



Trabajo Fin de Grado

Easy PLC Machine Simulator como alternativa a
Factory I/O en diferentes asignaturas de Ingeniería
de Sistemas y Automática

Simulation of coursework and internships in
Industrial Automation with Easy PLC Machines
Simulator

Autor

Víctor Manuel Muñoz Sánchez

Director

Jesús Lázaro Plaza

Grado en Ingeniería Electrónica y Automática

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

2024

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un entorno de simulación 3D para la enseñanza - aprendizaje de tecnologías de Automatización Industrial.

El software de simulación de fábricas con el que se va a trabajar es el Easy PLC Machine Simulator, un software de la empresa Nirtec que tiene su sede en Valencia (España) y cuyo creador es Rafael Izquierdo.

Este nuevo entorno será comparado con el entorno que se utiliza en la actualidad en las asignaturas Sistemas Automáticos y Automatización Industrial (Factory I/O y Machine Expert – Basic de Schneider Electrics), con el objetivo de valorar la conveniencia o no de su reemplazo.

ABSTRACT

The aim of this work is the development of a 3D simulation environment for teaching - learning Industrial Automation technologies.

The factory simulation software used is Easy PLC Machine Simulator, a software of the company Nirtec, located in Valencia (Spain) and whose creator is Rafael Izquierdo.

This new environment will be compared to the currently used environment in the Automatic Systems and Industrial Automation courses (Factory I/O and Machine Expert - Basic by Schneider Electrics), in order to assess whether or not it should be replaced.



Contenido

1.-MOTIVACIÓN	1
2.-OBJETIVOS	1
3.- INTRODUCCIÓN	2
4.- ESTADO DE LA TÉCNICA	4
5.-MATERIALES Y METODOS	7
6.- DESARROLLO	8
6.1 Maquina con 2 estaciones de mecanizado.....	8
6.1.1 Descripción.....	8
6.1.2 Escenario en Machines Simulator	10
6.1.3 Programación en Schneider	17
6.1.4 Simulación.....	22
6.1.5 Pantallas del HMI	26
6.2 Maquina troqueladora.....	28
6.2.1 Descripción.....	28
6.2.2 Escenario	29
6.2.3 Programación en Schneider	34
6.2.4 Simulación	37
6.2.5 Pantallas del HMI	38
6.3 Ascensor	40
6.3.1 Descripción.....	40
6.3.2 Escenario en Machines Simulator	41
6.3.3 Programación en Schneider	43
6.3.4 Simulación	45
6.3.5 Pantallas del HMI	46

6.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	48
6.1.- Simulador de fábricas.....	48
6.2.- Simulador de autómata (SoftPLC)	48
6.3.- Interfaz humano-máquina (HMI)	49
6.4.- Licencias.....	49
6.5.- Conclusiones	49
7.- LÍNEAS DE TRABAJO FURURO	51
8.-REFERENCIAS	52

ANEXOS

ANEXO I PROGRAMACIÓN EN EASY PLC.....	1
ANEXO II PROGRAMACIÓN SCHNEIDER MAQUETA EN U.....	9
ANEXO III PROGRAMACIÓN SCHNEIDER MAQUETA TROQUELADORA.....	22
ANEXO IV PROGRAMACIÓN SCHNEIDER ASCENSOR.....	31
ANEXO V PROGRAMACIÓN PANTALLAS EN VIJEOL DESIGNER.....	38
ANEXO VI ARCHIVOS DIGITALES TFG (anexo digital).....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Maqueta de la escuela	8
Figura 2 Estaciones de mecanizado de la maqueta.....	9
Figura 3 Cinta transportadora maqueta	9
Figura 4 Empujador de la maqueta.....	9
Figura 5 Sensores de la maqueta	9
Figura 6 Ventana Editor del programa Machines Simulator.....	10
Figura 7 Factory Editor Machines Simulator	11
Figura 8 Escenario de la maqueta en U	11
Figura 9 Cinta transportadora en Machines Simulator.....	12
Figura 10 Sensor fotocélula en Machines Simulator.....	13
Figura 11 Empujador neumático en Machines Simulator	14
Figura 12 Estación de mecanizado en Machines Simulator.....	15
Figura 13 Barras limitadoras y guías en Machines Simulator.....	15
Figura 14 WorkPart Create.....	16
Figura 15 WorkPart Creator	16
Figura 16 Tarea maestra maqueta en U	17
Figura 17 Grafset conducción Cinta 1.....	18
Figura 18 Grafset conducción Empujador 1.....	18
Figura 19 Grafset conducción Cinta 2.....	19
Figura 20 Grafset conducción Cinta 3.....	19
Figura 21 Grafset conducción Empujador 2.....	20
Figura 22 Grafset conducción Cinta 4.....	20
Figura 23 Grafset del Modo de conducción. GEMMA.....	21
Figura 24 Controlador Schneider	22

Figura 25 Pestaña de Machines en Machines Simulator	23
Figura 26 Interfaz Machines.....	23
Figura 27 Desplegable de distintos modos de conectar el driver	24
Figura 28 Configuración MODBUS maqueta en U	24
Figura 29 Asignación automática de entradas y salidas	25
Figura 30 Iniciar el Driver de Machines Simulator.....	25
Figura 31 Driver conectado de Machines Simulator	25
Figura 32 Pantallas HMI Maqueta en U: Selección de Modo	26
Figura 33 Pantallas HMI Maqueta en U: Modo Automático	26
Figura 34 Pantallas HMI Maqueta en U: Modo Manual.....	27
Figura 35 Pantallas HMI Maqueta en U: Emergencia.....	27
Figura 36 Maqueta de la troqueladora de la EUPT	28
Figura 37 Cinta transportadora maqueta troqueladora	28
Figura 38 Sensores de la maqueta troqueladora	29
Figura 39 Maquina troqueladora y finales de carrera de la maqueta.....	29
Figura 40 Escenario de la maqueta troqueladora.....	30
Figura 41 Cuadro de mando de la maquina troqueladora.....	30
Figura 42 Cinta transportadora Machines	31
Figura 43 Sensores maqueta Machines	32
Figura 44 Estación de troqueladro Machines	33
Figura 45 Workpart CreateBig	33
Figura 46 Workpart creator y destructor	34
Figura 47 Tarea maestra maquina troqueladora	34
Figura 48 Grafset conducción de la maquina troqueladora.....	36
Figura 49 Grafset GEMMA maqueta troqueladora.....	37

Figura 50 Configuración MODBUS maqueta troqueladora.....	37
Figura 51 Pantallas HMI Troqueladora: Selección de Modo	38
Figura 52 Pantallas HMI Troqueladora: Modo Automático	39
Figura 53 Pantallas HMI Troqueladora: Modo Manual	39
<i>Figura 54 Pantallas HMI Troqueladora: Emergencia</i>	39
Figura 55 Maqueta del Ascensor de la EUPT	40
Figura 56 Sensores y pulsadores de la maqueta del ascensor.....	40
Figura 57 Escenario del ascensor	41
Figura 58 Cuadro de mando del ascensor.....	41
Figura 59 Sensores del ascensor.....	42
Figura 60 Estructura del ascensor.....	42
Figura 61 Botones del cuadro de mando del ascensor.....	43
Figura 62 Tareas maestras del ascensor	44
Figura 63 Grafset de conducción del ascensor	44
Figura 64 Configuración MODBUS ascensor.....	45
Figura 65 Asignación entradas y salidas del ascensor.....	45
Figura 66 Driver conectado del ascensor	46
Figura 67 Pantallas HMI Ascensor: Encender	46
Figura 68 Pantallas HMI Ascensor: Ascensor.....	47
Figura 69 Pantallas HMI Ascensor: Emergencia	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa Machines Simulator vs Factory I/O	6
---	---

1.-MOTIVACIÓN

El trabajo que se ha realizado trata sobre la creación y estudio de entornos industriales gracias a su simulación en programas tales como Machines Simulator o Factory I/O. Es muy importante este tipo de trabajos ya que permiten desarrollar plantas industriales reales, con sus salidas y entradas, pero con un coste prácticamente nulo. Esto permite desarrollar la capacidad creativa de los alumnos y adquirir experiencia en el campo mundo de la automatización industrial pero únicamente con un ordenador. Además, a diferencia de las maquetas físicas tradicionales, resulta muy conveniente para un proceso enseñanza-aprendizaje a distancia, lo que tiene especial relevancia en las modalidades de planes de estudios con presencialidad limitada.

En concreto, este trabajo tiene su relevancia dentro del centro ya que utilizando este nuevo software se va a proceder a comprar éste con el que se viene usando en la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Zaragoza los últimos años, y así, con el objetivo de decidir cuál de ambos es más conveniente en su contexto.

2.-OBJETIVOS

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

Desarrollar un entorno de simulación 3D sobre las maquetas que hay en la EUPT.

Comparar el software actual que está en la EUPT (Machine Expert – Basic de Schneider Electric junto con Factory I/O) con el nuevo software (Easy PLC Machine Simulator de Nirtec).

Valorar la conveniencia de seguir utilizando el software actual de la Politécnica o cambiar a este nuevo software.

3.- INTRODUCCIÓN

La simulación de procesos industriales es un proceso clave para verificar la viabilidad, prevenir los errores y tomar las decisiones correctas.

La simulación de procesos industriales es una herramienta que permite reproducir virtualmente los procesos y estudiar su comportamiento, para analizar el impacto de las distintas variables que puedan intervenir en el mismo, o para comparar diferentes alternativas de diseño, sin el alto coste de los experimentos a escala real. Esta es de gran ayuda a la hora de disminuir los riesgos y optimizar la toma de decisiones, así como para planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa.

Es conveniente la simulación de procesos ya que a través de la simulación se puede medir o esquematizar un proceso mediante la creación de un modelo que recoja el sistema de producción de la planta, en un entorno virtual. Al trabajar con un proceso virtual, todo error o ineficiencia puede ser solventada sin que haya una afección real en la planta productiva, además de ello, también nos permite anticiparnos a su resultado. Mediante la simulación podemos analizar cualquier tipo, cambio o propuesta, antes de que esta se lleve a cabo sin que ello conlleve ningún coste extra, de manera rápida, precisa y libre de riesgos^[1].

Algunas de las ventajas de la simulación de procesos industriales son:

- Explorar diferentes alternativas.
- Optimizar los tiempos de producción.
- Aumentar la calidad y fiabilidad del diseño.
- Análisis de puntos críticos del proceso.
 - Ergonomía
 - Producción
 - Mantenimiento.
 - Logística.
- Análisis de la capacidad máxima de producción.
- Evaluar el diseño de instalaciones para adaptarse a la fabricación de nuevos modelos.

- Evitar costes extra al simular el proceso antes de instaurarlo.
- Visualización del proceso antes de la implantación.
- Facilidad de revisión, modificación y optimización de diseños en tiempo real.
- Reducir tiempos de implantación.

4.- ESTADO DE LA TÉCNICA

En el presente trabajo se ha utilizado como alternativa a Factory IO el programa de Nirtec Machines Simulator, por su semejanza y debido a que el centro disponía de una licencia. Alguna alternativa a estos programas para simulación de fábricas por ejemplo son:

- FlexSim: una herramienta de simulación general que se utiliza en una variedad de industrias, incluida la fabricación. Ofrece capacidades avanzadas de modelado y análisis para simular sistemas complejos de producción, logística y cadena de suministro^[2].
- Visual Components: Es una plataforma de simulación industrial que permite simular sistemas de fabricación en 3D. Proporciona una amplia gama de herramientas para diseñar y simular diferentes procesos de fabricación, desde la planificación de la producción hasta la optimización de la logística^[3].

Para simular PLC encontramos softPLC:

SoftPLC es un sistema de control basado en software que emula las funciones de un PLC (Controlador Lógico Programable) tradicional. A diferencia de los PLCs convencionales, que son dispositivos de hardware dedicados, un softPLC se instala y ejecuta en un ordenador industrial o en un servidor, aprovechando la flexibilidad y potencia del hardware moderno^{[4][5]}.

Algunas de las características de este sistema son

- Flexibilidad y escalabilidad: Al ser un software, es más fácil de actualizar y escalar según las necesidades del sistema de control.
- Integración con otros sistemas: Se puede integrar con otras aplicaciones y sistemas informáticos, facilitando la conectividad y el intercambio de datos.
- Reducción de costos: Elimina la necesidad de hardware especializado, reduciendo los costos iniciales y de mantenimiento.

Centrándonos en este trabajo podría decirse que este trabajo es una continuación/complementación del Trabajo Fin de Grado que realizó mi compañero



Pablo Ramos Marco en el 2022, que lleva por nombre “Modelado 3D y control de una cadena de producción para el aprendizaje de tecnologías de automatización industrial” [6].

La novedad que tiene este trabajo con el antes señalado es que en este trabajo lo que se busca es otro software para realizar el modelado 3D de la misma maqueta de la EUPT y sacar conclusiones de cuál de los dos métodos es mejor, por ejemplo, ya sea en tema económico con la compra o el mantenimiento de las licencias, la dificultad para trabajar con ellos o simplemente el ejecutarlos en un ordenador normal.

La tabla 1 muestra una comparativa de características entre Machines Simulator y Factory I/O [7].

Características	Machines Simulator	Factory I/O
Componentes base como cintas, paletizadoras, elevadores...	✓	✓
Permite programar robots en el PLC	✓	✗
Permite crear componentes nuevos a medida	✓	✗
Permite modificar a placer tamaño, rotación y físicas del elemento	✓	✗
Permite exportar tags en formato .xml para TIA Portal y .csv	✓	✓
Permite importar y exportar escenarios	✓	✓
Permite asignar automáticamente las variables de entradas y salidas	✓	✗
Contiene los drivers más utilizados	✓	✓
Compatibilidad con gafas VR	✓	✗
Disponible en Español	✗	✓
Requiere de un ordenador de prestaciones considerables	✗	✓
Compatibilidad de versiones inferiores a superiores	✓	✗
Configurar los gráficos a nivel personalizado (<i>antialiasing, sombreado...</i>)	✓	✗

Tabla 1 Comparativa Machines Simulator vs Factory I/O [7].

5.-MATERIALES Y METODOS

En un principio, para la realización de este trabajo se ha utilizado el software de Easy PLC & Machines Simulator de Nirtec. Para poder utilizar este programa hace falta una licencia. En un principio el centro tenía una licencia de este programa y por ello es porque se decidió hacer el trabajo con este software. Sin embargo, esta licencia había quedado obsoleta y hemos tenido que adquirir una nueva. Afortunadamente, el gasto era financiable por el proyecto de innovación docente PIIDUZ_1_5034, por lo que nos pusimos en contacto con Nirtec para gestionar esta adquisición.

Esta licencia viene en un pendrive físico y tiene un precio de 95€. La licencia que ha comprado la escuela es la Version 5 y ésta incluye Machines Simulator & Machines Simulator Lite, Easy PLC + Virtual PLC + HMI System^[8].

Tras pruebas con el programa y hablando con el soporte técnico de Nirtec concluimos que el programa que ellos ofrecen no cumple con los requisitos que tenemos en el programa de la asignatura en cuanto a programación de PLC, puesto que no permite poder combinar la programación en Ladder (escalera) con la programación en Grafset, mediante objetos de memoria asignados a los pasos grafset (habitualmente %X), lo cual es una característica básica y común en los principales fabricantes de autómatas. Por ello, se ha decidido recurrir a la programación con el software de Schneider que ya está en funcionamiento en la escuela.

Las pantallas del HMI van a ser diseñadas con el programa que hay en la escuela llamado Vijeo Designer ya que al no poder programar con el Easy PLC, ésta función también la tenemos que hacer con un programa externo.

El soporte donde se ha realizado toda la simulación ha sido un ordenador portátil convencional que posee estas características:

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz 1.99 GHz.

RAM instalada: 8 GB.

Sistema operativo de 64 bits.

6.- DESARROLLO

La realización de este trabajo se ha diversificado en 3 partes, las cuales son los 3 diferentes trabajos que hay en las asignaturas de Sistemas Automáticos (código 29817) y de Automatización Industrial (código 29828)^[9].

6.1 Maquina con 2 estaciones de mecanizado

6.1.1 Descripción

Para la realización de este apartado se ha basado en la propia maqueta física que se dispone en el laboratorio de la EUPT.

La maqueta de la escuela es una fischertechnik Indexed line with 2 Machining Stations 24V DC de la empresa alemana FisherTechnik que tiene entrenadores y kits de construcción para desarrollar el aprendizaje de autómatas. Esta maqueta que hay en el centro tiene un precio de 750€ + IVA^[10].

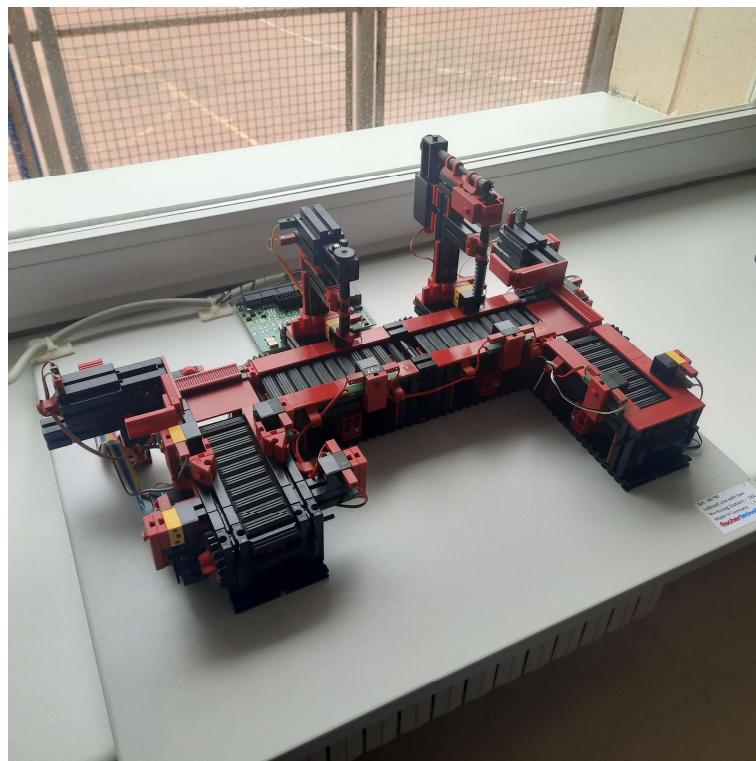


Figura 1 Maqueta de la escuela

La tarea a realizar es la siguiente:

Cinta transportadora, dispuesta en forma de U, para el transporte intermitente y para el mecanizado de varias piezas.

La máquina 1 debe estar trabajando durante 5 segundos. La máquina 2 debe estar trabajando durante 10 segundos. En la cinta 4 no puede haber más de una pieza, hasta que no se retira no puede salir otra. Además de eso, cuando la maqueta está completa, debe de haber 1 pieza en cada una de las distintas posiciones. (Un total de 7).

Implementación de la guía GEMMA con una implementación de diferentes modos de la guía GEMMA.

Implementar el panel de control de la máquina en un terminal de explotación.

6.1.2 Escenario en Machines Simulator

Para empezar un nuevo escenario, lo primero que hemos de hacer es abrir un *Factory I Editor* de la pestaña *Editor* del programa. (Figura 6)

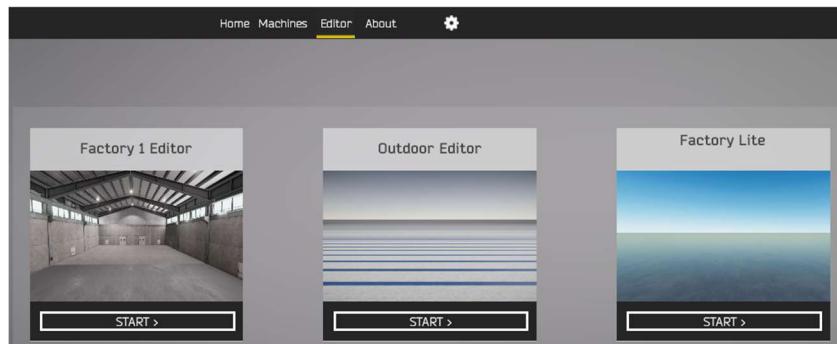


Figura 6 Ventana Editor del programa Machines Simulator



Figura 7 Factory Editor Machines Simulator

Podemos distinguir distintas ventanas. En la parte derecha tenemos una ventana que son las propiedades (*Properties*). En la parte superior izquierda tenemos otra que hace referencia a los distintos objetos que tenemos, *Hierarchy*, en este caso, al no haber nada está vacío. Por último tenemos la ventana *Tools* que es donde están todos los elementos que tiene Machines Simulator creados por defecto, tales como cintas transportadoras, sensores, etc.

El escenario para la simulación de la maqueta en U creado en Machines Simulator es el siguiente:

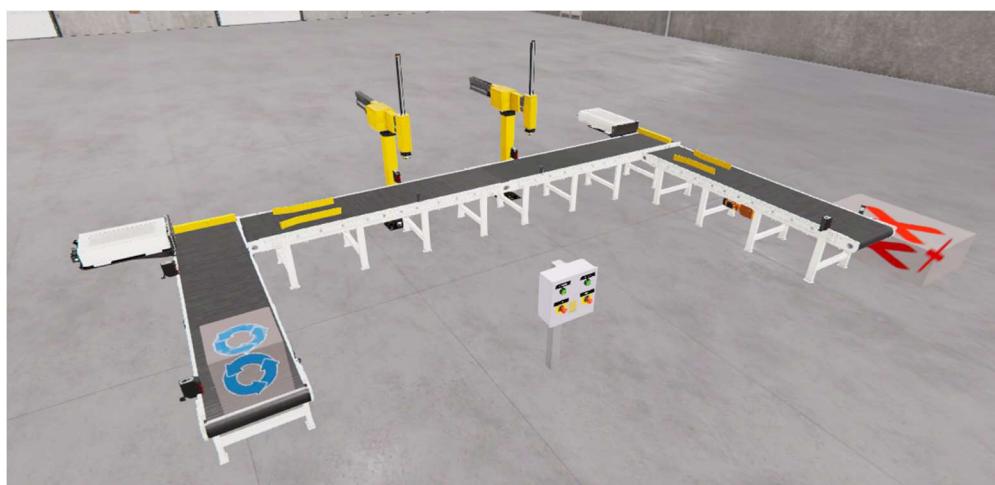


Figura 8 Escenario de la maqueta en U

En la creación del modelo de estación simulado en Machines Simulator se han escogido estos elementos por su semejanza con los de la maqueta física, que se describen a continuación: (los valores de -1 en las propiedades significa que no se ha asignado ninguna salida/entrada)

- Cinta transportadora: Se ha utilizado como cinta transportadora la denominada *ConveyorBelt1*, seleccionada dentro de la sección de *Transports*. Las variables que se modifican para el funcionamiento de la misma son los siguientes:
 - o *PLC_OUT_ADVANCE*: Hace referencia al valor de la salida que tiene la propia cinta.
 - o *Speed*: Es la velocidad a la que se mueve la cinta. Se ha cambiado ya que ésta resultaba un poco lenta.

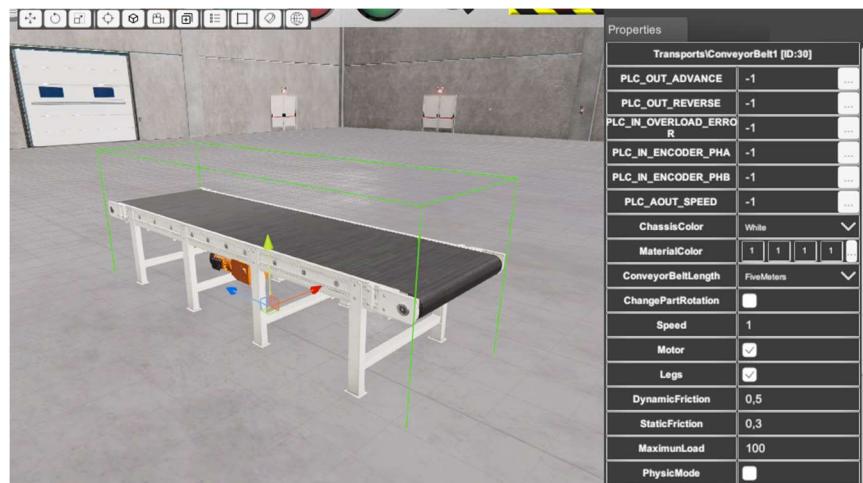


Figura 9 Cinta transportadora en Machines Simulator

- Sensores: Se ha utilizado como sensor retroreflectivo el sensor denominado *Photocell*, seleccionado dentro de la sección de *Sensors*. Las diferentes variables que tiene este tipo de sensor son:
 - o *PLC_IN_SIGNAL*: Aquí es donde se le asigna el valor de la entrada, en este caso es la entrada 6.
 - o *Distance*: Se trata de la distancia que tiene el haz de luz.

- *Reflector / ReflectorDistance*: Lo primero es activar esta opción para que aparezca el reflector, que por defecto no aparece, y posteriormente indica la distancia a la que se quiere éste.

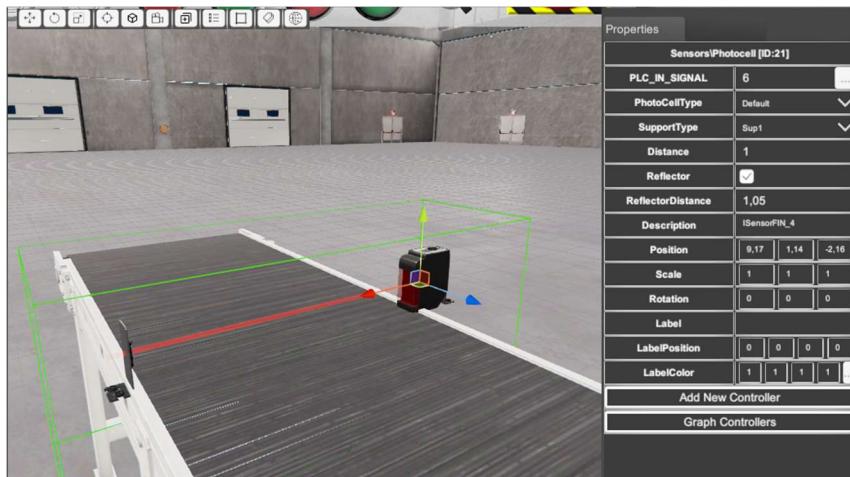


Figura 10 Sensor fotocélula en Machines Simulator

- Empujadores: Se ha utilizado como empujador el denominado *PneumaticPush*, que se encuentra en la sección *Pneumatics*. Las variables que se han modificado para este empujador son las siguientes:
 - *PLC_OUT_ADVANCE*: Número asociado de salida cuando el actuador está desplegado.
 - *PLC_OUT_BACK*: Número asignado de salida cuando el actuador está recogido.
 - *PLC_IN_ADVANCE*: Valor asignado de entrada para que el actuador inicie el movimiento hacia adelante.
 - *PLC_IN_BACK*: Valor asignado de entrada para que el actuador inicie el movimiento de recogida.
 - *Speed*: Se ha modificado la velocidad de 1 a 2.
 - *Scale*: Se ha modificado el largo y ancho para ajustarse a las necesidades físicas de la maqueta.



Figura 11 Empujador neumático en Machines Simulator

- Estaciones de mecanizado: Se ha utilizado como estación de mecanizado la denominada *Handling3Axis*, que se encuentra en la sección *Built in Systems*. Las variables que se modifican para simular el trabajo de una perforación son las siguientes:
 - *PLC_OUT_MOVE_AXIS_VERTICAL*: Esta variable de salida hace referencia al movimiento en vertical del propio brazo.
 - *PLC_OUT_TAKEPART*: Esta variable de salida hace referencia a la propia labor de “trabajando”.

Las siguientes variables han sido definidas para conseguir una posición centrada sobre la pieza del brazo actuador.

- *HomeHorizontalPosition*: Sirve para fijar el brazo en el eje Horizontal
- *WorldVerticalPosition*: Sirve para limitar el recorrido en vertical, en este caso hacia abajo (valor negativo), cuando se activa.

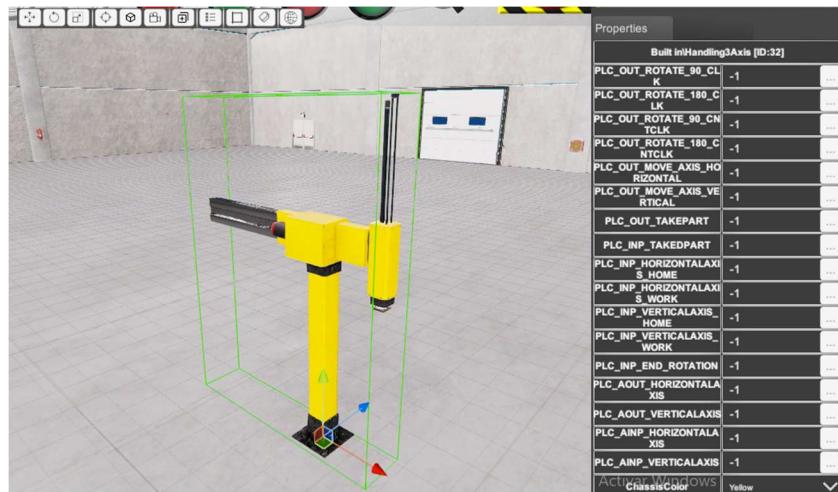


Figura 12 Estación de mecanizado en Machines Simulator

Como extra se han añadido unas barras simulando lo que serían los topes colocados en el extremo de las cintas 1 y 3, que sirven para que la pieza no se caiga de la cinta, y las otras barras, con forma de un cuello o guía, que se colocan en el inicio de las cintas 2 y 4 sirven para reconducir a la pieza hacia el centro de la cinta.



Figura 13 Barras limitadoras y guías en Machines Simulator

- Workpart: Como elemento físico se ha escogido esta caja que ya viene definida por el mismo programa. Las variables que se modifican son las siguientes:
 - *WorkPartPrefab*: Se trata del Create, al cual se le han escalado las medidas para que encaje en nuestro modelo
 - *WorkPartType*: Esta variable hace referencia al número de WorkPart que se le asigna a este tipo. En este caso es la 0.

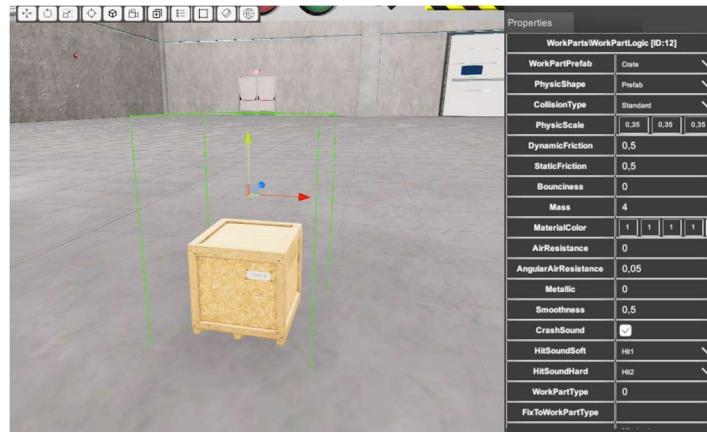


Figura 14 WorkPart Create

- Workpart creator: Este es el elemento del programa que sirve para la creación de las cajas previamente descritas. Las variables que se modifican son las siguientes:
 - o *PLC_OUT_CREATEWP*: Esta variable de salida hace referencia a la creación en sí de las WorkPaths.
 - o *WorkPartToCreateList*: Esta variable hace referencia a qué tipo de WorkPart se va a crear. En este caso es la 0, la expuesta previamente.
 - o *CreationInterval*: Se configura para cuánto demora en generar la pieza.

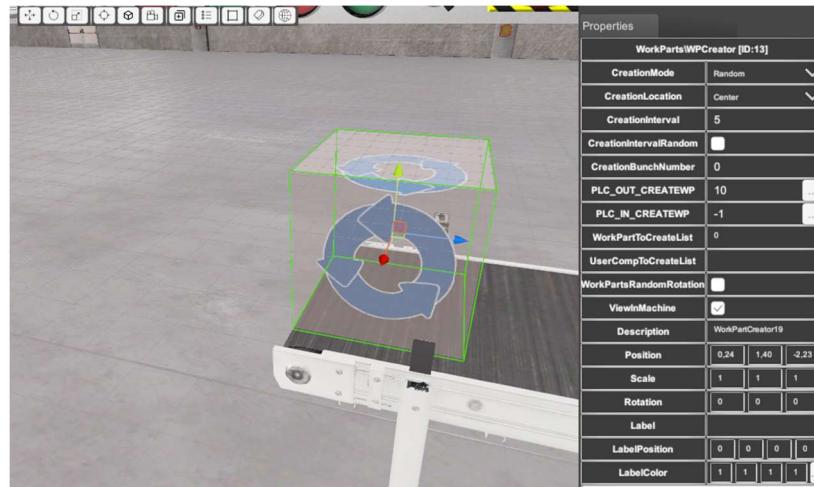


Figura 15 WorkPart Creator

6.1.3 Programación en Schneider

Para la programación de la maqueta con dos estaciones de mecanizado se han necesitado un total de 7 tareas en Grafset y 5 tareas en Ladder. Éstas son respectivamente Cinta 1, Empujador 1, Cinta 2, Cinta 3, Empujador 2, Cinta 4 y Modo de conducción y por otro lado Temporizadores, Contadores, Emergencia y rearne, Salidas y Pantallas.

Éstas han sido detalladamente explicadas en el Anexo II Programación Schneider Maqueta en U.

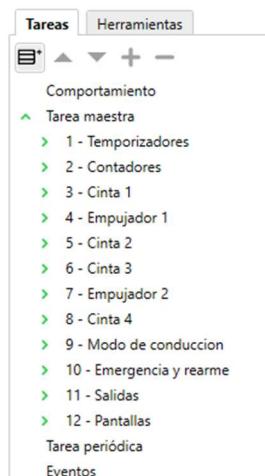


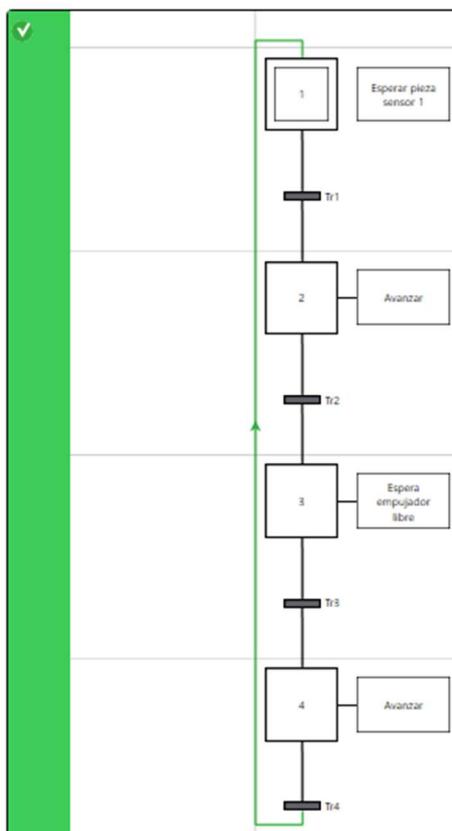
Figura 16 Tarea maestra maqueta en U

La siguiente explicación hace referencia a cuando la producción es automática y no tenemos ninguna emergencia.

Tarea nº3, Cinta 1.

Para que dé comienzo esta tarea de la cinta debe de detectar una pieza en el sensor colocado al principio, disparándose así T1. Esta pieza será transportada hasta el sensor 2, colocado antes del empujador 1. Si no hay ninguna pieza en el empujador 1, la pieza avanzará hasta él. Estas premisas se repiten en bucle.

3 - Cinta 1 Comentario



4 - Empujador 1 Comentario

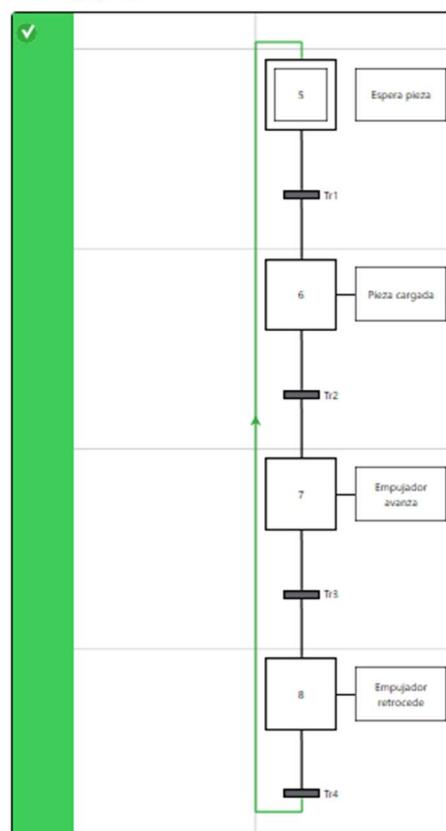


Figura 17 Grafcet conducción Cinta 1

Figura 18 Grafcet conducción Empujador 1

Tarea nº4, Empujador 1:

Esta tarea comienza con información de la anterior, por ello, todas las tareas están enlazadas entre sí. En este caso, nuestro paso inicial está esperando a que se dispare T1, es decir, hemos posicionado una pieza en el empujador. Éste actuará (desplazará la pieza) siempre y cuando la máquina 1 esté libre, sino, la pieza se quedará en el empujador. Una vez ha empujado la pieza, vuelve a su posición de inicio a la espera de una nueva pieza.

Tarea nº5, Cinta 2:

Al recibir una pieza del empujador 1, la cinta 2 se pone en marcha. Ésta hace una parada en el sensor 3, sensor asociado a la máquina 1. La cinta está parada con la pieza quieta hasta que se finaliza el mecanizado, un periodo de 10 segundos o si la maquina 2 se encuentra en funcionamiento. Pasado este tiempo y con la máquina 1 en su posición

inicial y la máquina 2 libre, la cinta reemprende su marcha hasta que se ha depositado la pieza en la Cinta 3.

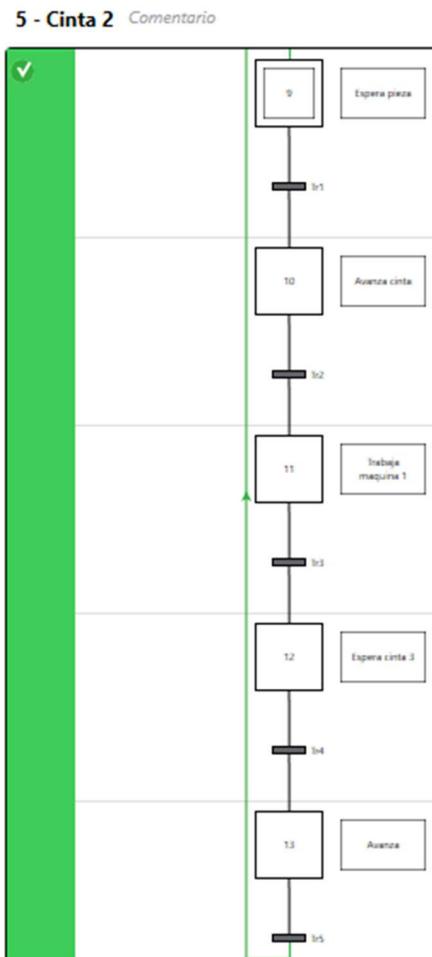


Figura 19 Grafcet conducción Cinta 2



Figura 20 Grafcet conducción Cinta 3

Tarea nº6, Cinta 3:

Al recibir la pieza proveniente de la cinta 2, la cinta 3 se pone en marcha. Ésta hace una parada en el sensor 4, sensor asociado a la máquina 2. La cinta está parada con la pieza en la máquina 2 hasta que se finaliza el mecanizado, un periodo de 5 segundos, o si pasado este tiempo, el empujador 2 está no está libre. Pasado este tiempo y con la máquina en su posición inicial y el empujador 2 estando libre, la cinta 3 reemprende su marcha depositando la pieza en el empujador 2

Tarea nº7, Empujador 2:

El paso inicial está esperando a que se dispare T1, es decir, hemos posicionado una pieza en el empujador. Éste actuará (desplazará la pieza) siempre y cuando la cinta 4 esté libre (no hay pieza en el sensor 5), sino, la pieza se quedará en el empujador. Una vez ha empujado la pieza, vuelve a su posición de inicio a la espera de una nueva pieza.

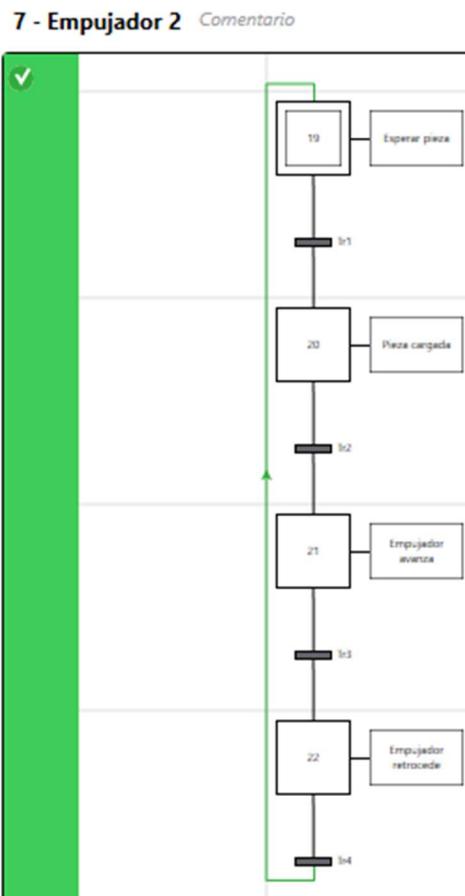


Figura 21 Grafset conducción Empujador 2

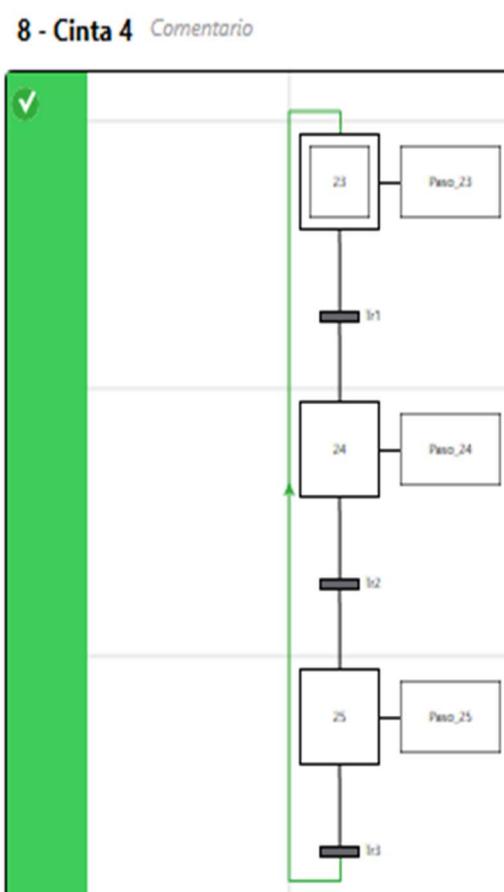


Figura 22 Grafset conducción Cinta 4

Tarea nº8, Cinta 4:

Esta cinta empieza a funcionar cuando el empujador 2 actúa (empuja la pieza desde la Cinta 3 hasta la Cinta 4) y se detiene cuando el sensor 5 detecta que ha llegado la pieza. Una vez ocurre esto, la pieza permanece ahí hasta que se retira manualmente.

Tarea nº9, Modo de conducción (GEMMA):

Esta tarea sirve para controlar como se va a manipular la maqueta. Éstas pueden ser de

manera manual o de manera automática.

El paso inicial espera a que se seleccione el modo con el que vamos a funcionar, Manual o Automático. Éste se selecciona en el propio gemelo digital con el cuadro de mando o en las pantallas del HMI. Si nuestra elección es el modo automático, todas las máquinas y empujadores se colocarán en sus posiciones iniciales y seguidamente, comenzará la producción automática. Dentro de este modo podemos pasar a una producción manual o podemos también producir la emergencia, en la cual, toda la maquina se para, y se necesita rearmar para volver a la producción manual o automática.

Si nuestra elección es Manual, gracias a la pantalla podemos actuar en cada una de las cintas, máquinas y empujadores. Para pasar a una producción automática, debemos de pulsar la emergencia, rearme y luego modo automático.

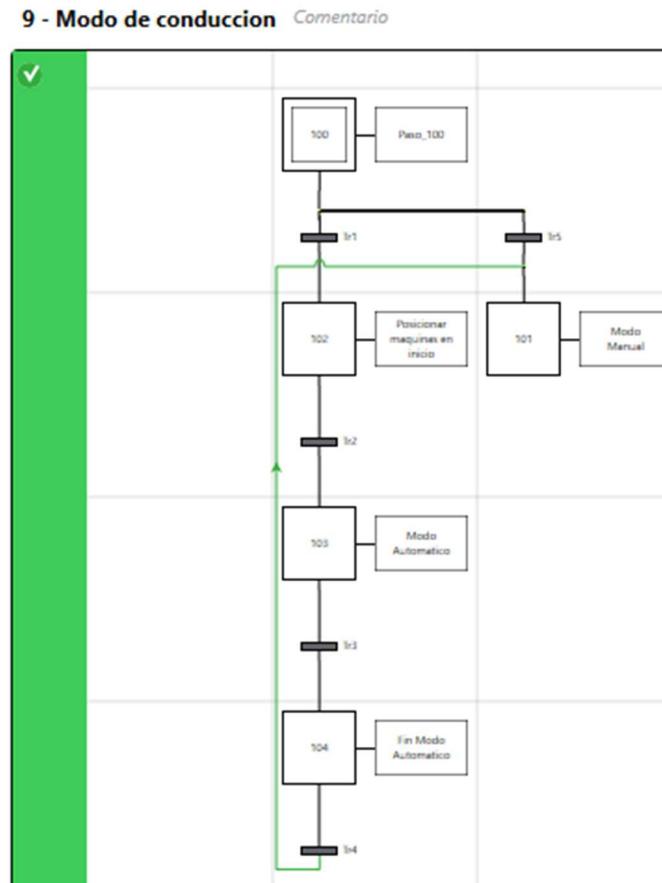


Figura 23 Grafset del Modo de conducción. GEMMA

6.1.4 Simulación

6.1.4.1 Controlador Schneider

Una vez tenemos el programa ya terminado y sin errores, se procede a iniciar el controlador para poder hacer la simulación. Para ello hemos de ir a la pestaña de Puesta en funcionamiento, click en Iniciar Simulador, y una vez se inicie, haremos click en Iniciar Controlador.

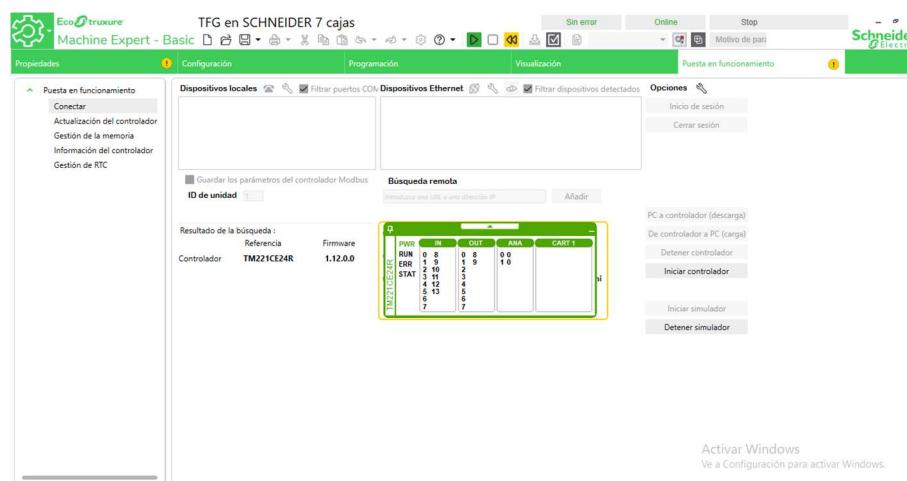


Figura 24 Controlador Schneider

Con esto ya en funcionamiento, nos pasamos con el Machines Simulator.

6.1.4.2 Simulación en Machines Simulator

Para proceder a simular la maqueta en Machines Simulator lo que tenemos que hacer en este caso es irnos a la pestaña de *Machines* en vez de a la de *Editor*.

Una vez estamos en la interfaz de *Machines* seleccionamos nuestra maqueta que previamente hemos creado en la de *Editor*. Por defecto, Machines Simulator entrega con sus licencias maquinas ya creadas para que puedas probarlas. En nuestro caso, abrimos nuestra maqueta correspondiente.

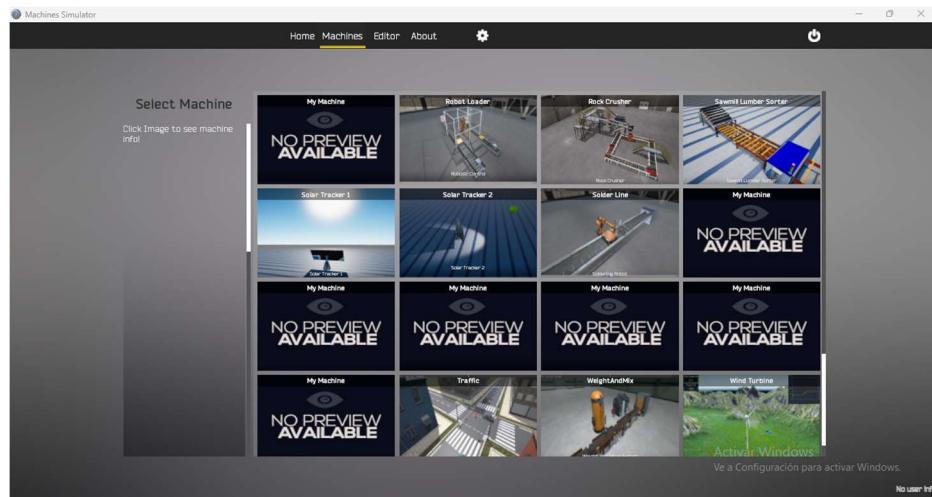


Figura 25 Pestaña de Machines en Machines Simulator

Una vez tenemos el escenario de nuestra maqueta abierto, debemos de pulsar en el botón de IO Drivers, situado céntricamente en la parte inferior de la ventana.



Figura 26 Interfaz Machines

Aparecerá un desplegable en la parte superior izquierda para ver que *Driver* queremos conectar. De normal, cuando utilizas el programa de Easy PLC junto con Machines Simulator no hay que cambiar nada porque ya se vincula solo, pero en nuestro caso, hemos de cambiar el *Driver* de *EasyPLC* por el de *ModBusDriver*.

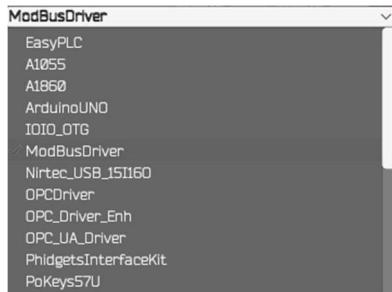


Figura 27 Desplegable de distintos modos de conectar el driver

Nos aparecerá una ventana en la que debemos de seleccionar el protocolo y configurar unos parámetros. En nuestro caso, se ha seleccionado el protocolo ModBus TCP/IP. Las variables que hemos de cambiar son Digital Inputs y Digital Outputs.

Las Digital Outputs de Machines Simulator son las entradas que nosotros hemos programado en Schneider, por lo tanto, ya que hemos guardado los 30 primeros valores de memoria para entradas, aquí hacemos lo mismo.

Start Adress: 0 y *D.Outputs Number* 30, así decidimos que los 30 primeros valores de memoria van a ser entradas. Con las *Digital Outputs* hacemos lo mismo, en Schneider hemos reservado los valores de memoria del 30 a 60 para las salidas, pues aquí empezaremos el *Start Adress:* 30 y tendremos *D.Imputs Number:* 30. Como entradas analógicas no tenemos lo dejamos como está. Pulsamos el botón de OK de la parte inferior.

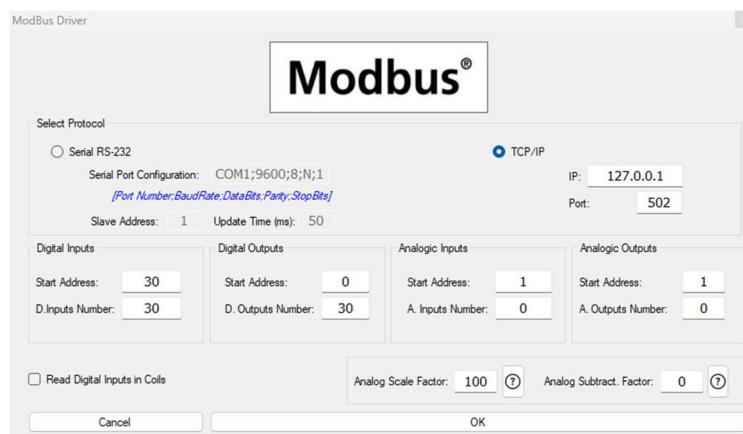


Figura 28 Configuración MODBUS maqueta en U

Con esto lo que hemos conseguido es crear unas entradas y salidas en el simulador, ahora lo que debemos es asignarlas. Para ello, se puede hacer manual, arrastrando cada una de ellas, o automáticamente. Al ser bastantes, se ha hecho de manera automática. iremos a la parte superior izquierda, al desplegable de *Driver*, ahí pulsaremos en *Automatic Assignment*.

Una vez tenemos asignadas las entradas y salidas hay que iniciar el *Driver*. En el desplegable de *Exit*, pulsaremos *Start Driver and Exit*.



Figura 30 Iniciar el Driver de Machines Simulator

Figura 29 Asignación automática de entradas y salidas

Con todo esto ya finalizado, tenemos el simulador conectado con el programa de Schneider. Lo que nos queda puede verse en la siguiente imagen (Figura 31). En la que en la izquierda vemos lo que son las Digital Outputs (salidas) y en la derecha Digital Inputs (entradas). Podemos apreciar que los sensores de los empujadores recogidos están en rojo (Valor 1) y todo lo demás en verde, ya que estamos en la posición inicial.



Figura 31 Driver conectado de Machines Simulator

6.1.5 Pantallas del HMI

Se han creado 4 pantallas para el control de esta maqueta por HMI. Éstas son Selección de Modo, Modo Automático, Modo Manual y Emergencia.

La descripción de como se han programado estas pantallas la encontramos en el Anexo V Programación Pantallas en Vijeo Designer.

La pantalla de Selección de Modo es la principal, es la primera que nos aparece al iniciar la simulación. En ella podemos seleccionar el modo de funcionamiento automático (con el botón verde *Autom*) y el funcionamiento manual (con el botón amarillo *Manual*)

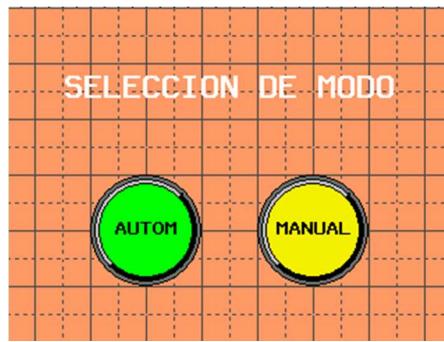


Figura 32 Pantallas HMI Maqueta en U: Selección de Modo

La pantalla Modo Automático aparece cuando estamos en el modo de funcionamiento automático. Aquí podemos saltar a una situación de emergencia (con el botón rojo de *Emerg*) o podemos cambiar el modo de funcionamiento a Manual (con el botón amarillo de *Manual*).

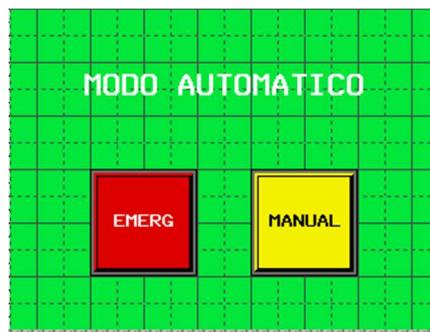


Figura 33 Pantallas HMI Maqueta en U: Modo Automático

La pantalla de Modo Manual está mientras que nos encontramos en el modo manual de operación. En ella tenemos distintos botones con flechas en negro y verde, que simulan lo que serían las cintas, máquinas y empujadores. Presionando cada uno de ellos, el elemento asignado se pondría en funcionamiento. También encontramos el botón rojo de *Emerg* con el que podemos ir a la situación de emergencia.

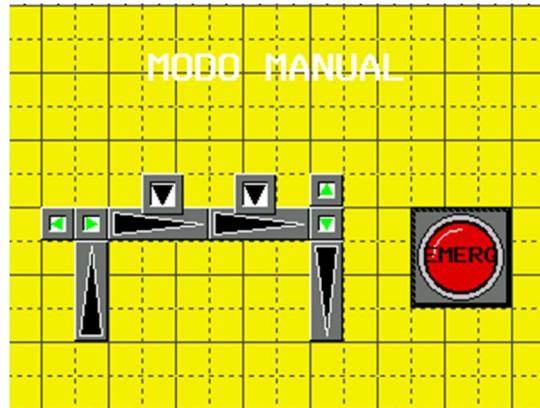


Figura 34 Pantallas HMI Maqueta en U: Modo Manual

La pantalla de Emergencia hace referencia a cuando nos encontramos en una situación de emergencia. Todo se paraliza y para que vuelva a funcionar la maqueta hemos de rearmarla, gracias al botón *Rearme*. Una vez hecho esto, pasariamos a la pantalla principal de *Selección de Modo*.

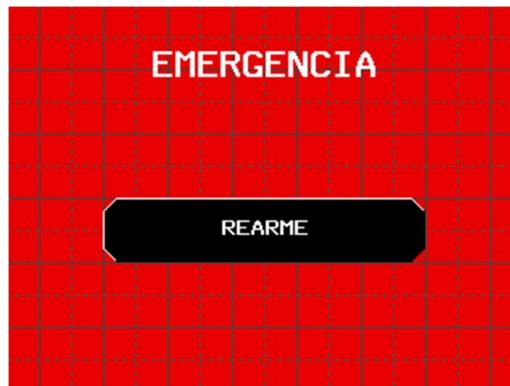


Figura 35 Pantallas HMI Maqueta en U: Emergencia

6.2 Maquina troqueladora

6.2.1 Descripción

Para la realización de este trabajo se ha basado en la propia maqueta física que se dispone en el laboratorio de la EUPT.

La maqueta de la escuela es una *fischertechnik Punching Machine with Conveyor Belt 24V DC* de la empresa alemana *FisherTechnik*. Esta maqueta que hay en el centro tiene un precio de 290€ + IVA [11].

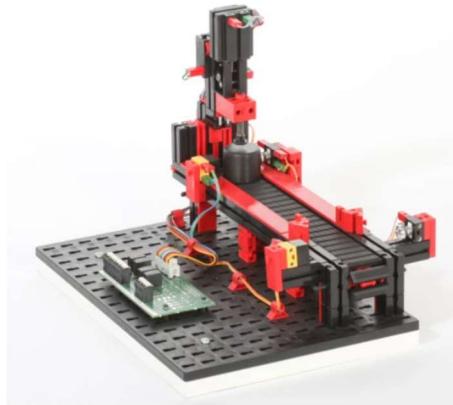


Figura 36 Maqueta de la troqueladora de la EUPT

Se trata de una estación de una maquina troqueladora/perforadora que consta de lo siguiente:

- Una cinta transportadora

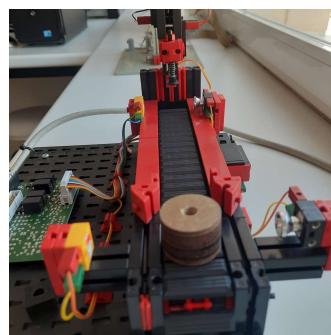


Figura 37 Cinta transportadora maqueta troqueladora

- Dos sensores fotocélula.
- Dos finales de carrera.
- Una maquina troqueladora.

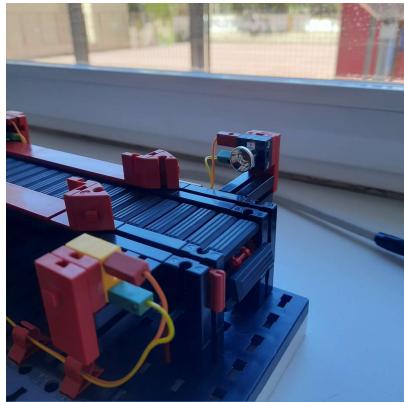


Figura 38 Sensores de la maqueta troqueladora



Figura 39 Maquina troqueladora y finales de carrera de la maqueta

La tarea a realizar es la siguiente:

Se realizará un programa que controle el funcionamiento de la máquina troqueladora, de manera que para cada pieza realizará 4 perforaciones. Cuando se coloque o si ya existe una pieza al inicio de la cinta, la cinta transportadora la llevará hasta la máquina troqueladora. Esta realizará una perforación de la pieza. La cinta transportadora retrocederá sacando la pieza de su posición durante 1 segundo. Seguidamente la cinta se detiene y espera en reposo durante 0.5 segundos tras los cuales vuelve a avanzar para posicionar la pieza nuevamente y realizar una nueva perforación. Cuando se hayan realizado 4 perforaciones sobre la misma pieza la cinta la debe situar al inicio de la misma para proceder a su retirada.

6.2.2 Escenario

El escenario que se ha creado para la simulación en Machines Simulator es el siguiente. Para este nuevo escenario he decidido que los colores de los elementos se cambian al color azul.

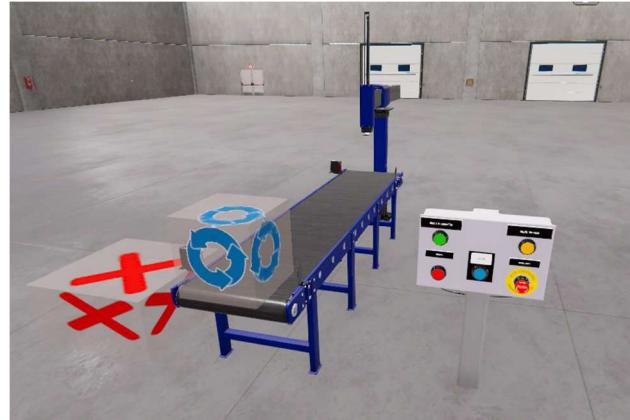


Figura 40 Escenario de la maqueta troqueladora

- Botones: Se han utilizado como botones normales los *Press Button*, seleccionados dentro de la sección de *Buttons&Switches*. Las variables que se modifican para el funcionamiento de la misma son los siguientes:
 - o *PLC_OUT_LIGHT*: Hace referencia al valor de la salida que tiene el propio botón.
 - o *PLC_IN*: Se suele colocar el mismo valor que el de salida.
 - o *ButtonColor*: Aquí es donde se decide qué color tiene el botón.
 - o *ButtonLabel*: Esta variable sirve para crear el letrero. Hay diferentes tipos, véase el botón de *Modo Automático* o éste de *CAJA*
 - o *Label*: Aquí es donde se escribe el texto asociado al botón, Por ejemplo en este caso *CAJA*, ya que este botón sirve para que se genere una caja.

Para el de emergencia se ha utilizado el *Emergency Button*.



Figura 41 Cuadro de mando de la maquina troqueladora

- Cinta transportadora: Se ha utilizado como cinta transportadora la denominada *ConveyorBelt1*, seleccionada dentro de la sección de *Transports*. Las variables que se modifican para el funcionamiento de la misma son los siguientes:
 - *PLC_OUT_ADVANCE*: Hace referencia al valor de la salida que tiene la propia cinta.
 - *Speed*: Es la velocidad a la que se mueve la cinta. Se ha cambiado ya que ésta resultaba un poco lenta.

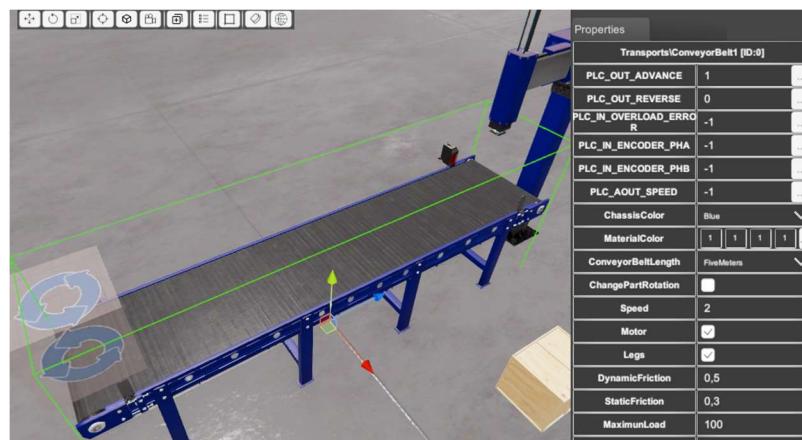


Figura 42 Cinta transportadora Machines

- Sensores: Se ha utilizado como sensor retroreflectivo el sensor denominado *Photocell*, seleccionado dentro de la sección de *Sensors*. Las diferentes variables que tiene este tipo de sensor son:
 - *PLC_IN_SIGNAL*: Aquí es donde se le asigna el valor de la entrada, en este caso es la entrada 2.
 - *Distance*: Se trata de la distancia que tiene el haz de luz.
 - *Reflector / ReflectorDistance*: Lo primero es activar esta opción para que aparezca el reflector, que por defecto no aparece, y posteriormente indica la distancia a la que se quiere éste.

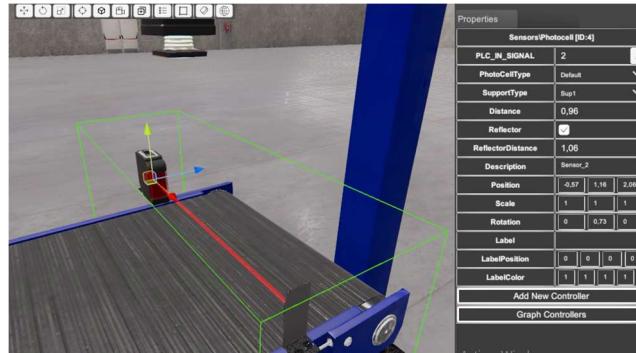


Figura 43 Sensores maqueta Machines

- Estación de troquelado: Se ha utilizado como estación de troquelado la denominada *Handling3Axis*, que se encuentra en la sección *Built in Systems*. Las variables que se modifican para simular el trabajo de una perforación son las siguientes:
 - *PLC_OUT_MOVE_AXIS_VERTICAL*: Esta variable de salida hace referencia al movimiento en vertical del propio brazo.
 - *PLC_OUT_TAKEPART*: Esta variable de salida hace referencia a la propia labor de “trabajando”.
 - *PLC_IMP_VERTICALAXIS_HOME*: Esta variable de entrada hace referencia al sensor del brazo cuando está recogido.
 - *PLC_IMP_VERTICALAXIS_WORK*: Esta variable de entrada hace referencia al sensor del brazo cuando está extendido/trabajando.

Las siguientes variables han sido definidas para conseguir una posición centrada sobre la pieza del brazo actuador.

- *WorldVerticalPosition*: Sirve para limitar el recorrido en vertical, en este caso hacia abajo (valor negativo), cuando se activa.
- *HomeHorizontalPosition*: Sirve para fijar el brazo en el eje Horizontal

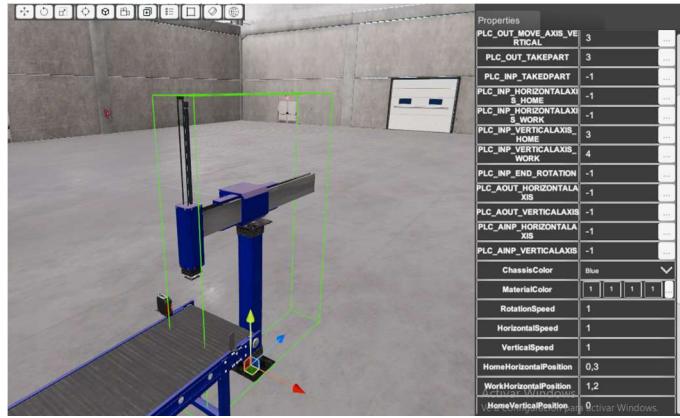


Figura 44 Estación de troquelado Machines

- Workpart: Como elemento al cual le vamos a hacer los “troqueles” hemos escogido esta caja que ya viene definida por el mismo programa. Las variables que se modifican son las siguientes:
 - *WorkPartPrefab*: Se trata del CreateBig, al cual se le han escalado las medidas para que encaje en nuestro modelo
 - *WorkPartType*: Esta variable hace referencia al número de WorkPart que se le asigna a este tipo. En este caso es la 0.

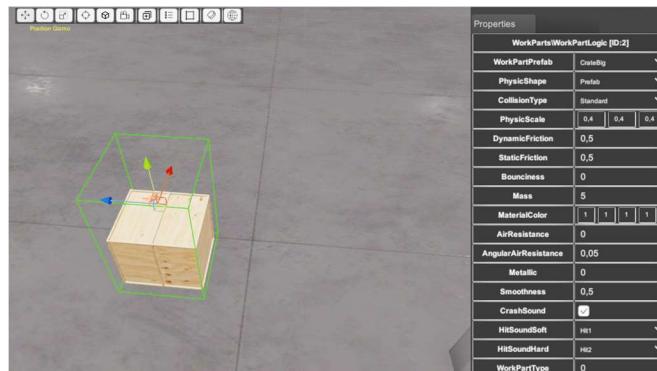


Figura 45 Workpart CreateBig

- Workpart creator: Este es el elemento del programa que sirve para la creación de las cajas previamente descritas. Las variables que se modifican son las siguientes:
 - *PLC_OUT_CREATEWP*: Esta variable de salida hace referencia a la creación en sí de las WorkPaths.

- *WorkPartToCreateList*: Esta variable hace referencia a qué tipo de WorkPart se va a crear. En este caso es la 0, la expuesta previamente.
- *CreationInterval*: Se configura para cuánto demora en generar la pieza.



Figura 46 Workpart creator y destructor

6.2.3 Programación en Schneider

Para la programación de la maqueta de la máquina troqueladora se han necesitado un total de 7 tareas, 2 en Grafset y 5 en Ladder. Éstas son respectivamente Conducción y Modo de conducción y por otro lado Temporizadores, Contadores, Emergencia y rearne, Salidas y Pantallas

Éstas han sido detalladamente explicadas en el Anexo III Programación Schneider Maqueta Troqueladora.

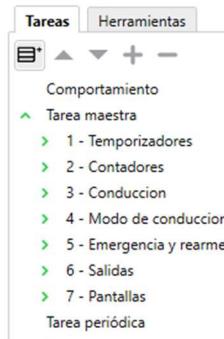


Figura 47 Tarea maestra maquina troqueladora

La siguiente explicación hace referencia a cuando la producción es automática y no tenemos ninguna emergencia.

Tarea nº3, Conducción:

La tarea sobre la conducción de la maqueta troqueladora se ha unificado en una sola, al tener mayor sencillez que la anterior. Ésta comienza cuando el sensor 1, colocado al inicio de la cinta transportadora detecta que se ha creado una caja. Al detectar presencia, la cinta emprende la marcha y se detiene cuando el objeto ha llegado a su posición de destino, la cual se sitúa debajo del brazo del troquel. Esta posición la situamos gracias al sensor 2, colocado junto a la maquinaria. Una vez la pieza está detenida debajo del troquel, éste hace una perforación. Posterior a esto, la cinta retrocede durante 0.5 segundos, se para y vuelve a emprender el sentido primero hasta que se realizan 4 perforaciones. Una vez se han realizado las perforaciones pertinentes, la cinta se pone en marcha en reverso para colocar la pieza en su destino final que es al comienzo de la cinta.

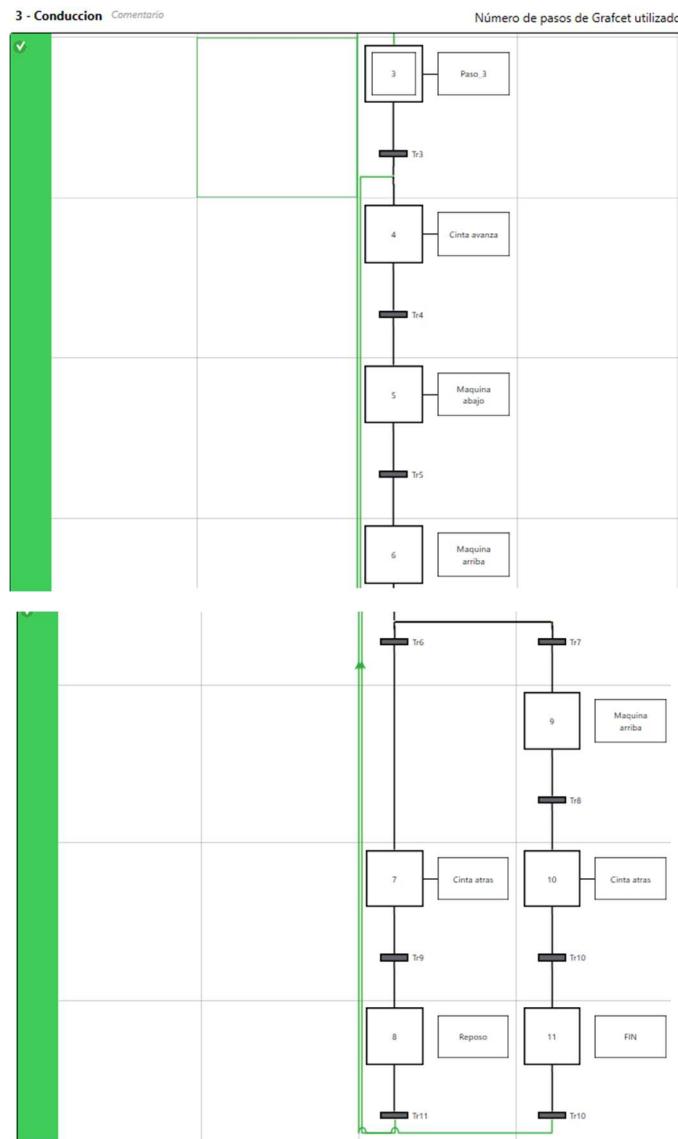


Figura 48 Grafset conducción de la maquina troqueladora

Tarea nº4, Modo de conducción (GEMMA):

Esta tarea sirve para controlar como se va a manipular la maqueta. Éstas pueden ser de manera manual o de manera automática. La guía GEMMA utilizada es igual a la anterior salvo por que desde el modo manual podemos pasar al automático.

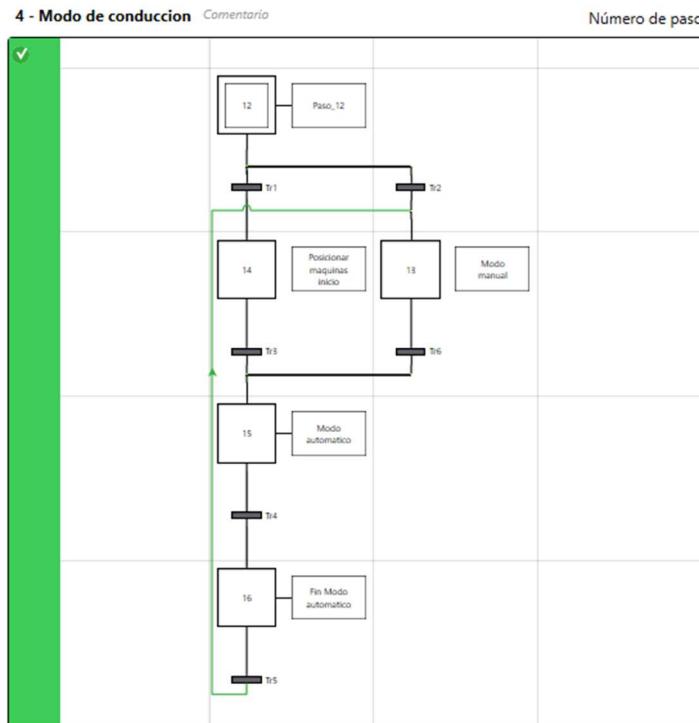


Figura 49 Grafset GEMMA maqueta troqueladora

6.2.4 Simulación

Para la puesta en funcionamiento de la simulación hay que seguir los mismos pasos que en la primera maqueta. Se puede tomar como línea general a realizar. La única diferencia es a la hora de conectar el ModBus ya que tenemos distintas memorias. Éstas pues son 20 en vez de 30, así que así se lo hacemos saber.

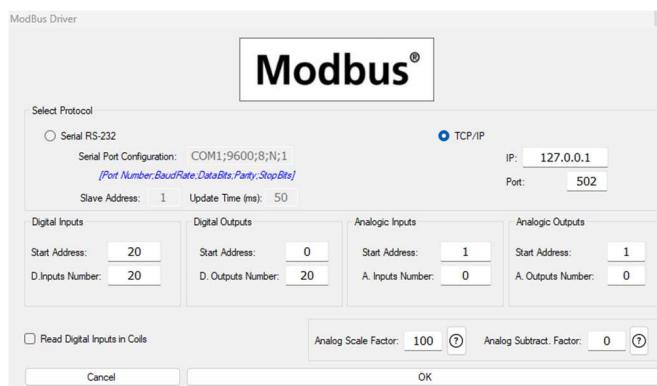


Figura 50 Configuración MODBUS maqueta troqueladora

Configurado esto, iniciamos la simulación con Driver → Automatic Assignment, y posteriormente Exit → Start Driver and Exit.

6.2.5 Pantallas del HMI

Dado que la GEMMA implementada en las diferentes maquetas es identica o muy parecida, las pantallas van a serlo también.

Se han creado 4 pantallas para el control de esta maquena por HMI. Éstas son Selección de Modo, Modo Automático, Modo Manual y Emergencia.

La descripción de como se han programado estas pantallas la encontramos en el Anexo V Programación Pantallas en Vijeo Designer.

La pantalla de Selección de Modo es la principal, es la primera que nos aparece al iniciar la simulación. En ella podemos seleccionar el modo de funcionamiento automático (con el botón verde *Autom*) y el funcionamiento manual (con el botón amarillo *Manual*)



Figura 51 Pantallas HMI Troqueladora: Selección de Modo

La pantalla Modo Automático aparece cuando estamos en el modo de funcionamiento automático. Aquí podemos saltar a una situación de emergencia (con el botón rojo de *Emerg*) o podemos cambiar el modo de funcionamiento a Manual (con el botón amarillo de *Manual*). A diferencia de la otra estación, en esta tenemos la posibilidad de crear una caja manualmente con el botón azul de *Caja*.

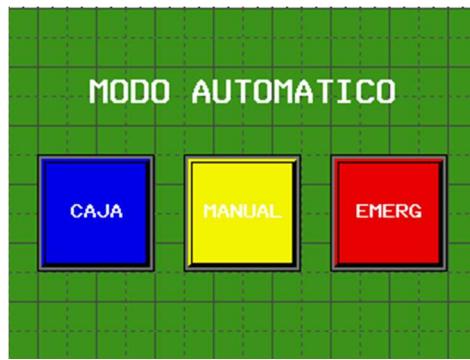


Figura 52 Pantallas HMI Troqueladora: Modo Automático

La pantalla de Modo Manual está mientras que nos encontramos en el modo manual de operación. En ella tenemos distintos botones con flechas en verde, que simulan lo que serían las cintas y la máquina troqueladora. Presionando cada uno de ellos, el elemento asignado se pondría en funcionamiento. También encontramos el botón rojo de *Emerg* con el que podemos ir a la situación de emergencia y el botón verde de *Autom* con el que podemos ir al modo de conducción automática.

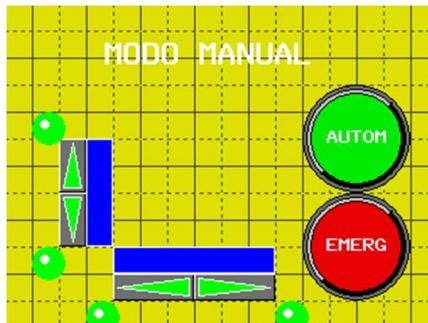


Figura 53 Pantallas HMI Troqueladora: Modo Manual



Figura 54 Pantallas HMI Troqueladora: Emergencia

La pantalla de Emergencia hace referencia a cuando nos encontramos en una situación de emergencia. Todo se paraliza y para que vuelva a funcionar la maqueta hemos de rearmarla, gracias al botón *Rearme*. Una vez hecho esto, pasariamos a la pantalla principal de *Selección de Modo*.

6.3 Ascensor

6.3.1 Descripción

Para la realización de este trabajo se ha basado en la propia maqueta física que se dispone en el laboratorio de la EUPT.

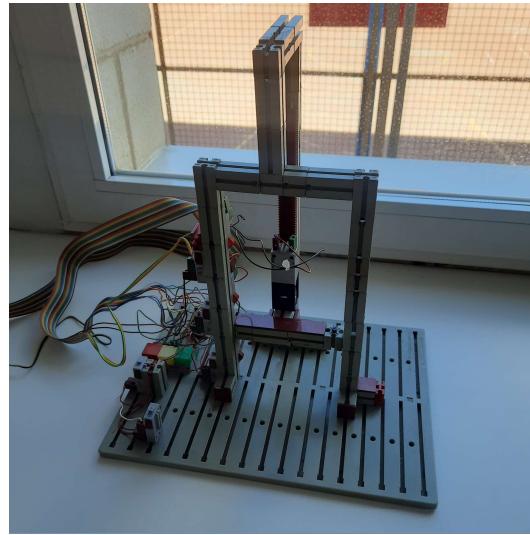


Figura 55 Maqueta del Ascensor de la EUPT

Se trata de un ascensor que consta de lo siguiente:

- Tres sensores fotocélula
- Tres pulsadores

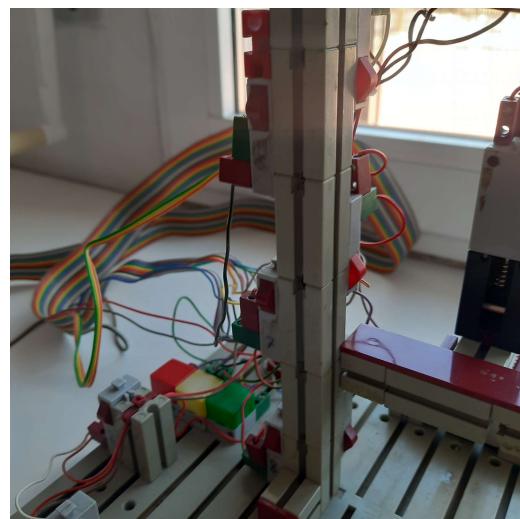


Figura 56 Sensores y pulsadores de la maqueta del ascensor

6.3.2 Escenario en Machines Simulator

El escenario que se ha creado para la simulación en Machines Simulator es el siguiente. Para este nuevo escenario he decidido que los colores de los elementos se cambian al color azul y naranja.



Figura 57 Escenario del ascensor



Figura 58 Cuadro de mando del ascensor

- **Sensores:** Se ha utilizado como sensor retroreflectivo el sensor denominado *Photocell*, seleccionado dentro de la sección de *Sensors*. Las diferentes variables que tiene este tipo de sensor son:
 - *PLC_IN_SIGNAL*: Aquí es donde se le asigna el valor de la entrada, en este caso es la entrada 4.
 - *Distance*: Se trata de la distancia que tiene el haz de luz.
 - *Reflector / ReflectorDistance*: Lo primero es activar esta opción para que aparezca el reflector, que por defecto no aparece, y posteriormente indica la distancia a la que se quiere éste.

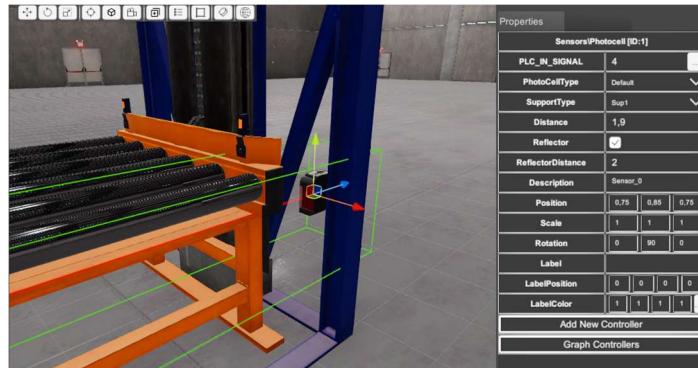


Figura 59 Sensores del ascensor

- Ascensor: Se ha utilizado como elevador el *ElevatorBig*, seleccionada dentro de la sección de *Transports*, ya que está creado por el programa y tiene bastantes semejanzas. Las variables que se modifican para el funcionamiento del mismo son los siguientes:
 - o *PLC_OUT_GO_UP*: Hace referencia al valor de la salida que tiene el ascensor cuando éste sube.
 - o *PLC_OUT_GO_DOWN*: Hace referencia al valor de la salida que tiene el ascensor cuando éste baja.
 - o *ElevatorSpeed*: Este valor trata de la velocidad que lleva el ascensor.

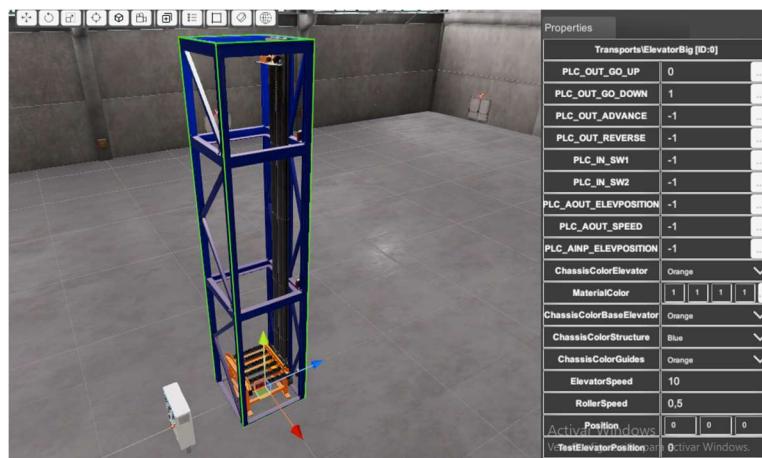


Figura 60 Estructura del ascensor

- Botones: Se han utilizado como botones normales los *Press Button*, seleccionada dentro de la sección de *Buttons&Switches*. Las variables que se modifican para el funcionamiento de la misma son los siguientes:
 - *PLC_OUT_LIGHT*: Hace referencia al valor de la salida que tiene el propio botón.
 - *PLC_IN*: Se suele colocar el mismo valor que el de salida.
 - *ButtonColor*: Aquí es donde se decide qué color tiene el botón.
 - *ButtonLabel*: Esta variable sirve para crear el letrero.
 - *Label*: Aquí es donde se escribe para qué es el botón. Por ejemplo en este caso Piso 2.



Figura 61 Botones del cuadro de mando del ascensor

6.3.3 Programación en Schneider

El programa al completo no es de elaboración propia ya que ha sido suministrado por el profesor. Se han hecho bastantes modificaciones implementando la guía GEMMA y las pantallas del HMI, por lo que la parte suministrada ha sido una porción pequeña del conjunto.

Para la programación de la maqueta del ascensor se han necesitado un total de 4 tareas, 1 en Grafset y 3 en Ladder. Éstas son respectivamente *Grafset POU* y *Salidas*, *Emergencia* y *Pantallas*.

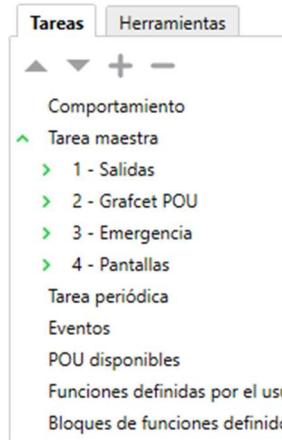


Figura 62 Tareas maestras del ascensor

El funcionamiento del ascensor es bastante sencillo y se puede resumir gráficamente con el Grafset que se muestra a continuación. Se trata de un ascensor de 3 pisos (Piso 0, Piso 1 y Piso 2) en el que se puede llamar indistintamente a cada uno de ellos.

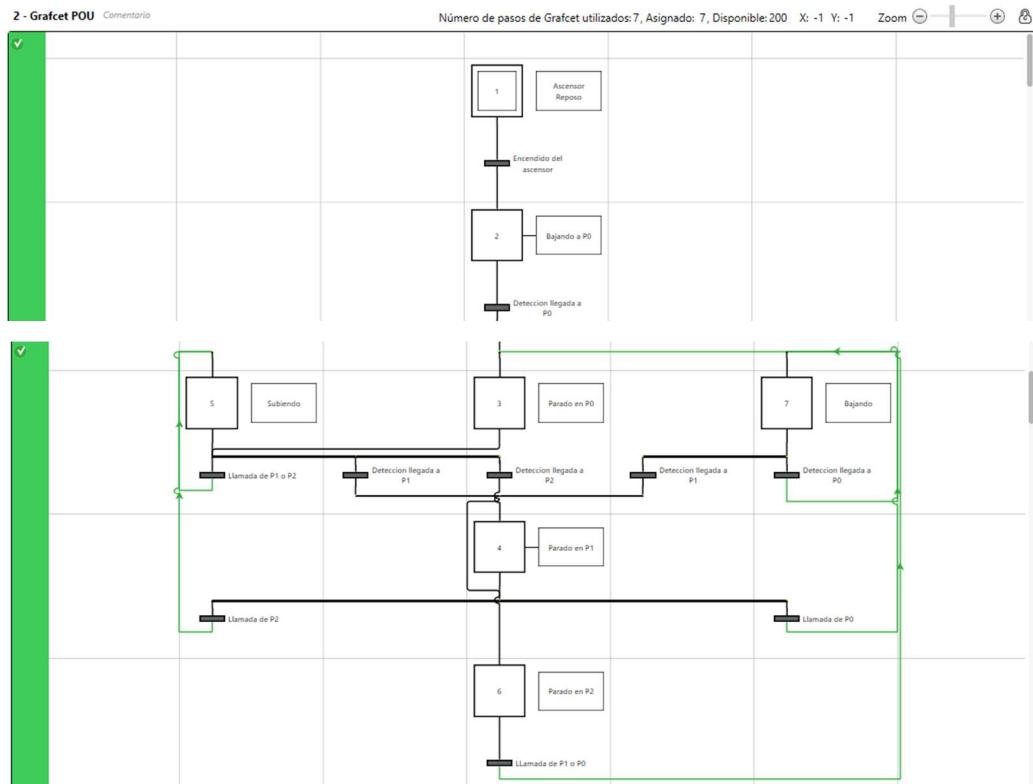


Figura 63 Grafset de conducción del ascensor

El ascensor funciona con memorias, por lo tanto, puede realizar varios movimientos en cadena. Una particularidad que tiene es que tiene preferencia de bajar. Por ejemplo, si nos situamos en el Piso 1 y están marcados ambos pisos (Piso 2 y Piso 0) para ser atendidos, efectuará primero el de bajada. Otro aspecto a destacar es que cuando pasamos a situación de emergencia, se para está donde esté, y al rearmarlo, la acción que tiene es bajar al Piso 0. Posterior a esto, si que continua con su programa de llamadas.

6.3.4 Simulación

Para la puesta en funcionamiento de la simulación hay que seguir los mismos pasos que en las anteriores maquetas. Se puede tomar como línea general a realizar.

La única diferencia es a la hora de conectar el ModBus ya que tenemos distintas memorias. Éstas comienzan en 100 y 200, así que así se lo hacemos saber.

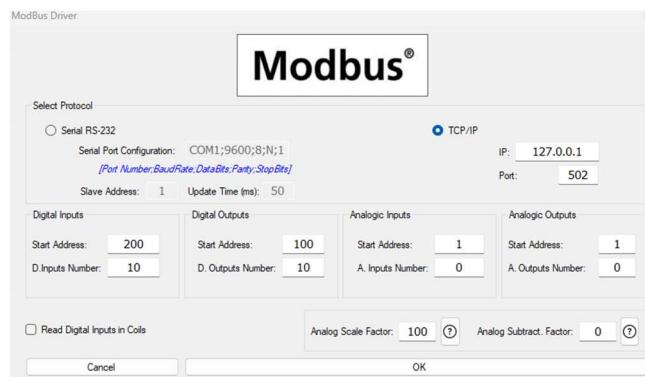


Figura 64 Configuración MODBUS ascensor

Procedemos a hacer la asignación de las entradas y salidas.

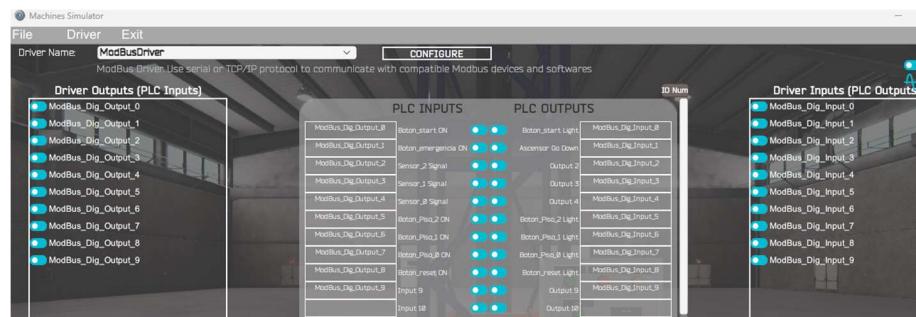


Figura 65 Asignación entradas y salidas del ascensor

A continuación se muestra como quedaría el gemelo digital conectado. Se puede observar que detectamos señal del sensor 0 y de la seta de emergencia, ya que se trata de un NC.



Figura 66 Driver conectado del ascensor

6.3.5 Pantallas del HMI

En esta ocasión, no hay modos de conducción automático y manual, por ello se han creado solo 3 pantallas para el control de esta maqueta por HMI. Éstas son *Ascensor*, *Emergencia* y *Encender* (o tambien *Auxiliar*).

La descripción de como se han programado estas pantallas la encontramos en el Anexo V Programación Pantallas en Vijeo Designer.

La pantalla de *Encender* es la primera que nos aparece al iniciar la simulación. En ella procedemos a “encender” la maqueta. De aquí pasamos a la siguiente pantalla.

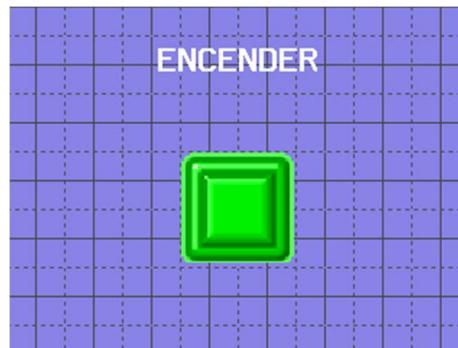


Figura 67 Pantallas HMI Ascensor: Encender

La pantalla de *Ascensor* es la pantalla principal de esta simulación. En ella podemos llamar al ascensor desde los diferentes pisos gracias a los botones de Piso 0, 1 y 2. También podemos pasar a una situación de emergencia. El botón de *Start* en verde es complementario, no es necesaria su utilización.

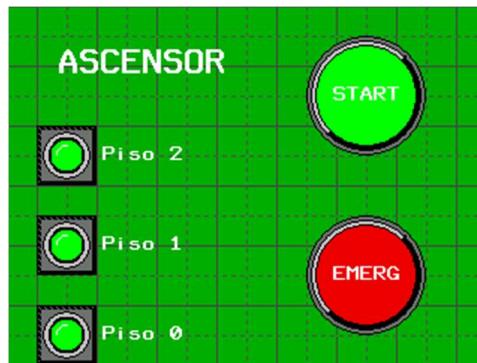


Figura 68 Pantallas HMI Ascensor: Ascensor

La última pantalla es la de *Emergencia*. Esta salta cuando hemos hecho click en el botón *Emerg* rojo de la pantalla principal. Simula una situación de emergencia. Para volver al inicio y poder volver a utilizar el ascensor tenemos el botón de *Rearme*. Esta pantalla es idéntica en las 2 maquetas anteriores.



Figura 69 Pantallas HMI Ascensor: Emergencia

6.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1.- Simulador de fábricas

El simulador de fábricas de Easy PLC Machine Simulator (Machines Simulator 3) es bastante completo, ya que ofrece la posibilidad de utilizar los elementos por defecto y también la de crearlos uno mismo. El programa incluye otros escenarios como ejemplos, y además la interfaz es intuitiva y realista. La simulación ésta resulta fluida, si bien algunos procedimientos resultan tediosos. Por ejemplo, cuando se realiza una simulación y no es lo esperado, se debe salir al menú, volver a abrir el proyecto otra vez, y configurar los parámetros de simulación, lo que no resulta temporalmente eficiente en el proceso de prueba error en el que se busca perfeccionar la maqueta. A destacar positivamente, la documentación que ofrece el fabricante en forma de videos.

6.2.- Simulador de autómata (SoftPLC)

El softPLC que incluye la licencia de Nirtec no ha cumplido los mínimos para una correcta implementación de los escenarios deseados, y por ello se ha terminado cambiándolo por el software de Schneider Electrics Machine Expert. Uno de los problemas encontrados en EasyPLC es la imposibilidad de reordenar las tareas (grafcet o ladder), haciendo que el programador no pueda decidir el orden en el que se ejecutan las diferentes tareas. Otro problema es que no permite combinar la programación en Ladder (escalera) con la programación en Grafket, mediante objetos de memoria asignados a los pasos grafket (habitualmente %X), lo cual es una característica básica y común en los principales fabricantes de autómatas. Estas carencias han sido consultadas con el soporte técnico de Nirtec, confirmando que su software no ofrece estas posibilidades. Estos problemas hacen que el softPLC ofrecido por Nirtec no sea conveniente para su uso en las asignaturas en las que se focaliza este TFG. En cuanto al softPLC utilizado, el Machine Expert de Schneider, es bastante intuitivo para la programación y hay suficiente información para aprender sobre él, lo que resulta un buen software con el que impartir la enseñanza en el centro. Además, se trata de un software que se utiliza en la industria (además de en la versión presencial de las asignaturas de la EUPT) para programar autómatas físicos de la serie M221 de Schneider.

6.3.- Interfaz humano-máquina (HMI)

La no utilización del softPLC de Nirtec impide, a su vez, utilizar su interfaz humano-máquina. Por ello, se ha utilizado el HMI virtual d el software Vijeo Designer 6.3.0 de Schneider, que, de forma similar al Machine Expert, también se utiliza en la industria (y en la modalidad presencial de las asignaturas de la EUPT) para programar HMI físicas. La complementación con Machine Expert es bastante buena y eficaz y la interfaz es sencilla e intuitiva.

6.4.- Licencias

Cabe destacar, en cuanto a la licencia de Nirtec, que su duración no está determinada. La licencia consiste en un pen drive físico y, si bien no tiene una duración determinada, la EUPT tenía una licencia adquirida en 2018 que resultó inutilizable, teniendo que adquirir una nueva al inicio de este TFG tras confirmación con el servicio técnico de Nirtec.

En cuanto a las licencias de sus alternativas, el simulador de fábricas Factory I/O disponible en la EUPT ofrece licencias de por vida, el softPLC Machine Expert es gratuito, y el software de programación de HMI Vijeo Designer se ofrece de forma gratuita en una versión limitada que es suficiente para trabajar en simulación

6.5.- Conclusiones

El simulador de fábricas de Easy PLC Machine Simulator es muy completo, pudiendo decir que es más completo que Factory I/O en líneas generales.

Sin embargo, las características adicionales que aporta frente a Factory I/O no son necesarias en el contexto que nos ocupa, que es la modalidad semipresencial de las asignaturas Sistemas Automáticos y Automatización Industrial en la EUPT. Por otra parte, la caducidad desconocida de la licencia de Nirtec representa un problema que la licencia de por vida de Factory I/O no tiene en principio.

El simulador de autómatas (softPLC) de Easy PLC Machine Simulator no ofrece las características necesarias para el desarrollo de las prácticas de las asignaturas en las que se focaliza este TFG. Principalmente, se echa de menos la posibilidad de reordenar las tareas programadas y la posibilidad de interconectar tareas Grafet y Ladder mediante

objetos asignados a los pasos Grafset (habitualmente %X entre los principales fabricantes de autómatas). El problema del softPLC de Nirtec se extiende a la utilización de su HMI, pues ambos están preparados para trabajar conjuntamente.

De esta forma, los resultados de este proyecto sugieren que es más conveniente utilizar una configuración basada en Machine Expert, y Vijeo Designer. Además, esta configuración es mucho más cercana a un escenario real con autómatas y HMI físicas, puesto que se trata de softwares que se utilizan en la industria para programar hardware de Schneider Electric. En cuanto al simulador de fábricas, si bien el de Easy PLC and Machine Simulator es más versátil que Factory I/O, esta versatilidad no representa una ventaja grande en el contexto. Sin embargo, su desventaja en cuanto al funcionamiento de su licencia sí parece importante, por lo que se recomienda la utilización de Factory I/O para la realización de las prácticas de estas asignaturas en la EUPT.

7.- LÍNEAS DE TRABAJO FURURO

En el presente Trabajo Fin de Grado se han encontrado limitaciones en cuanto a la programación ya que el software no lo permitía. Por ello, creo conveniente proponer unas líneas de trabajo futuro, en la que desarrollar más en este programa de simulación:

La primera propuesta que tengo es mezclar las diferentes prácticas que acontece este trabajo, haciendo así un escenario más complejo, ya que al ser todo simulado, no hace falta tener la maqueta física y se puede experimentar más.

La segunda propuesta es realizar un trabajo de desarrollo de la mano de Nirtec en el cual se focalice en la propia programación en Easy PLC.

La tercera y última propuesta para trabajar en el futuro es realizar un trabajo de la vialidad de simular estos trabajos con diferentes sistemas operativos y características de operación de los ordenadores, viéndose así donde está el límite para que se pueda dar una buena simulación, ya que cuando simulo desde mi ordenador, el ordenador coge bastante temperatura y hay que dar descanso después de unas horas de trabajo. Por ejemplo, este podría ser un estudio térmico de la CPU y el rendimiento que tiene a diferentes temperaturas.

8.-REFERENCIAS

- [1]. vld-eng. Simulación de procesos industriales [Internet]. VLD Engineering. 2020 [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.vld-eng.com/blog/simulacion-procesos-industriales/>
- [2]. Inicio [Internet]. FlexSim. 2016 [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.flexsim.com/es/>
- [3]. Visual Components - 3D manufacturing simulation software [Internet]. Visual Components. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.visualcomponents.com/>
- [4]. Satoshi. ¿Qué es un SoftPLC? [Internet]. Opiron. 2017 [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.opiron.com/que-es-un-softplc-ventajas/>
- [5]. Factory automation [Internet]. Softplc.com. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.softplc.com/>
- [6]. Unizar.es. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/129296/files/TAZ-PFC-2022-020.pdf>
- [7]. Machines Simulator VS Factory I/O (Adiós dudas) [Internet]. Programacionmultidisciplinar.com. 2023 [citado el 26 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.programacionmultidisciplinar.com/machines-simulator-vs-factory-io/>
- [8]. USB license [Internet]. PLC Simulation Software & Training | Easily Simulate PLC Machinery. 2022 [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.nirtec.com/product/usb-license/>
- [9]. Área de Aplicaciones. Servicio de Informática y Comunicaciones de la Universidad de Zaragoza. Asignaturas del plan 444 (curso 2023-2024) [Internet]. Unizar.es. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en: https://estudios.unizar.es/estudio/asignaturas?anyo_academico=2023&estudio_id=20230147¢ro_id=326&plan_id_nk=444&sort=curso

[10]. fischertechnik Indexed line with 2 Machining Stations 24V DC [Internet].

fischertechnik Webshop. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en:

<https://www.fischertechnikwebshop.com/en-gb/fischertechnik-indexed-line-with-2-machining-stations-24v-dc-96790-en-gb>

[11]. Fischertechnik punching machine with conveyor belt 24V DC [Internet].

fischertechnik Webshop. [citado 17 de mayo de 2024]. Disponible en:

<https://www.fischertechnikwebshop.com/en-gb/fischertechnik-punching-machine-with-conveyor-belt-24v-dc-96785-en-gb>