



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Proyecto de automatización de un sistema de producción y
almacenamiento con implementación mediante el autómeta
M241 de Schneider y simulación con el software Factory
I/O

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Clara Trujillo, Ivan

Tutor/a: Simarro Fernández, Raúl

Director/a Experimental: PAJARES FERRANDO, ALBERTO

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Raúl Simarro Fernández por haberme llevado hasta este punto, apoyándome en cada paso que daba en el proyecto y guiándome siempre hacia la mejor dirección posible.

También quería agradecer el apoyo recibido por mi familia, amigos y compañeros, ya que sus ánimos y mensajes positivos han sido un motor importante a la hora de desarrollar un proyecto de esta magnitud.

RESUMEN

El proyecto consiste en la implementación y evaluación de dos líneas de producción finales en que el producto se introduce en diversos tipos de cajas para su distribución. Para ello, se plantea un diseño de automatización tal que cumpla con las especificaciones dadas por el cliente. Además, se habilita un sistema HMI que permite la supervisión e interacción del sistema por parte del usuario. Para controlar el proceso se utiliza el autómatas programable de Schneider M241, con su correspondiente software: SoMachine. El automatismo se evalúa con el software de creación de entornos de producción industrial Factory IO, que permite validar la implementación del automatismo creado. Con el objetivo de facilitar la interacción con el usuario se ha implementado un sistema de visualización HMI, a través del cual el cliente es capaz de realizar el pedido que desee y consultar el estado en el que se encuentra la línea de producción. La implementación de este HMI se realiza mediante el servidor web que lleva integrado el propio autómatas, lo que facilita su acceso mediante cualquier navegador web conectado a la misma subred que el PLC.

RESUM

El projecte consisteix en la implementació i avaluació de dues línies de producció finals en què el producte s'introdueix en diversos tipus de caixes per a la seua distribució. Per a això, es planteja un disseny d'automatització tal que complisca amb les especificacions donades pel client. A més, s'habilita un sistema HMI que permet la supervisió i interacció del sistema per part de l'usuari. Per a controlar el procés s'utilitza l'autòmat programable de Schneider M241, amb el seu corresponent programari: SoMachine. L'automatisme s'avalua amb el programari de creació d'entorns de producció industrial Factory IO, que permet validar la implementació de l'automatisme creat. Amb l'objectiu de facilitar la interacció amb l'usuari es dissenya un sistema de visualització HMI, a través del qual el client és capaç de realitzar la comanda que desitja i consultar l'estat en el qual es troba la línia de producció. La implementació d'aquest HMI es realitza mitjançant el servidor web que porta integrat el propi autòmat, la qual cosa facilita el seu accés mitjançant qualsevol navegador web connectat a la mateixa subxarxa que el PLC.

ABSTRACT

The project consists of the implementation and evaluation of two final production lines in which the product is put into various types of boxes for distribution. For this purpose, an automation design is proposed that meets the specifications given by the customer. In addition, an HMI system is implemented to allow the user to monitor and interact with the system. To control the process, the Schneider M241 programmable automaton is used, with its corresponding software: SoMachine. The automation is evaluated with the Factory IO industrial production environment creation software, which allows the implementation of the automation created to be validated. In order to facilitate interaction with the user, an HMI visualisation system is designed, through which the customer is able to place the order they wish and consult the status of the production line. The implementation of this HMI is carried out by means of the web server integrated in the PLC itself, which facilitates access through any web browser connected to the same subnet as the PLC.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

DOCUMENTO I: MEMORIA

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETO	10
2. ANTECEDENTES	10
3. ESTUDIO DE NECESIDADES.....	11
3.1. ESPECIFICACIONES DEL ENCARGO	11
3.2. NORMATIVA	12
3.3. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN PERSONAL.....	13
4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	13
4.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	13
4.2. AUTÓMATA LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	15
4.3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS.....	15
4.4. INTERFAZ DE USUARIO.....	16
4.5. CONEXIONADO.....	17
4.5.1. CONEXIÓN ENTRE EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN Y EL PLC.....	17
4.5.2. CONEXIÓN ENTRE EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y EL PLC.....	17
4.5.3. CONEXIÓN ENTRE EL PLC Y EL HMI	18
4.6. ORDENADOR	19
5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	19
5.1. ESQUEMA DE CONEXIONES.....	19
5.2. DISEÑO EN 3D DE LA PLANTA INDUSTRIAL	20
5.2.1. LÍNEA DE EMBALAJE EN CAJAS DE FABRICACIÓN PROPIA	21
5.2.2. LÍNEA DE EMBALAJE EN CAJAS PREFABRICADAS	24
5.2.3. TRANSPORTE AL ALMACÉN	26
5.2.4. ALMACENAMIENTO.....	27
5.2.5. SALIDA DE MERCANCÍAS	29
5.3. INTERFAZ DE USUARIO.....	29

5.4.	DISEÑO DEL AUTOMATISMO	31
5.4.1.	LÍNEA BASES 1	31
5.4.2.	LÍNEA BASES 2	31
5.4.3.	LÍNEA TAPAS 1	32
5.4.4.	LÍNEA TAPAS 2	32
5.4.5.	PICK & PLACE DE DOS EJES.....	32
5.4.6.	PICK & PLACE DE 3 EJES.....	32
5.4.7.	LÍNEA PALLET CAJAS 1	33
5.4.8.	LÍNEA PALLET CAJAS 2	33
5.4.9.	PALETIZADORA	33
5.4.10.	PLATO GIRATORIO	34
5.4.11.	ENTRADA ALMACÉN	34
5.4.12.	ON/OFF ALMACÉN	35
5.4.13.	SALIDA ALMACÉN	35
5.5.	PROGRAMACIÓN AUTÓMATA.....	36
5.5.1.	ENTORNO SOMACHINE	36
5.5.2.	VARIABLES DEL PROGRAMA.....	37
5.5.3	GESTIÓN DE LOS PEDIDOS.....	37
6.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y FUTURAS ACCIONES.....	38
6.1.	CONSIDERACIONES.....	38
6.2.	DISCUSIÓN Y CONSLUSIONES.....	38
6.3.	FUTURAS ACCIONES	39
7.	BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de la planta disponible totalmente vacía.	12
Figura 2. Cuadro comparativo de los lenguajes de programación de PLC y el esquema en GRAFCET empleados en el proyecto.	14
Figura 3. Fotografía del PLC de Schneider M241. Fuente: Catálogo Shcneider Electric.	15
Figura 4. Ejemplo de planta industrial realizada con Factory IO. Fuente: https://docs.factoryio.com	16
Figura 5. Esquema de conexión de diferentes dispositivos a un HMI desde un servidor web. Fuente: Beijer Electronics.	16
Figura 6. Esquema de conexión entre el software de programación y el PLC.	17
Figura 7. Esquema de conexión entre el software de simulación de procesos y el software de programación del PLC.	18
Figura 8. Esquema de conexión entre el PLC y el HMI.	18
Figura 9. Esquema de conexiones del proyecto en su conjunto.	20
Figura 10. Diseño 3D de la planta completa.	21
Figura 11. Captura cenital de la línea de fabricación propia de cajas.	22
Figura 12. Ejemplo de la estación de producción de piezas en funcionamiento. Fuente: https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#machining-center	23
Figura 13. Ejemplo Pick and Place de dos ejes. Fuente: https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#two-axis-pick-place	23
Figura 14. Ejemplo de Pick and Place de tres ejes con el pallet de cajas azules formad.	24
Figura 15. Línea de paletizado de cajas prefabricadas.	25
Figura 16. Ejemplo de la paletizadora en funcionamiento. Fuente: https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#palletizer	25
Figura 17. Ejemplo de llegada del pallet de cajas azules al plato divisor.	26
Figura 18. Instantánea de la línea de transporte de pallets hasta el almacén.	27
Figura 19. Imagen del almacén vertical con los dos elevadores.	28
Figura 20. Instantánea de la cámara de visión artificial situada en la entrada del almacén vertical.	28
Figura 21. Línea de salida de mercancías.	29
Figura 22. Imagen de la interfaz de usuario diseñada.	30
Figura 23. Imagen de la estructura de la tarea principal con todos los programas incluidos en SoMachine.	36

1. OBJETO

El objetivo de este proyecto es diseñar la línea final de una planta dedicada a la producción, paletizado y almacenaje de distintos tipos de productos ensamblados en diferentes tipos de cajas.

Este documento engloba el desarrollo de la planta en su conjunto; incluyendo el diseño inicial de ésta en 3D con el software de simulaciones Factory IO, la programación del autómatas elegido (M241) en el software propio de Schneider: SoMachine y el diseño e implementación del sistema de visualización (HMI). Se excluye del proyecto el diseño eléctrico de las máquinas a utilizar y el cableado de la planta.

2. ANTECEDENTES

La Automatización Industrial se define como la aplicación de sistemas o elementos electromecanizados, electroneumáticos, electrohidráulicos o controlados por computadora con finalidades industriales. Para controlar estos sistemas se recurre al uso de autómatas lógicos programables o PLCs [4].

El origen de la Automática se puede datar en torno al año 300 a.C., cuando se utilizaron las primeras palancas y poleas para crear el movimiento coordinado y en conjunto de diversos elementos para llevar a cabo tareas sencillas como levantar objetos de peso o empujar carros.

En cambio, la Automatización Industrial tiene un origen mucho más reciente y está directamente relacionado con la aparición de las grandes factorías industriales. En los años 60 surgieron los primeros ordenadores y máquinas controladas por computadores mediante cableado, siendo este el antecesor de los sistemas automáticos tal y como los conocemos hoy en día [5].

Esta filosofía de conjunto en la que unos actuadores son controlados por una máquina ha evolucionado a un estándar superior en la Cuarta Revolución Industrial. A partir del 2010 se acuña el término de Industria 4.0, que da nombre a la transformación digital de los procesos productivos a través del uso de la tecnología actual.

3. ESTUDIO DE NECESIDADES

El estudio de necesidades engloba los requerimientos del sistema solicitados por el cliente, la normativa que a éste le concierne y la motivación personal del autor por el proyecto.

3.1. ESPECIFICACIONES DEL ENCARGO

El cliente solicita la creación de un sistema automático para la línea final de una fábrica en la que se empaqueta el producto en cajas de diferentes tipos. Estas cajas se deben organizar en pallets según se indica en el listado de especificaciones dadas. En la fábrica se elaborarán cajas de dos colores distintos (azul y verde) y se generarán pallets de cajas prefabricadas. Además, se deben almacenar y gestionar su salida y entrada del almacén de forma automática.

En cuanto a las limitaciones de espacio se refiere, se dispone de una nave industrial de nueva creación con un espacio diáfano útil para el diseño de las distintas líneas.

A continuación, se resumen las especificaciones dadas en forma de lista:

- Los productos de la planta se empaquetan en cajas de distintos tipos. Por ello, en la planta se paletizan cajas de fabricación propia y cajas prefabricadas.
- El sistema debe generar dos tipos de cajas de fabricación propia para almacenar los productos de la fábrica. Éstas se deben ensamblar y disponer en pallets en grupos de 3. Además, las cajas se tienen que producir con la base metálica y con la tapa verde o azul según el pedido.
- Debe haber una línea diferenciada para paletizar los productos embalados en las cajas prefabricadas en pallets de 12 unidades, quedando las cajas agrupadas en dos niveles de 6 cajas cada uno.
- A la hora de almacenar los pallets, es necesario crear zonas diferenciadas dentro del almacén vertical para los tres tipos de pallets posibles.
- El proceso de almacenamiento debe tener un stock de seguridad mínimo que garantice el servicio y pueda ser modificado por el usuario.
- Los pedidos se tienen que gestionar a través de una aplicación que permita al usuario realizar los pedidos, modificar el stock de seguridad mínimo y conocer el estado de funcionamiento del sistema (encendido, parada o emergencia).
- El sistema debe ser eficaz y eficiente, siguiendo la filosofía Just Int Time (JIT).

En el proyecto se incluirá la selección y compra del PLC utilizado, pero el cliente recurrirá a otro proveedor para la implantación del proyecto en la industria.

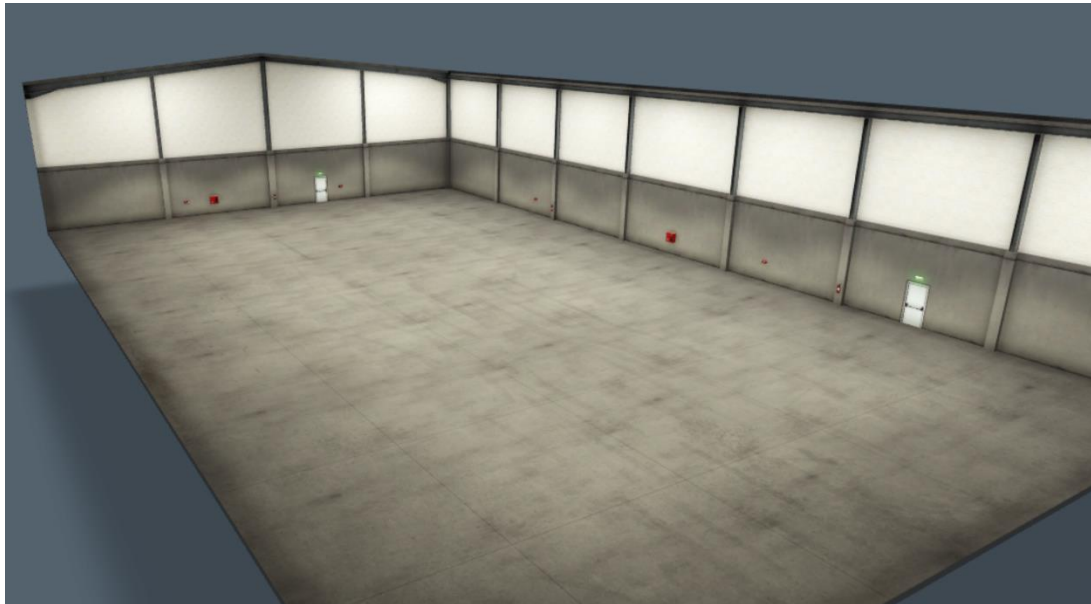


Figura 1. Imagen de la planta disponible totalmente vacía.

3.2. NORMATIVA

UNE-EN IEC 61131:2019. Estándar Internacional para controladores lógicos programables (PLC).

UNE-EN 60848:2013. Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.

UNE-EN 62439:2018. Redes de comunicación industrial. Redes de automatización de alta disponibilidad.

UNE-EN 157001. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

UNE-EN ISO 13850:2016. Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño.

EN ISO 13849-1:2006. Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a la seguridad. Primera parte: Principios generales para el diseño (Gutiérrez, 2018)

EN ISO 13849-2:2004. Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a la seguridad. Segunda parte: Validación (Gutiérrez, 2018)

3.3. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN PERSONAL

Este proyecto surge gracias a que el Grado en Ingeniería Electrónica industrial y Automática dispone de una mención enfocada al mundo de la Automática. Cursando dicha mención, los alumnos adquieren conocimientos relativos a los sistemas automáticos en su conjunto; desde la parte de cableado e instrumentación electrónica hasta el diseño algebraico de controladores computacionales. Haciendo patente lo amplio que puede llegar a ser el campo de la Automática y las numerosas ramas que lo componen.

Así pues, las asignaturas de Automática Básica, Automatización Industrial e Instalaciones de Control Industrial son las que más se han enfocado en el mundo de la Industria 4.0 y la programación de sistemas automáticos. Estas asignaturas fueron el precursor de que el autor de este documento decidiera realizar el proyecto de fin grado en el departamento responsable de las mismas.

El proyecto se plantea con el objetivo personal de profundizar en los conocimientos adquiridos durante el grado para poder construir un sistema automático completo.

4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado del documento se va a enunciar las diferentes opciones que se han tenido en cuenta para cada parte del proyecto y se justificará el método elegido en cada caso.

4.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

A la hora de programar el autómata, se puede optar por diferentes tipos de lenguajes: SFC, Texto estructurado (ST) o Diagrama de contactos (LD). En este caso se ha optado por el SFC debido a que es el lenguaje más fácilmente exportable y compatible con diferentes autómatas. Éste se combina con la programación de la activación de los actuadores del proceso en LD. De este modo se genera una programación visual de cada subprocesso en SFC y una lista de las condiciones de activación de cada actuador del sistema en LD.

Además, para gestionar los pedidos, se ha añadido un bloque que consigue simular el comportamiento de una memoria FIFO (First Input First Output), siendo este un bloque cuyo funcionamiento está programado en texto estructurado.

Por último, en el documento N°2 se han elaborado los planos que detallan el funcionamiento del programa en GRAFCET, ya que esta metodología de diseño de sistemas secuenciales presenta una estructura similar al SFC utilizado en el software de programación, pero combina etapas con acciones y permite obtener una visión inmediata de qué pasa en cada momento.

En la siguiente Figura se muestra un cuadro comparativo de los distintos formatos de programación comentados, todos ellos empleados en el proyecto.

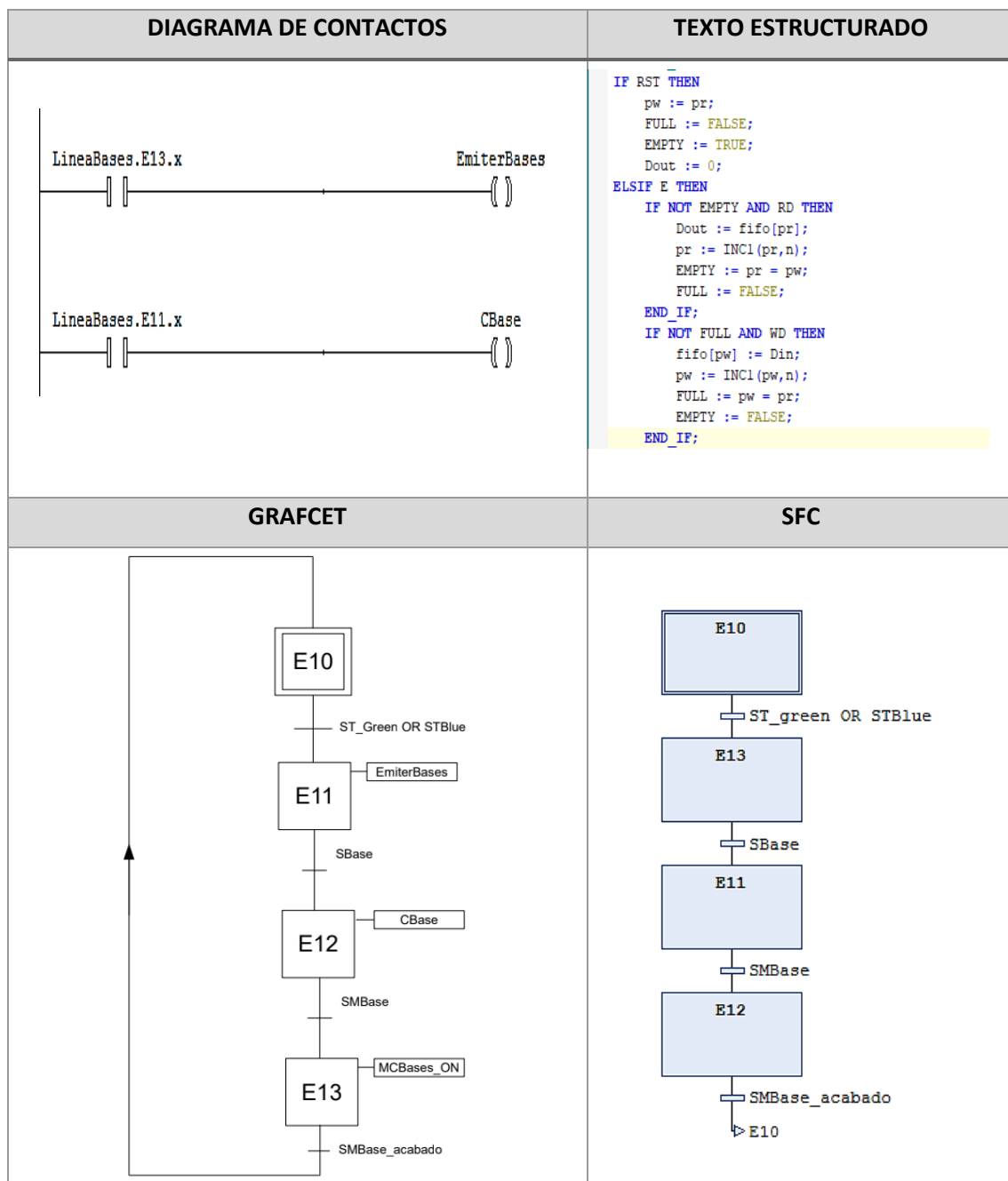


Figura 2. Cuadro comparativo de los lenguajes de programación de PLC y el esquema en GRAFCET empleados en el proyecto.

4.2. AUTÓMATA LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Para la programación del proceso se va a utilizar el autómata M241 de Schneider. Este presenta una ventaja fundamental frente a otros similares al utilizar un software de programación libre: SoMachine. Este PLC no había sido utilizado por el autor del documento con anterioridad y así la realización de este TFG ha supuesto una ampliación de los conocimientos sobre autómatas y software de programación obtenido previamente. Otro aspecto a tener en cuenta ha sido el hecho que SoMachine es un entorno basado en Codesys, y éste ha sido el programa que durante la carrera más se ha trabajado.



Figura 3. Fotografía del PLC de Schneider M241. Fuente: Catálogo Schneider Electric.

4.3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS

A la hora de diseñar el proceso industrial era necesario tener presente que se pretendía simular de forma que el simulador constituyera un hipotético gemelo digital del proceso lo más similar a la realidad posible, de este modo, el programa simulado podría pasar a ser un proceso real únicamente conectándolo a un módulo de entradas y salidas físicas. Teniendo esto en cuenta, el software elegido es el Factory IO ya que este permite crear un modelo 3D bastante realista con estaciones de trabajo que encajan en el planteamiento de la fábrica de cajas.



Figura 4. Ejemplo de planta industrial realizada con Factory IO. Fuente: <https://docs.factoryio.com>

4.4. INTERFAZ DE USUARIO

A la hora de diseñar el HMI se han tenido en cuenta numerosas opciones: una pantalla táctil externa, el visualizador de la propia simulación o un servidor web. Finalmente, se elige el servidor web como opción final para esta interfaz debido a que se puede crear directamente desde el software de programación (SoMachine) y permite al usuario conectarse a la interfaz desde cualquier dispositivo conectado a la misma red local que el PLC, pudiendo ser éste un teléfono móvil, una tablet o un ordenador.



Figura 5. Esquema de conexión de diferentes dispositivos a un HMI desde un servidor web. Fuente: Beijer Electronics.

4.5. CONEXIONADO

A la hora de diseñar las conexiones es importante diferenciar entre tres tipos: la conexión entre el software de programación y el PLC, la conexión entre el software de simulación y el PLC y la conexión entre el PLC y el HMI.

4.5.1. CONEXIÓN ENTRE EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN Y EL PLC

El PLC y el SoMachine se comunican utilizando una red local basada en la conexión Ethernet. Este tipo de conexión se caracteriza por su fiabilidad, velocidad y seguridad.

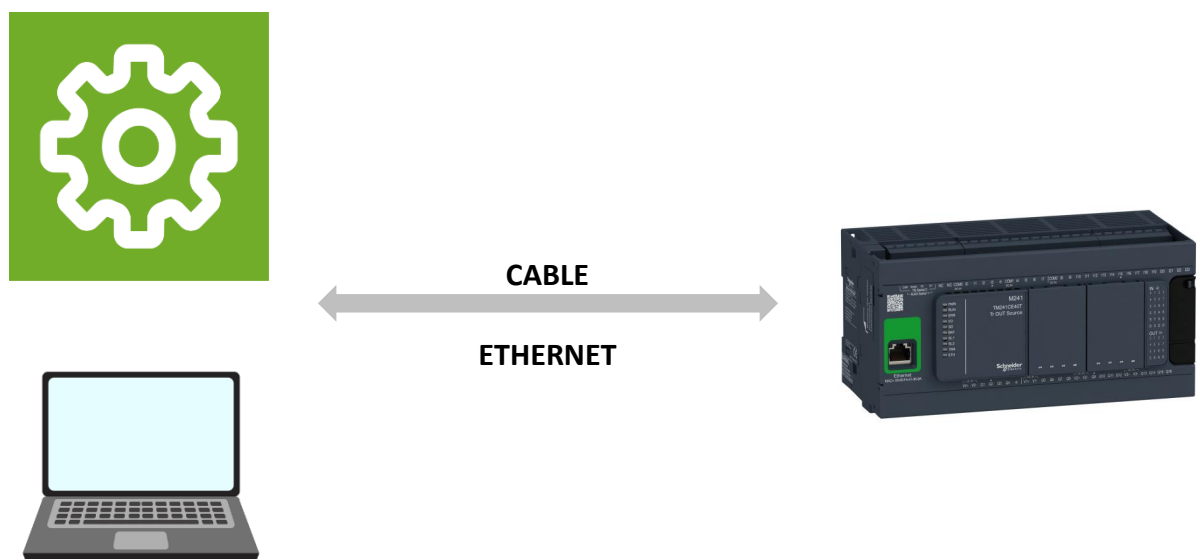


Figura 6. Esquema de conexión entre el software de programación y el PLC.

4.5.2. CONEXIÓN ENTRE EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y EL PLC

En este caso, el simulador de procesos Factory IO permite conectarse al PLC utilizando el protocolo Modbus TCP/IP, siendo este uno de los protocolos de comunicación entre PLCs y ordenadores más extendidos en todo el mundo debido a que permite crear un canal de comunicaciones sencillo y eficaz. En este caso, según se muestra en la Figura 7, el programa de simulación de procesos (Factory IO) actuará de cliente, es decir, ejecutará las acciones que el servidor (el PLC desde el programa SoMachine) le solicita en cada momento. Pese a que el Factory IO actúa bajo el rol de cliente en este canal de comunicaciones, es necesario destacar que este protocolo permite un trasabase de información bidireccional y el software de simulación de procesos también envía información al servidor, como por ejemplo el estado de los sensores.

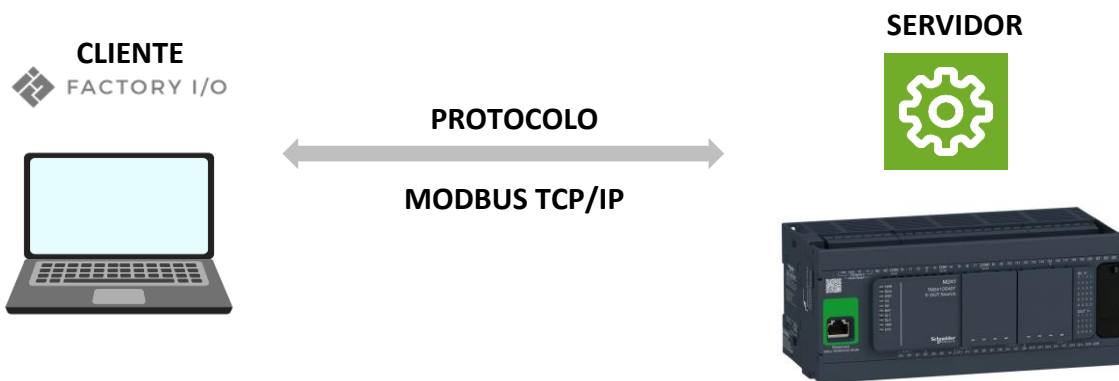


Figura 7. Esquema de conexión entre el software de simulación de procesos y el software de programación del PLC.

4.5.3. CONEXIÓN ENTRE EL PLC Y EL HMI

Al igual que en los otros apartados, existen numerosas opciones a la hora de añadir un HMI en el proyecto, desde la inclusión pantallas integradas en la propia línea hasta la creación de servidores web que pueden funcionar tanto in situ como de forma remota.

Como se ha mencionado en el apartado 4.4, para poder visualizar la interfaz de usuario solo es necesario disponer de un dispositivo conectado a la red y del PLC activo en la red local. Esta es la ventaja fundamental de crear un visualizador con un servidor web: la facilidad de conexión de distintos dispositivos sin la necesidad de cablear ni crear protocolos de comunicación más allá de disponer de una red local activa.

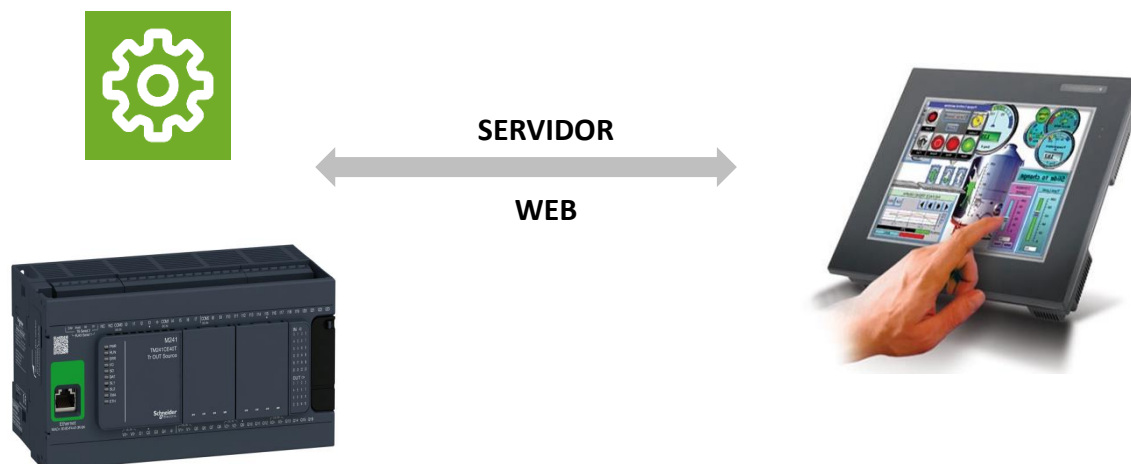


Figura 8. Esquema de conexión entre el PLC y el HMI.

4.6. ORDENADOR

Para poder programar el código tanto como simular el funcionamiento de la planta es necesario disponer de un hardware con unas especificaciones técnicas a tener en cuenta:

- Sistema operativo Windows (en este caso se ha optado por un dispositivo con Windows 10)
- Memoria RAM mínima de 16 GB.
- Sistema operativo Intel Core i5 o superior (o el equivalente del fabricante AMD).
- Sistema operativo con procesador basado en x64 bits.
- Pantalla gráfica de características iguales o superiores a las de la tarjeta Intel(R) UHD Graphics 630.

En el caso de este proyecto, se ha utilizado el equipo con el que está dotado el Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) de la UPV: un ordenador de sobremesa Dell OptiPlex 3060 con las características enumeradas previamente.

5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado se explica el funcionamiento del proyecto en su conjunto, abordando temas como las conexiones entre los diferentes equipos o el funcionamiento del programa.

5.1. ESQUEMA DE CONEXIONES

Como se ha mencionado en el apartado 4 de la memoria, el proyecto está formado por diferentes elementos que se comunican entre ellos. En primer lugar, el PLC recibe la información del programa a realizar a través del software SoMachine ejecutado en un ordenador gracias a la conexión Ethernet. El PLC envía esta información por dos canales distintos:

1. Uno de ellos va dirigido al programa Factory IO para simular el programa previamente comentado y funciona a través del protocolo de comunicaciones Modbus TCP/IP.
2. El PLC también envía la información a un servidor web para que el usuario se pueda comunicar con el programa a través de una red local.
3. Por último, el PLC también recibe información de forma continuada del simulador de procesos sobre el estado en el que se encuentran las entradas y salidas definidas.

Este esquema de conexiones se muestra en la Figura 9:



Figura 9. Esquema de conexiones del proyecto en su conjunto.

5.2. DISEÑO EN 3D DE LA PLANTA INDUSTRIAL

Tras definir el modo en el que los distintos elementos del proyecto se iban a comunicar, era necesario disponer de un modelo sobre el que volcar el programa y simular su comportamiento. Para ello, se utiliza el software de simulación de procesos Factory IO. Este programa dispone de numerosas opciones en cuanto a ítems y estaciones de trabajo que permiten crear un modelo 3D muy próximo a la realidad.

Las estaciones de trabajo que se han utilizado se comentarán a continuación y los principales ítems utilizados son: los pallets, el material de producción de cajas de los distintos tipos (azul, verde y metálico), las cintas y las cintas de rodillos. Cada uno de estos ítems y de las estaciones de trabajo tienen unas características y propiedades detalladas en el manual de usuario del propio software.

La planta propuesta dispone de dos líneas principales: la línea de fabricación propia de cajas y la línea de paletización de cajas prefabricadas. Estas dos líneas confluyen en una a la hora de dirigirse hacia el almacén, creando un sistema que comparte recursos pese a tener dos productos claramente diferenciados.

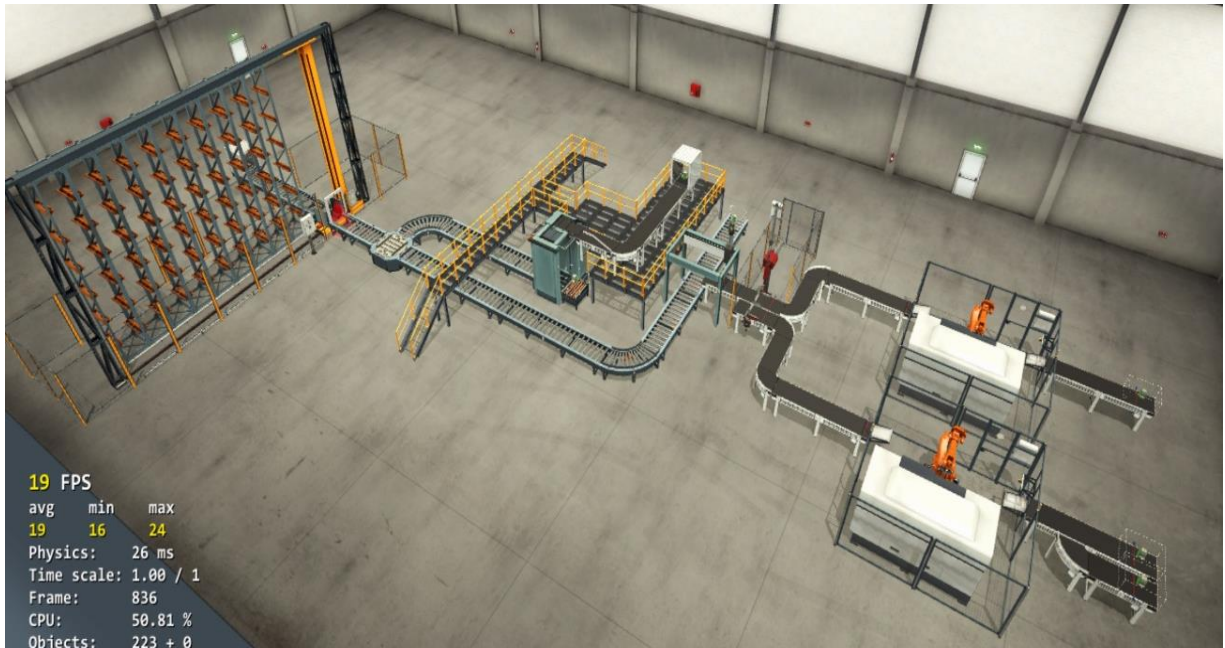


Figura 10. Diseño 3D de la planta completa.

5.2.1. LÍNEA DE EMBALAJE EN CAJAS DE FABRICACIÓN PROPIA

Antes de describir el funcionamiento de la línea, es importante clarificar los dos modelos de cajas que se van a fabricar: cajas con base metálica y tapa verde y cajas con base metálica y tapa azul. Como se muestra en la Figura 11, la línea se subdivide en dos partes: en la parte izquierda de la captura del programa se muestra el tramo de fabricación de tapas y en la derecha el de bases.

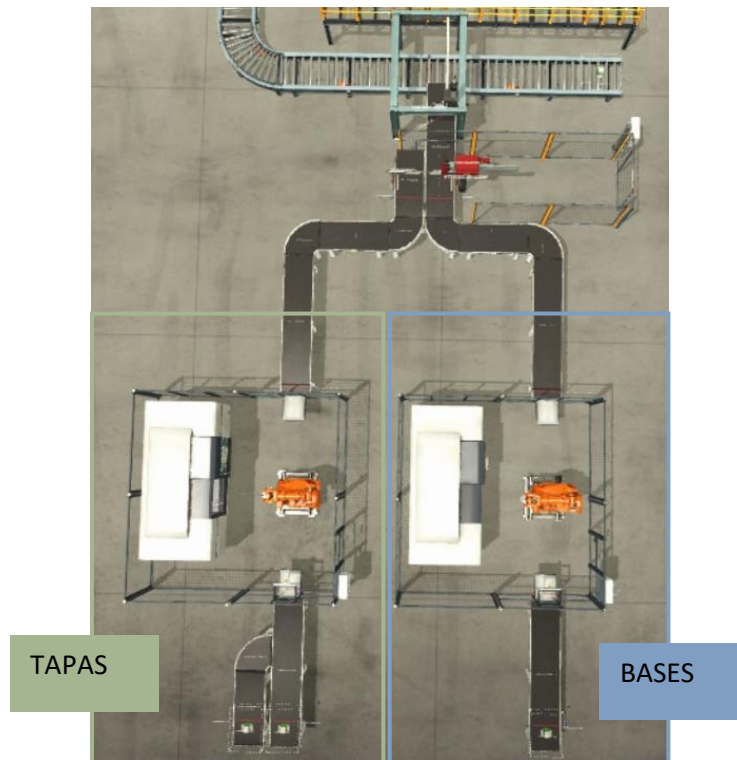


Figura 11. Captura cenital de la línea de fabricación propia de cajas.

Las tapas y bases se generan a través de un componente propio del software Factory IO llamado "Emitter". Éste permite generar piezas con un intervalo de tiempo configurable. Para este proyecto se le ha solicitado que genere bloques verdes, azules o metálicos según se trate del emisor de tapas verdes, tapas azules o bases metálicas. Una vez las piezas se han generado, pasan a los centros de producción. Los robots encargados de producir cajas y tapas se configuran manualmente mediante una señal biestable cuya activación implica la producción de tapas y su reposo la producción de bases. Estos robots se activan cuando las piezas llegan a los sensores que se encuentran en la entrada de la estación. También disponen de un sensor de salida que permite automatizar el encendido de las cintas transportadoras tanto del tramo de entrada como de salida.

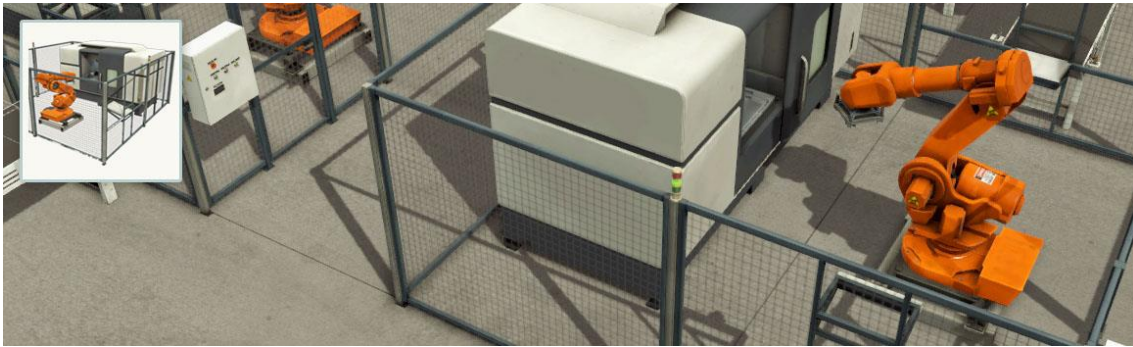


Figura 12. Ejemplo de la estación de producción de piezas en funcionamiento. Fuente: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#machining-center>.

Al detectar una pieza en el sensor de la salida de las estaciones, se inicia el conjunto de cintas transportadoras que se encargan de conducir ambas piezas a la zona de ensamblado. Las cajas a fabricar disponen de un diseño de fácil ensamblado en el que las tapas tienen unas pestañas que se introducen en las hendiduras de las bases, por ello, la tarea de ensamblado puede ser llevada a cabo por un robot cartesiano de dos ejes. En este caso, se ha optado por un robot Pick and Place de dos ejes que se mueva vertical y horizontalmente, cogiendo en primer lugar la tapa y depositándola encima de la base. Con el objetivo de conseguir un sistema más robusto, se ha añadido una barrera a cada línea que fija la posición exacta en la que cada pieza debe estar para ser cogida por el Pick and Place.

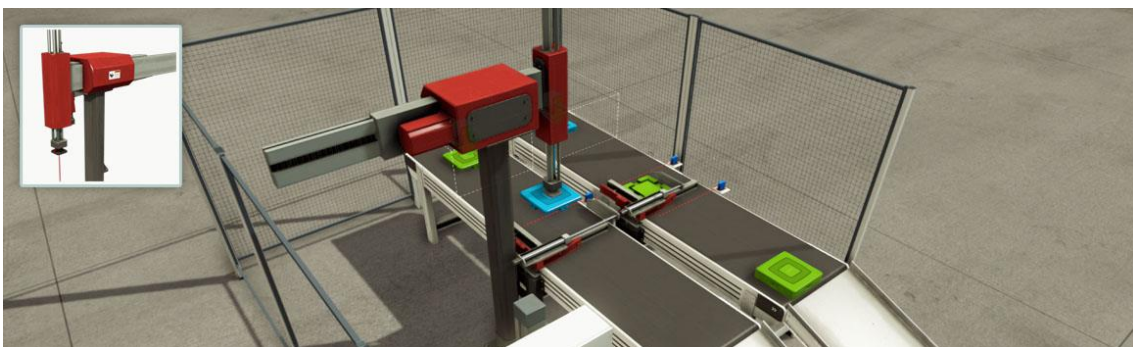


Figura 13. Ejemplo Pick and Place de dos ejes. Fuente: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#two-axis-pick-place>.

Este proceso de ensamblado da paso al tramo final de la producción de cajas: la disposición del pallet. El cliente solicita que la planta sea capaz de crear pallets de tres cajas en cada uno, siendo éstas del mismo color (una característica fácilmente modificable en un futuro si las variaciones

en el mercado así lo requiriesen). Para realizar esta labor se considera como opción más eficiente el uso de un robot cartesiano de tres ejes, el cual permite desplazarse en las tres dimensiones del espacio, obteniendo un movimiento fluido y exacto que facilita la colocación de las cajas en el pallet. Estas cajas se ubican en un pallet que se genera al iniciarse el proceso de producción de la planta desde el Emitter situado junto al Pick and Place de tres ejes.

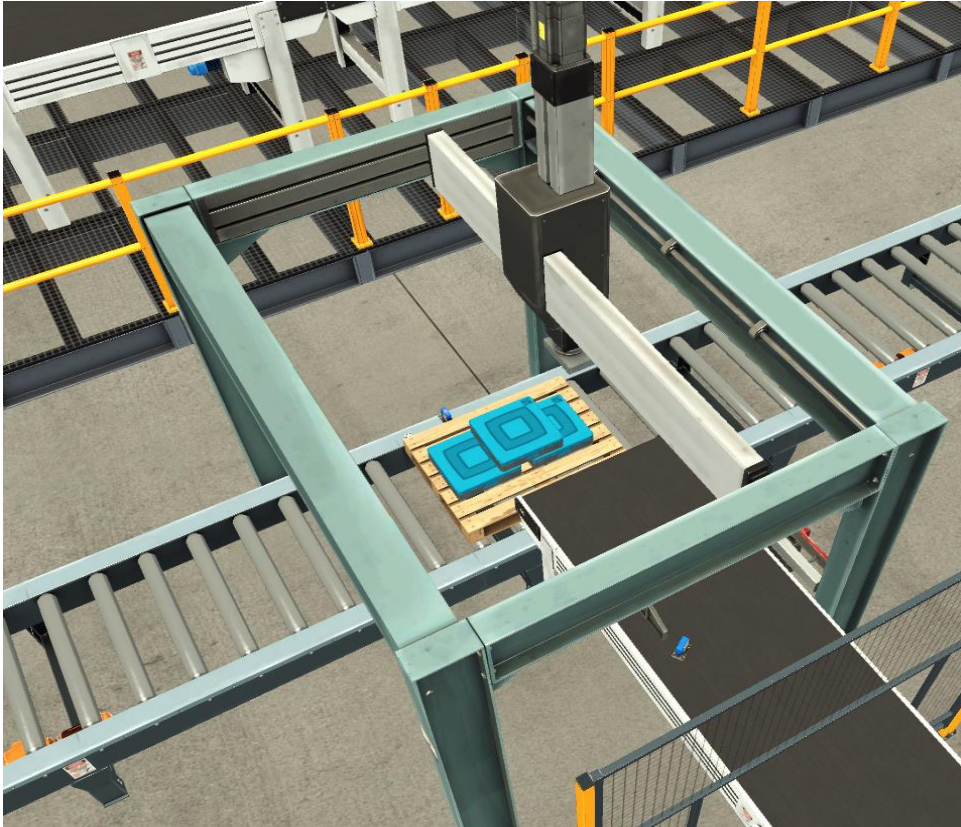


Figura 14. Ejemplo de Pick and Place de tres ejes con el pallet de cajas azules formad.

5.2.2. LÍNEA DE EMBALAJE EN CAJAS PREFABRICADAS

Por otra parte, se ha diseñado un nivel elevado en la planta en el que se gestiona la llegada de las cajas prefabricadas. Estas cajas son de un único tamaño y se colocan en pallets de 12 cajas por pallet, generando pallets de dos niveles de cajas. Para conseguirlo, se utiliza una paletizadora, la cual facilita la disposición de cajas de un tamaño determinado en un pallet. En la Figura 15 se muestra la línea en su conjunto.



Figura 15. Línea de paletizado de cajas prefabricadas.

En este caso, las cajas prefabricadas llegan de forma continuada por la cinta transportadora y son empujadas hacia la plataforma de la paletizadora de dos en dos hasta llegar a seis, gracias al contador ascendente que activa el sensor dispuesto a la entrada de la paletizadora. En ese momento se activa un actuador propio de la estación que centra las cajas antes de abrir el plato y depositarlas en el pallet. Con el primer nivel situado correctamente en el pallet, se activa una señal que acciona un resorte con el que chocan las cajas y las obliga a rotar su posición noventa grados. Así, es posible construir un nivel superior en el pallet de tres en tres, aportando una estabilidad considerable al mismo y asegurando la mercancía durante el proceso de transporte.

Al completar el pallet, éste es expulsado por la palletizadora y se activan las cintas de transporte hacia el almacén.



Figura 16. Ejemplo de la paletizadora en funcionamiento. Fuente: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#palletizer>.

5.2.3. TRANSPORTE AL ALMACÉN

El paso siguiente a la correcta construcción de los pallets es el transporte de estos al espacio de almacenaje. Para ello se han dispuesto dos líneas de transportadores de rodillos que confluyen cuatro metros antes de la entrada al almacén. En este punto se ha colocado un plato divisor que permite trasvasar el pallet de cada una de las dos cintas de cajas a la de entrada en el almacén.



Figura 17. Ejemplo de llegada del pallet de cajas azules al plato divisor.

Esto puede implicar que se encuentren dos pallets al mismo tiempo listos para que el plato divisor los haga avanzar hasta el siguiente tramo. Esta situación se solventa otorgando la prioridad a una de las dos cintas y, en este caso, se le da a la línea de paletizado de cajas prefabricadas ya que el cliente solicita un sistema que siga la filosofía Just In Time (JIT) posible. Esta ciencia de la organización establece que cada cosa debe suceder a su debido tiempo y defiende la premisa de no detener la maquinaria en la medida de lo posible. Dado que la paletización de cajas prefabricadas se encuentra varios metros más próxima al plato que la de cajas de producción propia y que tiene un tiempo de generación del pallet inferior es lógico otorgarle esta prioridad.

Cabe destacar que durante el proceso de espera a que el plato divisor haga avanzar un pallet u otro hacia el almacén, las cintas que lo han llevado a esa posición se encuentran en estado de reposo y no se activarán hasta que el plato divisor haya realizado el trabajo que le ocupa. Este funcionamiento resalta la importancia de elegir una buena temporización de los procesos anteriores y también de disponer la planta de forma lógica y funcional.

En la Figura 18 se muestra una instantánea de esta línea completa:

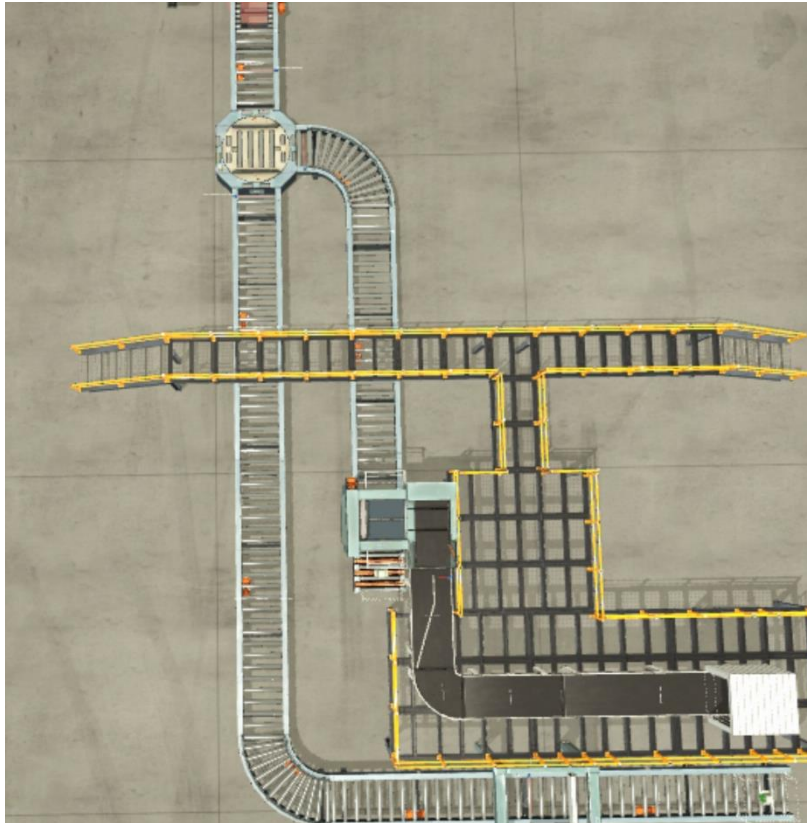


Figura 18. Instantánea de la línea de transporte de pallets hasta el almacén.

5.2.4. ALMACENAMIENTO

Como solución para almacenar los productos se ha optado por utilizar un almacén vertical con 54 celdas disponibles. Este almacén se separa en tres zonas diferenciadas:

- Celdas de la 1 a la 18: pallets de cajas de fabricación propia con la tapa verde.
- Celdas de la 19 a la 36: pallets de cajas de fabricación propia con la tapa azul.
- Celdas de la 37 a la 54: pallets de cajas prefabricadas.

Esta separación de las celdas en zonas permite tener un control rápido y visual del stock del que se dispone en cada momento y de la producción necesaria para completar un pedido. Además, es una estructura sencilla que se puede modificar para ampliar el número de variaciones posibles si la fábrica lo requiriese en un futuro sin necesidad de modificar el diseño de la planta, un aspecto bastante a destacar debido a la velocidad actual de cambio en el mercado.

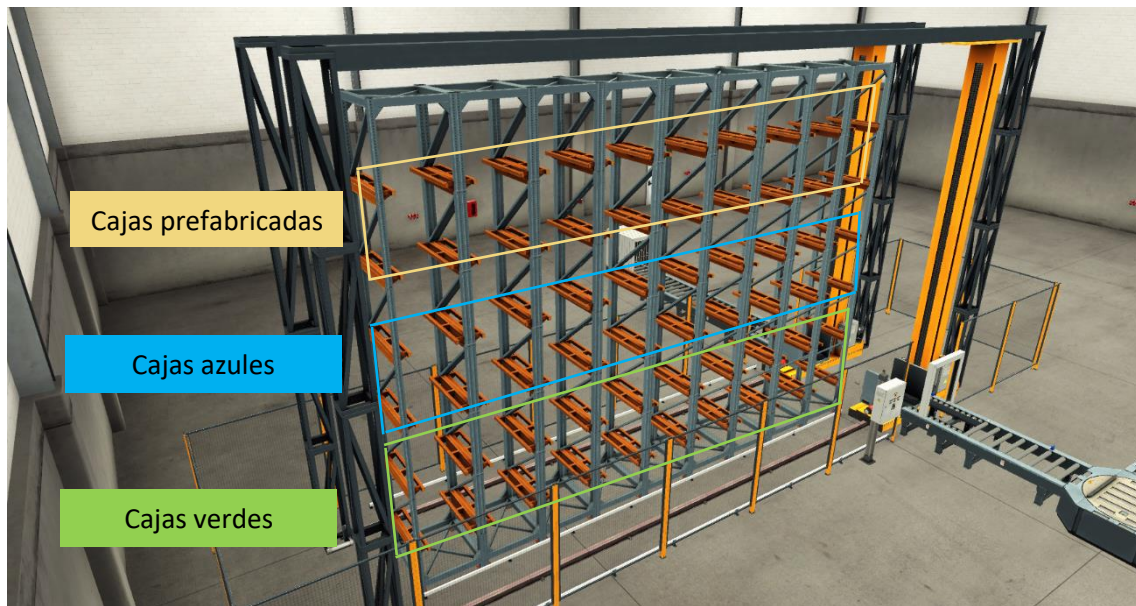


Figura 19. Imagen del almacén vertical con los dos elevadores.

Para poder implantar las divisiones en el almacén comentadas previamente, se ha instalado un sistema de visión artificial formado por una cámara capaz de reconocer los colores de las cajas y un sensor de presencia, cuya combinación de señales permiten al PLC saber exactamente qué tipo de producto se va a almacenar en cada momento.

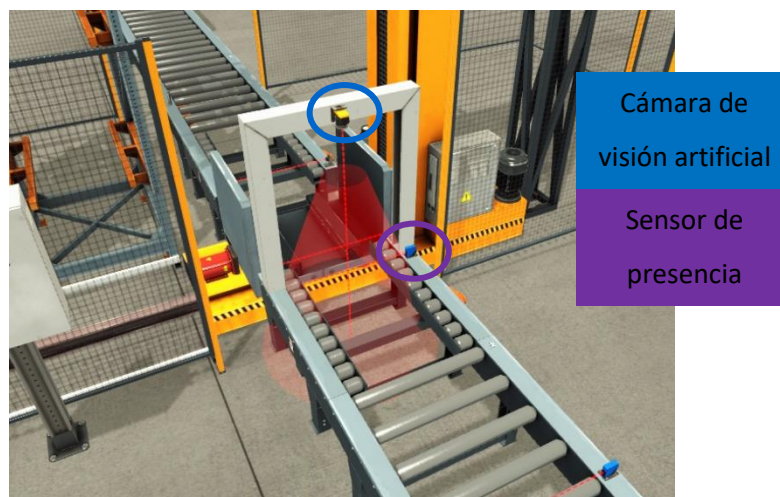


Figura 20. Instantánea de la cámara de visión artificial situada en la entrada del almacén vertical.

El almacén vertical cuenta con dos elevadores: uno para introducir mercancías por la parte frontal y otro para extraerlas por la parte posterior. El proceso de introducción y extracción de

pallets son complementarios: en el primero de ellos se sitúan los pallets en la posición que les corresponda según el stock del que se disponga en cada momento y el de extracción hará lo mismo. Sus comportamientos son análogos, pero en la parte interna del programa presentan diferencias reseñables, éstas se comentarán en apartado posteriores de la memoria y se detallan visualmente en el documento número dos: Planos.

5.2.5. SALIDA DE MERCANCÍAS

Por último, cuando el almacén extrae un pallet correctamente del almacén, se activa la cinta de salida de mercancías y se simula el proceso de exportación del pedido mediante el componente complementario al emitter: el remover. Éste hace desaparecer los componentes que se encuentran dentro de su campo de actuación y permite obtener un comportamiento similar al de depositar el pallet en un muelle de descarga.



Figura 21. Línea de salida de mercancías.

5.3. INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de usuario o HMI (Interfaz Hombre-Máquina) debía permitir al cliente realizar los pedidos de los distintos tipos de pallets de forma sencilla, clara e intuitiva. También se ha añadido una opción para modificar manualmente el stock de seguridad de la planta, de este modo el proceso productivo es fácilmente adaptable a un mercado orgánico en el que la demanda no se mantiene estable.

Internamente, esta interfaz genera una lista FIFO (First Input First Output) para almacenar el orden en el que los pedidos se realizan y servirlos en este mismo orden. Estos pedidos se añaden

a la cola seleccionándolos en el menú desplegable y pulsando el botón de “AÑADIR” y, cuando el sistema sirve el pedido, éste es eliminado de la cola para hacer lo propio con el siguiente.

El funcionamiento de esta interfaz se comenta con más detalle en el Anexo II: Manual de Usuario.

En el HMI se disponen tres LEDs que indican el estado en el que se encuentra el proceso en cada momento, siendo estos modos los siguientes:

- PARADA: indica que el sistema no está funcionando, este modo se indica con el LED de color rojo.
- ENCENDIDO: el enchufado de este LED verde implica que el sistema está en funcionamiento y que lo está haciendo de forma correcta, sin situaciones de emergencia.
- EMERGENCIA: este estado lo indica el LED de color ámbar y su enchufado está ligado a que una persona en la planta haya pulsado una de las setas de emergencia que se encuentran distribuidas por la planta. Al pulsar las setas de los robots manipuladores, éstos entran en modo emergencia internamente y se detienen, pero además, se enchufa este LED del HMI para notificar el fallo al usuario.



Figura 22. Imagen de la interfaz de usuario diseñada.

La interfaz de usuario, como se ha comentado en puntos anteriores, se genera a través de un servidor web que permite al usuario conectar uno o varios dispositivos al mismo solo con estar conectados a una red local. El hecho de poder conectar cualquier dispositivo con conexión a Internet convierte el sistema en un proceso muy accesible y en el diseño del HMI se ha pretendido enfatizar esa idea de accesibilidad y sencillez al crear una pantalla sencilla que permite realizar cambios de forma intuitiva y clara.

5.4. DISEÑO DEL AUTOMATISMO

La planta es un conjunto formado por distintas líneas y estaciones de trabajo conectadas secuencialmente, de igual modo el automatismo diseñado está formado por diferentes GRAFCET parciales.

En este apartado se van a destacar los aspectos más relevantes de cada uno de los GRAFCET diseñados, estos automatismos se detallan gráficamente en el documento número dos: Planos.

5.4.1. LÍNEA BASES 1

Este GRAFCET se corresponde con el primer tramo de producción de bases, es decir, con el tramo que va desde el emisor de piezas metálicas hasta la estación donde éstas se transforman en bases encajables.

Éste es un automatismo sencillo en el que se crean cuatro etapas cuyas transiciones vienen dadas por los sensores situados a lo largo de la línea. Un aspecto a destacar de este diseño es el hecho que la emisión de piezas metálicas se condiciona para que solo se produzca si ya se ha emitido una de las piezas utilizadas para las tapas, con esto se consigue generar el mismo número de tapas y bases y se evitan posibles descuadres en la producción.

5.4.2. LÍNEA BASES 2

Este diseño es complementario al anterior, en este se gestiona la llegada de las bases ya producidas al Pick & Place de dos ejes. Para ello, se activan todas las cintas transportadoras de este tramo desde el instante en el que se detecta una pieza en el principio del recorrido hasta que esta se sitúa en la posición de cogida.

5.4.3. LÍNEA TAPAS 1

La gestión de las tapas de las cajas de fabricación propia es muy similar a la de las bases. Sin embargo, al haber dos tipos posibles de tapas (verdes y azules) es necesario crear un GRAFCET que tenga una divergencia en OR para fabricar un tipo de tapas u otras. En este caso, se ha optado por otorgar una mayor prioridad a las tapas de color verde en el diseño y, además, para comenzar la producción de tapas, se comprueba si el número de cajas completas del tipo ha producir es menor que el stock de seguridad. De este modo el sistema producirá tapas (y por lo tanto también bases) hasta alcanzar el stock de seguridad. Cuando ese sirva un pedido, disminuyendo el stock, se volverá a producir.

5.4.4. LÍNEA TAPAS 2

Este GRAFCET es el análogo a “LÍNEA BASES 2”, el funcionamiento es exactamente el mismo y es el encargado de accionar las cintas transportadoras desde la posición de salida de la estación donde las tapas se crean hasta la posición de cogida de las mismas en el Pick & Place de dos ejes.

5.4.5. PICK & PLACE DE DOS EJES

Una vez las tapas y las bases se ubican en la posición de cogida, el Pick & Place de dos ejes es el encargado de ensamblarlas. Para ello, se combinan sus señales “PP2_MoveX” y “PP2_MoveZ” con temporizadores y señales propias del Pick & Place para conseguir que éste coja en primero la tapa y la deposite sobre la base. En este proceso interviene la activación y desactivación de la bomba de vacío que permite coger y soltar las piezas según convenga en cada caso.

5.4.6. PICK & PLACE DE 3 EJES

Este GRAFCET abarca desde que la activación de la cinta de salida de la zona de ensamblaje hasta que la última de las tres cajas se sitúa en el pallet (en el apartado de las especificaciones del cliente se ha mencionado que el cliente solicita que los pallets de cajas de fabricación propia estén compuestos por tres cajas).

La primera parte del automatismo es considerablemente similar al anterior: se activan las cintas hasta la posición de cogida, el Pick & Place se sitúa para coger la caja, se activa la bomba de vacío... Sin embargo, este GRAFCET debe ser capaz de decidir en qué posición del pallet dejar cada una de las cajas. Este funcionamiento se consigue con una divergencia en OR en la que,

aparte de verificar que la posición del Pick & Place de tres ejes es la correcta, se comprueba el valor de un contador que se incrementa con un sensor que apunta a la posición de cogida y se resetea al llegar a tres. De este modo, el robot cartesiano es capaz de colocar primero la caja del nivel inferior derecha, seguidamente la inferior izquierda y, en último lugar, la caja del nivel superior ubicada en el centro el pallet (estas posiciones se fijan con coordenadas respecto al sistema de referencia propio del Pick & Place de tres ejes).

5.4.7. LÍNEA PALLET CAJAS 1

El Pick & Place de tres ejes deposita las cajas sobre un pallet que se gestiona gracias a la combinación de dos GRAFCET.

Este primer GRAFCET funciona de forma muy similar a los que transportan las bases y tapas a los puntos de ensamblaje. Aquí se activa el emisor de pallets de la línea de forma inmediata con el arranque de la línea y se activan las cintas de rodillos para situarlos en la posición de llenado hasta que el pallet esté completo (se depositen las tres cajas).

5.4.8. LÍNEA PALLET CAJAS 2

En este GRAFCET parcial sencillo se activan las cintas de rodillos que transportan el pallet desde la zona de llenado hasta el plato divisor. Aquí solo intervienen dos estados en los que las posibles situaciones son: pallet situado en la entrada al plato o pallet en camino al plato.

5.4.9. PALETIZADORA

Este automatismo es uno de los más extensos del proyecto. En él se gestiona la llegada de las cajas prefabricadas a la paletizadora y el proceso de creación del pallet de éstas.

Nuevamente, el tramo de llegada de las cajas prefabricadas a la entrada de la estación es muy similar a los automatismos comentados anteriormente: emisión de las cajas, activación de las cintas y activación de un sensor a la entrada de la paletizadora.

Paralelamente a la llegada de las cajas prefabricadas, se gestiona la emisión de un pallet que se sitúa y eleva en el centro de la paletizadora donde se depositarán las cajas, creando un pallet de doce cajas agrupadas en dos niveles de seis cajas cada uno.

Para construir el primer nivel, las cajas se agrupan de dos en dos antes de ser empujadas hacia la zona de descarga hasta que el total asciende a seis, entonces es cuando el plato de la paletizadora se abre y las cajas se depositan en el pallet. Con esto se crea un primer nivel de seis cajas en una posición.

Al finalizar el primer nivel del pallet, el elevador de la paletizadora baja un pulso para permitir la descarga de más cajas en la parte superior. A su vez, ahora las cajas ven modificada su posición original al activar la señal interna de la estación "Turn". Esto permite agrupar las cajas en dos grupos de tres antes de situarlas en la posición de descarga.

Con el automatismo descrito se consigue crear un pallet de cajas prefabricadas de dos alturas con una estabilidad mucho mayor que si no se modificara la posición de las cajas en el segundo nivel.

5.4.10. PLATO GIRATORIO

En este GRAFCET se describe el funcionamiento de el plato giratorio, siendo este un recurso compartido por ambas líneas.

Al ser el punto en el que la línea de cajas prefabricadas y la de cajas de fabricación propia confluyen, es necesario crear una divergencia en OR otorgando prioridad a una de ellas. En este caso, se ha decidido que el pallet prioritario sea el de las cajas prefabricadas ya que la estación de la que parten se encuentra en una posición más cercana y su tiempo de ciclo es menor que el del pallet de cajas de fabricación propia.

En cada una de las ramas de la divergencia en OR se describe un funcionamiento similar: haciendo girar el plato para permitir la entrada del pallet que se desee en cada momento, se activa el giro en un sentido u otro de los rodillos del plato según se quiera introducir o expulsar el pallet y se vuelve a la posición de origen.

5.4.11. ENTRADA ALMACÉN

Cuando los pallets llegan al almacén, hay tres posibilidades: que el pallet sea de cajas azules, que sea de cajas verdes o que sea de cajas marrones (prefabricadas). Para modelar estas tres posibilidades en el GRAFCET se crea una divergencia en OR cuyas transiciones de entrada a cada rama hacen referencia a la detección que haga en cada momento la cámara de visión artificial situada en la entrada del almacén que devuelve un 5 si detecta azul, un 2 si detecta verde y un

0 si no detecta ni azul ni verde. Para conseguir una detección correcta de las cajas prefabricadas, se complementa esta cámara con un sensor de presencia. De este modo la transición de cada rama comprueba el color de las cajas del pallet solo cuando este está en la posición de recogida.

Una vez el sistema tiene claro qué pallet a cogido, se gestiona el funcionamiento del elevador encargado de ubicar los pallets en el almacén con las señales de las que éste disponía.

Un aspecto destacable de este automatismo, es el hecho que, como se ha comentado en apartados anteriores de la memoria, el almacén se divide en tres secciones para ubicar todos los pallets del mismo tipo junto. Este funcionamiento se consigue al utilizar tres contadores diferenciados que se incrementan al colocar el pallet en su posición y permiten conocer el estado del stock de cada sección.

5.4.12. ON/OFF ALMACÉN

Este GRAFCET de únicamente dos estados permite saber si alguno de los dos elevadores del almacén vertical (el de entrada o el de salida) está en funcionamiento o si el sistema está en reposo.

El objetivo principal de este automatismo es evitar que se deposite un elemento en el almacén y el elevador de salida intente servir el pedido a la vez. Esto se consigue utilizando los dos estados de este GRAFCET como condiciones en las transiciones de los GRAFCET de funcionamiento de los elevadores.

5.4.13. SALIDA ALMACÉN

A la hora de servir los pedidos realizados por el cliente, el funcionamiento del elevador de salida es análogo al del elevador de entrada. Como diferencia fundamental entre estos dos automatismos, se destaca la condición de entrada a cada rama: en este caso se extrae el valor del pedido que se ha hecho en primer lugar y, si hay stock disponible del mismo, se procede a servirlo.

5.5. PROGRAMACIÓN AUTÓMATA

5.5.1. ENTORNO SOMACHINE

Para programar el autómata se utiliza el software libre SoMachine ya que es el propio del fabricante del PLC utilizado: Schneider.

Tal y como se ha mencionado en el apartado 4, a la hora de programar autómatas hay diversas opciones en cuanto a la lógica se refiere. En este caso, se ha optado por generar los códigos de funcionamiento de las líneas en SFC, este lenguaje se caracteriza por tener una gran compatibilidad con un gran número de autómatas y por programarse con un formato muy visual que facilita la comprensión del programa. Así, se generan distintos programas en SFC que se agrupan dentro de una tarea principal que permita la ejecución de éstos al iniciar la sesión en el autómata.

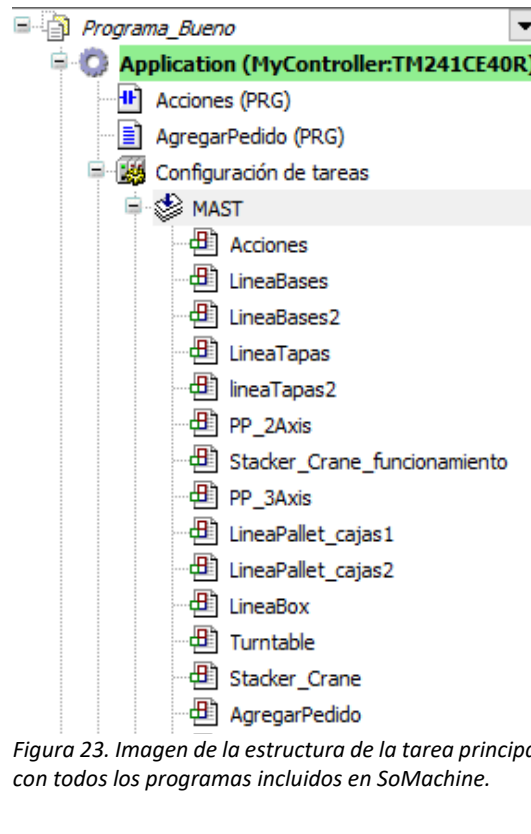


Figura 23. Imagen de la estructura de la tarea principal con todos los programas incluidos en SoMachine.

Por contra, para activar las señales del sistema, los actuadores, se ha generado otro programa llamado “Acciones” en el que hay un listado ordenado con comentarios por grupos programado en contactos. Con esto se dispone de cada actuador en una única fila del programa y se le añaden los contactos de los estados que en el SFC implican la activación de dicho actuador.

Este programa híbrido entre SFC y contactos es una combinación cuyo objetivo principal es el conseguir crear un sistema fácilmente exportable y convertible con otros dispositivos y que sea

sencillo realizar modificaciones en un futuro. El sistema es totalmente escalable en un parte de diseño; es decir, si en lugar del simulador se conectara a una planta con ese diseño funcionaría perfectamente. Con el código se ha seguido esta línea en la medida de lo posible: la programación está hecha para ser visual y ser amigable a futuros cambios sin implicar unas modificaciones de alto nivel.

5.5.2. VARIABLES DEL PROGRAMA

El programa implementado en SoMachine dispone de un gran número de variables de entrada y salida (todas ellas se detallan en el Anexo I). A la hora de definir las es importante tener en cuenta el rol de cada uno de los programas dentro del sistema que se plantea para este proyecto: el simulador actúa como el cliente y el software de programación como el servidor. Por ello, todas las variables se han programado como salidas en el servidor (bajo el tipo de dato %QXx.x, siendo x.x la dirección en la que se almacena cada dato). Estas variables se han estructurado de forma ordenada y separada, dejando en las primeras posiciones de memoria las entradas del sistema (detectores) y ocupando las últimas posiciones las salidas (actuadores).

5.5.3 GESTIÓN DE LOS PEDIDOS

Tal y cómo se ha mencionado en puntos anteriores del documento, los pedidos se gestionan mediante el uso de una cola “First Input First Output” (FIFO). El funcionamiento de ésta se resume en qué el primer pedido que llega es el primero que se sirve.

Para modelar ese comportamiento se han añadido opciones en la interfaz de usuario que permitan realizar dichos pedidos: el botón de “AÑADIR” permite introducir a la cola el pedido que se tiene marcado en el selector de opciones (situado a la izquierda del botón), a este pedido se le asigna un valor numérico (0, 1 o 2 según sea un pallet de cajas azules, vedes o prefabricadas) que se muestra por pantalla. La lista actualiza la cola al servir el pedido, eliminando este de la lista y pasando el que se encontraba en segundo lugar al primero. Además, se ha incorporado el botón de “QUITAR” para eliminar el último elemento añadido a la FIFO en caso de posible error del usuario al hacer el pedido.

6. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y FUTURAS ACCIONES

6.1. CONSIDERACIONES

El proceso anterior a la extracción de conclusiones es haber hecho una serie de consideraciones al proyecto propuesto.

En primer lugar, es conveniente tener en cuenta que este proceso simulado implica un consumo de recursos gráficos muy elevado y puede implicar una saturación del equipo informático si este no dispone de una tarjeta gráfica de un cierto estándar. Además, al consumir tantos recursos, la simulación puede incurrir en fallos originados por la excesiva demanda de recursos por parte del programa al ordenador y el retraso en las comunicaciones de las distintas partes del sistema en su conjunto.

Otro aspecto a tener en cuenta es que el sistema está diseñado acorde al estándar de programación de SoMachine, es decir, pese a haber realizado una programación en SFC y contactos para hacer el programa mucho más compatible con otros autómatas, sería necesario realizar algunos cambios de formato al llamar a las variables internas del sistema para adaptarlo al estándar de los distintos fabricantes de autómatas como son Allen-Bradley, Siemens u Omron.

Por último, cabe destacar que para la simulación se ha utilizado el programa Factory IO y se ha adaptado el proceso diseñado a los componentes y estaciones de trabajo de los que disponía el software de simulación.

6.2. DISCUSIÓN Y CONSLUSIONES

A lo largo del punto cinco de la memoria se ha comentado cómo funciona la planta industrial y cómo se ha implementados su modelo en 3D, de ahí se pueden extraer numerosas conclusiones que se detallan a continuación.

Al completar el proyecto, se hace patente la posibilidad de programar y simular un proceso productivo en su conjunto. Esto es un aspecto muy a tener en cuenta ya que, como se ha comentado a lo largo del documento, si al PLC se le conectaran módulos de entradas y salidas, son exactamente los mismos sensores y actuadores que se han utilizado en la programación, la planta física funcionaría exactamente igual a la simulada. Esto es un gran valor añadido a la realización de un proyecto hoy en día y cada vez es más común que se solicite como

requerimiento el presentar una simulación que verifique el correcto funcionamiento del sistema previa a la puesta en marcha de este.

Otro aspecto a destacar del proyecto es la importancia de las conexiones entre los dispositivos que forman el conjunto. En este proyecto se le ha dado mucha importancia al diagrama de red (Figura 9) y es que es una parte de gran importancia en los proyectos industriales de este campo. La comunicación entre las distintas partes ha sido un aspecto que ha generado fallos en la simulación en numerosas ocasiones y se han podido solucionar al entender las funciones de cada uno dentro de la red que se ha diseñado para este caso concreto.

Por último, es de gran relevancia destacar la versatilidad del proyecto en todas sus partes: se ha creado un código con un elevado índice de compatibilidad con otros softwares y que permite ser entendido de forma sencilla y visual, se ha creado una simulación que podría ser un proceso real únicamente creando una planta acorde con la propuesta y se ha diseñado una interfaz de usuario a través de un servidor web que permite conectarse a cualquier dispositivo con acceso a la red de forma sencilla.

En conclusión, en este proyecto se destaca la escalabilidad del diseño, software y interfaz de usuario en diferentes niveles según el cliente pueda requerir en cada caso.

6.3. FUTURAS ACCIONES

El diseño de la planta está concebido con el objetivo de ser lo más versátil posible de cara a cambios en el mercado y necesidades de almacenamiento de la fábrica. Aun así, se proponen una serie de acciones que se podrían realizar en un futuro.

La planta podría disponer de más modelos de cajas a fabricar y más líneas de producción. Su funcionamiento sería totalmente análogo a las planteadas en el proyecto, aunque sería necesario modificar el diseño 3D para incluirlas.

Además, un posible añadido al proyecto podría ser el disponer de más de un autómatas para gestionar la producción de cajas. Esto permitiría liberar espacio en los módulos de entradas y salidas y crear un sistema más abierto a posibles incorporaciones futuras.

Por último, este proyecto se ha concebido como un modelo escalable a la industria, esto implica que desde sus inicios se tuvo en cuenta la posibilidad de futura de su aplicación industrial. Por ello, una acción futura de especial interés sería explorar las posibles vías de implantación del sistema diseñado en una empresa del sector.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. *Buscador de Normas UNE - AENOR*. (s/f). Aenor.com. Recuperado el 15 de junio de 2022, de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/>
2. *Conexión Ethernet*. (s/f). Industrialshields.com. Recuperado el 28 de junio de 2022, de https://www.industrialshields.com/es_ES/blog/blog-industrial-open-source-1/post/que-es-el-ethernet-industrial-406
3. García, D. (s/f). *Curso Automatas - Lenguaje SFC (Grafcet)*. Infoplcn.net. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <https://www.infoplcn.net/documentacion/5-automatas/2711-curso-automatas-lenguaje-sfc-grafcet>
4. *Qué es automatización industrial*. (2020, agosto 20). Escuela de Postgrado Industrial. <https://postgradoindustrial.com/que-es-automatizacion-industrial/>
5. *Historia de la automatización industrial*. (2020, mayo 8). AutomatizacionIndustrial360.com. <https://automatizacionindustrial360.com/historia/>
6. *Next-gen PLC training*. (s/f). Factoryio.Com. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <https://factoryio.com/>
7. *Protocolos de comunicación: MODBUS TCP/IP*. (2019, junio 17). Blog Logicbus; Logicbus Blog. <https://www.logicbus.com.mx/blog/modbus-tcp-ip/>
8. *SoMachine. Guía de programación*. (s/f). Recuperado el 28 de abril de 2022, de <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000000071/>
9. *Web HMI*. (s/f). Www.Ge.Com. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/web-hmi>
10. Webmaster. (s/f). *Mundo de los Automatas y sus accesorios*. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>

11. *What is ladder diagram.* (s/f). Edrawsoft. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <https://www.edrawmax.com/article/what-is-ladder-diagram.html>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

ANEXO I: ENTRADAS Y SALIDAS

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETO	45
2. VARIABLES DE ENTRADA	45
2.1. VARIABLES BOOLEANAS	45
2.2. VARIABLES ENTERAS	50
3. VARIABLES DE SALIDA	50
3.1. VARIABLES BOOLEANAS	50
3.2. VARIABLES ENTERAS	57
4. VARIABLES INTERNAS DEL PROGRAMA	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables de entrada de tipo BOOL.....	49
Tabla 2. Tabla de variables de entrada de tipo INT.....	50
Tabla 3. Tabla de variables de salida de tipo BOOL.....	57
Tabla 4. Tabla de variables de salida de tipo INT.....	57
Tabla 5. Tabla de variables internas del programa.....	59

1. OBJETO

En este documento se detallan todas las variables de entrada y salida del sistema, indicando si son variables de entrada o salida, su tipo de dato y, por último, se ha añadido una breve descripción de cada una para facilitar su comprensión.

2. VARIABLES DE ENTRADA

Las variables de entrada son las que el programa (servidor) espera recibir del cliente (programa de simulación). Principalmente son sensores, señales internas de las estaciones de trabajo o botones.

Estas variables pueden ser de varios tipos según su naturaleza y su comportamiento. En este proyecto se han utilizado variables booleanas y enteras.

2.1. VARIABLES BOOLEANAS

Las variables booleanas son las que pueden encontrarse en dos estados normalmente llamados “true” y “false”.

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
SBase	%QX0.0	BOOL	Sensor que detecta la emisión de una nueva base metálica.
SMBase	%QX0.1	BOOL	Sensor que detecta que la base se encuentra a la entrada de la estación de producción.
SMBase_acabado	%QX0.2	BOOL	Sensor que detecta que la base se encuentra a la salida de la estación de producción.
BasePP	%QX0.3	BOOL	Sensor que detecta que la base se encuentra en la primera barrera del Pick & Place de dos ejes.
ClampedPP	%QX0.4	BOOL	Señal que indica que la base ha sido correctamente posicionada por la barrera del Pick and Place de dos ejes.

SensorBlue	%QX0.5	BOOL	Sensor que detecta la emisión de una nueva tapa azul.
SMTapas	%QX0.6	BOOL	Sensor que detecta que la tapa se encuentra a la entrada de la estación de producción.
SMTapas_acabado	%QX0.7	BOOL	Sensor que detecta que la tapa se encuentra a la salida de la estación de producción.
TapasPP	%QX1.0	BOOL	Sensor que detecta que la tapa se encuentra en la primera barrera del Pick & Place de dos ejes.
ClampedPP_Tapas	%QX1.1	BOOL	Señal que indica que la base ha sido correctamente posicionada por la barrera del Pick & Place de dos ejes.
PP2_MovingX	%QX1.3	BOOL	Señal que indica que el Pick and Place de dos ejes se está moviendo en el eje X de coordenadas.
PP2_MovingZ	%QX1.4	BOOL	Señal que indica que el Pick and Place de dos ejes se está moviendo en el eje Z de coordenadas.
PP2_Grabbed	%QX1.5	BOOL	Señal que indica que el Pick and Place de dos ejes ha cogido la caja con la bomba de vacío.
cajaClamped	%QX1.6	BOOL	Señal que indica que la caja ha sido correctamente posicionada por barrera del Pick & Place de tres ejes.
palletReady	%QX1.7	BOOL	Sensor que indica que el pallet para las cajas de fabricación propia ha llegado a su posición de llenado.
cajaReady	%QX2.0	BOOL	Sensor que indica que la caja de fabricación propia

			está en la posición de cogida.
sensorPallet_cajas	%QX2.1	BOOL	Sensor que indica que el pallet de cajas de fabricación propia se encuentra en la entrada del plato divisor.
Boxsensor	%QX2.2	BOOL	Sensor que detecta que la caja prefabricada se encuentra en la entrada de la Paletizadora.
Palletizer_FrontLimit	%QX2.3	BOOL	Señal que indica que el elevador de la Paletizadora ha llegado al final de su recorrido.
Palletizer_PusherLimit	%QX2.4	BOOL	Señal que indica que el empujador de la Paletizadora ha llegado al final de su recorrido.
Palletizer_Clamped	%QX2.5	BOOL	Señal que indica que las cajas prefabricadas han sido correctamente posicionadas para ser depositadas.
Palletizer_PlateLimit	%QX2.6	BOOL	Señal que indica que la Paletizadora ha abierto la superficie de descarga al máximo.
Turntable_Back_Lim	%QX2.7	BOOL	Señal que indica que el pallet ha alcanzado el extremo final en el plato giratorio.
Turntable_Front_Lim	%QX3.0	BOOL	Señal que indica que el pallet ha alcanzado el extremo inicial en el plato giratorio.
sensorPallet_box	%QX3.1	BOOL	Sensor que indica que el pallet de cajas prefabricadas se encuentra en la posición de espera para entrar al plato divisor.
TurntableLim90	%QX3.1	BOOL	Señal que indica que el plato divisor ha girado 90

			grados respecto a su posición inicial.
Reflective_sensor_in	%QX3.2	BOOL	Sensor de presencia situado a la entrada del almacén.
Reflective_sensor_out	%QX3.3	BOOL	Sensor de presencia situado a la salida del almacén.
SC_Moving_X	%QX3.4	BOOL	Señal que indica que elevador de entrada al almacén vertical se encuentra en movimiento en el eje X de coordenadas.
SC_Moving_Z	%QX3.5	BOOL	Señal que indica que elevador de entrada al almacén vertical se encuentra en movimiento en el eje Z de coordenadas.
SC_Left_Lim	%QX3.5	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical se encuentran estiradas al máximo hacia la izquierda.
SC_Right_Lim	%QX3.6	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical se encuentran estiradas al máximo hacia la derecha.
SC_Middle_Lim	%QX3.7	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical se encuentran el centro de su recorrido (reposo).
sensor_alamcen	%QX4.0	BOOL	Sensor situado a la salida del plato divisor que indica que un pallet está en posición para ser llevado al almacén.
sensor_entrada	%QX4.1	BOOL	Sensor situado a la entrada del almacén que indica que el pallet está en la posición de recogida y detección del tipo de pallet.

ST_Green	%QX4.2	BOOL	Sensor que detecta la emisión de una nueva tapa verde.
EmergencyButton0	%QX4.3	BOOL	Señal que indica que se ha pulsado el botón de emergencia de la estación de producción uno.
EmergencyButton1	%QX4.4	BOOL	Señal que indica que se ha pulsado el botón de emergencia de la estación de producción dos.
sensor_salida	%QX4.5	BOOL	Sensor situado a la salida del almacén que indica que el pallet ha sido extraído del almacén.
SC2_MovingX	%QX4.6	BOOL	Señal que indica que elevador de salida del almacén vertical se encuentra en movimiento en el eje X de coordenadas.
SC2_MovingZ	%QX4.7	BOOL	Señal que indica que elevador de salida del almacén vertical se encuentra en movimiento en el eje Z de coordenadas.
SC2_Left_Lim	%QX5.0	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de salida del almacén vertical se encuentran estiradas al máximo hacia la izquierda.
SC2_Right_Lim	%QX5.1	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de salida del almacén vertical se encuentran estiradas al máximo hacia la derecha.
SC2_Middle_Lim	%QX5.2	BOOL	Señal que indica que las pestañas del elevador de salida del almacén vertical se encuentran en su posición central.

Tabla 1. Tabla de variables de entrada de tipo BOOL.

2.2. VARIABLES ENTERAS

El sistema proporciona datos que no se pueden monitorizar únicamente con señales de “true” o “false”, este es el caso de información sobre la posición o la que envía la cámara de visión. Para mapear estas variables es necesario recurrir al uso de variables enteras.

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
PositionZ	%MW0	INT	Dato sobre la posición en el eje Z del Pick and Place de tres ejes.
PositionX	%MW1	INT	Dato sobre la posición en el eje X del Pick and Place de tres ejes.
PositionY	%MW2	INT	Dato sobre la posición en el eje Y del Pick and Place de tres ejes.
Sensor_vision	%MW3	INT	Dato que envía la cámara de visión artificial para indicar el color del objeto a identificar.

Tabla 2. Tabla de variables de entrada de tipo INT.

3. VARIABLES DE SALIDA

Las variables de salida son las que el servidor (SoMachine) envía al cliente (Factoy IO) para que una acción se lleve a cabo. Es decir, estas señales corresponden a los actuadores del programa.

Nuevamente, se utilizan variables de distinto tipo según en qué procesos intervengan. A continuación, se detallan en dos tablas diferenciadas: una para las de tipo BOOL y otra para las de tipo INT.

3.1. VARIABLES BOOLEANAS

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
CBase	%QX7.4	BOOL	Cinta que lleva las bases del emisor hasta la entrada de la estación de producción.
MCBases_ON	%QX7.5	BOOL	Señal que inicia el funcionamiento de la

			estación de producción de bases.
CB1	%QX7.6	BOOL	Cinta número 1 del trayecto entre la salida de la estación de producción de bases hasta el Pick & Place de dos ejes.
CB2	%QX7.7	BOOL	Cinta número 2 del trayecto entre la salida de la estación de producción de bases hasta el Pick & Place de dos ejes.
CB3	%QX8.0	BOOL	Cinta número 3 del trayecto entre la salida de la estación de producción de bases hasta el Pick & Place de dos ejes.
CB4	%QX8.1	BOOL	Cinta número 4 del trayecto entre la salida de la estación de producción de bases hasta el Pick & Place de dos ejes.
CB5	%QX8.2	BOOL	Cinta número 5 del trayecto entre la salida de la estación de producción de bases hasta el Pick & Place de dos ejes.
ClampPP_Bases	%QX8.3	BOOL	Señal que activa la clampa del Pick & Place de dos ejes de las bases, situándola correctamente.
EmiterBases	%QX8.4	BOOL	Señal que activa el emisor de partes metálicas para la fabricación de bases.
CBlue	%QX8.5	BOOL	Cinta que transporta las partes azules hasta la entrada del centro de producción de tapas.
MCTapas_ON	%QX8.6	BOOL	Señal que inicia el funcionamiento de la estación de producción de tapas.
CT1	%QX8.7	BOOL	Cinta número 1 del trayecto entre la salida de

			la estación de producción de tapas hasta el Pick & Place de dos ejes.
CT2	%QX9.0	BOOL	Cinta número 2 del trayecto entre la salida de la estación de producción de tapas hasta el Pick & Place de dos ejes.
CT3	%QX9.1	BOOL	Cinta número 3 del trayecto entre la salida de la estación de producción de tapas hasta el Pick & Place de dos ejes.
CT4	%QX9.2	BOOL	Cinta número 4 del trayecto entre la salida de la estación de producción de tapas hasta el Pick & Place de dos ejes.
CT5	%QX9.3	BOOL	Cinta número 5 del trayecto entre la salida de la estación de producción de tapas hasta el Pick & Place de dos ejes.
ClampPP_Tapas	%QX9.4	BOOL	Señal que activa la clampa del Pick & Place de dos ejes de las tapas, situándola correctamente.
EmiterBlue	%QX9.5	BOOL	Señal que activa el emisor de partes azules para la fabricación de tapas.
EmiterGreen	%QX9.6	BOOL	Señal que activa el emisor de partes verdes para la fabricación de tapas.
PP2_MoveX	%QX9.7	BOOL	Señal que inicia el movimiento del Pick & Place de dos ejes en el eje X de coordenadas.
PP2_MoveZ	%QX10.0	BOOL	Señal que inicia el movimiento del Pick & Place de dos ejes en el eje Z de coordenadas.
PP2_Gab	%QX10.1	BOOL	Señal que inicia la bomba de vacío del Pick & Place de

			dos ejes y permite la cogida de cajas.
Barrera_Raise	%QX10.2	BOOL	Señal que permite que la barrera se eleve y deje avanzar a las cajas ya montadas.
CP1	%QX10.3	BOOL	Cinta de rodillos número 1 del trayecto de los pallets de las cajas de fabricación propia, que transporta los pallets que cargan las cajas de fabricación propia hasta el punto de llenado.
clamp_cajas	%QX10.4	BOOL	Señal que activa la clampa situada en la posición de cogida del Pick & Place de tres ejes y que sitúa las cajas correctamente.
PP3_Grab	%QX10.5	BOOL	Señal que inicia la bomba de vacío del Pick & Place de tres ejes y permite la cogida de cajas.
CP2	%QX10.6	BOOL	Cinta de rodillos número 2 del trayecto de los pallets de las cajas de fabricación propia, que transporta los pallets de la zona de llenado hasta el plato divisor.
CP3	%QX10.7	BOOL	Cinta de rodillos número 3 del trayecto de los pallets de las cajas de fabricación propia, que transporta los pallets de la zona de llenado hasta el plato divisor.
CP4	%QX11.0	BOOL	Cinta de rodillos número 4 del trayecto de los pallets de las cajas de fabricación propia, que transporta los pallets de la zona de llenado hasta el plato divisor.

CP5	%QX11.1	BOOL	Cinta de rodillos número 5 del trayecto de los pallets de las cajas de fabricación propia, que transporta los pallets de la zona de llenado hasta el plato divisor.
EmiterPallets	%QX11.2	BOOL	Señal que activa el emisor de pallets de la línea de cajas de fabricación propia.
EmiterBox	%QX11.3	BOOL	Señal que activa el emisor de cajas prefabricadas.
CBox1	%QX11.4	BOOL	Cinta número 1 del trayecto entre la emisión de cajas prefabricadas hasta la entrada de la paletizadora.
CBox2	%QX11.5	BOOL	Cinta número 2 del trayecto entre la emisión de cajas prefabricadas hasta la entrada de la paletizadora.
CBox3	%QX11.6	BOOL	Cinta número 3 del trayecto entre la emisión de cajas prefabricadas hasta la entrada de la paletizadora.
CBox4	%QX11.7	BOOL	Cinta número 4 del trayecto entre la emisión de cajas prefabricadas hasta la entrada de la paletizadora.
PalletizerBelt_pos	%QX12.0	BOOL	Señal que activa la cinta inferior de la paletizadora para situar el pallet en la posición adecuada.
PalletizerPush	%QX12.1	BOOL	Señal que activa el empujador de la paletizadora.
PalletizerTurn	%QX12.2	BOOL	Señal que activa el resorte de la paletizadora que permita voltear las cajas prefabricadas.

PalletizerClamp	%QX12.3	BOOL	Señal que activa la clampa de la paletizadora y ajusta la posición de las cajas prefabricada antes de depositarlas.
PalletizerMoveToLimit	%QX12.4	BOOL	Señal que activa el movimiento del elevador de la paletizadora hasta sus puntos extremos (arriba o abajo).
PalletizerUp	%QX12.5	BOOL	Señal que activa el elevador de la paletizadora en modo ascendente.
PalletizerDown	%QX12.6	BOOL	Señal que activa el elevador de la paletizadora en modo descendente.
PalletizerChain_pos	%QX12.7	BOOL	Cinta de rodillos que transfiere el pallet de las cajas prefabricadas de su punto de emisión al interior de la paletizadora.
ChainTransfer_pos	%QX13.0	BOOL	Cinta de rodillos que transfiere el pallet de las cajas prefabricadas lleno desde la paletizadora hacia la zona de transporte al plato divisor.
EmitterPallet_box	%QX13.1	BOOL	Señal que activa la emisión de pallets en la línea de cajas prefabricadas.
Palletizer_OpenPlate	%QX13.2	BOOL	Señal que activa la apertura de la rendija de deposición de las cajas prefabricadas en la paletizadora.
Ebox1	%QX13.3	BOOL	Cinta de rodillos número 1 que transporta el pallet de cajas prefabricadas hasta el plato divisor.
Ebox2	%QX13.4	BOOL	Cinta de rodillos número 2 que transporta el pallet de cajas prefabricadas hasta el plato giratorio.

Turntable_Roll_Neg	%QX13.5	BOOL	Señal que activa el giro en sentido antihorario del plato giratorio.
Turntable_Roll_Pos	%QX13.6	BOOL	Señal que activa el giro en sentido horario del plato giratorio.
Turntable_Turn	%QX13.7	BOOL	Señal que activa el giro de la mesa hasta volver a su posición inicial.
C_almacen	%QX14.0	BOOL	Cinta de rodillos que transporta los pallets que salen del plato divisor hasta la entrada del almacén.
Conveyor_in	%QX14.1	BOOL	Cinta de rodillos con espacio en la zona central situada a la entrada del almacén, permite al elevador cargar los pallets.
Conveyor_out	%QX14.2	BOOL	Cinta de rodillos con espacio en la zona central situada a la salida del almacén, permite al elevador descargar los pallets.
SC_Lift	%QX14.2	BOOL	Señal que eleva las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical.
SC_Left	%QX14.3	BOOL	Señal que mueve las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical hacia la izquierda
SC_Right	%QX14.4	BOOL	Señal que mueve las pestañas del elevador de entrada al almacén vertical hacia la derecha
C_Green1	%QX14.5	BOOL	Cinta número 1 que transporta las partes verdes hasta la entrada del centro de producción de tapas.
C_Green2	%QX14.6	BOOL	Cinta número 2 que transporta las partes

			verdes hasta la entrada del centro de producción de tapas.
SC2_Lift	%QX15.0	BOOL	Señal que eleva las pestañas del elevador de salida al almacén vertical.
SC2_Left	%QX15.1	BOOL	Señal que mueve las pestañas del elevador de salida al almacén vertical hacia la izquierda
SC2_Right	%QX15.2	BOOL	Señal que mueve las pestañas del elevador de salida al almacén vertical hacia la derecha

Tabla 3. Tabla de variables de salida de tipo BOOL.

3.2. VARIABLES ENTERAS

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
SetPointZ	%MW10	INT	Señal que fija la posición del Pick & Place de tres ejes en el eje de coordenadas Z.
SetPointX	%MW11	INT	Señal que fija la posición del Pick & Place de tres ejes en el eje de coordenadas X.
SetPointY	%MW12	INT	Señal que fija la posición del Pick & Place de tres ejes en el eje de coordenadas Y.
SC_Set_Target_Position	%MW13	INT	Señal que fija la posición del elevador de entrada al almacén vertical.
SC2_TargetPosition	%MW13	INT	Señal que fija la posición del elevador de salida al almacén vertical.

Tabla 4. Tabla de variables de salida de tipo INT.

4. VARIABLES INTERNAS DEL PROGRAMA

Además de las variables de entrada y salida, en el software de programación ha sido necesario utilizar variables internas para conseguir obtener el funcionamiento esperado. Este es el caso de las variables introducidas para gestionar la lista FIFO comentada en la memoria o la activación de los LEDs de la visualización.

Cabe destacar que estas variables no están direccionadas ya que no representan ni entradas ni salidas físicas.

NOMBRE	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Lleno	BOOL	Señal que sirve para detectar si la cola FIFO está llena (máximo de 16 pedidos en cola)
Lleno	BOOL	Señal que sirve para detectar si la cola FIFO dispone de espacio para hacer más pedidos
ItemIndex	INT	Valor que indica que indica el índice del pedido realizado (0=pallet cajas azules, 1=pallet cajas verdes, 2=pallet cajas prefabricadas).
Stock_Seguridad	INT	Valor que fija el stock de seguridad. Inicialmente se pone a 5, pero es modificable por el usuario a través del HMI.
MatrizPedidos	ARRAY [1...16] OF STRING	Vector que almacena los pedidos realizados.
Items	ARRAY [1...3] OF STRING	Vector que enumera los posibles pedidos (Pallet azules, Pallet verdes, Pallet prefabricadas).
Agregar	BOOL	Señal que permite añadir un pedido desde el HMI pulsando el botón de "AÑADIR".
Quitar	BOOL	Señal que permite quitar un pedido desde el HMI pulsando el botón de "QUITAR".
nElementos	INT	Valor que indica los elementos que hay en la cola FIFO.

RESET	BOOL	Señal que resetea la cola FIFO.
ON	BOOL	Señal que indica que el sistema está en funcionamiento.
OFF	BOOL	Señal que indica que el sistema no está en funcionamiento.
EMERGENCIA	BOOL	Señal que indica que se ha pulsado uno de los botones de emergencia de las estaciones de producción.

Tabla 5. Tabla de variables internas del programa.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

ANEXO II: MANUAL DE USUARIO

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETO	63
2. PUESTA EN MARCHA	63
2.1. INICIAR EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN: FACTORY IO	63
2.2. INICIAR EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN: SOMACHINE.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captura de pantalla de la ventana de inicio de Factory IO con el diseño 3D cargado. Fuente: elaboración propia.	63
Figura 25. Captura de pantalla de la ventana de entradas y salidas de Factory IO. Fuente: elaboración propia.	64
Figura 26. Captura de pantalla de la ventana de configuración de Factory IO. Fuente: elaboración propia.	64
Figura 27. Captura de pantalla de la ventana de entradas y salidas de Factory IO (2). Fuente: elaboración propia.	65
Figura 28. Captura de pantalla del programa Factory IO conectado al PLC. Fuente: elaboración propia.	65
Figura 29. Captura de pantalla de la ventana de inicio del programa Factory IO (2). Fuente: elaboración propia.	66
Figura 30. Captura de pantalla de la ventana de inicio del programa SoMachine. Fuente: elaboración propia.	66
Figura 31. Captura de pantalla de la ventana de Aplicaciones del programa SoMachine. Fuente: elaboración propia.	67
Figura 32. Captura de pantalla de la ventana de Dispositivos del programa SoMachine. Fuente: elaboración propia.	67
Figura 33. Captura de pantalla del mensaje de advertencia en el programa SoMachine. Fuente: elaboración propia.	67

1. OBJETO

Este anexo se crea con el objetivo de completar la información sobre el proyecto dada en la memoria, aportando una explicación guiada de cómo poner el sistema en funcionamiento y dando directrices sobre las opciones que este brinda al usuario.

2. PUESTA EN MARCHA

Para iniciar el sistema, hay que seguir una serie de pasos de forma ordenada.

2.1. INICIAR EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN: FACTORY IO

1. Encender el PLC subiendo el magnetotérmico al que esté conectado y comprobar que el cable Ethernet está conectado.
2. Ejecutar el software Factory IO con el diseño 3D.
3. Entrar en el apartado de entradas y salidas del programa haciendo doble clic derecho sobre la esquina inferior derecha de la ventana

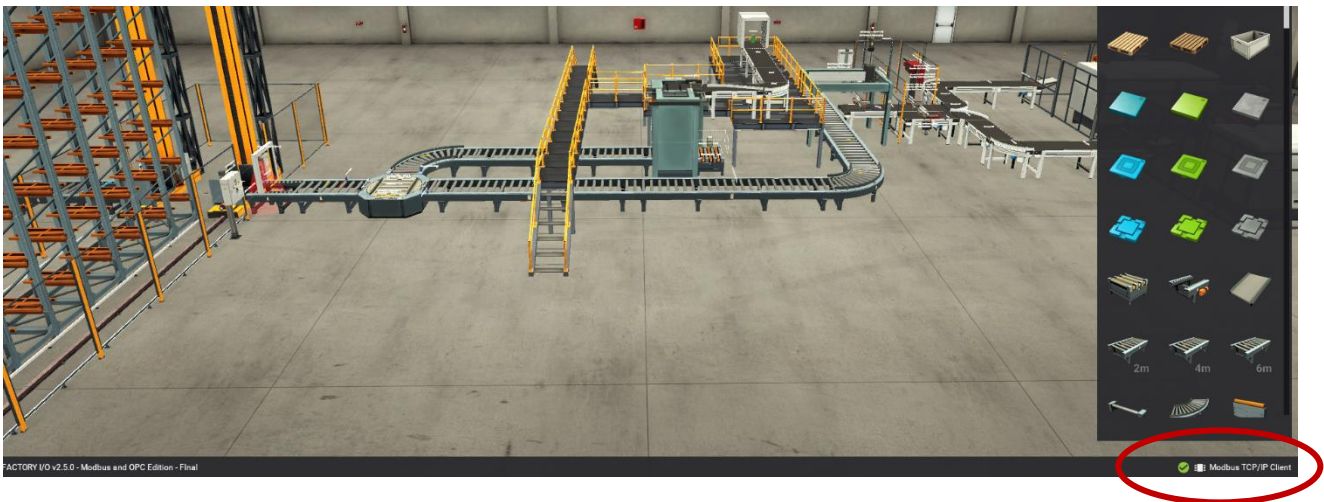


Figura 1. Captura de pantalla de la ventana de inicio de Factory IO con el diseño 3D cargado.

4. Entrar en la pestaña de configuración situada en la esquina superior derecha de la ventana.

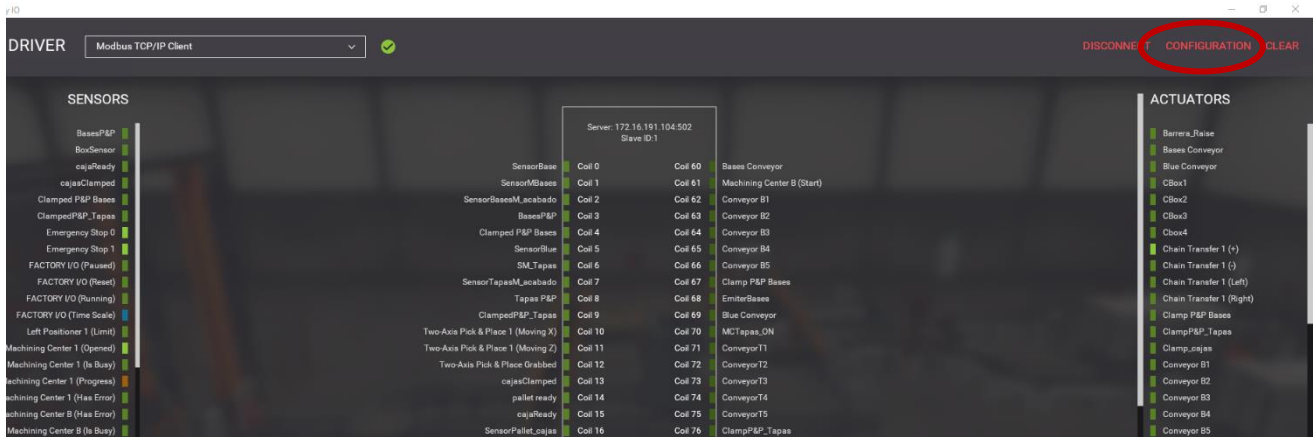


Figura 2. Captura de pantalla de la ventana de entradas y salidas de Factory IO.

5. Añadir manualmente la IP del PLC al que se quiere conectar en el campo "Host". No modificar el resto de parámetros, son relativos al diseño de la simulación.

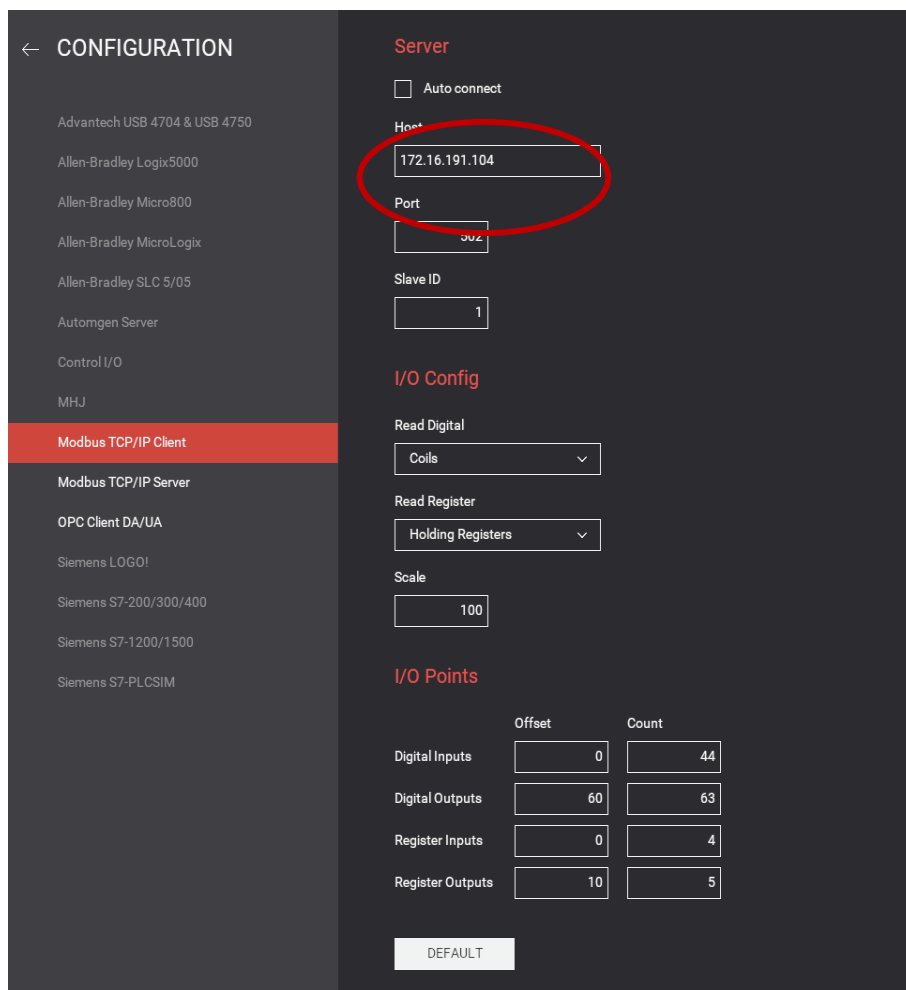


Figura 3. Captura de pantalla de la ventana de configuración de Factory IO.

6. Volver a la ventana de entradas y salidas y pulsar el botón de “CONNECT”.

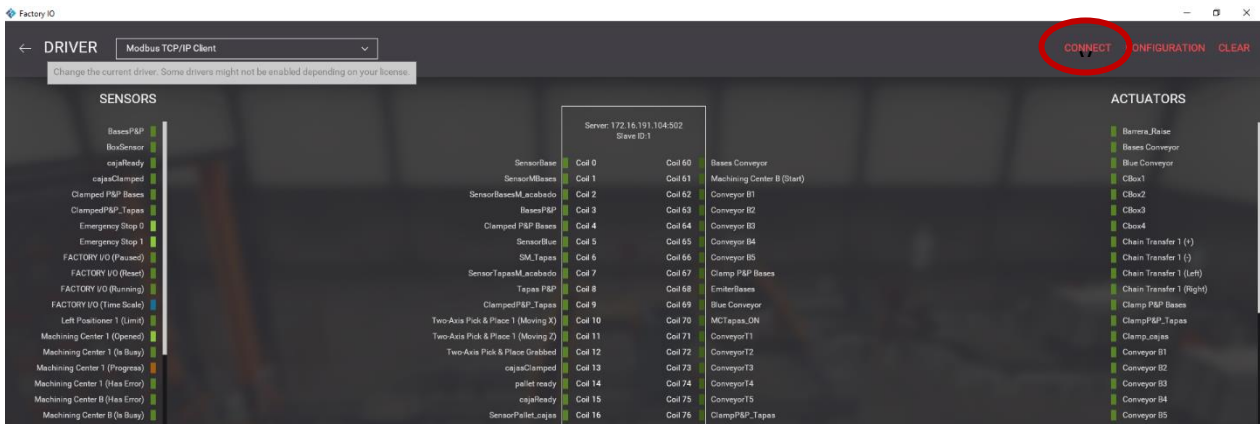


Figura 4. Captura de pantalla de la ventana de entradas y salidas de Factory IO (2).

7. Comprobar que aparece un emoticono verde con forma de tick al lado del menú desplegable. En caso contrario, sería conveniente volver a empezar los pasos de este manual y comprobar que el PLC está encendido.

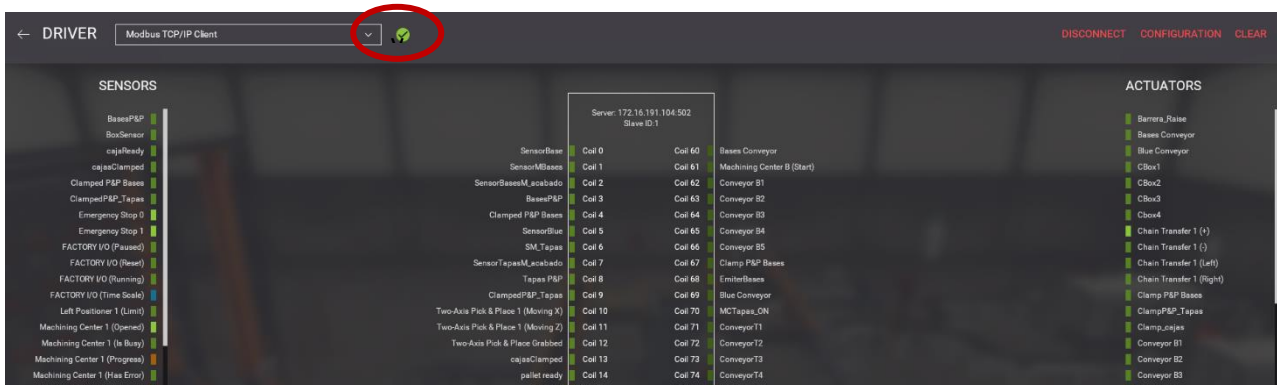


Figura 5. Captura de pantalla del programa Factory IO conectado al PLC.

8. Volver a la ventana inicial y darle al botón de “play” en la esquina superior derecha para iniciar la simulación (si el programa de SoMachine no se ha cargado aún, el simulador esperará hasta que esté sea subido y entonces lo ejecutará).

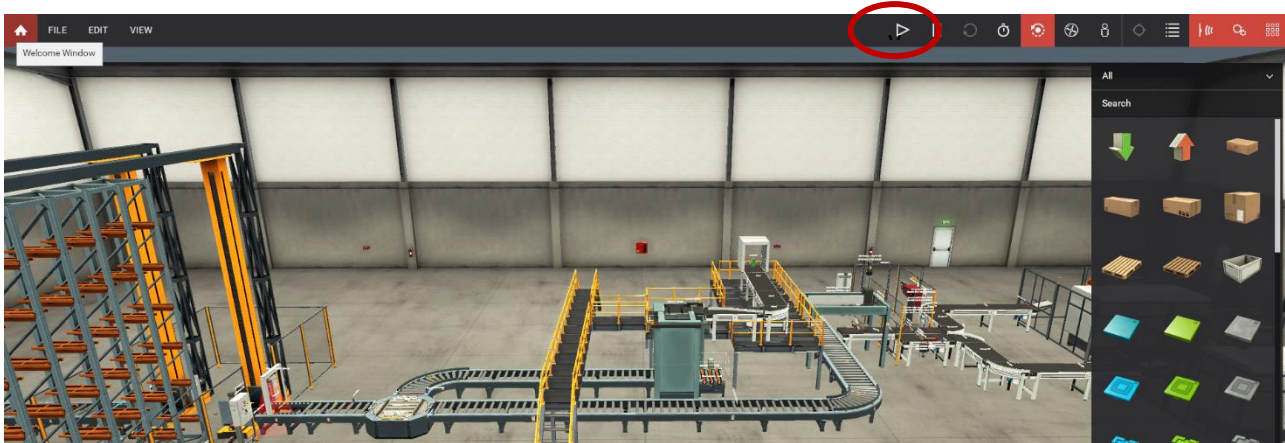


Figura 6. Captura de pantalla de la ventana de inicio del programa Factory IO (2).

2.2. INICIAR EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN: SOMACHINE

1. Con el PLC enchufado y el Factory IO encendido según se indica previamente, ejecutar el SoMachine.
2. Entrar a la pestaña de “Logic Builder” situada en la parte superior de la ventana de inicio.



Figura 7. Captura de pantalla de la ventana de inicio del programa SoMachine.

- Ir a la ventana de “Dispositivos” situada en la parte inferior del programa.

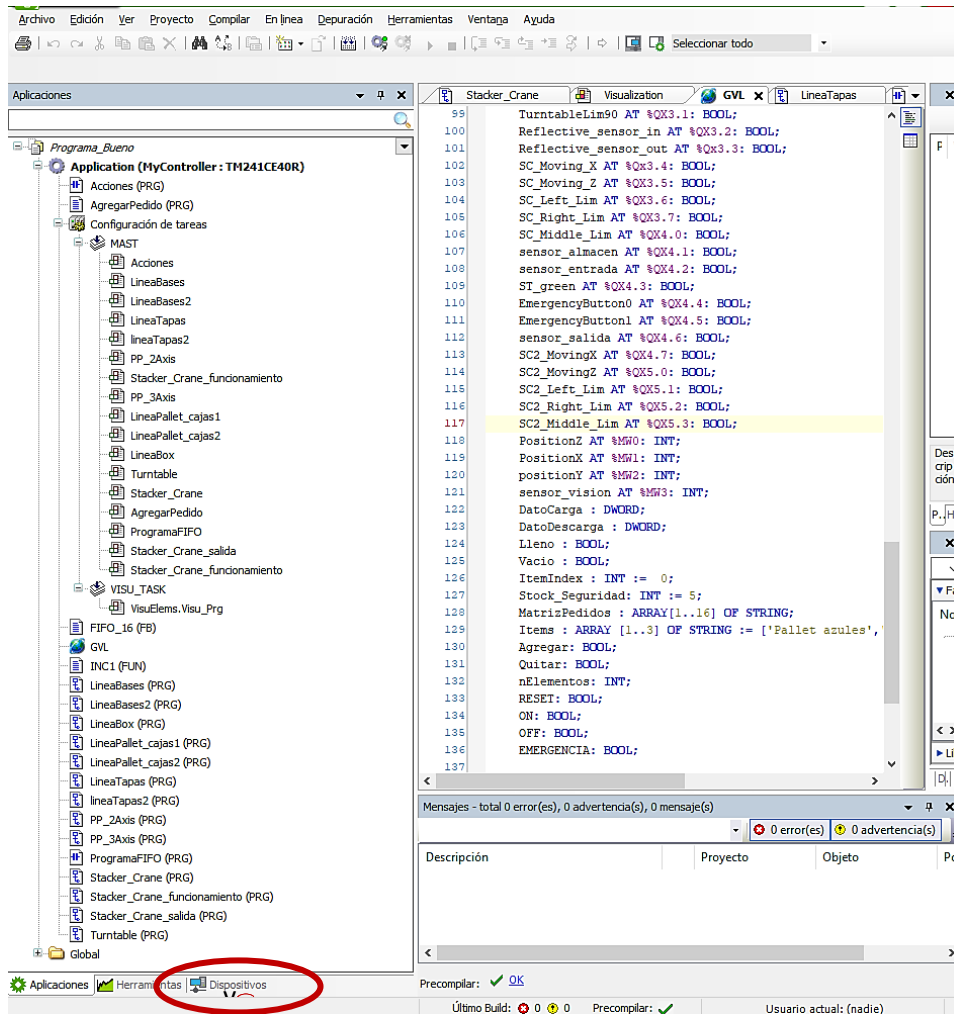


Figura 8. Captura de pantalla de la ventana de Aplicaciones del programa SoMachine.

- En Dispositivos, abrir la pestaña de “MyController”, seleccionar el PLC al que se quiere conectar haciendo doble clic en el mismo y seleccionar “Dirección IP” en el menú desplegable. En el listado de dispositivos aparecerá resaltado en negrita el PLC activo.

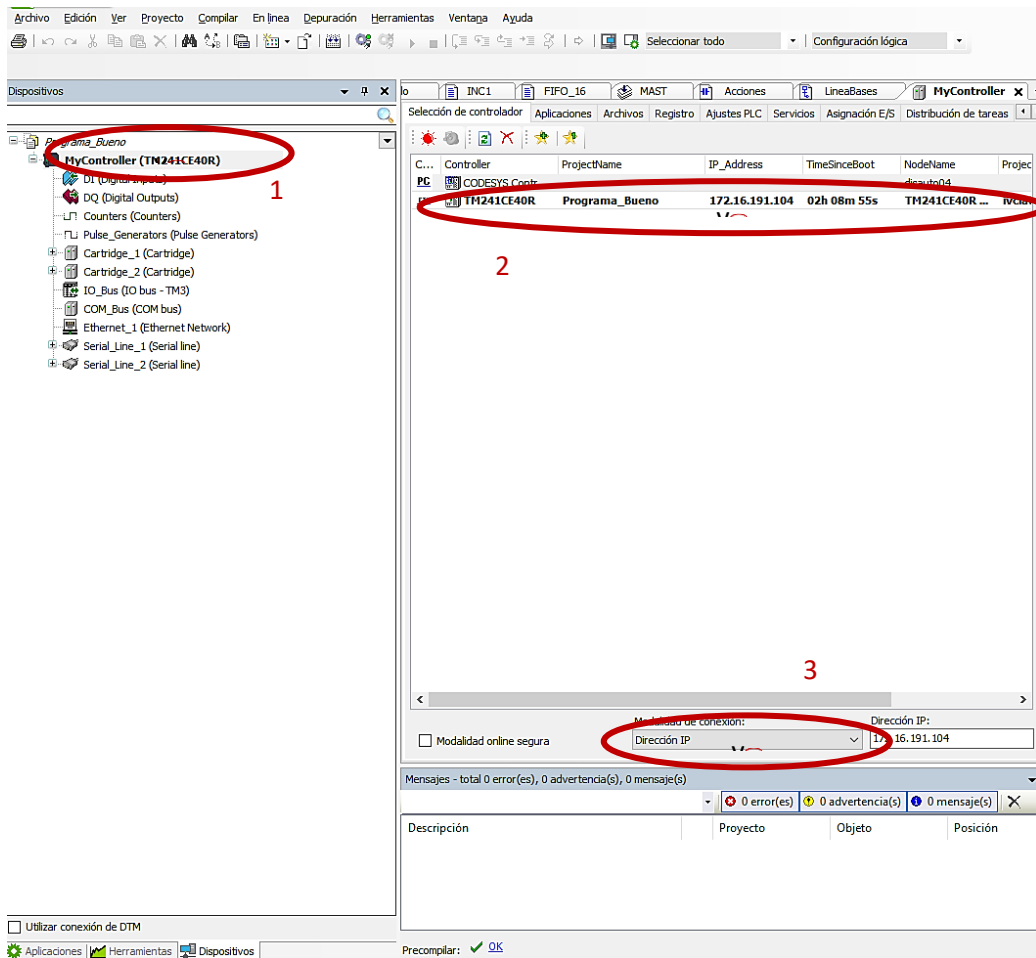


Figura 9. Captura de pantalla de la ventana de Dispositivos del programa SoMachine.

5. Pulsar el botón de iniciar sesión y pulsar las teclas Alt + F para iniciar la sesión una vez aparezca la ventana de advertencia.

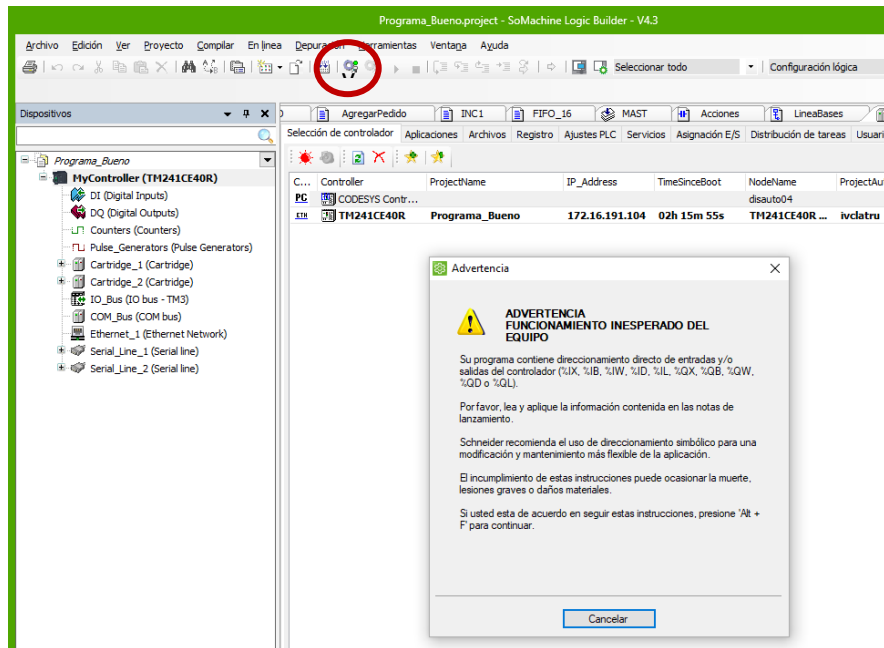


Figura 10. Captura de pantalla del mensaje de advertencia en el programa SoMachine.

6. Este mensaje de advertencia se mostrará una segunda vez, si se quiere poner en marcha el programa volver a pulsar la combinación de teclas Alt + F.
7. Seguidamente el sistema si iniciará y en la parte inferior del programa aparece un texto informativo indicando que está en ejecución.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

DOCUMENTO II: PLANOS

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

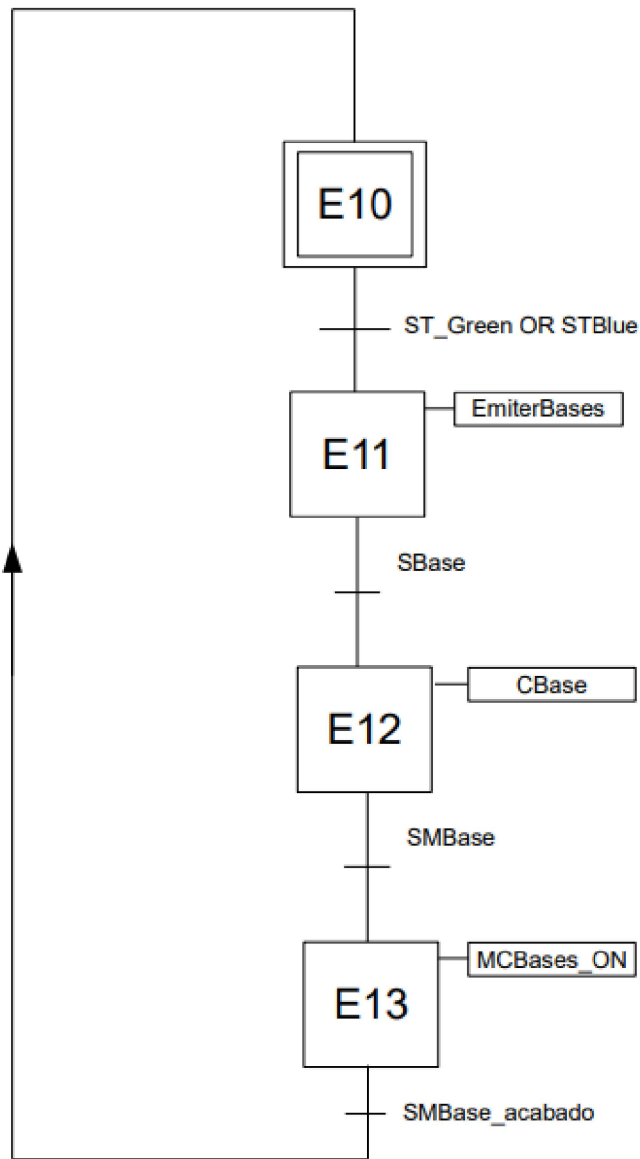
TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE PLANOS

LÍNEA BASES 1	73
LÍNEA BASES 2	74
LÍNEA TAPAS 1	75
LÍNEA TAPAS 2	76
PICK & PLACE 2 EJES	77
PICK & PLACE 3 EJES	78
LÍNEA PALLETS 1	79
LÍNEA PALLETS 2	80
PALETIZADORA	81
PLATO GIRATORIO	82
ENTRADA ALMACÉN	83
ON/OFF ALMACÉN	84
SALIDA ALMACÉN	85



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

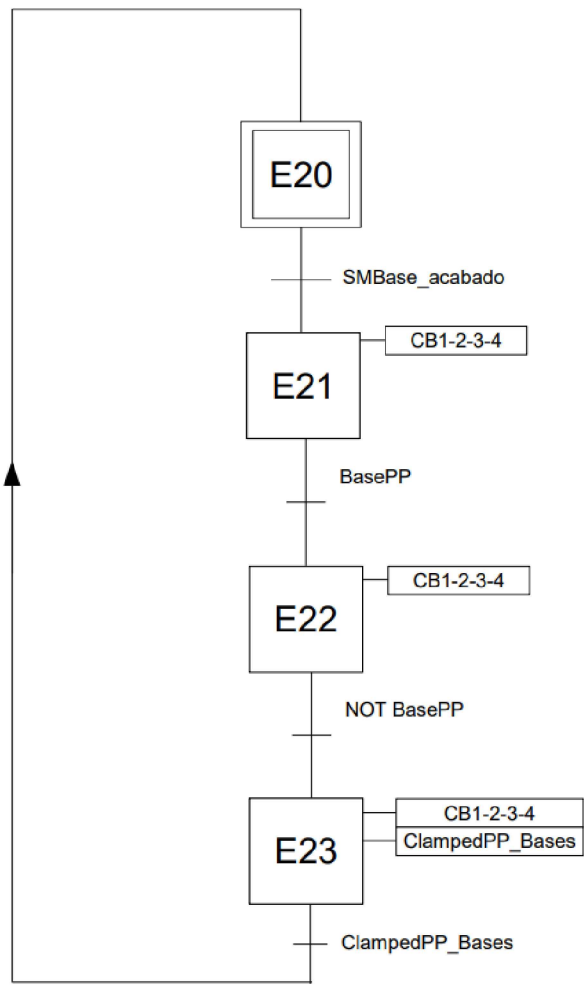
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

LÍNEA BASES 1

Plano N°

01



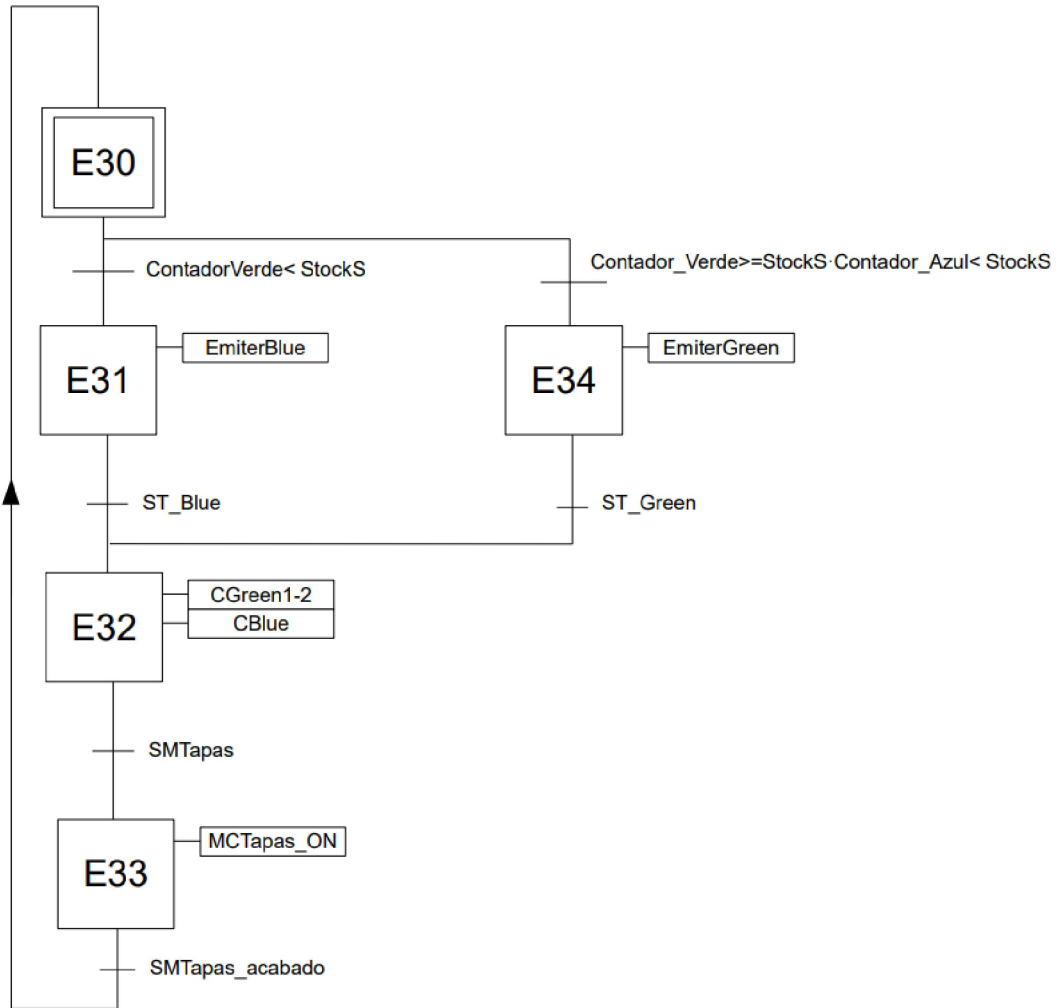
PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022
Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo
Tutor: Raúl Simarro Fernández
Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

Emplazamiento: UPV
Plano:
LÍNEA BASES 2

Plano N°
02



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

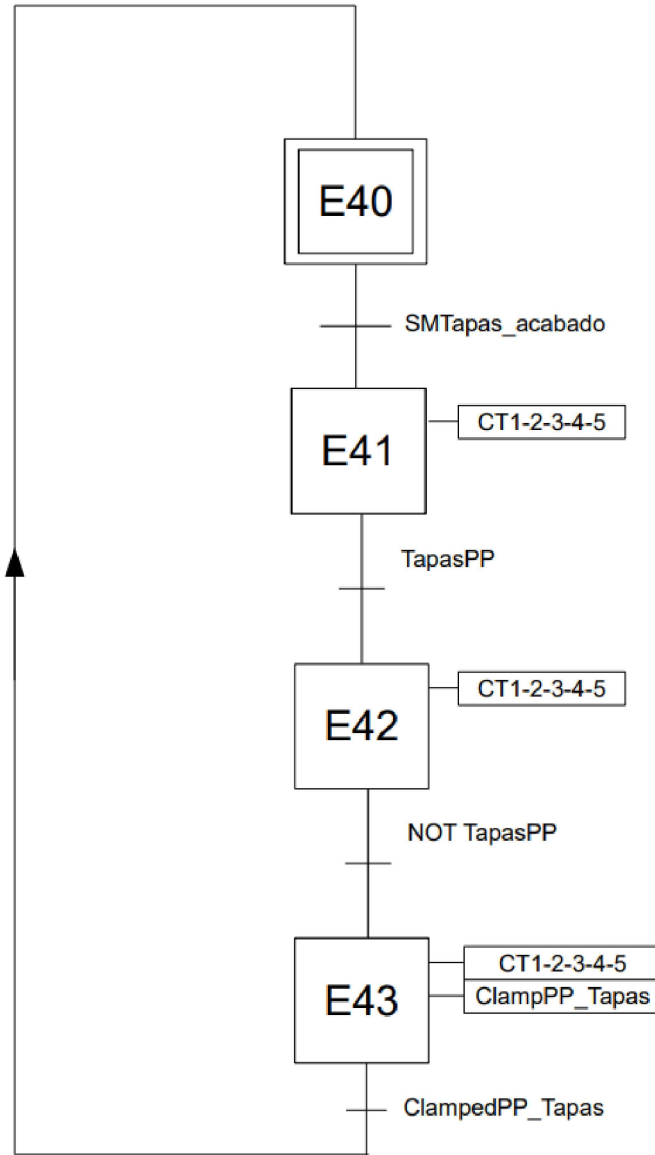
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

LÍNEA TAPAS 1

Plano N°

03



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Plano N°

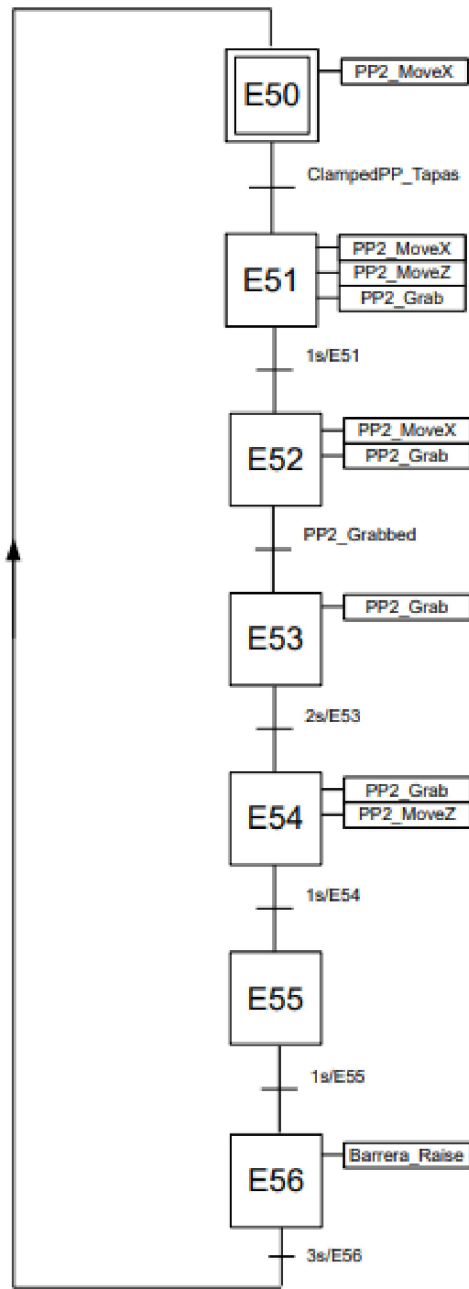
Tutor: Raúl Simarro Fernández

Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

LÍNEA TAPAS 2

04



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

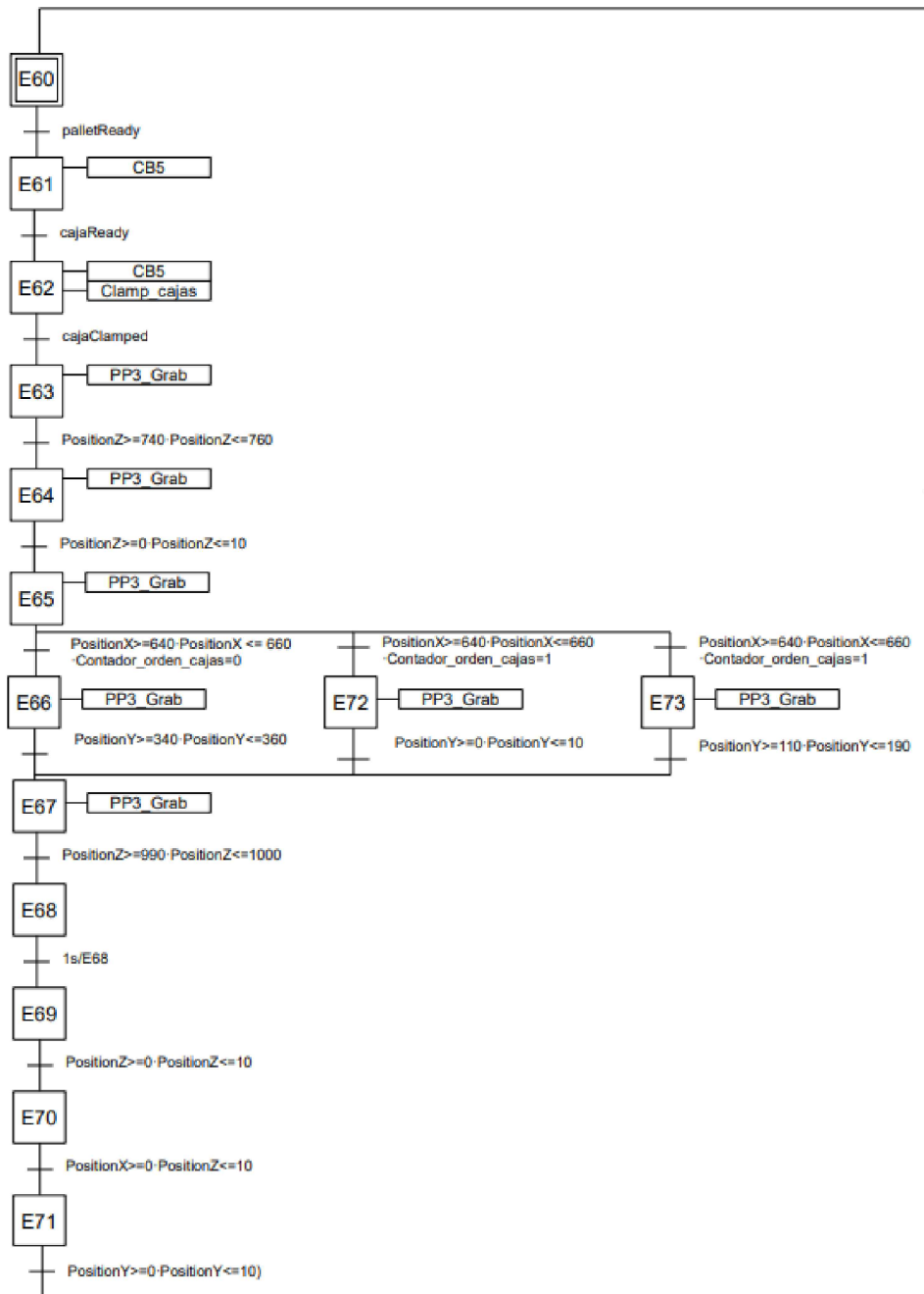
Emplazamiento: UPV

Plano:

PICK & PLACE 2 EJES

Plano N°

05



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

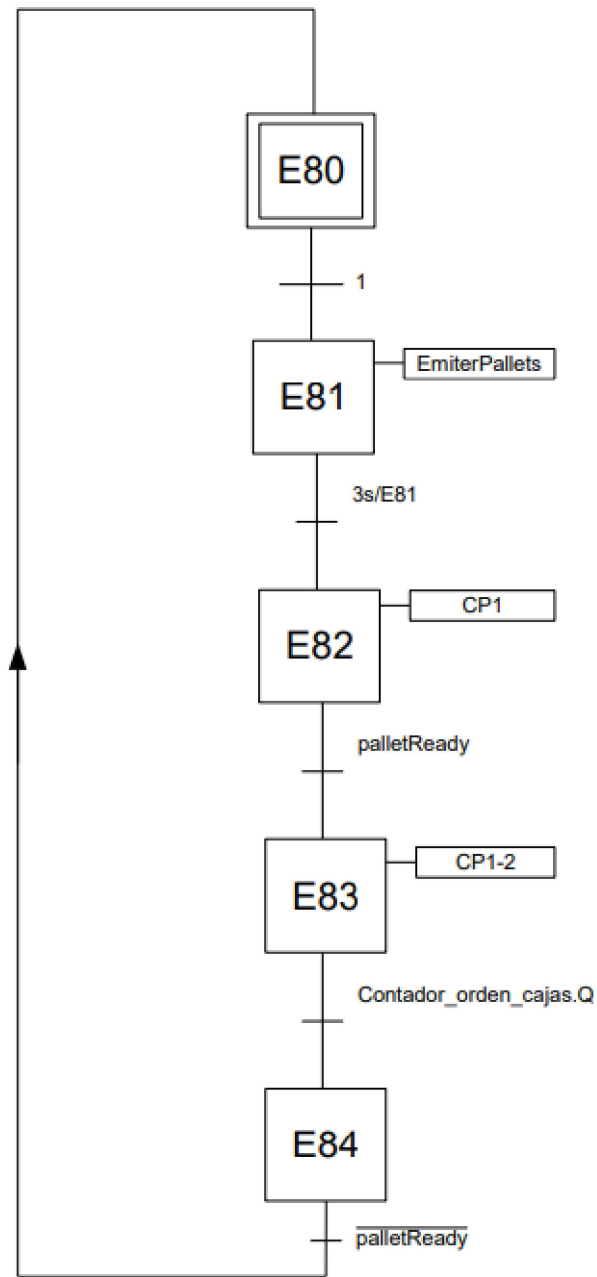
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

PICK & PLACE 3 EJES

Plano N°

06



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

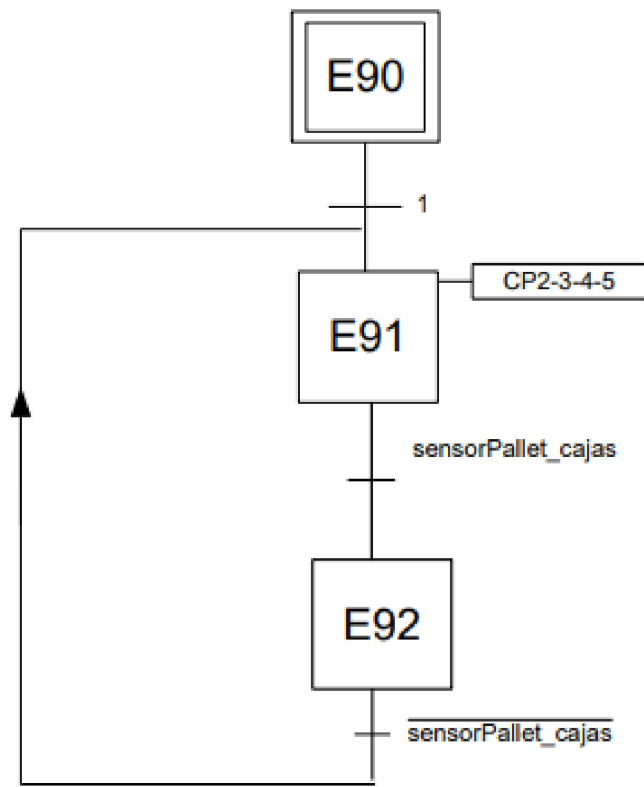
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

LÍNEA PALLETS 1

Plano N°

07



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

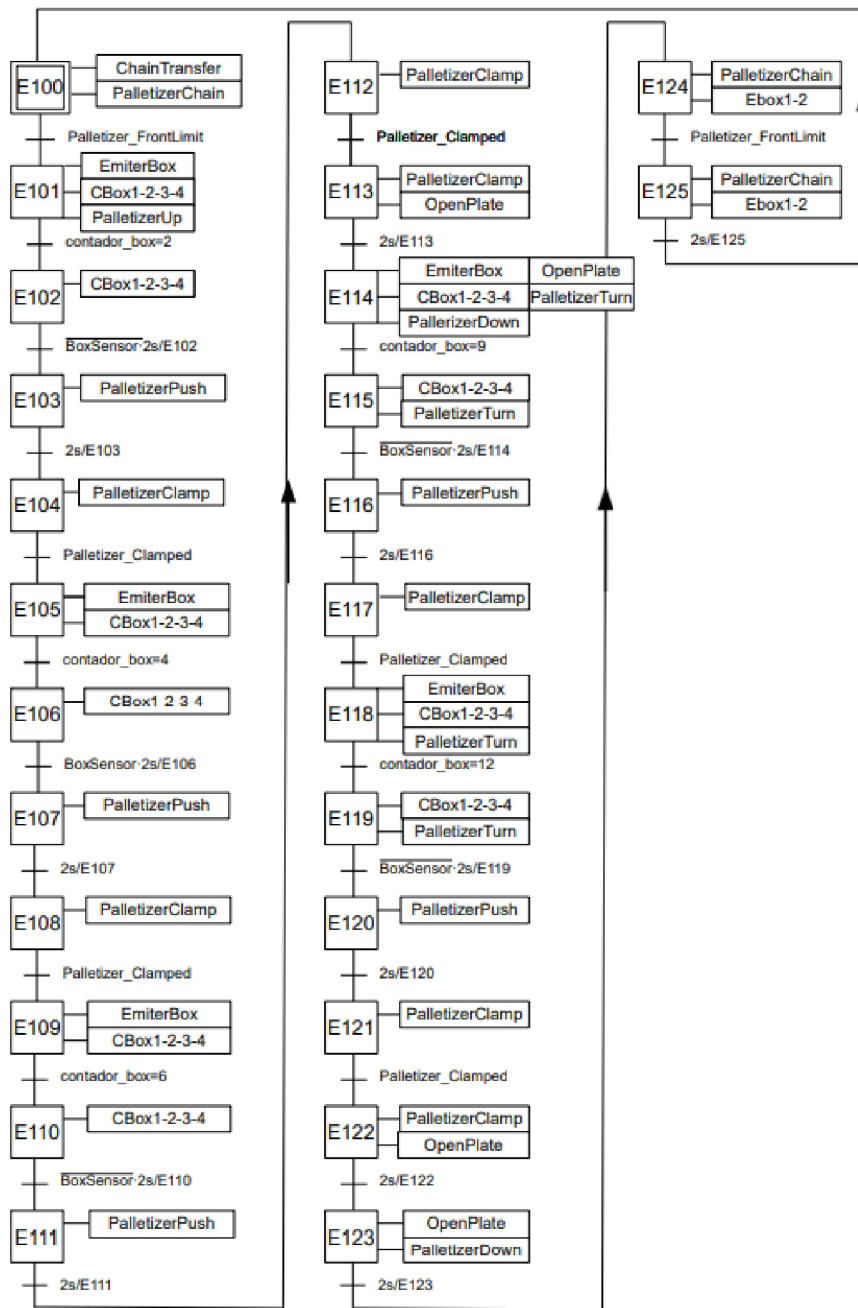
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

LÍNEA PALLETS 2

Plano N°

08



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

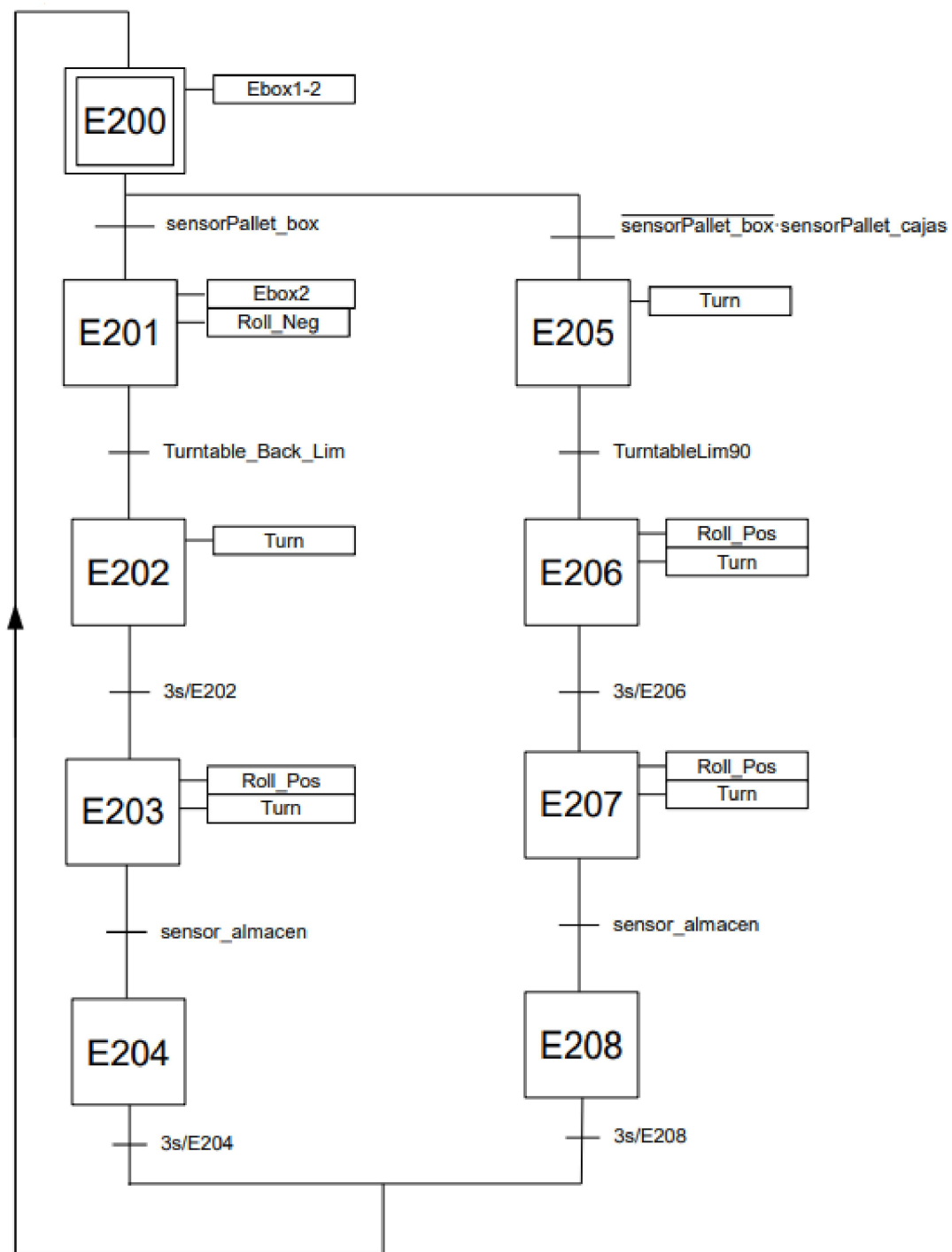
Emplazamiento: UPV

Plano:

PALETIZADORA

Plano Nº

09



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

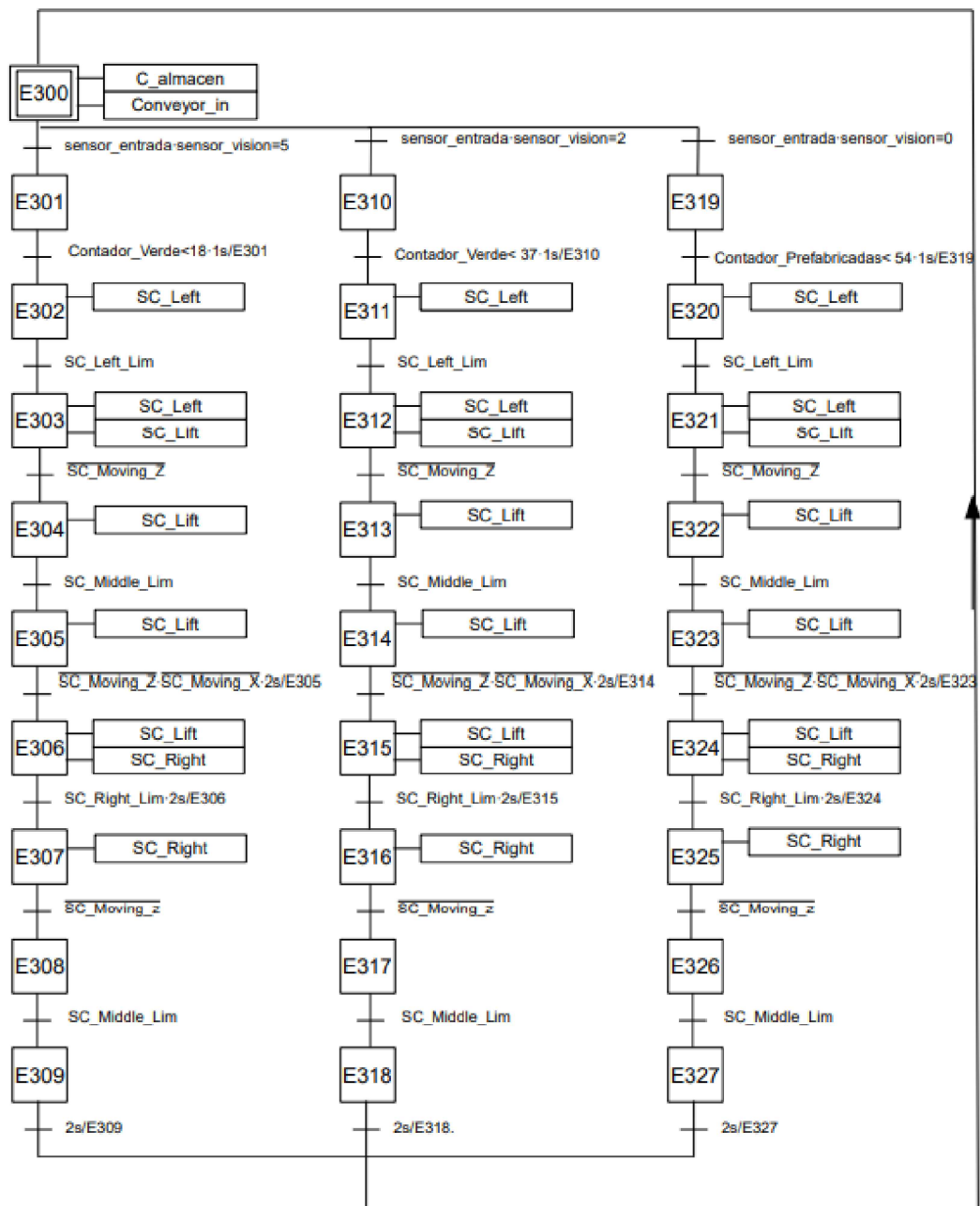
Plano:

Plano N°

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

PLATO GIRATORIO

10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

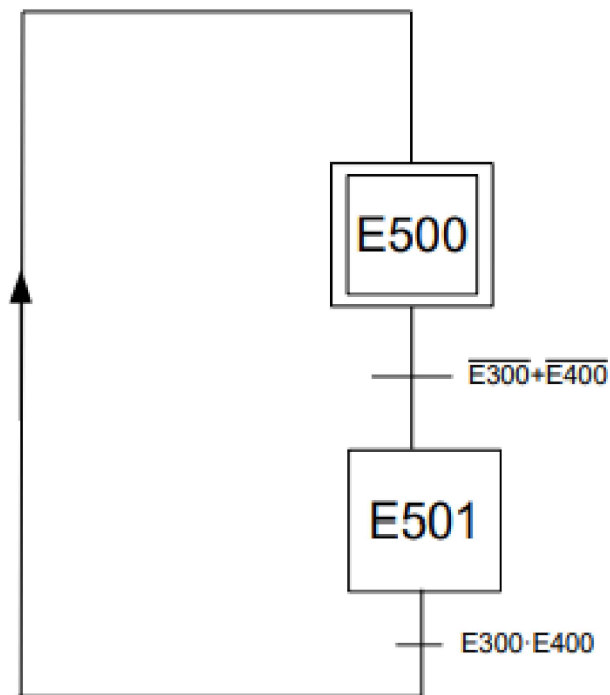
Emplazamiento: UPV

Plano:

ENTRADA ALMACÉN

Plano Nº

11



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

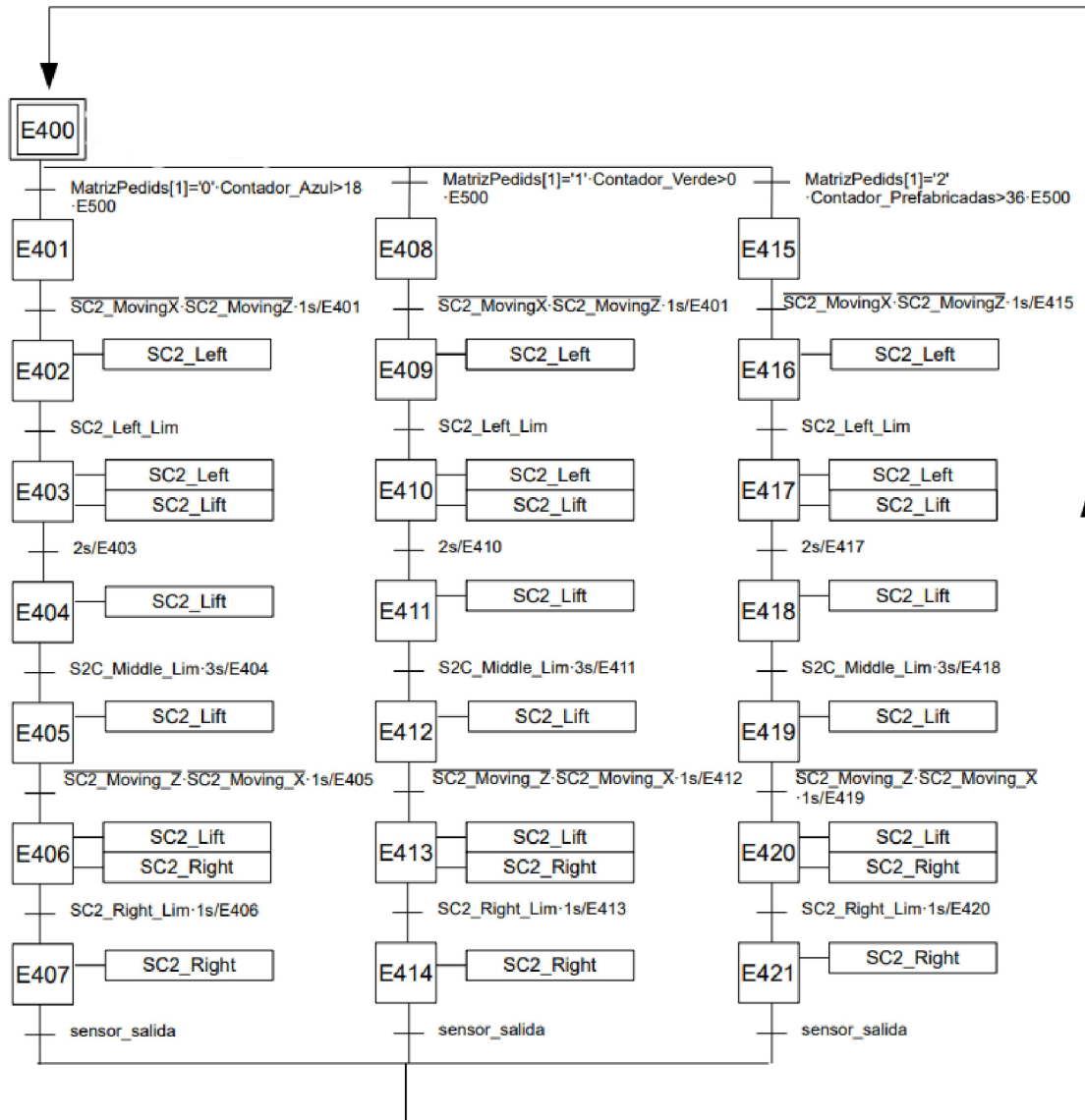
Plano:

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

ON/OFF ALMACÉN

Plano N°

12



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN
MEDIANTE EL AUTÓMATA M241 DE SCHNEIDER Y
SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE FACTORY IO

Fecha: 29/06/2022

Escala: sin escala

Autor: Iván Clara Trujillo

Emplazamiento: UPV

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Plano:

Plano Nº

Cotutor: Alberto Pajares Ferrando

SALIDA ALMACÉN

13



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETO	88
2. NORMATVA	88
3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES	89
3.1. PLC.....	89
3.2. ORDENADOR	90
3.3. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	90
3.4. SOFTWARE DE SIMULACIÓN	90
4. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN.....	91

1. OBJETO

El pliego de condiciones es un documento cuyo objeto principal es agrupar las características técnicas que son necesarias para desarrollar el proyecto enunciado en el documento de forma exitosa.

El objetivo del proyecto es implementar un modelo 3D de una planta de producción y paletizado de cajas de diferentes clases. El proyecto incluye la programación del PLC controlador del proceso y el diseño de la interfaz de usuario.

2. NORMATVA

En este apartado se enumera la normativa que concierne al proyecto de programación y simulación de la planta industrial:

UNE-EN IEC 61131:2019. Estándar Internacional para controladores lógicos programables (PLC).

UNE-EN 60848:2013. Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.

UNE-EN 62439:2018. Redes de comunicación industrial. Redes de automatización de alta disponibilidad.

UNE-EN 157001. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

UNE-EN ISO 13850:2016. Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño.

EN ISO 13849-1:2006. Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a la seguridad. Primera parte: Principios generales para el diseño (Gutiérrez, 2018)

EN ISO 13849-2:2004. Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a la seguridad. Segunda parte: Validación (Gutiérrez, 2018)

3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

A continuación, se van a enunciar las características técnicas de los materiales empleados en el diseño del proyecto.

3.1. PLC

Tal y como se menciona en la memoria, el PLC utilizado es el M241 del fabricante Schneider, en concreto, se utiliza el modelo TM241CE40R cuyas principales características son las siguientes:

- Dispone de 5 puertos integrados: Ethernet, CANopen, dos puertos serie y un puerto USB. En este proyecto se destaca la importancia de la conexión Ethernet, aunque al tener 5 puertos es un PLC que ofrece una gran versatilidad.
- Presenta una CPU con procesador de alto rendimiento y cartuchos de extensión (posibilidad de aumentar la capacidad en caso necesario).
- Es capaz de comunicar datos a través de servidor web y File Transfer Protocol (FTP). Para este proyecto se ha utilizado el servidor web como vía de transferencia de datos.
- Este PLC tiene una amplia gama de módulos de extensión de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.
- Es posible su comunicación través de la conexión Ethernet y Profibus. Como se ha mencionado previamente, en este proyecto se ha utilizado la conexión Ethernet.

El PLC es el engranaje principal del proyecto y, por ello, cabe resaltar la importancia de realizar un control de su funcionamiento.

En primer lugar, es necesario comprobar que al encender el magnetotérmico los LEDs de funcionamiento se encienden en color verde fijo mediante una inspección visual.

Una vez se ha comprobado que el PLC está activo, es recomendable verificar que el programa y el PLC se están comunicando de manera efectiva. Para ello, en el software de programación (SoMachine) hay que configurar la conexión según se ha indicado en la memoria y pulsar el botón de señal óptica que aparece en la ventana del programa. Esto debe provocar un encendido intermitente de los LEDs del PLC de color rojo, indicando que, efectivamente, el PLC y el ordenador están conectados.

3.2. ORDENADOR

Para poder ejecutar tanto el programa como la simulación es necesario disponer de un equipo con recursos suficientes para soportar la carga informática que esto implica. En este caso, se ha utilizado un PC del laboratorio de Automatización con las siguientes características:

- Sistema operativo Windows 10.
- Memoria RAM mínima de 16 GB.
- Sistema operativo Intel Core i5.
- Sistema operativo con procesador basado en x64 bits.
- Pantalla gráfica Intel(R) UHD Graphics 630.

Al tratarse de un equipo informático se presupone un nivel de funcionamiento óptimo, sin embargo, es posible realizar comprobaciones de las conexiones previamente comentadas.

Para verificar únicamente la conexión del PC con el PLC sin implicar al software de programación o simulación, es necesario abrir la consola del sistema tecleando “cmd” en el buscador y escribir la instrucción “ping” seguida de la IP del PLC al que se quiere conectar el equipo. Esta acción debe obtener una respuesta por parte del autómatas, siempre y cuando éste esté encendido y funcionando correctamente.

3.3. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Como se ha mencionado en la memoria de este proyecto, el autómatas se controla gracias al programa SoMachine de Schneider. En este caso se ha utilizado el software con la versión V4.3 del mismo.

Al igual que con el equipo informático, es conveniente testear que la conexión entre el software y el PLC se lleve a cabo con éxito. Este proceso de conexión se cuenta con más detalle en el Anexo II de la memoria: Manual de Usuario.

3.4. SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Para simular el comportamiento de la planta industrial se utiliza el programa Factory IO. Este software permite crear un modelo 3D con unas características muy similares a las de una planta real y con estaciones y máquinas totalmente funcionales. En concreto, Este diseño se implementa utilizando la versión 2.4.

Al igual que con el SoMachine, cabe destacar la importancia de comprobar las conexiones entre el programa y el PLC. En el Anexo II de la memoria se incluye una guía de conexión dónde se especifica el proceso necesario para realizar este control.

4. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN

Para poder ejecutar este proyecto de forma conveniente es necesario seguir los pasos de conexión y puesta en marcha enunciado en el Anexo II de la memoria. A continuación, se van a destacar y resumir los aspectos más importantes de la ejecución.

En primer lugar, es importante entender que el proyecto es un sistema en el que intervienen cinco partes fundamentales: ordenador, PLC, software de simulación y software de programación. Por ello, como se ha comentado en puntos anteriores del documento, es necesario haber dispuesto unos protocolos de comunicación eficaces y funcionales entre cada uno de estos componentes (en el apartado 4.5 de la memoria se hace un análisis de las conexiones utilizadas en cada una de las partes del proyecto).

Además de conseguir una comunicación fluida dentro del sistema, cabe destacar que la puesta en marcha se ha de hacer siguiendo unos pasos concretos. Los programas se comunican entre ellos y con el PLC a la vez que envían y reciben datos de la interfaz de usuario y, si no se activan según se establece en el Manual de Usuario (Anexo II de la memoria), el proyecto no se iniciará según lo previsto y puede hacer que se produzcan desfases entre la simulación y el programa.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL AUTÓMATA M241
DE SCHNEIDER Y SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE
FACTORY I/O

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

AUTOR: IVÁN CLARA TRUJILLO

TUTOR: RAÚL SIMARRO FERNÁNDEZ

COTUTOR: ALBERTO PAJARES FERRANDO

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	95
2. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES	95
2.1. ORDENADOR	95
2.2. SOFTWARE.....	96
2.3. PLC.....	96
2.4. MANO DE OBRA	96
3. CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS.....	97
4. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS	97
5. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de horas del proyecto.	95
Tabla 2. Tabla resumen de los precios elementales.	96
Tabla 3. Tabla de precios unitarios del proyecto.	97
Tabla 4. Tabla de precios descompuesto de la unidad 1: Diseño del proceso.....	97
Tabla 5. Tabla de precios descompuestos de la unidad 2: Programación y simulación.	98
Tabla 6. Tabla de precios descompuesto de la unidad 3: diseño de la interfaz de usuario.....	98
Tabla 7. Tabla de precios descompuestos de la unidad 4: Redacción del proyecto.....	99
Tabla 8. Tabla del presupuesto parcial de cada una de las unidades del proyecto.....	99
Tabla 9. Tabla del coste total del proyecto en su conjunto.	100

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se desarrolla el presupuesto del proyecto en su conjunto, detallando todas las partes y su coste económico.

Cabe recordar que el proyecto incluye la programación y simulación del sistema. Por ello, en el presupuesto se incluyen los costes tanto del PLC como del equipo y software utilizados en la programación, pero se excluyen los costes de la maquinaria física de la planta y de la pantalla asociada a la interfaz de usuario, ya que en el proyecto se utiliza un servidor web.

Por último, se hace un análisis de las diferentes acciones llevadas a cabo para desarrollar el proyecto y el tiempo dedicado a cada una de ellas.

ACTIVIDAD	DURACIÓN (h)
Diseño del proceso	60
Programación y simulación	130
Diseño de la interfaz de usuario	20
Redacción del proyecto	60
Tiempo total dedicado	270

Tabla 1. Distribución de horas del proyecto.

2. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES

En este apartado se desglosan los precios elementales de cada parte del proyecto individualmente y se estudia su amortización dentro del mismo.

2.1. ORDENADOR

Tal y como se ha mencionado la memoria y en el pliego de condiciones, se ha utilizado un PC de sobremesa modelo Dell OptiPlex 3060. De este equipo se ha hecho un uso continuado durante las 8 horas diarias de jornada laboral durante un año (225 días laborables). Estimando que la vida útil del ordenador se sitúa aproximadamente en 5 años, es posible calcular su amortización del siguiente modo:

$$Amortización\ MT.PC = \frac{base\ de\ amortizaciones\ (\text{€})}{vida\ útil\ (h)} = \frac{850 - 0}{5\ años \cdot \frac{1800\ h}{1\ año}} = 0,0945\ \text{€/h}$$

2.2. SOFTWARE

El software de programación, SoMachine, es un software de acceso libre y su licencia no tiene coste. Por ello, en el presupuesto únicamente se va a incluir el software de simulación de procesos Factory IO, cuya licencia cuesta 253 € anuales.

$$\text{Amortización MT.FIO} = \frac{\text{base de amortizaciones (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{253}{1 \text{ años} \cdot \frac{1800 \text{ h}}{1 \text{ año}}} = 0,1406 \text{ €/h}$$

2.3. PLC

El autómata utilizado en el proyecto es el M241 de Schenider. Este autómata tiene un precio de mercado de 433,78 € y a los PLCs se les otorga una vida útil de 6 años.

$$\text{Amortización MT.PLC} = \frac{\text{base de amortizaciones (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{433,78}{6 \text{ años} \cdot \frac{1800 \text{ h}}{1 \text{ año}}} = 0,04 \text{ €/año}$$

2.4. MANO DE OBRA

Para poder ejecutar el diseño se ha contado con un ingeniero graduado en Electrónica Industrial y Automática (GIEIA). Se estima que el salario de éste es de unos 18 €/año.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los precios elementales de los elementos que intervienen en este proyecto.

Código	Unidad	Descripción	Salario (€/h)
MT. PC	h	Ordenador de sobremesa	0,0945
MT. FIO	h	Software de simulaciones Factory IO	0,1406
MT. PLC	h	Autómata lógico programable (PLC)	0,04
MO. GIEIA	h	Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	18

Tabla 2. Tabla resumen de los precios elementales.

3. CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Unidad	Descripción	Importe (€/Ud)
<i>Ud.01</i>	Ud	Diseño del proceso	1083,78
<i>Ud.02</i>	Ud	Programación y simulación	2193,01
<i>Ud.03</i>	Ud	Diseño de la interfaz de usuario	363,19
<i>Ud.04</i>	Ud	Redacción del proyecto	1085,67

Tabla 3. Tabla de precios unitarios del proyecto.

4. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Coste	Importe (€)
<i>Ud.01</i>	Ud	Diseño del proceso		1083,78	
<i>MT. PC</i>	h	Ordenador de sobremesa	40	0,0945	3,78
<i>MO. GIEIA</i>	h	Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	60	18	1080

Tabla 4. Tabla de precios descompuesto de la unidad 1: Diseño del proceso.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Coste	Importe (€)
<i>Ud.02</i>	Ud	Programación y simulación		2193,01	
<i>MT. PC</i>	h	Ordenador de sobremesa	120	0,0945	11,34
<i>MT. FIO</i>	h	Software de simulaciones Factory IO	120	0,1406	16,87
<i>MT. PLC</i>	h	Autómata lógico programable (PLC)	120	0,04	4,8
<i>MO. GIEIA</i>	h	Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	120	18	2160

Tabla 5. Tabla de precios descompuestos de la unidad 2: Programación y simulación.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Coste	Importe (€)
<i>Ud.03</i>	Ud	Diseño de la interfaz de usuario		363,19	
<i>MT. PC</i>	h	Ordenador de sobremesa	20	0,0945	1,89
<i>MT. FIO</i>	h	Software de simulaciones Factory IO	5	0,1406	0,70
<i>MT. PLC</i>	h	Autómata lógico programable (PLC)	15	0,04	0,6
<i>MO. GIEIA</i>	h	Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	20	18	360

Tabla 6. Tabla de precios descompuesto de la unidad 3: diseño de la interfaz de usuario.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Coste	Importe (€)
<i>Ud.04</i>	Ud	Redacción del proyecto		1085,67	
<i>MT. PC</i>	h	Ordenador de sobremesa	60	0,0945	5,67
<i>MO. GIEIA</i>	h	Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	60	18	1080

Tabla 7. Tabla de precios descompuestos de la unidad 4: Redacción del proyecto.

5. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Coste	Presupuestos parciales (€)
<i>Ud.01</i>	Ud	Diseño del proceso	1	1083,78	1083,78
<i>Ud.02</i>	Ud	Programación y simulación	1	2193,01	2193,01
<i>Ud.03</i>	Ud	Diseño de la interfaz de usuario	1	363,19	363,19
<i>Ud.04</i>	Ud	Redacción del proyecto	1	1085,67	1085,67

Tabla 8. Tabla del presupuesto parcial de cada una de las unidades del proyecto.

Presupuesto total de ejecución material (PEM)	4725,65
Gastos generales (13%)	614,34
Beneficio industrial (6%)	283,54
Presupuesto total de ejecución por contrata (PEC)	5623,53
IVA (21%)	1180,95
Presupuesto Base de Licitación	6804,47

Tabla 9. Tabla del coste total del proyecto en su conjunto.

El presupuesto final asciende a **SEIS MIL OCHOCIENTOS CUATRO EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**