



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Desarrollo de la automatización de una línea de producción y almacenamiento con implementación mediante autómatas Schneider m241 y evaluación con diseño en planta mediante software de simulación de procesos Factory i/o.

Resumen

Los objetivos del proyecto son el diseño de una planta que produzca, monte y almacene cajas pequeñas de diferentes colores, la automatización de los procesos que intervienen mediante el autómata programable Schneider M241 y la monitorización del proceso mediante SCADA en LabView.

Las tareas a realizar en el trabajo serán:

- Diseño en planta de los procesos involucrados mediante el software de simulación Factory I/O, que permitirá evaluar el funcionamiento de la automatización del sistema con el PLC real mediante comunicación ModBus/TCP.
- Diseño de la automatización de los procesos involucrados.
- Implementación del programa en el autómata.
- Evaluación del automatismo sobre el software de simulación.
- Realización de un SCADA mediante LabView que permite la monitorización e interacción con el sistema gracias a comunicaciones ModBus/TCP.

Palabras Clave: Automatización; SCADA; monitorización; PLC; Simulación; Modbus/TCP

Desarrollo de la automatización de una línea de producción y almacenamiento con implementación mediante autómatas Schneider m241 y evaluación con diseño en planta mediante software de simulación de procesos Factory i/o.

Summary

The objectives of the project are the design of a plant that produces, assembles and stores small boxes of different colors, the automation of the processes that intervene using the Schneider M241 programmable automaton and the monitoring of the process by means of a SCADA system built with LabView.

The tasks to be performed throughout the project will be:

- On-site design of the processes involved by Factory I / O simulation software, which will allow the evaluation of the system automatic operation by means of the real PLC through ModBus/TCP communication.
- Design of the automation of the processes involved.
- Implementation of the program in the automaton.
- Evaluation of the system automatization on the simulation software.
- Building a SCADA with LabView that allows the monitoring and interaction with the system thanks to ModBus/TCP communications.

Keywords: Automation; SCADA; monitoring; PLC; Simulation; Modbus/TCP

Desarrollo de la automatización de una línea de producción y almacenamiento con implementación mediante autómatas Schneider m241 y evaluación con diseño en planta mediante software de simulación de procesos Factory i/o.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y a toda mi familia cercana por el apoyo recibido durante toda mi vida de estudiante y por darme la oportunidad de cursar un cuatrimestre en el extranjero para expandir mis horizontes.

En segundo lugar, quiero agradecer a todos los amigos, compañeros y profesores con los que he compartido aula durante estos años por hacer de este periodo algo especial.

Por último, agradecer a IT8 y Siemens, con los que he trabajado y trabajo y me han permitido reforzar mis conocimientos y darme una visión realista del mundo de la automatización.

Desarrollo de la automatización de una línea de producción y almacenamiento con implementación mediante autómatas Schneider m241 y evaluación con diseño en planta mediante software de simulación de procesos Factory i/o.

Contenidos del proyecto

Documento N°1: Memoria

Anexo I: Manual de Usuario

Anexo II: Variables de Sistema

Documento N°2: Pliego de Condiciones

Documento N°3: Presupuesto

Desarrollo de la automatización de una línea de producción y almacenamiento con implementación mediante autómatas Schneider m241 y evaluación con diseño en planta mediante software de simulación de procesos Factory i/o.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

DOCUMENTO 1: MEMORIA

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Contenido

1. Objeto.....	6
2. Estudio de las necesidades.....	6
2.1. Legislación:	6
2.2. Especificaciones del encargo.....	6
3. Estudio de alternativas.....	7
3.1. Estudio.....	7
3.2. Lógica.....	7
3.3. Elementos de control	8
3.4. Autómata programable.....	8
3.5. Lenguaje de programación.....	9
3.6. Sistema de monitorización.....	10
4. Justificación y descripción de la solución adoptada	11
4.1. Diseño de la línea de producción	11
4.1.1. Producción.....	11
4.1.2. Clasificación.....	12
4.1.3. Montaje	13
4.1.4. Paletización	14
4.1.5. Almacén.....	17
4.2. Diseño del automatismo	18
4.2.1. Producción.....	19
4.2.2. Clasificación.....	20
4.2.3. Montaje	21
4.2.4. Paletización	22
4.2.5. Almacén.....	25
4.3. Desarrollo del SCADA	26
5. Análisis de la línea de producción	29
6. Conclusiones.....	32
7. Bibliografía	33

Índice de figuras

Figura 1, Elaboración Propia, Línea de Producción	11
Figura 2, Elaboración Propia, Centros de Mecanizado. 1. Producción de Bases / 2. Producción de Tapas	12
Figura 3,[8], Valores de detección del sensor de visión	12
Figura 4, Elaboración Propia, Clasificación. 1. Sensores de Visión / 2. Elevadores	13
Figura 5, Elaboración Propia, Montaje. 1. Brazo de Montaje / 2. Bridas de colocación y barreras	13
Figura 6, Elaboración Propia, Cadena de cintas de transporte	14
Figura 7, Elaboración Propia, Elevador de transporte a paletizadora	15
Figura 8, Elaboración Propia, Paletizadora. 1. Trampilla / 2. Empujadores	16
Figura 9, Elaboración Propia, Transporte de Palés. 1. Elevador Paletizadora / 2. Sistema de cintas	16
Figura 10, Elaboración Propia, Almacén	17
Figura 11, Elaboración Propia, Cuadro de Mando Almacén. 1. Luces de aviso / 2. Contadores de piezas	17
Figura 12, [9], Pirámide de Comunicación Industrial	18
Figura 13, Elaboración Propia, Esquema de conexiones	18
Figura 14, Elaboración Propia, Secuencia de control	19
Figura 15, Elaboración Propia, Secuencia Centros de Mecanizado	20
Figura 16, Elaboración Propia, Secuencia de Clasificación	21
Figura 17, Elaboración Propia, Secuencia Montaje de cajas	22
Figura 18, Elaboración Propia, Secuencia Elevador a paletizadora	23
Figura 19, Elaboración Propia, Secuencia de paletización	24
Figura 20, Elaboración Propia, Secuencia Transporte de palés	25
Figura 21, Elaboración Propia, Secuencia almacenamiento	26
Figura 22, Elaboración Propia, Panel de Control SCADA	27
Figura 23, Elaboración Propia, Monitorización SCADA	27
Figura 24, Elaboración Propia, SCADA Completo	28
Figura 25, Elaboración Propia, Esquema de conexiones completo	28
Figura 26, Elaboración Propia, Removers	30

1. Objeto

Una empresa dedicada a la fabricación de envases de plástico desea comenzar a fabricar en masa un nuevo diseño para ponerlo a la venta. Para ello se quiere añadir una nueva línea automática de producción, paletizado y almacenaje del elemento en cuestión.

Este proyecto está centrado en el diseño y automatización de dicha línea de producción, así como de un sistema de monitorización y control de esta. Asimismo, se pide que una vez este la línea en marcha, se lleve a cabo un análisis de esta para comprobar su eficiencia y su capacidad de producción antes de realizar el gran gasto que conlleva.

2. Estudio de las necesidades

2.1. Legislación:

Para la automatización y puesta en marcha del sistema automático que queremos diseñar, es necesario tener en cuenta la siguiente normativa:

- IEC 61131-3: Estándar internacional para los controladores lógicos programables.[1]
- IEC 60870-5-101: Norma para la monitorización de sistemas de energía, control y las comunicaciones asociadas a los mismos.[1]
- UNE EN 60848:2013: Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.[1]

2.2. Especificaciones del encargo

Teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las limitaciones de técnicas del software de simulación y el sistema a automatizar, se definen las siguientes especificaciones:

- Se deben fabricar piezas de dos colores distintos y el sistema debe ser capaz de clasificarlas y almacenarlas en grupos de cuatro cajas por palé. Estos grupos podrán estar formados por cuatro cajas del mismo color o bien por dos cajas de cada color.
- A la línea entrarán piezas de un color u otro de forma aleatoria, por ello será importante la clasificación.
- El sistema de monitorización debe mostrar cuantos palés de cada tipo hay almacenados y avisar en caso de que el almacén esté completo.
- En producción normal producirá un palé diferente en cada ciclo, es decir, uno de cajas azules, uno de verdes y luego uno mixto. Se podrá, desde el SCADA, seleccionar un tipo de producción concreto en caso de ser necesario.
- La programación de la línea debe garantizar el menor tiempo de ciclo posible teniendo en cuenta las limitaciones de los elementos que la forman. De no ser así, el análisis de la eficiencia de la línea podría ser incorrecto.
- La interfaz de monitorización y control será lo más intuitiva y simple posible para facilitar a los operarios el manejo de la línea.
- El análisis se realizará con la línea en condiciones normales, sin embargo, el sistema contará con un botón de emergencia tanto en el SCADA como físicamente para comprobar la reacción de la línea ante una emergencia.
- Se realizará un estudio de la línea para comprobar su eficiencia antes de su construcción.

3. Estudio de alternativas

Para la realización de cualquier proyecto es fundamental un análisis en profundidad de las diferentes alternativas que existen hoy en día de las posibles soluciones que se pueden adoptar. Esto nos permitirá averiguar cuál de estas soluciones será la más eficiente, tanto a nivel económico como técnico. Por ello, vamos a realizar un estudio de las diferentes soluciones que se pueden dar a este proyecto.

3.1. Estudio

La finalidad de este proyecto es analizar la eficacia de una línea de producción, por ello es importante decidir cómo se va a realizar este análisis.

Las posibilidades que se plantean son las siguientes:

- **Análisis teórico:** Con este método, conociendo todos los parámetros de los elementos que conformarán la línea, es posible realizar un cálculo teórico de cuánto tiempo se tardará en producir y almacenar un palé. Es una solución barata, ya que simplemente requiere de una persona capaz de realizar los cálculos necesarios. Sin embargo, plantea un análisis teórico y que no será del todo exacto ya que no puede tener en cuenta elementos importantes como los posibles fallos de la línea.
- **Simulación por software:** Gracias al avance de la tecnología, se puede realizar una simulación de la línea planteada para estudiar su eficacia, lo que se conoce como *Hardware-in-the-loop* (HIL)[2]. Para realizar este análisis se utiliza lo que se conoce como un gemelo virtual, esto es, un modelo virtual de la línea que se va a implementar y que nos permitirá realizar la programación y observar los mismos resultados que obtendríamos sobre la implementación real. Esto nos ofrece la posibilidad de comprobar la correcta funcionalidad y la eficiencia de la línea mediante un análisis más práctico y realista que el planteado anteriormente. Al requerir de más recursos, resulta algo más caro, sin embargo, este proceso reduce enormemente el riesgo que corremos, ya que en caso de que la línea no sea todo lo eficiente que se quiere o no funcione correctamente se podrían realizar las modificaciones necesarias sobre el gemelo digital y repetir el análisis. De esta forma solo se montaría la línea real una vez tuviéramos claro que la línea va a funcionar como es requerido. Además, al ser necesario realizar el programa para el estudio, se reduce notablemente el tiempo de puesta en marcha.[3]

Tras plantear las diferentes posibilidades se decide realizar una simulación por software, ya que, aunque supone una alternativa más cara, se puede observar el funcionamiento de la línea e incluso algunos de los posibles fallos. Además, si el estudio es satisfactorio y se decide implementar, será mucho más sencillo.

3.2. Lógica

La automatización de cualquier sistema se puede llevar a cabo de varias formas. Se puede implementar con elementos puramente físicos (contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, etc.), o bien se pueden sustituir muchos de estos elementos por un sistema programable.

Las principales características de cada una de estas formas de implementar un automatismo son:

- **Lógica cableada:** La comunicación se efectúa mediante elementos físicos, ya sea neumáticos, eléctricos, electrónicos o una combinación. Es una solución más robusta y fiable, pero es costosa tanto su instalación como las futuras modificaciones si fueran necesarias.
- **Lógica programada:** Se realiza la comunicación de los elementos mediante un dispositivo lógico programable y un software programado para el control de estos. Este tipo de sistemas nos permite implementar nuevos elementos y/o realizar cambios en nuestro sistema de forma más sencilla.[4]

Vistas las diferentes posibilidades que tenemos, se va a utilizar un sistema de lógica programable, ya que nos permite utilizar algoritmos más complejos, es más flexible ante posibles modificaciones y es una solución que requiere de menos componentes físicos abaratando así los costes de adquisición y de mantenimiento.

3.3. Elementos de control

Tras decidir que se va a utilizar lógica programable para este proyecto, es necesario elegir entre todas las alternativas posibles sobre las que se puede implementar esta programación.

Las más comunes son las siguientes:

- **Tarjeta de adquisición de datos (DAQ):** Es un aparato que hace de intermediario entre un PC y sensores que recogen los datos que luego se usarán en la programación. Estos sistemas normalmente incluyen el acondicionamiento de las señales y los convertidores analógico digital para su manipulación por el PC.[5]
- **Microcontrolador:** Se trata de un dispositivo gobernado por una unidad central de procesamiento o CPU, que trabaja con sus propias unidades de memoria, canales de entradas y salidas, temporizadores y otros periféricos. Hay una gran variedad de entre los que podemos elegir los que más se adapten a las necesidades del proyecto. Requiere de una programación compleja y en la mayoría de los casos será necesario añadir a este dispositivo diversos módulos específicos para cada aplicación.[6]
- **Controlador Lógico Programable (PLC):** Están diseñados para el control de procesos secuenciales. Son menos sensibles ante el ruido eléctrico que las otras opciones mencionadas, además de tener una mayor resistencia frente a altas temperaturas. Además, están preparados para añadir al sistema diversos módulos que adaptaran el hardware a las necesidades de nuestro proyecto.

Tras analizar las opciones disponibles, se decide utilizar un autómatas programable (PLC) ya que su carácter modular y su resistencia a las condiciones de la industria nos permite adaptarlo fácilmente a las necesidades de nuestro proyecto. Además, es más flexible a la hora de programarlo por la variedad de lenguajes que ofrece.

3.4. Autómatas programables

Hoy en día existe gran cantidad de empresas que se dedican a la producción y comercialización de estos dispositivos, como por ejemplo Omron, Schneider, Siemens, Rockwell o Phoenix Contact. Además, cada marca cuenta con múltiples modelos que podemos utilizar en función de las prestaciones necesarias para el desarrollo de nuestra aplicación. Por ello, nos encontramos ante el dilema de cual elegir para la implementación de nuestro proyecto.

A la hora de seleccionar que controlador elegir para nuestro proyecto es importante tener en cuenta varios aspectos:

- Memoria, capacidad de programa y velocidad de procesamiento.
- Comunicaciones. Es importante para la velocidad de transmisión de datos, fundamental si utilizamos el PLC para aplicaciones que controlen seguridades. También determina la capacidad de acceder a la red desde elementos externos como puede ser un sistema SCADA o módulos descentralizados como E/S remotas.
- Software. Las posibilidades que nos ofrezca el software de programación o un software más intuitivo también es un factor que debemos tener en cuenta.[7]

De entre las opciones que se han comentado, en el laboratorio nos encontramos con 3 posibles controladores entre los que se debe elegir: Omron CJ2M, Schneider Modicon M241 y Siemens S7-1200.

Este autómatas de Omron ya se utilizó en una asignatura de la carrera y, ya que una de las finalidades del proyecto es el aprendizaje, se ha decidido no utilizar. Tanto el PLC de Siemens como el de Schneider ofrecen características que cumplen con las necesidades del sistema, por lo que cualquiera de los dos sería válido. Sin embargo, se ha decidido utilizar el Modicon M241 ya que el software de programación de Schneider (SoMachine) nos permite crear una aplicación de monitorización a la que podemos acceder desde cualquier dispositivo conectado a la red.

3.5. Lenguaje de programación

El software de programación de Schneider ofrece todos los lenguajes de programación estándar: Diagrama de contactos (o Ladder), diagrama de bloques, texto estructurado, y SFC (o Grafset).

Cada uno de estos lenguajes nos ofrecen sus respectivas ventajas:

- **Diagrama de contactos:** Es un lenguaje análogo a esquemas eléctricos, por lo que es fácilmente comprensible para gente de mantenimiento. Quizá el más común en programación de PLC. Intuitivo tanto a la hora de programar como al monitorizar nuestro programa para depurarlo.
- **Diagrama de bloques:** Se basa en la parametrización de bloques cableados entre sí para formar circuitos lógicos. Resulta menos intuitivo que el diagrama de contactos ya que requiere saber la funcionalidad de cada uno de los bloques que se va a utilizar.
- **Texto estructurado:** Es un lenguaje literal, al contrario que los otros lenguajes aquí presentados. Ofrece funciones más complejas que los otros lenguajes como bucles o la posibilidad de utilizar direccionamiento indirecto, pero es más difícil de comprender y resulta poco intuitivo.
- **SFC:** Lenguaje basado en el conocido estándar de programación de secuencias Grafset. Se basa en la definición de etapas que llevan asociadas unas acciones y transiciones que conllevan el cambio de etapa. Es un lenguaje muy visual, lo que facilita la monitorización. Suele ir apoyado de algún otro lenguaje para facilitar la programación de etapas complejas.

Dado que esta línea se basa mucho en la repetición de distintas cadenas secuenciales, se decide utilizar el lenguaje SFC. Además, como hemos comentado, este lenguaje ofrece una visualización más fácil que ayudará a la hora de depurar el programa.

Sin embargo, algunas etapas de nuestro programa requerirán de acciones y transiciones algo más complejas de lo habitual y algunas funciones más complejas que serán necesarias, como por ejemplo contadores, no se pueden implementar en SFC. Por lo tanto, nos tendremos que apoyar en otro lenguaje. En este caso se ha decidido utilizar diagrama de contactos, ya que junto al SFC, son los que ofrecen una mayor facilidad a la hora de depurar el programa.

3.6. Sistema de monitorización

Es importante también para cualquier proyecto de automatización un sistema desde el que se pueda visualizar y controlar las líneas de producción, es decir un SCADA.

Para nuestro proyecto contamos con diferentes posibilidades: una pantalla de Omron, el servidor web de SoMachine o utilizar el software LabView.

En este caso, se desechó la pantalla de Omron por decisión personal, ya que el software es poco intuitivo. El servidor web SoMachine es una aplicación muy útil ya que nos permite la monitorización del automatismo simplemente conectándonos a la red. Sin embargo, dado que uno de los objetivos es el aprendizaje, se decidió hacer con LabView que es un software muy conocido y utilizado en aplicaciones reales.

4. Justificación y descripción de la solución adoptada

Una vez se han decidido las herramientas y metodologías que se van a emplear en el desarrollo de nuestro proyecto se va a explicar el desarrollo y funcionamiento de este. En primer lugar, vamos a diferenciar tres partes: diseño de la línea de producción, automatización de esta y el desarrollo del Scada que controle y monitorice el proceso. Esta misma estructura se va a seguir también a la hora de explicar el desarrollo del proyecto.

4.1. Diseño de la línea de producción

El objetivo de esta planta, como se ha comentado anteriormente, consiste en la producción, clasificación por colores, montaje, paletización y almacenaje de las cajas de plástico que vende la empresa del cliente.

Tras el diseño la línea queda de la siguiente manera:

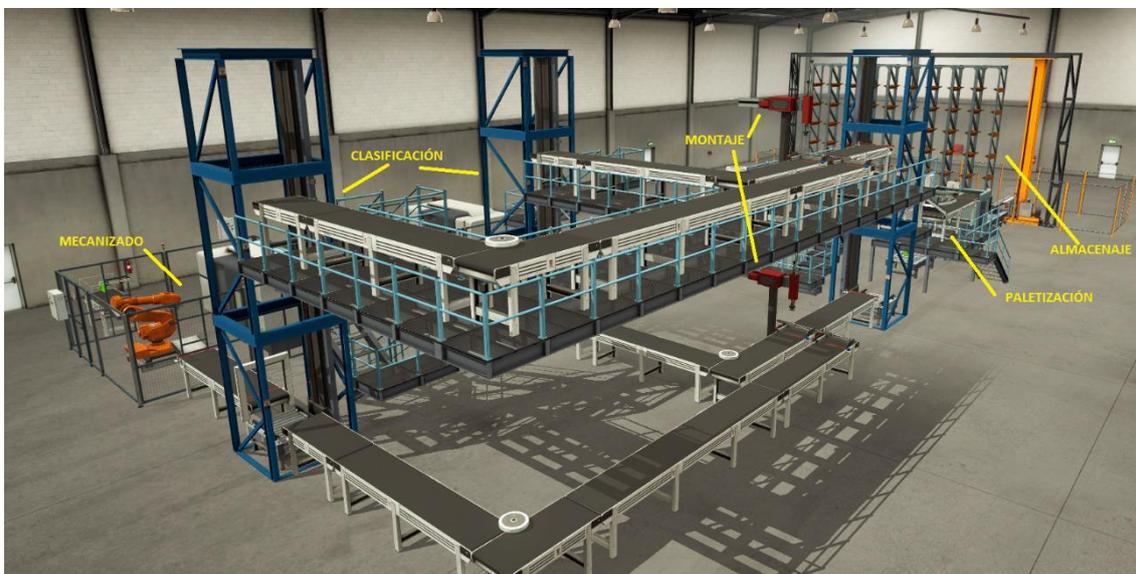


Figura 1, Elaboración Propia, Línea de Producción

A continuación, vamos a ver como se ha diseñado la línea para cumplir con los objetivos marcados.

4.1.1. Producción

El primer paso es transformar la materia prima en las dos partes que conformaran las cajas: tapas y bases.

Para ello, vamos a utilizar unos centros de mecanizado en los que un brazo robótico introducirá la materia prima y una vez finalizado el proceso la sacará para enviarlo a su clasificación.

Como vamos a necesitar dos partes diferentes, se van a utilizar dos de estos centros de mecanizado dispuestos como podemos observar en la siguiente figura.



Figura 2, Elaboración Propia, Centros de Mecanizado. 1.Producción de Bases / 2. Producción de Tapas

4.1.2. Clasificación

Una vez tenemos las dos partes de nuestro producto ya finalizadas, debemos clasificarlas según el color de las piezas. Para ello hay que utilizar un sistema para detectar el color, y otro para separar las piezas azules de las verdes.

Para la detección, simplemente se va a utilizar un sensor capaz de mandar al PLC una señal diferente en función del color que detecte. El sensor que nos ofrece el Factory IO nos proporciona diferentes señales tal y como se puede observar en la figura 2.

Como se ve en la figura, este sensor de visión nos permite diferenciar no solo entre los diferentes colores, sino también entre las diferentes formas que puede tener nuestra pieza (materia prima, base o tapa).

Para esta simulación, solo nos interesa la diferenciación por color, ya que las bases y las tapas van a clasificarse en líneas diferentes. No obstante, en el proceso real podría utilizarse para detectar si uno de los centros de mecanizado ha fallado y no ha hecho el mecanizado o lo ha hecho al revés introduciendo el tipo de pieza erróneo.

Item	All Digital	All Numerical
	Bit 0 1 2 3	Value
None	0 0 0 0	0
Blue Raw Material	1 0 0 0	1
Blue Product Lid	0 1 0 0	2
Blue Product Base	1 1 0 0	3
Green Raw Material	0 0 1 0	4
Green Product Lid	1 0 1 0	5
Green Product Base	0 1 1 0	6
Metal Raw Material	1 1 1 0	7
Metal Product Lid	0 0 0 1	8
Metal Product Base	1 0 0 1	9

Figura 3,[8], Valores de detección del sensor de visión

Por otro lado, para la separación de las piezas en función del color vamos a utilizar unos elevadores, de forma que las piezas de color azul se llevarán a una línea superior y las verdes se mantendrán en la línea inferior.



Figura 4, Elaboración Propia, Clasificación. 1. Sensores de Visión / 2. Elevadores

4.1.3. Montaje

Una vez tenemos las piezas ya clasificadas, deberemos unir las tapas a las bases y así tener las cajas. Para ello se van a utilizar unos brazos robóticos provistos de una ventosa al final que nos servirá para coger las tapas y colocarlas sobre las bases.

Este brazo se va a utilizar de manera digital, es decir, se le enviarán señales digitales para que muevan alguno de sus ejes y los moverá a una posición determinada. Por esto, será necesario colocar las piezas en la posición adecuada para que el brazo pueda cogerlas y montarlas correctamente. Para este fin, se utilizará una brida neumática que llevará las piezas a la posición. Además, esta brida está provista de una barrera que nos servirá para no dejar pasar las piezas hasta que ya estén montadas.

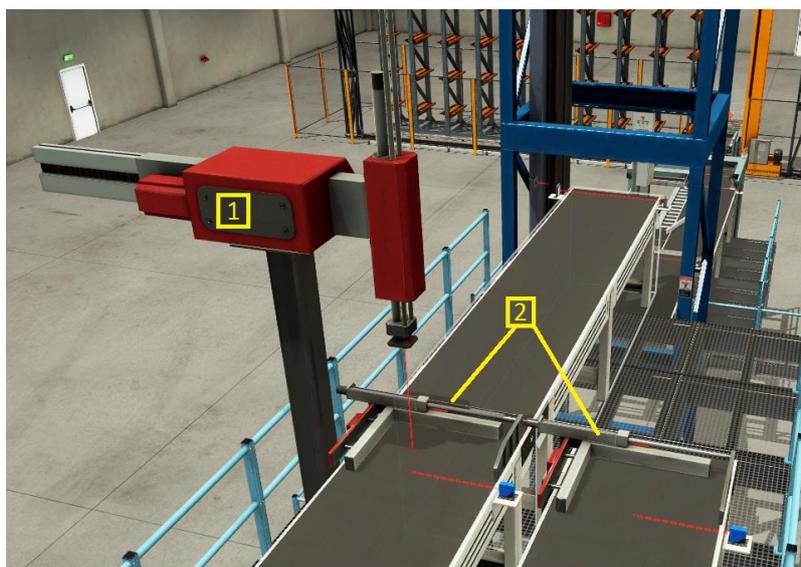


Figura 5, Elaboración Propia, Montaje. 1. Brazo de Montaje / 2. Bridas de colocación y barreras

Para llevar las piezas desde los elevadores hasta los brazos donde se montarán, se van a utilizar unos sistemas de cintas transportadoras en las que además se podrán acumular algunas piezas en caso necesario. Por ejemplo y si hay algún fallo en los procesos siguientes o mientras no llegue alguna de las piezas del conjunto que se está produciendo.



Figura 6, Elaboración Propia, Cadena de cintas de transporte

4.1.4. Paletización

El siguiente paso que realizar es la paletización. Se van a hacer palés de 4 cajas cada uno y como hemos comentado anteriormente serán todas de un color o dos cajas de cada color.

Lo primero, será llevar las cajas una vez montadas hasta la máquina que se encargará de la paletización. Con este fin se llevarán las cajas desde la posición del brazo hasta un elevador que en función de las cajas que necesite irá a la posición de arriba para cargar piezas azules o abajo para las verdes. Una vez cargadas se llevarán a la posición central, a través de donde llegarán a la paletizadora.



Figura 7, Elaboración Propia, Elevador de transporte a paletizadora

La máquina de paletizado trabaja con unos empujadores frontales y laterales, que llevarán las piezas hasta la posición de la trampilla, la cual se abrirá para dejando las piezas encima del palé. La misma máquina cuenta con un pequeño elevador que lleva el palé vacío hasta la posición más alta para que las piezas con caigan y se descoloquen.

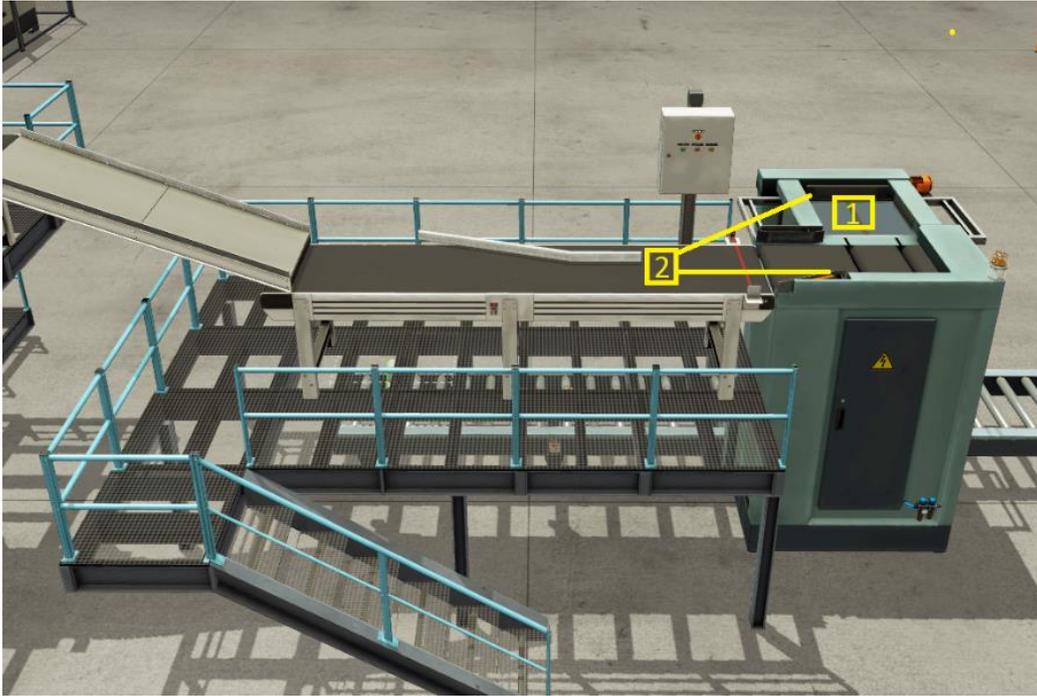


Figura 8, Elaboración Propia, Paletizadora. 1. Trampilla / 2. Empujadores

Una vez completados, los palés se llevarán hacia el almacén utilizando un sistema de cintas transportadoras.

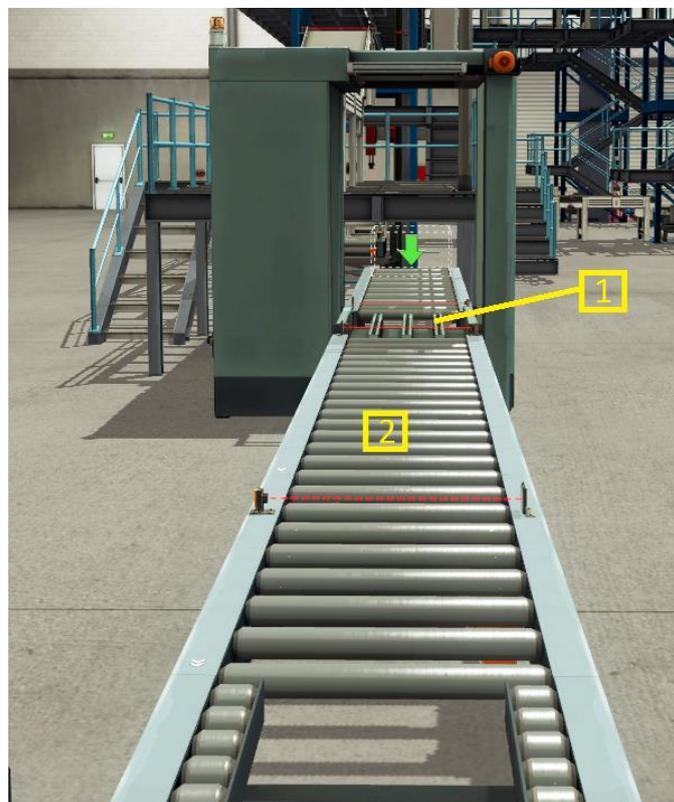


Figura 9, Elaboración Propia, Transporte de Palés. 1. Elevador Paletizadora / 2. Sistema de cintas

4.1.5. Almacén

Por último, cuando ya tenemos los palés montados, se llevarán hasta un almacén donde se guardarán hasta su venta.

En este caso se va a añadir un almacén con 6 filas de 9 posiciones cada uno, en total 54 posiciones. Como tenemos tres tipos diferentes de palés, se van a utilizar dos filas para cada uno de los tipos, pudiendo almacenar hasta 18 palés de cada. En caso de necesitar más huecos, se podrían añadir más almacenes de este tipo, sin embargo, como el fin de este proyecto es el diseño y análisis de su eficiencia no sería necesario ya que tenemos suficientes espacios para realizar este análisis.



Figura 10, Elaboración Propia, Almacén

En este almacén se añadirá al cuadro de mando unos contadores con el número de piezas de cada tipo que hay guardada. Además, tendrá indicadores de almacén lleno o con espacios libres.

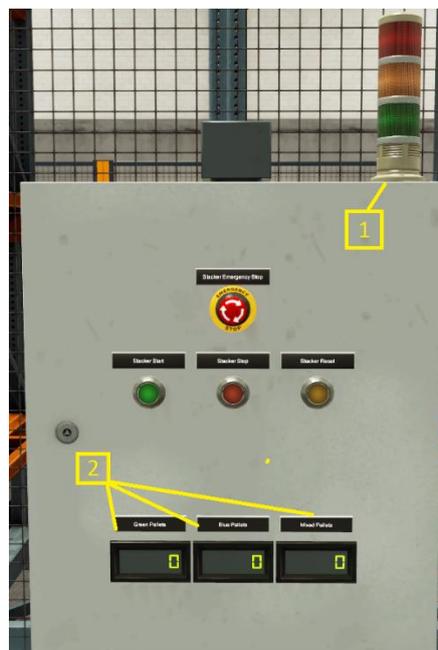


Figura 11, Elaboración Propia, Cuadro de Mando Almacén. 1. Luces de aviso / 2. Contadores de piezas

4.2. Diseño del automatismo

A la hora de realizar un automatismo, el primer problema al que nos enfrentamos es la comunicación entre los elementos que van a componerlo, es decir cómo transferir datos entre los diferentes dispositivos que forman parte del sistema.

A nivel industrial, la comunicación suele seguir una estructura piramidal, en la que los elementos de campo (sensores y actuadores) conformarían la parte más baja. Los siguientes niveles están formados por los elementos de proceso y control (PLCs, PCs, HMIs, SCADAs, etc.) En estos niveles se gestionan y monitorizan los actuadores y sensores que tenemos en el nivel inferior y se envía información al nivel superior para el tratamiento de esta. Por último, tendremos el nivel de gestión, que se encarga del análisis de los datos recibidos por los niveles inferiores y generar estadísticas de producción, rentabilidad, eficiencia, etc. [10]

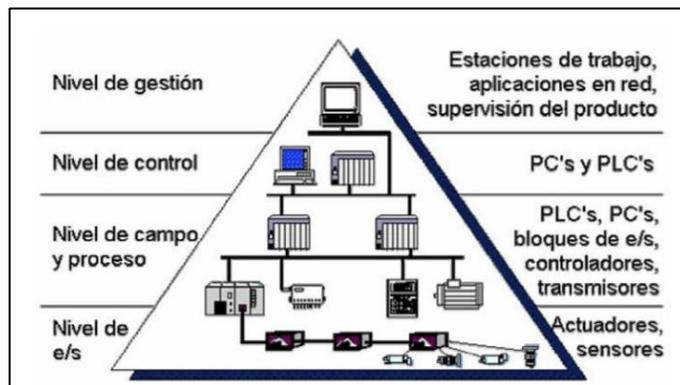


Figura 12, [9], Pirámide de Comunicación Industrial

Para nuestra aplicación, la metodología será un poco diferente. En nuestro caso, el único elemento real será el PLC y todo lo demás pasará por el PC donde tendremos nuestra simulación. Por lo tanto, el nivel más bajo no va a comunicar directamente con el de proceso, sino que pasará al PLC a través del PC. Además, el nivel de gestión no lo vamos a tener, ya que no es necesario para el desarrollo de nuestro proyecto. El esquema de comunicación que vamos a utilizar quedaría de la siguiente manera:



Figura 13, Elaboración Propia, Esquema de conexiones

Observamos que el proceso se ha puesto entre línea de puntos, esto se debe a que aunque ahora lo vamos realizar mediante el Factory IO, si desconectásemos esto y conectásemos sobre el sistema real respetando las conexiones establecidas, el proceso funcionaría igual.

Una vez visto que conexiones físicas se van a realizar, será necesario utilizar algún protocolo de comunicación para llevar a cabo el intercambio de información entre los diferentes elementos. En este caso se va a utilizar Modbus TCP/IP. Es un protocolo que resulta sencillo de implementar ya que se puede encapsular en tramas Ethernet IP. Está basado en la metodología de cliente/servidor, donde tendremos un solo cliente y varios equipos servidores.

Tras definir la configuración de la comunicación entre nuestros dispositivos, procedemos al diseño y programación del automatismo. Para esto, vamos a seguir la misma estructura que

hemos utilizado para el diseño de la línea, dividiéndola en diferentes procesos más pequeños. Para la automatización de estos pequeños procesos, se van a utilizar cadenas secuenciales repetitivas basadas en el estándar Grafcet. Este estándar se define de la siguiente forma:

- Se descompone el proceso en etapas que se activarán una tras otra.
- Cada etapa puede tener asignada una o varias acciones que solo serán efectivas mientras la etapa asociada esté activada.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición. El cumplimiento de esta condición no solo activará la etapa siguiente, sino que también desactivará la etapa anterior.

Antes de programar cada uno de los pequeños procesos, es necesario programar algunas funcionalidades generales como el inicio del proceso, el paro de emergencia y la selección de tipo de producción.

Para el inicio y el paro de emergencia se ha creado un pequeño Grafcet de control. Simplemente, cuando pulsemos el botón de inicio, la línea comenzará su funcionamiento, y se mantendrá de esta forma hasta que haya un paro de emergencia. En ese momento pasará a un estado donde la línea permanecerá en reposo hasta que se elimine el paro, que volverá al estado inicial. Se ha programado de esta forma, para que, tras haber un paro de emergencia, será necesario primero quitarlo y luego apretar el start otra vez para rearmar la línea y que vuelva a funcionar. Esto es más seguro que si la línea volviera a funcionar simplemente eliminando el paro.

En el caso de la selección del tipo de producción, se hace de dos formas:

- Automáticamente: El primer ciclo se producirán palés de cajas azules, el siguiente de cajas verdes y luego uno de mixtas. Sigue una sencilla secuencia, de forma que tras pasar las cuatro piezas que tocan a la paletizadora pasa al siguiente módulo.
- Manualmente: Podremos seleccionar que tipo de producción queremos, pero no será efectiva hasta que estén en la paletizadora las 4 piezas del tipo que se estuviese produciendo. De esta forma evitamos que se mezclen cajas que de forma inadecuada.

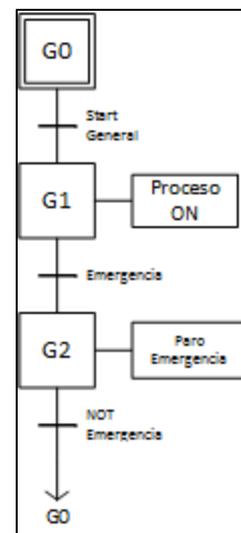


Figura 14, Elaboración Propia, Secuencia de control

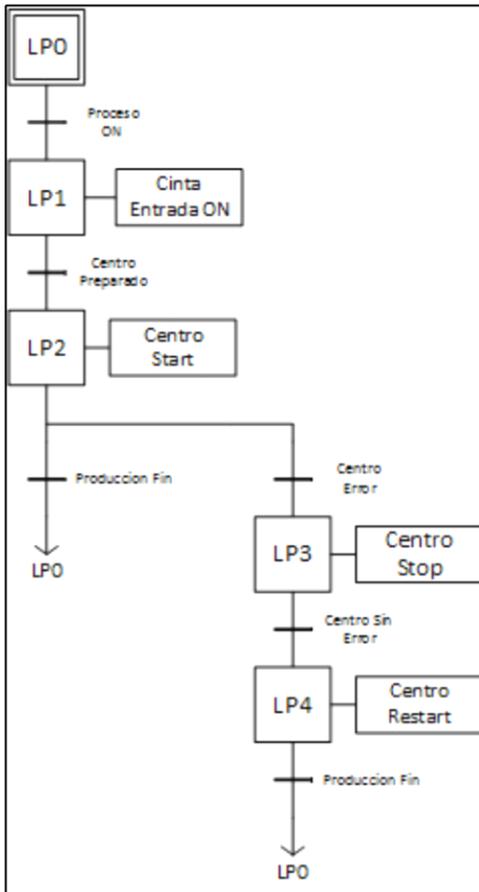
A continuación, vamos a ver más en detalle la automatización de cada uno de los procesos en los que se ha dividido nuestra línea, siguiendo la misma estructura que seguimos para el diseño de la planta.

4.2.1. Producción

En este apartado, se controlan los centros de mecanizado que conformaran las tapas y las bases de nuestras cajas a partir de materia prima. En la aplicación real sería necesario la programación de posiciones y trayectorias del robot, así como la programación propia del centro de mecanizado que se realizaría mediante sistemas de control numérico. Sin embargo, el software de simulación Factory IO, al ser principalmente un software de aprendizaje de programación de PLC, nos simplifica esta programación. Simplemente hay que darle al centro la señal de inicio y

hará todo el proceso. También incluye las señales de error y restart para cuando tengamos un error y ya lleva incorporada la programación de las luces de aviso de la celda.

Para la secuencia de programación vamos a analizar simplemente la del centro encargado de la producción de tapas, ya que la secuencia a seguir es exactamente la misma en ambos casos y es la siguiente:



Al arrancar la línea se encenderá la cinta de entrada, donde se cargarán las piezas de materia prima que se van a transformar, el movimiento de esta cinta también está condicionado a que no haya ninguna pieza al final de esta, para que en caso de que el centro esté ocupado o tenga un error no sobrecargue de piezas la entrada al centro, ni caigan las piezas. Si el centro está preparado, cuando llegue una pieza dará comienzo su ciclo: el robot coge la pieza, la mete en el centro de mecanizado y la saca de la celda a otra cinta donde comenzará la siguiente fase. Tras finalizar este ciclo, volverá el inicio arrancando la cinta hasta que le llegue una pieza nuevamente. Si en cualquier momento durante el ciclo el centro de mecanizado entrase en error, se pararía hasta la solución de este y sería necesario pulsar el restart para rearmar la línea y que acabe su ciclo.

Figura 15, Elaboración Propia, Secuencia Centros de Mecanizado

4.2.2. Clasificación

Una vez tenemos las piezas, lo que haremos será clasificarlas por colores tal y como hemos comentado anteriormente. Igual que en el caso anterior, la parte encargada de las bases y la encargada de las tapas las secuencias van a ser idénticas. Lo único que cambiará será el valor que nos devuelva el sensor de visión, que como ya comentamos también diferencia entre las distintas partes que podemos tener, pero no supone ningún cambio en la secuencia.

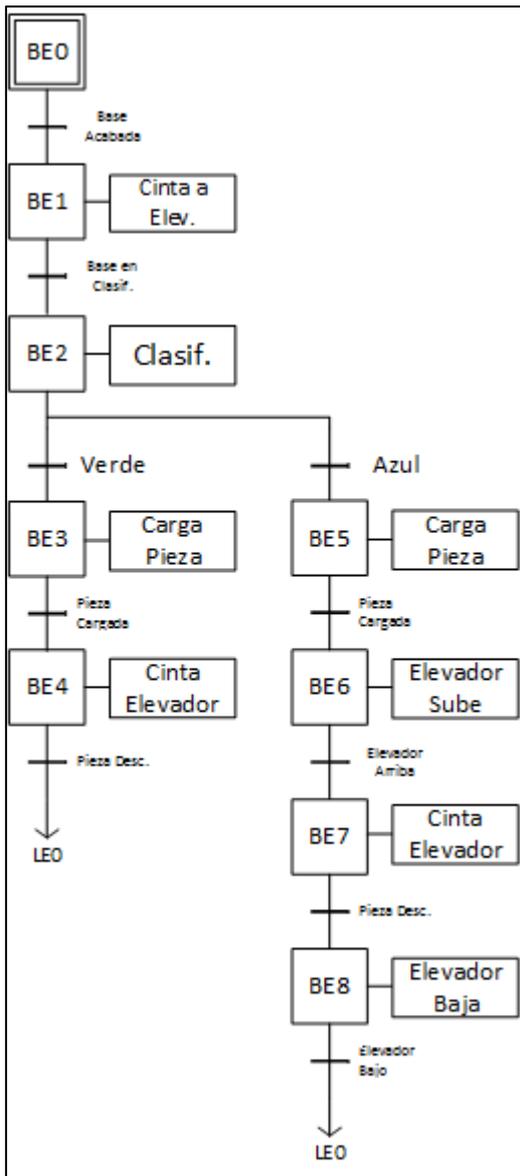


Figura 16, Elaboración Propia, Secuencia de Clasificación

4.2.3. Montaje

Este proceso es el que se encarga del control de los posicionadores y los brazos robóticos que montarán las tapas sobre las bases formando así el producto final.

Antes de ver cómo funciona este proceso, se va a explicar el funcionamiento de los sistemas de cintas que llevan las piezas desde los elevadores de clasificación hasta los brazos de montaje.

Para este transporte, la última cinta de cada conjunto funciona de forma idéntica al resto de cintas que hemos visto anteriormente, es decir estará en marcha siempre y cuando no haya una pieza al final de esta. El resto de las cintas funcionarán o no en función de un contador que sumará una pieza cada vez que se detecte una pieza al inicio de la cadena y restará cuando el conjunto de tapa y base continúe al siguiente proceso. Cada vez que una pieza entre a partir de la segunda, se parará una cinta.

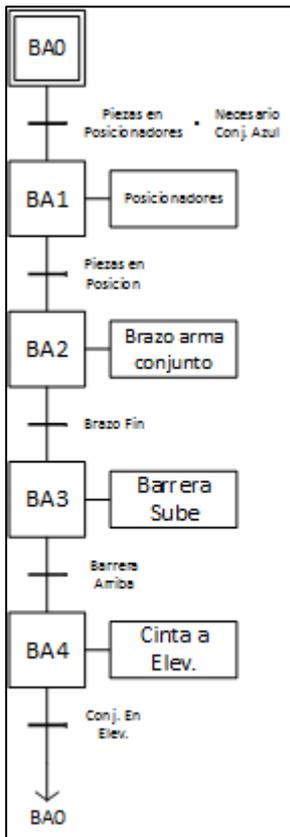
Por ejemplo, en el caso de las tapas la cadena se compone de cinco cintas. Cuando la primera pieza llegue al final de esta cadena, se parará la última. Al entrar la siguiente (contador = 2),

La secuencia comenzará tras recibir una pieza acabada del centro de mecanizado, cuando se arrancará la cinta que llevará desde un proceso a otro. Al igual que anteriormente, la cinta también estará condicionada a que no haya ninguna pieza al final de esta, para evitar que esta pieza caiga si no pudiese acceder al elevador. Cuando llegue al final la pieza se parará un instante bajo el sensor de visión para realizar la clasificación correctamente y luego se cargará en el elevador. Tras esto según el color que se haya detectado el elevador subirá o se quedará en la posición de carga para descargar la pieza en el siguiente proceso.

Durante las pruebas de este proceso observamos que la posición inicial del elevador no era la misma que la posición de carga, por lo que se programó que en el primer ciclo llegara a la posición adecuada antes de comenzar este ciclo. Esta característica no se ha incluido en la secuencia, ya que no es una función que repita cada ciclo, simplemente ocurre una sola vez al inicio del programa.

seguirán en marcha las otras 4, ya que la última cinta se ha parado antes. Cuando haya tres piezas, se parará la siguiente cinta, y así sucesivamente hasta que paren todas. De esta forma, aprovechamos el espacio de las cintas a modo de acumulador. En el caso de las bases solo hay dos cintas, esto se debe a que el espacio era más reducido. Se decidió producir bases en la parte más corta de la línea ya que estas tardan un poco más en producirse y, por tanto, tardaría más en acumularse.

Cuando ya han llegado las dos piezas necesarias a los brazos, se realizará la cadena secuencial que explicaremos a continuación. Solo se va a mostrar una de las dos, ya que al igual que pasaba en otros procesos, el montaje de cajas verdes o azules se realiza de la misma forma.



El montaje da comienzo cuando las dos piezas llegan a la posición de montaje. Se montarán un color u otro en función del tipo de producción que estemos haciendo.

El primer paso del ciclo será activar los posicionadores para colocar las piezas en una posición en la que el brazo las coja correctamente para su montaje. Tras su posicionamiento, el brazo robótico hará su ciclo:

- Se estira hasta la posición donde se encuentra la tapa, bajará la ventosa que tiene en la punta y la activará cogiendo así la tapa.
- Subirá la tapa y encogerá el brazo para situarse sobre la base.
- Bajará la ventosa y cuando esté el conjunto montado dejará de succionar volverá a su posición.

Una vez tenemos la caja montada, se levantará la barrera que incluye la brida de posicionamiento y se activará la cinta que llevará a la siguiente fase. Al igual que en los casos anteriores, esta cinta parará en el momento que tenga una pieza el final y hasta que sea posible comenzar la siguiente fase.

Figura 17, Elaboración Propia, Secuencia Montaje de cajas

4.2.4. Paletización

Al igual que en el apartado de diseño, aquí vamos a explicar el funcionamiento tanto del transporte hasta la paletizadora como el de la propia paletizadora.

Para el transporte, se va a utilizar un elevador igual que el que se utiliza para la clasificación de las piezas en función de su color. La programación en este caso será un poco diferente, ya que añade una posición extra. Este elevador no distingue según el modo, en cuanto tiene una pieza que coger va a por ella. Esto se hizo para ahorrar recursos, ya que conforme esta hecha la programación, no se montarán las cajas que no toquen como hemos visto en el apartado anterior.

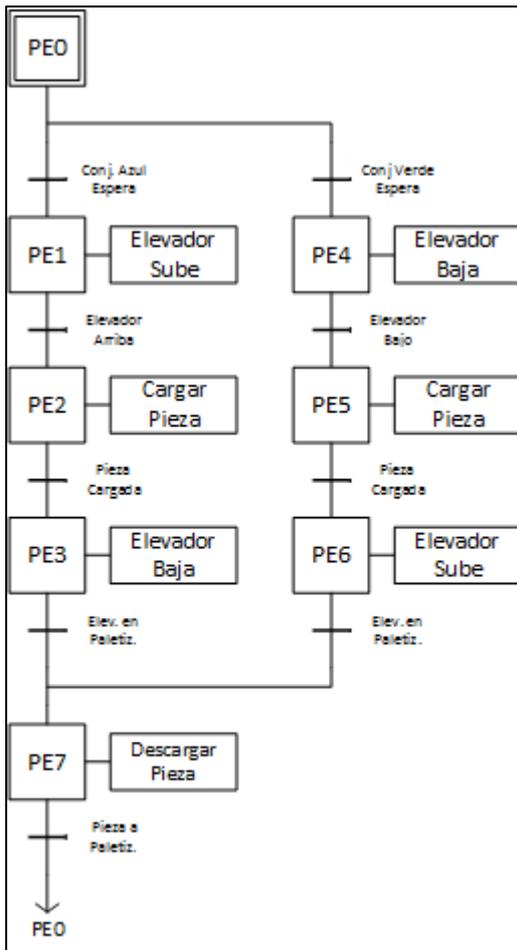


Figura 18, Elaboración Propia, Secuencia Elevador a paletizadora

La posición inicial de este elevador va a ser la de descarga, es decir, donde deja los conjuntos antes de entrar a la paletizadora. Esto es porque es un punto intermedio entre las dos posiciones de carga y, por tanto, el tiempo de ciclo no dependerá tanto del tipo de piezas que se esté produciendo.

Cuando tengamos alguna caja ya montada al final de las cintas transportadoras, el ascensor irá hasta la posición en la que se encuentre esta pieza, es decir, arriba si hablamos de una caja azul o abajo en caso de que la caja sea verde. Una vez en la posición, se activará la cinta de carga hasta que la pieza esté posicionada en el elevador y entonces se dirigirá a la posición de descarga. Una vez allí, descargará sobre la cinta que lleva las piezas a la paletizadora.

Al igual que con los otros elevadores, la posición inicial que tiene el Factory IO no es la que deseamos nosotros como posición inicial. Por ello, vamos a seguir el mismo procedimiento que seguimos en los anteriores casos, llevarlo a la posición deseada en el primer ciclo. De esta forma incluso el primer ciclo empezará como queremos y no se pierde tiempo ya que se puede hacer en el tiempo que tardan las piezas en llegar hasta este punto.

Con esto habremos conseguido llevar las cajas hasta la paletizadora para su organización en palés. Como hemos mencionado en varias ocasiones a lo largo del proyecto, los palés que se almacenen tendrán 4 cajas cada uno. A fin de conseguir ese objetivo, la programación será como sigue:

La primera pieza que llegue se llevará hasta el final y ahí se mantendrá esperando hasta que llegue la siguiente pieza. En el momento que la siguiente pieza llegue al final, se ejecutará un proceso de colocación de estas piezas para dejar espacio a las dos piezas restantes del palé.

Con la tercera pieza y la cuarta pieza seguiremos el mismo proceso, es decir, la tercera pieza esperará hasta que llegue la cuarta, y en ese momento se colocarán con los empujadores descritos en el apartado de diseño de la línea. Una vez en posición, y si hay un palé en posición, se abrirá trampa dejando las piezas encima del palé.

Durante las pruebas, se observó que siguiendo este procedimiento las piezas no quedaban del todo bien colocadas encima del palé, y en ocasiones se caía alguna de las piezas durante el transporte o el almacenamiento. Por ello, se modificó un poco la secuencia, de manera que después de abrir la trampa, antes de dejar que el elevador se lleve el palé, se vuelven a activar los empujadores colocando las piezas correctamente encima de los palés.

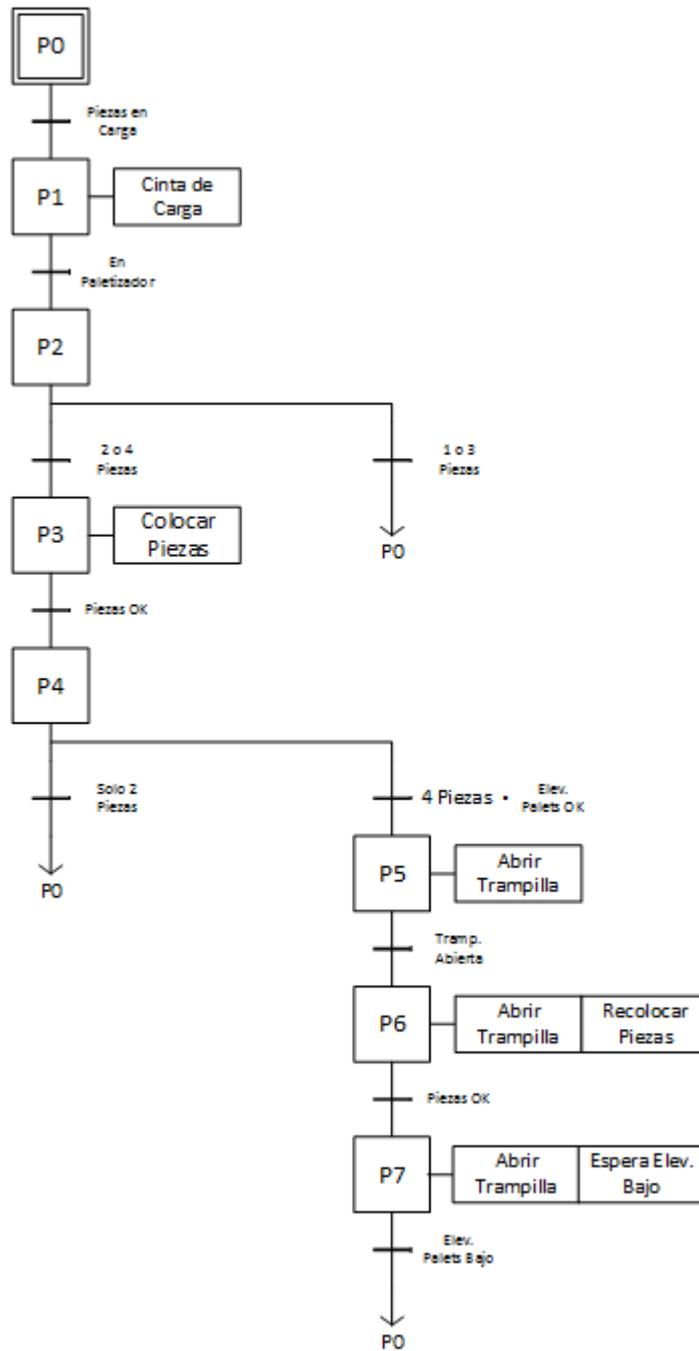


Figura 19, Elaboración Propia, Secuencia de paletización

Por último, dentro de este apartado también vamos a explicar el transporte de palés. Es decir, desde el punto de carga de los palés, el momento en el que pasan por la paletizadora para montar las piezas sobre el palé y por último cuando llegan al almacén.

Una vez arranca el ciclo, se cargaría un palé, de forma que cuando lleguen las piezas ya tengamos el palé preparado. Se llevaría mediante una cinta hasta el elevador de la máquina de paletizado. Esta cinta también estaría parada mientras tuviese una pieza al final y el elevador no este en posición de carga.

Una vez en el elevador, este subiría hasta la posición en la que la paletizadora puede dejar las piezas. Cuando esté en esa posición, esperará a que la paletizadora le haya cargado las piezas y cuando eso suceda el elevador bajará. Una vez ahí el palé cargado se llevará hasta la entrada del almacén para el último proceso.

Es cierto que durante el transporte del palé lleno hasta el almacén el elevador se quedará parado y podríamos pensar que esto afectaría al tiempo de ciclo. Sin embargo, el tiempo que tardan las cuatro cajas en llegar a la paletizadora es mayor que el que tarda en llevarse el palé hasta el almacén y subir el siguiente palé. Por lo tanto, esto no afecta realmente al tiempo de ciclo.

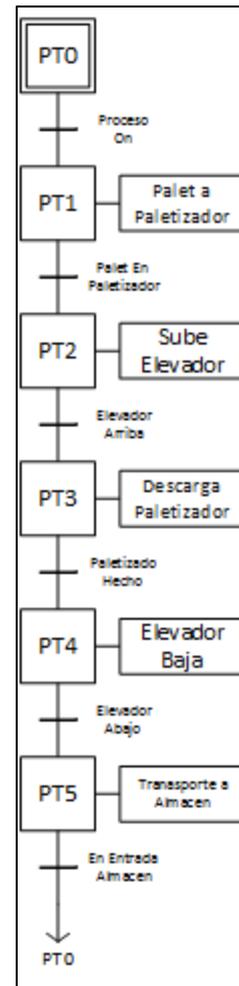


Figura 20, Elaboración Propia, Secuencia Transporte de palés

4.2.5. Almacén

El último proceso de la línea consiste en el almacenamiento de los palés una vez montados en los almacenes que ya vimos en el apartado de diseño de la línea.

El proceso de almacenamiento comenzará cuando los palés lleguen a la entrada del almacén. En ese momento, el carro cargará la pieza de la siguiente forma: Extrae sus paletas colocándolas debajo de los palés, luego las levanta, las vuelve a colocar en la posición central y las baja.

Tras la carga, pasamos a llevar el palé a la posición en la que vayamos a colocarlo. Para llevarlo a la posición este almacén funciona de forma decimal, es decir, simplemente hay que enviarle desde el controlador el número de posición al que debe ir. Este número estará comprendido entre el 1 y el 54 ya que solo tiene 54 posibles posiciones. El número 55 se utilizará para la posición inicial. Para decidir a qué posición ir en función del tipo de palé que estemos almacenando, se le asignará un offset dependiendo del tipo con el que se esté trabajando.

Por último, se realizará la descarga en esa posición utilizando el procedimiento inverso al de carga, es decir, se levantarán las palas del carro, se extraerán hasta la posición de almacenamiento, se bajarán colocando el palé y se encogerán hasta la posición inicial.

Por último, se mandará el carro a la posición inicial enviándole el número de posición 55.

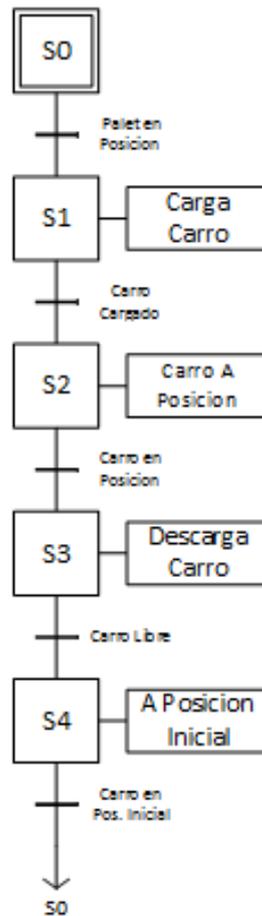


Figura 21, Elaboración Propia, Secuencia almacenamiento

4.3. Desarrollo del SCADA

Una vez tenemos nuestra línea de producción montada y programado el automatismo de esta, tan solo nos faltaría la implementación de un sistema capaz de monitorizar y controlar el proceso productivo, esto es, un SCADA.

Entre los requisitos del cliente podemos observar que se nos pide que el SCADA sea lo más intuitivo posible, ya que su objetivo principal es facilitar a los supervisores y operarios de la línea tanto el manejo de esta como la detección de fallos. Por tanto, se ha decidido dividir la interfaz en dos partes claramente diferenciadas. Por un lado, tendremos la parte de control, con la que podremos interactuar con la línea, y por otro, la parte de monitorización, la cual nos mostrará el estado de la línea.

Otro de los requisitos consistía en añadir el paro de emergencia en el SCADA, a fin de que el trabajador que estuviera supervisando la línea pudiese pararla si lo necesitase. Esto supone la inclusión de una función de seguridad, por lo que es importante tener una frecuencia de refresco elevada. El software nos permite implementar toda la programación dentro de un bucle en el que podemos configurar el tiempo de muestreo. Como ya hemos comentado, por motivos de seguridad, este tiempo se va a configurar en tan solo 100ms. Además, con esta frecuencia de refresco el sistema de monitorización también se actualiza, de forma que podemos seguir el estado de línea en tiempo real.

En el panel de control vamos a acceder a las funciones de manejo de nuestra línea. Estas funciones son las siguientes:

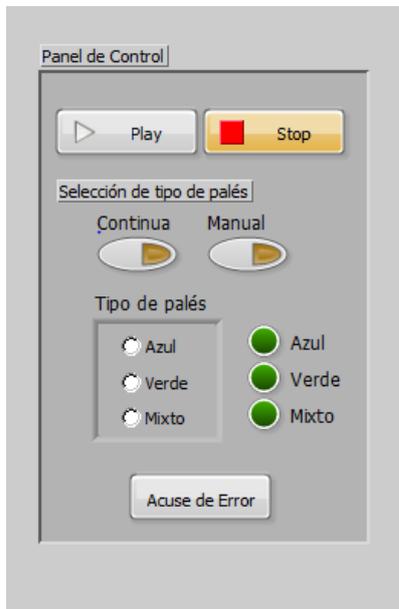


Figura 22, Elaboración Propia, Panel de Control SCADA

- Arranque de la línea. Utilizando el botón de “Play” podremos poner en marcha la producción.
- Paro de la línea. El botón de “Stop” cumple la misma función que un paro de emergencia.
- Selección de tipo de producción. Podemos configurar el tipo de producción en continua, es decir, cambiará el tipo de producción en cada ciclo. En caso de estar en manual, podemos seleccionar el tipo que queremos. Al lado de la selección de tipo hay unos indicadores en lo que se puede observar el tipo de palés que se están produciendo.
- Acuse de error. Esto servirá para que tras mostrar un error en la pantalla se apague el LED indicador y borre el mensaje de error generado.

En la parte de monitorización del sistema nos encontraremos con indicadores que mostrarán que procesos de nuestra línea están activos. Se ha intentado seguir una estructura que sea lo más parecida posible al plano de la línea de producción. De esta forma se puede detectar con gran facilidad en que punto de la producción se encuentran nuestras piezas y en que parte de la planta se encuentran en caso de que hubiese un error.

Además, tendremos datos de producción que nos indicarán cuantos palés de cada tipo se han producido y también nos avisará si están llenas todas las posiciones. En esta parte, también se mostrará en rojo un indicador que nos avisará cuando haya un error, así como una ventana en la que aparecerán mensajes de error y aviso para facilitar la detección de fallos.

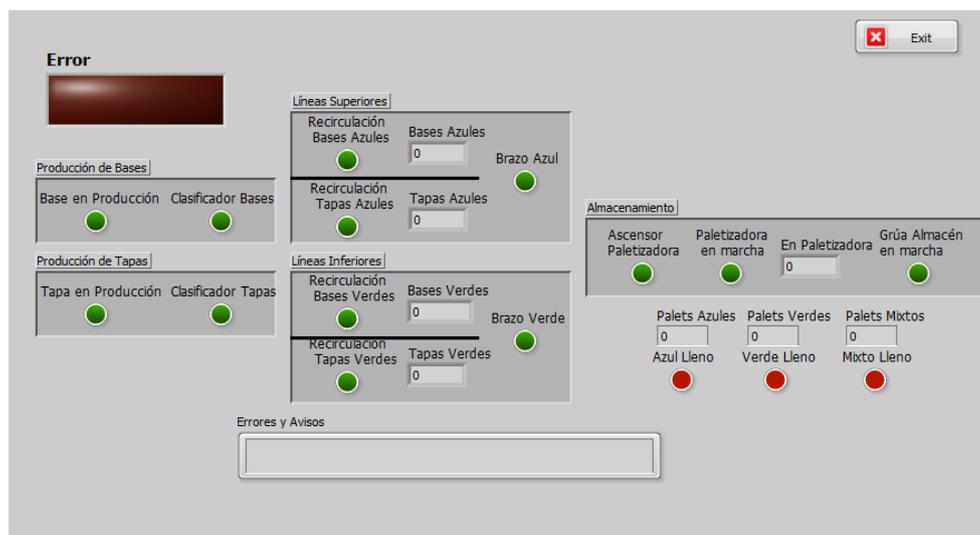


Figura 23, Elaboración Propia, Monitorización SCADA

Estas dos partes se unirán en una sola ventana. De esta forma lo tendremos todo a la vista en una única pantalla sin que sea necesario ir cambiando de ventana para buscar la información de una estación en concreto. Por tanto, nuestro SCADA quedará de la siguiente forma:

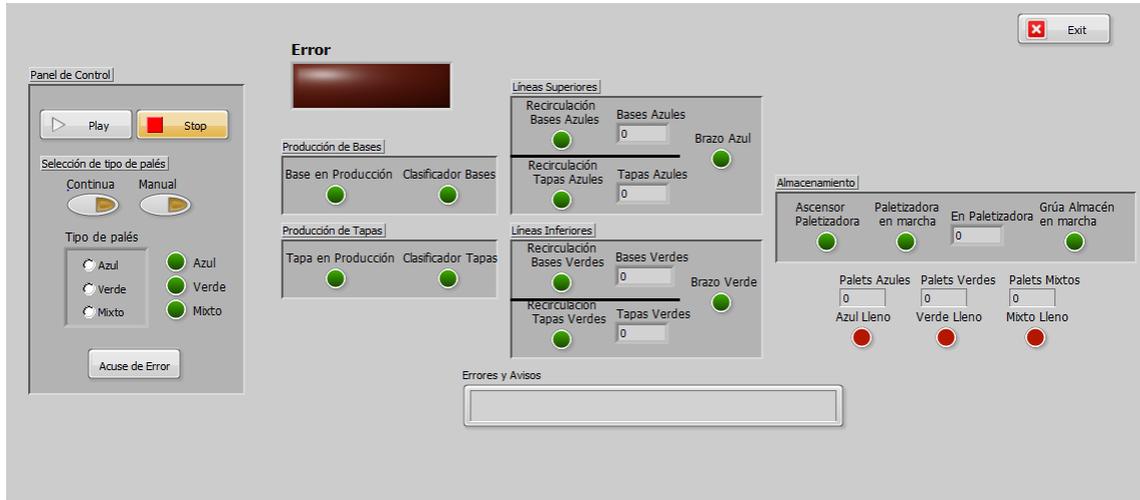


Figura 24, Elaboración Propia, SCADA Completo

Para la transferencia de datos entre el PLC y el SCADA, se ha utilizado el mismo protocolo de comunicación que se ha visto anteriormente, ModBus TCP/IP. El propio LabView nos permite configurar un servidor de entradas/salidas como esclavo ModBus. En este servidor configuraremos la IP del maestro ModBus que gestionará las variables que utilizaremos en nuestro SCADA, en nuestro caso el PLC que gobierna nuestro proyecto.

De esta forma, el esquema de conexiones, o topología, que nos quedará para el sistema y completo será el siguiente:

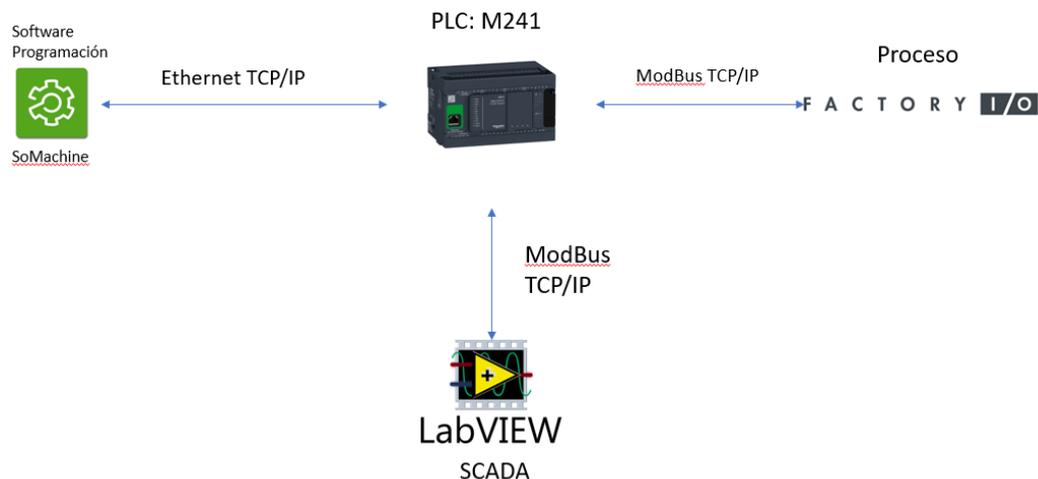


Figura 25, Elaboración Propia, Esquema de conexiones completo

5. Análisis de la línea de producción

Una vez tenemos el diseño y la programación de la línea ya completados, vamos a pasar al objetivo principal de este proyecto, analizar la línea y comprobar si su funcionamiento es eficiente y adecuado para la producción que se desea realizar. Con este análisis, también podremos determinar posibles modificaciones y mejoras de la línea para alcanzar la eficiencia deseada.

La eficiencia de la línea se puede medir principalmente en dos factores: la continuidad de esta y el tiempo de ciclo.

En nuestro caso, medir la continuidad de la línea es más complicado. Podemos comprobar si la línea para por algún fallo en la programación, pero los paros por problemas de hardware y máquinas no se podrán tener en cuenta ya que es un sistema simulado por lo que dará menos problemas que la línea de producción real. Además, el software de simulación tiene algunas características que afectan a este aspecto que no nos permite cambiar, pero que en la planta real se pueden ajustar y no supondrían ningún problema.

Por ejemplo, los elevadores que utilizamos para la clasificación utilizan cintas de rodillos al aire para la carga y descarga de piezas. Esto, junto con que las tapas de las cajas que se van a producir tienen unas pequeñas pestañas para engancharse con la base en la parte inferior, nos lleva a que en ocasiones se atasquen aquí las cajas y nos creen paradas. Esto en el sistema real podíamos solucionarlo cubriendo los rodillos con una lona, igual que las que se utilizan en las cintas para el transporte entre las diferentes fases.

Respecto a los paros causados por fallos de programación, una vez detectados, se les puede dar una solución. Por ejemplo, uno de los primeros problemas que se detectó fue que al cargar las piezas en el elevador de clasificación. Se había programado para que cuando el sensor que tiene el elevador en la parte de carga estuviese detectando la pieza, comenzase a subir. Esto causaba un problema, ya que subía sin llegar a tener la pieza del todo cargada y esta se caía. Para solucionar esto se comenzó a utilizar flancos en las detecciones y así siempre subían con la pieza completamente en posición.

Podemos concluir que, una vez solucionados los fallos de programación, esto tampoco afectará a la eficiencia de nuestra línea.

Para el análisis del tiempo de ciclo, se decidió medir cada uno de los tipos de palés que es capaz de producir nuestra línea por separado ya que hay algunas diferencias en el proceso. Por ejemplo, las piezas azules tienen que subir por el elevador a las cintas transportadoras del piso superior, lo cual aumentará un par de segundos la producción.

En cuanto comenzamos a hacer este análisis nos topamos con el que posiblemente sea el problema más grave de la línea, la aleatoriedad. No controlamos en ningún momento el color de las piezas que entran a la línea, si no que las clasificamos y dividimos una vez están ya en producción. Esto nos causa que tarden mucho en llegar las piezas que queremos. Es decir, imaginemos que estamos produciendo palés de cajas azules y ya tenemos 3 en la paletizadora, pero llevamos un rato que a la línea no entra ninguna base azul y no hay ninguna en los acumuladores. Dependemos del azar para que nos entre el material que necesitamos.

Este problema de aleatoriedad nos genera dos problemas. En primer lugar, se acumulan demasiadas piezas en las cintas de transporte que hay tras la clasificación de piezas. En segundo lugar, los tiempos de ciclo no son estables, y en muchos casos llegan a valores muy elevados.

Para solucionar el primer error, una posibilidad sería añadir alguna herramienta o máquina capaz de acumular un mayor número de piezas y luego reintroducirlas en la línea cuando fuese necesario. A fin de realizar un análisis más en profundidad, en nuestro caso vamos a añadir provisionalmente una herramienta que nos ofrece el Factory IO llamada "Remove". Esta herramienta lo que hace es que cuando la activemos, eliminará las piezas que pasen por donde estén situados. Se situarán los "Remove" tras el elevador de clasificación, de este modo eliminamos las piezas que no se pueden acumular en las cintas.



Figura 26, Elaboración Propia, Removers

Resolver el problema de los tiempos de ciclo sería algo más complicado, ya que la única solución sería controlar el tipo de piezas que entran a la línea. Sin embargo, esto supondría que el proceso de clasificación y la división del montaje en dos líneas no sería realmente útil.

Sabiendo esto, para continuar con el análisis, éste se realizó por separado de cada uno de los tipos de palés que produce nuestra línea e introduciendo desde el principio piezas de un solo color, lo cual nos permitirá saber si nuestra línea sería efectiva eliminando el factor del azar. Al eliminar la clasificación de color, perdemos el análisis del tipo de palés mixtos, ya que los puntos de entrada del Factory IO no se pueden configurar para que introduzcan justo dos piezas de cada. Se medirán cinco tiempos para cada uno de los tipos, empezando siempre el primer ciclo con la línea completamente vacía.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Nº Palé	Color	Tiempo de Ciclo (s)
1	Azul	184
2	Azul	172
3	Azul	173
4	Azul	171
5	Azul	173
6	Verde	181
7	Verde	170
8	Verde	169
9	Verde	171
10	Verde	173

En esta tabla podemos observar que, en ambos casos, el ciclo de llenado es el más largo. Esto es normal y se debe a que empieza con la línea completamente vacía. En el resto de los ciclos se han podido acumular algunas piezas en las cintas y algunos procesos se ha ido haciendo simultáneamente, reduciendo así el tiempo de ciclo.

También observamos, como habíamos previsto anteriormente, que hay pequeñas diferencias en función del tipo de palé. Se debe a que el recorrido de las piezas azules es un poco mayor debido a que estas se montan en las líneas de superiores. De todas maneras, estas diferencias son muy pequeñas y podríamos considerarlas insignificantes.

En general, podemos observar que el tiempo de ciclo es de un poco menos de 3 minutos. El único requisito que existía respecto al tiempo de ciclo era que fuese el mínimo posible, y se ha optimizado al máximo, por lo que podríamos decir que este requisito sí se cumple. Ahora será el cliente quien tendría que decidir si es suficiente.

6. Conclusiones

Tras la finalización de los diferentes apartados de este proyecto se pueden extraer algunas conclusiones, tanto a nivel técnico como a nivel personal.

Si observamos los requisitos que la línea debe cumplir, podemos comprobar que la línea diseñada, así como el automatismo de esta, cumple con las especificaciones del cliente.

Sin embargo, como hemos visto en el apartado anterior, la línea que hemos diseñado no es eficiente debido principalmente al factor del azar, que se incluía en las especificaciones. Para conseguir que esta línea sea eficiente será necesario realizar una serie de cambios significativos que, en caso de no haber realizado el estudio previo a su construcción hubieran supuesto unos costes bastante elevados. Gracias al uso del gemelo virtual, del que se ha hablado a lo largo del proyecto, hemos conseguido evitar riesgos innecesarios a la hora de invertir.

Además, ahora se podrán realizar modificaciones sobre el gemelo virtual y volver a realizar el análisis tantas veces como sea necesario hasta encontrar con una línea de producción eficiente.

Por tanto, podemos concluir que el uso de esta tecnología es una herramienta que puede ser muy útil en la industria y que podría ahorrar grandes costes a las empresas.

A nivel más personal, este proyecto me ha ayudado no solo a consolidar muchos de los conocimientos adquiridos durante el grado, sino también a adquirir algunos conocimientos nuevos que son aplicables a sistemas industriales reales. Teniendo en cuenta que actualmente el sector de la automatización es un mundo en crecimiento, la realización de este proyecto supone de gran ayuda para mi competitividad y desarrollo profesionales.

7. Bibliografía

- «AENOR - Buscador de normas», s. f. <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/>. [1]
- «Hardware-in-the-Loop Simulation». En *Wikipedia*, 15 de julio de 2019. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hardware-in-the-loop_simulation&oldid=906435712. [2]
- Qinglin Qi, Fei Tao, Ying Zuo y Dongming Zhao. (2018). Digital Twin Service towards Smart Manufacturing. *Procedia CIRP*, 72, 237-242. [3]
- Ribas, Jose. «Lógica cableada y lógica programada. - Jose Ribas | Blog Disseny Producte». <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>. [4]
- «¿Qué es Adquisición de Datos? - National Instruments». <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>. [5]
- «¿Qué utilizar, un microcontrolador o un PLC? - Blog - Intelligy». <https://intelligy.com/blog/2018/03/26/que-utilizar-un-micro-controlador-o-un-PLC/>. [6]
- infoPLC, David. «10 aspectos para elegir un autómatas PLC - infoPLC». <https://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>. [7]
- «Parts». <https://factoryio.com/docs/manual/parts/>. [8]
- «infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf». http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf. [9]
- Zurawski, R., (2005). *The Industrial Communication Technology Handbook*. [10]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

ANEXO I: MANUAL DE INSTRUCCIONES

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Contenido

1. Objeto.....	6
2. Puesta en marcha.....	6
2.1. Factory IO	6
2.2. LabView	8
3. Control y Monitorización.....	10
3.1. Nivel de Campo	10
3.2. SCADA.....	14

Índice de figuras

<i>Figura 1 - Pantalla Principal Factory IO</i>	6
<i>Figura 2 - Pantalla de conexiones Factory IO</i>	7
<i>Figura 3 - Configuración Conexión Factory IO</i>	7
<i>Figura 4 - Pantalla Principal LabView</i>	8
<i>Figura 5 - Configuración ModBus</i>	9
<i>Figura 6 - Pantalla SACADA LabView</i>	9
<i>Figura 7 - Panel Centros Mecanizado</i>	11
<i>Figura 8 - Panel Control Paletizadora</i>	11
<i>Figura 9 - Panel Control Almacén</i>	12
<i>Figura 10 - Panel de Control Principal</i>	13
<i>Figura 11 - Panel Control SCADA</i>	14
<i>Figura 12 - Monitorización SCADA</i>	14

1. Objeto

Este documento tiene por objeto explicar cómo arrancar la simulación de la línea de producción sobre el gemelo virtual y cómo controlar la producción con la simulación activa. Para ello vamos a dividir el documento en dos partes. Primero se explicará la configuración de Factory IO y LabView para conectar ambos softwares como esclavos de la red ModBus TCP/IP al controlador. En segundo lugar, explicaremos las funcionalidades de control y monitorización tanto del SCADA como los instalados en campo.

2. Puesta en marcha

En este apartado explicaremos detalladamente como conectar el software de simulación y el SCADA al controlador, para el correcto intercambio de variables.

2.1. Factory IO

En primer lugar, abriremos el archivo en el cual se encuentra el diseño de la línea para la simulación. El archivo tendrá una extensión `.factoryio` y al abrirlo nos aparecerá lo siguiente:



Figura 27 - Pantalla Principal Factory IO

Esta será la pantalla de visualización, sobre la que tendremos que arrancar la simulación. También sobre esta pantalla podemos movernos utilizando el ratón y las teclas WASD para observar más en detalle la línea. Una vez arrancada la simulación, será aquí donde observemos el funcionamiento de la línea.

En la parte inferior derecha de esta pantalla encontramos un icono de un chip al lado del texto “Modbus TCP/IP Client”. Lo primero que haremos es clicar sobre este icono y entraremos en la pantalla de conexiones.

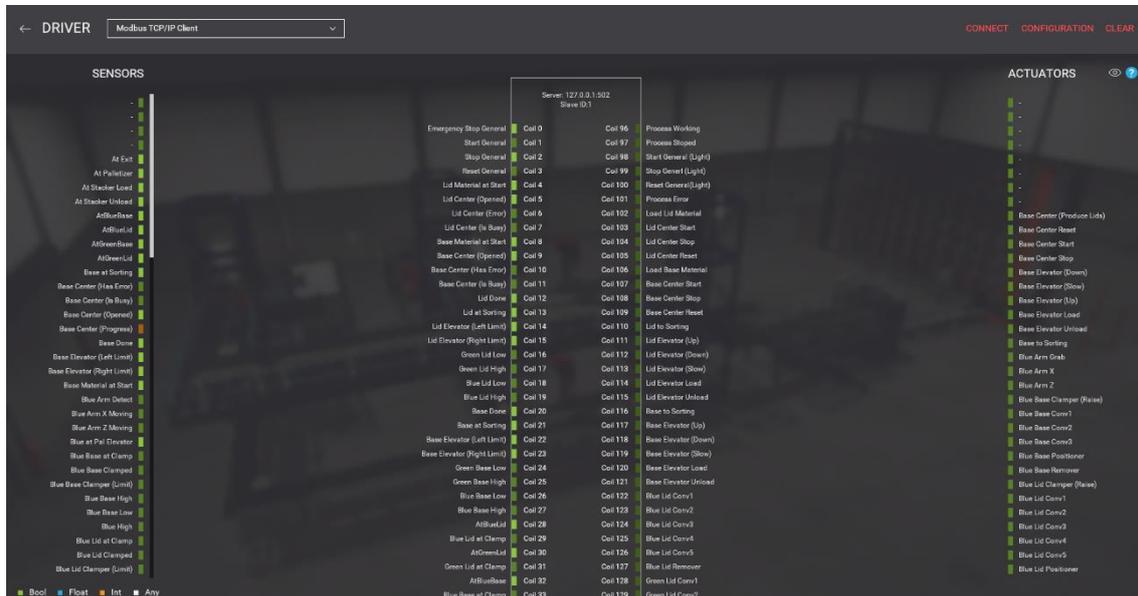


Figura 28 - Pantalla de conexiones Factory IO

Sobre esta pantalla podemos asignar las variables según corresponda, pero ya vendrán configuradas, así que no es necesario tocar nada. Nos iremos al menú de la parte superior derecha en el que pone “Configuration” y accederemos a la siguiente pantalla:



Figura 29 - Configuración Conexión Factory IO

Desde aquí, en la casilla titulada como “Host”, asignaremos la IP de nuestro controlador. Una vez hecho esto, volvemos a la pantalla anterior y clicamos sobre “Connect”. Con esto el Factory IO intentará establecer la conexión con el maestro ModBus, que será el PLC. Este proceso podría tardar algunos segundos. Una vez conectado, volveremos a la pantalla inicial y podremos pulsar el botón de “Play” para iniciar nuestra simulación, que no hará nada hasta que arranquemos la línea como explicaremos en el apartado de control de la línea.

Con el botón de “Stop” de la parte superior, se parará la simulación por completo. Podemos pausarla para luego continuar en el mismo punto con el botón de “pause”

2.2. LabView

Para acceder al proyecto, abriremos el archivo con extensión .lvproj que encontraremos en la carpeta del proyecto. Al hacer doble clic sobre este archivo nos abrirá el LabView en la siguiente pantalla:

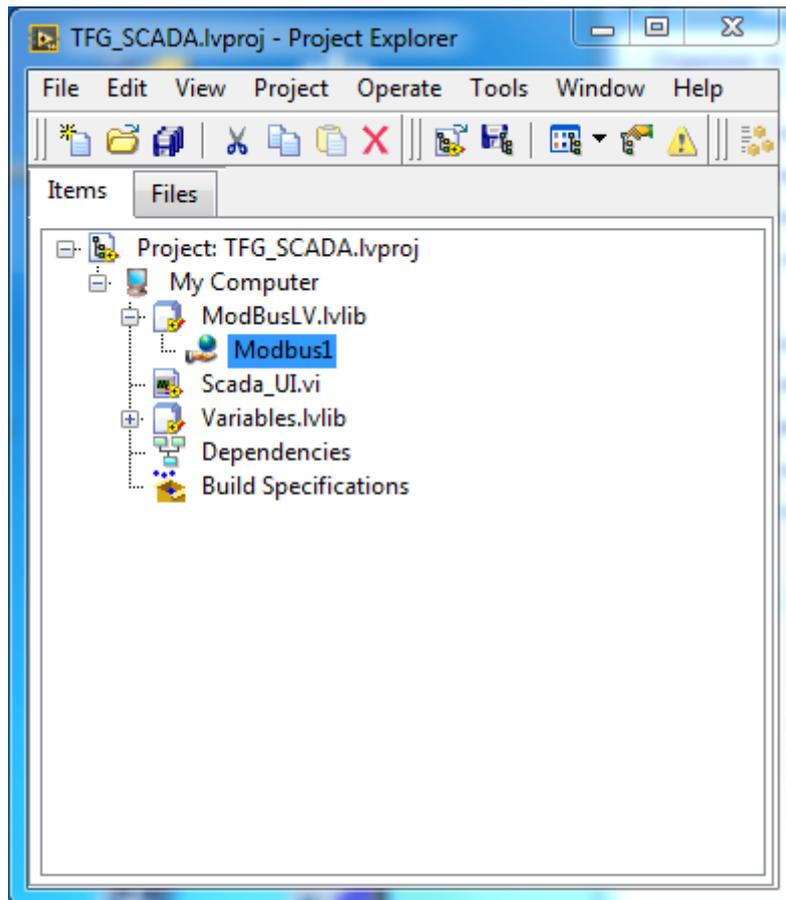


Figura 30 - Pantalla Principal LabView

Sobre el menú ModBusLV, realizaremos las configuraciones de la conexión, asignando la IP del controlador para el intercambio de variables. Para ello, lo abrimos y aparecerá la siguiente ventana:

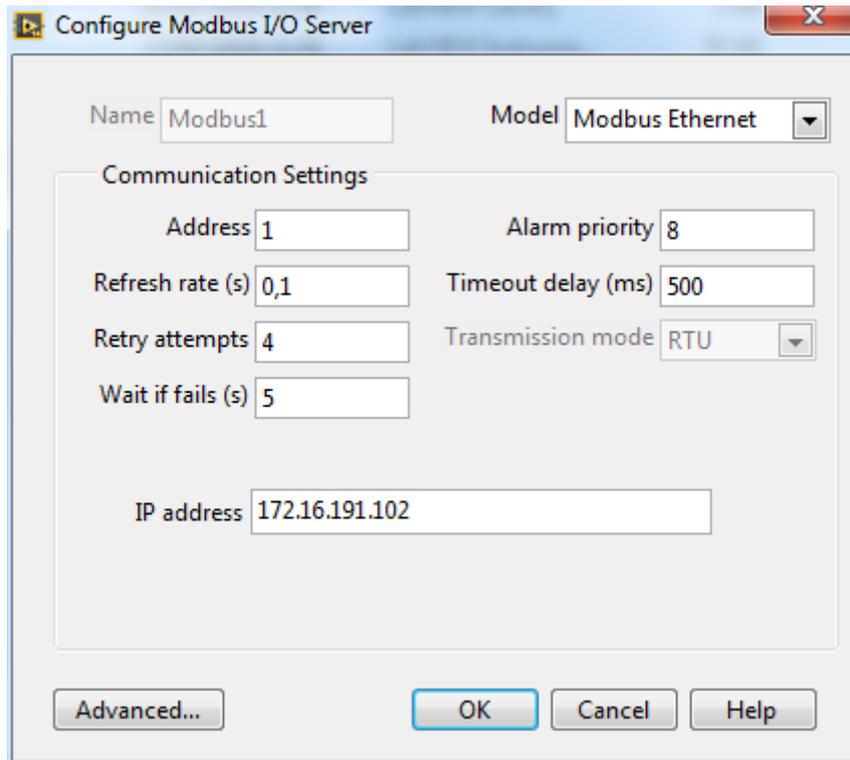


Figura 31 - Configuración ModBus

Desde esta pantalla podremos asignar la IP de nuestro PLC para realizar la comunicación, así como otros parámetros como el tiempo de refresco o el número de intentos de reestablecer comunicación si hay fallo.

Una vez configurada la IP del controlador, abriremos el "Scada_UI" haciendo doble clic. Eso nos abrirá la siguiente pantalla:

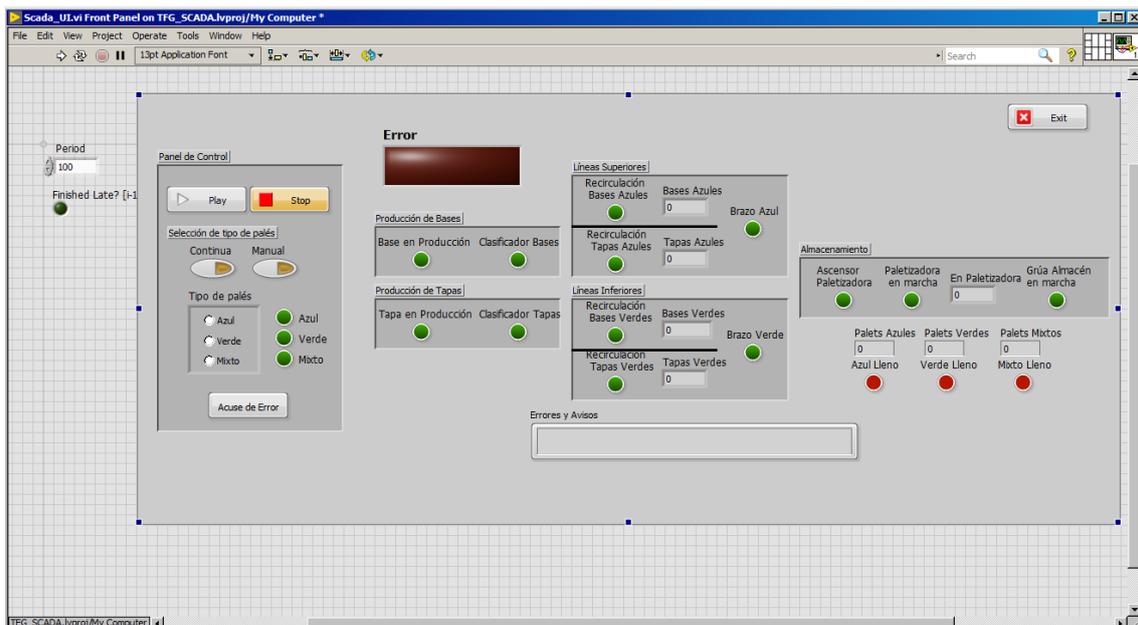


Figura 32 - Pantalla SACADA LabView

Una vez tengamos esta pestaña abierta, sencillamente haremos clic sobre el icono de flecha que aparece en la parte superior izquierda de la pantalla. Con esto, ya tendremos arrancado nuestro SCADA y estaremos listos para comenzar con la simulación.

Con el botón de "Exit" del SCADA, o el círculo rojo que aparece al lado del botón de inicio, podemos detener el SCADA.

3. Control y Monitorización

En este apartado veremos como arrancar la línea y controlar sus diferentes modos. Veremos los medios de monitorización y control de los que disponemos tanto a nivel de campo como en el SCADA.

3.1. Nivel de Campo

A nivel de campo, podemos encontrar varios paneles de control en algunas de las estaciones de la línea. Podemos encontrarlos en los centros de mecanización, en la paletizadora y en el almacén. Todos ellos incluyen un paro de emergencia y diferentes botones de control que tienen explicada su función con una etiqueta. Además, incluyen luces indicadoras y en el caso del panel de control del almacén displays que muestran el número de palés de cada tipo que se han realizado.



Figura 33 - Panel Centros Mecanizado



Figura 34 - Panel Control Paletizadora



Figura 35 - Panel Control Almacén

Además de estos cuadros, tenemos un cuadro de mando principal, desde el cual arrancaremos la línea. Además, encontraremos también botones de rearme y “stop”, así como luces que muestran si la línea está en funcionamiento o parada. También tiene una luz de advertencia que se activa en caso de emergencia.



Figura 36 - Panel de Control Principal

Asimismo, encontramos a lo largo de la línea diferentes estaciones con indicadores luminosos que avisaran en caso de emergencia, si hay avería en la estación o si está todo funcionando correctamente.

3.2. SCADA

Vamos a explicar las funcionalidades que podemos encontrar en el SCADA dividiendo estas en dos partes, la de control y la de monitorización.

La parte de control consiste en lo siguiente:



1. Botón de “play”, para arrancar la línea.
2. Botón de paro de emergencia.
3. Selección de modo continua o modo manual.
4. Si el modo es manual, seleccionamos el tipo de panel que queremos producir. En modo de cambio continuo, ignora la selección.
5. Indicador de producción actual.
6. Acuse de error.

Figura 37 - Panel Control SCADA

En la parte de monitorización podemos encontrar las siguientes herramientas:

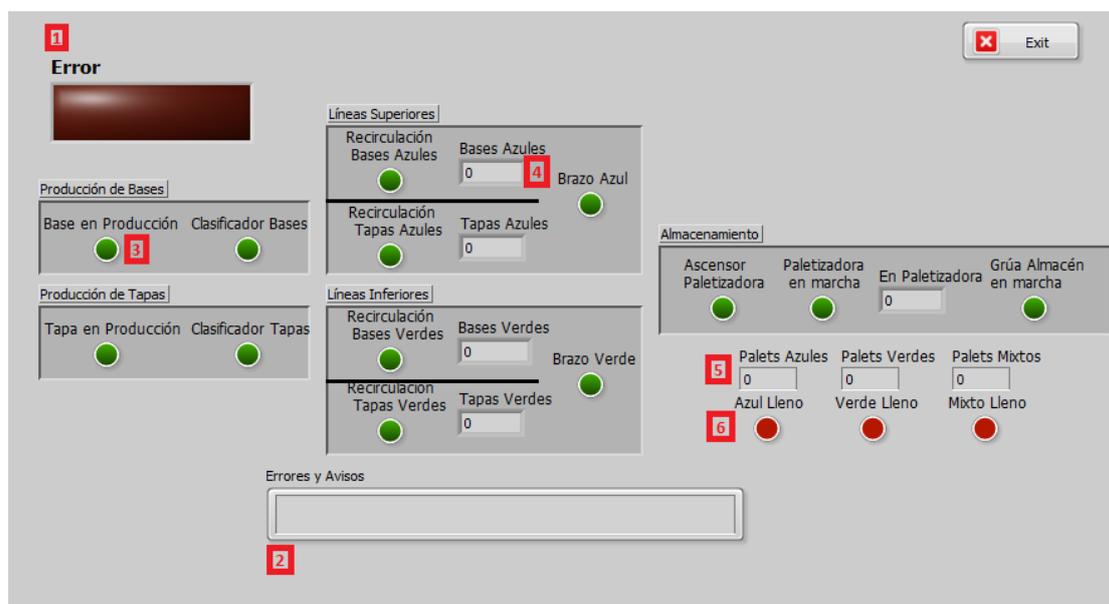


Figura 38 - Monitorización SCADA

1. Indicador de error. Se enciende en caso de algún fallo en la línea. Si el error se soluciona y se pulsa el acuse, se vuelve a apagar.
2. Errores y Avisos. Muestra una descripción de error o aviso en caso de haber alguno activo (por ejemplo, mostrará "Paro de emergencia activado" cuando se active la emergencia). Se reinicia con el acuse error.
3. LEDs indicadores. Se activan cuando el proceso descrito está activado.
4. Indicadores de número de piezas en producción. En las líneas superiores e inferiores indica el número de partes que hay en cada una de las líneas de transporte. El de la paletizadora indica cuantas piezas hay para paletizar, sabiendo así cuantas faltan para completar el palé.
5. Indicadores del número de palés de cada tipo producidos.
6. LEDs indicadores de almacén lleno. Uno para cada tipo de palé.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

ANEXO II: VARIABLES DEL SISTEMA

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Contenido

1. Objeto.....	4
2. Tablas de Variables.....	4
2.1. General	4
2.2. Mecanización de Tapas	4
2.3. Mecanización de Bases	5
2.4. Clasificación de Tapas.....	5
2.5. Clasificación de Bases.....	6
2.6. Transporte de Tapas Azules	6
2.7. Transporte de Tapas Verdes	7
2.8. Transporte de Bases Azules.....	7
2.9. Transporte de Bases Verdes.....	7
2.10. Estación Montaje Conjunto Azul	8
2.11. Estación Montaje Conjunto Verde	8
2.12. Elevador a Paletizadora	9
2.13. Paletizadora.....	9
2.14. Transporte de Palés.....	10
2.15. Almacén.....	10

1. Objeto

El objetivo de este documento consiste en presentar las variables que utiliza el sistema, así como una explicación de estas para su mejor comprensión. Se va a dividir este documento en cada una de las diferentes estaciones que tenemos para facilitar la lectura.

2. Tablas de Variables

2.1. General

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
Em_Stop_Gen	%QX0.0	Parada de emergencia del proceso completo
Start_Gen	%QX0.1	Inicia el proceso
Salidas		
Pr_Working	%QX12.0	Indica que el proceso está en funcionamiento
Pr_Stopped	%Qx12.1	Indica que el proceso está pausado
Pr_Error	%QX12.5	Indica error en el proceso

2.2. Mecanización de Tapas

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
Lid_Mat_Start	%QX0.4	El material de la tapa está en posición para comenzar
Lid_Cent_Open	%QX0.5	El centro de producción está libre
Lid_Cent_Error	%QX0.6	El centro de producción tiene un error
Lid_Cent_Busy	%QX0.7	El centro de producción está ocupado
Salidas		
Load_Lid_Mat	%QX12.6	Cinta que carga el material en el centro de producción
Lid_Cent_Start	%QX12.7	Comenzar la producción de tapas
Lid_Cent_Stop	%QX13.0	Pausa la producción de tapas
Lid_Cent_Reset	%QX13.1	Reinicia la producción de tapas

2.3. Mecanización de Bases

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
Base_Mat_Start	%QX1.0	El material de la base está en posición para comenzar
Base_Cent_Open	%QX1.1	El centro de producción está libre
Base_Cent_Error	%QX1.2	El centro de producción tiene un error
Base_Cent_Busy	%QX1.3	El centro de producción está ocupado
Salidas		
Load_Base_Mat	%QX13.2	Cinta que carga el material en el centro de producción
Base_Cent_Start	%QX13.3	Comenzar la producción de bases
Base_Cent_Stop	%QX13.4	Pausa la producción de bases
Base_Cent_Reset	%QX13.5	Reinicia la producción de bases

2.4. Clasificación de Tapas

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
Lid_Done	%QX1.4	La tapa ha salido del centro de mecanizado finalizada
LidAtSort	%QX1.5	La tapa están en posición de clasificación
LidElLoad	%QX1.6	Sensor de carga en el elevador
LidElUnload	%QX1.7	Sensor de descarga en el elevador
GreenLidLow	%QX2.0	Elevador en posición de descarga de verdes 1
GreenLidHigh	%QX2.1	Elevador en posición de descarga de verdes 2
BlueLidLow	%QX2.2	Elevador en posición de descarga de azules 1
BlueLidHigh	%QX2.3	Elevador en posición de descarga de azules 2
LidColorDet	%MW2	Color de la pieza clasificada
Salidas		
LidToSorting	%QX13.6	Cinta que lleva desde mecanizado hasta clasificación
LidElevUp	%QX13.7	Elevador sube
LidElevDown	%QX14.0	Elevador baja
LidElevSlow	%QX14.1	Elevador reduce velocidad
LidElevRight	%QX14.2	Rodillos de elevador hacia la derecha
LidElevLeft	%QX14.3	Rodillos de elevador hacia la izquierda

2.5. Clasificación de Bases

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
Base_Done	%QX2.4	La base ha salido del centro de mecanizado finalizada
BaseAtSort	%QX2.5	La base están en posición de clasificación
BaseElLoad	%QX2.6	Sensor de carga en el elevador
BaseElUnload	%QX2.7	Sensor de descarga en el elevador
GreenBaseLow	%QX3.0	Elevador en posición de descarga de verdes 1
GreenBaseHigh	%QX3.1	Elevador en posición de descarga de verdes 2
BlueBaseLow	%QX3.2	Elevador en posición de descarga de azules 1
BlueBaseHigh	%QX3.3	Elevador en posición de descarga de azules 2
BaseColorDet	%MW3	Color de la pieza clasificada
Salidas		
BaseToSorting	%QX14.4	Cinta que lleva desde mecanizado hasta clasificación
BaseElevUp	%QX14.5	Elevador sube
BaseElevDown	%QX14.6	Elevador baja
BaseElevSlow	%QX14.7	Elevador reduce velocidad
BaseElevRight	%QX15.0	Rodillos de elevador hacia la derecha
BaseElevLeft	%QX15.1	Rodillos de elevador hacia la izquierda

2.6. Transporte de Tapas Azules

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtBlueLid	%QX3.4	Tapa azul entra a las cintas de transporte
BlueLidAtClamp	%QX3.5	Tapa azul en posición de colocación
Salidas		
BlueLidC1	%QX15.2	Cinta 1 de clasificación a montaje
BlueLidC2	%QX15.3	Cinta 2 de clasificación a montaje
BlueLidC3	%QX15.4	Cinta 3 de clasificación a montaje
BlueLidC4	%QX15.5	Cinta 4 de clasificación a montaje
BlueLidC5	%QX15.6	Cinta 5 de clasificación a montaje
BLRemover	%QX15.7	Remover de tapas azules activado

2.7. Transporte de Tapas Verdes

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtGreenLid	%QX3.6	Tapa verde entra a las cintas de transporte
GreenLidAtClamp	%QX3.7	Tapa verde en posición de colocación
Salidas		
GreenLidC1	%QX16.0	Cinta 1 de clasificación a montaje
GreenLidC2	%QX16.1	Cinta 2 de clasificación a montaje
GreenLidC3	%QX16.2	Cinta 3 de clasificación a montaje
GreenLidC4	%QX16.3	Cinta 4 de clasificación a montaje
GreenLidC5	%QX16.4	Cinta 5 de clasificación a montaje
GLRemover	%QX16.5	Remover de tapas verdes activado

2.8. Transporte de Bases Azules

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtBlueBase	%QX4.0	Base azul entra a las cintas de transporte
BlueBaseAtClamp	%QX4.1	Base azul en posición de colocación
Salidas		
BlueBaseC1	%QX16.6	Cinta 1 de clasificación a montaje
BlueBaseC2	%QX16.7	Cinta 2 de clasificación a montaje
BlueBaseC3	%QX17.0	Cinta 3 de clasificación a montaje
BBRemover	%QX17.1	Remover de bases azules activado

2.9. Transporte de Bases Verdes

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtGreenBase	%QX4.2	Base azul entra a las cintas de transporte
GreenBaseAtClamp	%QX4.3	Base azul en posición de colocación
Salidas		
GreenBaseC1	%QX17.2	Cinta 1 de clasificación a montaje
GreenBaseC2	%QX17.3	Cinta 2 de clasificación a montaje
GreenBaseC3	%QX17.4	Cinta 3 de clasificación a montaje
GBRemover	%QX17.5	Remover de bases verdes activado

2.10. Estación Montaje Conjunto Azul

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
BlueLidClamped	%QX4.4	Tapa azul colocada en posición
BlueBaseClamped	%QX4.5	Base azul colocada en posición
BlueArmXBusy	%QX4.6	Brazo moviendo eje X
BlueArmZBusy	%QX4.7	Brazo moviendo eje Z
BlueArmDetect	%QX5.0	Brazo detecta pieza
BlueBarrierUp	%QX5.1	Barrera de cajas arriba
BlueToPal	%QX5.2	En posición saliendo de montaje
Salidas		
BlueLidPos	%QX17.6	Brida de colocación de tapas
BlueBasePos	%QX17.7	Brida de colocación de bases
BlueArmX	%QX18.0	Brazo mueve eje X
BlueArmZ	%QX18.1	Brazo mueve eje Z
BlueArmGrab	%QX18.2	Ventosa del brazo succiona
BlueBoxBarrier	%QX18.3	Sube la barrera para pasar caja completa
BlueBoxConv	%QX18.4	Cinta de transporte a elevador a paletizadora

2.11. Estación Montaje Conjunto Verde

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
GreenLidClamped	%QX5.3	Tapa verde colocada en posición
GreenBaseClamped	%QX5.4	Base verde colocada en posición
GreenArmXBusy	%QX5.5	Brazo moviendo eje X
GreenArmZBusy	%QX5.6	Brazo moviendo eje Z
GreenArmDetect	%QX5.7	Brazo detecta pieza
GreenBarrierUp	%QX6.0	Barrera de cajas arriba
GreenToPal	%QX6.1	En posición saliendo de montaje
Salidas		
GreenLidPos	%QX18.5	Brida de colocación de tapas
GreenBasePos	%QX18.6	Brida de colocación de bases
GreenArmX	%QX18.7	Brazo mueve eje X
GreenArmZ	%QX19.0	Brazo mueve eje Z
GreenArmGrab	%QX19.1	Ventosa del brazo succiona
GreenBoxBarrier	%QX19.2	Sube la barrera para pasar caja completa
GreenBoxConv	%QX19.3	Cinta de transporte a elevador a paletizadora

2.12. Elevador a Paletizadora

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
BlueAtPalEI	%QX6.2	Caja azul en posición carga en elevador
GreenAtPalEI	%QX6.3	Caja azul en posición descarga en elevador
GreenLow	%QX6.4	Elevador en posición carga verde 1
GreenHigh	%QX6.5	Elevador en posición carga verde 2
BlueLow	%QX6.6	Elevador en posición carga azul 1
BlueHigh	%QX6.7	Elevador en posición carga azul 2
PalLow	%QX7.0	Elevador en posición descarga 1
PalHigh	%QX7.1	Elevador en posición descarga 2
PalEILoad	%QX7.2	Sensor pieza cargada
PalEIUnoad	%QX7.3	Sensor pieza descargada
ToPalletizer	%QX7.4	Pieza en punto de entrada a paletizadora
Salidas		
PalEIUp	%QX19.4	Elevador arriba
PalEIDown	%QX19.5	Elevador abajo
PalEISlow	%QX19.6	Elevador reduce velocidad
PalConv1	%QX19.7	Cinta 1 de entrada a paletizadora
PalEILeft	%QX20.0	Rodillos de elevador hacia la izquierda
PalEIRight	%QX20.1	Rodillos de elevador hacia la derecha

2.13. Paletizadora

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtPalletizer	%QX7.5	Pieza en paletizadora
PalletizerPushLim	%QX7.6	Empujador frontal en limite
PalletizerClamped	%QX7.7	Empujadores laterales en limite
PalletizerPlateLim	%QX8.0	Trampilla abierta
Salidas		
PalConv2	%QX20.2	Cinta 2 de entrada a paletizadora
PalBelt+	%QX20.3	Cinta de carga de la paletizadora
PalPusher	%QX20.4	Empujador frontal
PalClamper	%QX20.5	Empujadores laterales
PalOpenPlate	%QX20.6	Abrir trampilla

2.14. Transporte de Palés

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
PTElevLoad	%QX8.1	Carga de palés en elevador
PTElevUnload	%QX8.2	Descarga de palés en elevador
PTElevMoving	%QX8.3	Elevador en movimiento
PTElevBackLim	%QX8.4	Palé en posición 1
PTElevFrontLim	%QX8.5	Palé en posición 2
ToStacker	%QX8.6	Palé completado en transporte a almacén
Salidas		
PalletConv	%QX20.7	Cinta de palés vacíos
PTElevChain+	%QX21.0	Elevador carga palé
PTElevUp	%QX21.1	Elevador sube
PTElevDown	%QX21.2	Elevador baja
PTElevToLim	%QX21.3	Elevador sube o baja hasta el límite
ToStackerConv1	%QX21.4	Cinta 1 de transporte de palés llenos a almacén

2.15. Almacén

Nombre	Dirección	Descripción
Entradas		
AtStackerLoad	%QX8.7	Palé en posición de carga en carro
SCLeftLim	%QX9.0	Palas del carro en límite izquierdo
SCRightLim	%QX9.1	Palas del carro en límite derecho
SCMiddleLim	%QX9.2	Palas del carro en posición reposo
SCMovingX	%QX9.3	Carro moviéndose en eje X
SCMovingZ	%QX9.4	Carro moviéndose en eje Z
BluePallets	%MW11	Número de palés de cajas azules
GreenPallets	%MW12	Número de palés de cajas verdes
MixedPallets	%MW13	Número de palés de cajas mixtas
Salidas		
ToStackerConv2	%QX21.5	Cinta 2 de transporte de palés llenos a almacén
LoadingConv	%QX21.6	Cinta de carga en almacén
SCLeft	%QX21.7	Mover palas del carro a izquierda
SCRight	%QX22.0	Mover palas del carro a derecha
SClift	%QX22.1	Levantar palas del carro
StackerFree	%QX22.2	Alguna posición libre en el almacén
SCMoving	%QX22.3	Luz de aviso de carro en movimiento
StackerFull	%QX22.4	Almacén completo
SCTargetPosition	%MW10	Posición objetivo de almacenamiento de palé



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Contenido

1.	Definición y alcance del pliego	4
2.	Condiciones de los materiales.....	5
2.1.	Ordenador personal	5
2.1.1.	Hardware	5
2.1.2.	Software	5
2.2.	Autómata programable.....	6
3.	Estudio y presentación de resultados	7
4.	Condiciones de pago y futuros proyectos.....	8

1. Definición y alcance del pliego

El objeto del presente documento consiste en fijar los requisitos técnicos mínimos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema propuesto. El ámbito de aplicación de este documento se extiende tanto a los componentes de software como de hardware que se utilizarán para la realización del proyecto.

En caso de la adopción de soluciones diferentes a las propuestas en este documento, así como alteraciones del código de los programas, la empresa contratada no se hará responsable de los fallos producidos por dichas modificaciones.

Este documento será aplicable únicamente al estudio de la eficiencia de una línea propuesta. Si en un futuro fuera necesario un segundo estudio o la implementación en planta del sistema automatizado, será objeto de un nuevo proyecto y, por tanto, será necesario negociar un nuevo contrato.

2. Condiciones de los materiales

Los materiales que usados para la realización de este proyecto son bastante comunes, además de estar estandarizados. Por tanto, no deberá suponer un problema para el cliente la adquisición de estos.

El cliente deberá encargarse de una comprobación superficial del correcto estado de los materiales a su llegada, que incluirá todo aquello que no requiera de un especialista para comprobar su funcionamiento. Tras la recepción por parte del diseñador, este realizará una revisión en mayor profundidad del estado de los materiales, de esta forma el cliente no necesita personal cualificado para una revisión completa. En caso de defecto de alguno de los materiales será la parte contratante quien se encargue de la sustitución de estos.

2.1. Ordenador personal

El correcto funcionamiento de las aplicaciones diseñadas, exigen una serie de requisitos mínimos tanto a nivel de hardware como de software asociados a los equipos utilizados. En caso de incumplimiento de estos requisitos, será la parte contratante quien asuma los posibles fallos de funcionamiento del sistema.

2.1.1. Hardware

Los requisitos de hardware mínimos para el correcto funcionamiento de los softwares necesarios para la realización del proyecto son los siguientes:

- **Procesador:** Intel Core 2 Duo, 2Ghz / AMD Athlon 64 x2, 2 Ghz.
- **Memoria RAM:** 2Gb.
- **Espacio disponible:**
 - o 600Mb para FactoryIO.
 - o 5Gb para LabView.
 - o 7Gb para SoMachine.
- **Tarjeta Gráfica:** Nvidia GeForce 8 series/ Radeon 2xxx series.
- **Monitor:** Resolución de pantalla de 1280 x 720 píxeles.
- **Puertos:**
 - o USB para ratón y teclado. Alguno extra para almacenamiento externo.
 - o Puerto ethernet RJ45.

2.1.2. Software

Será necesario que el PC cuente con los siguientes softwares instalados:

- Windows 7 o superior.
- SoMachine v4.1.
- LabView de National Instruments version 2013 o superior. Modulo DSC (Datalogging and Supervisory Control).
- Factory IO edición ModBus and OPC. Requiere DirectX 9.0 y .NETFramework 4.5.

2.2. Autómata programable

Para asegurar un correcto funcionamiento del sistema diseñado, será necesario un autómata programable que cumpla con los siguientes requisitos:

- Tensión de alimentación de 230 Vac a 50Hz
- Memoria de programa de 8Mb
- Memoria de sistema de 64Mb
- Al menos un puerto RJ45 para la conexión ethernet
- Capacidad para utilizar protocolo de comunicación ModBus TCP/IP.

Tras el estudio inicial del proyecto en el que se consideraron varias alternativas, se llegó a la conclusión de que el controlador más recomendado es el Modicon M241 de referencia TM241CE40R. Este autómata no solo cumple con las necesidades del sistema, sino que además la parte contratada cuenta con especialistas en la programación de esta marca. Por tanto, si se decidiera utilizar otro tipo de autómata, se cargaría sobre el presupuesto del proyecto una parte de la formación básica requerida para la adaptación de los especialistas al controlador utilizado.

3. Estudio y presentación de resultados

Una vez se ha realizado el automatismo y tras la depuración de fallos mediante el gemelo virtual, se procederá a la realización del estudio que es objeto de este proyecto.

Las pruebas que se van a realizar son la medición de tiempos de ciclo para todos los modelos de producción establecidos. Para ello se pondrá en marcha el sistema sobre el gemelo virtual y se medirán los tiempos con ayuda de un cronómetro. Se medirán al menos 5 tiempos de cada modelo. Si no fuera posible la medición de alguno de estos se justificará adecuadamente. Asimismo, se realizará por escrito un análisis de los resultados.

Tras la realización del análisis se entregará a la parte contratante los siguientes archivos:

- Documento de resultados, en el que se incluirán las diferentes pruebas que se han realizado y los resultados obtenidos de las mismas.
- Documento del análisis de resultados, en el que también se incluirán propuestas de mejora en caso necesario.
- Video demostración, con el que el cliente podrá observar el correcto funcionamiento de la línea.

Además de la entrega de estos documentos, tras la finalización se realizará una reunión entre el cliente y los diseñadores, en la que se explicaran los resultados en mayor profundidad y donde la parte contratante podrá realizar las preguntas que considere necesarias.

Por último, tras la reunión se establecerá un periodo de una semana en el que el cliente podrá proponer la realización de alguna prueba extra y podrá estar presente durante la realización de esta, si lo considerase necesario.

4. Condiciones de pago y futuros proyectos.

A la entrega del material necesario para el comienzo de la realización del proyecto, el cliente abonará una fianza del 30% del presupuesto. Antes la reunión de presentación de los resultados obtenidos del estudio y de la entrega de los documentos de resultados, el cliente deberá abonar otro 60% del total. El 10% restante se abonará al finalizar el periodo establecido para las pruebas que exija el cliente. En caso de no requerir ninguna prueba extra, el último 10% se abonará tras la entrega de la documentación.

En caso de que el resultado del estudio de eficiencia de la línea fuera satisfactorio para el cliente, se negociarán nuevas condiciones y presupuestos para la puesta en marcha sobre el sistema real. En caso de no llegar a un acuerdo, la parte contratada devolverá el material que pertenezca al cliente, pero no se entregará el programa del autómatas, el diseño de la línea y el software de monitorización.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON
IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER
M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.**

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Autor: Sergio Latorre Muñoz

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Valencia, septiembre, 2019

Contenido

1. Objeto.....	4
2. Componentes de Software.....	4
3. Componentes de Hardware	5
4. Recursos de personal	5
5. Total.....	6

1. Objeto

El objeto del presente documento consiste en la estimación de costes para la realización del proyecto descrito. Para su presentación, se van a desglosar los costes en tres categorías: Software, Hardware y recursos de personal.

2. Componentes de Software

Los componentes de software necesarios para la realización del proyecto serán:

- Factory IO para el diseño de la línea y el gemelo virtual.
- SoMachine para la programación del autómatas.
- LabView, para la realización del SCADA.

Las licencias de LabView y Factory IO son anuales, por lo que se ha cargado al cliente solo con el tiempo de realización del proyecto, que se estima será un mes. Por tanto, se incluirá en el presupuesto 1/12 del precio de las licencias de estos softwares.

En caso del SoMachine, será necesario para el cliente tenerlo para futuras modificaciones del automatismo y el mantenimiento de este.

Referencia	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Total
S1	ud	Software Programación Autómata. SoMachine	167,07 €	1	167,07 €
S2	ud	Software de Diseño y Simulación. Factory IO	12,00 €	1	12,00 €
S3	ud	Software para la implementación SCADA. LabView	478,92 €	1	478,92 €
Subtotal Recursos de Software					657,99 €

3. Componentes de Hardware

Para la realización de nuestro proyecto, el único componente de hardware que vamos a necesitar es el propio autómatas, ya que como hemos comentado, se realizarán todas las pruebas sobre el gemelo virtual.

Para el cálculo de el precio cargado por el ordenador se ha tenido en cuenta que la vida útil de un PC de dichas características es de unos 4 años y tiene un precio de unos 800€. Teniendo esto en cuenta se ha cargado al cliente con el uso durante el periodo de tiempo que se ha utilizado para la realización de este proyecto, es decir, un mes.

Referencia	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Total
H1	ud	PLC Modicon M241	295,48 €	1	295,48 €
H2	ud	Ordenador Personal	16,67 €	1	16,67 €
Subtotal Recursos de Hardware					312,15 €

4. Recursos de personal

Para el cálculo de los costes de los recursos de personal, se tendrá en cuenta que serán necesarios tanto un ingeniero industrial para la realización del diseño y el automatismo, así como un técnico informático encargado de realizar las conexiones pertinentes, la implementación del SCADA. Se considerará que el salario bruto de cada uno de los trabajadores es 22000 para el ingeniero junior y 18000 para el técnico informático. Se realizarán los cálculos teniendo en cuenta que cada mes tiene 21 días hábiles en los que cada trabajador tiene una jornada de 8h/día.

En primer lugar, se dividirán las diferentes tareas, se hará una estimación de las horas que durará cada una de ellas y se establecerá qué trabajador las realizará.

Tarea	Responsable	Tiempo (h)
Instalación de software	Técnico informático	3
Diseño de la línea	Ingeniero Industrial Junior	40
Diseño del automatismo	Ingeniero Industrial Junior	56
Diseño SCADA	Ingeniero Industrial Junior	32
Implementación Automatismo	Ingeniero Industrial Junior	80
Implementación SCADA	Técnico informático	34
Pruebas Comunicación	Técnico informático	2
Depuración Automatismo	Ingeniero Industrial Junior	24
Optimización SCADA	Técnico informático	16
Estudio de la eficiencia	Ingeniero Industrial Junior	24
Análisis de resultados	Ingeniero Industrial Junior	8

Una vez tenemos esto, se calculará cual será el coste estimado de la mano de obra necesaria para este proyecto.

Referencia	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Total
P1	h	Ingeniero Industrial Junior	10,91 €	264	2.880,24 €
P2	h	Técnico informático	8,93 €	55	491,15 €
Subtotal Recursos de Personal					3.371,39 €

5. Total

Una vez realizados todos estos cálculos, se establecerá también un margen de medios auxiliares, que consistirá en un 10% de la suma de gastos de software, hardware y personal.

Descripción	Precio	Cantidad	Total
Medios Auxiliares	10%	4.341,52 €	434,15 €
Subtotal Medios Auxiliares			434,15 €

Por tanto, el presupuesto total que tendrá el proyecto será:

Descripción	Cantidad
Recursos Personal	3371,39 €
Recursos Software	657,99 €
Recursos Hardware	312,15 €
Medios Auxiliares	432,49 €
Total	4.775,68 €