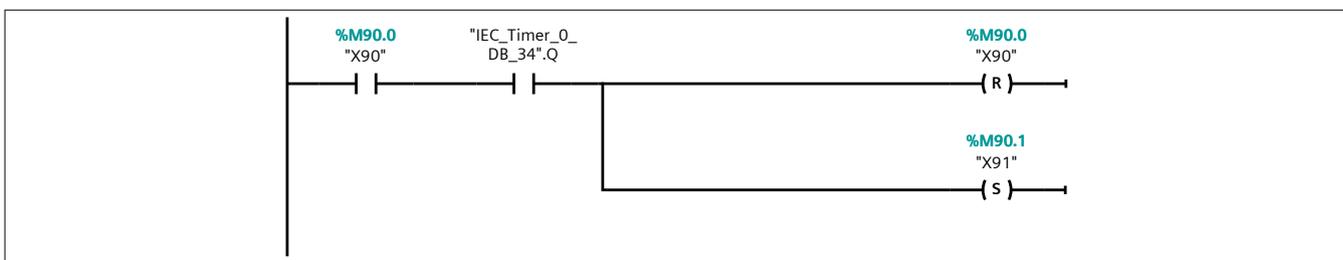
Segmento 123: TRANSICION 76 A 50



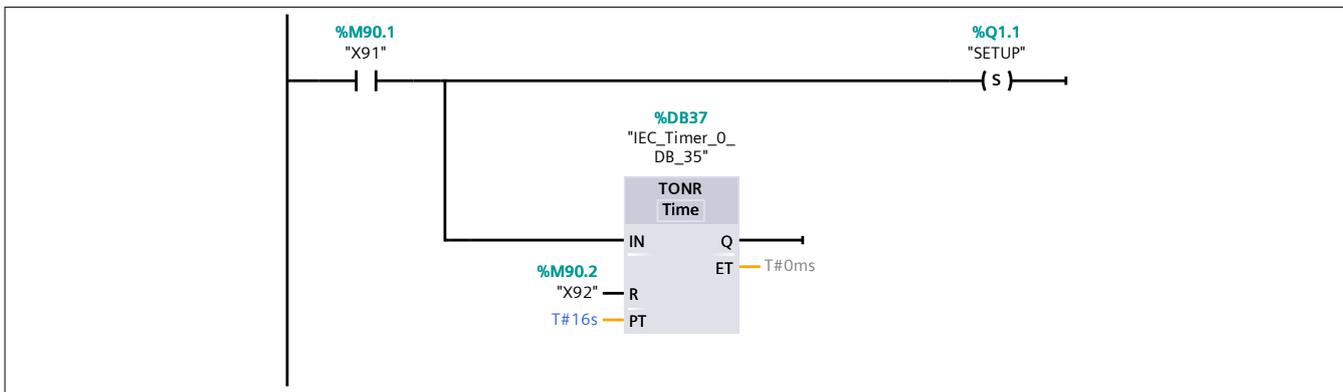
Segmento 124: ESTADO 90



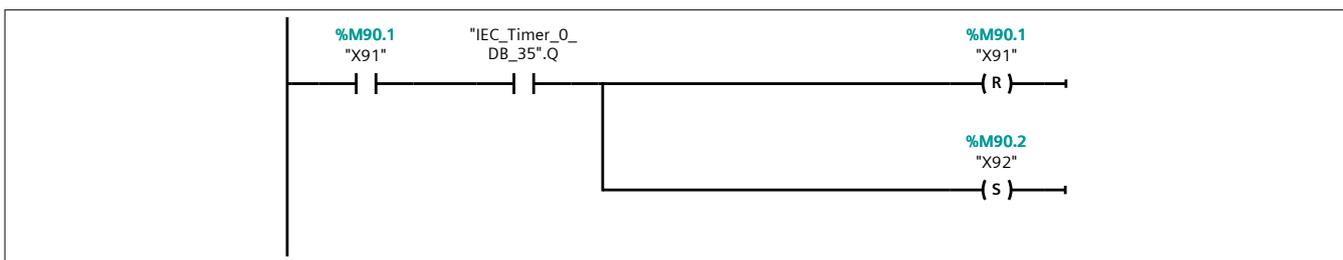
Segmento 125: TRANSICION 90 A 91



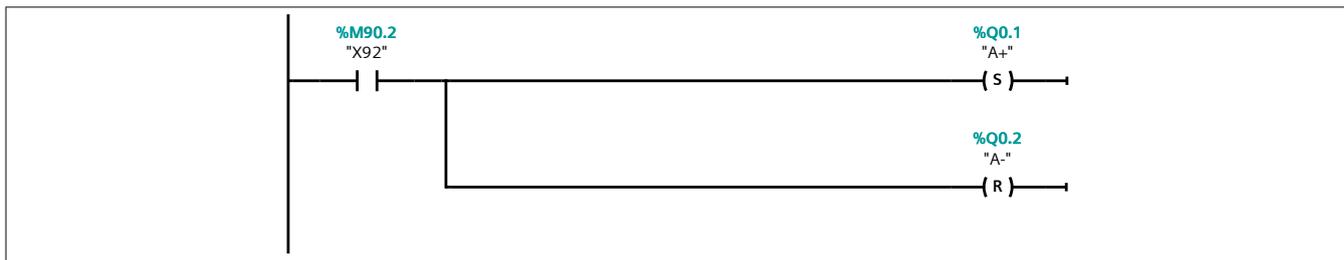
Segmento 126: ESTADO 91



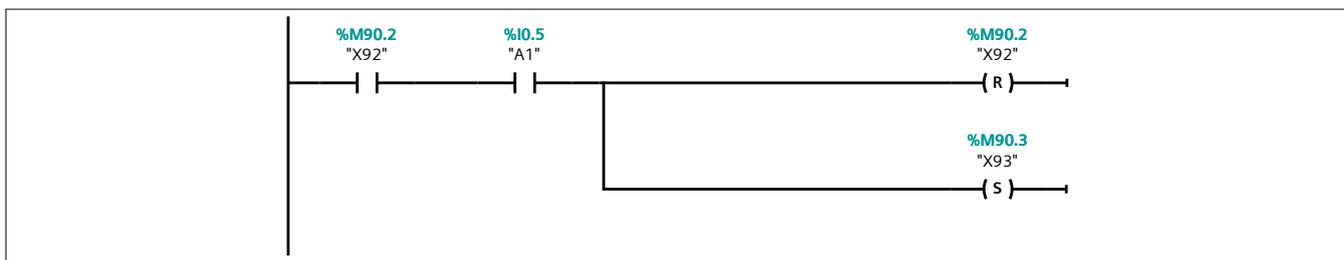
Segmento 127: TRANSICION 91 A 92



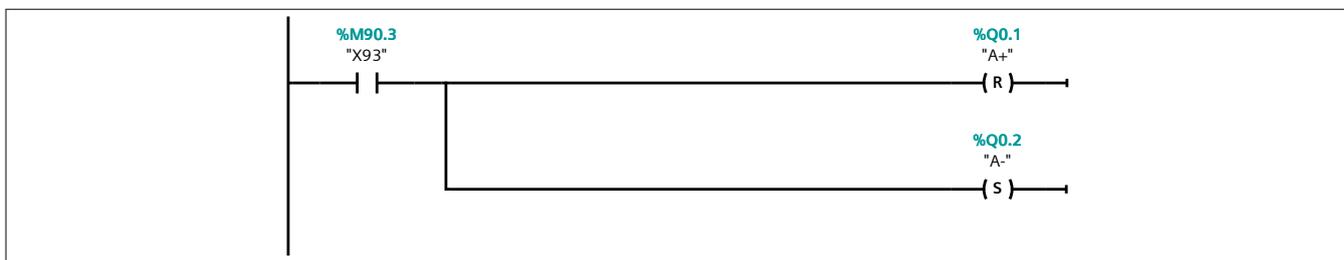
Segmento 128: ESTADO 92



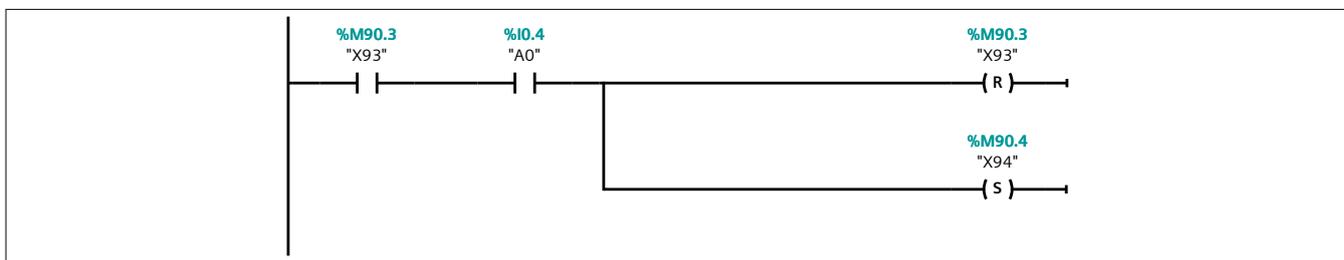
Segmento 129: TRANSICION 92 A 93



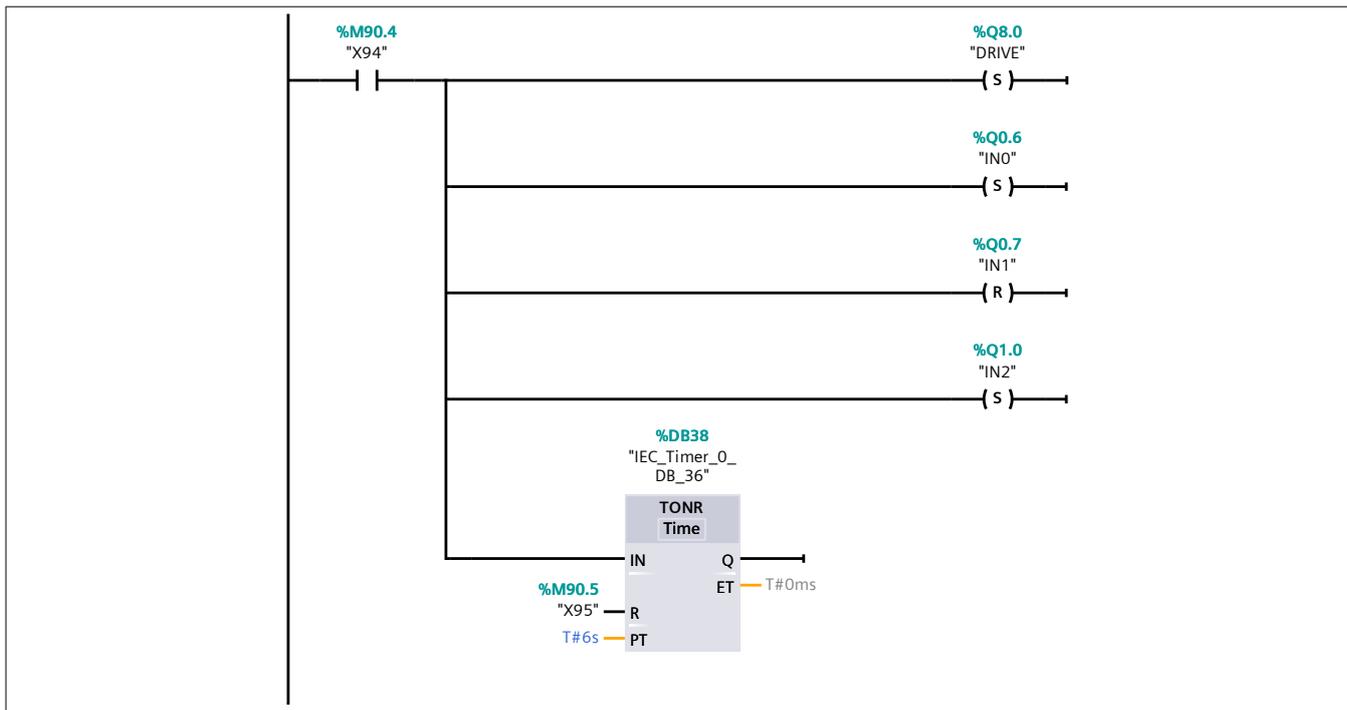
Segmento 130: ESTADO 93



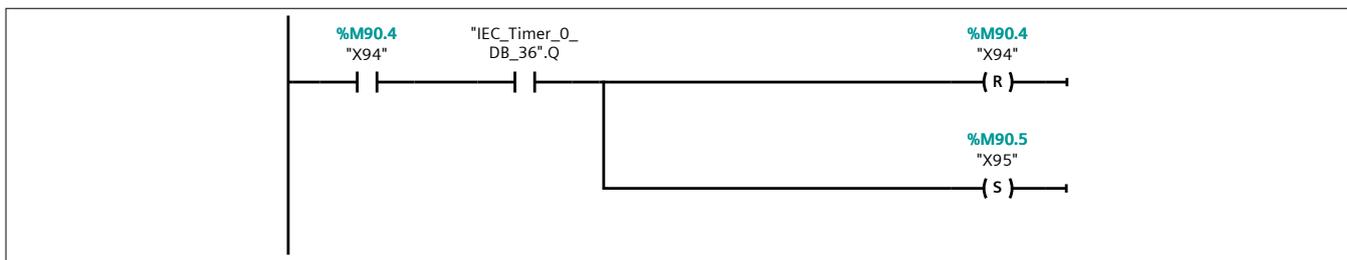
Segmento 131: TRANSICION 93 A 94



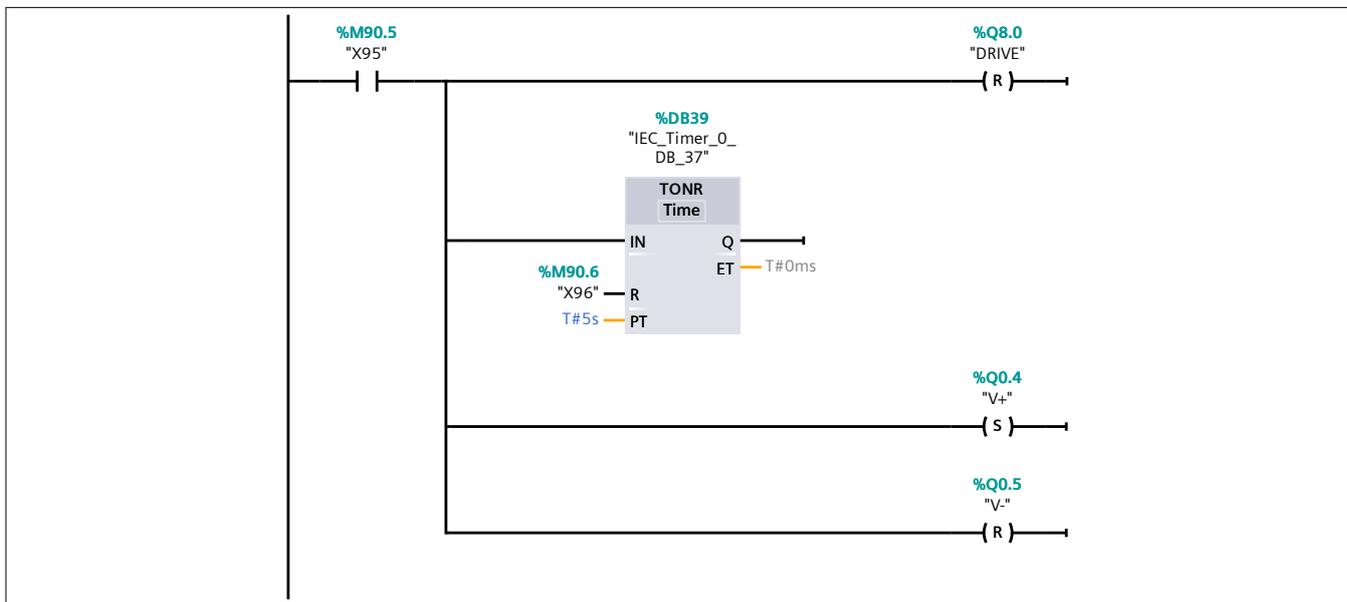
Segmento 132: ESTADO 94



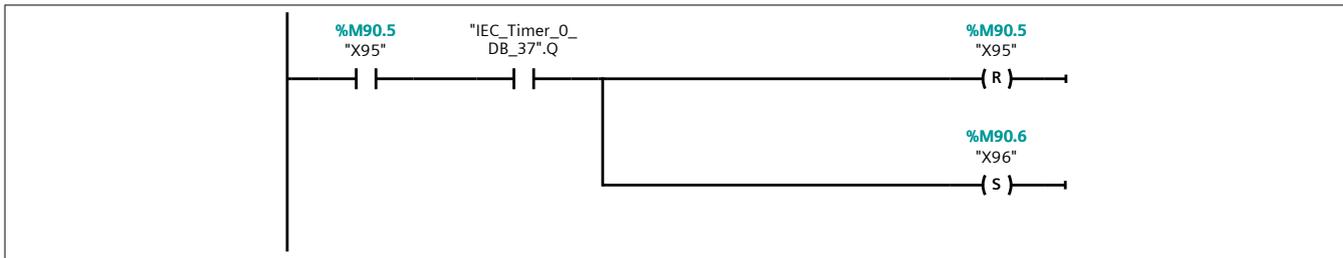
Segmento 133: TRANSICION 94 A 95



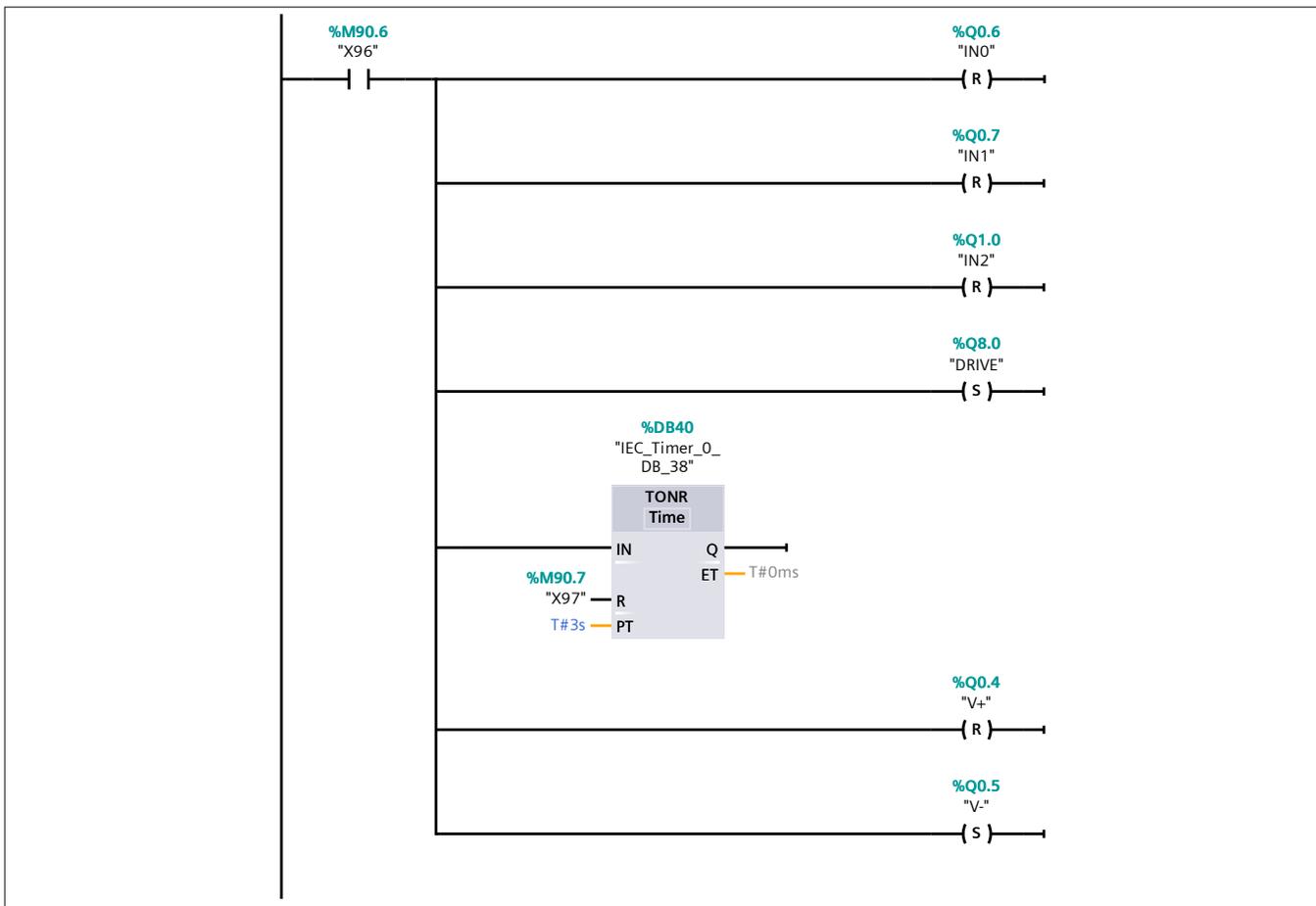
Segmento 134: ESTADO 95



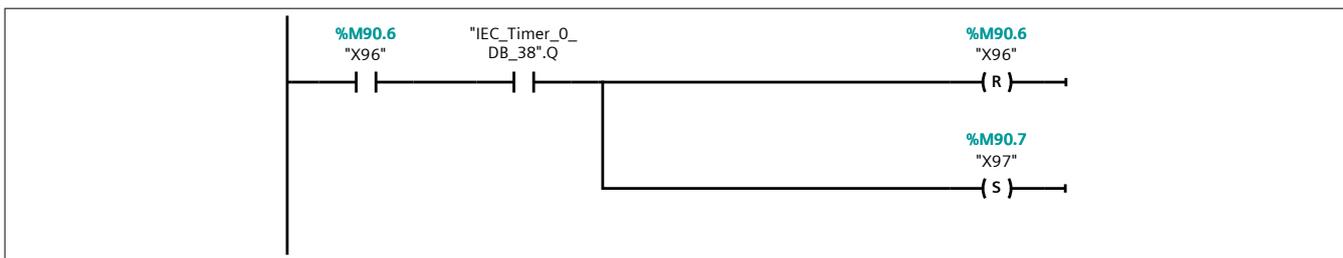
Segmento 135: TRANSICION 95 A 96



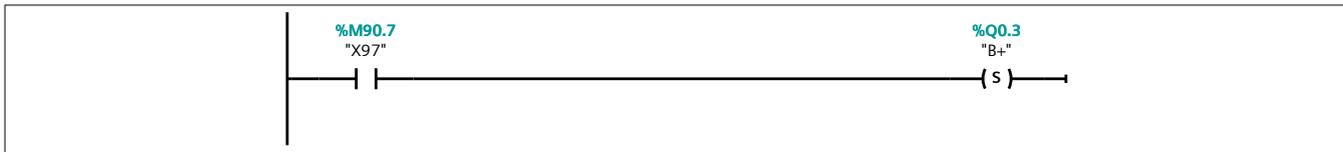
Segmento 136: ESTADO 96



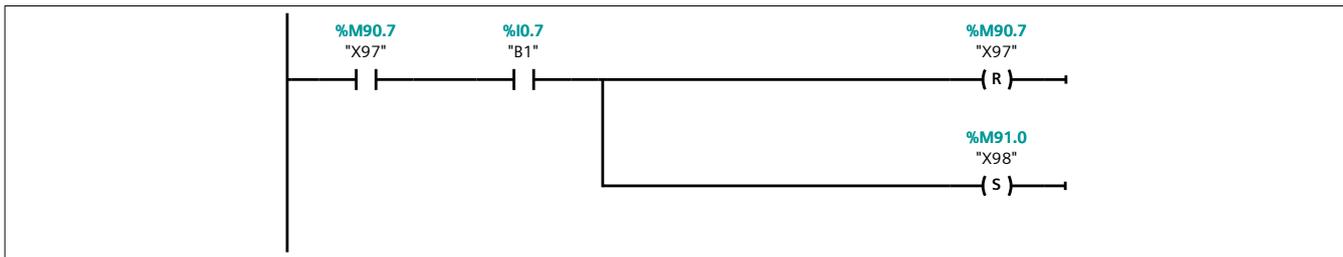
Segmento 137: TRANSICION 96 A 97



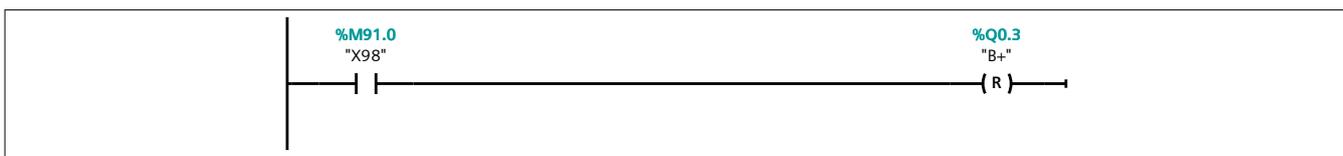
Segmento 138: ESTADO 97



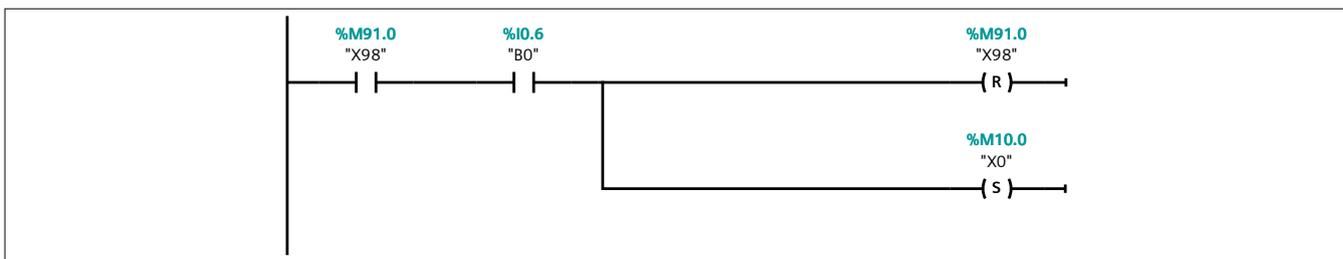
Segmento 139: TRANSICION 97 A 98



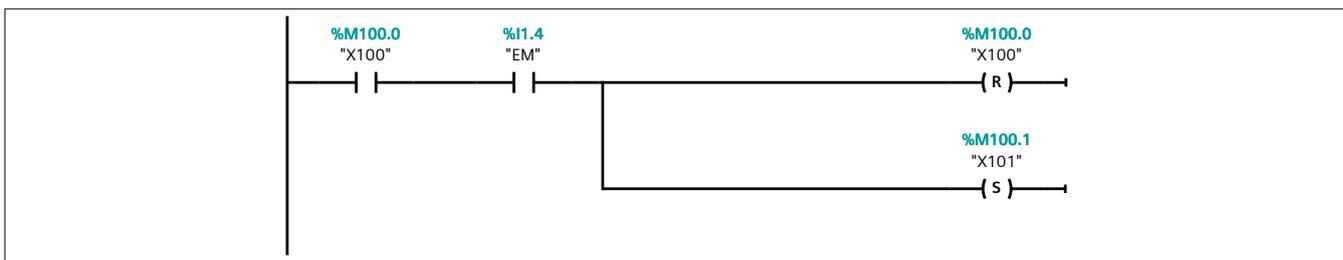
Segmento 140: ESTADO 98



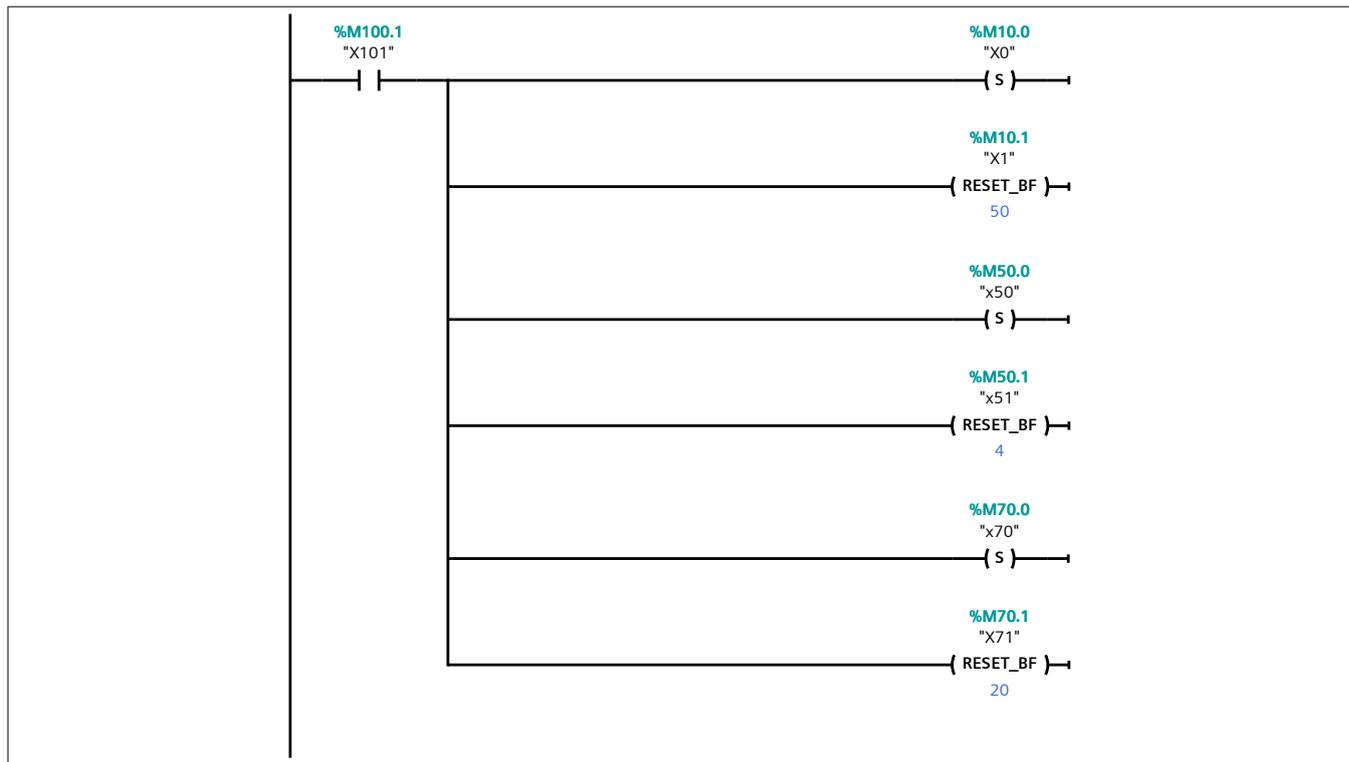
Segmento 141: TRANSICION 98 A 0



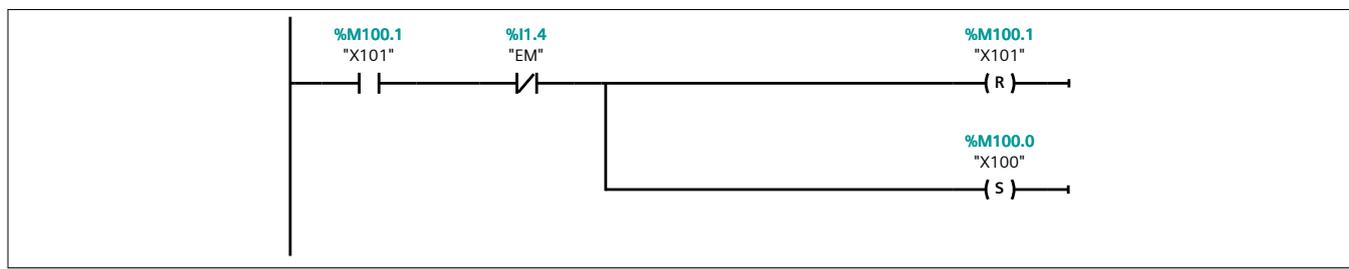
Segmento 142: TRANSICIÓN 100



Segmento 143: ESTADO 101



Segmento 144: TRANSICIÓN 101 A 100





ANEXO III:
GUIONES DE PRÁCTICAS
PROPUESTOS Y
DOCUMENTO DE AYUDA
AL PROFESOR

GUIÓN DE PRÁCTICAS - Nivel: Básico

Estación FAS - 216. PLANTA FAS 200 SMC

El objetivo de esta práctica es automatizar la estación FAS-216 que se muestra en la figura 1 del guión.

Las principales funciones de la estación en estas prácticas son las siguientes:

1. Introducir ordenadamente las piezas que lleguen al almacén.
2. Vaciar el almacén ordenadamente cambiando de modo.

Componentes:

La estación se compone de los siguientes elementos (ver figura 1):

- Almacén con 8 posiciones disponibles y rampas de salida
- Brazo encargado de recoger las piezas por medio de ventosas
- Botonera
- Controlador o driver
- Pantalla HMI

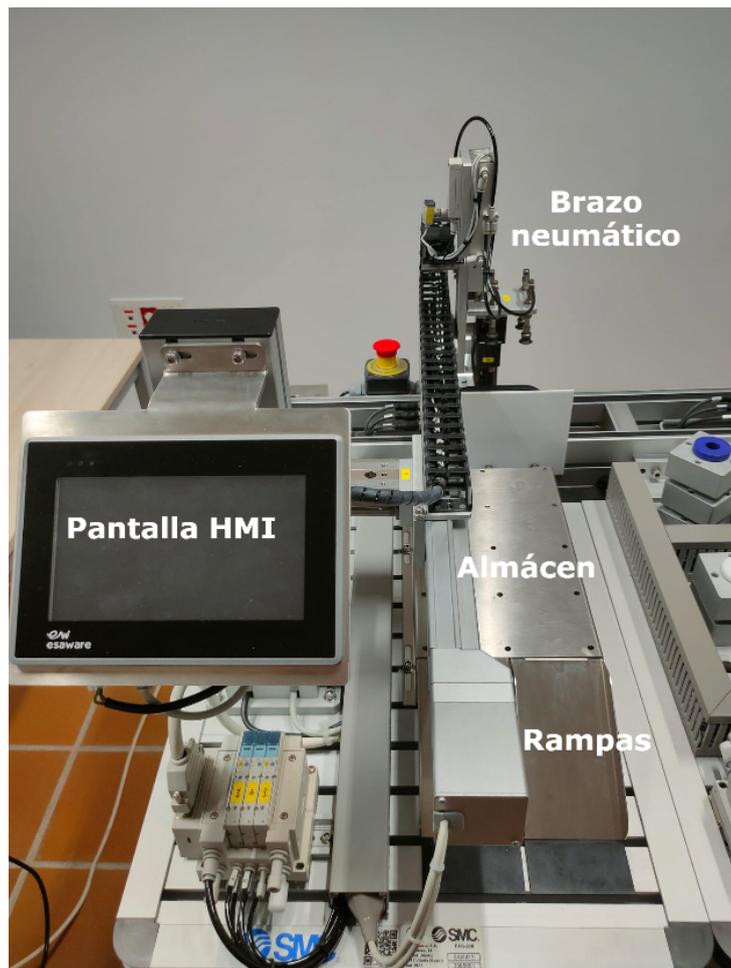


Figura 1: Estación FAS-216

Funcionamiento:

Condiciones iniciales:

- Almacén vacío en su totalidad. No posee sensores de posición.
- Brazo en la parte derecha del almacén, en las posiciones pares.
- Brazo en la posición más alta.
- Ventosas apagadas.

Proceso de llenado:

1. Una vez configurado el controlador por parte del profesor/a, se puede iniciar el proceso.
2. Se selecciona en el conmutador de la botonera la posición "auto".
3. Se pulsa el botón de START siempre y cuando haya una pieza disponible en la posición de recogida. Se dirige el brazo hacia el punto de recogida de piezas. Para dirigirse a la posición tener en cuenta las combinaciones de bits expuestas en la tabla del driver (tabla 3).
4. El brazo baja por la pieza mientras se activan las ventosas (ventosas ON).
5. Cuando la pieza esté sujeta (dar margen de tiempo necesario), subir el brazo de nuevo.
6. Se dirige a la posición "1" del almacén siguiendo las instrucciones de la tabla de bits adjunta.
7. Se baja el brazo y, cuando alcance el final de carrera inferior, se apagan las ventosas (ventosas OFF).
8. Se vuelve a subir el brazo en la misma posición.
9. Se repite la secuencia desde el punto 3 hasta llenar el almacén (capacidad de 8 piezas).

Proceso de vaciado:

1. Se selecciona en el conmutador de la botonera la posición "manual".
2. Se pulsa el botón START siempre y cuando haya alguna pieza depositada en el almacén.
3. Mediante el contador, el brazo deberá dirigirse a la pieza que se encuentre almacenada en la posición más alta.
4. Una vez el brazo se encuentre en la posición, el brazo baja por la pieza mientras se activan las ventosas (ventosas ON).
5. Cuando la pieza esté sujeta (dar margen de tiempo necesario), subir el brazo de nuevo.
6. Se dirige a la posición de la rampa de salida derecha del almacén siguiendo las instrucciones de la tabla de bits adjunta (tabla 3).
7. Se baja el brazo y, cuando alcance el final de carrera inferior, se apagan las ventosas (ventosas OFF).
8. Se vuelve a subir el brazo en la misma posición.
9. Se repite la secuencia desde el punto 3 hasta vaciar el almacén.

La estación ha de ser capaz de llenarse y de vaciarse en su totalidad pudiendo cambiar de modo sin haber alcanzado el límite de piezas almacenadas o vaciadas.

Nota: Para el control del servomotor es necesaria la ayuda del profesor/a, ya que se requiere una programación de inicialización compleja.

Entradas y salidas:

Tabla 1: Tabla de conexionado entradas PLC

Entradas		
Dirección	Nombre	Descripción
I0.0	Start	Botón
I0.1	Stop	Botón
I0.2	Auto/Manual	Conmutador
I0.4	a0	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en las posiciones pares del almacén.
I0.5	a1	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en las posiciones impares del almacén.
I0.6	b0	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en su punto más alto
I0.7	b1	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en su punto más bajo
I1.0	V	Indica cuando se encuentran las ventosas en funcionamiento
I1.1	Brazo ocupado	Indica cuando se encuentra el brazo en funcionamiento

Tabla 2: Tabla 1: Tabla de conexionado salidas PLC

Salidas		
Dirección	Nombre	Descripción
Q0.0	Luz alarma	Luz LED
Q0.1	A+	Se encarga de mover el brazo hacia la izquierda teniendo Q0.2 apagado
Q0.2	A-	Se encarga de mover el brazo hacia la derecha teniendo Q0.1 apagado
Q0.3	B+	Se encarga de mover el brazo hacia abajo al activarla

Q0.4	V+	Se encarga de encender las ventosas o de mantenerlas encendidas en su caso si Q0.5 apagado
Q0.5	V-	Se encarga de apagar las ventosas o de mantenerlas apagadas en su caso si Q0.4 apagado
Q0.6	IN0	Primer dígito de la dirección de bits del controlador.
Q0.7	IN1	Segundo dígito de la dirección de bits del controlador. Se encarga de, junto con los otros bits, enviar el brazo a la posición deseada
Q1.0	IN2	Tercer dígito de la dirección de bits del controlador. Se encarga de, junto con los otros bits, enviar el brazo a la posición deseada
Q1.1	Setup	Se encarga de realizar el proceso de calibración de la posición del controlador o driver. Es necesario realizar este paso antes de mover el brazo ya que necesita estar en posiciones iniciales para controlar su posición
Q8.0	Drive	Se encarga del movimiento del brazo. Es necesario apagarlo antes de realizar otro movimiento.
Q8.1	Svon	Se encarga de realizar el proceso de encendido del controlador. Es necesario realizar este paso antes que ningún otro proceso.

Tabla 3. Tabla de bits del controlador

IN0	IN1	IN2	POSICIÓN
0	0	0	SALIDA RAMPA
0	0	1	8
0	1	0	4
0	1	1	SALIDA RAMPA
1	0	0	2
1	0	1	COGIDA PIEZA
1	1	0	6
1	1	1	SALIDA RAMPA

GUIÓN DE PRÁCTICAS - Nivel: Avanzado

Estación FAS - 216. PLANTA FAS 200 SMC

El objetivo de esta práctica es automatizar la estación FAS-216 que se muestra en la figura 1 del guión, además de implementar los estados de la guía GEMMA que se consideren oportunos.

Las principales funciones de la estación en estas prácticas son las siguientes:

1. Introducir ordenadamente las piezas que lleguen en el almacén
2. Vaciar el almacén ordenadamente cambiando de modo
3. Vaciar la estación en su totalidad cuando el operario desee sin poder ser interrumpido.
4. Detener la estación cuando el operario lo solicite

La estación se compone de los siguientes elementos (ver figura 1):

- Almacén con 8 posiciones disponibles y rampas de salida
- Brazo encargado de recoger las piezas por medio de ventosas
- Botonera
- Controlador o driver
- Pantalla HMI

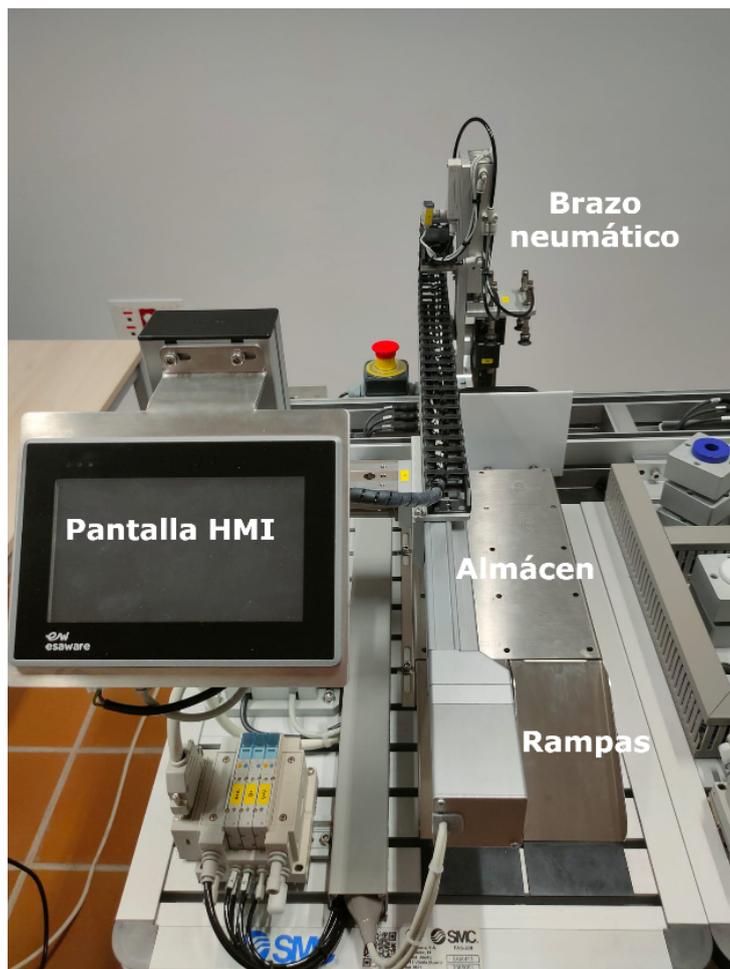


Figura 1: Estación FAS-216

Funcionamiento (F1):

En primer lugar, se debe colocar la estación en condiciones iniciales:

- Almacén vacío en su totalidad. No posee sensores de posición.
- Brazo en la parte derecha del almacén, en las posiciones pares.
- Brazo en la posición más alta.
- Ventosas apagadas.

Proceso de llenado:

1. Una vez configurado el controlador por parte del profesor/a, se puede iniciar el proceso.
2. Se selecciona en el conmutador de la botonera la posición "auto".
3. Se pulsa el botón de START siempre y cuando haya una pieza disponible en la posición de recogida. Se dirige el brazo hacia el punto de recogida de piezas. Para dirigirse a la posición tener en cuenta las combinaciones de bits expuestas en la tabla del driver (tabla 3).
4. El brazo baja por la pieza mientras se activan las ventosas (ventosas ON).
5. Cuando la pieza esté sujeta (dar margen de tiempo necesario), subir el brazo de nuevo.
6. Se dirige a la posición "1" del almacén siguiendo las instrucciones de la tabla de bits adjunta (tabla 3).
7. Se baja el brazo y, cuando alcance el final de carrera inferior, se apagan las ventosas (ventosas OFF).
8. Se vuelve a subir el brazo en la misma posición.
9. Se repite la secuencia desde el punto 3 hasta llenar el almacén (capacidad de 8 piezas).

Proceso de vaciado:

1. Se selecciona en el conmutador de la botonera la posición "manual".
2. Se pulsa el botón START siempre y cuando haya alguna pieza depositada en el almacén.
3. Mediante el contador, el brazo deberá dirigirse a la pieza que se encuentre almacenada en la posición más alta.
4. Una vez el brazo se encuentre en la posición, el brazo baja por la pieza mientras se activan las ventosas (ventosas ON).
5. Cuando la pieza esté sujeta (dar margen de tiempo necesario), subir el brazo de nuevo.
6. Se dirige a la posición de la rampa de salida derecha del almacén siguiendo las instrucciones de la tabla de bits adjunta.
7. Se baja el brazo y, cuando alcance el final de carrera inferior, se apagan las ventosas (ventosas OFF).
8. Se vuelve a subir el brazo en la misma posición.
9. Se repite la secuencia desde el punto 3 hasta vaciar el almacén.

La estación ha de ser capaz de llenarse y de vaciarse en su totalidad pudiendo cambiar de modo sin haber alcanzado el límite de piezas almacenadas o vaciadas.

A partir de aquí, el estudiante debe proponer e implementar los estados de la guía GEMMA que considere oportunos.

Nota: Para el control del servomotor es necesaria la ayuda del profesor/a, ya que se requiere una programación de inicialización compleja.

Entradas y salidas:

Tabla 1: conexionado de entradas del PLC

<i>Entradas</i>		
Dirección	Nombre	Descripción
I0.0	Start	Botón
I0.1	Stop	Botón
I0.2	Auto/Manual	Conmutador
I0.3	Reset	Botón
I0.4	a0	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en las posiciones pares del almacén.
I0.5	a1	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en las posiciones impares del almacén.
I0.6	b0	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en su punto más alto
I0.7	b1	Sensor de final de carrera que indica que el brazo se encuentra en su punto más bajo
I1.0	V	Indica cuando se encuentran las ventosas en funcionamiento
I1.1	Brazo ocupado	Indica cuando se encuentra el brazo en funcionamiento
I1.4	Em	Botón que habilita la parada de emergencia de la estación
I400.0	Sensor pieza 3	Sensor encontrado en la cinta transportadora que indica el momento en el que llega una pieza en la estación 3 (FAS-216)

Tabla 2: conexionado de salidas del PLC

Salidas		
Dirección	Nombre	Descripción
Q0.0	Luz alarma	Luz LED
Q0.1	A+	Se encarga de mover el brazo hacia la izquierda teniendo Q0.2 apagado
Q0.2	A-	Se encarga de mover el brazo hacia la derecha teniendo Q0.1 apagado
Q0.3	B+	Se encarga de mover el brazo hacia abajo al activarla
Q0.4	V+	Se encarga de encender las ventosas o de mantenerlas encendidas en su caso si Q0.5 apagado
Q0.5	V-	Se encarga de apagar las ventosas o de mantenerlas apagadas en su caso si Q0.4 apagado
Q0.6	IN0	Primer dígito de la dirección de bits del controlador.
Q0.7	IN1	Segundo dígito de la dirección de bits del controlador. Se encarga de, junto con los otros bits, enviar el brazo a la posición deseada
Q1.0	IN2	Tercer dígito de la dirección de bits del controlador. Se encarga de, junto con los otros bits, enviar el brazo a la posición deseada
Q1.1	Setup	Se encarga de realizar el proceso de calibración de la posición del controlador o driver. Es necesario realizar este paso antes de mover el brazo ya que necesita estar en posiciones iniciales para controlar su posición
Q8.0	Drive	Se encarga del movimiento del brazo. Es necesario apagarlo antes de realizar otro movimiento.
Q8.1	Svon	Se encarga de realizar el proceso de encendido del controlador. Es necesario realizar este paso antes que ningún otro proceso.

Tabla 3: Combinaciones de bits del controlador

IN0	IN1	IN2	POSICIÓN
0	0	0	<i>SALIDA RAMPA</i>
0	0	1	<i>8</i>
0	1	0	<i>4</i>
0	1	1	<i>SALIDA RAMPA</i>
1	0	0	<i>2</i>
1	0	1	<i>COGIDA PIEZA</i>
1	1	0	<i>6</i>
1	1	1	<i>SALIDA RAMPA</i>

Ampliación: Comunicaciones

Implementar una red Profinet en el proyecto y comunicar el PLC con el módulo de E/S distribuidas que está conectado al sensor de llegada de piezas a la estación (I400.0).

Documento de ayuda al profesor de prácticas

Estación FAS - 216. PLANTA FAS 200 SMC

A continuación se especifican algunos aspectos de la estación FAS-216 a tener en cuenta antes de realizar las prácticas.

➤ **Puesta en marcha de la estación:**

1. Conectarse por medio de conexión WiFi a la estación.
2. Realizar pruebas visuales para comprobar que están conectados al PLC correcto. Esto se hace a través del software de TIA-Portal.
3. Comprobar mediante los indicadores lumínicos del autómatas qué sensores se encuentran encendidos y cuáles no.
4. Comprobar junto con la lista de entradas y salidas del autómatas si deberían o no estar en ese estado los sensores o actuadores.
5. Una vez comprobado que se encuentran en un estado correcto, abrimos las válvulas de aire de toda la planta y de la estación en concreto.

También se ha de tener en cuenta el funcionamiento del driver o controlador. Se recomienda que este paso sea realizado por el profesor al menos en las prácticas con estudiantes de nivel básico ya que resulta un elemento complejo y sensible a fallos.

➤ **Puesta en marcha del driver del servomotor:**

El controlador o driver es un elemento fundamental dentro de la estación. El profesor debe:

1. Reiniciar la estación y conectarse por si el driver tenía algún tipo de error anterior.
2. Pulsar el botón "START".
3. Encender el SVON y un temporizador de 1 segundo.
4. Una vez el temporizador acabe de contar, encender el SETUP además de otro temporizador de 16 segundos (estimación duración máxima SETUP).
5. Una vez el temporizador cumpla con el tiempo estipulado, encender el drive junto con una combinación de bits de IN0, IN1 e IN2. Además encender otro temporizador de unos 4 segundos.
6. Tener en cuenta que una vez se use DRIVE, hay que apagarlo antes de volver a usarlo de nuevo para realizar cualquier otro movimiento. En caso contrario, el driver detectará un error y se parará.
7. Para apagar el drive, se recomienda hacerlo una vez acabe el movimiento y haciendo uso de temporizadores ya que el brazo carece de finales de carrera o sensores de posición.
8. En caso de que el Driver detecte un error y se ponga en estado de alarma, no habrá otra opción que apagar y encender la planta para poder reiniciar el Driver.

En caso de que se detecte una alarma en el controlador y no se pueda programar algún ciclo:

➤ **En caso de problemas con el driver:**

El usuario debe:

1. Descargar el software LEC SMC-Driver, disponible en la página web del fabricante.
2. Una vez en el programa, testear las posibilidades de este y probar los distintos modos que tiene.
3. Una vez familiarizados con el programa, conectar el Driver con el ordenador a través del cable adaptador USB-Ethernet suministrado junto con la planta por el fabricante SMC.
4. Una vez conectados correctamente, comprobar el funcionamiento del Driver y las posiciones que ya vienen programadas en este. Es decir, cada posición tendrá una posición asignada, que viene representada a través de unos valores numéricos. NO CAMBIAR estos valores ya que se desconfigurarían las posiciones que vienen programadas.
5. Una vez comprobadas las posiciones, se puede variar la velocidad del brazo. Recomendamos no variar el valor de la velocidad ya que la hemos configurado de forma óptima y lo más rápido posible.
6. Por último, el software tiene la posibilidad de ver qué error está sufriendo el Driver en ese momento. El programa da un error con un determinado código, en el que después se puede comprobar en un listado adjunto en la página web del fabricante sobre cuál es exactamente el error que ha detectado el controlador.



ANEXO IV:
HERRAMIENTAS
SOFTWARE
EMPLEADAS



Los siguientes programas fueron utilizados a lo largo de la investigación y programación del TFG. Las licencias comerciales son necesarias para su uso.

TIA Portal v16 (TIA Portal): Software de la empresa Siemens para la programación de sus autómatas.

LEC (SMC) Driver for Windows10 (ACT Controller): Software de control del motor paso a paso.