



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE CIROS

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR

Alejandro Huesca Vidal

TUTORIZADO POR

D. Raúl Simarro Fernández

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Raúl Simarro Fernández, por su guía constante y ayuda incondicional.

A mi familia por apoyarme en los momentos difíciles.

A mis amigos por animarme y ayudarme en todo momento.

A mi pareja por admirarme y aportarme motivación cuando más la necesito.

RESUMEN

Los objetivos del proyecto son el diseño de la automatización de un sistema de almacenamiento, su implementación sobre un autómeta M241 de Schneider Electric y la realización de un HMI, alojado en el servidor web que trae embebido el propio PLC, que pueda monitorizar toda la información del proceso y permita al cliente modificar los parámetros del mismo. Para probar el funcionamiento del automatismo se ha hecho uso de una virtualización del proceso mediante el software CIROS de Festo, que permite la validación de la implementación del programa sobre el PLC real.

Se ha trabajado tanto con el sistema de almacenamiento con estanterías altas mencionado previamente como con un sistema más sencillo de distribución de piezas a modo de ejemplo explicativo.

Las tareas realizadas en el proyecto son:

- Diseño de la automatización de los procesos involucrados.
- Implementación del programa en el autómeta.
- Configuración del proceso virtual realizado con el software de simulación CIROS, que permitirá evaluar el funcionamiento de la automatización del sistema con el PLC real mediante comunicación por red.
- Realización de un servidor OPC que permitirá las comunicaciones entre el PLC real y el proceso virtual
- Realización de una aplicación HMI con la visualización del PLC, distribuido por el servidor web, para monitorizar y controlar el proceso.
- Evaluación del automatismo sobre el software de simulación CIROS.

Palabras clave: Automatización; PLC; Servidor web; Simulación; CIROS

ABSTRACT

The objectives of the project are the design of the automation of a storage system, its implementation on a Schneider Electric M241 PLC and the creation of an HMI, hosted on the web server embedded in the PLC itself, which can monitor all the process information and allow the customer to modify its parameters. To test the operation of the automation system, the process was virtualised using Festo's CIROS software, which allows the implementation of the programme to be validated on the real PLC.

Work has been carried out both with the previously mentioned high-bay storage system and with a simpler parts distribution system as an explanatory example.

The tasks carried out in the project are:

- Design of the automation of the processes involved.
- Implementation of the programme in the automation.
- Configuration of the virtual process carried out with the CIROS simulation software, which will allow to evaluate the operation of the automation of the system with the real PLC by means of network communication.
- Creation of an OPC server that will allow communication between the real PLC and the virtual process.
- Creation of an HMI application with the PLC visualisation, distributed by the web server, to monitor and control the process.
- Evaluation of the automation on the CIROS simulation software.

Keywords: Automation; PLC; Web server; Simulation; CIROS.

RESUM

Els objectius del projecte són el disseny de l'automatització d'un sistema d'emmagatzematge, la seua implementació sobre un autòmat M241 de Schneider Electric i la realització d'un HMI, allotjat en el servidor web que porta embegut el propi PLC, que puga monitoritzar tota la informació del procés i permeta al client modificar els paràmetres d'aquest. Per a provar el funcionament de l'automatisme s'ha fet ús d'una virtualització del procés mitjançant el programa CIROS de Festo, que permet la validació de la implementació del programa sobre el PLC real.

S'ha treballat tant amb el sistema d'emmagatzematge amb prestatgeries altes esmentat prèviament com amb un sistema més senzill de distribució de peces a tall d'exemple explicatiu.

Les tasques realitzades en el projecte són:

- Disseny de l'automatització dels processos involucrats.
- Implementació del programa en l'autòmat.
- Configuració del procés virtual realitzat amb el programari de simulació CIROS, que permetrà avaluar el funcionament de l'automatització del sistema amb el PLC real mitjançant comunicació per xarxa.
- Realització d'un servidor OPC que permetrà les comunicacions entre el PLC real i el procés virtual
- Realització d'una aplicació HMI amb la visualització del PLC, distribuït pel servidor web, per a monitorar i controlar el procés.
- Avaluació de l'automatisme sobre el programari de simulació CIROS.

Paraules clau: Automatització; PLC; Servidor web; Simulació; CIROS

Índice de Contenidos

1.	MEMORIA	1
1.1.	Introducción	1
1.1.1.	Objetivos	1
1.1.2.	Justificación del proyecto.....	1
1.1.3.	Normativa.....	2
1.2.	Estudio de alternativas	3
1.2.1.	Tipo de PLC	3
1.2.2.	Tipo de Lenguaje de Programación.....	3
1.3.	Descripción solución adoptada.....	5
1.3.1.	Estación de Distribución	11
1.3.2.	Estación de Almacenamiento	20
1.4.	Conclusiones	34
1.5.	Bibliografía	35
2.	PLANOS	36
3.	PLIEGO DE CONDICIONES	37
3.1.	Objeto.....	37
3.2.	Condiciones generales.....	37
3.2.1.	Ordenador personal	37
3.2.1.1.	Hardware	37
3.2.1.2.	Software	37
3.2.2.	Autómata programable.....	38
3.2.3.	Dispositivo conexión HMI.....	38
3.3.	Condiciones de entrega	38
3.4.	Condiciones de mantenimiento	38
4.	PRESUPUESTO	40
4.1.	Objeto.....	40
4.2.	Cuadro de Precios Elementales	40
4.2.1.	Mano de obra.....	40
4.2.2.	Maquinaria y materiales	40
4.3.	Cuadro de Precios Unitarios.....	41
4.4.	Cuadro de Precios Descompuestos.....	42
4.5.	Presupuesto de Ejecución por Contrata.....	43
5.	ANEXOS.....	44
5.1.	Anexo I: Matriz de posiciones	44
5.1.1.	Objeto.....	44
5.1.2.	Matriz de posiciones.....	44
5.2.	Anexo II: Tablas entradas y salidas.....	45
5.2.1.	Objeto.....	45

5.2.2. Estación de Distribución	45
5.2.3. Estación de Estanterías Altas	46
5.3. Anexo III: Manual de Usuario	49
5.3.1. Objeto.....	49
5.3.2. Configuración SoMachine.....	49
5.3.3. Configuración CIROS	52
5.3.4. Configuración Kepware	55
5.3.5. Uso HMI a través del Servidor Web	56
5.4. Anexo IV: Hoja de datos de PLC M241 Schneider	57

Índice de Figuras

Ilustración 1. PLC M241 de Schneider Electric	5
Ilustración 2. Ayuda y entorno de trabajo de CIROS.....	6
Ilustración 3. Servidor OPC Kepware	7
Ilustración 4. Esquema elementos y conexiones	7
Ilustración 5. Configuración conexión SoMachine.....	8
Ilustración 6. Configuración Visualización Web SoMachine.....	9
Ilustración 7. Entorno de diseño de HMI en SoMachine	9
Ilustración 8. Cuadro de propiedades de elementos del HMI.....	10
Ilustración 9. Global Image Pool	10
Ilustración 10. Estación de Distribución CIROS	11
Ilustración 11. Servidor OPC Kepware Estación de Distribución.....	12
Ilustración 12. Cambio PLC proceso a OPC	13
Ilustración 13. Selección Kepware como servidor OPC.....	13
Ilustración 14. Asignación de entradas y salidas de la Estación de Distribución en CIROS	14
Ilustración 15. Selección PLC M241 con dirección IP en SoMachine	14
Ilustración 16. Configuración conexión Ethernet en SoMachine	15
Ilustración 17. GVL de la Estación de Distribución	15
Ilustración 18. Programa SFC de la Estación de Distribución.....	16
Ilustración 19. Programa LD de la Estación de Distribución (1)	17
Ilustración 20. Programa LD de la Estación de Distribución (2)	17
Ilustración 21. HMI de la Estación de Distribución.....	18
Ilustración 22. Estación de Estanterías Altas CIROS.....	20
Ilustración 23. Servidor OPC Kepware Estación de Estanterías Altas.....	23
Ilustración 24. Asignación E/S de la Estación de Estanterías Altas en CIROS	23
Ilustración 25. GVL de la Estación de Estanterías Altas	24
Ilustración 26. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (Calibración).....	25
Ilustración 27. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (1).....	25
Ilustración 28. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (2).....	26
Ilustración 29. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Movimiento 1).....	26
Ilustración 30. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Movimiento 2).....	27
Ilustración 31. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Marcha Lenta Eje X)	27
Ilustración 32. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Marcha Lenta Eje Z).....	28
Ilustración 33. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Apertura Pinza).....	29
Ilustración 34. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Extensión Pinza)	29
Ilustración 35. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (1)	30
Ilustración 36. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (2)	30
Ilustración 37. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (3)	31
Ilustración 38. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Contador).....	31

Ilustración 39. HMI de la Estación de Estanterías Altas.....	32
Ilustración 40. Global Image Pool de la Estación de Estanterías Altas	33
Ilustración 41. Comprobación conexión Ethernet LEDs PLC M241.....	49
Ilustración 42. Logic Builder SoMachine	49
Ilustración 43. Navegador 'Dispositivos' (Controlador)	50
Ilustración 44. Navegador 'Dispositivos' (Ethernet).....	50
Ilustración 45. Configuración Conexión Ethernet	50
Ilustración 46. Selección PLC TM241CE40R	51
Ilustración 47. Dirección IP PLC M241	51
Ilustración 48. Iniciar comunicación	51
Ilustración 49. Mensaje confirmación descarga datos PLC.....	51
Ilustración 50. Apertura Estaciones en Ayuda de CIROS.....	52
Ilustración 51. Cambio PLC a OPC	52
Ilustración 52. Selección Kepware como OPC	53
Ilustración 53. Asignación entradas y salidas	53
Ilustración 54. Menú inicio Simulación.....	54
Ilustración 55. Ajuste dirección IP	55
Ilustración 56. Quick Client OPC	55
Ilustración 57. Ejemplo de HMI en Navegador Web	56

Índice de Tablas

Tabla 1. Solución adoptada.....	5
Tabla 2. Distribución horas del proyecto	40
Tabla 3. Especificación Mano de Obra.....	40
Tabla 4. Especificaciones de material y maquinaria	41
Tabla 5. Coste distintas Uds de Obra	41
Tabla 6. Precios descompuestos Ud. de Obra 01.....	42
Tabla 7. Precios descompuestos Ud de Obra 02	42
Tabla 8. Precios descompuestos Ud de Obra 03	42
Tabla 9. Precios descompuestos Ud. de Obra 04.....	43
Tabla 10. Precios descompuestos Ud de Obra 05.....	43
Tabla 11. Presupuesto de Ejecución por Contrata	43
Tabla 12. Matriz de posiciones Estación de Almacenamiento	44
Tabla 13. Variables E/S de la Estación de Distribución	46
Tabla 14. Variables E/S de la Estación de Almacenamiento.....	48



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE
SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y
SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE
CIROS**

MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. Introducción

1.1.1. Objetivos

El objetivo del proyecto es la automatización de un sistema simulado de almacenamiento propio de una industria consistente en varias estanterías altas apiladas una sobre otra. Para ello se llevará a cabo el diseño de dicha automatización en el software SoMachine que permitirá la implementación de este en el autómeta con el que se trabajará a lo largo del proyecto, el M241 de Schneider Electric. Se pretende controlar y monitorizar este sistema mediante un HMI (Human-Machine Interface), el cual también será diseñado a lo largo del proyecto y que se encontrará alojado en el servidor web que trae embebido el propio PLC.

El software CIROS de Festo permitirá la validación de la implementación del programa diseñado sobre el PLC real. Este software presenta una virtualización del sistema de almacenamiento objeto de estudio del proyecto y permite la comunicación por red con el PLC a través de un servidor OPC.

Además, con intención de poder explicar el funcionamiento y las comunicaciones del proyecto de manera más clara y sencilla, se trabajará con otra estación de menor complejidad que también presenta una virtualización en el software CIROS: la estación de distribución.

1.1.2. Justificación del proyecto

Es evidente que hoy en día la automatización está presente en todos los ámbitos de nuestras vidas (domótica del hogar, industrias automatizadas...) y queda reflejado en el nivel de inversión a nivel mundial tanto en investigación como desarrollo de este tipo de sistemas que el avance no va a cesar. Cada vez encontraremos más y mejores sistemas automatizados, puesto que aportan ventajas y características que mejoran las condiciones laborales y reducen el factor de riesgo, permitiendo delegar operaciones que podrían ser de riesgo para los operarios en autómetas. Además, también hemos de tener en cuenta el factor económico, ya que juega un papel importante a favor de los sistemas automatizados.

Todo ello queda reflejado en la existencia de la ya denominada Cuarta Revolución Industrial [1].

Además, a nivel personal, el ámbito de la automatización y optimización de procesos es una de las ramas de mi titulación que más ha despertado mi interés a lo largo de la carrera y que más interesante me ha parecido. El entorno de programación sobre el que se ha desarrollado el proyecto es común a múltiples herramientas usadas en la actualidad en la industria, por lo que aprender a manejarla y descubrir gran parte de sus funciones es de lo más interesante.

1.1.3. Normativa

Para llevar a cabo este proyecto de diseño y automatización, se debe tener en cuenta la normativa vigente en España respecto a este ámbito:

- **UNE-EN IEC 61131 [2]:** Estándar Internacional para controladores lógicos programables (PLC).
- **UNE-EN 60848:** Lenguaje de especificación GRAFCET [3] para diagramas funcionales secuenciales.
- **UNE-EN 61508:** Seguridad funcional de los sistemas eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relacionados con la seguridad.
- **UNE-EN 60870-5-101:** Norma para la monitorización de sistemas de energía, control y las comunicaciones asociadas a los mismos.
- **UNE-EN ISO 13850:** Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño.
- **UNE-EN 62439:** Redes de comunicación industrial. Redes de automatización de alta disponibilidad.

1.2. Estudio de alternativas

Es necesario en este tipo de proyectos realizar un estudio exhaustivo de las diferentes posibilidades o alternativas de desarrollo, tratando así de buscar la mejor solución en cuanto a eficiencia, tanto económica como técnica.

1.2.1. Tipo de PLC

Un PLC (Programmable Logic Controller) o autómatas programables, es una computadora utilizada en la mayoría de las industrias para automatizar procesos de producción.

Ofrece una gran cantidad de ventajas que lo convierte en la principal opción a la hora de automatizar y controlar un proceso industrial. Entre estas ventajas se encuentra la posibilidad de reducir los tiempos de desarrollo de proyectos considerablemente, la capacidad de realizar modificaciones sin costos adicionales, su reducido tamaño, mantenimiento de bajo costo, la capacidad de soportar vibraciones mecánicas, la posibilidad de control simultáneo de dos máquinas diferentes con el mismo equipo...

Por otro lado, también presenta ciertas desventajas que es necesario tener en cuenta, como son su elevado coste de adquisición, instalación y manipulación y la necesidad de disponer de técnicos altamente cualificados para su instalación y mantenimiento.

Existen dos posibles alternativas en cuanto al tipo de autómatas programables con el que trabajar:

- PLC real conectado vía Ethernet TCP/IP [4] al ordenador en el que se realiza el diseño del sistema automatizado y a través del Servidor OPC al proceso simulado en el software CIROS.
- PLC virtual simulado.

1.2.2. Tipo de Lenguaje de Programación

Existen gran cantidad de lenguajes de programación destinados al desarrollo de sistemas de automatización de diferentes procesos industriales. Estos lenguajes, que se encuentran definidos en la norma estándar industrial internacional IEC 61131-3, se dividen en dos tipos y son los siguientes:

- Lenguajes de texto:
 - o IL (Lista de Instrucciones): lenguaje a bajo nivel similar al lenguaje ensamblador.
 - o ST (Texto Estructurado): lenguaje de alto nivel similar a la programación en PASCAL o C.
- Lenguajes Gráficos:
 - o LD (Diagrama Ladder): permite combinar contactos de relé y bobinas. Es el lenguaje de PLC por excelencia.
 - o FBD (Diagrama de Bloques de Función): permite programar rápidamente,

tanto expresiones como lógica booleana.

- CFC (Continuous Function Chart): es el único que realmente no se encuentra definido en la norma IEC al tratarse de un editor orientado a FBD en el que las conexiones se fijan automáticamente.
- SFC (Bloques de Función Secuenciales): lenguaje más apropiado para la programación secuencial de procesos (similar a programar con metodología Grafcet).

1.3. Descripción solución adoptada

Tras realizar el análisis de las diferentes alternativas en cuanto al tipo de PLC que usar y los lenguajes de programación en los que desarrollar el sistema, se optará finalmente por utilizar un PLC físico real y combinar los lenguajes SFC, LD y ST para desarrollar el programa.

SOLUCIÓN ADOPTADA	
Tipo de PLC	PLC real
Lenguaje de Programación	ST (Texto Estructurado)
	LD (Diagrama Ladder)
	SFC (Bloques de Función Secuenciales)

Tabla 1. Solución adoptada

Se utilizará un PLC real debido a que resulta más interesante a nivel práctico realizar la implementación de los programas sobre uno físico, puesto que será posible comprobar *in situ* si el funcionamiento del sistema desarrollado es correcto. La posibilidad de realizarlo a través de un PLC simulado presenta también varias ventajas, sobre todo a nivel de accesibilidad, puesto que no sería necesario desplazarse al lugar en el que se encuentra instalado, se podría trabajar con él desde cualquier sitio, pero no deja de ser una simulación. Es lógico que siempre será más fiable verificar el correcto funcionamiento de un programa sobre el autómatas real que sobre uno virtual. Concretamente, el PLC seleccionado será el M241 de Schneider Electric con dirección IP “172.16.191.110”. Consultar *Anexo I: Hoja de datos de PLC M241 Schneider* para más información acerca del autómatas.

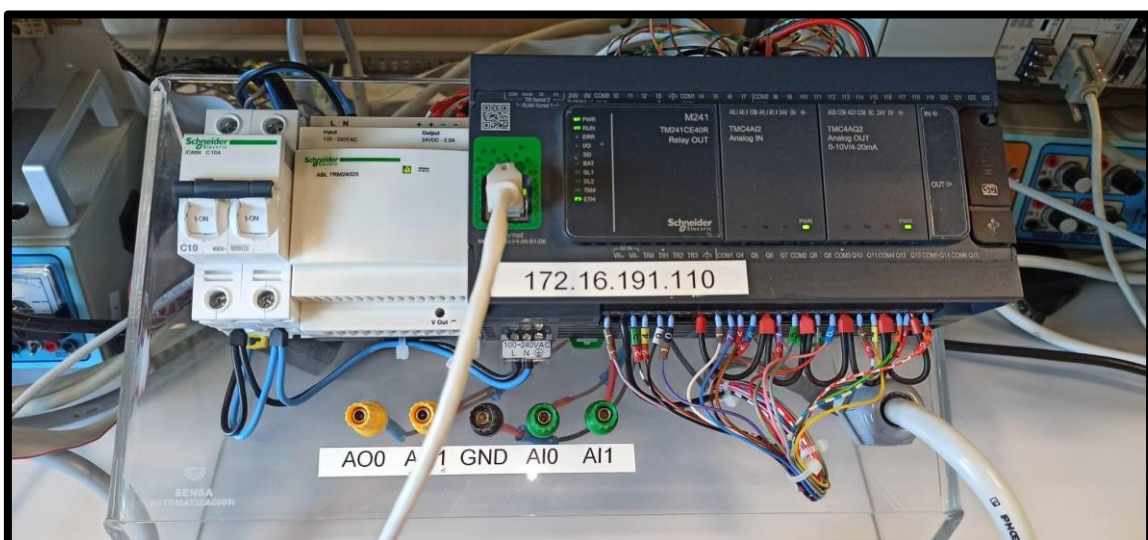


Ilustración 1. PLC M241 de Schneider Electric

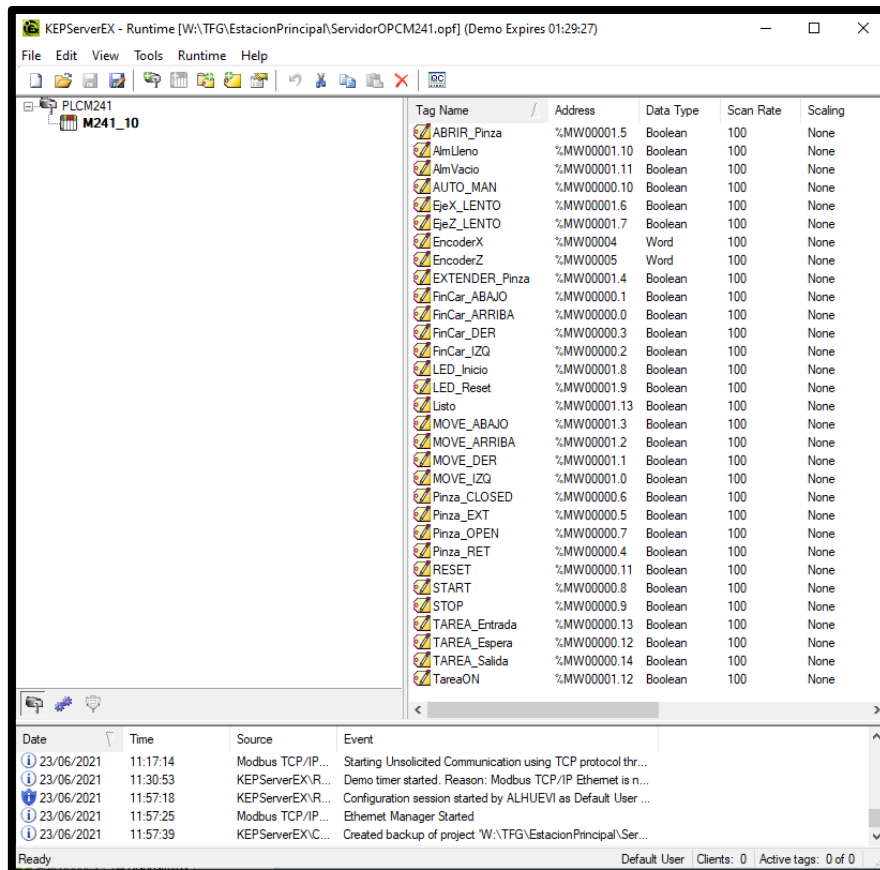


Ilustración 3. Servidor OPC Kepware

La comunicación entre el Servidor OPC y el autómatas M241 es la conocida como Modbus TCP [8], la cual presenta la arquitectura *cliente/servidor*. Esta arquitectura consiste en un dispositivo, el *cliente*, que se encarga de solicitar la información a otros dispositivos, los *servidores*, encargados de suministrarle dicha información. Por lo tanto, un *servidor* no puede ofrecer información, debe esperar a que un *cliente* se la solicite, escribiendo y leyendo datos en los registros de este.

En este caso, el *cliente* será el Servidor OPC puesto que será el que decida cuándo leer y escribir de la conexión Modbus, que actuará como *servidor*, siendo el software CIROS el cliente OPC.

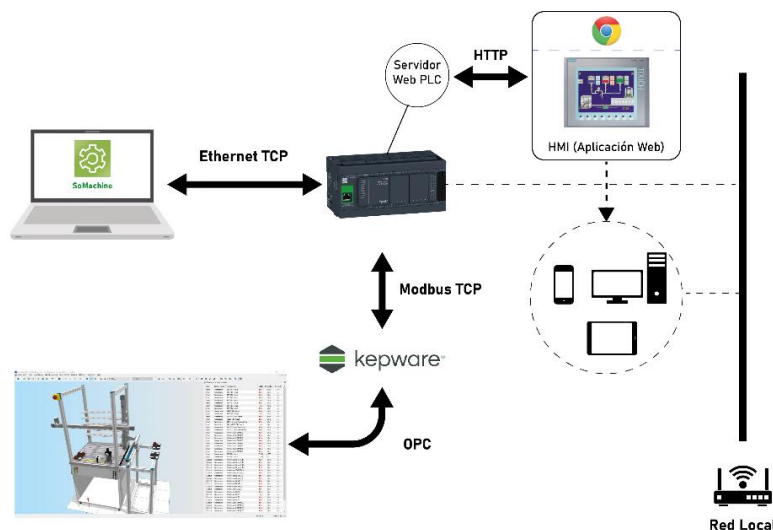


Ilustración 4. Esquema elementos y conexiones

Como ha sido explicado anteriormente, el desarrollo de los programas correspondientes a cada estación se llevará a cabo en el software propio del fabricante del autómeta, el SoMachine de Schneider Electric [9]. Para conseguir vincular el software con el autómeta correspondiente, simplemente se deberá de “apuntar” hacia este desde los ajustes de dispositivo del programa, es decir, seleccionar la conexión Ethernet como vía de comunicación y la dirección IP del autómeta como objetivo. Este software presenta la ventaja de poseer un entorno de trabajo muy práctico e intuitivo, muy similar al de otro software de función similar y amplio uso a nivel industrial, Codesys [10]. Permite trabajar con todos los tipos de lenguaje de programación acordes a la norma IEC 61131-3 mediante la creación los llamados POU (Program Organization Unit) [11], que básicamente son “trozos” de código, cada uno de ellos en el lenguaje seleccionado, y que se introducen en las denominadas Tareas cíclicas, puesto que estas son las que se descargarán al autómeta, de modo que este ejecutará los programas incluidos en esta tarea.

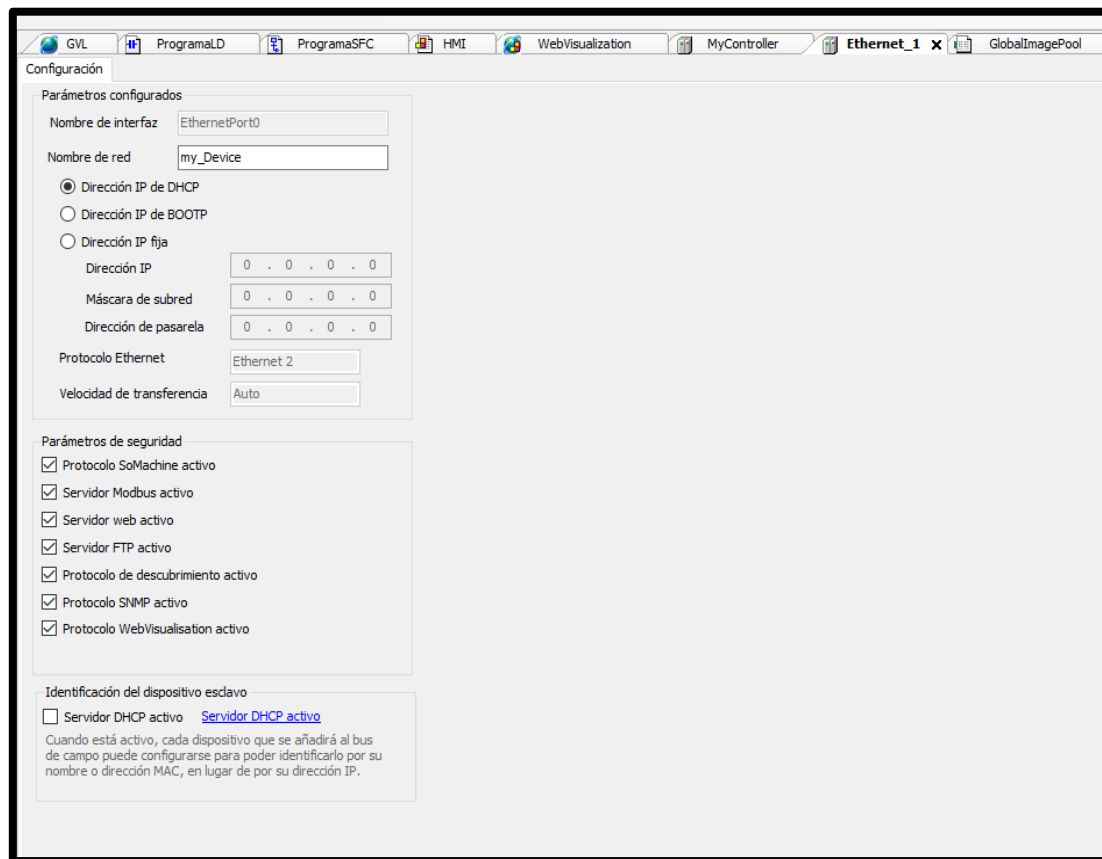


Ilustración 5. Configuración conexión SoMachine

Las aplicaciones HMI [12] de cada estación se diseñarán en este mismo software como objetos “Visualización”. La configuración necesaria para que el funcionamiento y la visualización del HMI sean correctos consiste en asociar una visualización web al objeto HMI de manera que pueda ser alojada en el servidor y se pueda acceder a ella a través de un navegador web, mediante una conexión http [13] a la IP [14] del PLC siempre y cuando el dispositivo desde el que se pretende acceder se encuentra en la misma red local que el autómeta.

Se deberá fijar un tamaño de la visualización con el objetivo de evitar distorsiones y deformaciones de la aplicación al representarla en el navegador web.

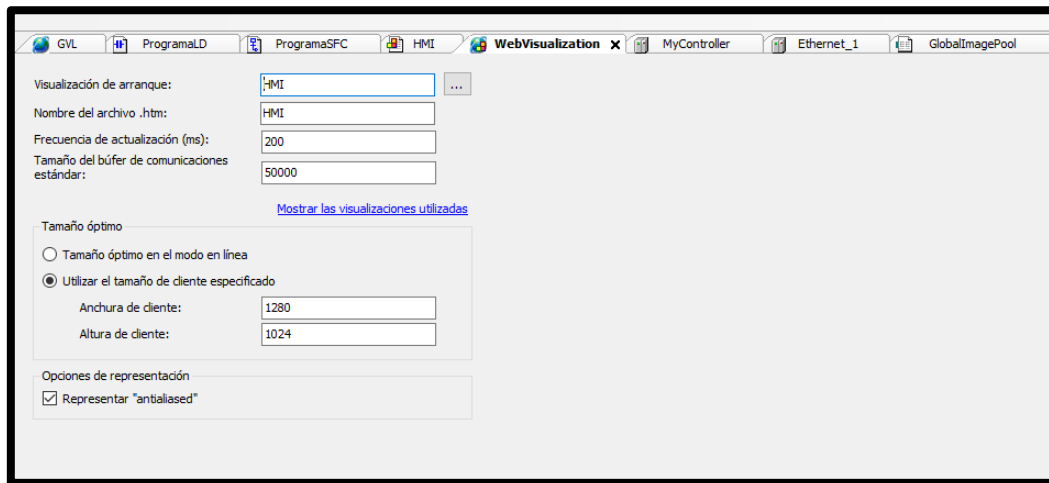


Ilustración 6. Configuración Visualización Web SoMachine

El entorno de diseño de las llamadas Visualizaciones consiste en un panel principal en blanco al que se le incorporarán los elementos deseados, ya sean pulsadores de presión, interruptores, texto, imágenes, lámparas... Todos los elementos podrán ver sus propiedades modificadas, tanto de apariencia como de estado. Se podrá condicionar tanto la visibilidad de un elemento como aplicarle un cambio de color o aplicarle un cierto movimiento de acuerdo al estado de una de las variables locales del programa.

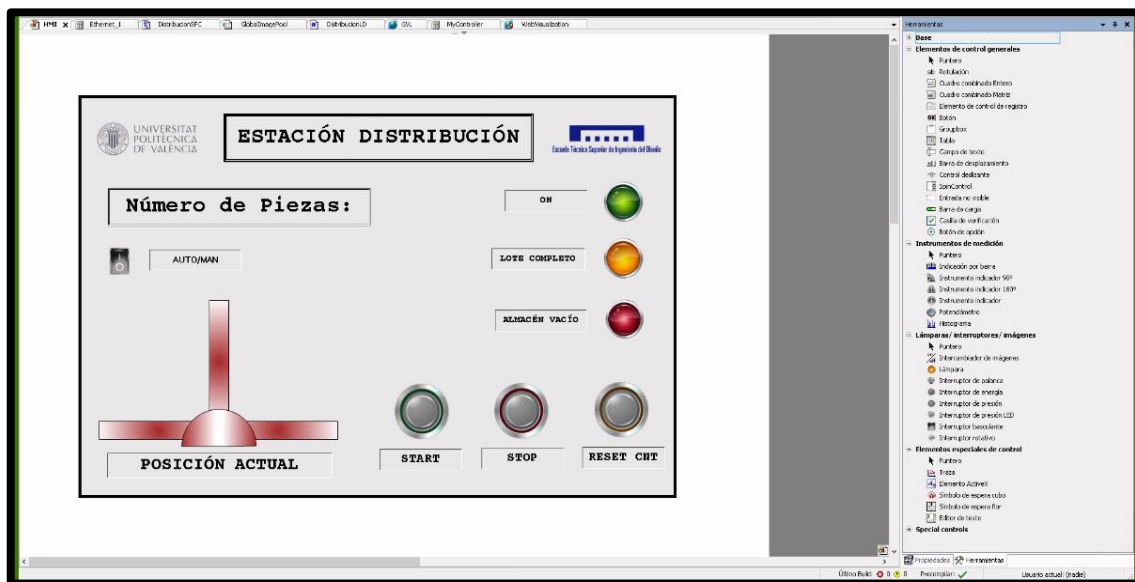


Ilustración 7. Entorno de diseño de HMI en SoMachine

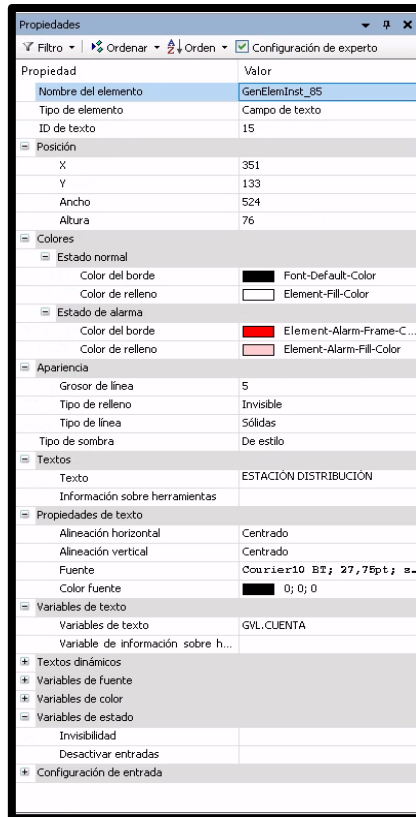


Ilustración 8. Cuadro de propiedades de elementos del HMI

Las imágenes que se deseen incorporar a la aplicación HMI se deberán incrustar en el proyecto desde el archivo .jpg o .png, de manera que el programa no deberá buscar el archivo en el ordenador cada vez que se ejecute, sino que ya estará introducido en el Global Image Pool [15], que consiste en una especie de grupo o banco de imágenes asociados al programa en cuestión.

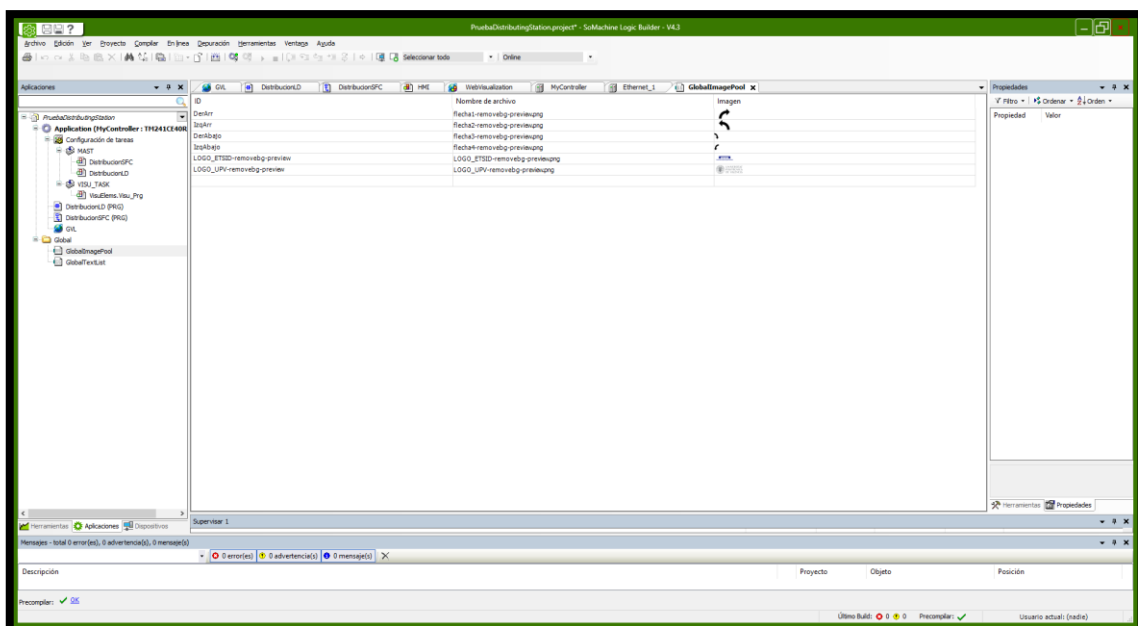


Ilustración 9. Global Image Pool

1.3.1. Estación de Distribución

Una vez explicadas las herramientas de desarrollo y simulación, se estudiarán las dos estaciones diferentes.

La estación de estudio principal es la Estación de Almacenamiento de Estanterías Altas, pero con el objetivo de poder explicar el funcionamiento en sintonía de todas las herramientas de manera más clara y simple se hará uso de una estación más sencilla a modo de ejemplo, la Estación de Distribución.

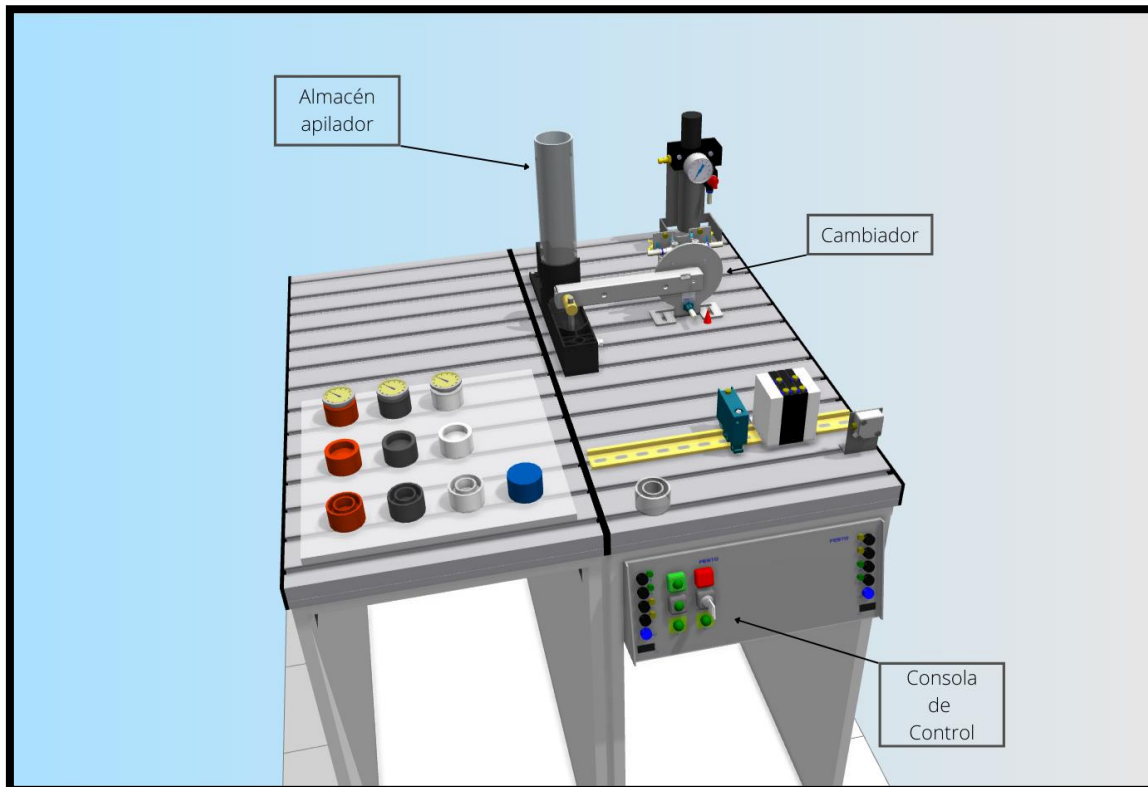


Ilustración 10. Estación de Distribución CIROS

La función de esta estación es separar las piezas provenientes de un almacén apilador y cambiarlas de posición mediante una unidad giratoria o cambiador con generador de vacío. Esta estación forma parte, junto con otras estaciones diferentes, de la MPS (Sistema de Producción Modular) [16] de Festo.

Los componentes o módulos de esta estación son:

- Almacén apilador: separa las piezas a manipular provenientes de un almacén. Pueden apilarse hasta un máximo de ocho piezas en el tubo del cargador en cualquier orden y deben colocarse con la parte abierta hacia arriba. Un cilindro de doble efecto empuja la pieza a manipular inferior hacia el exterior del cargador por gravedad hasta alcanzar el tope mecánico.
- Cambiador: es un manipulador neumático que recoge las piezas a manipular con un generador de vacío y las cambia de posición mediante una unidad giratoria cuyo movimiento comprende de 0° a 180° .
- Consola de control: incorpora los diferentes indicadores luminosos, pulsadores y llave de cambio de modo Manual y Automático.

Un ejemplo de la secuencia de funcionamiento de esta estación sería la siguiente:

Condición previa para el inicio

- El almacén está lleno de piezas a manipular.

Posición inicial

- Cilindro de empuje extendido.
- Actuador giratorio en posición "Almacén".
- Vacío desconectado.

Secuencia

1. Si se detectan piezas a manipular en el almacén, y el pulsador de inicio está accionado, la unidad giratoria cambia a la posición "Estación siguiente".
2. El cilindro de empuje retrocede y empuja la pieza a manipular hacia el exterior del almacén.
3. La unidad giratoria cambia a la posición "Almacén".
4. El vacío se conecta. Si la pieza a manipular se succiona correctamente, se conmuta un vacuostato.
5. El cilindro de empuje se extiende y libera la pieza a manipular.
6. La unidad giratoria cambia a la posición "Estación siguiente".
7. El vacío se desconecta.
8. La unidad giratoria cambia a la posición "Almacén".

Para llevar a cabo la comunicación del autómatas con el proceso, se crearán en el servidor OPC de Kepware las entradas y salidas del proceso y se asociarán a las diferentes direcciones de memoria del PLC.

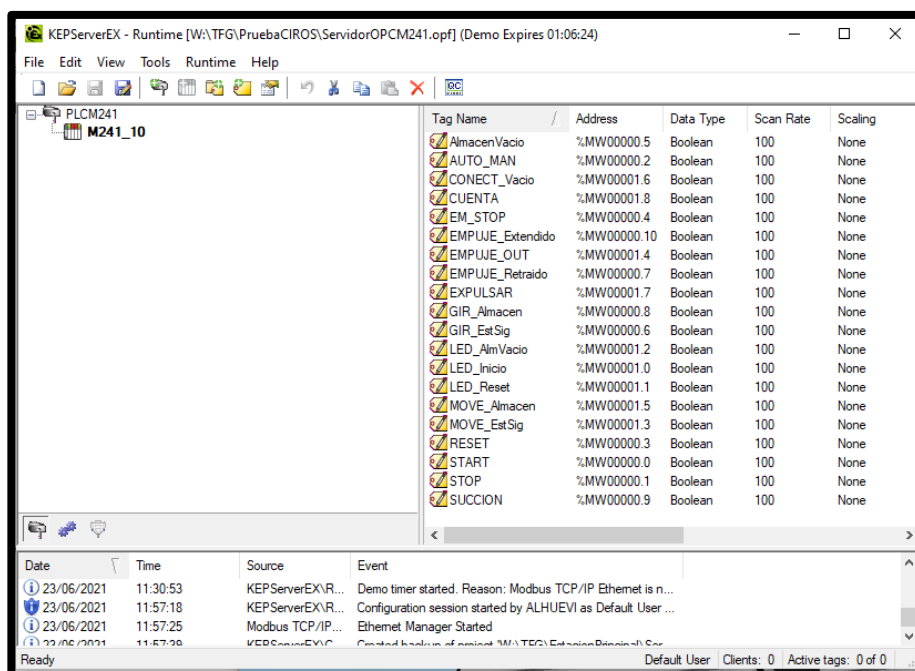


Ilustración 11. Servidor OPC Kepware Estación de Distribución

Una vez creadas dichas entradas y salidas en el servidor OPC, se vinculará el software CIROS a él, es decir, se deberá seleccionar como PLC del proceso y llevar a cabo la asignación de variables, de modo que cuando el PLC escriba o lea en las diferentes direcciones de memoria, lo estará haciendo de acuerdo con el proceso simulado.

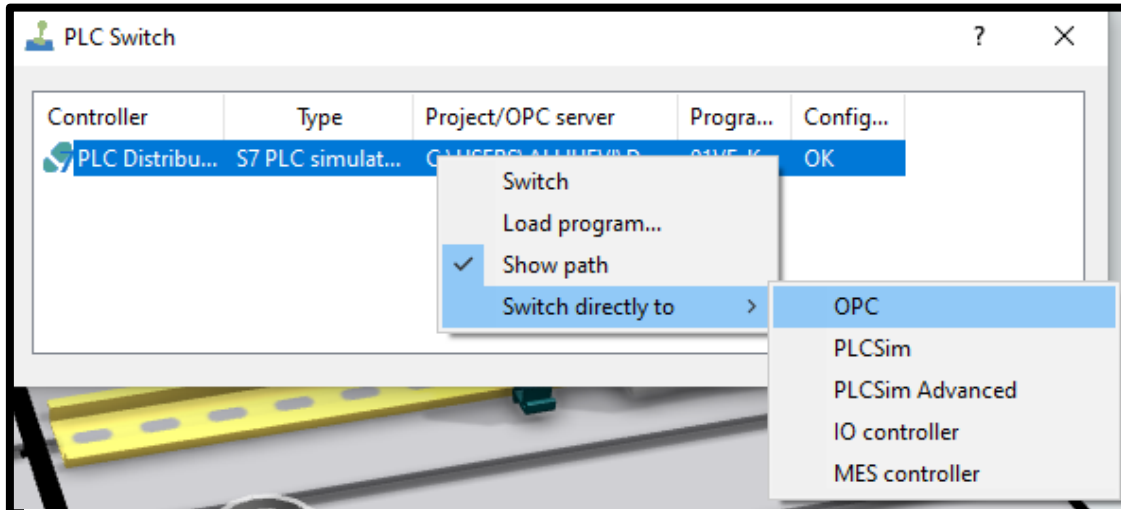


Ilustración 12. Cambio PLC proceso a OPC

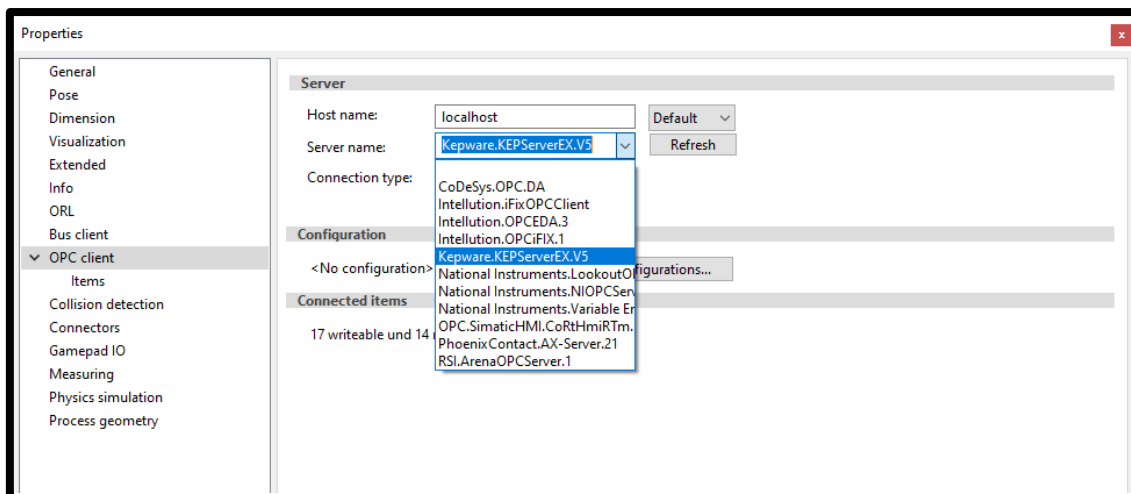


Ilustración 13. Selección Kephware como servidor OPC

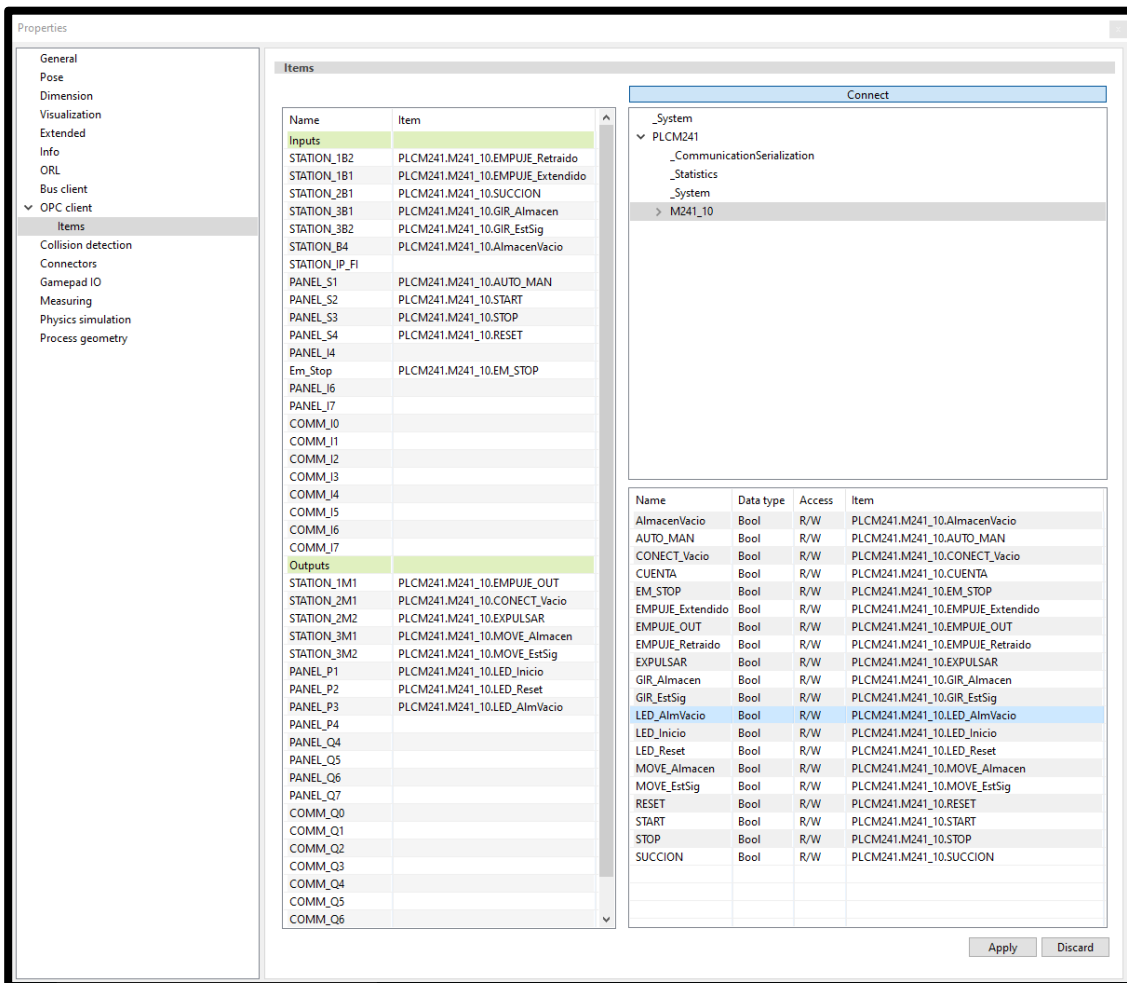


Ilustración 14. Asignación de entradas y salidas de la Estación de Distribución en CIROS

Una vez realizada la asignación de variables y los ajustes pertinentes en el software y antes de desarrollar los programas de control a implementar, se deberá de sincronizar el software SoMachine con el autómatas de trabajo PLC M241. Se deberán de configurar las diferentes conexiones como Ethernet (puesto que el autómatas se conectará al software de desarrollo vía Ethernet TCP) e introducir la dirección IP de este.

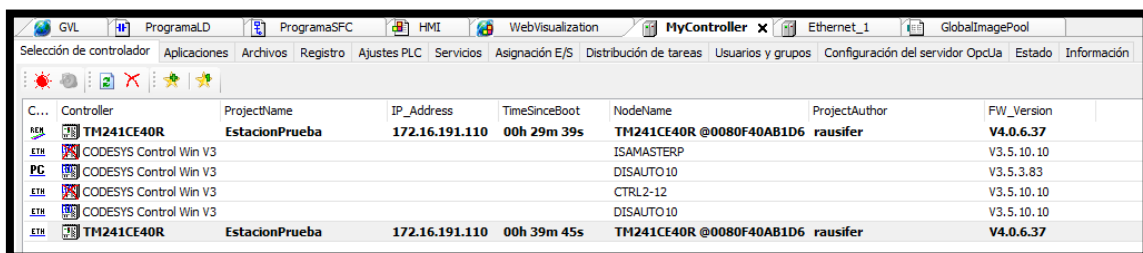


Ilustración 15. Selección PLC M241 con dirección IP en SoMachine

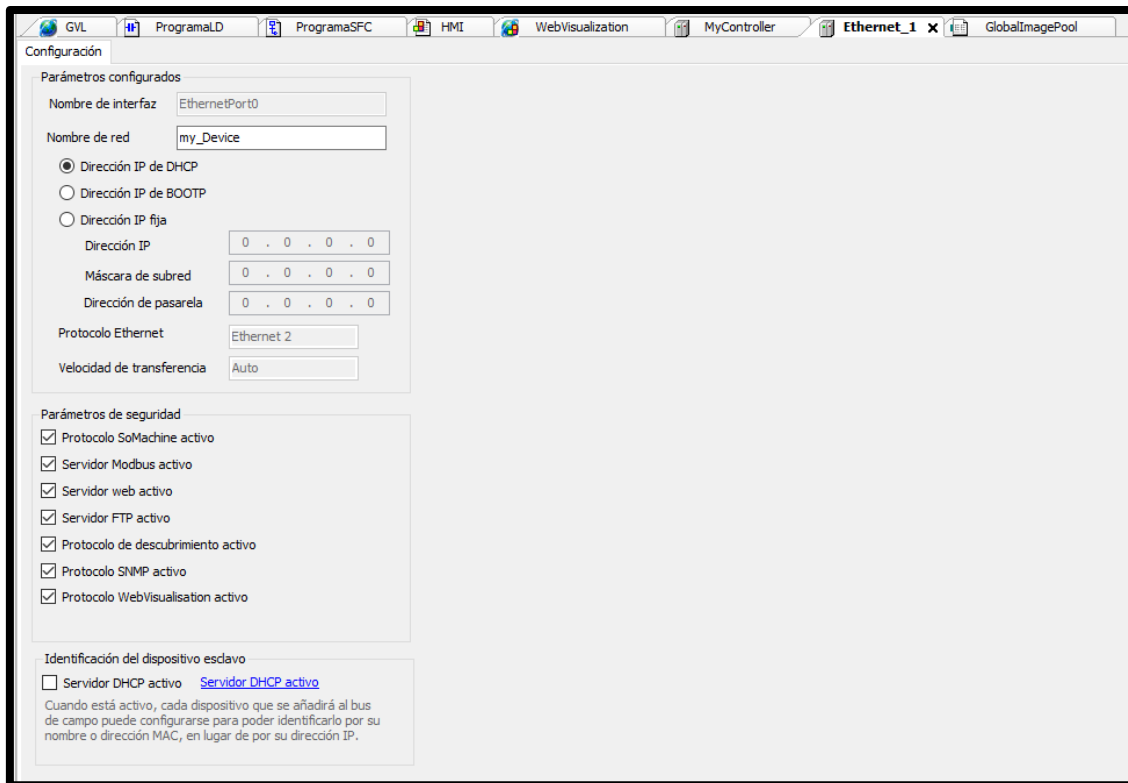


Ilustración 16. Configuración conexión Ethernet en SoMachine

Será necesario crear en cada programa las variables de entrada y salida que se correspondan con las del servidor OPC. De hecho, al estar asociadas a las direcciones de memoria del autómatas, podrán tener nombres diferentes a las del servidor OPC de Kepware, pero mientras apunten a la misma dirección, el funcionamiento será correcto. Estas variables deberán ser tanto de lectura como de escritura y se deberán crear en la GVL (Global Variable List) del programa.

	Ámbito	Nombre	Dirección	Tipo de datos	Inicialización	Comentario	Atributos
1	VAR_GLOBAL	START	%MX0.0	BOOL		Entradas	
2	VAR_GLOBAL	HMI_START		BOOL			
3	VAR_GLOBAL	STOP	%MX0.1	BOOL			
4	VAR_GLOBAL	HMI_STOP		BOOL			
5	VAR_GLOBAL	AUTO_MAN	%MX0.2	BOOL			
6	VAR_GLOBAL	HMI_AUTO_MAN		BOOL			
7	VAR_GLOBAL	RESET	%MX0.3	BOOL			
8	VAR_GLOBAL	HMI_RESET		BOOL			
9	VAR_GLOBAL	EM_STOP	%MX0.4	BOOL			
10	VAR_GLOBAL	AlmacenVacio	%MX0.5	BOOL			
11	VAR_GLOBAL	GIR_EstSig	%MX0.6	BOOL			
12	VAR_GLOBAL	EMPUJE_Retraido	%MX0.7	BOOL			
13	VAR_GLOBAL	GIR_Almacen	%MX1.0	BOOL			
14	VAR_GLOBAL	SUCCION	%MX1.1	BOOL			
15	VAR_GLOBAL	EMPUJE_Extendido	%MX1.2	BOOL			
16	VAR_GLOBAL	LED_Inicio	%MX2.0	BOOL		Salidas	
17	VAR_GLOBAL	LED_Reset	%MX2.1	BOOL			
18	VAR_GLOBAL	LED_AlmVacio	%MX2.2	BOOL			
19	VAR_GLOBAL	MOVE_EstSig	%MX2.3	BOOL			
20	VAR_GLOBAL	EMPUJE_OUT	%MX2.4	BOOL			
21	VAR_GLOBAL	MOVE_Almacen	%MX2.5	BOOL			
22	VAR_GLOBAL	CONECT_VACIO	%MX2.6	BOOL			
23	VAR_GLOBAL	EXPULSAR	%MX2.7	BOOL			
24	VAR_GLOBAL	CUENTA	%MW3	WORD			
25	VAR_GLOBAL	Luz_Verde		BOOL			
26	VAR_GLOBAL	Luz_Amarilla		BOOL			
27	VAR_GLOBAL	Luz_Roja		BOOL			

Ilustración 17. GVL de la Estación de Distribución

Como ha sido mencionado, se deberán de crear los POU's correspondientes, uno de lenguaje LD y otro de lenguaje SFC:

- Programa SFC: en el Plano 01 se encuentra el diseño en Grafcet de este sistema. Será el programa “principal”, es decir, incluirá la secuencia de estados y transiciones general que provocará la sucesión de movimientos necesaria para desarrollar el proceso completo correspondiente a la Estación de Distribución. Cada transición estará definida por una línea de ST o Texto Estructurado en la que se deberán de cumplir las operaciones lógicas de variables pertinentes para producir la transición al siguiente estado.

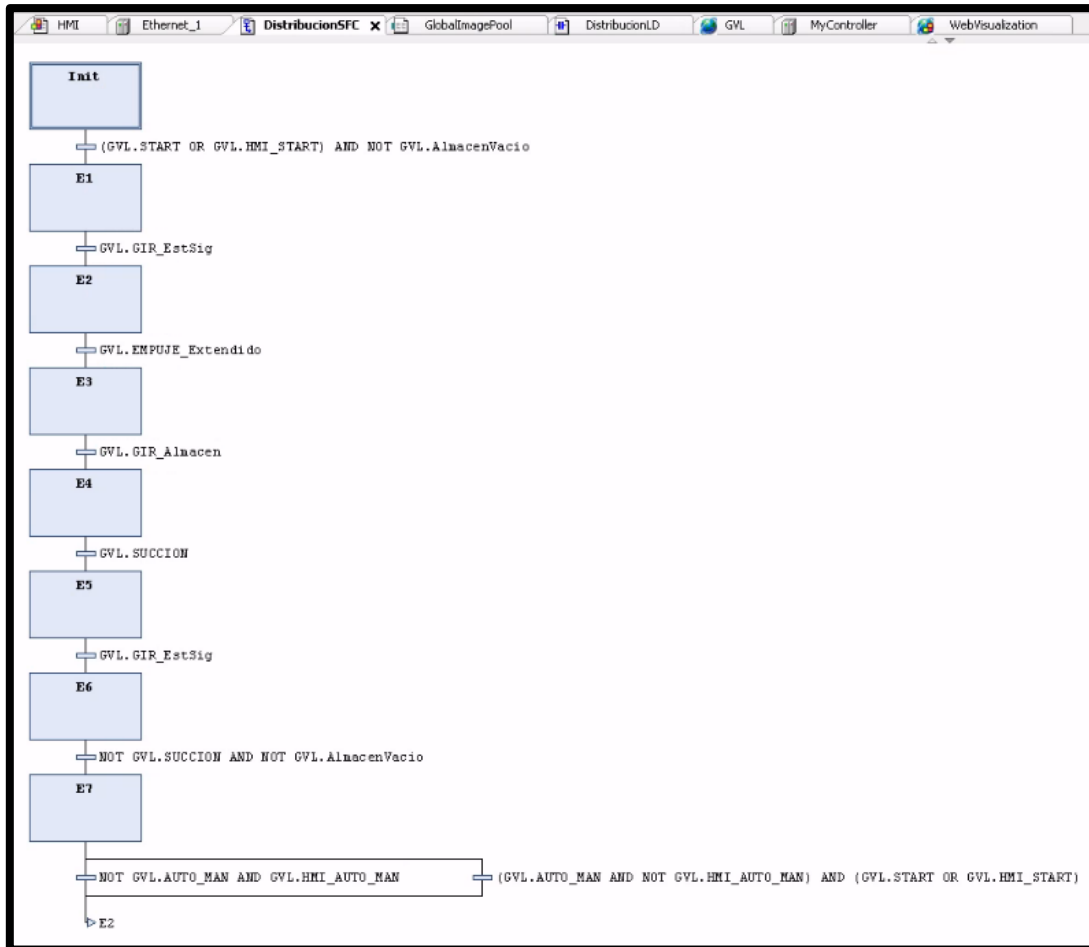


Ilustración 18. Programa SFC de la Estación de Distribución

Cada estado llevará a cabo la activación o desactivación de diferentes variables, que será desarrollado en el POU de LD. La secuencia se iniciará al pulsar el botón Start siempre y cuando el sensor de Almacén Vacío esté desactivado, lo que significará que hay piezas en el mismo. Los siguientes estados desarrollan los diferentes movimientos y las transiciones consisten en el cumplimiento de las señales de fin de carrera de cada posición que se puede alcanzar en la estación. Con el fin de conseguir una sucesión cíclica de los estados, la última transición consiste en una OR que conducen ambas al salto al Estado 3, en el que se reinicia el proceso. El objetivo de esta división en OR es diferenciar entre los modos Automático y Manual, de modo que si la llave está en modo Automático, el regreso al E3 se producirá automáticamente mientras que, si se encuentra en modo

Manual, será necesario presionar el botón de Start de la Consola de Control para regresar a este estado y que vuelva a producirse la secuencia de movimientos.

- Programa LD: se activan y desactivan las diferentes variables en forma de bobinas de acuerdo con los movimientos que se deben producir en la estación, así como los distintos LEDs o indicadores luminosos de la estación.

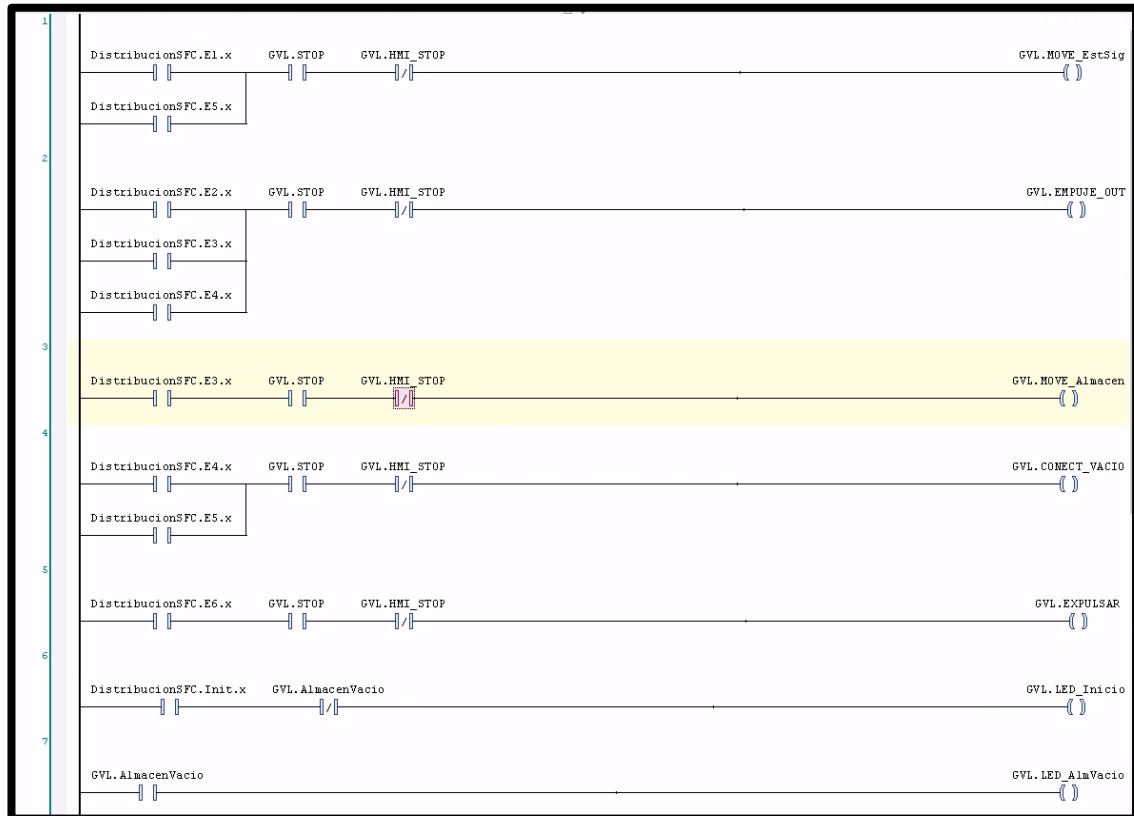


Ilustración 19. Programa LD de la Estación de Distribución (1)

La señal procedente del pulsador de Stop se sitúa en serie en cada una de las líneas de modo que, en el momento en el que sea presionado, se cortará la señal de todas las redes, deteniéndose el movimiento.

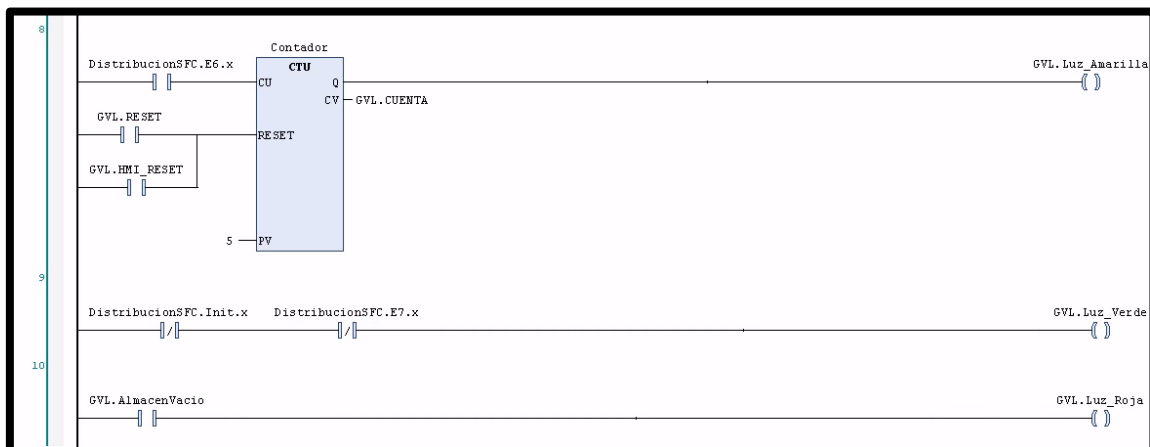


Ilustración 20. Programa LD de la Estación de Distribución (2)

Se definirá en este POU el contador destinado a controlar el número de piezas extraídas por la estación. Por ello, la cuenta se verá incrementada al activarse el Estado 6 (la pieza ya ha sido extraída), será almacenada en la variable global tipo *word* (destinada a números enteros) Cuenta, y se introducirá un límite de 5 piezas que, cuando se cumpla, activará la variable LuzAmarilla, correspondiente al indicador luminoso de color amarillo de la Consola de Control.

Por último, con el objetivo de controlar y monitorizar el proceso que se lleva a cabo en la Estación de Distribución de forma remota, se diseñará una aplicación HMI alojada en el servidor web que trae embebido el propio PLC, la cual incorporará los pulsadores, LEDs y datos correspondientes.



Ilustración 21. HMI de la Estación de Distribución

El número de piezas se mostrará representando la variable Cuenta en forma de texto. La llave de cambio de modo entre Automático y Manual se representará en forma de interruptor, de modo que solo podrá encontrarse activo uno de los dos estados a la vez. La posición actual del Cambiador giratorio se representará mediante barras que aparecerán y desaparecerán en función de qué variable de fin de carrera se encuentre activa, así como las flechas indicadoras del movimiento (se incorporarán en forma de imagen). Por otro lado, los LEDs verde, amarillo y rojo estarán asociados cada uno a la variable correspondiente, de modo que indiquen cuando el proceso está activo, cuando se ha completado un lote de 5 piezas extraídas y en qué momento el almacén se encuentra vacío. Por último, los pulsadores de inicio y reinicio del contador consistirán en interruptores de presión, no conmutadores, de modo que cuando se libere la pulsación, volverán al estado previo, mientras que el de paro actuará a modo de conmutador, por lo

que deberá de liberarse con una segunda pulsación. Se deberán de crear variables auxiliares para cada uno de estos pulsadores de manera que no se cree un conflicto con las variables globales, y se añadirán en la correspondiente red del Programa LD y transición del Programa SFC de igual forma que la global, es decir, si la variable global Stop se encuentra en forma de contacto en serie en una red LD, la auxiliar HMI_Stop deberá de situarse también en serie, con el objetivo de poder influir del mismo modo en el desarrollo del programa.

1.3.2. Estación de Almacenamiento

La Estación de Estanterías Altas comporta un proceso más complejo que el de la Estación de Distribución, puesto que presenta más elementos y componentes, variables no booleanas y movimientos más elaborados y extensos.

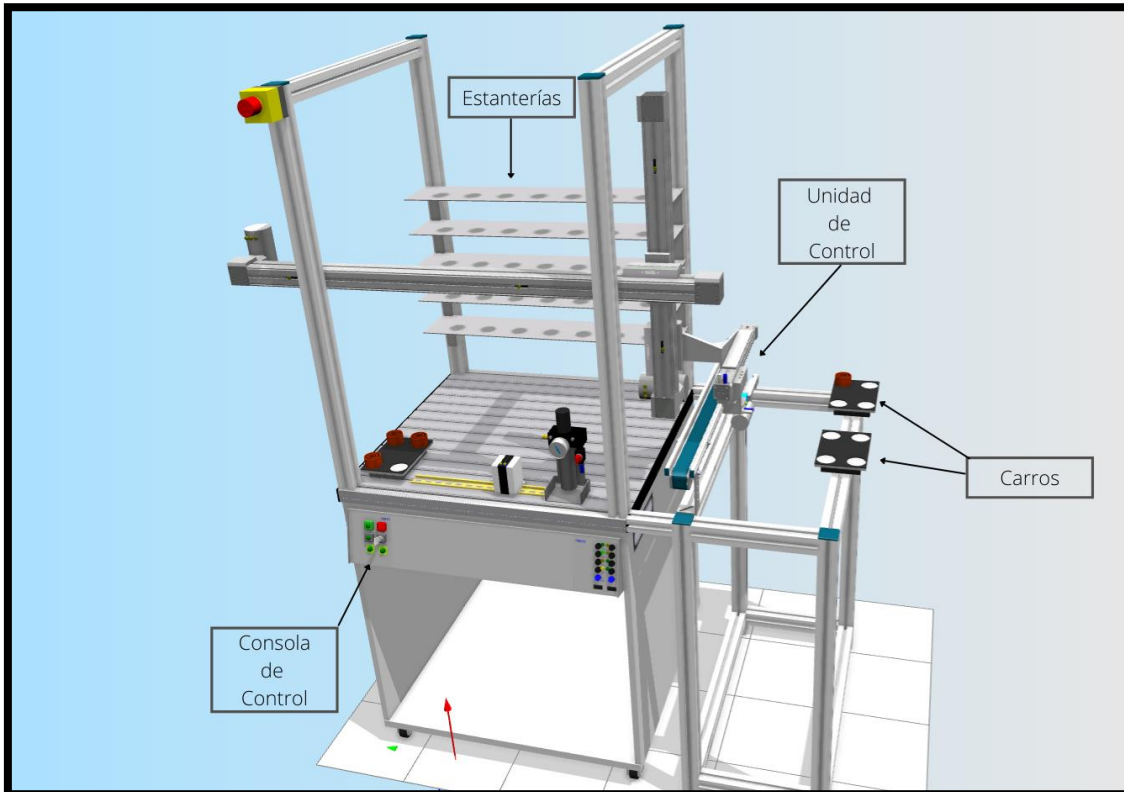


Ilustración 22. Estación de Estanterías Altas CIROS

Se trata de un almacén de producción y puede aplicarse en una secuencia completa como almacén de entrada, almacén intermedio o almacén de salida. Presenta capacidad para almacenar hasta 20 palets o 35 piezas a manipular en las 5 hileras de estanterías. Las piezas para manipular se almacenan en los huecos de estantería en orden ascendente. La salida de almacén de las piezas a manipular se efectuará conforme al principio LIFO (primero en entrar, primero en salir). Es decir, si hay varias piezas en el almacén, la última pieza almacenada sale primero.

Los elementos que componen esta estación son:

- Estanterías para palets o piezas a manipular: presentará 35 huecos, 7 en cada una de las 5 hileras de estanterías. Consultar *Anexo III: Matriz de posiciones* para conocer las coordenadas de la posición de cada uno de ellos.
- Unidad de control de estanterías con manipulación de tres ejes cartesianos.
- Carro: transportará las piezas tanto para entrarlas al almacén como a su salida.
- Consola de control: del mismo modo que en la Estación de Distribución, incorporará los diferentes indicadores luminosos, pulsadores y llave de cambio de modo Manual y Automático.

La secuencia propia del proceso de entrada de piezas será:

Condición previa para el inicio

- No hay piezas a manipular (palets) en los huecos de las estanterías.
- No hay piezas a manipular/palets en las pinzas.

Posición inicial para la entrada en almacén

- Pinzas cerradas.
- Eje Y retraído.
- Ejes X y Z en posición inicial, motores desconectados.
- Lámpara Q1 activa (almacén vacío), lámpara Q2 desactivada (almacén no lleno).
- La señal "Almacén vacío" permanece activada hasta que se almacena la primera pieza a manipular.

Secuencia de entrada en almacén

1. Si se recibe la tarea "Entrada en almacén" a través de la comunicación E/S, los ejes X y Z se conectan y el brazo se desplaza hasta la posición de recogida o de posado.
2. Cuando los ejes X y Z alcanzan la posición programada, los motores se desconectan y las pinzas se abren.
3. El eje Y se extiende y las pinzas se cierran.
4. La pieza a manipular se eleva y el eje Y se retrae.
5. Se determina la siguiente posición de almacenamiento desocupada (1-2-3-...-35) y se cargan los datos de posición correspondientes.
6. Los ejes (X, Z) avanzan hacia la posición de almacenamiento desocupada. Primero, los ejes se desplazan a marcha acelerada en una función de rampa y aminoran la velocidad poco antes de alcanzar la posición cargada.
7. En la marcha lenta, los ejes se detienen cuando alcanzan la posición cargada.
8. El eje Z eleva las pinzas paralelas y el eje Y se extiende.
9. El eje Z baja la pieza a manipular y la coloca en el soporte. Las pinzas se abren.
10. Cuando las pinzas están abiertas, el eje Y se retrae y, en estado retraído, las pinzas se cierran.
11. Los ejes X y Z se desplazan a la posición inicial.

En cuanto al proceso de salida de piezas del almacén:

Posición inicial para la salida de almacén

- Pinzas cerradas.
- Eje Y retraído.
- Ejes X y Z en posición inicial, motores desconectados.
- Lámpara Q1 desactivada (almacén no lleno), lámpara Q2 activa (almacén lleno).

Secuencia de salida de almacén

1. Si la estación recibe la tarea "Salida de almacén" a través de la comunicación E/S, las pinzas se abren y los datos de posición del último hueco de estantería con la pieza más antigua se determinan y se cargan.
2. Los ejes X y Z se conectan y se desplazan a la posición del hueco de estantería cargado. Primero, los ejes se desplazan a marcha acelerada en una función de rampa y aminoran la velocidad poco antes de alcanzar la posición cargada.
3. En la marcha lenta, los ejes se detienen cuando alcanzan la posición cargada.
4. El eje Y se extiende. Al alcanzar la posición final, las pinzas se cierran.
5. La pieza a manipular se eleva y el eje Y se retrae.
6. Los ejes X y Z se conectan y se desplazan a la posición de posado. Primero, los ejes se desplazan a marcha acelerada en una función de rampa y aminoran la velocidad poco antes de alcanzar la posición de posado.
7. Cuando los ejes X y Z alcanzan la posición programada por teach-in, los motores se desconectan.
8. El eje Z eleva las pinzas paralelas y el eje Y se extiende.
9. El eje Z baja la pieza a manipular y la coloca en la posición de recogida o de posado. Las pinzas se abren.
10. Cuando las pinzas están abiertas, el eje Y se retrae y, en estado retraído, las pinzas se cierran.
11. Los ejes X y Z se desplazan a la posición inicial.

Al igual que en la Estación de Distribución, se deberán realizar los ajustes pertinentes para configurar la conexión entre el autómatas y el proceso a través del servidor OPC de Kepware, en el cual deberán de estar creadas las entradas y salidas del sistema, ya asociadas a las diferentes direcciones de memoria del PLC.

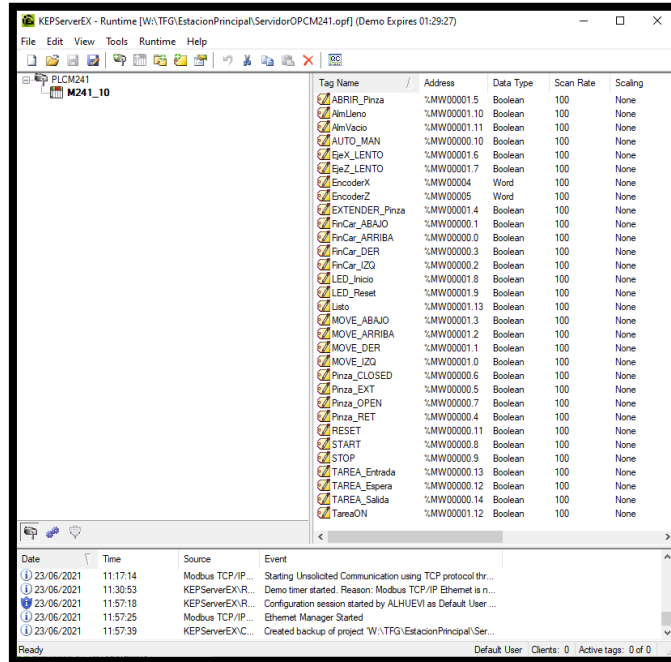


Ilustración 23. Servidor OPC Kepware Estación de Estanterías Altas

Se asignarán las diferentes entradas y salidas creadas en el servidor OPC a las diferentes señales propias de la Estación de Almacenamiento, al igual que en el otro caso.

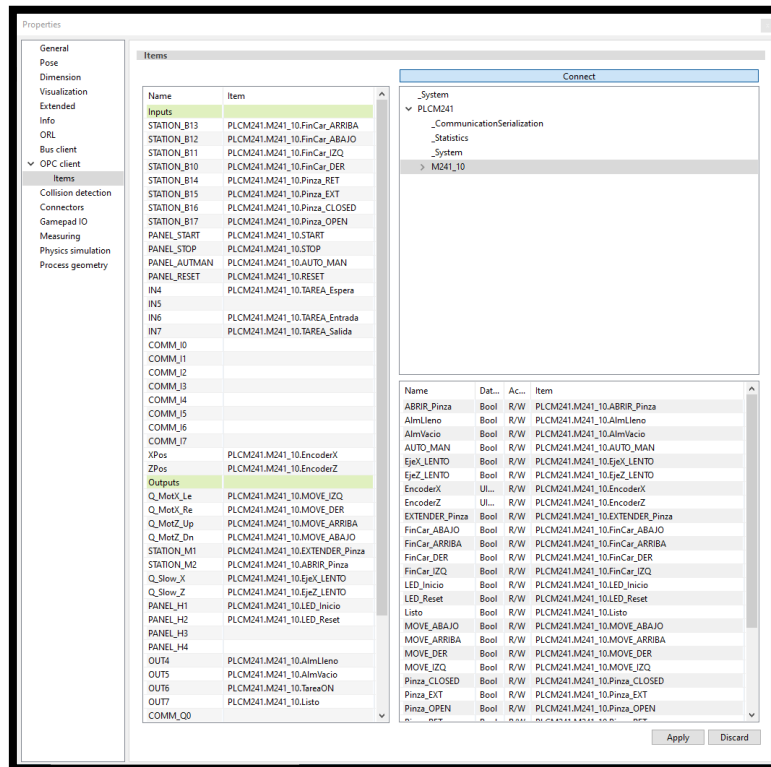


Ilustración 24. Asignación E/S de la Estación de Estanterías Altas en CIROS

Ámbito	Nombre	Dirección	Tipo de datos	Inicialización
1	VAR_GLOBAL Matriz_Pos		ARRAY[1..35] OF ARRAY[1..2] OF REAL	[[800.4,29.2],[712.2,29.2],[624,29.2],[536.1,29.2],[448.2,29.2],[360.3
2	VAR_GLOBAL Pos_Agarre		ARRAY[1..2] OF REAL	[102.0,10.0]
3	VAR_GLOBAL Contador		WORD	
4	VAR_GLOBAL EncoderX	%MW4	WORD	
5	VAR_GLOBAL EncoderZ	%MW5	WORD	
6	VAR_GLOBAL FinCar_ARRIBA	%MX0.0	BOOL	
7	VAR_GLOBAL FinCar_ABAJO	%MX0.1	BOOL	
8	VAR_GLOBAL FinCar_IZQ	%MX0.2	BOOL	
9	VAR_GLOBAL FinCar_DER	%MX0.3	BOOL	
10	VAR_GLOBAL Pinza_RET	%MX0.4	BOOL	
11	VAR_GLOBAL Pinza_EXT	%MX0.5	BOOL	
12	VAR_GLOBAL Pinza_CLOSED	%MX0.6	BOOL	
13	VAR_GLOBAL Pinza_OPEN	%MX0.7	BOOL	
14	VAR_GLOBAL START	%MX1.0	BOOL	
15	VAR_GLOBAL STOP	%MX1.1	BOOL	
16	VAR_GLOBAL AUTO_MAN	%MX1.2	BOOL	
17	VAR_GLOBAL RESET	%MX1.3	BOOL	
18	VAR_GLOBAL TAREA_Espera	%MX1.4	BOOL	
19	VAR_GLOBAL TAREA_Entrada	%MX1.5	BOOL	
20	VAR_GLOBAL TAREA_Salida	%MX1.6	BOOL	
21	VAR_GLOBAL MOVE_IZQ	%MX2.0	BOOL	
22	VAR_GLOBAL MOVE_DER	%MX2.1	BOOL	
23	VAR_GLOBAL MOVE_ARRIBA	%MX2.2	BOOL	
24	VAR_GLOBAL MOVE_ABAJO	%MX2.3	BOOL	
25	VAR_GLOBAL EXTENDER_PINZA	%MX2.4	BOOL	
26	VAR_GLOBAL ABRIR_PINZA	%MX2.5	BOOL	
27	VAR_GLOBAL EjeX_LENTO	%MX2.6	BOOL	
28	VAR_GLOBAL EjeZ_LENTO	%MX2.7	BOOL	
29	VAR_GLOBAL LED_Inicio	%MX3.0	BOOL	
30	VAR_GLOBAL LED_Reset	%MX3.1	BOOL	
31	VAR_GLOBAL AlmLeno	%MX3.2	BOOL	
32	VAR_GLOBAL AlmVacio	%MX3.3	BOOL	
33	VAR_GLOBAL TareaON	%MX3.4	BOOL	
34	VAR_GLOBAL Listo	%MX3.5	BOOL	
35	VAR_GLOBAL HMI_Bandeja		BOOL	
36	VAR_GLOBAL HMI_Pieza		BOOL	
37	VAR_GLOBAL HMI_Start		BOOL	
38	VAR_GLOBAL HMI_Stop		BOOL	
39	VAR_GLOBAL HMI_Calibracion		BOOL	
40	VAR_GLOBAL HMI_TareaIN		BOOL	
41	VAR_GLOBAL HMI_TareaOUT		BOOL	
42	VAR_GLOBAL HMI_AutoMan		BOOL	
43	VAR_GLOBAL HMI_LedReset		BOOL	

Ilustración 25. GVL de la Estación de Estanterías Altas

Se realizará la configuración correspondiente en el software de diseño SoMachine, del mismo modo que en el caso de la estación anterior, es decir, seleccionando Ethernet como el tipo de conexión entre el autómatas y el software e introduciendo la dirección IP correspondiente. Así pues, también se deberá de crear la GVL de la Estación de Almacenamiento y asociar cada variable a la dirección de memoria correspondiente:

Deberá de incluir las entradas y salidas del sistema (finales de carrera, “encoders” para la posición, selección de tarea, movimientos en todos los ejes...), así como las variables auxiliares destinadas al funcionamiento correcto del HMI y el Contador. También se deberán crear 2 matrices y definir las como variables globales: una de ellas destinada a almacenar las coordenadas de las 35 posiciones diferentes de las estanterías, la cual consistirá en una matriz de 35 elementos en la que cada uno de ellos será otra matriz de 2 elementos, puesto que se trata de coordenadas, y otra con el valor de la posición de agarre de piezas. Esta última consistirá en una simple matriz de dos elementos la coordenada en X y en Z de dicha posición.

En cuanto a los POU's correspondientes a la Estación de Estanterías Altas, encontraremos, al igual que en la estación anterior, el programa principal en lenguaje SFC que contendrá los pasos y transiciones que desarrollarán el movimiento de la Estación y le permitirá realizar las tareas de entrada y salida de piezas, así como el Programa en LD con el diagrama de contactos y bobinas correspondientes que permitirá la activación y desactivación de las diferentes señales del sistema de acuerdo con el estado del SFC activo.

- Programa SFC: en el Plano 02 se encuentra el diseño en Grafcet de este sistema, que deberá de incorporar los pasos y transiciones necesarios para llevar a cabo una calibración inicial del sistema en la que el brazo se desplazará al punto más alto y alejado de la estación (arriba e izquierda), que comporta el punto de referencia del sistema, de modo que cuando el brazo regrese de vuelta a la posición inicial, se producirá la transición a la segunda parte del Programa SFC, en la que, dependiendo de la tarea que se seleccione en la Estación mediante los 2 tipos de bandeja presentes, se llevará a cabo la tarea de entrada de piezas al sistema o la salida.

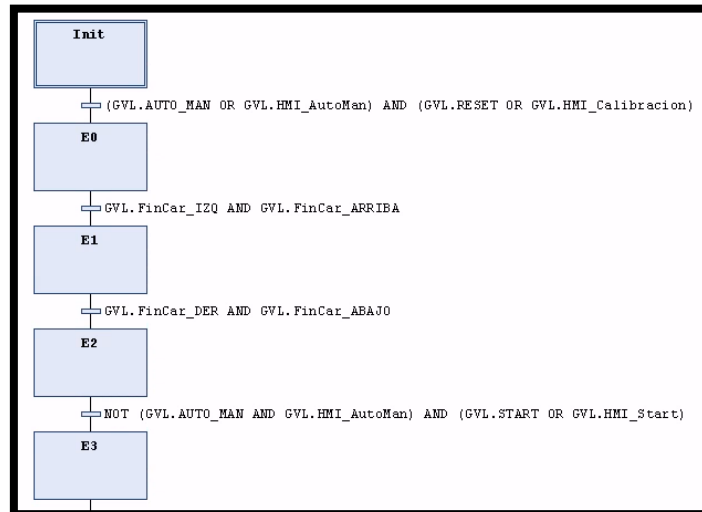


Ilustración 26. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (Calibración)

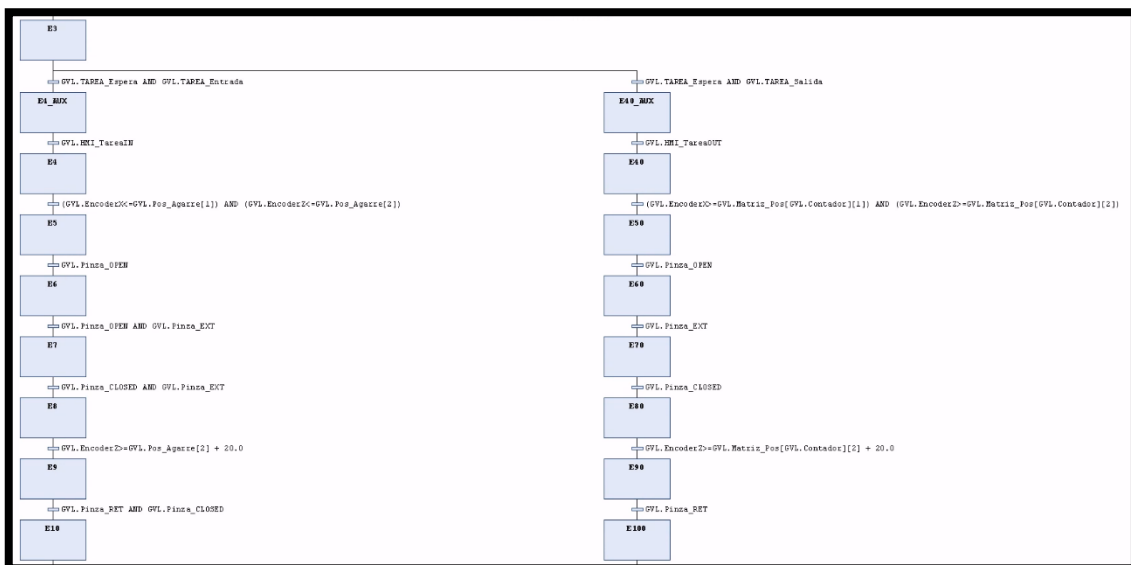


Ilustración 27. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (1)

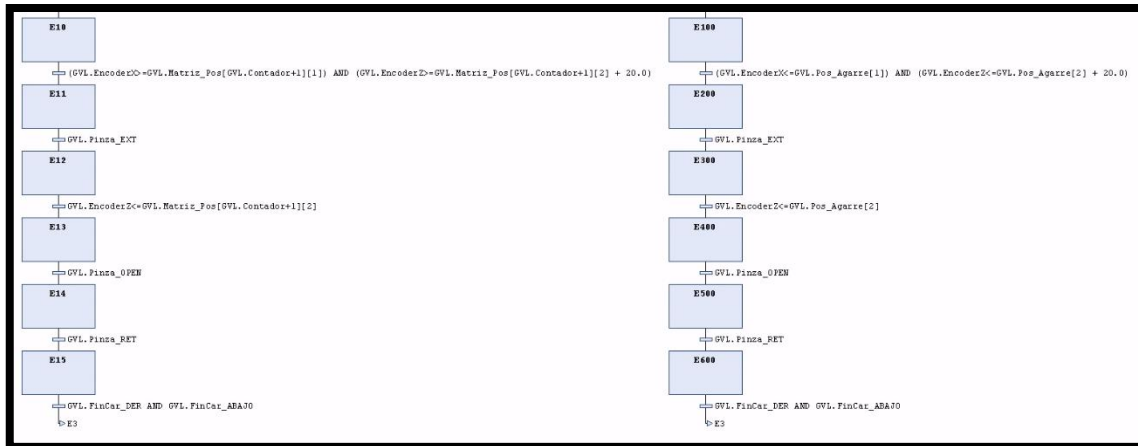


Ilustración 28. Programa SFC de la Estación de Estanterías Altas (2)

Cuando se active la Tarea de Entrada se activará la rama izquierda del SFC, mientras que la rama derecha del programa se corresponderá con la Tarea de Salida. Por ello, en la rama de la izquierda el desplazamiento se producirá, en primer lugar, a la posición de agarre de piezas en la bandeja con movimiento y luego a la primera posición libre en el almacén que indique el contador, pues ahí será depositada. En la rama de salida de piezas, los desplazamientos serán los mismos pero en orden invertido, pues primero se deberá recoger la última pieza almacenada de las estanterías para, a continuación, colocarla sobre la bandeja en la posición de agarre de piezas. Ambas ramas finalizan en un salto al E3, pues será en este estado en el que el sistema se encontrará a la espera de que se seleccione el tipo de tarea a realizar.

- Programa LD: del mismo modo que en la Estación de Distribución, será en este POU en el que, haciendo uso de contactos y bobinas, se activarán y desactivarán las señales correspondientes al proceso de cada estado del SFC, así como los indicadores luminosos, contadores...

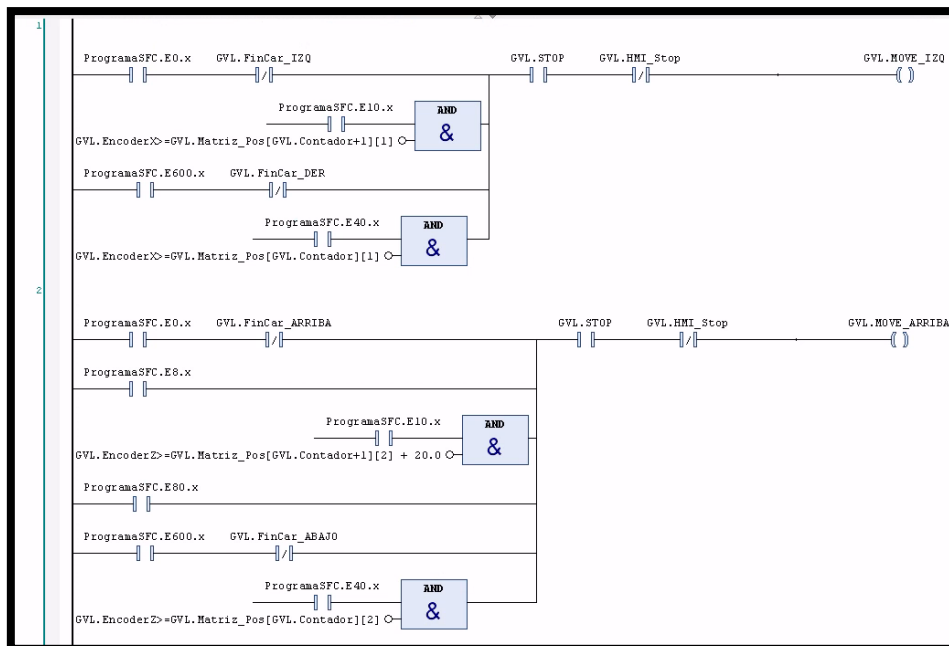


Ilustración 29. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Movimiento 1)

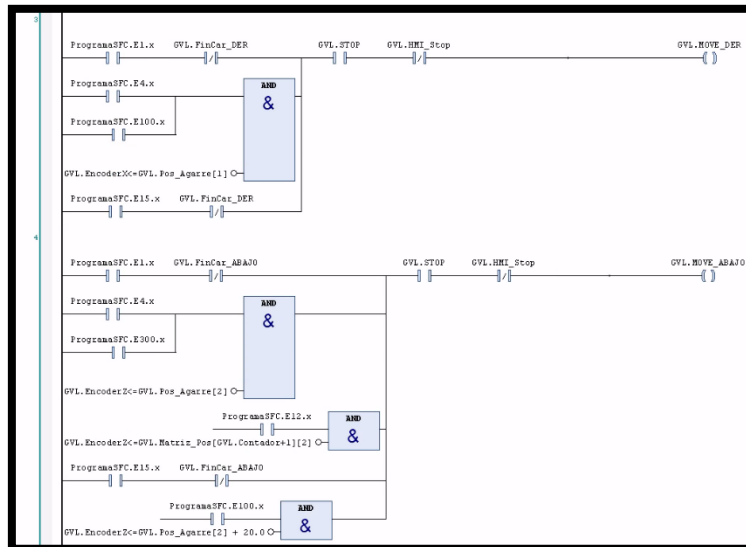


Ilustración 30. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Movimiento 2)

Los diagramas que activarán y desactivarán las señales *MOVE_dirección* encargadas de producir el movimiento del brazo de la estación, presentarán operaciones lógicas AND de las señales correspondientes al estado del SFC en cuestión con las condiciones de que, o bien el Encoder X, o bien el Encoder Z (dependiendo del sentido del movimiento) sean mayor o igual o menor o igual que el valor objetivo, la coordenada del punto de destino, deteniéndose pues el movimiento nada más superar o alcanzar dicha posición.

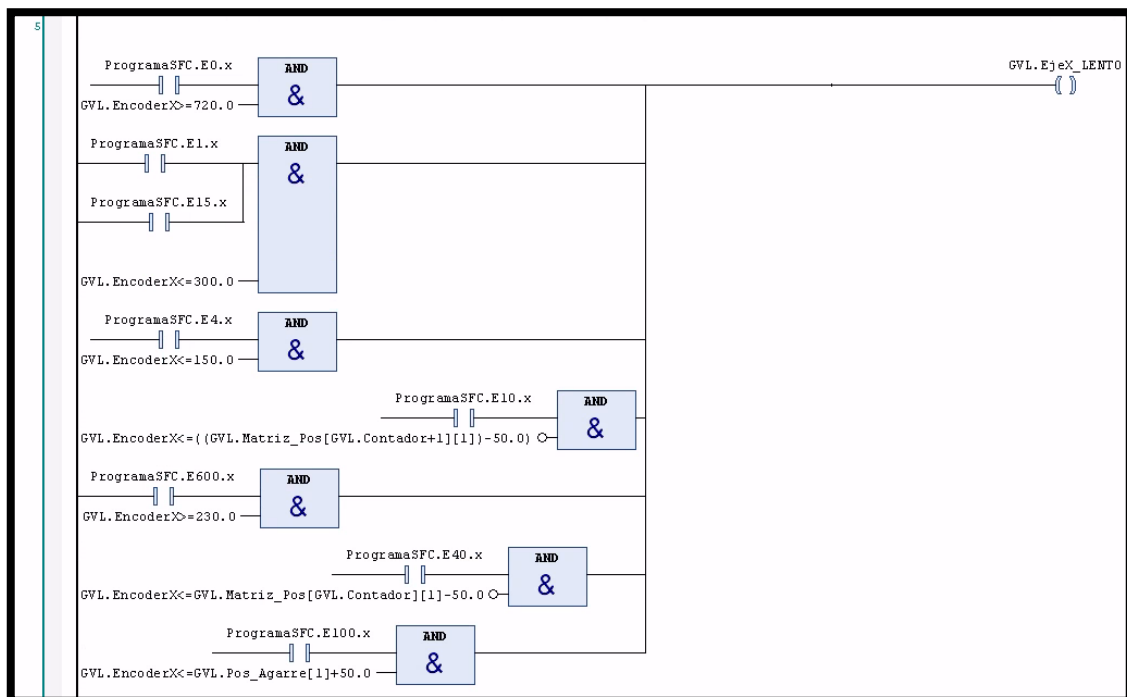


Ilustración 31. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Marcha Lenta Eje X)

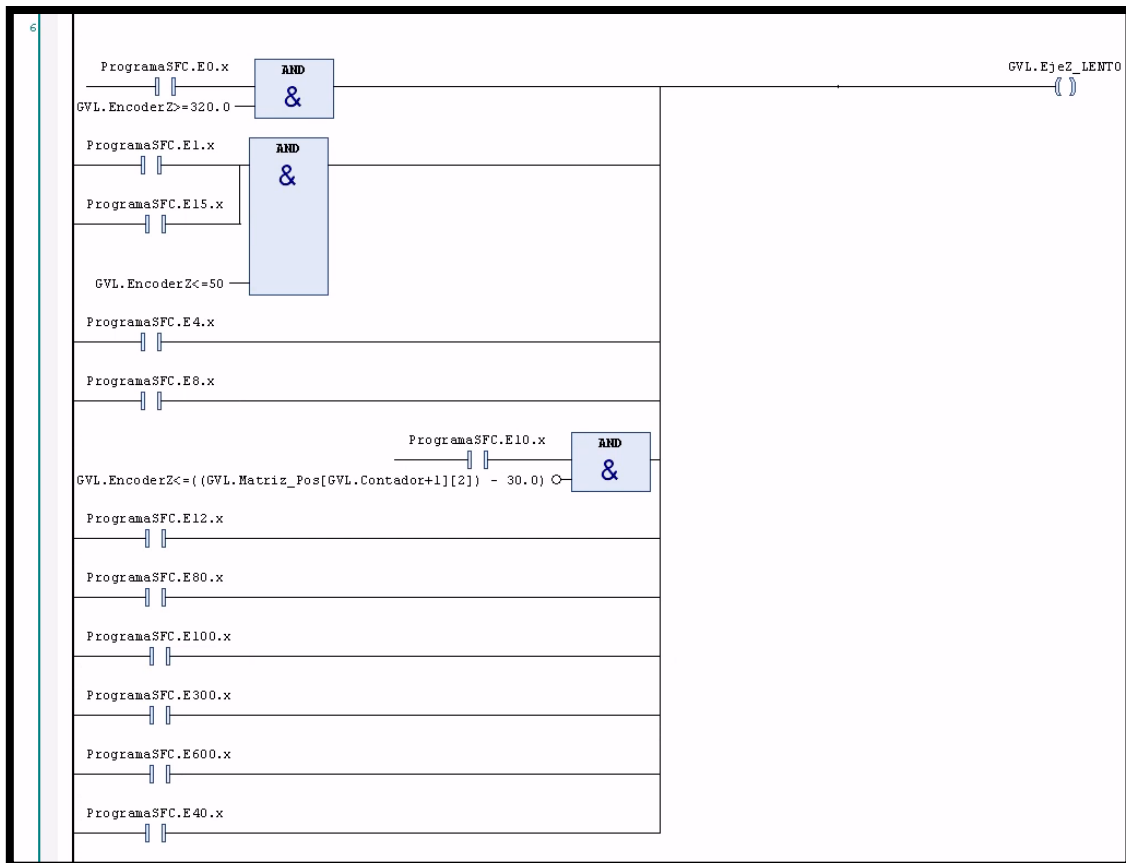


Ilustración 32. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Marcha Lenta Eje Z)

Como ha sido explicado en la secuencia de esta estación, el brazo con las pinzas siempre se desplazará a velocidad elevada hasta que se haya aproximado a una pequeña distancia del punto objetivo, momento en el que se activarán las variables de reducción de velocidad de ambos ejes de movimiento, pudiendo alcanzar así el destino de forma mucho más precisa. La programación de este mecanismo se deberá realizar en este POU, en lenguaje Ladder. Se hará uso de operaciones lógicas AND, al igual que en el caso de las señales que producen el movimiento de la estación, pero esta vez las condiciones de mayor o menor presentarán un *offset*, es decir, se le deberá añadir una cierta cantidad al valor de la posición objetivo para que se active la marcha lenta antes de llegar a este.

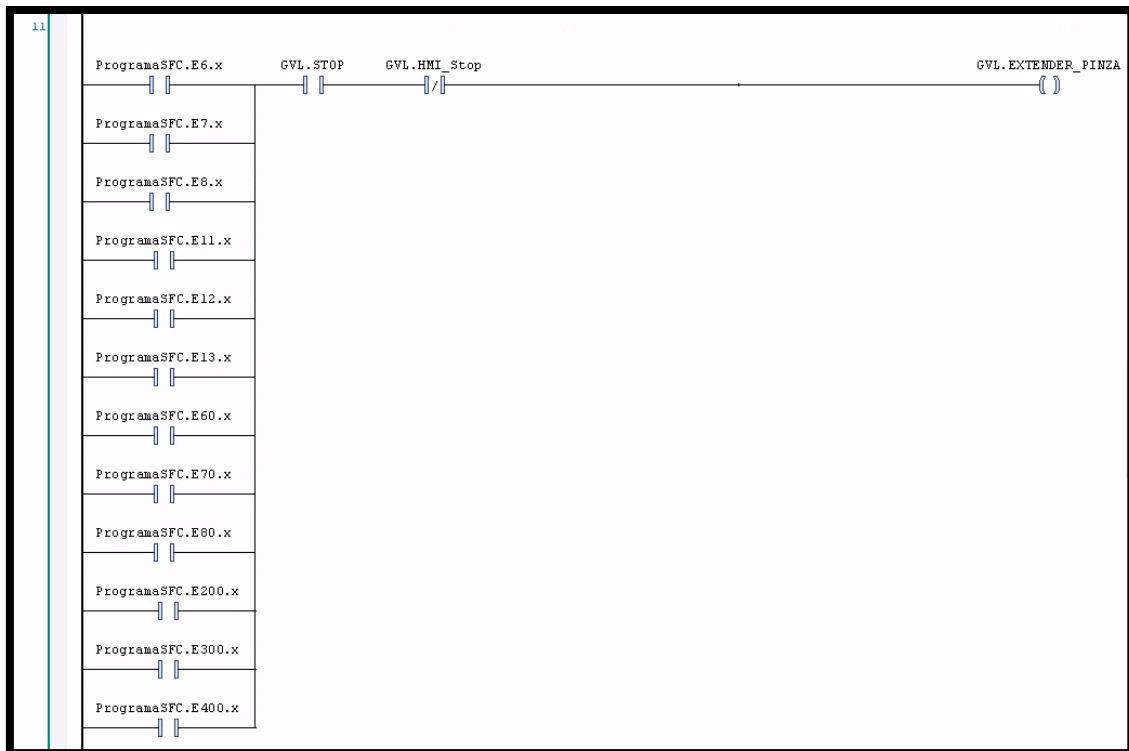


Ilustración 34. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Extensión Pinza)

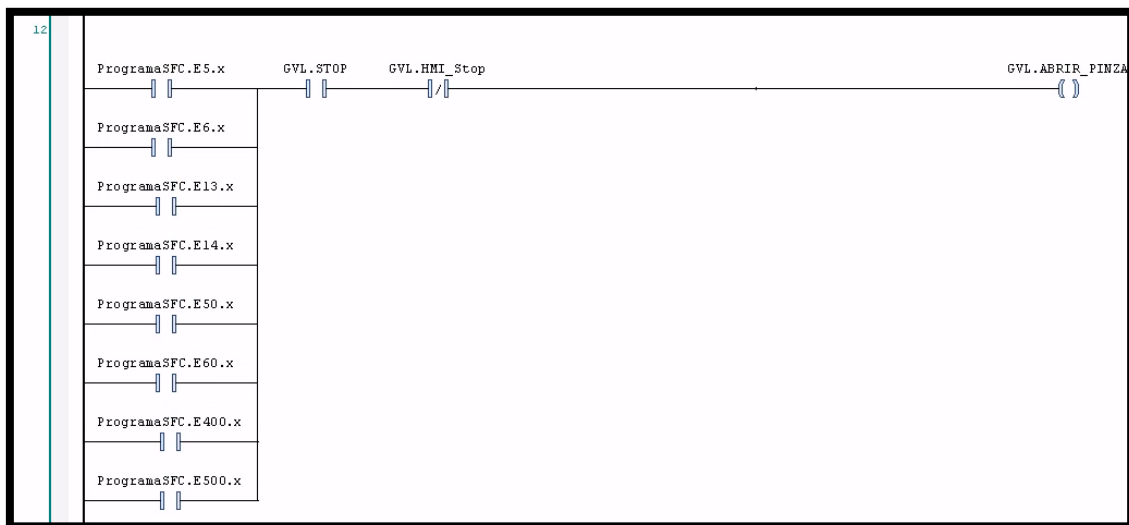


Ilustración 33. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Apertura Pinza)

Todos los estados del programa principal en los que se requiera que se deba efectuar el movimiento de extensión o apertura de las pinzas (al agarrar o soltar una pieza), o bien deba permanecer en una de estas situaciones (extendidas y/o cerradas), deberán de aparecer como contactos que activen las señales correspondientes.

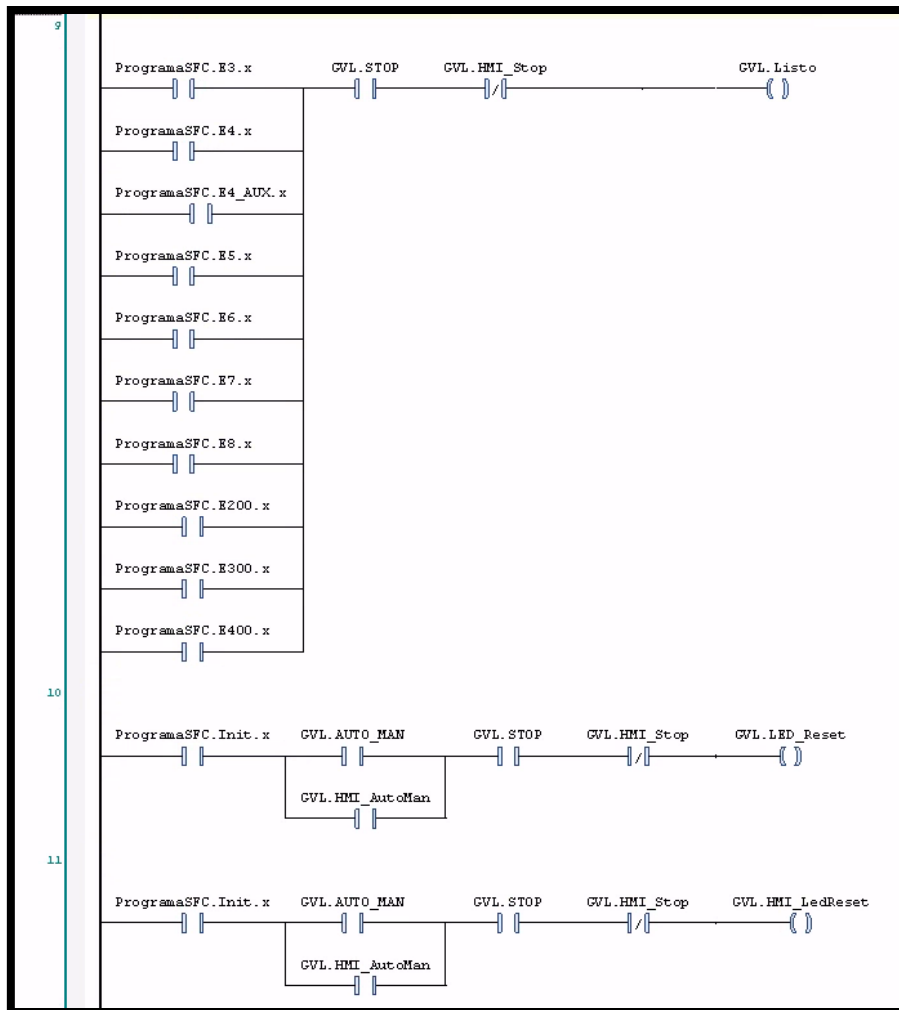


Ilustración 35. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (1)

La variable Listo indicará al sistema que deberá detener la cinta de transporte por la que se irá desplazando la bandeja, de forma que las pinzas podrán recoger o depositar la pieza. Además, las variables auxiliares destinadas al funcionamiento del HMI deberán ser activadas por los mismos diagramas de contactos que las globales y tener la misma función que estas cuando así sea requerido.

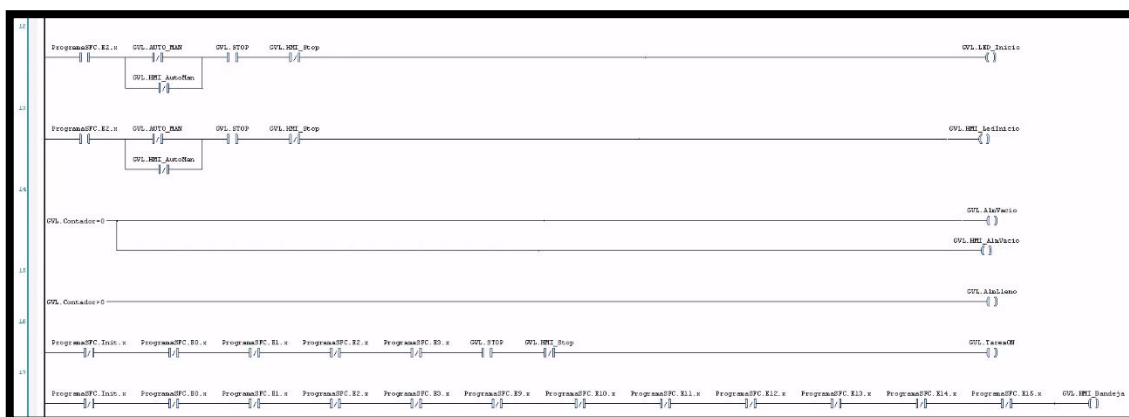


Ilustración 36. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (2)

Se crearán variables booleanas destinadas a condicionar la visualización de elementos del HMI, como por ejemplo la presencia o no de bandeja, de pieza... Así pues, deberán verse activadas por los estados en los que está presente en la estación durante la tarea correspondiente.



Ilustración 37. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (3)

Al igual que en el caso de la Bandeja, se deberá controlar la presencia de pieza encima de esta, por lo que se creará otra variable auxiliar a la que condicionar la visibilidad del elemento.

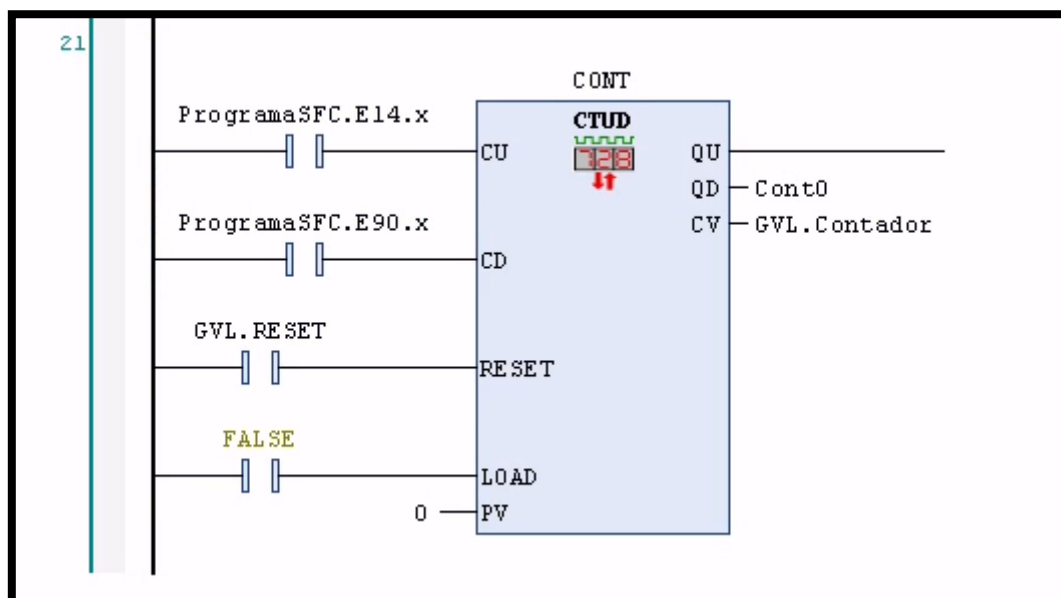


Ilustración 38. Programa LD de la Estación de Estanterías Altas (Contador)

Por último, se deberá de crear el Contador con el que tener controlado en todo momento el número de piezas almacenadas en las estanterías al mismo tiempo que indicar al sistema la siguiente posición libre en el caso de producirse una entrada de pieza, o bien indicar la última pieza almacenada para que esta sea extraída. Se indicará el estado en el que se deberá producir tanto la suma como la resta (entrada y salida, respectivamente) y la variable que producirá el reinicio del contador.

Del mismo modo que en el caso de la Estación de Distribución, se diseñará una aplicación HMI con la que se podrá interactuar con los pulsadores, visualizar el encendido y apagado de los LEDs y consultar los datos correspondientes.



Ilustración 39. HMI de la Estación de Estanterías Altas

Al igual que en la estación anterior, el número de piezas se mostrará representando la variable Contador en forma de texto. En este caso, la llave de cambio de modo entre Automático y Manual se representará en forma de interruptor de palanca. Por otro lado, se diseñarán un LED verde que indicará cuando la estación esté en marcha, es decir, que se esté llevando a cabo una tarea, dos amarillos para indicar que se está llevando a cabo la calibración y avisar de la necesidad de seleccionar la bandeja deseada, y uno azul para indicar que el almacén se encuentra vacío. En este caso y al igual que en la Estación de Distribución, los pulsadores de inicio y calibración sí que serán interruptores de presión, mientras que el de paro actuará a modo de conmutador.

Además, al tratarse de una estación con un proceso más elaborado, se deberán de añadir elementos visuales que proporcionarán toda la información posible, como lo son imágenes de las pinzas que indicarán cuando se retraerán y extenderán, y cuando se abrirán y cerrarán (incrustándolas en el proyecto a través del Global Image Pool), de las piezas, las estanterías, la bandeja... Para ello, se condicionará la visibilidad de cada una de ellas a una condición lógica de variables booleanas, como los finales de carrera de cada una de las posiciones para las pinzas.

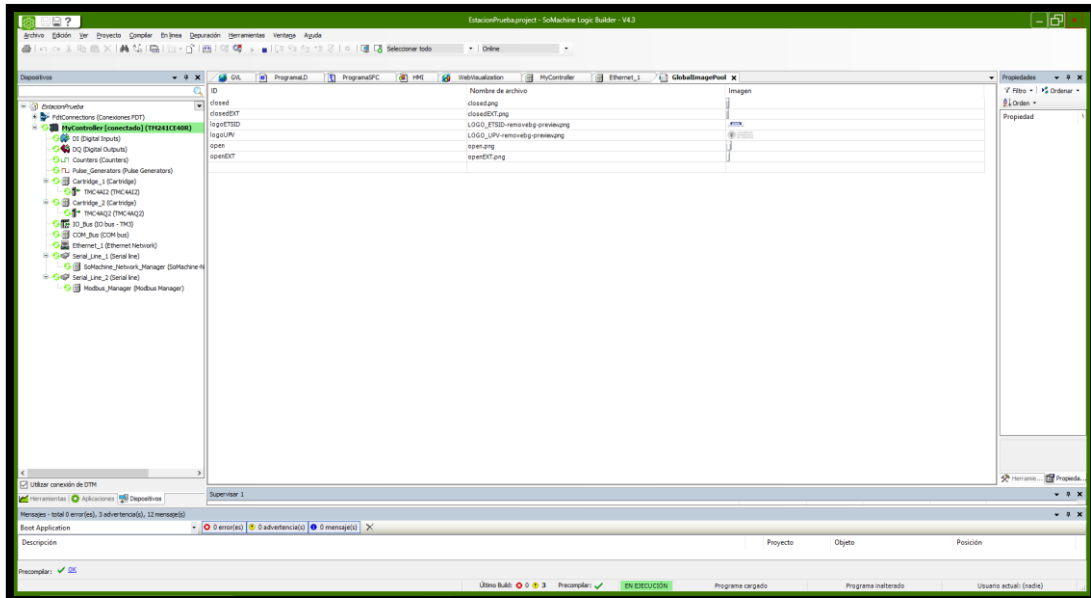


Ilustración 40. Global Image Pool de la Estación de Estanterías Altas

De este modo, se podrá controlar y monitorizar en todo momento en que estado, situación y posición se encuentra el conjunto de la Estación de Estanterías Altas.

1.4. Conclusiones

Una vez finalizado el desarrollo del proyecto, se puede afirmar que se han cumplido con los objetivos planteados al inicio del mismo, llegando a unos valiosos resultados que implican tanto una adquisición de conocimientos a nivel de programación de autómatas, de comunicaciones industriales y de control y monitorización de procesos, como una evolución a nivel personal a la hora de llevar a cabo el desarrollo de un proyecto de ingeniería y aplicar en un caso práctico los conocimientos adquiridos durante el grado.

Algunas de las conclusiones extraídas del proyecto serían:

- Es necesario conocer todos los elementos que componen la estación que se desea automatizar, así como sus características físicas y funcionales para poder realizar una correcta creación y asignación de variables.
- Tiene sentido llevar a cabo la implementación del diseño de la automatización de un proceso industrial sobre un autómata real, pues siempre será más fiel a la aplicación real que realizarlo sobre un autómata virtual como el ofrecido por el software de Codesys, a pesar de que cada vez más, los autómatas simulados representan uno de los mejores avances en el diseño de automatismos industriales.
- Uno de los aspectos más importantes en la automatización de procesos industriales es las distintas comunicaciones que se establecen entre los elementos que intervienen en ellos, puesto que determinan la forma de trabajar y de diseñar los sistemas.
- Queda demostrado que el software CIROS constituye una muy buena herramienta para llevar a cabo proyectos de este tipo que requieren una simulación de procesos productivos industriales.
- Crear un servidor OPC haciendo uso de una herramienta como Kepware se presenta como una buena solución a la hora de conectar un sistema como el de este proyecto por la facilidad de creación de las entradas y salidas y la posibilidad de establecerlas como booleanas o no booleanas y de lectura o lectura y escritura. Además, estas herramientas permiten la conexión simultánea de varios autómatas, lo que tiene sentido en procesos encadenados o estaciones más complejas.

No obstante, la versión adquirida del software CIROS consiste en una versión educativa que presenta una limitación en cuanto a los modelos que se pueden simular, ya que existen modelos de estaciones completas con varios módulos como los estudiados en este proyecto encadenados y sincronizados, constituyendo una línea de producción completa.

Por todo ello, el proyecto cumple con las expectativas del mismo tanto a nivel académico como personal.

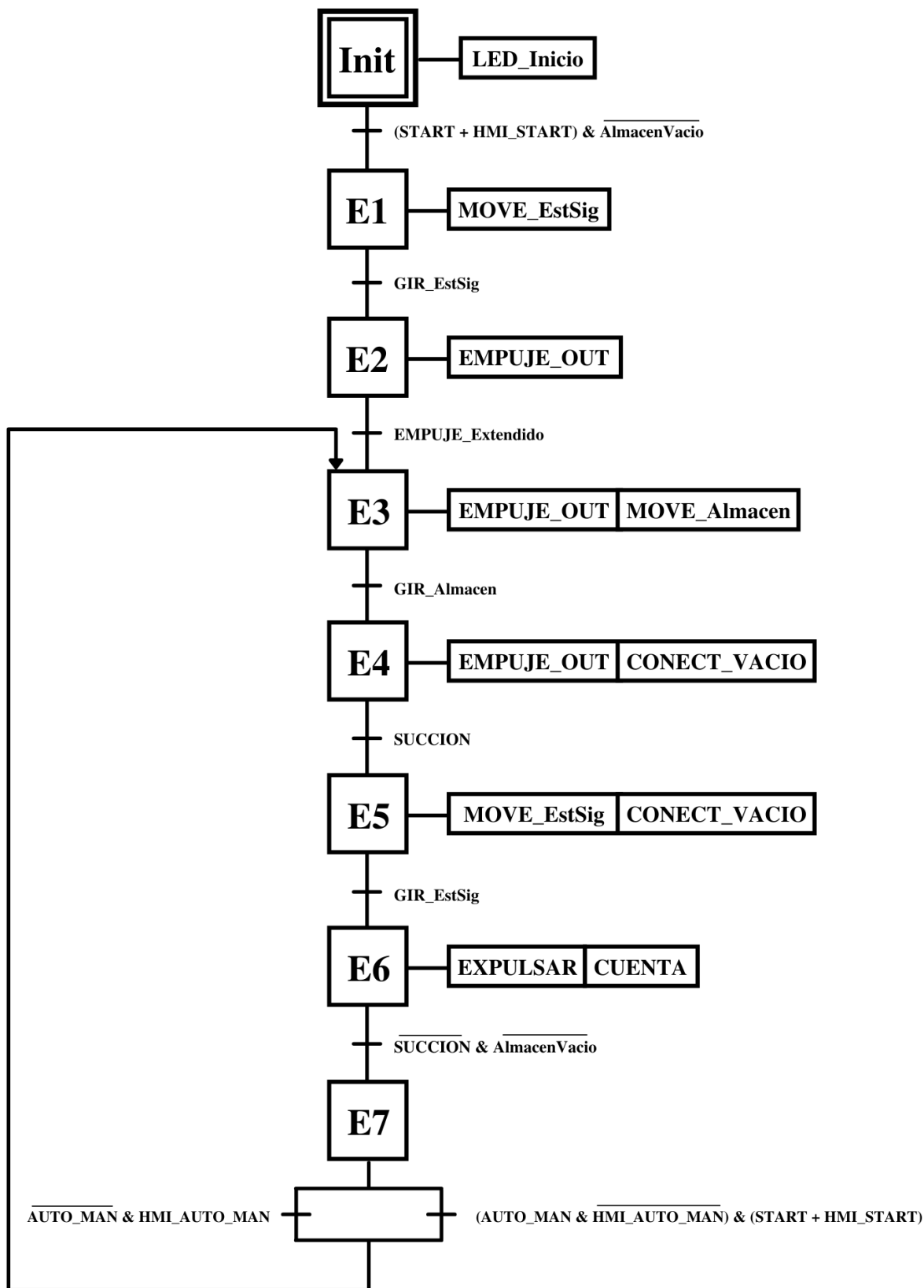
1.5. Bibliografía

- [1] Perasso, V. (12 de octubre de 2016) *Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos)*. BBC News Mundo. Recuperado el 13 de julio de 2021 de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>
- [2] Buscador de Normas AENOR <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/>
- [3] Gea, J.M. (02 de marzo de 2006) *Introducción al Grafset*. Autómatas.org. Recuperado el 13 de julio de 2021 de <https://www.automatas.org/redes/grafset.htm>
- [4] SIEMON (s.f.) *Ethernet IP – Protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial*. <https://www.siemon.com/es/home/support/education/white-papers/03-10-13-ethernet-ip#:~:text=Ethernet%20es%20un%20protocolo,controlar%20dispositivos%20de%20automatizaci%C3%B3n%20industrial.> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [5] Aula21 – Centro de Formación Técnica para la Industria (s.f.) *Modbus: Qué es y cómo funciona* <https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [6] Festo-Didactic (s.f.) *CIROS Studio: creación de entornos virtuales de aprendizaje* <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/software-e-learning/ciros/ciros-studio-creacion-de-entornos-virtuales-de-aprendizaje.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjExMTAuODE4Ng> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [7] Logitek Team (8 de mayo de 2019) *Qué es OPC y qué es un OPC Server*. Kepware Kepserverex. <https://www.kepserverexopc.com/que-es-opc-y-que-es-un-opc-server/> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [8] Logitek Team (28 de mayo de 2019) *Aclarando conceptos: Logitek, Kepware y KEPServerEX*. Kepware Kepserverex. <https://www.kepserverexopc.com/aclarando-conceptos-logitek-kepware-kepserverex/> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [9] EcoStruxure Machine Expert (SoMachine) (2021) *Características del Software* [https://www.se.com/es/es/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert-\(somachine\)/#overview](https://www.se.com/es/es/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert-(somachine)/#overview) (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [10] CODESYS (s.f) *Why Codesys? The right choice for users and device manufacturers across all industries*. <https://www.codesys.com/the-system/why-codesys.html> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [11] Collins, D. (6 de agosto de 2019) *What are program organization units (POUs) in PLC programming?* MOTION CONTROL TIPS. <https://www.motioncontroltips.com/what-are-program-organization-units-in-plc-programming/> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [12] Aumezar – Automatización y Mantenimientos Eléctricos (s.f.) *Programación de sistemas SCADA y HMI* <http://aumezar.es/ES/aumezar/cms.php?tkn=16#1> (Accedido el 13 de julio de 2021)
- [13] MDN contributors (12 de julio de 2021) *Generalidades del protocolo HTTP*. MDN
-



**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE
SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y
SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE
CIROS**

2. PLANOS



PROYECTO: Automatización de un Sistema de Almacenamiento mediante PLC M241 de Schneider con Monitorización HMI y Simulación del Proceso con el Software CIROS

AUTOR: Alejandro Huesca Vidal

TUTOR: Raúl Simarro Fernández



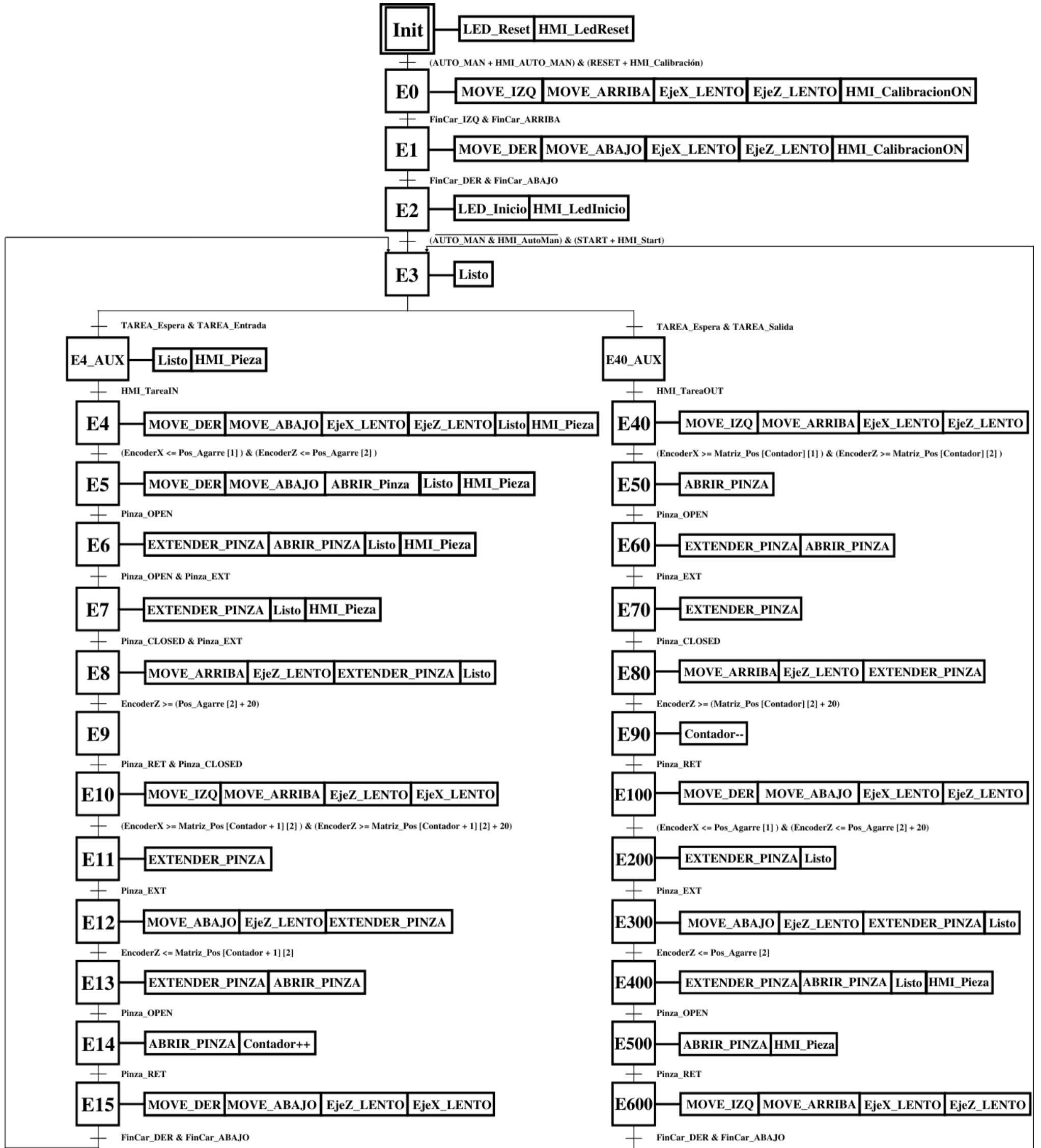
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PLANO:

Estación de Distribución

Plano N°

01



PROYECTO: Automatización de un Sistema de Almacenamiento mediante PLC M241 de Schneider con Monitorización HMI y Simulación del Proceso con el Software CIROS
 AUTOR: Alejandro Huesca Vidal
 TUTOR: Raúl Simarro Fernández



PLANO:
Estación de Estanterías Altas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE
SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y
SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE
CIROS**

**PLIEGO DE
CONDICIONES**

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. Objeto

El objeto del presente documento es definir y especificar las condiciones técnicas mínimas del sistema para que su funcionamiento sea correcto, así como su posterior mantenimiento para evitar errores. Así pues, el ámbito de aplicación del mismo abarca los componentes tanto de software como de hardware. En determinadas situaciones se podrán adoptar soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre y cuando quede lo suficientemente justificada su necesidad y no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas.

3.2. Condiciones generales

3.2.1. Ordenador personal

Se exigen unos requisitos mínimos en cuanto al hardware y software del equipo a utilizar para llevar a cabo la implementación del proyecto. En caso de pérdida de calidad o velocidad, o fallo de las aplicaciones por incumplimiento de estos requisitos, el diseñador quedará exento de responsabilidades.

3.2.1.1. Hardware

El ordenador personal podrá ser fijo o portátil, pero deberá de cumplir los siguientes requisitos mínimos en cuanto a hardware:

- Procesador Intel Core i5 o superior.
- 16 GB de Memoria RAM para soportar la multitarea requerida.
- Tarjeta gráfica dedicada de 4 GB de VRAM.
- 10 GB de espacio en el disco duro.
- Resolución de pantalla de 1280 x 768 píxeles o superior.
- Puerto para comunicaciones Ethernet.
- Teclado y ratón.
- Se recomienda el uso de doble pantalla para poder visualizar ambos programas al mismo tiempo y al completo.

3.2.1.2. Software

El equipo deberá de tener instalados:

- Versión de 64 bits de uno de los siguientes sistemas operativos:
 - Microsoft Windows 8.

- Microsoft Windows 10.
- CIROS Education 6.4 de Festo o versión completa.
- KEPServerEX 5 de Kepware.
- SoMachine V4.3 de Schneider Electric o versión superior (necesarias posibles adaptaciones de los diseños).

3.2.2. Autómata programable

La automatización del proceso ha sido diseñada para el autómata Schneider Modicon M241 Modelo TM241CE40R, por lo que, en caso de uso de un autómata distinto, se deberá llevar a cabo una adaptación del proyecto para una correcta compatibilidad, eximiéndose de responsabilidad el autor del mismo de posibles fallos del sistema o implementación. Las características de este autómata se pueden consultar en el Anexo IV: Hoja de Datos de PLC M241 Schneider.

3.2.3. Dispositivo conexión HMI

El dispositivo desde el que se desee realizar la conexión al servidor web en el que se encuentra alojado el HMI con el fin de monitorizar y controlar el proceso desde este debe de disponer de conexión Wi-Fi, puesto que se debe de encontrar conectado en la misma red local que el equipo de trabajo y acceso a un navegador web (Chrome, Safari, Explorer...) desde el que realizar la conexión.

3.3. Condiciones de entrega

La entrega se realizará vía memoria USB o bien vía espacio de almacenamiento web como Google Drive, Dropbox o similares. En primer lugar, se entregará un Manual de Usuario en el que se explicará paso a paso el procedimiento de conexión de los diferentes programas (consultar Anexo III: Manual de Usuario) junto con los archivos .opf correspondientes a los Servidores OPC creados para cada estación.

Una vez llevadas a cabo las correspondientes conexiones y realizada una operación de Quick Client en el Servidor de Kepware para verificar la correcta conexión, se procederá a la entrega de los programas .project diseñados en SoMachine. Se prestará servicio de ayuda o consulta al cliente para la puesta en marcha de los sistemas con el fin de solucionar posibles errores o fallos de compatibilidad.

3.4. Condiciones de mantenimiento

Los programas implementados en los dispositivos no requieren supervisión o mantenimiento por parte del cliente debido a que durante el proceso de diseño ya han sido probados y se ha verificado su correcto funcionamiento. No obstante, en caso de ser

necesaria una modificación del mismo o bien ser requerida una adaptación por parte del cliente, deberá ser llevada a cabo por el diseñador, en ningún caso por el cliente con el fin de evitar posibles alteraciones del funcionamiento. Estas posibles modificaciones conllevarán los estudios de alternativas, diseños e implementaciones necesarias para alcanzar el resultado final.

Por otro lado, se otorgará al cliente un mes de asistencia técnica gratuita tras el momento de la puesta en marcha. Concurrido el plazo de un mes, la asistencia que otorgue el diseñador contará como servicio de mantenimiento añadido.

Así pues, si la asistencia técnica ante la aparición de un error o fallo es proporcionada por alguien diferente al diseñador, este no se hará responsable de las posibles modificaciones aplicadas y futuros errores.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE
SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y
SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE
CIROS**

PRESUPUESTO

4. PRESUPUESTO

4.1. Objeto

Este documento tiene como objeto el desarrollo del presupuesto del proyecto. Para ello, se llevará a cabo un análisis económico de todo aquello que ha intervenido en él, desde los costes de diseño del automatismo como los de la implementación del mismo en el PLC real, así como el propio autómeta.

La realización del presupuesto tendrá en cuenta una implementación real del sistema, es decir, se parte de la base que el cliente dispone de la estación física correspondiente, por lo que no se tendrá en cuenta el coste de la maquinaria industrial implicada pero sí el del programa de simulación empleado, CIROS.

Así pues, se descompondrá el tiempo total empleado en la realización del proyecto en las distintas tareas que ha conllevado el mismo.

TAREA	DURACIÓN (h)
Configuración	20
Diseño	60
Implementación y validación	140
Elaboración HMIs	30
Redacción	50
TOTAL	300

Tabla 2. Distribución horas del proyecto

4.2. Cuadro de Precios Elementales

4.2.1. Mano de obra

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	SALARIO (€/h)
MO.GIEIA	h	Graduado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática	18

Tabla 3. Especificación Mano de Obra

4.2.2. Maquinaria y materiales

Se tendrán en cuenta tanto el equipo empleado en la elaboración del proyecto junto con el autómeta (hardware) como los programas informáticos empleados para ello (software).

Hardware

Para calcular la amortización del autómata TM241CE40R de Schneider Electric, se debe considerar su coste de 416,53 € y su vida útil de 6 años aproximadamente. Teniendo eso en cuenta, así como suponiendo un uso diario de 8 horas (jornada laboral) durante los 225 días laborales que comprende un año:

$$MT.PLC = \frac{\text{Base de Amortización (€)}}{\text{Vida útil (h)}} = \frac{416,53 - 0}{\frac{1800 \text{ h}}{1 \text{ año}} \cdot 6 \text{ años}} = \mathbf{0,0386 \text{ €/h}}$$

Para calcular el coste de amortización del equipo empleado se tendrá en cuenta un coste de alrededor de 1.000 € (de acuerdo con especificaciones detalladas en el pliego) y un uso diario de 8 horas durante los 225 días laborales de un año, al igual que en el autómata. Así pues, considerando una vida útil del equipo de alrededor de 5 años:

$$MT.OS = \frac{\text{Base de Amortización (€)}}{\text{Vida útil (h)}} = \frac{1000 - 0}{\frac{1800 \text{ h}}{1 \text{ año}} \cdot 5 \text{ años}} = \mathbf{0,1111 \text{ €/h}}$$

Software

Los programas empleados en el proyecto son CIROS, SoMachine y Kepware. La licencia de adquisición de SoMachine es completamente gratuita, así como la de Kepware, puesto que en el caso de este último se utiliza la versión de demostración que tiene una limitación continuada de 2 horas, lo cual es suficiente para llevar a cabo las pruebas necesarias. Por otro lado, la licencia educacional de CIROS tiene un coste de 407,08 €/año (sin IVA), por lo que considerando también un uso de 8 horas diarias de jornada laboral durante los 225 días laborales del año:

$$MT.CIR = \frac{\text{Base de Amortización (€)}}{\text{Vida útil (h)}} = \frac{407,08 - 0}{\frac{1800 \text{ h}}{1 \text{ año}} \cdot 1 \text{ año}} = \mathbf{0,2262 \text{ €/h}}$$

Así pues, teniendo en cuenta los precios de amortización calculados:

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTE (€/h)
MT.PLC	h	Autómata TM241CE40R	0,0386
MT.OS	h	Ordenador de sobremesa	0,1111
MT.CIR	h	Software CIROS	0,2262

Tabla 4. Especificaciones de material y maquinaria

4.3. Cuadro de Precios Unitarios

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
UD.01	ud	Configuración	367,52
UD.02	ud	Diseño	1086,67
UD.03	ud	Implementación y validación	2572,63
UD.04	ud	Elaboración HMIs	543,33
UD.05	ud	Redacción	905,56

Tabla 5. Coste distintas Uds de Obra

4.4. Cuadro de Precios Descompuestos

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTE	IMPORTE (€)
UD.01	ud	Configuración		366,98	
MO.GIEIA	h	Graduado en Ing. Electrónica, Industrial y Electrónica	20	18	360
MT.PLC	h	Autómata TM241CE40R	20	0,0386	0,77
MT.OS	h	Ordenador de Sobremesa	20	0,1111	2,22
MT.CIR	h	Software CIROS	20	0,2262	4,52

Tabla 6. Precios descompuestos Ud. de Obra 01

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTE	IMPORTE (€)
UD.02	ud	Diseño		1086,67	
MO.GIEIA	h	Graduado en Ing. Electrónica, Industrial y Electrónica	60	18	1080
MT.OS	h	Ordenador de Sobremesa	60	0,1111	6,67

Tabla 7. Precios descompuestos Ud de Obra 02

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTE	IMPORTE (€)
UD.03	ud	Implementación y validación		2568,846	
MO.GIEIA	h	Graduado en Ing. Electrónica, Industrial y Electrónica	140	18	2520
MT.PLC	h	Autómata TM241CE40R	140	0,0386	5,40
MT.OS	h	Ordenador de Sobremesa	140	0,1111	15,55
MT.CIR	h	Software CIROS	140	0,2262	31,67

Tabla 8. Precios descompuestos Ud de Obra 03

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTE	IMPORTE (€)
UD.04	ud	Elaboración HMIs		543,333	
MO.GIEIA	h	Graduado en Ing. Electrónica, Industrial y Electrónica	30	18	540
MT.OS	h	Ordenador de Sobremesa	30	0,1111	3,33

Tabla 9. Precios descompuestos Ud. de Obra 04

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTE	IMPORTE (€)
UD.05	ud	Redacción		905,56	
MO.GIEIA	h	Graduado en Ing. Electrónica, Industrial y Electrónica	50	18	900
MT.OS	h	Ordenador de Sobremesa	50	0,1111	5,56

Tabla 10. Precios descompuestos Ud de Obra 05

4.5. Presupuesto de Ejecución por Contrata

UD. DE OBRA	IMPORTE
UD.01 Configuración	367,52 €
UD.02 Diseño	1.086,67 €
UD.03 Impementación y validación	2.572,63 €
UD.04 Elaboración HMIs	543,33 €
UD.05 Redacción	905,56 €
Presupuesto de Ejecución Material	5.475,70 €
Gastos Generales (13%)	711,84 €
Beneficio Industrial (6%)	328,54 €
Suma	6.516,08 €
IVA (21%)	1.368,38 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata	7.884,46 €

Tabla 11. Presupuesto de Ejecución por Contrata

El presupuesto asciende a la expresada cantidad de: SIETE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO MEDIANTE PLC M241 DE
SCHNEIDER CON MONITORIZACIÓN HMI Y
SIMULACIÓN DEL PROCESO CON EL SOFTWARE
CIROS**

ANEXOS

5. ANEXOS

5.1. Anexo I: Matriz de posiciones

5.1.1. Objeto

El objeto de este anexo es mostrar el contenido de la matriz de posiciones creada en el programa correspondiente a la Estación de Estanterías Altas. La matriz está formada por 35 elementos que, a su vez, consiste cada uno de ellos en un vector de dos coordenadas, la X y la Z. Así pues, será necesario simplemente acceder a cada posición de la matriz haciendo uso del contador para conocer las coordenadas de la última pieza almacenada o del siguiente hueco disponible para almacenar una nueva pieza.

5.1.2. Matriz de posiciones

MATRIZ POSICIONES						
(800'4,29'2)	(712'2,29'2)	(624,29'2)	(536'1,29'2)	(448'2,29'2)	(360'3,29'2)	(272'4,29'2)
(800'4,119'6)	(712'2,119'6)	(624,119'6)	(536'1,119'6)	(448'2,119'6)	(360'3,119'6)	(272'4,119'6)
(800'4,210)	(712'2,210)	(624,210'0)	(536'1,210)	(448'2,210)	(360'3,210)	(272'4,210)
(800'4,300'4)	(712'2,300'4)	(624,300'4)	(536'1,300'4)	(448'2,300'4)	(360'3,300'4)	(272'4,300'4)
(800'4,391'2)	(712'2,391'2)	(624,391'2)	(536'1,391'2)	(448'2,391'2)	(360'3,391'2)	(272'4,391'2)

Tabla 12. Matriz de posiciones Estación de Almacenamiento

5.2. Anexo II: Tablas entradas y salidas

5.2.1. Objeto

En este anexo se muestran las variables de ambos procesos que utiliza el PLC M241 para la automatización de cada sistema. Para facilitar su comprensión se ha añadido una pequeña descripción de funcionamiento de cada variable. Además, se ha dividido el documento en dos partes: por un lado, las variables de la Estación de Distribución y, por otro, la Estación de Estanterías Altas.

5.2.2. Estación de Distribución

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DATO	DESCRIPCIÓN
START	%MX0.0	BOOL	Permite comienzo proceso
HMI_START	N/A	BOOL	Auxiliar a START
STOP	%MX0.1	BOOL	Provoca la detención del proceso
HMI_STOP	N/A	BOOL	Auxiliar a STOP
AUTO_MAN	%MX0.2	BOOL	Cambio de modo de Automático a Manual
HMI_AUTO_MAN	N/A	BOOL	Auxiliar a AUTO_MAN
RESET	%MX0.3	BOOL	Reinicia el contador
HMI_RESET	N/A	BOOL	Auxiliar a RESET
EM_STOP	%MX0.4	BOOL	Provoca la detención del proceso en emergencia
AlmacenVacio	%MX0.5	BOOL	Indica que el almacén se encuentra sin piezas
GIR_EstSig	%MX0.6	BOOL	Indica que el Cambiador se encuentra en la derecha
EMPUJE_Retraido	%MX0.7	BOOL	Indica que el pistón está retraído
GIR_Almacen	%MX1.0	BOOL	Indica que el Cambiador se encuentra en la izquierda
SUCCION	%MX1.1	BOOL	Indica que la pieza ha sido succionada correctamente
EMPUJE_Extendido	%MX1.2	BOOL	Indica que el pistón está extendido
LED_Inicio	%MX2.0	BOOL	Indicador luminoso para inicio del proceso
LED_Reset	%MX2.1	BOOL	Indicador luminoso para lote completo
LED_AlmVacio	%MX2.2	BOOL	Indicador luminoso para almacén sin piezas

MOVE_EstSig	%MX2.3	BOOL	Mueve el Cambiador a la derecha
EMPUJE_OUT	%MX2.4	BOOL	Extiende el pistón
MOVE_Almacen	%MX2.5	BOOL	Mueve el Cambiador a la izquierda
CONECT_VACIO	%MX2.6	BOOL	Activa el mecanismo de succión de piezas
EXPULSAR	%MX2.7	BOOL	Desactiva el vacío de succión
CUENTA	%MW3	WORD	Lleva el recuento de piezas trasladadas
Luz_Verde	N/A	BOOL	Auxiliar a LED_Inicio
Luz_Amarilla	N/A	BOOL	Auxiliar a LED_Reset
Luz_Roja	N/A	BOOL	Auxiliar a LED_AlmVacio

Tabla 13. Variables E/S de la Estación de Distribución

5.2.3. Estación de Estanterías Altas

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DATO	DESCRIPCIÓN
Matriz_Pos	N/A	MATRIZ [1...35] DE MATRIZ [1...2] DE REAL	Contiene las coordenadas de las 35 posiciones en las que almacenar las piezas
Pos_Agarre	N/A	MATRIZ [1...2] DE REAL	Contiene las coordenadas de la posición de agarre de piezas
Contador	N/A	WORD	Lleva el recuento de piezas almacenadas
EncoderX	%MW4	WORD	Indica la posición del brazo en el eje X
EncoderZ	%MW5	WORD	Indica la posición del brazo en el eje Z
FinCar_ARRIBA	%MX0.0	BOOL	Indica posición máxima superior
FinCar_ABAJO	%MX0.1	BOOL	Indica posición máxima inferior
FinCar_IZQ	%MX0.2	BOOL	Indica posición máxima izquierda
FinCar_DER	%MX0.3	BOOL	Indica posición máxima derecha
Pinza_RET	%MX0.4	BOOL	Indica que la pinza está retraída
Pinza_EXT	%MX0.5	BOOL	Indica que la pinza está extendida
Pinza_CLOSED	%MX0.6	BOOL	Indica que la pinza está cerrada
Pinza_OPEN	%MX0.7	BOOL	Indica que la pinza está abierta
START	%MX1.0	BOOL	Permite comienzo proceso
STOP	%MX1.1	BOOL	Provoca la detención del proceso

AUTO_MAN	%MX1.2	BOOL	Cambio de modo de Automático a Manual
RESET	%MX1.3	BOOL	Inicia la calibración del sistema
TAREA_Espera	%MX1.4	BOOL	Indicador luminoso para almacén sin piezas
TAREA_Entrada	%MX1.5	BOOL	Mueve el Cambiador a la derecha
TAREA_Salida	%MX1.6	BOOL	Extiende el pistón
MOVE_IZQ	%MX2.0	BOOL	Activa el movimiento del brazo hacia la izquierda
MOVE_DER	%MX2.1	BOOL	Activa el movimiento del brazo hacia la derecha
MOVE_ARRIBA	%MX2.2	BOOL	Activa el movimiento del brazo hacia arriba
MOVE_ABAJO	%MX2.3	BOOL	Activa el movimiento del brazo hacia abajo
EXTENDER_PINZA	%MX2.4	BOOL	Provoca la extensión de la pinza
ABRIR_PINZA	%MX2.5	BOOL	Provoca la apertura de la pinza
EjeX_LENTO	%MX2.6	BOOL	Activa la marcha lenta en el eje X
EjeZ_LENTO	%MX2.7	BOOL	Activa la marcha lenta en el eje Z
LED_Inicio	%MX3.0	BOOL	Indicador luminoso para necesidad de presionar el botón START
LED_Reset	%MX3.1	BOOL	Indicador luminoso para necesidad de iniciar la calibración
AlmLleno	%MX3.2	BOOL	Indica que, por lo menos, hay una pieza en el almacén
AlmVacio	%MX3.3	BOOL	Indica que el almacén se encuentra sin piezas
TareaON	%MX3.4	BOOL	Indica que hay alguna tarea en marcha
Listo	%MX3.5	BOOL	Permite retener la bandeja en la posición de agarre
HMI_Bandeja	N/A	BOOL	Indica la presencia de bandeja
HMI_Pieza	N/A	BOOL	Indica la presencia de pieza
HMI_Start	N/A	BOOL	Auxiliar a START
HMI_Stop	N/A	BOOL	Auxiliar a STOP
HMI_Calibracion	N/A	BOOL	Auxiliar a RESET
HMI_TareaIN	N/A	BOOL	Permite al usuario seleccionar tipo de tarea de entrada
HMI_TareaOUT	N/A	BOOL	Permite al usuario seleccionar tipo de tarea de salida
HMI_AutoMan	N/A	BOOL	Auxiliar a AUTO_MAN
HMI_LedReset	N/A	BOOL	Auxiliar a LED_Reset

HMI_LedInicio	N/A	BOOL	Auxiliar a LED_Inicio
HMI_LedStop	N/A	BOOL	Indica la presencia de ledstop
HMI_AlmVacio	N/A	BOOL	Indicador luminoso para almacén sin piezas
HMI_TareaON	N/A	BOOL	Indica la presencia de tareeon
HMI_CalibracionON	N/A	BOOL	Indica que se está llevando a cabo la callibración

Tabla 14. Variables E/S de la Estación de Almacenamiento

5.3. Anexo III: Manual de Usuario

5.3.1. Objeto

El objeto de este anexo es tanto complementar como ampliar y explicar de manera más detallada el procedimiento de conexión, configuración y control a través del HMI diseñado de la Estación de Distribución y de la Estación de Estanterías Altas.

5.3.2. Configuración SoMachine

Como ya fue explicado en el apartado de memoria, el primer paso que se deberá realizar es configurar la conexión del software con el PLC M241. Para ello, lo primero será asegurarse de que el autómatas se encuentra correctamente conectado al ordenador en el que se trabajará a través del cable Ethernet, puesto que la conexión entre ambos será de este tipo. La forma de comprobarlo será comprobando que los indicadores luminosos del autómatas que hacen referencia a la conexión Ethernet se encuentran encendidos y de color verde.



Ilustración 41. Comprobación conexión Ethernet LEDs PLC M241

Lo siguiente será abrir el archivo .project que contiene los POU's en SFC y LD correspondientes a la estación con la que se quiere trabajar y seleccionar la opción de Logic Builder para poder ejecutarlo e interactuar con él correctamente.

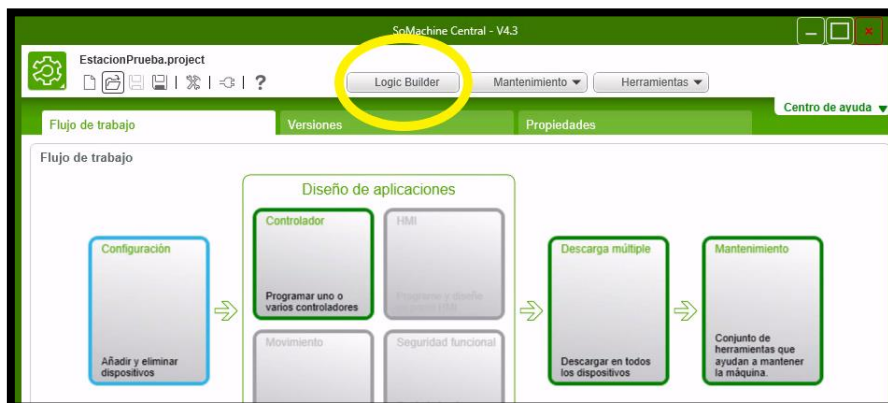


Ilustración 42. Logic Builder SoMachine

A continuación, se deberá realizar la asignación de entradas y salidas como fue explicado en la Memoria. Para ello, lo primero será seleccionar el OPC con el que se trabaja, el Kepware. es decir, se accederá al menú Modeling -> Model Explorer -> S7 -> Properties -> OPC Client -> Refresh para después seleccionar en el desplegable de servidores el Kepware.

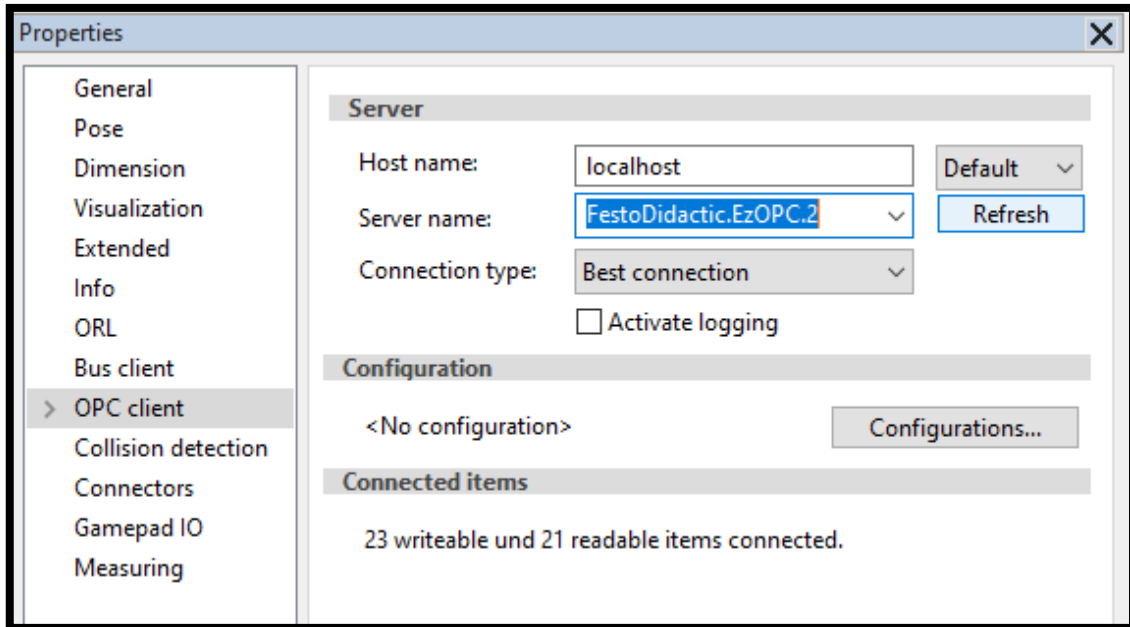


Ilustración 52. Selección Kepware como OPC

El siguiente paso será abrir el menú Items del OPC Client y asignar cada variable creada en el Servidor OPC de Kepware con su correspondiente de la estación.

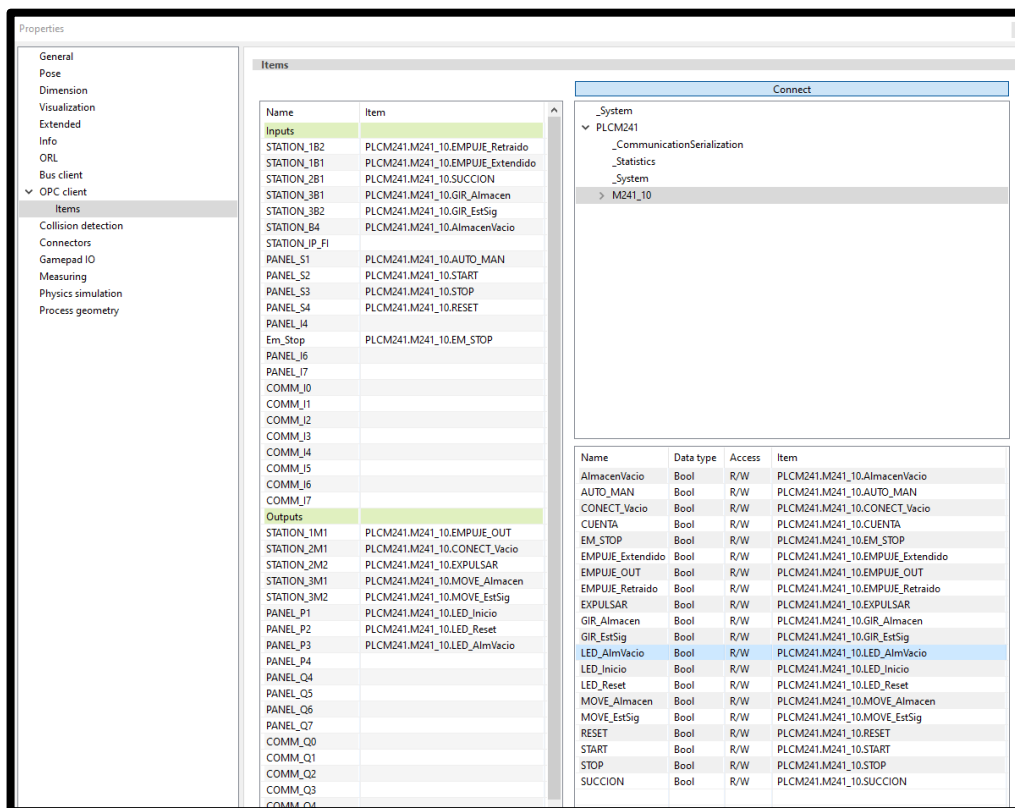


Ilustración 53. Asignación entradas y salidas

Por último, una vez realizada la asignación correspondiente, el único paso que falta es iniciar la simulación de la estación a la vez que se inicia la descarga al autómeta en el software SoMachine para que el sistema empiece a funcionar.

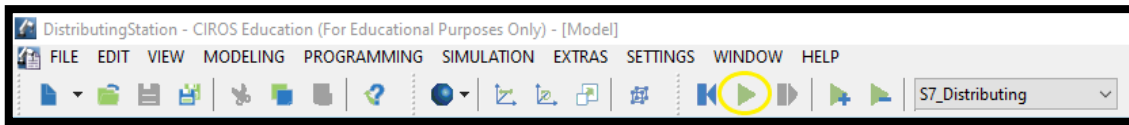


Ilustración 54. Menú inicio Simulación

5.3.4. Configuración Kepware

Para configurar correctamente el Servidor OPC en el Kepware, el primer paso será abrir el archivo .opf que contiene las entradas y salidas correspondientes a la estación con la que se desea trabajar. A continuación, se deberá “apuntar” al PLC M241 con el que se realizará el proceso de simulación introduciendo su dirección IP.

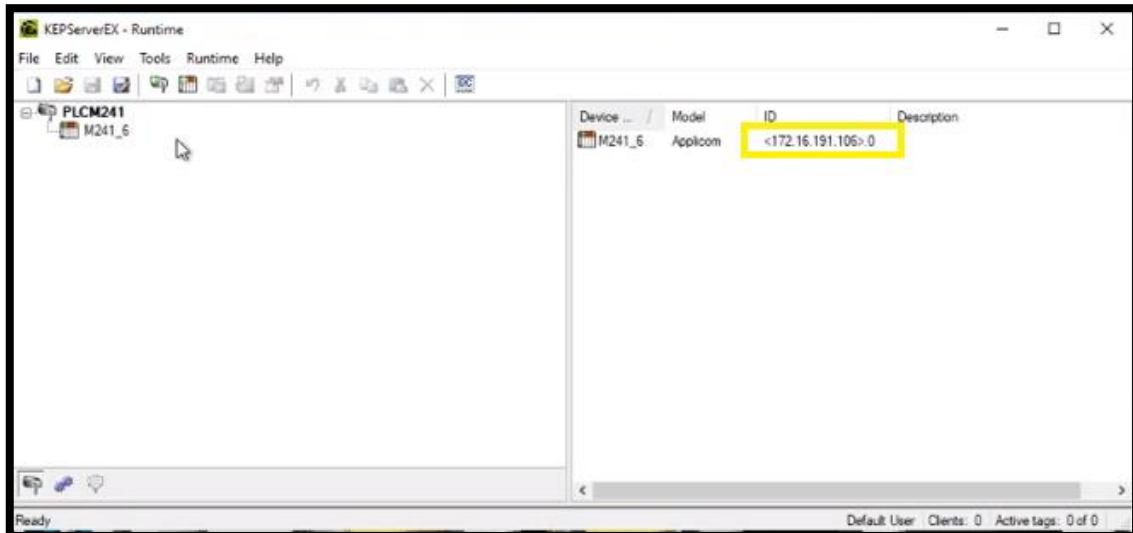


Ilustración 55. Ajuste dirección IP

El siguiente paso consistirá en realizar la operación de Quick Client en el servidor, que consiste en verificar que el funcionamiento de este es correcto simulando una operación real de conexión con el autómeta. Así se podrá comprobar que la conexión de cada una de las entradas y salidas es buena.

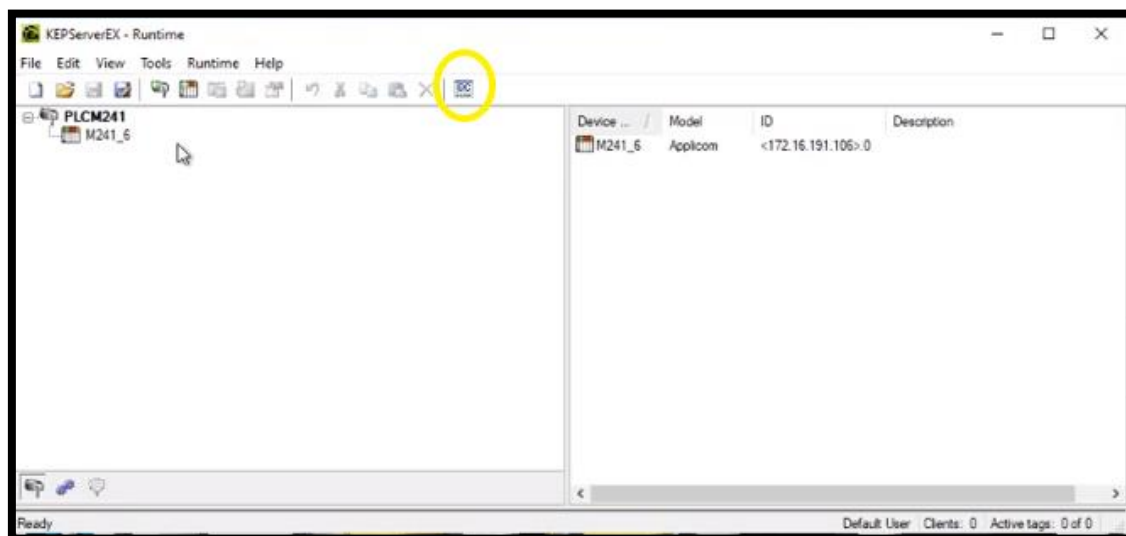


Ilustración 56. Quick Client OPC

5.3.5. Uso HMI a través del Servidor Web

Una vez realizados todos los ajustes necesarios tanto en el autómeta, el software de diseño SoMachine, el de simulación de procesos CIROS y el Servidor OPC de Kepware, se deberá iniciar la simulación de CIROS como ha sido explicado, así como descargar sobre el autómeta el programa de control diseñado en el SoMachine. Iniciada la simulación, el procedimiento para acceder al HMI virtual diseñado conectándose al Servidor Web del autómeta consistirá en acceder al navegador del dispositivo desde el que se desea controlar la estación e introducir en la barra de búsqueda la dirección IP del autómeta seguida de una barra inclinada y, a continuación, el nombre de la visualización web creada en el SoMachine durante la configuración de este (por defecto webvisu) con extensión .htm .

Ejemplo de dirección: 172.16.191.106/WEBVISU.HTM

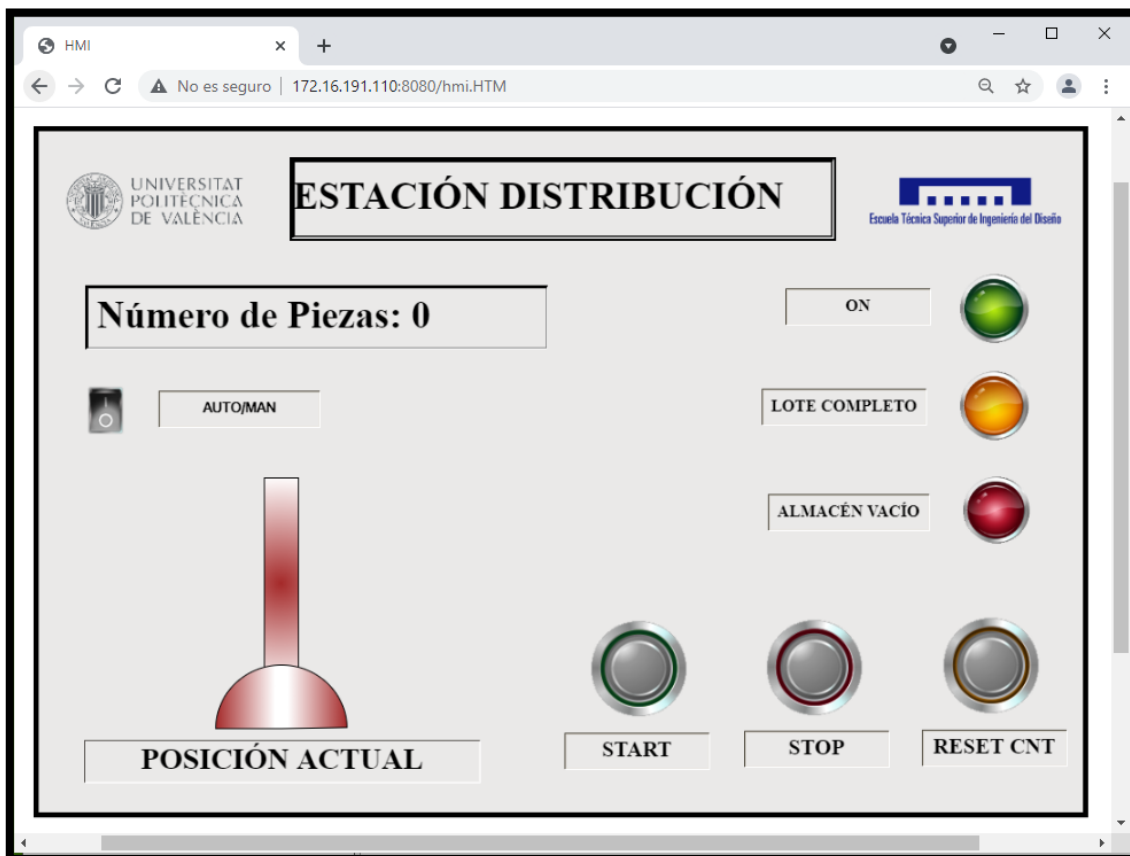


Ilustración 57. Ejemplo de HMI en Navegador Web

De este modo, sólo quedará seguir la secuencia explicada en apartados anteriores, pulsando los botones correspondientes en la interfaz del HMI para llevarla a cabo y prestar atención a los indicadores luminosos y textuales para posibles errores o situaciones de bloqueo.

5.4. Anexo IV: Hoja de datos de PLC M241 Schneider

Hoja de características del producto

Características

TM241C24R

"Controlador M241 24 ES Relé"



Principal

Gama de producto	Modicon M241
Tipo de producto o componente	Autómata programable
[Us] tensión de alimentación asignada	100...240 V AC
De pie conducto	14, entrada discreta 8 entrada rápida acorde a IEC 61131-2 tipo 1
Tipo de salida digital	Transistor Relé
Número de salidas discretas	6 relé 4 transistor 4 salida rápida
Tensión de salida	5...125 V CC para salida del relé 5...250 V CA para salida del relé 24 V CC para salida transistor
Montado en la pared del conducto	2 A para salida del relé - tipo de cable: Q4...Q9) 0.1 A para salida rápida (modo PTO) - tipo de cable: TR0...TR3) 0.5 A para salida transistor - tipo de cable: TR0...TR3)

Complementario

Número de E/S digitales	24
Numero de E/S del módulo de expansión	7 - tipo de cable: local 14 - tipo de cable: remoto
Límites tensión alimentación	85...264 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Entrada lógica	Fregadero o fuente
Tensión de entrada digital	24 V
Tipo de voltaje entrada discreto	CC
Estado de tensión 1 garantizado	≥ 15 V for input
Estado de tensión 0 garantizado	≤ 5 V for input
Corriente de entrada discreta	5 mA para entrada
Tapa de conexiones trasero	4.7 kOhm para entrada
Tiempo respuesta	50 μ s turn-on, I0...I13 terminales para entrada

Tiempo filtro configurable	1 µs para entrada rápida
Lógica de salida discreta	Lógica positiva (fuente)
Límites de tensión de salida	125 V CC salida del relé 30 V CC salida transistor 277 V CA salida del relé
Maximum output frequency	1 kHz para salida transistor 20 kHz for fast output (PWM mode) 100 kHz para fast output (PLS mode) (**)
Precisión	+/- 0.1 % en 0,02...0,1 kHz para salida rápida +/- 1 ° en 0,1...1 kHz para salida rápida
Tipo de protección	Protección contra cortocircuitos para salida transistor Protección contra cortocircuito y sobrecarga con rearme automático para salida transistor Protección de polaridad inversa para salida transistor Sin protección para salida del relé
Tiempo de rearme	10 ms rearme automático salida 12 s rearme automático salida rápida
Capacidad de memoria	8 MB para programa 64 MB for system memory RAM
Orejetas terminales de anillo	128 MB memoria flash integrada para backup of user programs (**)
Mantenido Ti24	<= 16 GB Tarjeta SD - tipo de cable: opcional)
Tipo de batería	BR2032 lithium non-rechargeable, battery life: 4 year(s)
Tiempo de backup	2 años en 25 °C
Tiempo de ejecución para 1 Kinstrucción	0,3 ms para evento y tarea periódica 0,7 ms para otra instrucción
Estructura de aplicación	4 cyclic master tasks (**) 3 cyclic master tasks + 1 freewheeling task (**) 8 external event tasks (**) 8 event tasks
Reloj en tiempo real	Donde
Deriva del reloj	<= 60 s/month en 25 °C
Funciones de posicionamiento	PTO 4 canal(es) 100 kHz)
Número de entrada de contaje	4 entrada rápida (modo HSC) en 200 kHz 14 standard input en 1 kHz
Tipo do sinal de controle	A/B en 100 kHz para entrada rápida (modo HSC) Impulso/dirección en 200 kHz para entrada rápida (modo HSC) Monofásico en 200 kHz para entrada rápida (modo HSC)
Tipo de conexión integrada	Enlace serie sin aislar serie 1 con capacidad de sujeción: RJ45 conector y L/R = RS232/RS485 interface Enlace serie sin aislar serie 2 con capacidad de sujeción: terminal de tornillos extraíble conector y L/R = RS485 interface Porta USB con capacidad de sujeción: USB 2.0 mini B conector
Suministro	- tipo de cable: serie 1)fuente de alimentación de enlace serie, estado 1 5 V, <200 mA
Velocidad de transmisión	1,2-115,2 kbit/s (115,2 kbit/s por defecto) para long bus de 15 m para RS485 1,2-115,2 kbit/s (115,2 kbit/s por defecto) para long bus de 3 m para RS232 480 Mbit/s para long bus de 3 m para USB
Communication port protocol	Enlace serie sin aislar, estado 1 Modbus protocolo maestro/esclavo
Señalizaciones en local	PWR, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) RUN, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) Error de módulo (ERR), estado 1 1 LED - tipo de cable: rojo) I/O error (I/O) (**), estado 1 1 LED - tipo de cable: rojo) Tarjeta SD de acceso (SD), estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) 1 LED (red) for BAT 1 LED (green) for SL1 SL2, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) Bus fault on TM4 (TM4) (**), estado 1 1 LED - tipo de cable: rojo) 1 LED per channel (green) for I/O state
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	bornero de tornillo extraíblefor inputs and outputs (**)) - tipo de cable: paso 5,08 mm) bornero de tornillo extraíblepara conexión de la fuente de alimentación de 24 V CC - tipo de cable: paso 5,08 mm)
Maximum cable distance between devices	Unshielded cable: <50 m for input Shielded cable: <10 m for fast input Cable sin apantallar, estado 1 <50 m para salida Cable apantallado, estado 1 <3 m para salida rápida
Aislamiento	Entre el suministro y la lógica interna en 500 V CA

	Sin aislamiento entre la oferta y la tierra
Marcado	CE
Fuente de alimentación de detector	24 V CC en 400 mA suministrado por el controlador
Resistencia a sobretensiones	2 kV líneas de potencia (AC) modo común acorde a EN/IEC 61000-4-5 2 kV salida relé modo común acorde a EN/IEC 61000-4-5 1 kV shielded cable common mode conforming to EN/IEC 61000-4-5 1 kV líneas de potencia (AC) modo diferencial acorde a EN/IEC 61000-4-5 1 kV salida relé modo diferencial acorde a EN/IEC 61000-4-5 1 kV entrada modo común acorde a EN/IEC 61000-4-5 1 kV transistor output ((*)) modo común acorde a EN/IEC 61000-4-5
Soporte de montaje	Tipo de tapón TH35-15 carril acorde a IEC 60715 Tipo de tapón TH35-7.5 carril acorde a IEC 60715 placa o panel con juego de fijación
Altura	90 mm
Profundidad	95 mm
Anchura	150 mm
Peso del producto	0,53 kg

Entorno

Normas	ANSI/ISA 12-12-02 CSA C22.2 No 142 CSA C22.2 No 214 EN/IEC 61131-2:2007 Especificación Marina (LR, ABS, DNV, GL) UL 1604 UL 508
Certificaciones de producto	IACS E10 RCM CULus CSA
Resistencia a descargas electroestáticas	8 kV in air conforming to EN/IEC 61000-4-2 4 kV en contacto acorde a EN/IEC 61000-4-2
Resistencia a los campos electromagnéticos	10 V/m 80 MHz...1 GHz acorde a EN/IEC 61000-4-3 3 V/m 1.4 GHz...2 GHz acorde a EN/IEC 61000-4-3 1 V/m 2 GHz...3 GHz acorde a EN/IEC 61000-4-3
Resistencia a transitorios rápidos	2 kV (power lines) conforming to EN/IEC 61000-4-4 2 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: salida relé) 1 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: enlace serie) 1 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: entrada) 1 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: transistor output ((**))
Resistance to conducted disturbances, induced by radio frequency fields	10 V 0,15...80 MHz acorde a EN/IEC 61000-4-6 3 V 0.1...80 MHz acorde a especificación Marina (LR, ABS, DNV, GL) 10 V frecuencia de punto (2, 3, 4, 6.2, 8.2, 12.6, 16.5, 18.8, 22, 25 MHz) acorde a especificación Marina (LR, ABS, DNV, GL)
Soporte de sujeción de cables	Emisiones conducidas 120...69 dBµV/m QP (líneas de alimentación) en 10...150 kHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 63 dBµV/m QP (líneas de alimentación) en 1,5...30 MHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 79 dBµV/m QP/66 dBµV/m AV (líneas de alimentación) en 0,15...0,5 MHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 73 dBµV/m QP/60 dBµV/m AV (líneas de alimentación) en 0,5...300 MHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones radiadas 40 dBµV/m QP Clase A (10 m) en 30...230 MHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 79...63 dBµV/m QP (líneas de alimentación) en 150...1500 kHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones radiadas 47 dBµV/m QP Clase A (10 m) en 230...1000 MHz acorde a EN/IEC 55011
Inmunidad a microcortes	10 ms
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10...50 °C (vertical installation) -10...55 °C (horizontal installation)
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25...70 °C
Humedad relativa	10...95 %, sin condensación - tipo de cable: en operación) 10...95 %, sin condensación - tipo de cable: en almacenamiento)
Grado de protección IP	IP20 con cub. protec. colocada
Grado de contaminación	2

Altitud máxima de funcionamiento	0 ... 2000 m
Altitud de almacenamiento	0...3000 m
Resistencia a las vibraciones	3.5 mm en 5...8,4 Hz en carril simétrico 3 gn en 8,4...150 Hz en carril simétrico 3.5 mm en 5...8,4 Hz en Montaje en panel 3 gn en 8,4...150 Hz en Montaje en panel
Resistencia a los choques	15 gn para 11 ms

Packing Units

Peso del empaque (Lbs)	799,000 g
Paquete 1 Altura	128,000 mm
Paquete 1 ancho	114,500 mm
Paquete 1 Longitud	186,000 mm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Sin PVC	Sí

Información Logística

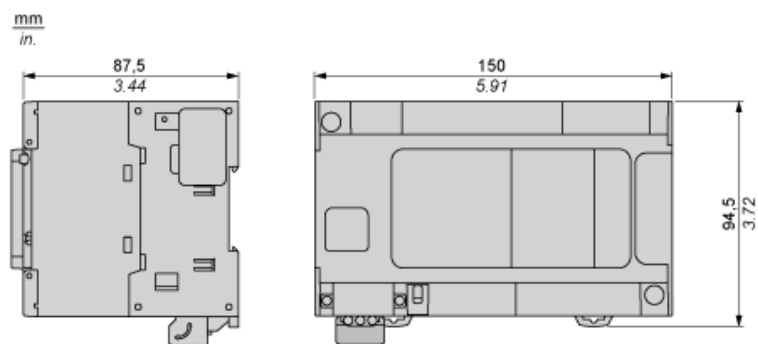
País de Origen	ES
----------------	----

Hoja de características del producto

TM241C24R

Esquemas de dimensiones

Dimensiones

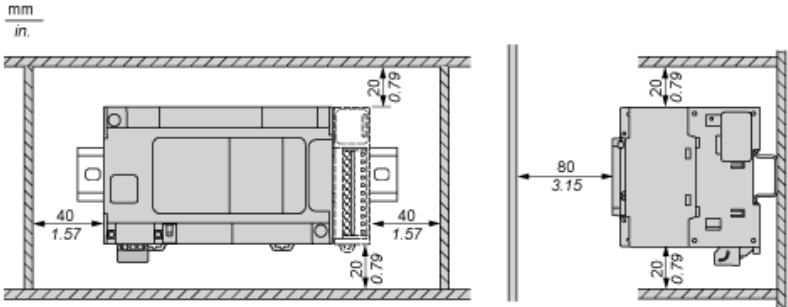


Hoja de características del producto

TM241C24R

Montaje y aislamiento

Distancia

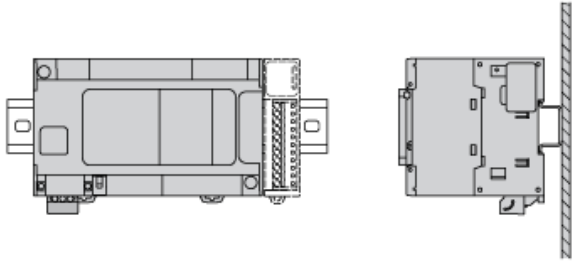


Hoja de características del producto

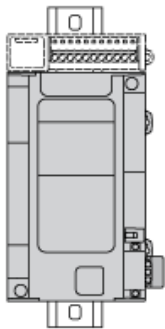
TM241C24R

Montaje y aislamiento

Posición de montaje

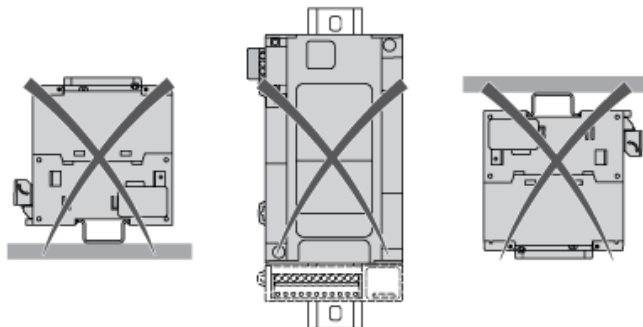


Montaje aceptable



NOTA: Los módulos de ampliación se deben montar sobre el Logic Controller.

Montaje incorrecto



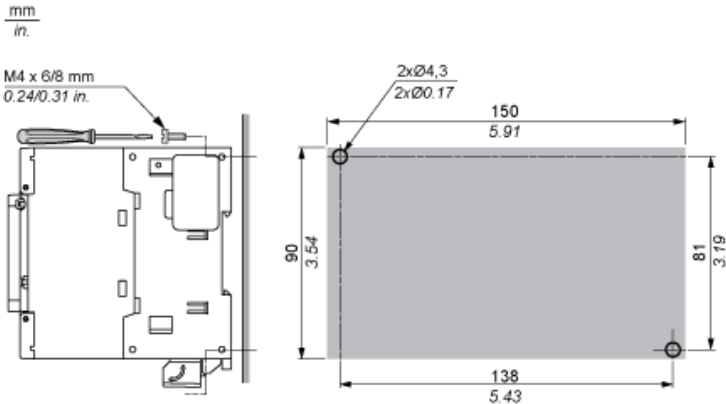
Hoja de características del producto

TM241C24R

Montaje y aislamiento

Montaje directo sobre la superficie de un panel

Disposición de los orificios de montaje



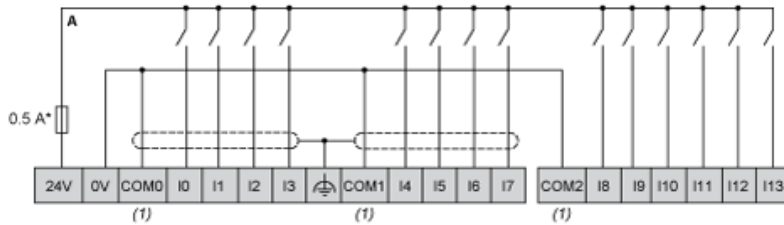
Hoja de características del producto

TM241C24R

Conexiones y esquema

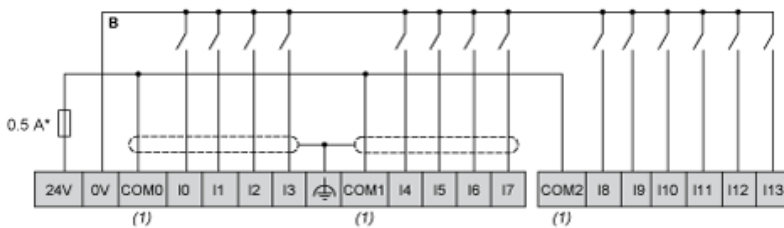
Entradas digitales

Diagrama de cableado (lógica positiva)



- (*): Fusible tipo T
- (1): Los terminales COM0, COM1 y COM2 no están conectados internamente.

Diagrama de cableado (lógica negativa)



- (*): Fusible tipo T
- (1): Los terminales COM0, COM1 y COM2 no están conectados internamente.

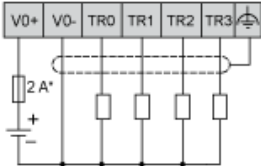
Hoja de características del producto

TM241C24R

Conexiones y esquema

Salidas de transistor rápidas

Diagrama de cableado



(*): Fusible de 2 A de acción rápida

Hoja de características del producto

TM241C24R

Conexiones y esquema

Conexión USB mini B

