

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA
INDUSTRIAL



"DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE
OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN
PLC"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero -2026

AUTOR: Ernesto Martínez Guardiola

DIRECTOR/ES: Óscar Reinoso García

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar en este punto todo el agradecimiento a mis padres, por el apoyo, confianza y ánimos aportado durante toda la etapa de formación universitaria.

También a mi tutor Óscar Reinoso García, por su orientación y disponibilidad durante el desarrollo del proyecto.

Por último, gracias a la empresa Mecanizados Vinalopó por darme la oportunidad para desarrollar el proyecto, facilitando los medios, orientación y recursos para llevar a cabo este trabajo.



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

1. MEMORIA	1
1.1 Memoria descriptiva	1
1.1.1 Introducción.....	1
1.1.2 Objetivos.....	2
1.1.3 Descripción general del sistema.....	3
1.1.4 Justificaciones técnicas.....	6
1.1.5 Componentes	9
1.2 Planificación.....	13
1.2.1 Diseño mecánico de la máquina.....	13
1.2.2 Diseño eléctrico, cableado y esquemas de la máquina.....	18
1.2.3 Diseño neumático de la máquina.....	20
1.2.4 Fabricación de las piezas	24
1.2.4.1 Torno CNC.....	24
1.2.4.2 Centro de mecanizado CNC	31
1.2.5 Programación del PLC y HMI	41
1.2.6 Montaje, fabricación y puesta en marcha.....	44
2. PLANOS.....	46
2.1 Esquema eléctrico.....	46
2.2 Planos 3D (Inventor):.....	51
3. PROGRAMA PLC ISPSOFT.....	59
3.1 Objetivo del programa.....	59
3.2 Pantalla principal del programa	59
3.3 Variables del programa	63
3.4 Explicación del programa.....	65
4. PROGRAMA HMI DIASCREEN.....	76
4.1 Objetivo del programa.....	76
4.2 Pantalla principal del programa	76
4.3 Variables del programa	80
4.4 Bloques utilizados del programa.....	80
5. BIBLIOGRAFIA.....	84

1. MEMORIA

1.1 Memoria descriptiva

1.1.1 Introducción

En el presente trabajo de fin de grado, se va a explicar una máquina que automatiza un proceso de montaje y manipulación de unos opérculos hechos de cartón plastificado. Los opérculos insertan en el interior de unos tapones de plástico una gota de cola para asegurar su nula separación y movimiento.

La idea de este proyecto vino a partir de ver cómo un operario de forma manual montaba los tapones. El operario con el uso manual de una pistola de cola termofusible iba montando los tapones uno a uno. Eso hace que el proceso de montaje sea lento, ineficiente en tiempo y con fallos en la colocación del opérculo sobre el tapón. Con esto en mente, quise aplicar los conocimientos adquiridos en cursos de programación de autómatas, diseños de esquemas eléctricos y en la universidad, en especial asignaturas como dibujo técnico, automatización industrial, etc.

Quise empezar a desarrollar la máquina para poder entregar un trabajo de fin de grado curioso y seguir aumentando mi experiencia laboral.

A lo largo del trabajo se explicarán las diferentes partes que comprende el proyecto. Como el diseño mecánico de la máquina, el desarrollo del sistema eléctrico y neumático, la selección y justificación de los componentes empleados, el proceso de fabricación de las piezas mecánicas y estructurales, los diferentes programas usados para los diferentes procesos como puede ser Autodesk Inventor, QelectroTech... Así como la programación del autómatas y la interfaz HMI que permiten el control y supervisión del proceso.

En resumen, este trabajo trata sobre una memoria donde desarrollo el proceso de fabricación de una máquina en colaboración con la empresa Mecanizados Vinalopó, que me ha facilitado los diferentes programas de diseño y fabricación, respuesta de dudas que han ido surgiendo y medios de fabricación necesarios como el centro de mecanizados

CNC, torno CNC, la instalación de soldadura MIG, impresora 3D y más herramientas. Finalmente, en la presentación del TFG, se presentarán las pruebas de funcionamiento y las conclusiones obtenidas.

1.1.2 Objetivos

La finalidad del trabajo es el diseño, fabricación, montaje y programación de la máquina. Se integran elementos mecánicos, neumáticos y de control electrónico. Y todo implementado mediante un autómata programable (PLC marca Delta) y una pantalla HMI (marca Delta).

Este proyecto combina conocimientos de ingeniería electrónica, automatización industrial y diseño mecánico, aplicados a un entorno real.

Objetivo general

Desarrollar una máquina automatizada para realizar el montaje de los opérculos sobre unos tapones de plástico, garantizando un funcionamiento eficiente, preciso y seguro. Controlado todo mediante un PLC y una interfaz HMI.

Objetivos específicos

Para llegar a dicho objetivo general, se han planteado diferentes objetivos específicos:

- Diseñar la estructura mecánica de la máquina mediante software CAD (Autodesk Inventor 2025), considerando aspectos de resistencia, funcionalidad y facilidad de montaje.
- Diseñar y desarrollar el sistema eléctrico y neumático, incluyendo la selección de sensores, actuadores y elementos de control adecuados. Para el diseño del cuadro eléctrico se ha usado el software QelectroTech.
- Programar el autómata de la marca Delta con el software propio de la empresa (ISPSOFT 3.20) para gestionar las distintas etapas del proceso.

- Diseñar y configurar la interfaz HMI de la marca Delta con el software propio de la empresa (DIAScreen 1.5), permitiendo al operario supervisar el estado de la cantidad de tapones ensamblados por la máquina.
- Montaje de todos los sistemas (mecánicos, neumáticos y eléctricos) para un funcionamiento correcto.
- Explicar diferentes mejoras, orientadas a optimizar el rendimiento y durabilidad del sistema.

1.1.3 Descripción general del sistema

El sistema planteado está dirigido para automatizar el proceso de colocación de los opérculos en el interior de los tapones y así dar al tapón una función de sellado (Ilustración 1). Su funcionamiento se basa en la integración de componentes mecánicos, neumáticos, eléctricos y de control. Dicho proceso se controla mediante el autómata programable de Delta DVP-SE, donde se han programado las diferentes etapas de cada ciclo mediante señales de entradas y salidas, y junto una interfaz HMI Delta DOP-103DQ que facilita al operario el estado del proceso en tiempo real.



Ilustración 1: Montaje del tapón + opérculo.

Las etapas en las que se divide el funcionamiento de la máquina para el ensamblaje son las siguientes:

1. **Alimentación de tapones:** El operario coloca manualmente los tapones en una cinta transportadora de 1 metro de largo (Diseño 1). Al llegar al extremo de la cinta, los tapones se sitúan en un utillaje que los centra para poder aplicar el adhesivo.

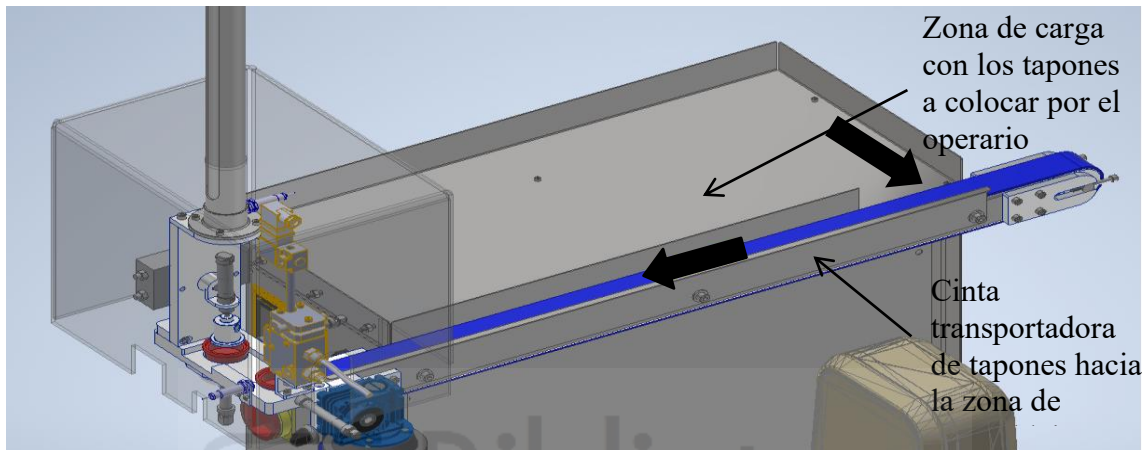


Ilustración 2: Alimentación de tapones.

2. **Dosificación del adhesivo:** Una vez el tapón está posicionado (Ilustración 3, “Primera zona de posicionado”), un dosificador (Ilustración 3, “Dosificador de cola caliente”) aplica el pegamento en el centro de tapón. Este proceso es controlado por un sensor capacitivo que detecta el tapón en su posición y mediante una electroválvula controlada por el PLC, activa el dosificador un tiempo determinado.

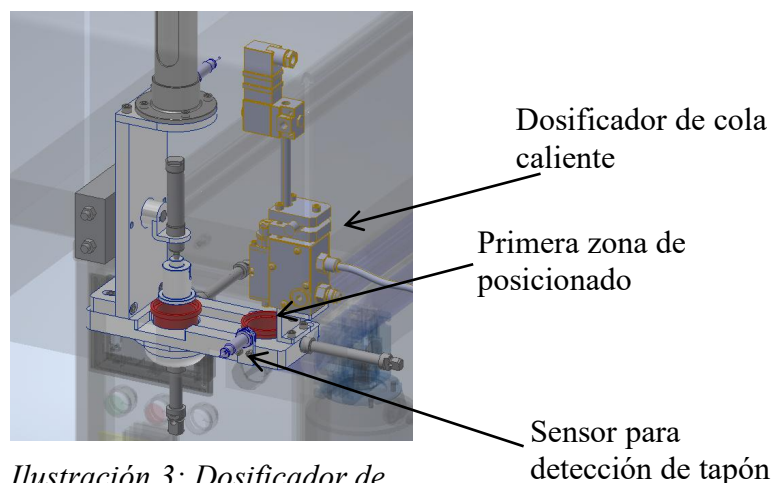
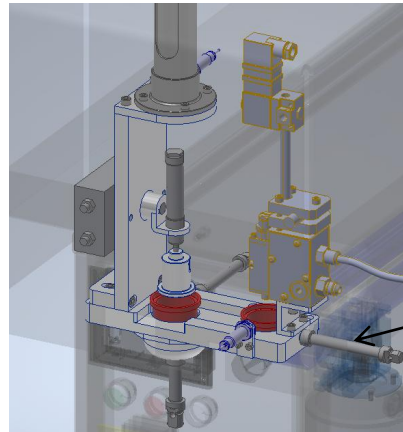


Ilustración 3: Dosificador de cola caliente.

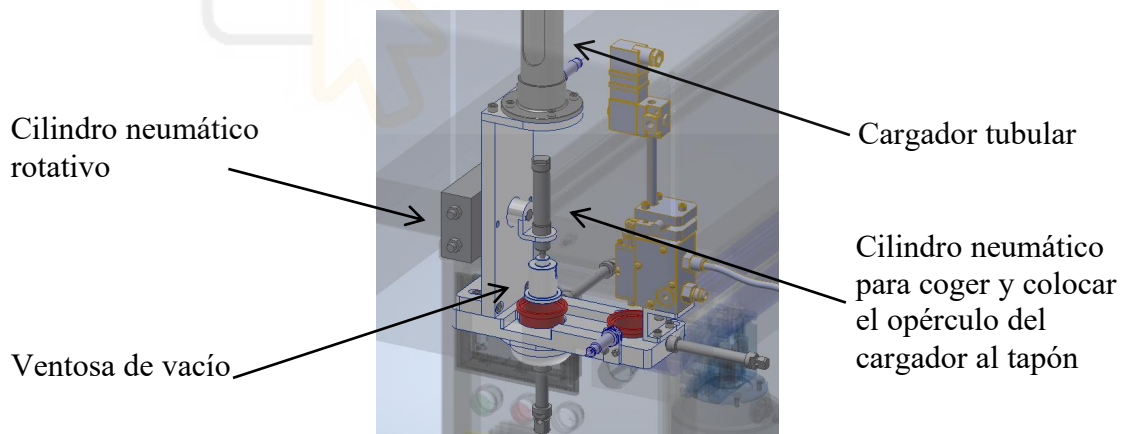
- 3. Traslado del tapón a la siguiente estación:** Un cilindro neumático empuja el tapón a la siguiente posición, donde se realiza la colocación del opérculo.



Cilindro neumático para el movimiento del tapón a la siguiente zona

Ilustración 4: Traslado de tapón.

- 4. Colocación del opérculo:** En esta estación, compuesta por un cargador tubular para almacenar los opérculos, un cilindro rotativo y una ventosa de vacío la cual toma el opérculo del cargador y lo coloca en el tapón de manera precisa. La ventosa sirve para trasladar el opérculo sin fallos.



Cilindro neumático rotativo

Cargador tubular

Ventosa de vacío

Cilindro neumático para coger y colocar el opérculo del cargador al tapón

Ilustración 5: Colocación del opérculo.

- 5. Expulsión del tapón ensamblado:** Acabado el proceso de colocación del opérculo, con el uso de dos actuadores neumáticos se expulsa el tapón ya finalizado. El uso de los actuadores es, uno para elevar el tapón de la ranura situada en la segunda posición (usada para centrar el tapón y obtener una buena precisión en la colocación del opérculo) y un segundo para expulsar fuera de la máquina el tapón ya finalizado.

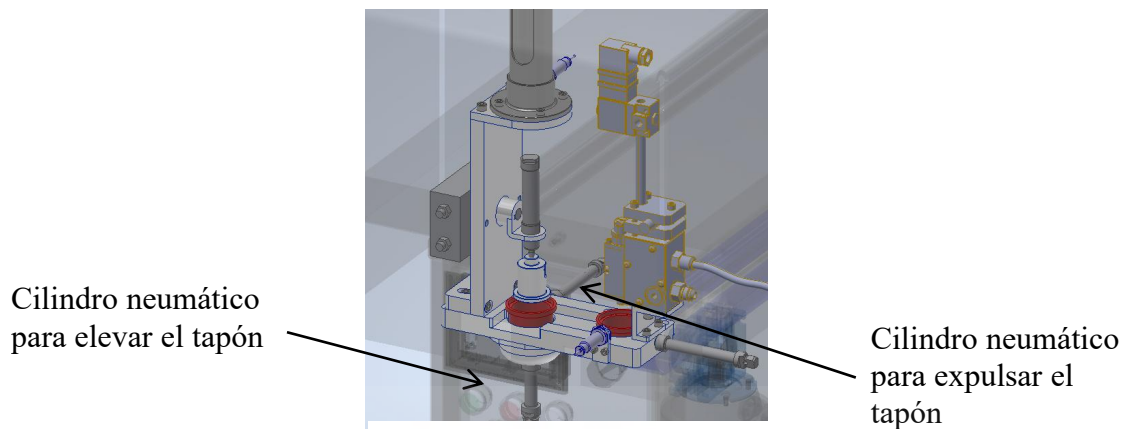


Ilustración 6: Expulsión del tapón ensamblado.

1.1.4 Justificaciones técnicas

El diseño de la máquina se ha intentado conseguir de la mejor forma los criterios de eficiencia, fiabilidad, seguridad y facilidad de uso para un entorno industrial.

A continuación, se presentan las principales decisiones técnicas adoptadas:

- **Sistema de control:** Para el control de la máquina se ha usado un PLC Delta DVP-12SE11T. Este PLC incorpora puerto Ethernet, lo que permite la comunicación directa con la HMI mediante protocolo Modbus TCP/IP facilitando el cableado, configuración y velocidad, que si se usara comunicación Modbus RTU RS-485. También incorpora salidas a transistor en vez de a relé, dando como mejora mayor vida útil y velocidad al no funcionar de forma mecánica.

Un módulo amplificador de entradas/salidas digitales Delta DVP-16SP11T, para obtener todas las entradas y salidas de las señales usadas en el programa. Contando también con salidas a transistor.

Y un variador Delta MS300, se encarga de controlar la velocidad del motor de la cinta transportadora, ajustable según las necesidades del proceso.

Se ha escogido la marca Delta por su precio competitivo comparado a otras marcas.

- **Sistema neumático:** El accionamiento neumático de la máquina se controla por cilindros neumáticos de doble efecto con amortiguación, un eyector de vacío neumático usado en el agarre de la ventosa, un cilindro neumático rotativo 180° y un filtro-regulador de aire comprimido.

Los cilindros neumáticos tienen un sistema de amortiguación, que sirve para regular la velocidad de empuje en los extremos. Aplicando esa regulación en los extremos ayuda que los tapones no lleguen con mucha fuerza, evitando fallos de mala colocación en los posicionadores.

Se ha optado por un filtro-regulador para controlar la presión del aire comprimido en la máquina. Y a su vez con la opción de filtro para proteger el equipo, eliminar partículas y mejorar la calidad del aire.

Las marcas usadas han sido SMC para los cilindros neumáticos y filtro-regulador

Todos estos actuadores tienen sus respectivos sensores magnéticos tipo reed, que permite al PLC conocer su posición y controlarlos mediante electroválvulas.

Esta solución de sistema neumático ha sido la elegida por su fácil adaptación con las entradas y salidas digitales al PLC, bajo consumo eléctrico, gran vida útil y velocidad.

- **Sistema de sensores:** Se han usado 2 tipos diferentes de sensores para el funcionamiento de la máquina. Por un lado, los sensores magnéticos tipo reed, para saber la posición del vástago del pistón. Por otro lado, sensores capacitivos: Uno para saber la cantidad de opérculos disponibles en el cargador, y otro que detecta la entrada de un tapón en la primera posición y así iniciar el ciclo de montaje.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

La combinación de los sensores reed y capacitivos, ha sido la solución adoptada debido a que proporciona una detección robusta y precisa. Esta elección de sensores tiene cierta adaptabilidad en los ajustes: Los sensores tipo reed se pueden ajustar la distancia de detección moviendo el propio sensor por la ranura donde se coloca en el actuador neumático. Y los sensores capacitivos cuentan con un pequeño potenciómetro para ajustar su potencia, afectando a la distancia y sensibilidad de detección.

- **Sistema eléctrico y potencia:** Se alimenta con 230V AC monofásico y la parte DC con 24 V 5 A suministrados por una fuente de alimentación.

El código de colores usado para las diferentes zonas y tipo de cables usado en la máquina ha sido el siguiente:

TIPO DE CABLE	COLOR
Fase alimentación AC monofásica	Marrón
Neutro alimentación AC monofásica	Azul claro
Conductor de tierra	Verde-Amarillo
+24 V DC	Rojo
0 V DC	Azul oscuro
Conductor señal de entrada al PLC	Blanco
Conductor señal de salida al PLC	Morado

Las interconexiones se realizan mediante borneras para facilitar el mantenimiento y organización dentro del cuadro.

Por último, para una mayor duración y fácil mantenimiento, se cuenta con relés de interconexión en las salidas del PLC.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



- **Seguridad y mantenimiento:** El diseño incluye pulsadores de marcha y paro. Y también un seccionador general para toda la máquina.

Todos los elementos eléctricos están situados en un cuadro cerrado y protegido, con conexión a tierra. También cuenta con elementos de protección en diferentes etapas del circuito.

Para obtener una buena protección y seguridad, se han incorporado magnetotérmicos en distintas fases y un interruptor diferencial. A su vez, se ha realizado el cableado utilizando punteras para evitar conductores pelados asegurando un correcto contacto eléctrico y una sección de cable correcta con respecto a la intensidad de trabajo para cada zona del circuito.

1.1.5 Componentes





En la siguiente tabla se van a nombrar los componentes clave con los que está compuesta la máquina:

NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
PLC DELTA DVP12SE11T	1	Módulo principal para controlar el sistema	
Módulo expansor DELTA DVP16SP11TS	1	Módulo para aumentar las entradas/salidas digitales del PLC	

**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE
OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC**

<p align="center">HMI DELTA DOP103DQ</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">Interfaz de usuario</p>	
<p align="center">Fuente de alimentación DELTA DRL24V120W1EN</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">Fuente alimentación de 24 V 5 A. Para la alimentación de la parte de control</p>	
<p align="center">Variador de frecuencia DELTA MS300</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">Control de velocidad y arranque/parada del motor</p>	
<p align="center">Encolador VALCO MELTON E-C4</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">Encoladora + electroválvula dosificadora</p>	
<p align="center">MOTORREDUCTOR</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">Motorreductor 90 W 70 rpm de la cinta</p>	



**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE
OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC**

<p align="center">Sensor PEPPERL+FUCHS CBB4-12GH60-E2-V1</p>	<p align="center">2</p>	<p>Sensor capacitivo, M12, enrasado y con potenciómetro para regular el rango. Para detectar la posición de los tapones y opérculos</p>	
<p align="center">Sensor reed METALWORK PNEUMATIC</p>	<p align="center">7</p>	<p>Sensor de posición reed 6 W / 5-30 V / 0,1 A. Para detectar las posiciones de los actuadores neumáticos</p>	
<p align="center">Actuador neumático cilíndrico SMC CD85N10</p>	<p align="center">4</p>	<p>Actuador neumático cilíndrico de doble efecto con carrera amortiguado</p>	
<p align="center">Actuador neumático rotativo SMC CDRQ2BS30TF-180C</p>	<p align="center">1</p>	<p>Actuador neumático compacto rotativo, cremallera, ángulo 180°</p>	

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE
OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Regulador de caudal SMC	5	Regulador de caudal M5x0,8x4	
Electroválvula SMC SY5120-5DZ-01F-Q	5	Electroválvula (1/8" - Vías 5/2 – Monoestable con rosca gas	
Ventosa VF14R1/8M	1	Ventosa	
Eyector de vacío SMC ZU05SA	1	Eyector de vacío en línea	
Base multiple de montaje electroválvula SMC SS5Y5-20-06- 00F-Q	1	Bloque electroválvulas de 5 vías, 6 estaciones	
Válvula corredera VCS-1/4	1	Válvula corredera para corte de aire manual	

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Manómetro posterior	1	Manómetro Ø40 mm - 1/8" - 0-12 bar	
Filtro regulador SMC AW	1	Filtro regulador purga manual – 1/4" – 0-10 bar	

1.2 Planificación

En esta parte del proyecto se define la metodología seguida para el desarrollo del proyecto, empezando por la etapa de diseño inicial, hasta mejoras futuras que se podrían hacer.

1.2.1 Diseño mecánico de la máquina

El objetivo principal, es conseguir una máquina funcional, fácil de fabricar, simplicidad constructiva, segura y adaptada a las necesidades requeridas.

A la hora del diseño se usa una metodología progresiva, partiendo de la zona principal, que es el conjunto de montaje del tapón con el opérculo. A partir de la idea para el diseño de esta zona, se va ampliando progresivamente hacia las diferentes áreas como la cinta transportadora, la estructura y las protecciones.

Esta forma de diseño “de dentro hacia fuera” asegura que, a medida que se diseña cada zona, funciona correctamente y requiere menos cambios conforme avanza el proyecto.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

En el diseño de piezas se ha seguido siempre el mismo método:

1. Creación de bocetos 2D sobre planos de referencia.
2. Operaciones de modelado de sólido a partir de los bocetos con extrusiones, vaciados, cortes, agujeros pasantes, agujeros roscados, etc.
3. Se sigue con los acabados de chaflanes y redondeos de aristas.
4. Y por último la asignación del tipo del material para futuros cálculos y mayor realismo del conjunto.

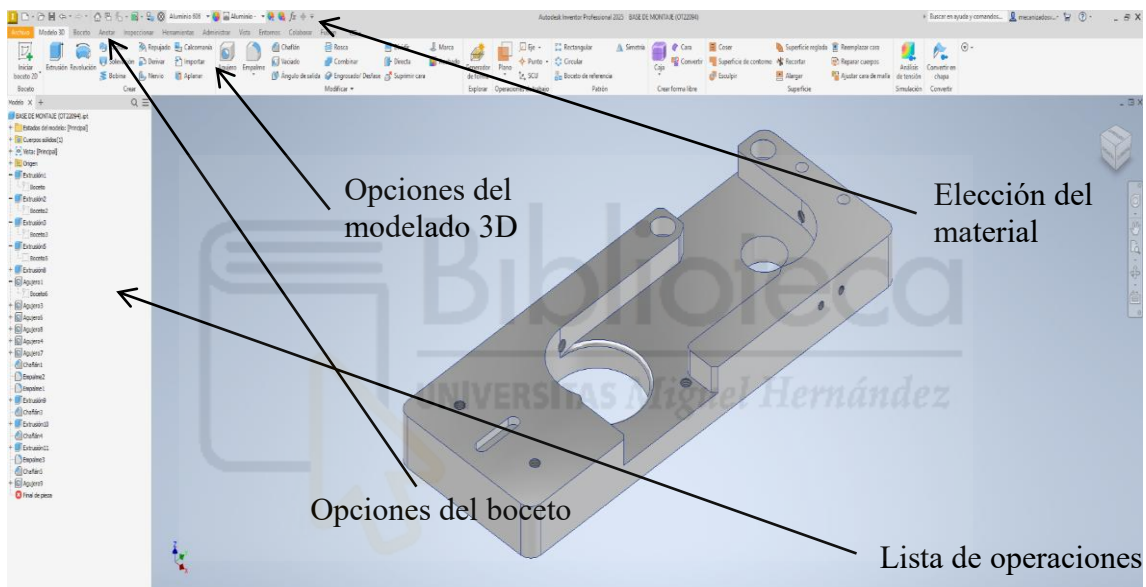


Ilustración 7: Ejemplo diseño de pieza en Inventor.

En el diseño de chapas se sigue el siguiente método:

1. Creación de boceto 2D con la cara principal.
2. A partir de la cara principal se van añadiendo distintas pestañas usando las opciones que facilita inventor (espesor, radio de plegado, etc).
3. También se pueden aplicar operaciones de cortes, agujeros, etc, en cada una de las distintas caras.
4. Asignación de material.
5. Cuenta con función de desarrollo de planos, permitiendo generar directamente los archivos 2D con las zonas de los pliegues.

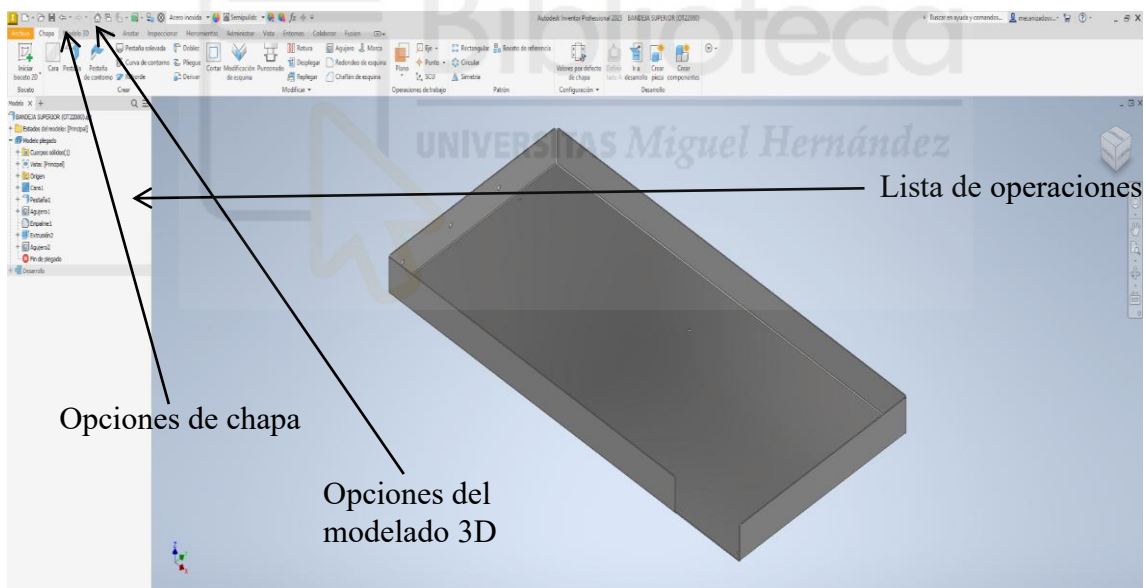


Ilustración 8: Ejemplo diseño de chapa en Inventor.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

En el diseño de tubos se sigue el siguiente método:

1. Se define un esqueleto o boceto 3D formado por líneas para la creación de estructuras.
2. En un ensamblaje con el esqueleto insertado, se usa la opción “insertar estructura” dando las opciones necesarias para los diferentes tipos de estructuras normalizadas.
3. Con los tubos generados, existe la opción de ajustar las uniones con biseles, muescas, etc.

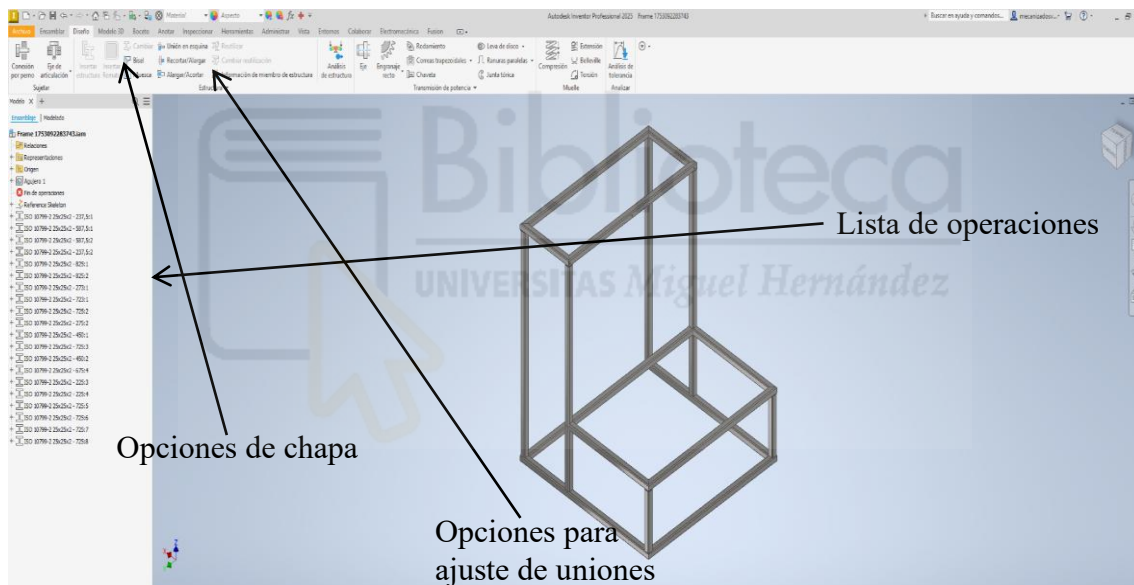


Ilustración 9: Ejemplo diseño estructura de tubos en Inventor.

La selección del material se elige dependiendo la función destinada que va a tener la pieza y la forma en la que se ha pensado fabricar:

- Aluminio 6061: Se usa para piezas mecanizadas por su facilidad de mecanizado, bajo peso y buen acabado. Se opta por este material siempre que las propiedades de resistencia y durabilidad lo permitan.
- Acero inoxidable A304: Mayoritariamente usado en las partes de estructura, chapas y tubos. Este material es muy resistente y sin problemas de oxidación. Ideal para entorno industrial, ejes y formar parte de la estructura principal de la máquina.
- PLA: Es el material con el que se imprime en impresoras 3D. Perfecto cuando se necesitan piezas con un diseño complejo y que no necesitan gran resistencia.
- Policarbonato: Se usa mayormente en los resguardos por su alta resistencia a impactos, ligereza y al ser transparente permite la visibilidad.

Una vez se diseñan las distintas piezas, se empieza a ensamblar en los distintos subconjuntos y así poder comprobar que no hay errores. Para el ensamblaje, inventor cuenta con una serie de opciones que permiten utilizar restricciones geométricas, visualizar que ningún componente esté mal colocado evitando colisiones futuras, falta de espacio o componentes que no encajen.

Para más información se recomienda revisar el punto “2.2 Planos 3D (Inventor)” que contiene distintos planos generales, planos detalles, explosiones y vistas.

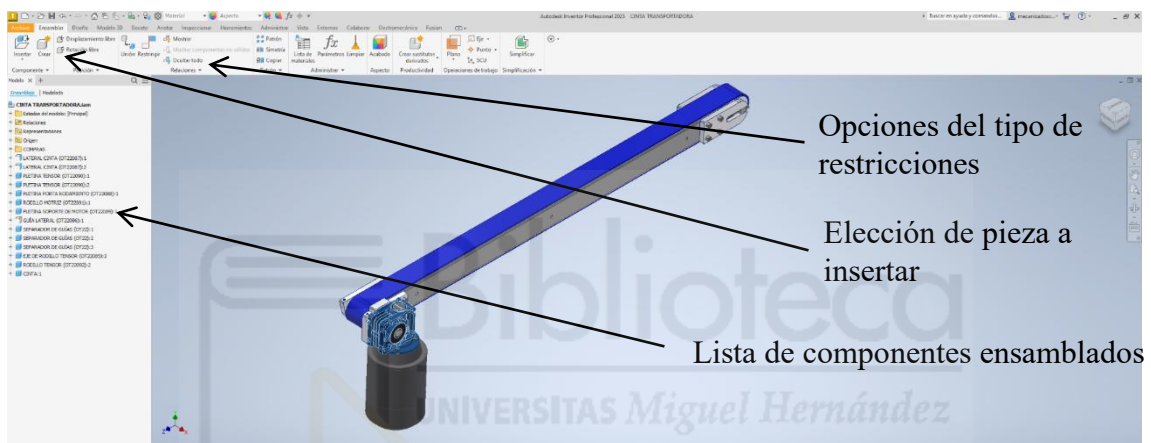


Ilustración 10: Ejemplo ensamblaje en Inventor.

1.2.2 Diseño eléctrico, cableado y esquemas de la máquina

La función del punto es explicar el diseño y esquema eléctrico de la máquina. Se busca conseguir un sistema seguro, ordenado y fácil de mantener.

De la misma forma que con el diseño mecánico, primero se diseña usando el programa QElectroTech. Este programa de diseño CAD permite crear esquemas normalizados facilitando la modificación de la electrónica de la máquina y evitando errores.

En el punto “2.1 Esquema eléctrico general” se incluye el esquema eléctrico completo de la máquina.

El sistema eléctrico se puede dividir en los siguientes puntos para un planteamiento general claro:

- **Alimentación**

Proporciona la energía para el funcionamiento de la máquina. La alimentación general es monofásica de 230 V y 50 Hz en AC.

La alimentación mencionada anteriormente se reparte en 2 ramas. Una para alimentar el variador de frecuencia, que controla el motor y suministra la energía al motor de la cinta transportadora. Y una segunda rama para alimentar una fuente de alimentación, encargada de transformar los 230 V AC en 24 V DC. Esos 24 V DC dan tensión a todo el sistema de control de la máquina (PLC, sensores, electroválvulas, etc).

- **Protecciones eléctricas**

Es una parte muy importante, ya que garantiza la seguridad de la instalación como del operario.

Para la alimentación general se usa un interruptor diferencial, para proteger frente fugas de corriente y un seccionador general, para un corte completo de la alimentación.

Luego cuenta con 2 magnetotérmicos independientes para el variador y la fuente de alimentación de 24 V. Además, hay otro magnetotérmico a la salida de 24 V DC de la fuente. Consiguiendo aislar averías y proteger componentes.

- **Sistema de control**

Todo el control y automatización de la máquina, está gobernado por un PLC. El PLC se encarga de ejecutar la lógica programada.

Con el PLC se controlan las entradas digitales de los sensores y pulsadores. Y en las salidas tiene conectado las distintas electroválvulas que activa los actuadores neumáticos.

- **Variador de frecuencia**

Utilizado para el control del motor de la cinta transportadora. Permite programar los parámetros y regular la velocidad del motor. También permite alimentar al motor con alimentación trifásica, mientras que el variador es alimentado con monofásica.

1.2.3 Diseño neumático de la máquina

El sistema neumático es el encargado de generar los movimientos necesarios para el proceso automático del montaje de tapones.

Toda la neumática es controlada mediante el PLC a partir de electroválvulas.

Componentes principales del sistema neumático

- **Unidad de preparación de aire:** Se conecta la alimentación del aire comprimido por válvula corredera con desconexión manual. El aire pasa por un filtro de partículas para filtrar impurezas y humedad, consiguiendo mayor durabilidad de los componentes. Además, la unidad cuenta con un regulador de presión y manómetro para visualizar y controlar la presión de trabajo.

El sistema trabaja a una presión aproximada de 6 bar. Esta presión es adecuada para garantizar de fuerza a los actuadores y ventosa, sin sobreesfuerzos que bajen la durabilidad de los componentes.

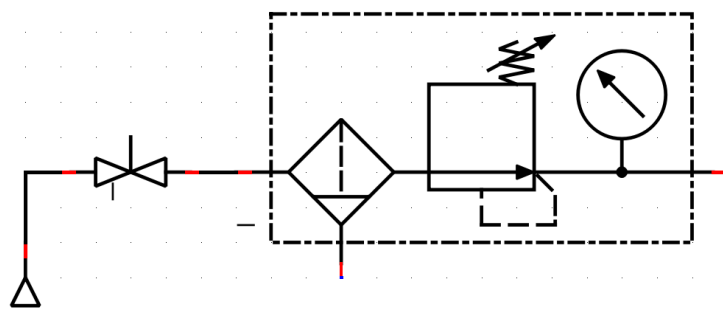


Ilustración 11: Símbolo Válvula corredera + Filtro de partículas y humedad + Regulador de presión + Manómetro.

- **Actuador neumático cilindro de doble efecto:** Es un actuador lineal que permite el avance del vástago mediante inyección de aire en la cámara A y retroceso del vástago mediante inyección de aire en la cámara B. Se le puede regular la velocidad del vástago amortiguando la salida en la zona final.

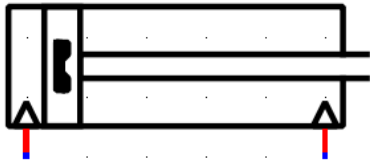


Ilustración 12: Símbolo Actuador neumático cilindro doble efecto.

Se opta por doble efecto para poder controlar en ambas direcciones usando dos sensores reed en los extremos. Y así desde el PLC se consigue un control total en ambos sentidos.

La función en la máquina: Introducción del tapón, posicionamiento elevando y bajando la base de la segunda posición, movimiento lineal de la ventosa y expulsión final.

- **Actuador neumático rotativo 180°:** Es un actuador rotativo que transforma un movimiento lineal interno en giro de 0 a 180°, mediante inyección de aire en dos cámaras para mover en las distintas dos direcciones.

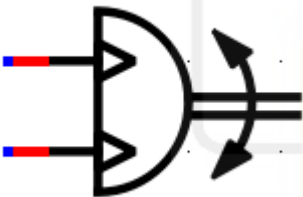


Ilustración 13: Símbolo Actuador neumático rotativo 180°.

Con doble efecto para controlar el giro usando dos sensores reed. Dichos sensores envían la señal al PLC encargado de controlar el movimiento.

La función en la máquina: Girar el actuador con ventosa, posicionando la ventosa en el cargador de opérculos o en el interior del tapón.

- **Eyector de vacío lineal:** Es un tubo donde se conecta un tubo de aire y en el otro extremo se conecta otro tubo junto la ventosa. El eyector genera vacío mediante efecto Venturi. El aire comprimido pasa por una boquilla, generando depresión en una salida lateral produciendo una aspiración en la otra salida del eyector.

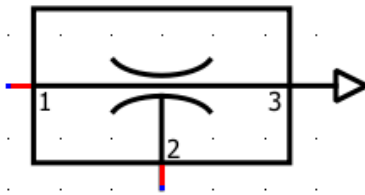


Ilustración 14: Símbolo Eyector de vacío lineal.

La función en la máquina: Producir succión al activar la electroválvula para atrapar el opérculo y soltar una vez este posicionado encima del tapón.

- **Ventosa:** La ventosa va conectada al eyector y permite la aspiración del opérculo y liberación en el interior del tapón.

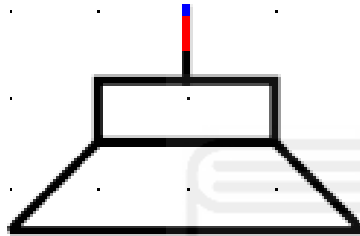


Ilustración 15: Símbolo Ventosa.

El control de vacío se realiza activando o desactivando la electroválvula que conecta al eyector y ventosa.

La función en la máquina: Succionar y colocar el opérculo junto con el eyector de vacío.

- **Electroválvulas 5/2 monoestables:** Es la que se encarga de activar y/o desactivar los distintos elementos neumáticos del sistema. Son controladas mediante el PLC.

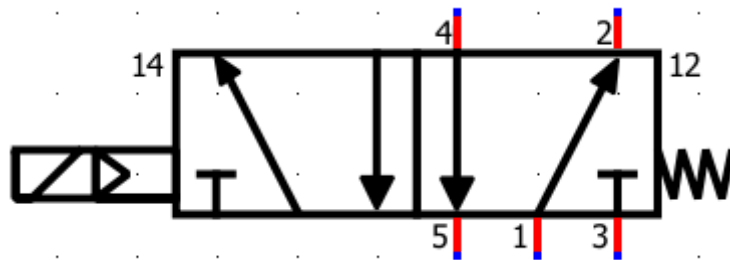


Ilustración 16: Símbolo Electroválvula 5/2 monoestable.

Contiene 5 vías (1 alimentación, 2 y 4 salidas, 3 y 5 escapes) / de 2 posiciones / accionamiento por solenoide (izquierda) / Retorno por resorte (derecha).

Están montadas sobre un bloque de 5 vías y 6 estaciones, dentro del cuadro. El montaje en bloque facilita el conexionado. El bloque lleva las electroválvulas para cada actuador y también para el de la ventosa, que al tener este último solo una salida, se niega dicha salida colocando un tapón para no tener un escape de aire. También lleva un silenciador en el escape de aire del bloque para reducir ruido.



Ilustración 17:
Símbolo
Silenciador.

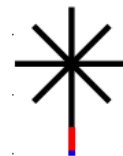


Ilustración 18:
Símbolo
Tapón.

- **Regulador de caudal:** Instalado en los actuadores y sirve para ajustar la velocidad de avance y retroceso. Con esto se evita que aun subiendo la presión del sistema salga con mucha velocidad.

La regulación es de forma manual, girando el tornillo.

- **Tubería neumática:** Son tubos de Ø4mm, de material poliuretano (PU).

1.2.4 Fabricación de las piezas

Para el proceso de fabricación se han utilizado diferentes procesos dependiendo de la pieza a fabricar, optando por fabricación haciendo uso de los recursos y maquinaria de la propia empresa o por medio de compra externa.

En el taller de la empresa se han podido ejecutar trabajos destinados en dicho proyecto usando máquinas como Torno CNC, Centro de mecanizado CNC de 3 ejes + divisor, Impresora 3D, Estación de soldadura MIG como máquinas principales. Y también otras herramientas de apoyo para reducir tiempos y facilidad de trabajo a la hora de la fabricación, como Sierra de cinta, Taladro de pared, Roscadora, Entalladora vertical y herramientas varias.

En los siguientes puntos se detalla el proceso de fabricación destacando las principales máquinas.

1.2.4.1 Torno CNC

Descripción general

La máquina con la que se trabaja es un torno CNC Pinacho Taurus 310. Está destinada principalmente al mecanizado de piezas de revolución (pieza simétrica respecto al eje). El material a tornearse gira sobre su eje (eje Y) mientras que la herramienta se desplaza en los ejes X y Z para ejecutar las operaciones como refrentado, cilindrado, ranurado, tronzado, roscado, taladro respecto al eje de giro y chaflanes o radios.

Es la herramienta de mecanizado más eficiente para la fabricación de piezas cilíndricas reduciendo tiempos, ofreciendo buenas tolerancias y calidad en los acabados.



Ilustración 19: Torno CNC Pinacho Taurus 310.

Las características generales del torno CNC Pinacho Taurus 310:

- Control CNC Fagor integrado, para el control de operaciones, calibración de y programación a pie de máquina. El sistema dispone de programación ISO (G-code) o programación conversacional siendo este último el usado para el mecanizado en la fabricación de piezas del proyecto.
- Torreta porta-herramientas automática.
- Sistema de refrigeración por taladrina (líquido de refrigeración compuesto por agua y aceite).

Ejemplo de mecanizado de pieza

La siguiente imagen muestra una pieza ideal para el mecanizado en un torno. La pieza forma parte del ensamblaje de la cinta transportadora, con la función de eje motriz del motorreductor.

En el ensamblaje se observa que el eje se inserta en el motorreductor y con un chavetero se une con el propio giro del motor.

La pieza está sujeta sobre las piezas laterales de la cinta con rodamientos en ambos lados, para evitar desgaste y buen giro. Y el ranurado en la zona con mayor diámetro es usado como guía donde encaja a la cinta.

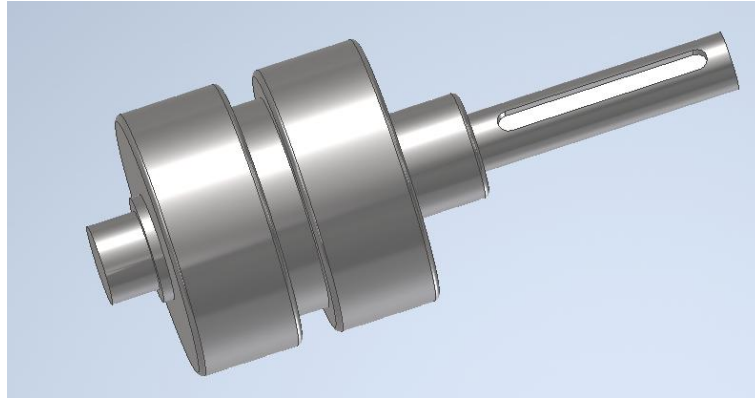


Ilustración 20: Ejemplo pieza para Torno.

- **Fase 1:** Se prepara un plano de la pieza a mecanizar con las vistas, cotas, tolerancias y material. Para simplificar el plano se omiten procesos que no se mecanizan en el torno como puede ser el chavetero en este ejemplo.

Revisar el punto 2.2 Planos 3D (inventor) pag. 58 para visualizar un ejemplo de Plano.

- **Fase 2:** Se corta el material necesario a partir de la barra maciza del diámetro necesario. En este caso una barra de $\text{Ø}55\text{mm}$ y longitud 123mm.

Con la pieza cortada, se coloca en las mordazas del plato del torno con la salida necesaria para los procesos a mecanizar.

- **Fase 3:** Una vez el material colocado en el plato, se procede a la elección de las herramientas necesaria para el mecanizado y se colocan en el porta-herramientas. Calibrando dichas herramientas y ajustando el punto de origen de la pieza.

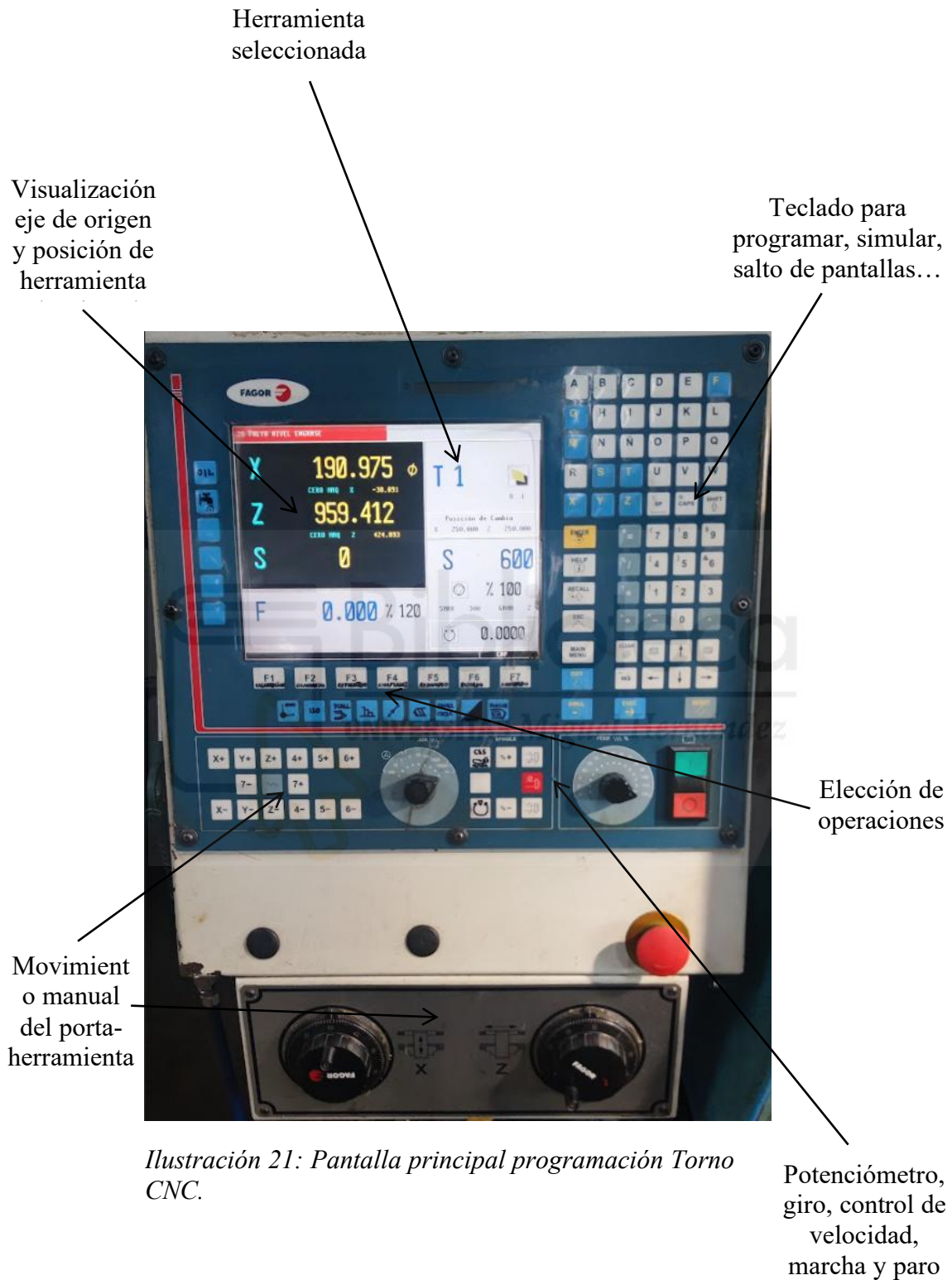


Ilustración 21: Pantalla principal programación Torno CNC.



Ilustración 22: Pantalla para la calibración de herramientas.

- **Fase 4:** Por último, se prepara el programa y se procede a mecanizar.

El mecanizado de la pieza se da en dos procesos con dos posiciones de sujeción en la pieza.

La primera posición es para mecanizar toda la zona derecha de la “Ilustración 14” hasta la zona de diámetro 50 mm.

Primero se ejecuta un ciclo de refrentado para eliminar material y obtener una cara perpendicular al eje.



Ilustración 23: Pantalla ciclo de refrentado.

Una vez refrentada la cara, se ejecuta un ciclo de perfil para mecanizar todo el perfil.

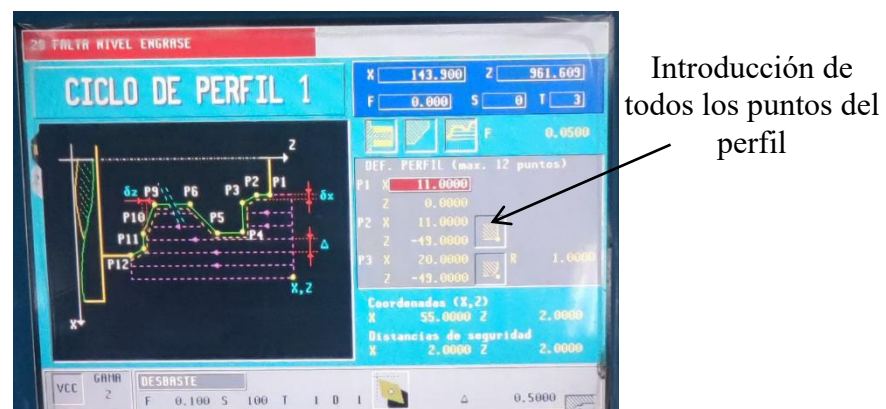


Ilustración 24: Pantalla ciclo de perfil.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Con la primera posición terminada, se cambia de sujeción la pieza y tomando el origen nuevamente.

Para este segundo proceso, se empieza con un refrentado para dejar a medida la pieza, un ciclo de perfil y terminando con el ranurado con la herramienta adecuada.



Ilustración 25: Pantalla ciclo de refrentado.



Ilustración 26: Pantalla ciclo de perfil.



Ilustración 27: pantalla ciclo de ranurado.

1.2.4.2 Centro de mecanizado CNC

Descripción general

La máquina con la que se trabaja es un Centro de Mecanizado CNC Akira Seiki V4.5 XP de 3 ejes (X, Y, Z) + divisor. A diferencia del torno donde la pieza gira y la herramienta se mantiene fija, en el centro de mecanizado la herramienta gira sobre su eje y en el eje Z. La mesa donde esta fija la pieza gira en los ejes X, Y. La otra diferencia del centro de mecanizado respecto una impresora 3D, es que el centro de mecanizado trabaja a partir de un sólido que va desbastando, mientras que la impresora 3D trabaja aportando material.

El centro de mecanizado es útil para trabajos como cajas, taladros, contornos 2D y 3D.



Ilustración 28: Centro de Mecanizado Akira Seiki V4.5 XP.

Es un modelo de centro de mecanizado vertical con control CNC FANUC y cambio automático de herramientas

Ejemplo de mecanizado de pieza

La siguiente imagen muestra una pieza para mecanizar en el centro de mecanizado. La pieza forma parte del ensamblaje de la estación de ensamblaje. Forma la base de dicha estación, hecha de aluminio para un mecanizado fácil y bajo peso.

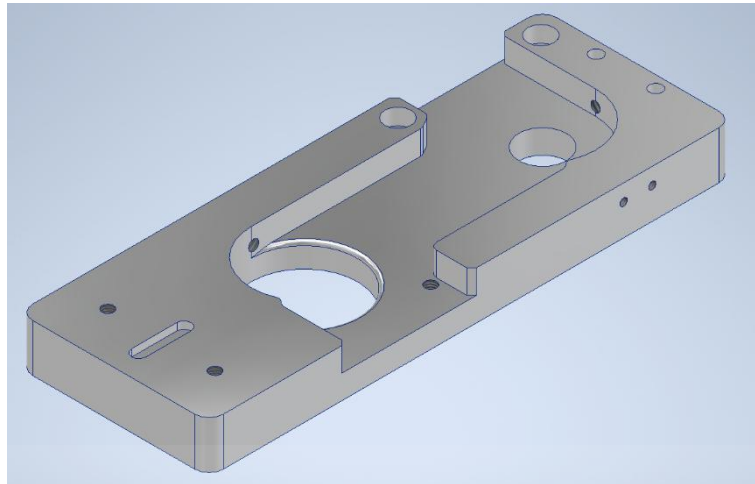


Ilustración 29: Ejemplo pieza para Centro de Mecanizado.

- **Fase 1:** Usando el diseño de la pieza 3D hecho en Inventor, se exporta en formato .STEP. Este diseño es compatible con software CAM como Mastercam.
- **Fase 2:** Para la programación de los procesos de mecanizado se usa el programa de Mastercam.

Primero se define el bloque de material inicial para más tarde probar en simulación el resultado del mecanizado y evitar errores o accidentes en la máquina. Y se define el origen en el programa, que deberá ser el mismo que se tomará en la máquina. Y se elige la máquina en la que se va a trabajar.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

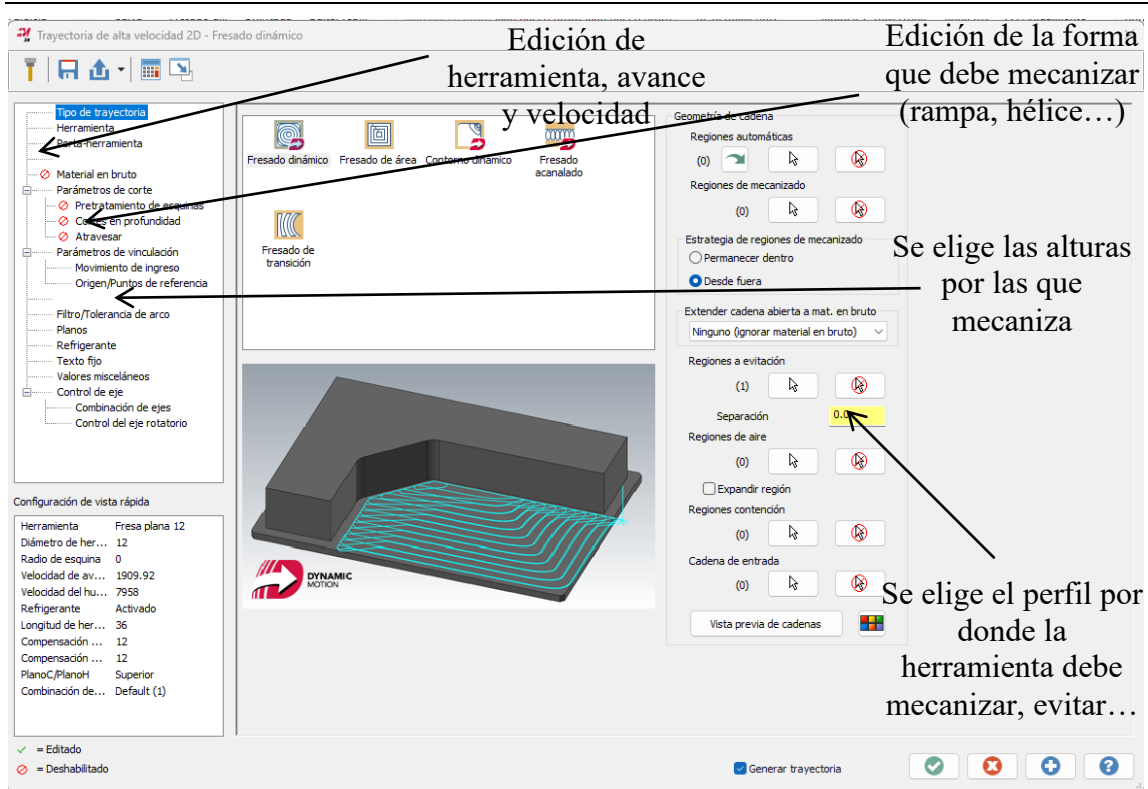


Ilustración 30: Ejemplo ventana de ciclo fresado dinámico.

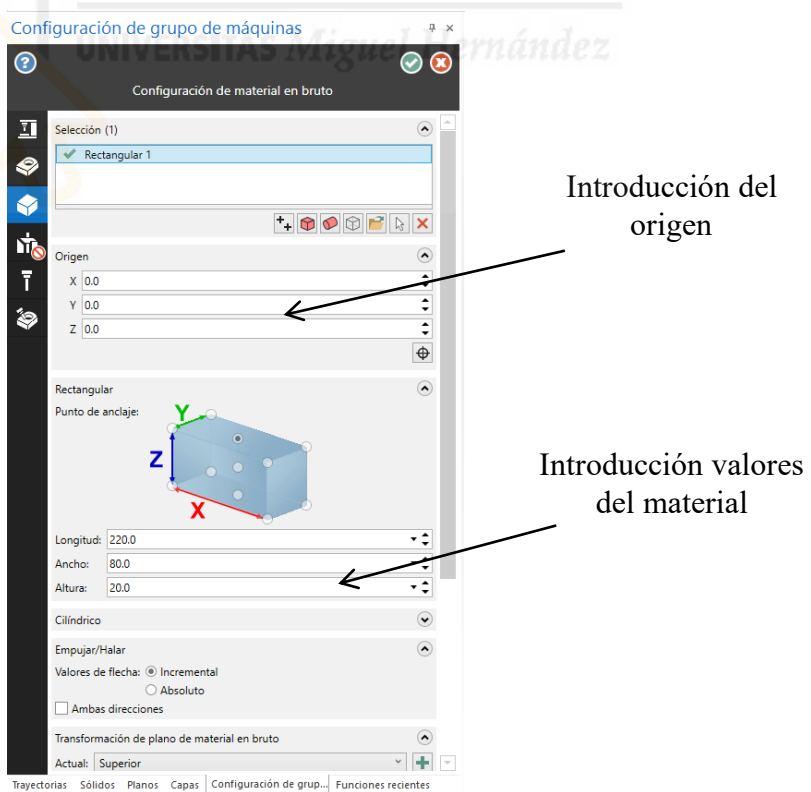


Ilustración 31: Configuración material en bruto.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Para la Cara B se usan los ciclos de:

- Planeado.
- Taladro.
- Contorno.

Ventana para la elección de los distintos mecanizados.

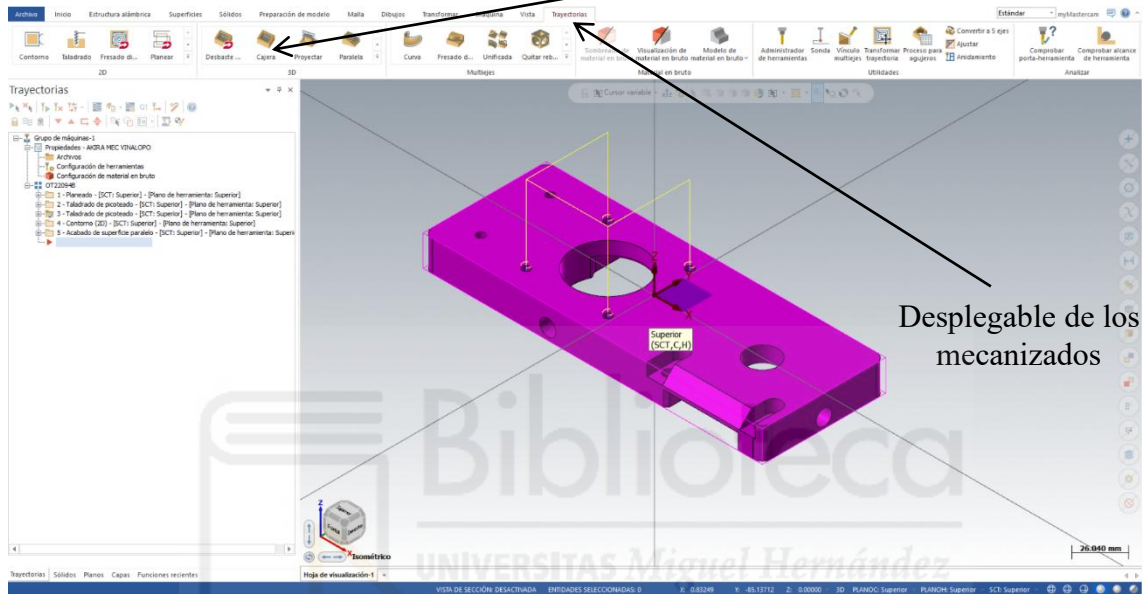


Ilustración 33: Procesos de mecanizado para la cara B.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Para la Cara C se usan los ciclos de:

- Taladro.
- Contorno.

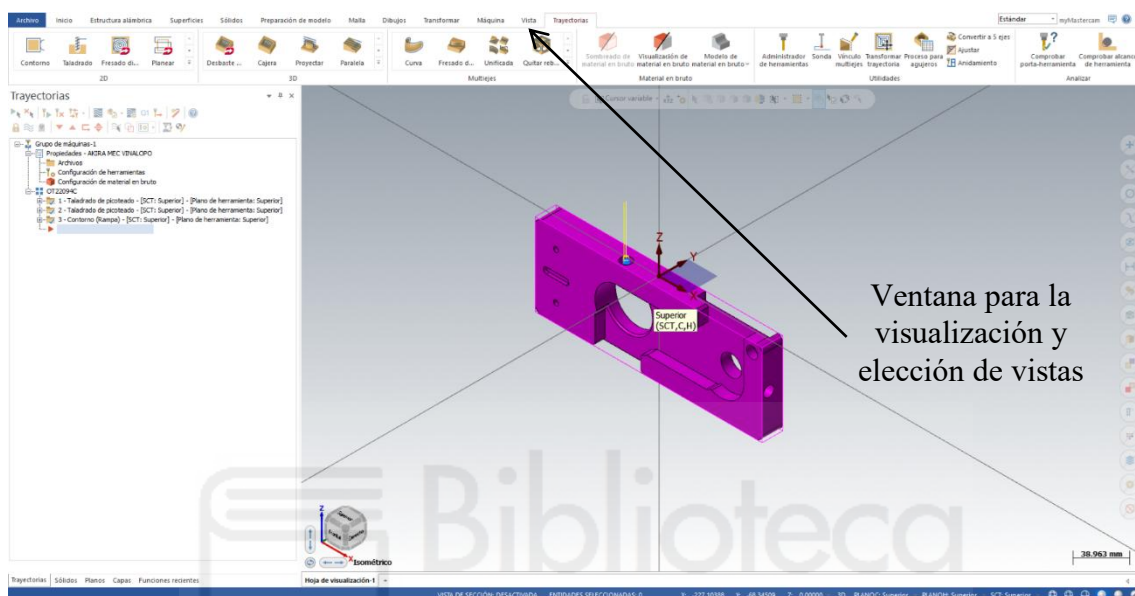


Ilustración 34: Procesos de mecanizado para la Cara C. Hernández

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Para la Cara D se usan los ciclos de:

- Taladro.

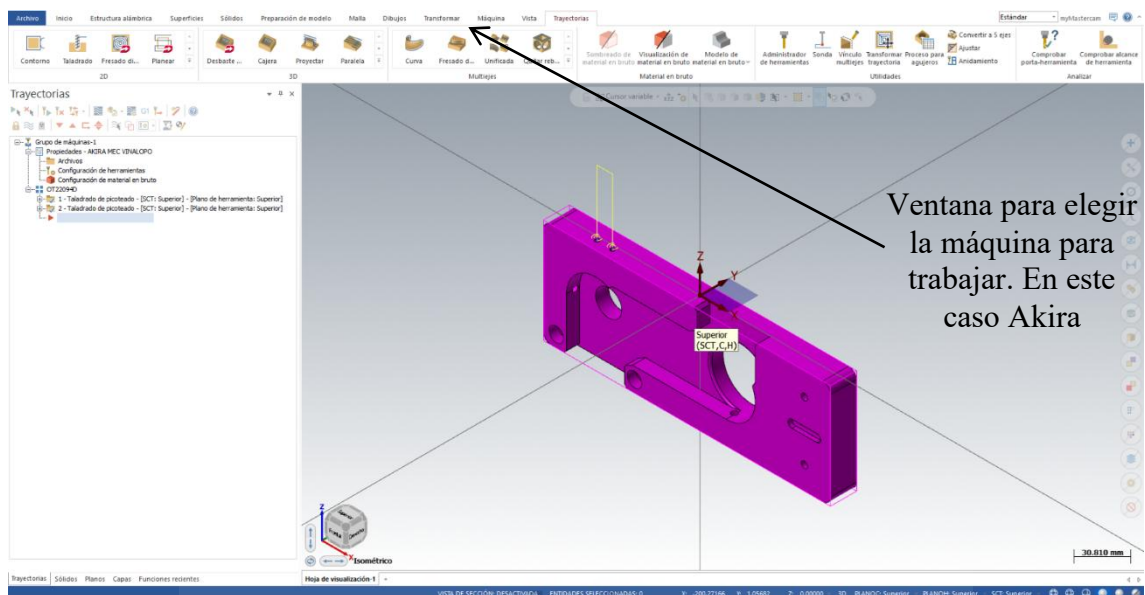


Ilustración 35: Proceso de mecanizado para la Cara D.



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Para la Cara E se usan los ciclos de:

- Taladro.
- Contorno.

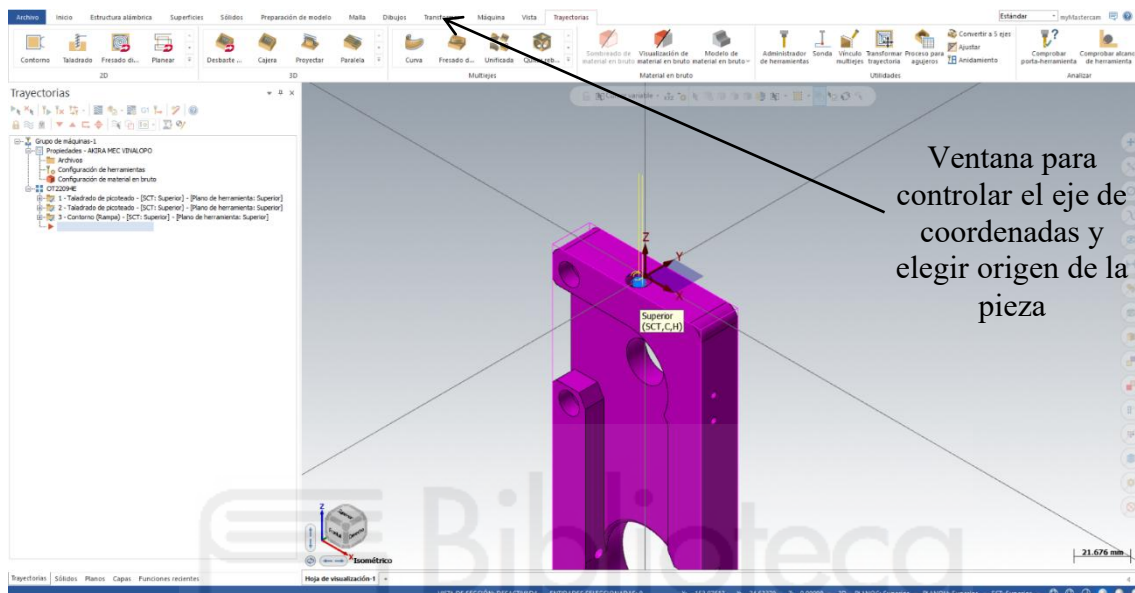


Ilustración 36: Proceso de mecanizado para la Cara E.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

- **Fase 3:** Cuando se termina de programar se simula en el propio programa para revisar de posibles colisiones y que el resultado sea el correcto.

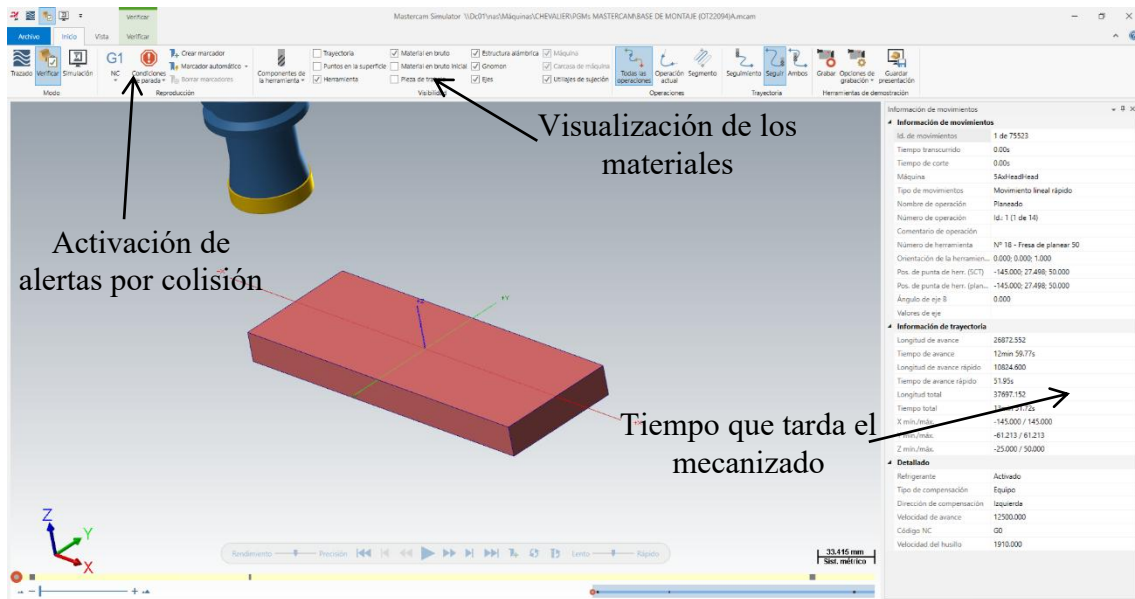


Ilustración 37: Ventana de simulación.

- **Fase 4:** Una vez validado el programa, se genera el código ISO postprocesando y enviando a la máquina.

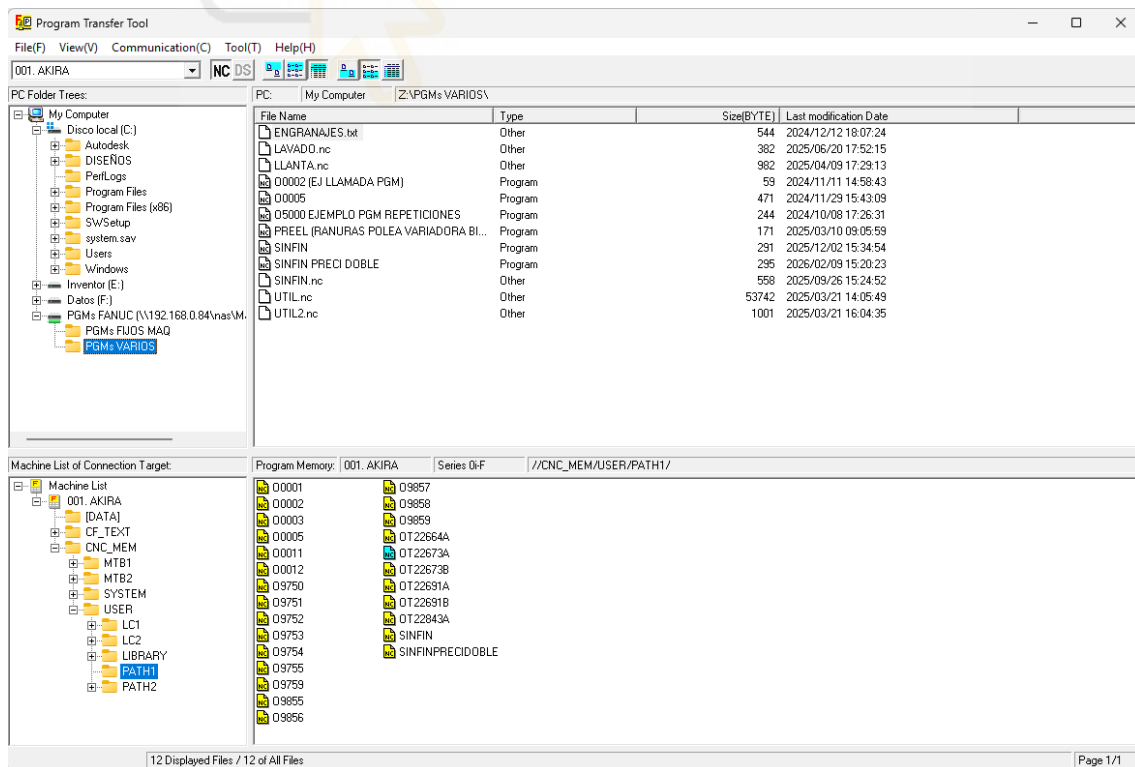


Ilustración 38: Programa para transferir el archivo en ISO del programa.

- **Fase 5:** Se coloca el material en bruto en la máquina y con la herramienta de palpador se toma el origen de la pieza.

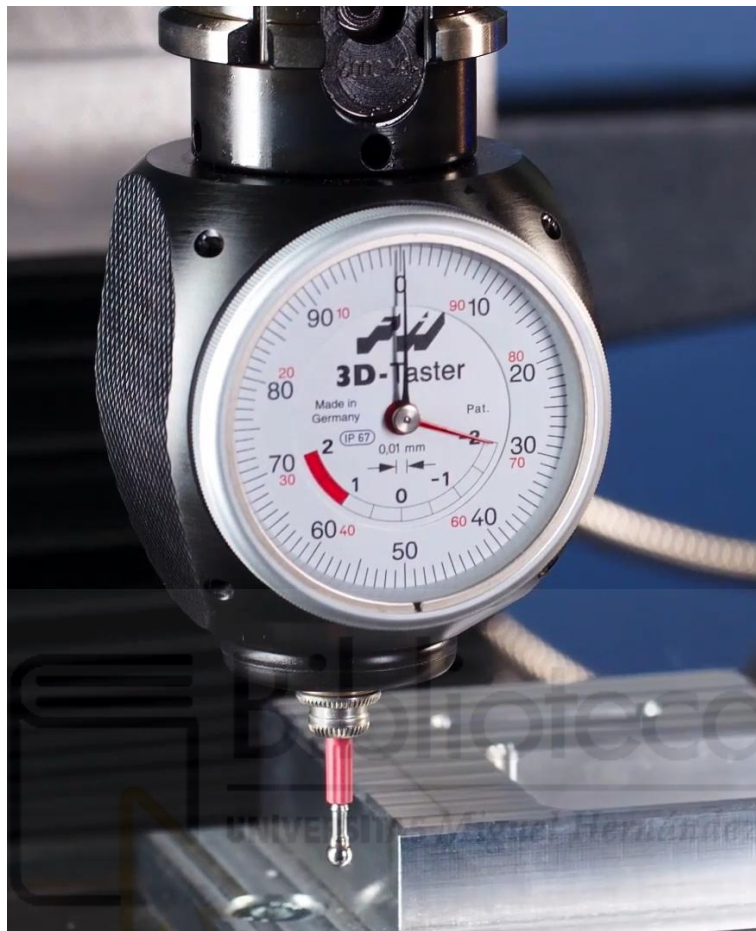


Ilustración 39: Palpador.

- **Fase 6:** Si hubiera que colocar alguna herramienta que no disponga el porta-herramientas, el centro de mecanizado dispone de un programa ya guardado para autocalibrado.

1.2.5 Programación del PLC y HMI

Este apartado trata sobre la metodología seguida para el diseño del programa del PLC y HMI. Se explica mediante un Grafcet la estructura del sistema de control y herramientas que se han empleado.

Entonces, antes de comenzar con la programación se decide el diseño de la mecánica, la posición y cantidad de los distintos actuadores y sensores que van a ser necesarios para el funcionamiento. Una vez se ha comprobado que funciona en el diseño 3D, se empieza con el Grafcet y así obtener un planteamiento claro y visual, para posteriormente programar el PLC de manera óptima.

El Grafcet (Gráfico Funcional de Etapa-Transición) es un método gráfico de modelado de sistemas de control secuenciales.

Se compone de Etapas o Estados a las que van asociados acciones. Se representan con un cuadro y un número en su interior, en ambos casos el número indica el orden que ocupa la etapa. Y la etapa inicial se representa con un cuadro doble.

En las etapas se producen las Acciones, simbolizados mediante rectángulos conectados y situado a la derecha de dicha etapa. Y es lo que indica que proceso va a realizar la etapa.

Por último, para pasar entre Etapas se debe cumplir con las condiciones de Transiciones.

En el punto “3. Programa PLC ISPSOft” y “4. Programa HMI DIAScreen”, se incluye toda la información más detallada sobre la programación Ladder empleada en el PLC.

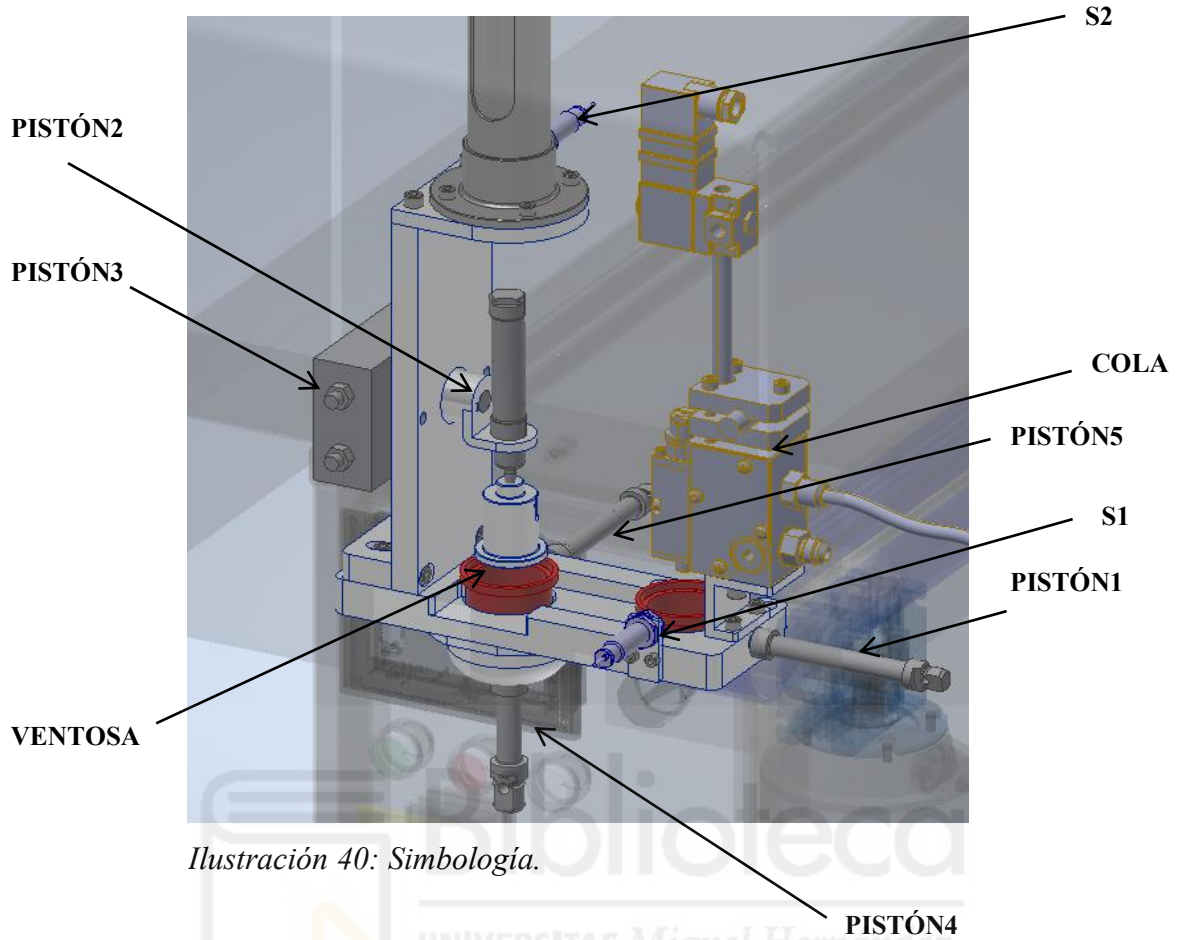
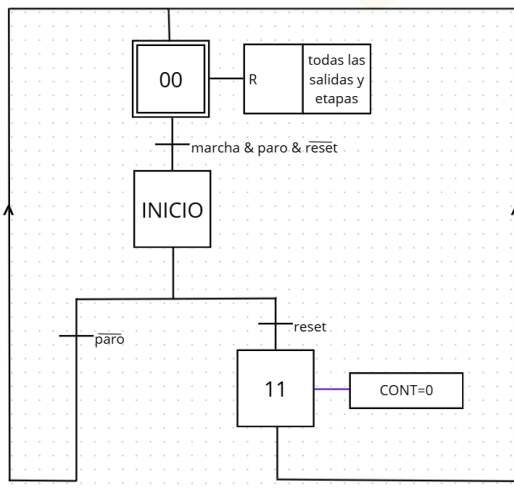
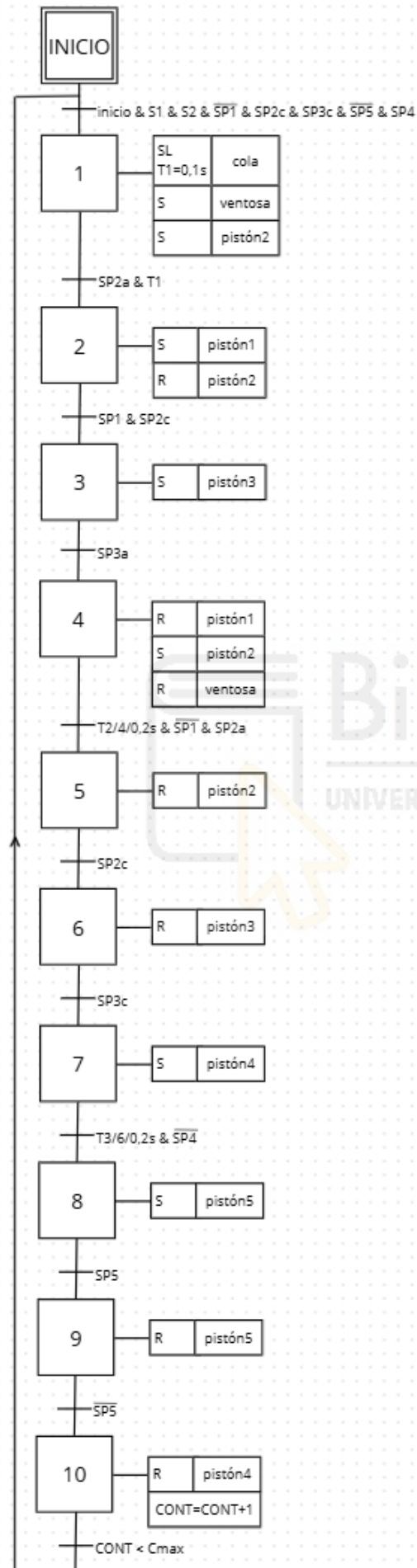


Ilustración 40: Simbología.



Descripción del Grafcet I:

Es el Grafcet que corresponde al nivel superior de control. Su función es garantizar que, si en cualquier momento se pulsa el botón de paro o reset, se quede en el ESTADO 00, apagando todas las salidas.



Descripción del Graficet II:

INICIO: Etapa de inicialización. cuando hay reset o parada y se pulsa el botón de marcha, pasa a esta Etapa.

ETAPA 1: Detección del tapón, dosificación de cola y preparación de ventosa.

ETAPA 2: Mueve el tapón a la siguiente zona.

ETAPA 3: Giro del pistón2 con el opérculo ya recogido.

ETAPA 4: Colocación del opérculo presionándolo en el tapón y liberando la ventosa.

ETAPA 5: Retirada del pistón2 a su posición inicial.

ETAPA 6: Gira el pistón2 a su posición inicial.

ETAPA 7: Eleva la base de la segunda posición y libera el tapón.

ETAPA 8: Expulsión del tapón.

ETAPA 9: Retirada del pistón5 a su posición inicial.

ETAPA 10: Incremento del contador de tapones.

1.2.6 Montaje, fabricación y puesta en marcha

Apartado donde se describe el procedimiento para fabricar, montar, cablear, pruebas y puesta en marcha de la máquina.

Una vez se tiene la máquina con el planteamiento final y diseñada, hay que proceder a la fabricación, pedidos de materiales con proveedores, programación y montaje.

Procedimiento de fabricación y montaje

Para asegurar una buena eficiencia en el proceso y minimizar errores se ha seguido los siguientes pasos:

1. Preparación previa: Antes de iniciar cualquier paso de fabricación, se revisa el modelo 3D de la máquina y planos.

Con la revisión hecha y que todo encajando correctamente se preparan los planos de piezas para fabricación y lista de los distintos componentes para pedir a los proveedores.

2. Una vez pedidos los materiales, de forma simultánea se empieza a fabricar las distintas piezas que forman la máquina y ganar tiempo.
3. Conforme se tiene los materiales se empieza con el montaje. Empezando por el centro de la máquina siendo la estructura y elementos principales lo inicial. Y terminando con el cableado, ajustes y pruebas funcionales.

Con la estructura soldada previamente en el proceso de fabricación, se le colocan las chapas.

De forma separada al montaje de la estructura se empieza con el montaje de la estación de ensamblaje de tapones. La forma para ensamblar es desde la base (pieza de aluminio mecanizada) ir colocando las distintas piezas mecanizadas, tornillería y por último los elementos neumáticos y electrónicos (sin llegar a conectar).

Para la cinta transportadora se sigue el mismo principio que con la estación de ensamblaje de tapones. Intentando acoplar el máximo de componentes posibles (sin llegar a conectar).

Terminando de ensamblar todo en la estructura de la máquina.

4. Cuando se tiene por completo el ensamblaje de toda la parte mecánica, se procede al cableado, conexión y comprobación de la electrónica y neumática.

El cuadro se monta separado de la máquina en la chapa donde van todos los componentes eléctricos, carril DIN y canales para el cableado. Consiguiendo unas condiciones de trabajo cómodas.

Con el cuadro ya montado en el interior del armario, pulsanería y HMI colocada en la máquina, se finaliza conectado el cableado de motor, sensores, pulsanería, HMI y electroválvulas mediante las borneras colocadas en el cuadro.

Para la neumática se sigue el mismo procedimiento, conectando la alimentación del aire comprimido y conexión de la tubería en los distintos componentes.

5. Como último paso, se carga el programa definitivo al PLC y HMI.

Primero se verifica las distintas señales I/O y poder validar el funcionamiento de cada entrada y salida. Consiguiendo evitar falsas lecturas, inversiones lógicas tipo PNP/NPN, ajustes de sensores, ajustes de presión del aire en la neumática, etc.

Al tener todo correctamente instalado, se ejecuta el programa en vacío y se comprueba la secuencia.

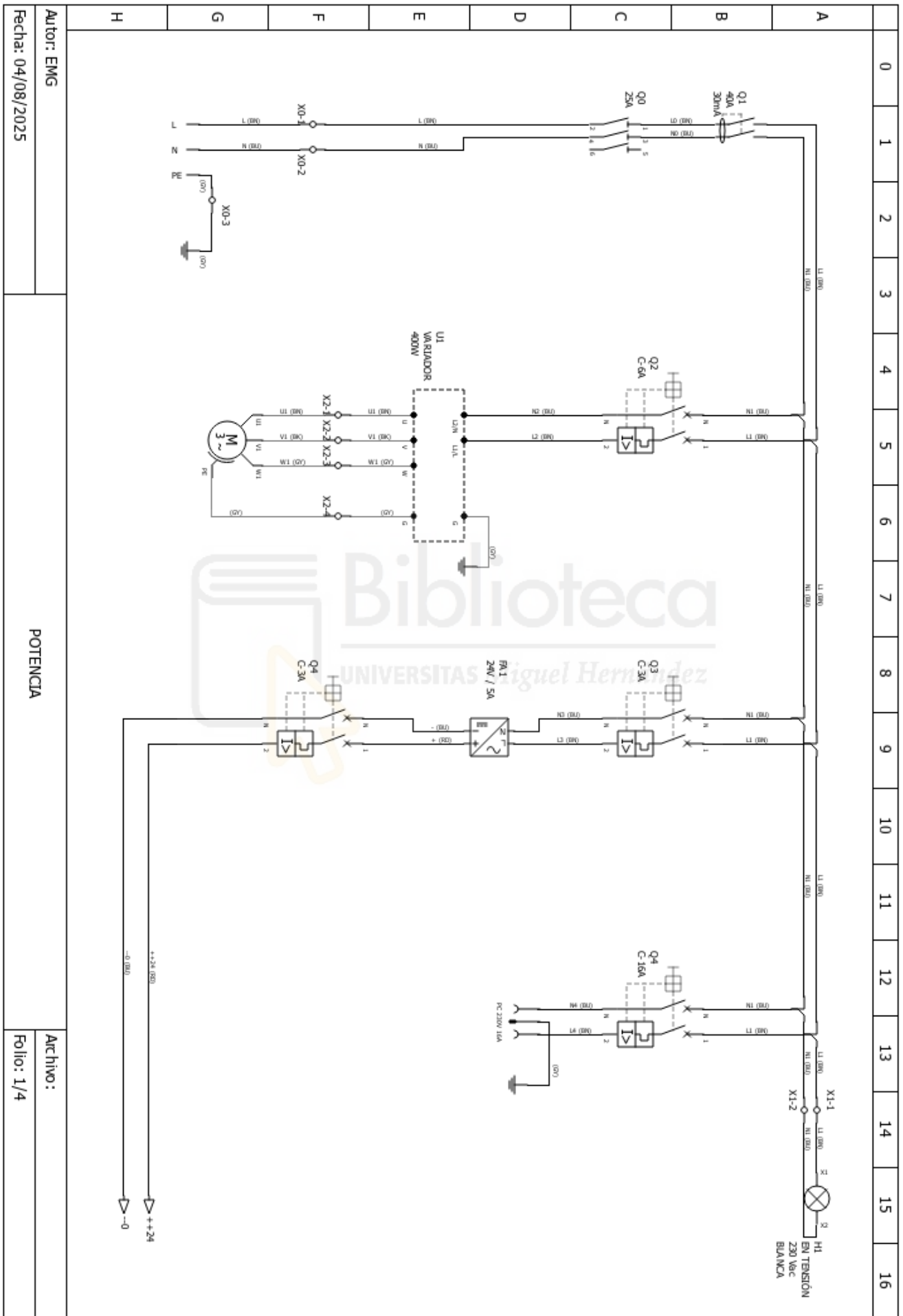
Y por último con se ejecuta el programa de forma real y se efectúan los ajustes finales.

2. PLANOS

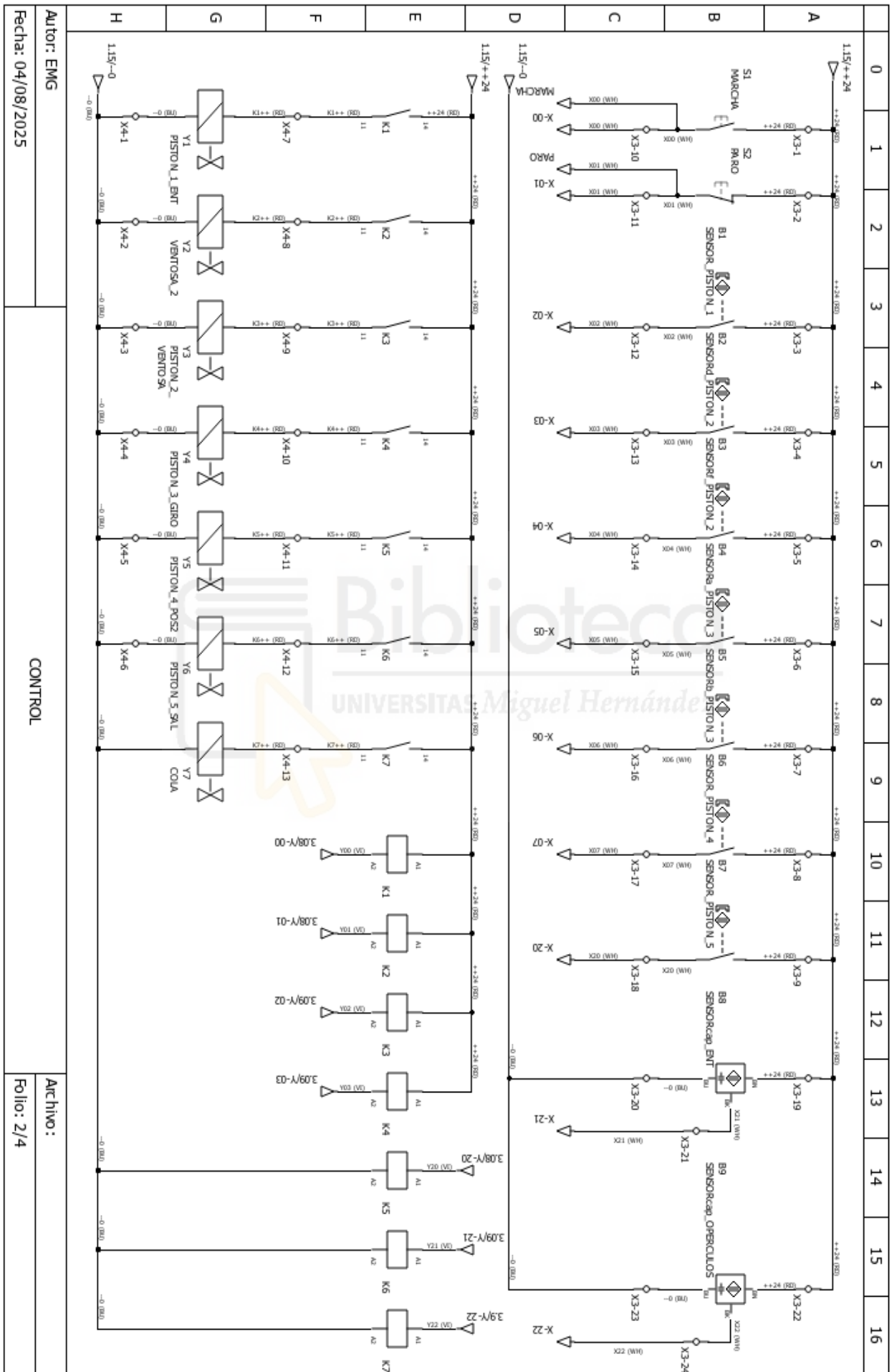
2.1 Esquema eléctrico



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

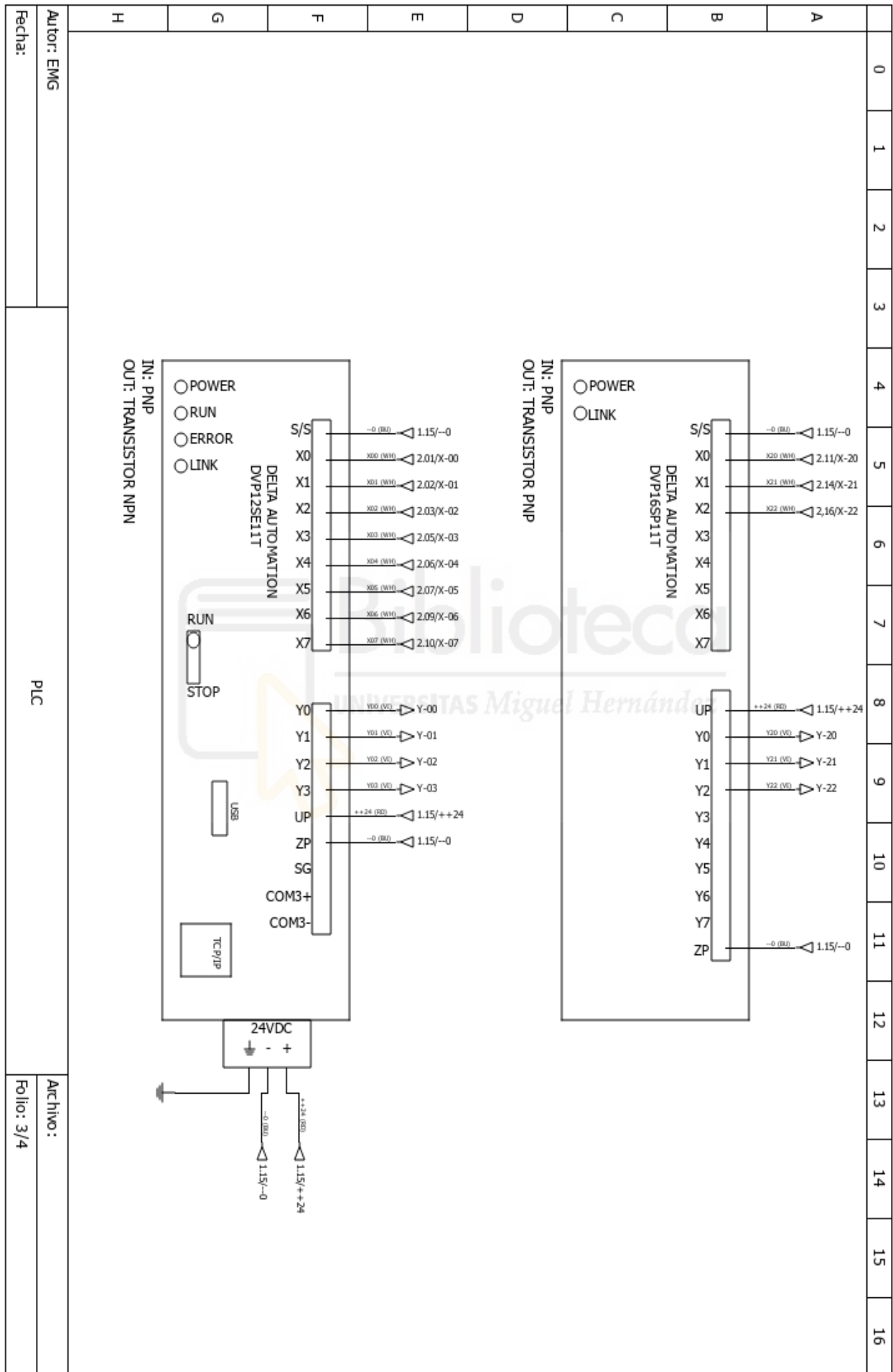


Autor: EMG
Fecha: 04/08/2025

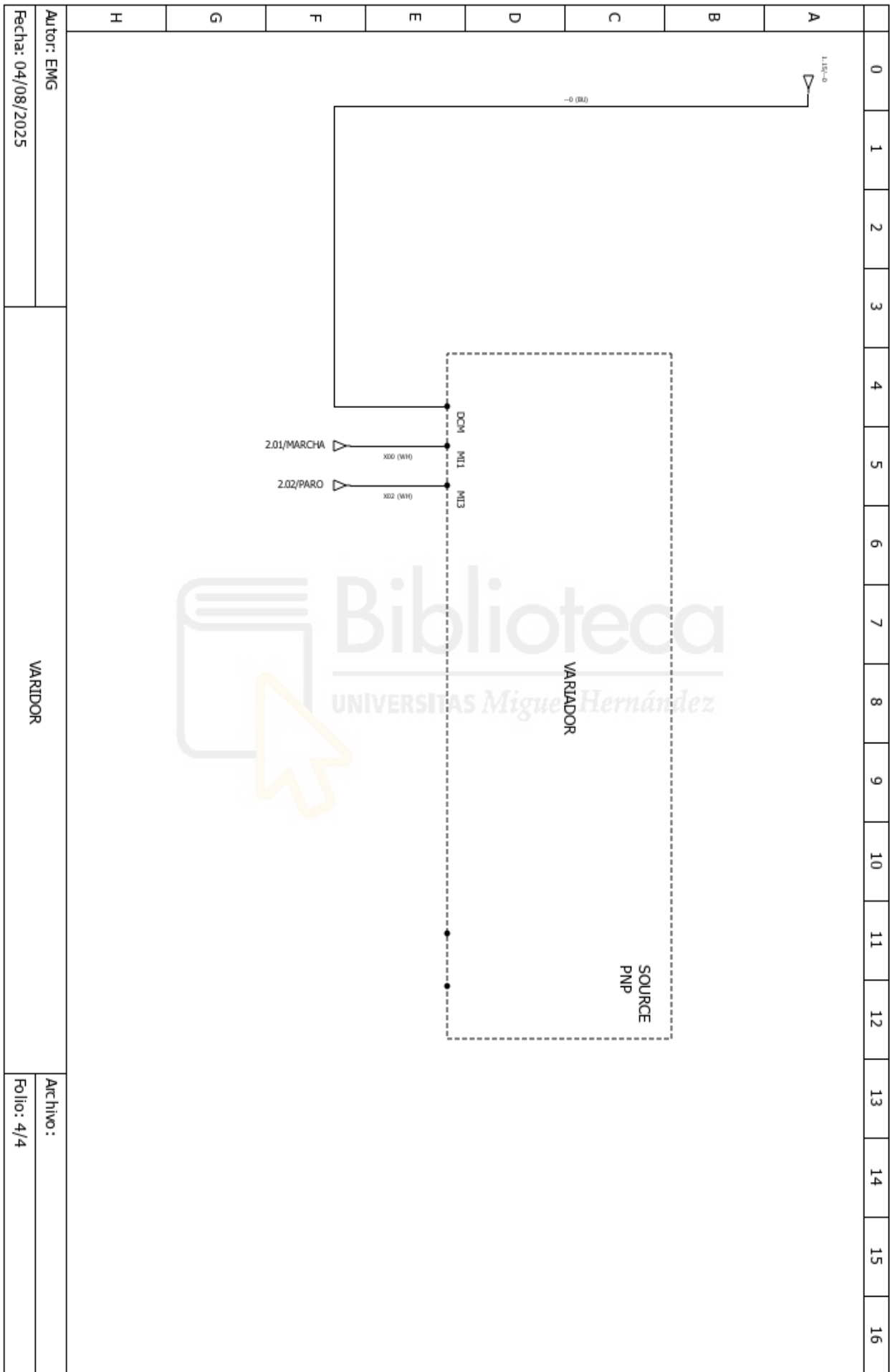
CONTROL

Archivo:
Folio: 2/4

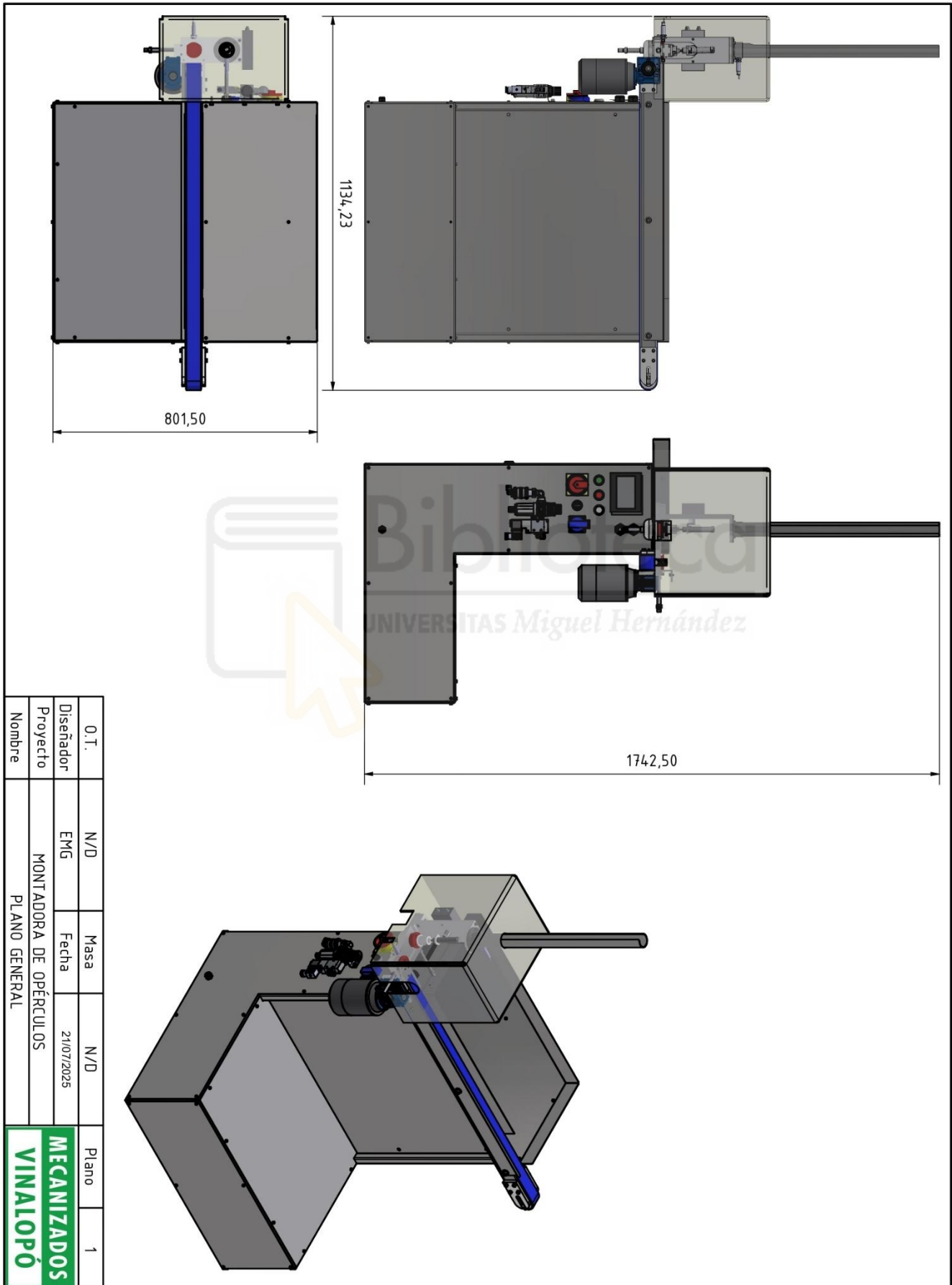
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



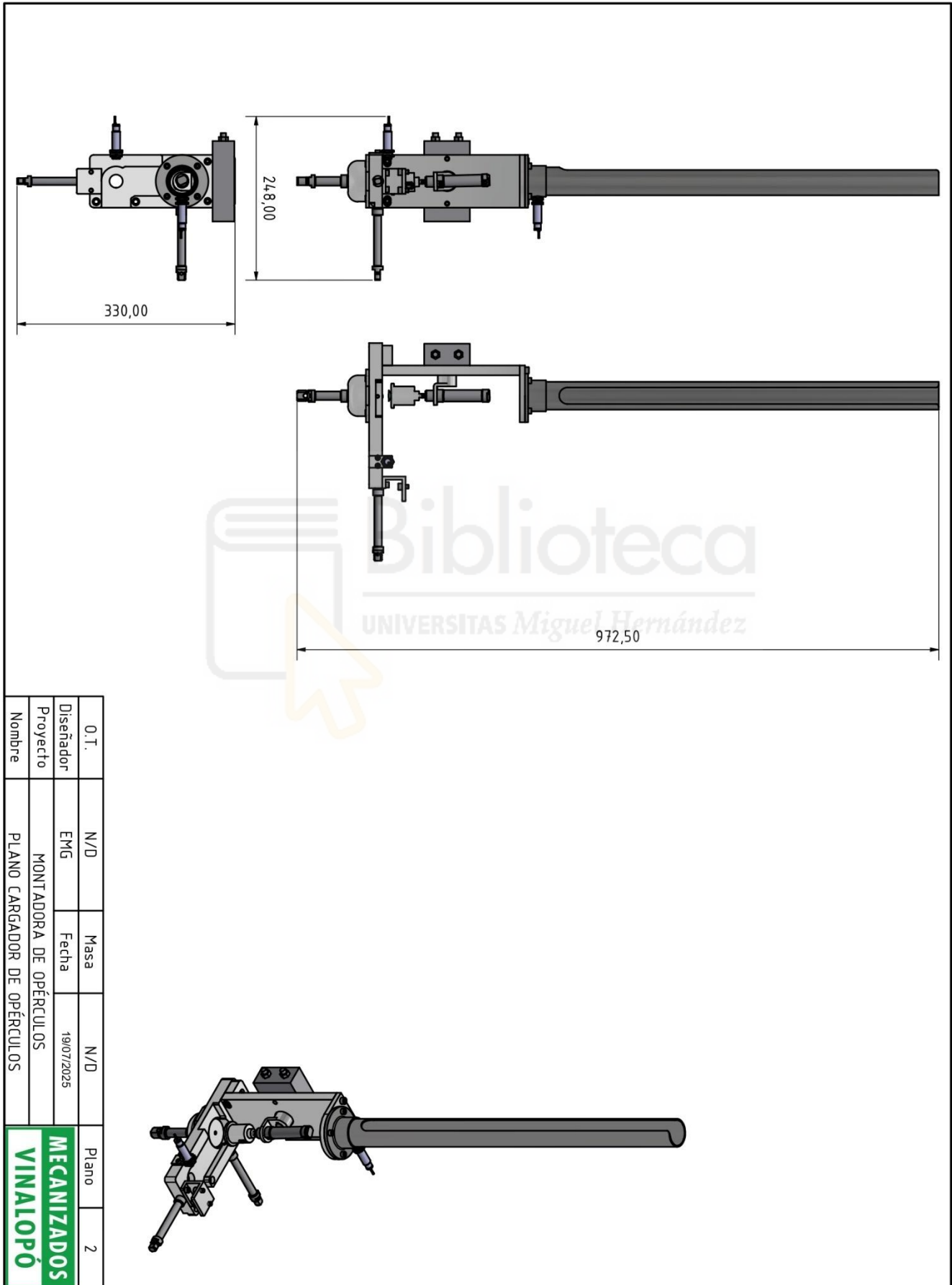
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



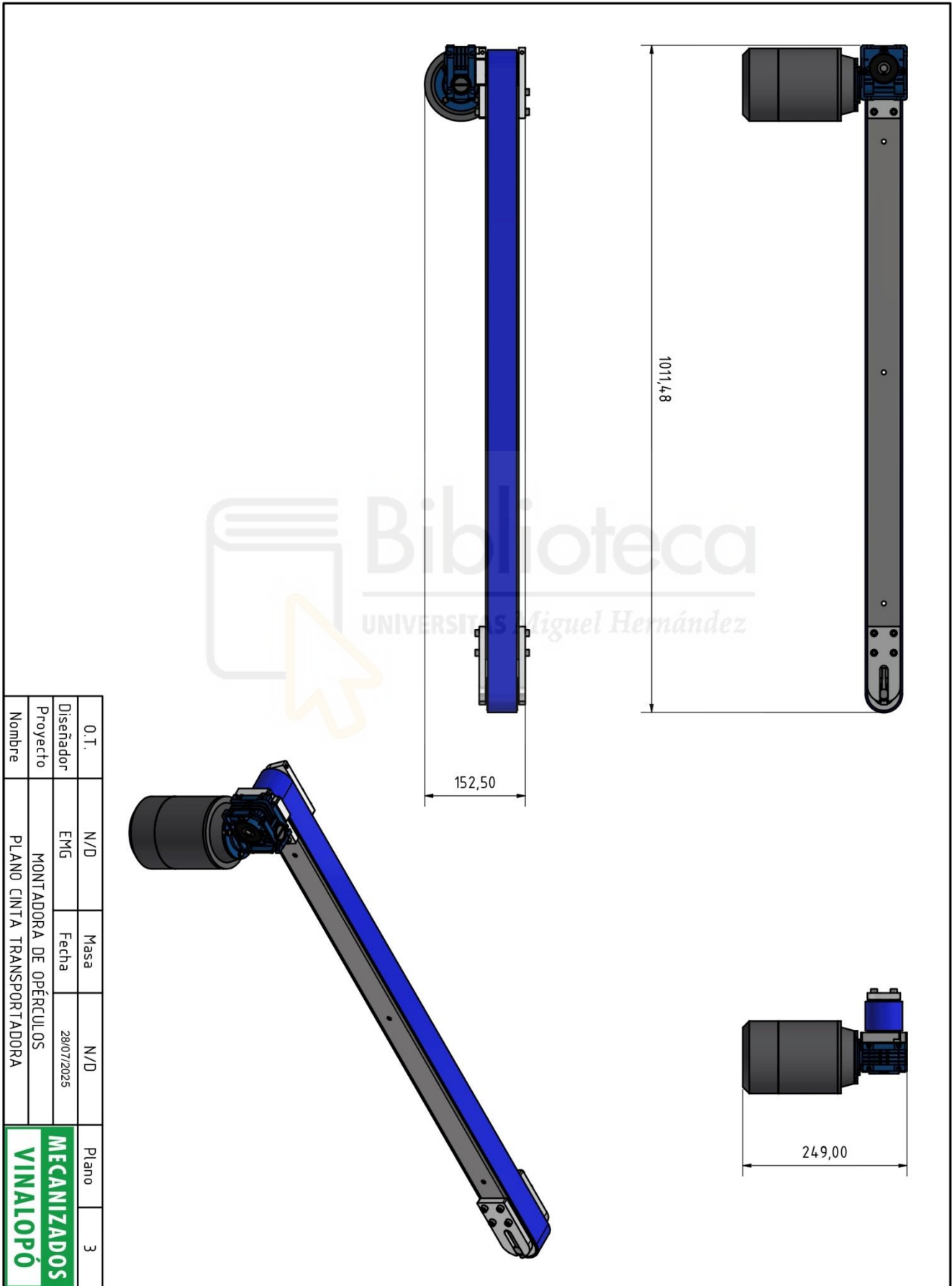
2.2 Planos 3D (Inventor):



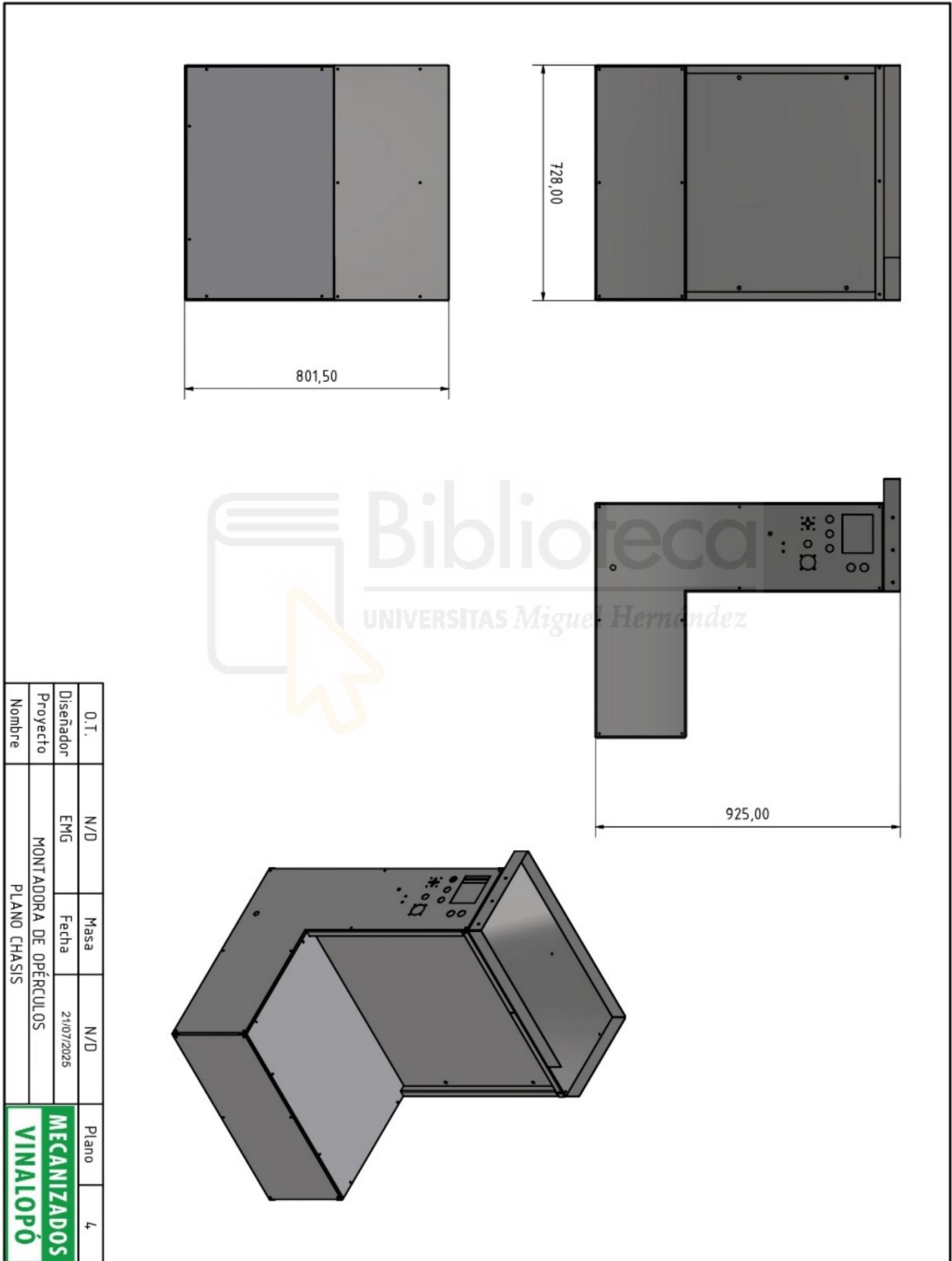
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



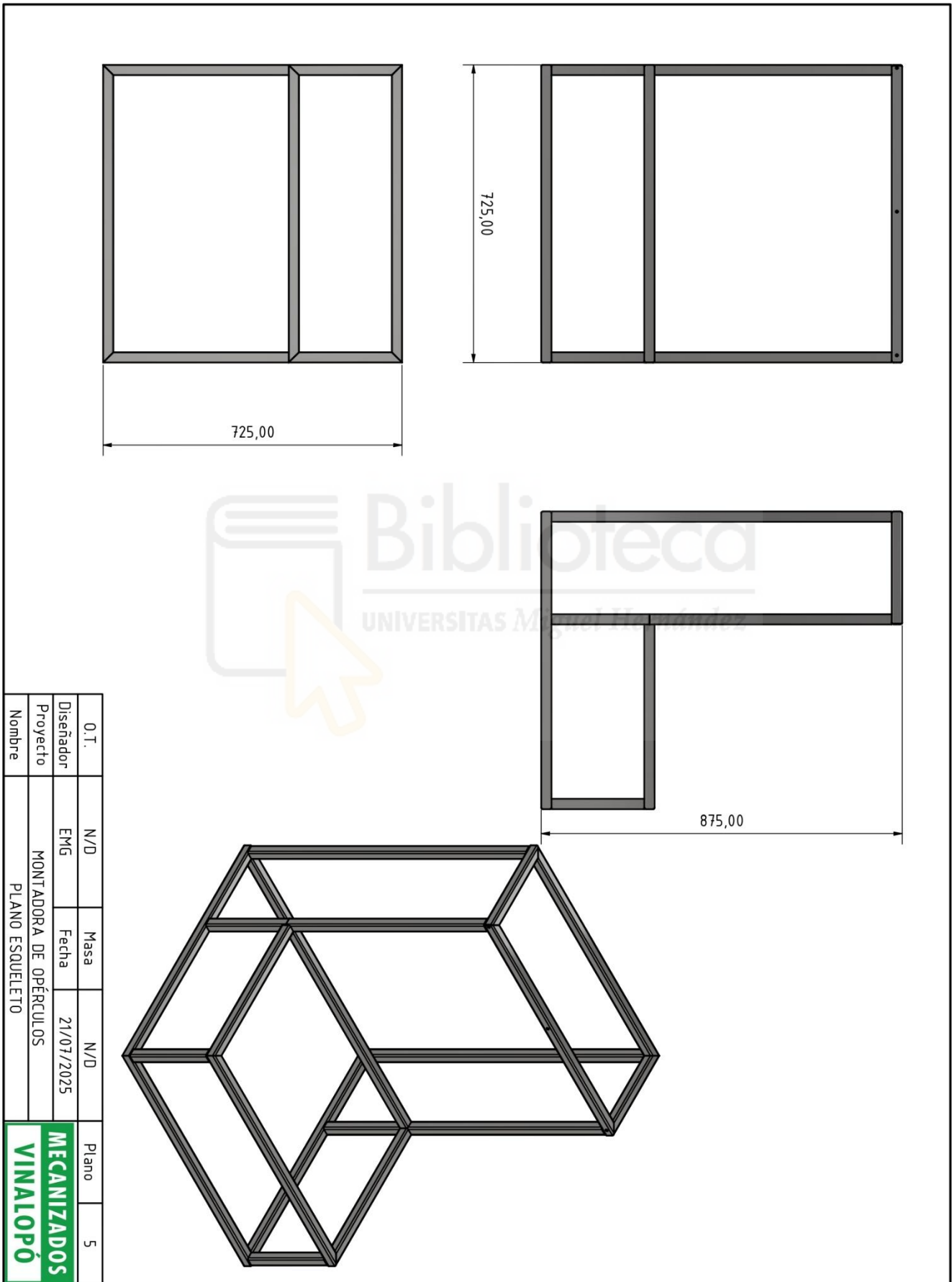
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

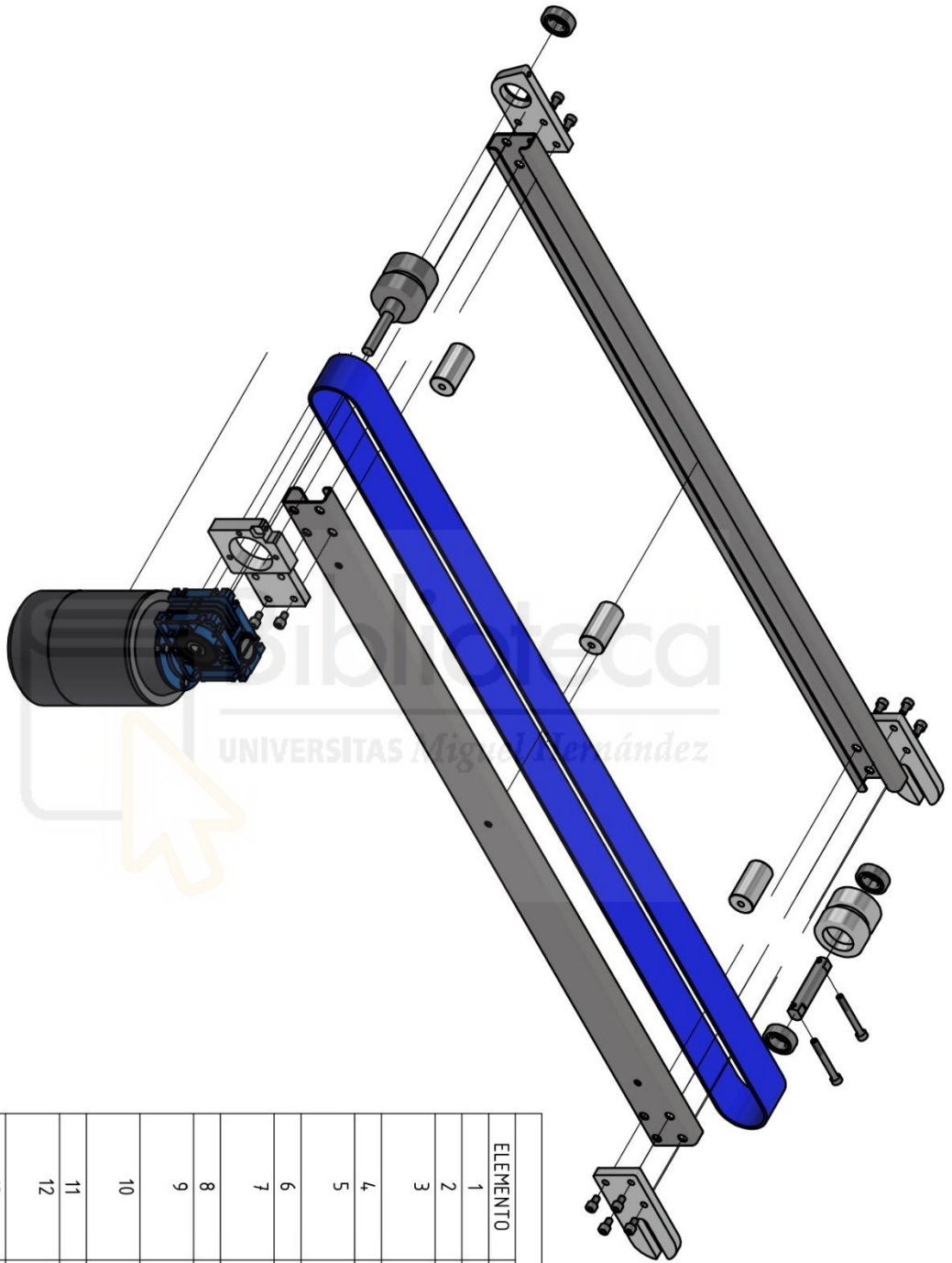


DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	BRIDA PARA CARGADOR DE OPÉRCULOS
2	1	TUBO CARGADOR DE OPÉRCULOS
3	1	ANILLO TOPE DE OPÉRCULOS
4	1	SOPORTE PARA CARGADOR DE OPÉRCULOS
5	1	SOPORTE PARA PISTÓN ROTATIVO
6	1	BASE PARA SOPORTES DEL CARGADOR DE OPÉRCULOS
7	1	CILINDRO ROTATIVO QS30X180
8	1	SOPORTE DE PISTÓN EXTRACTOR DE OPÉRCULOS
9	1	MF0160025A
10	1	SOPORTE PARA VENTOSA
11	1	BASE DE MONTAJE
12	1	PISTOLA ENCOLADORA (MS 1 CON ELECTROVALVULA)
13	1	SOPORTE DE PISTÓN ELEVADOR
14	1	BASE ELEVADORA
15	2	CILINDRO D10 C50 (AIGNEP REF. MF0100050A)
16	1	MF0120010A
17	2	TAPÓN
18	1	VENTOSA
19	1	APOYO PISTOLA
20	2	SENSOR CAP M12
21	1	APOYO SENSOR

O.T.	N/D	Masa	N/D	Plano	6
Diseñador	EMG	Fecha	19/07/2025	MECANIZADOS VINALOPÓ	
Proyecto	MONTADORA DE OPÉRCULOS				
Nombre	CARGADOR DE OPÉRCULOS EXPLOSIONADO				

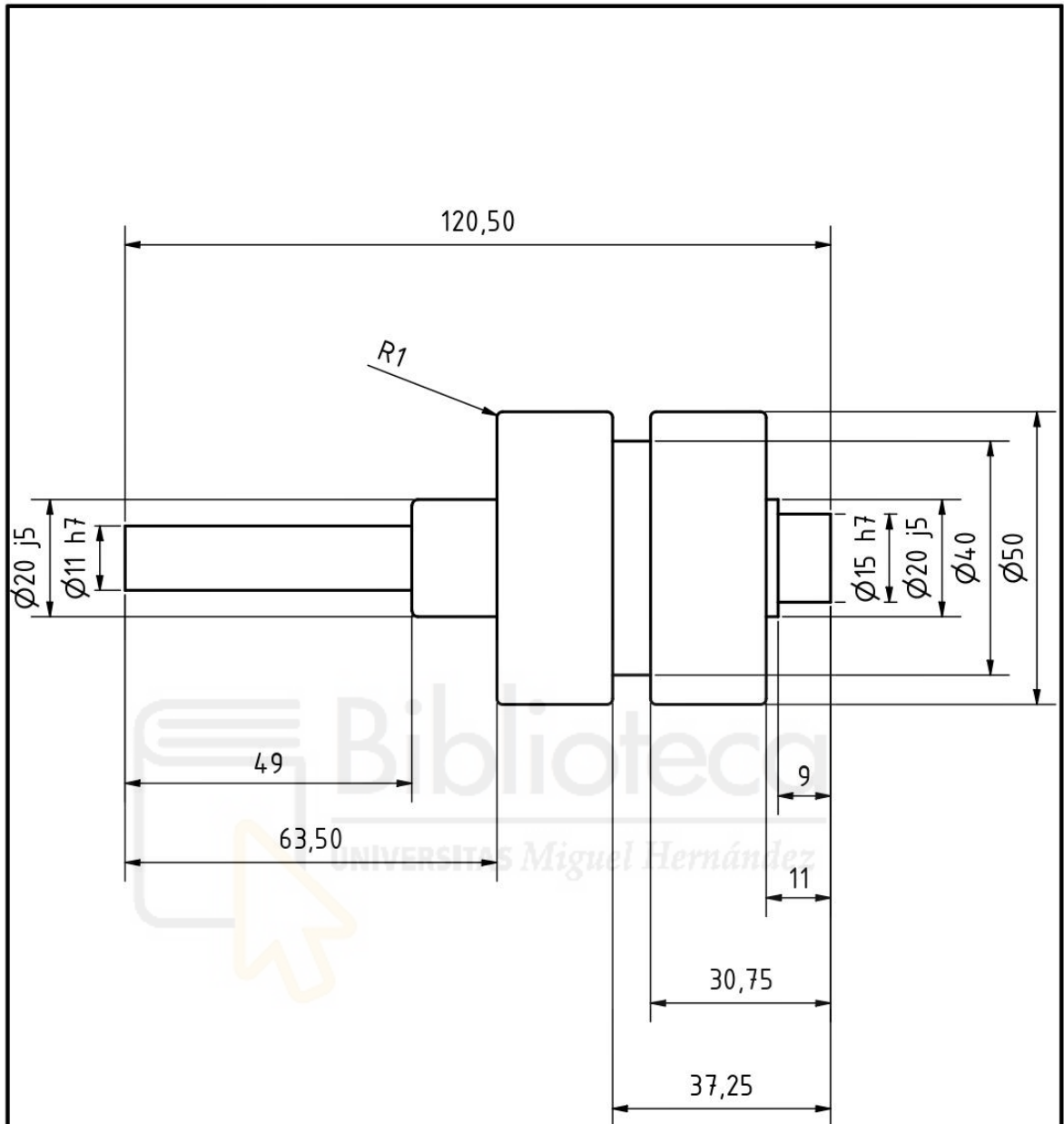
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	2	LATERAL CINTA (0122)
2	2	PLETINA TENSOR (0122)
3	1	PLETINA PORTA RODAMIENTO (0122)
4	1	RODILLO MOTRIZ (0122)
5	1	PLETINA SOPORTE DE MOTOR (0122)
6	1	GUÍA LATERAL (0122)
7	1	EJE DE RODILLO TENSOR (0122)
8	1	RODILLO TENSOR (0122)
9	1	NMRV025401121112300300 T0561
10	3	SEPARADOR DE GUÍAS (0122)
11	1	CINTA
12	3	DIN 625 SKF - SKF 6002-2RSH
13	2	AS 1420 - 1973 - M6 x 50
14	14	AS 1420 - 1973 - M6 x 10

O.T.	N/D	Masa	N/D	Plano	7
Diseñador	EMG	Fecha	28/07/2025	MECANIZADOS VINALOPÓ	
Proyecto	MONTADORA DE OPÉRCULOS				
Nombre	CINTA TRANSPORTADORA EXPLOSIONADO				



Todos los redondeos que aparecen son R1
Tolerancias generales ISO 2768 M

O.T.		Cantidad		Fecha	28/07/2025
Tratamiento		Diseñador	EMG	Escala	
Material	Acero inoxidable	Masa	N/D	Plano	
Dim. macizo		Norma		MECANIZADOS VINALOPÓ	
Proyecto	Montadora de opérculos				
Nombre	Rodillo motriz				

3. PROGRAMA PLC ISPSOFT

3.1 Objetivo del programa

El objetivo del programa es controlar el proceso de montaje de forma automática y realizar un conteo de la cantidad de tapones fabricados.

Está desarrollado en lenguaje Ladder, con un planteamiento previo mediante diagrama Grafcet. A partir de los pasos en las diferentes etapas, las cuales se ejecutan cuando se completan las condiciones de transición entre etapas, permitiendo completar el proceso de montaje.

3.2 Pantalla principal del programa

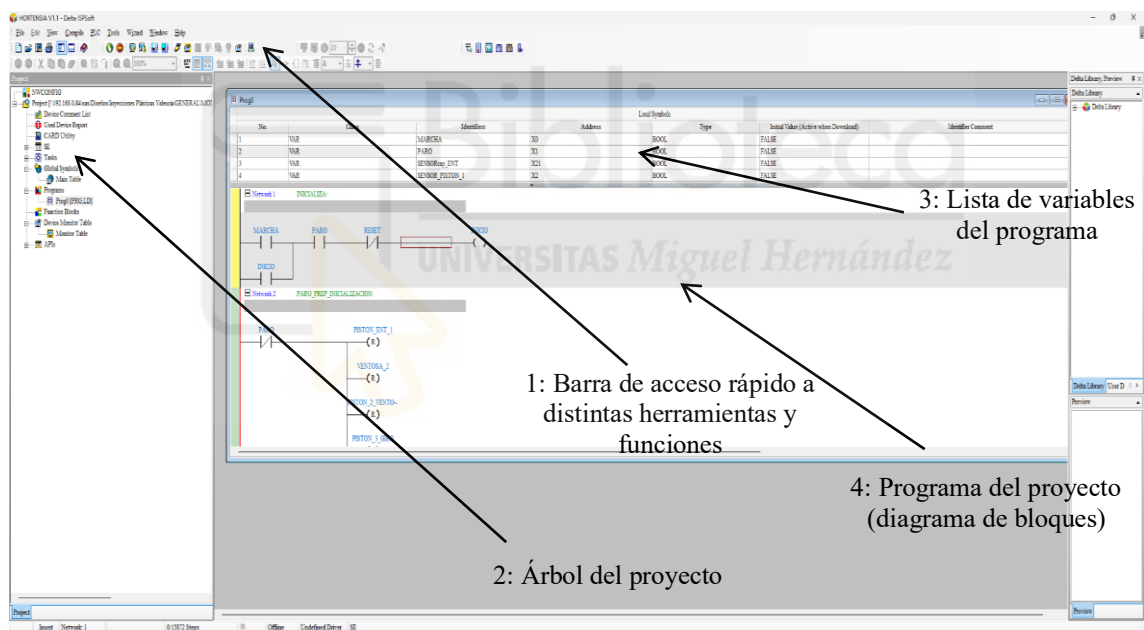


Ilustración 42: Pantalla principal al crear proyecto en ISPSOft.

Barra de acceso rápido a distintas herramientas y funciones

La barra de la parte superior de ISPSOft contiene las herramientas principales como la de crear proyectos, configuraciones, los distintos componentes para la programación, opción de verificar, simular y transferir el programa.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

El primer paso al iniciar ISPSOFT, es la creación de un nuevo proyecto (File / New / New).

Al crear el proyecto se agrega el modelo del PLC (Tools / Change PLC Types). Y se prepara la comunicación entre el PLC y PC para descargar o cargar el programa al PLC.

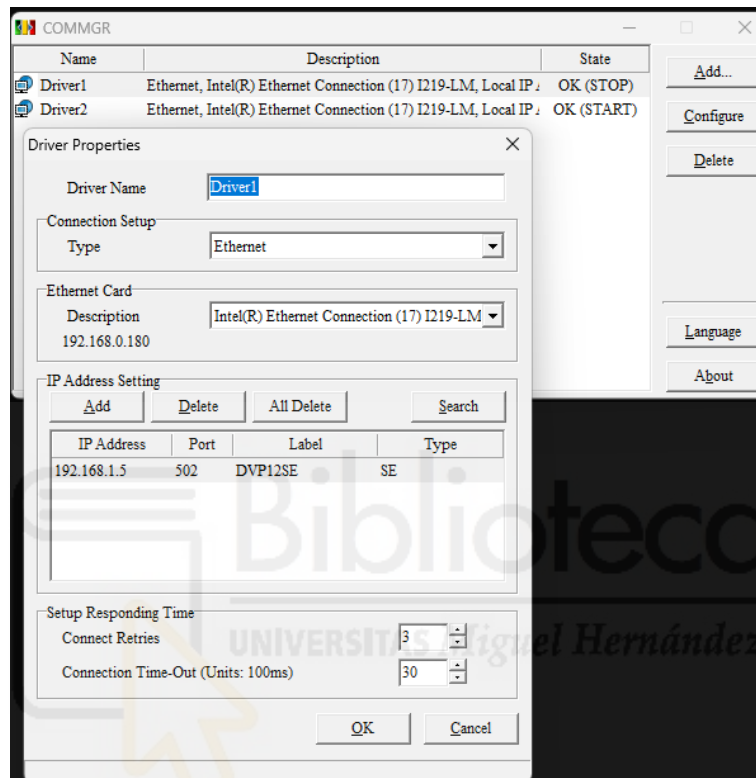


Ilustración 43: Ajustes de la configuración de comunicación

Desde el programa de COMMGR se crea y configura el Driver para poder comunicar el PLC. Al agregar un nuevo Driver (Add) aparece una ventana en la que se puede cambiar las distintas configuraciones.

Dentro de la ventana de propiedades del Driver, se puede elegir un nombre (Driver Name) y elegir el tipo de configuración (Connection Setup).

Para este proyecto se opta por la comunicación Ethernet, por ello es necesario configurar algunos parámetros de red, para poder comuniar PLC con PC.

La comunicación Ethernet usa direcciones IP, por ello se debe cumplir que:

- Dirección IP fija en el PLC.
- Los equipos no tengan la misma dirección.
- Estén en la misma subred.

La dirección IP del PC se puede cambiar desde ajustes de red y la dirección IP del PLC desde COMMGR (IP Address setting).

Para ver si todo está correcto, desde la consola de comandos de Windows (CMD), puedo ejecutar los comandos “ipconfig” para mostrar la información de la dirección IP y el comando “ping 192.168.1.5” para comprobar que la comunicación entre PLC y PC es correcta.

Una vez creado y configurado el proyecto, en la propia barra superior se proporcionan las distintas herramientas para la programación del diagrama de bloques.

Árbol del proyecto

En el panel izquierdo de la pantalla se encuentra un desplegable para acceder a todas las partes del proyecto.

- **Device Comment List:** En esta ventana se puede revisar comentarios tanto del programa como escritos por el programador sobre las distintas direcciones.

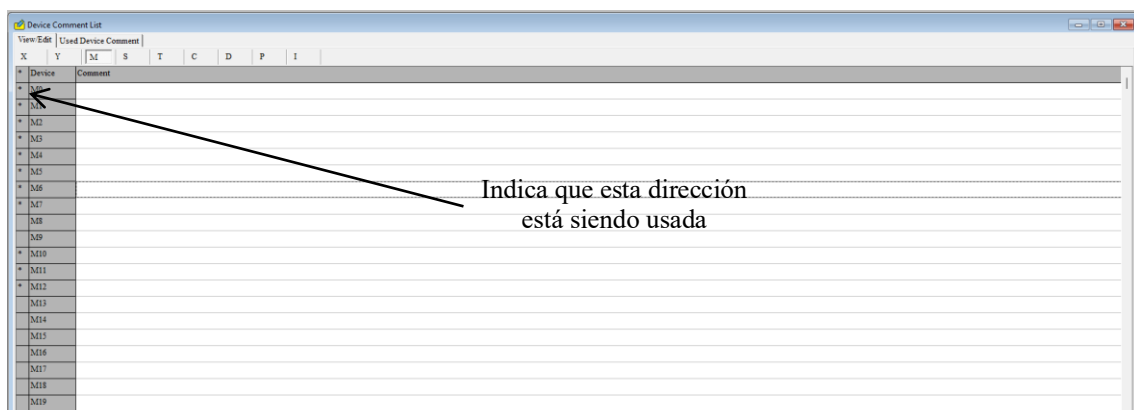


Ilustración 44: Pantalla “Device Comment List”.

- **Task:** Es de donde se puede elegir cuándo y cómo ejecutar distintos programas. Para este proyecto se ha usado un único programa principal y cíclico, repitiéndose en cada ciclo de scan.
- **Global Symbols:** Contiene la tabla con las variables globales del proyecto. La diferencia de definir variables en “Global Symbols” o en uno de los distintos programas que puede contener el proyecto, es que las variables creadas en Global Symbols” son definidas para todos los programas del proyecto.
- **Programs:** Es el centro del proyecto e incluye todos los programas del PLC. En este proyecto se usa lenguaje Ladder para programar.
- **Device Monitor Table:** Herramienta para visualizar los estados de las distintas variables, forzar valores manualmente y comprobar el funcionamiento en tiempo real.



3.3 Variables del programa

En este apartado se describen las distintas variables empleadas en el programa del PLC

No.	Class	Identifiers	Address	Type	Initial Value (Active when Download)
1	VAR	MARCHA	X0	BOOL	FALSE
2	VAR	PARO	X1	BOOL	FALSE
3	VAR	SENSORcap_ENT	X21	BOOL	FALSE
4	VAR	SENSOR_PISTON_1	X2	BOOL	FALSE
5	VAR	SENSORden_PISTON_2_VENTOSA	X3	BOOL	FALSE
6	VAR	SENSORarr_PISTON_3_GIRO	X5	BOOL	FALSE
7	VAR	SENSOR_PISTON_4_POS2	X7	BOOL	FALSE
8	VAR	SENSOR_PISTON_5_SAL	X20	BOOL	FALSE
9	VAR	COLA	Y22	BOOL	FALSE
10	VAR	PISTON_ENT_1	Y0	BOOL	FALSE
11	VAR	VENTOSA_2	Y1	BOOL	FALSE
12	VAR	PISTON_2_VENTOSA	Y2	BOOL	FALSE
13	VAR	PISTON_3_GIRO	Y3	BOOL	FALSE
14	VAR	PISTON_4_POS2	Y20	BOOL	FALSE
15	VAR	PISTON_5_SAL	Y21	BOOL	FALSE
16	VAR	Cmax	D0	WORD	0
17	VAR	INICIO	M0	BOOL	FALSE
18	VAR	ETAPA_1	M1	BOOL	FALSE
19	VAR	CONT	D1	WORD	0
20	VAR	ETAPA_2	M2	BOOL	FALSE
21	VAR	ETAPA_3	M3	BOOL	FALSE
22	VAR	ETAPA_4	M4	BOOL	FALSE
23	VAR	ETAPA_5	M5	BOOL	FALSE
24	VAR	ETAPA_6	M6	BOOL	FALSE
25	VAR	ETAPA_7	M7	BOOL	FALSE
26	VAR	RESET	M100	BOOL	FALSE
27	VAR	SENSORfue_PISTON_2_VENTOSA	X4	BOOL	FALSE
28	VAR	SENSORaba_PISTON_3_GIRO	X6	BOOL	FALSE
29	VAR	SENSORcap_OPERCULOS	X22	BOOL	FALSE
30	VAR	ETAPA_8	M10	BOOL	FALSE
31	VAR	ETAPA_9	M11	BOOL	FALSE
32	VAR	ETAPA_10	M12	BOOL	FALSE

Ilustración 45: Variables PLC.

Se han utilizado distintos tipos de direcciones:

- **Entradas digitales (X):** Se usa para representar las señales que vienen del exterior como los pulsadores, interruptores y sensores de la máquina. Son solo para lectura y están asociadas a las entradas físicas de PLC o módulo de expansión.

Son de tipo BOOL, usan 1 bit de la memoria y solo pueden tener dos estados posibles (true=1 o false=0).

Las direcciones de X0 hasta X7 pertenecen a las entradas del DVP12SE11TS. Y en el módulo de expansión DVP16SP11TS usa las direcciones X20 hasta X27. Al funcionar la dirección en base octal va de 0 a 7. Y en la dirección de memoria están reservado los bits desde X0-X377.

Estas variables permiten conocer el estado de la máquina y usarlo como condiciones para las transiciones en las etapas. Actualizándose en cada ciclo.

- **Salidas digitales (Y):** Son las variables encargadas de activar los distintos elementos de la máquina, como las electroválvulas que accionan la neumática de los pistones, ventosa y dosificador de cola. Son las señales que controlara el programa y están asociadas a las salidas físicas del PLC o módulo de expansión.

Igual que con las entradas digitales, las salidas digitales también son de tipo BOOL.

Las direcciones de Y0 hasta Y3 pertenecen al total de salidas del DVP12SE11TS. Y en el módulo de expansión DVP16SP11TS usa las direcciones Y20 hasta Y27. Al funcionar la dirección en base octal va de 0 a 7. Y en la dirección de memoria están reservado los bits desde Y0-Y377

En función de la etapa en la que se encuentra, activara o desactivara las distintas salidas.

- **Marcas internas (M):** Son variables internas que no están asociadas a ninguna señal física del PLC. En el programa se usa para definir etapas y poder estructurar el programa de forma clara.

Son de tipo BOOL, lo cual ayuda a obtener mayor rapidez y eficiencia en el programa

El rango de memoria que ocupa va desde M0-M511, M768-M999, M2000-M2047 para marcas de uso general y M512-M767, M2048-M4095 para marcas latched. Por último, las marcas de M1000-M1999 son marcas de uso especial del sistema.

- **Temporizador (T):** Son bloques de control de tiempo con lógica interna del PLC, que contienen un contador de tiempo, bit de estado (ON, OFF) y usa la unidad de tiempo milisegundos (ms). Se usan en bloques TMR.

Son de tipo WORD, usan 16 bits que pueden ser un número decimal, número con signo, 16 estados distintos (ON, OFF), valores analógicos o para guardar parámetros.

- **Registro de datos (D):** Son variables para almacenar datos. Los datos almacenados se pueden usar en distintas operaciones como comparación, sumas...

Son de tipo WORD, usan 16 bits que pueden ser un número decimal, número con signo, 16 estados distintos (ON, OFF), valores analógicos o para guardar parámetros.

3.4 Explicación del programa

El programa cargado en el PLC es el encargado de ejecutar y coordinar todos los procesos para el montaje de los opérculos en los tapones.

A partir de un esquema principal planteado previamente en un diagrama Grafcet, se crea la idea para estructurar el programa. Aparecen distintas network con las distintas etapas que completan el programa. Unas networks encargadas de validar las condiciones para activar las distintas etapas. Y otras networks encargadas únicamente de activar las distintas salidas, temporizadores o conteos.

El programa empieza con las tres primeras networks encargadas de controlar el arranque y los dos distintos tipos de parada, una parada normal y otra que aparte de parar el montaje reinicia el contador.

Network 1: Se utilizan tres señales principales. Dos pulsadores, un pulsador de marcha NO que al pulsar cierra el circuito y un pulsador de parada NC que al ser pulsado abra el circuito. El tercer contacto es el pulsador situado en la pantalla HMI de forma digital y NO.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Con esto se consigue activar la marca de INICIO al pulsar marcha, siempre que no esté activa el paro o reset.

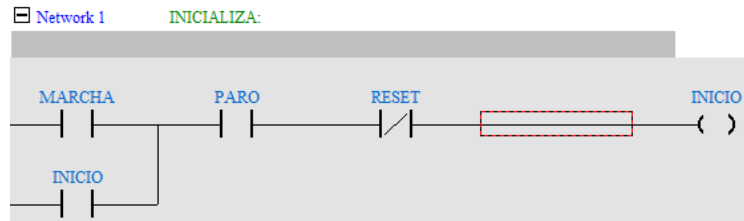


Ilustración 46: Network 1.

Network 2 y Network 3: La función en este network es la de detener el proceso y dejar todas las salidas y etapas a un estado de inicialización. Solo hay una diferencia y es para reiniciar las variables encargadas contar la cantidad de tapones. Por ello en el Network 3 se usa un bloque “MOV”, moviendo el contenido de S a D una vez se active el bloque.

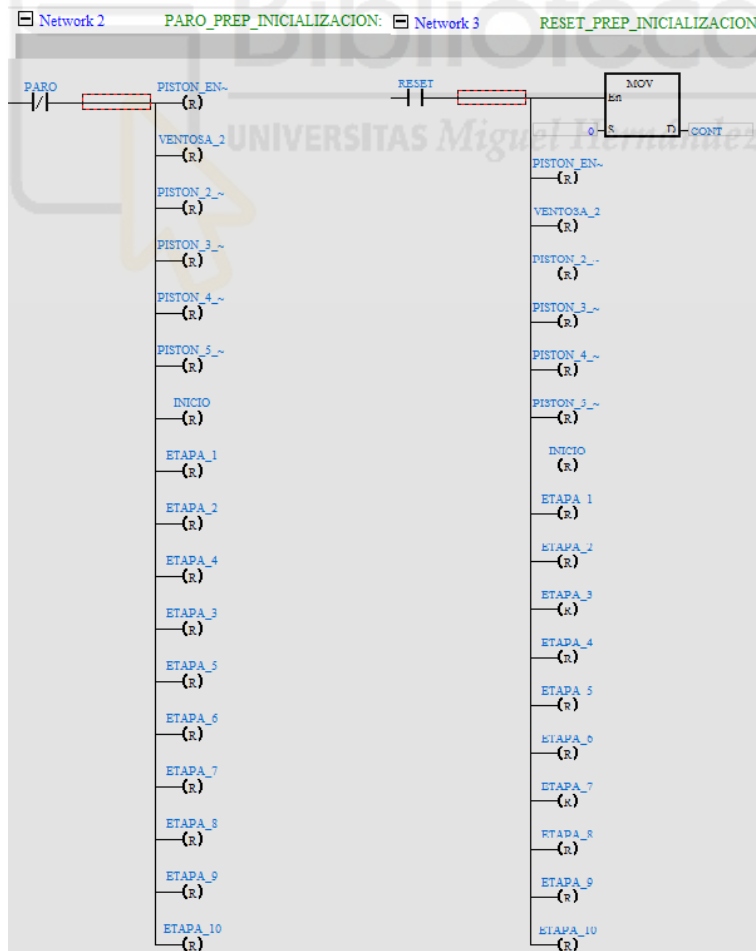


Ilustración 47: Network 2 y Network 3.

Network 4: A lo largo del programa se verán 10 network con el mismo estilo. Se encarga de activar la siguiente etapa siempre que se cumplan las condiciones.

Con la ayuda de los distintos sensores instalados, se revisa que todos los componentes físicos estén en su posición de inicio. Y a su vez que no haya ninguna etapa activa al mismo tiempo.

Una vez todas las condiciones son correctas activa la etapa siguiente y desactiva la etapa anterior, consiguiendo que siempre quede únicamente una etapa activa.

Aparte de los distintos contactos, consta de un bloque “Contact Comparison” encargado de activar la salida Q siempre que $S1 < S2$.

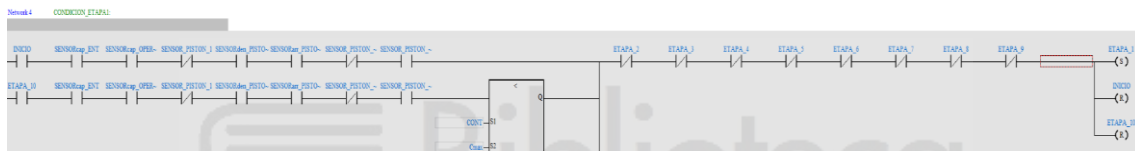


Ilustración 48: Network 4.

Network 5: Igual que con la network anterior se verán 10 network con el mismo estilo. Se encarga de ejecutar las acciones de salida del PLC de la ETAPA_1.

- Activa la dosificación de cola, que se activara con un tiempo de espera controlado por un bloque “TMR”, ayudando a que la cola dosifique una vez el tapón está posicionado y centrado respecto el dosificador, evitando cualquier movimiento o mal ajuste.
- Activa la succión de la ventosa.
- Activa el pistón de la ventosa, subiendo la ventosa hacia el cargador de opérculos y así obtener el opérculo para la siguiente etapa.

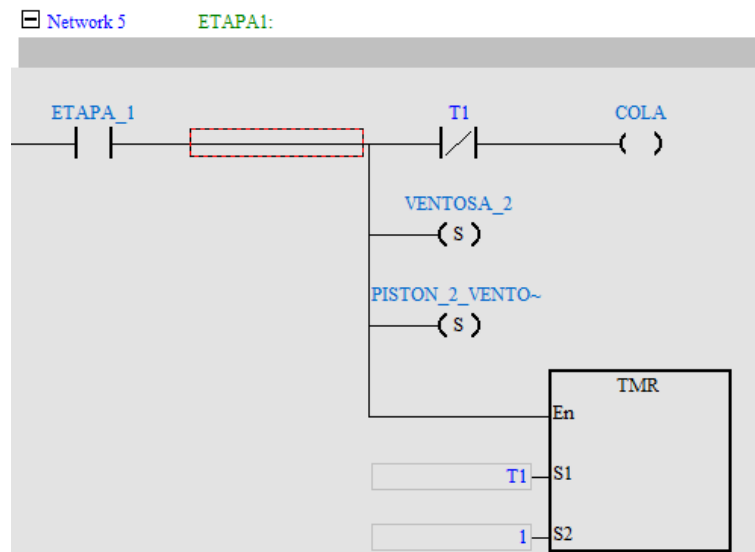


Ilustración 49: Network 5.

Network 6: Se encarga de comprobar las condiciones para la ETAPA_2.

Comprueba que los movimientos de la ETAPA_1 se hayan activado. Con un sensor en el extremo del pistón con ventosa, revisa que este activo. Y también que haya pasado el tiempo de retardo para la dosificación de la cola.

La rama inferior con un único contacto llamado “ETAPA_2” sirve para que si aún no se ha completado las condiciones de la siguiente etapa (ETAPA_3), siga dentro de la ETAPA_2.

Además, comprueba que solo hay una etapa activa.

Y una vez completadas todas las condiciones, activa la etapa siguiente y desactiva la anterior.

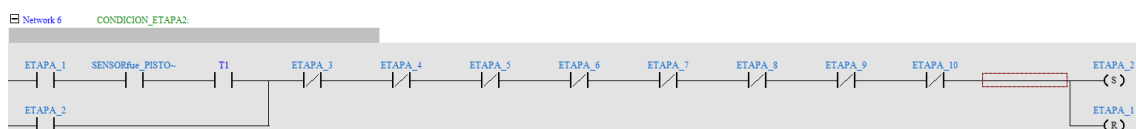


Ilustración 50: Network 6.

Network 7: Se encarga de ejecutar las acciones de la salida del PLC de la ETAPA_2.

- Activa el pistón que mueve el tapón a la siguiente posición.
- Desactiva el pistón con la ventosa, retirando el opérculo quedando succionado con la ventosa y listo para el giro que se efectuara en la ETAPA_3.

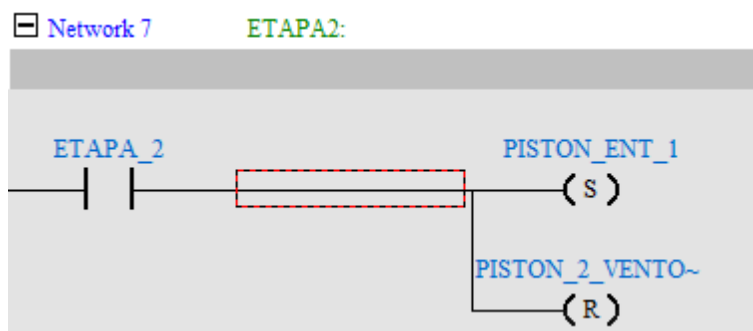


Ilustración 51: Network 7.

Network 8: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_3.

Que son comprobar con los sensores reed ubicados en los extremos de los pistones.

Y también que solo haya una etapa activa a la vez.

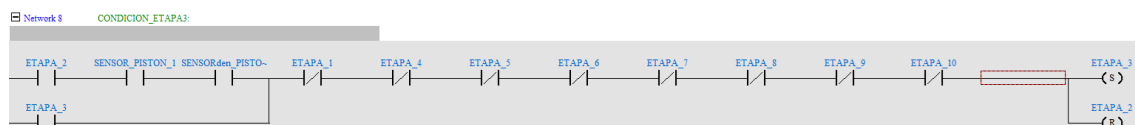


Ilustración 52: Network 8.

Network 9: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_3.

- Un pistón rotatorio girará el pistón con la ventosa que contiene el opérculo. Dejándolo posicionado justo encima del tapón, que previamente se había movido de posición.

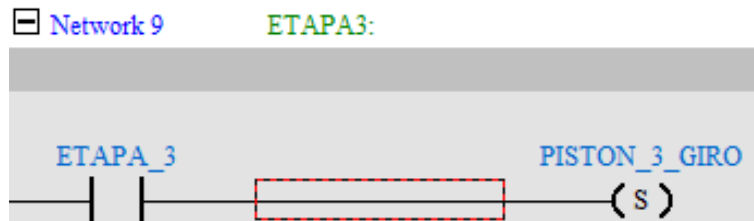


Ilustración 53: Network 9.

Network 10: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_4.

Debe comprobar que el pistón rotativo haya finalizado el giro de 180° y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.



Ilustración 54: Network 10.

Network 11: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_4.

- Desactiva el pistón encargado de mover el tapón de posición que se había activado en la ETAPA_2.
- Activa el pistón con ventosa que sujeta el opérculo, colocando con precisión el opérculo sobre el tapón. Y con un bloque “TMR” permanece presionando el opérculo 0,2 segundos sobre el tapón con cola que previamente se había dosificado para conseguir una adherencia perfecta.
- Desactiva la succión de la ventosa para soltar el opérculo.

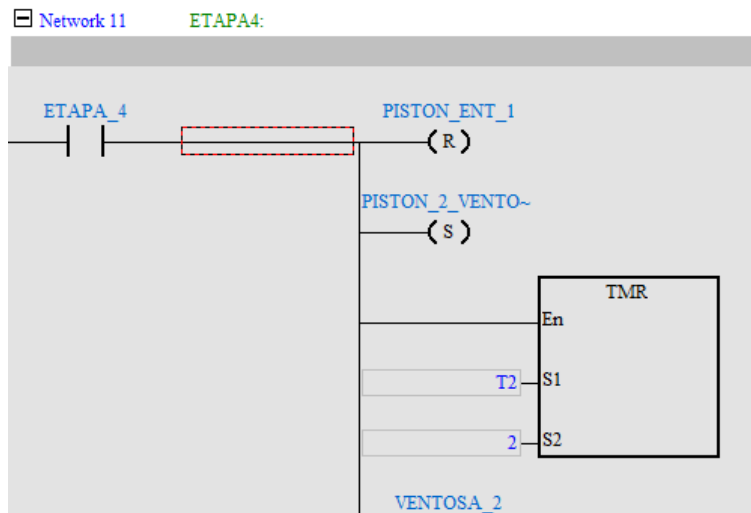


Ilustración 55: Network 11.

Network 12: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_5.

Debe comprobar que el pistón de cambio de posición se haya retirado, el pistón con ventosa se haya activado, hayan pasado los 0,2 segundos y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.



Ilustración 56: Network 12.

Network 13: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_5.

- Desactiva el pistón con ventosa, quedando listo para el giro y liberar el tapón ya con el opérculo insertado.

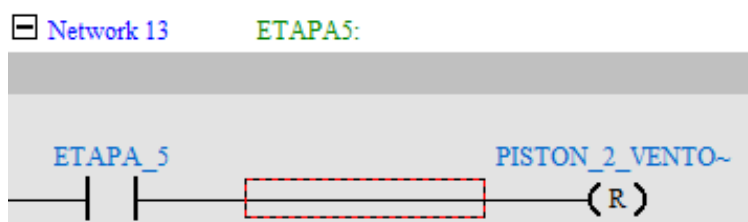


Ilustración 57: Network 13.

Network 14: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_6.

Comprueba que el pistón con ventosa se haya retirado y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.

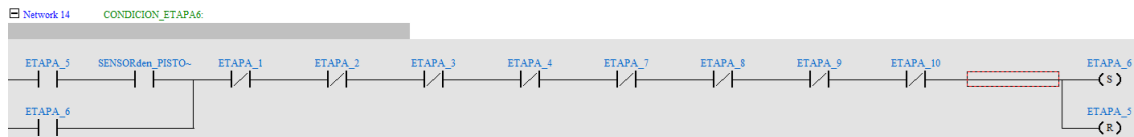


Ilustración 58: Network 14.

Network 15: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_6.

- Desactiva el pistón rotatorio para volver a su posición de origen.

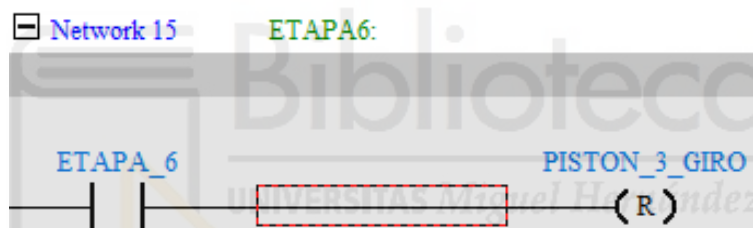


Ilustración 59: Network 15.

Network 16: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_7.

Comprueba que el pistón rotatorio haya girado el pistón con ventosa apuntando hacia arriba y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.

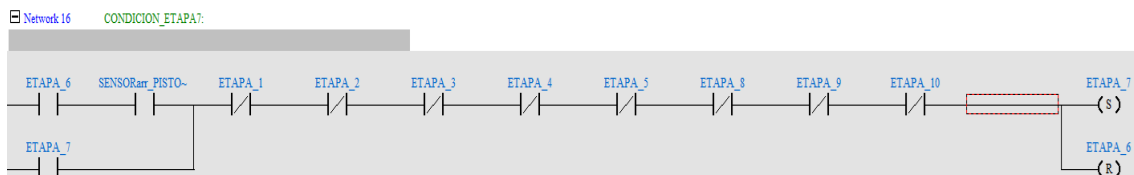


Ilustración 60: Network 16.

Network 17: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_7.

- Activa el pistón encargado de subir la plataforma para expulsar el tapón finalmente ensamblado.
- Con un bloque “TMR” espera 0,2 segundos, debido al rebote o movimiento que pueda hacer el tapón al levantar la base.

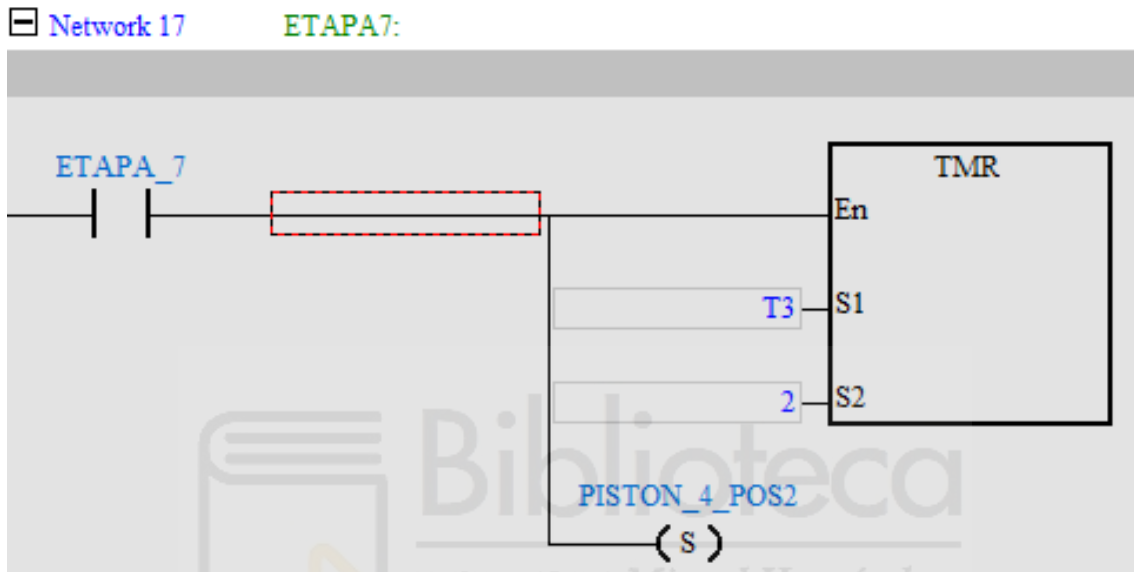
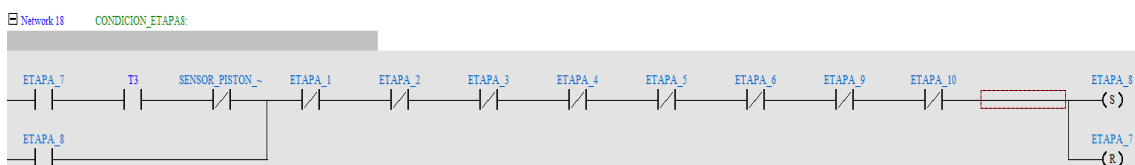


Ilustración 61: Network 17.

Network 18: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_8.

Comprobar que la base se haya elevado, también que haya pasado el tiempo de 0,2 segundos y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.



Captura 62: Network 18.

Network 19: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_8.

- Activa el pistón que expulsa el tapón ensamblado.

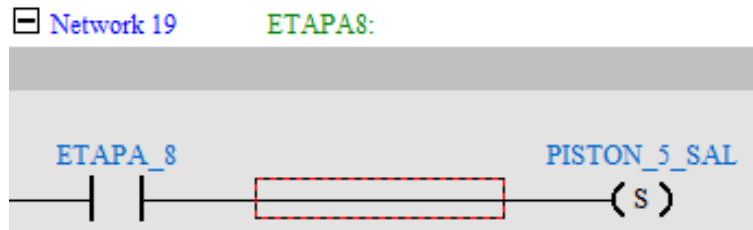


Ilustración 63: Network 19.

Network 20: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_9.

Comprueba que el pistón se haya activado expulsando al tapón y que no haya más de una etapa conectada en simultaneo.

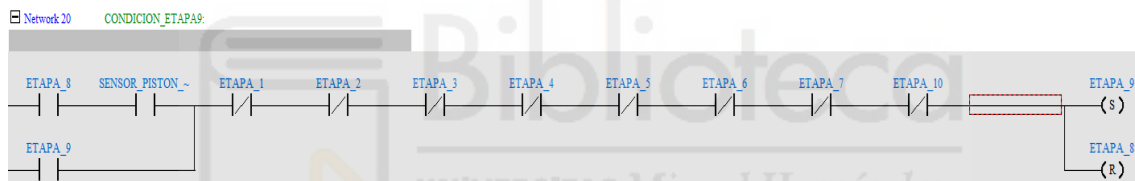


Ilustración 64: Network 20.

Network 21: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_9.

- Desactiva el pistón que sirve para expulsar el tapón ensamblado.

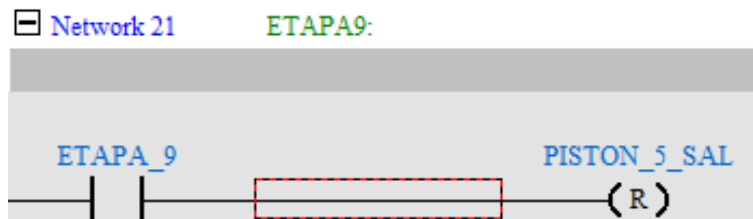


Ilustración 65: Network 21.

Network 22: Comprueba las condiciones para pasar a la ETAPA_10.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Comprueba que el pistón se haya desactivado provocando la retracción del pistón dando lugar a dejar libre la posición para el siguiente pistón. También comprueba que no haya más de una etapa conectada en simultaneo

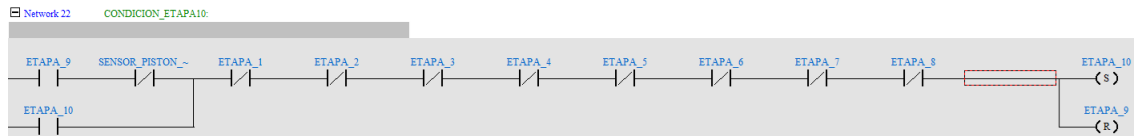


Ilustración 66: Network 22.

Network 23: Ejecuta la acción de la salida del PLC de la ETAPA_10.

- Suma un tapón al contador de tapones fabricados que aparecerá por pantalla.
- Desactiva el pistón para bajar la base de la segunda posición.

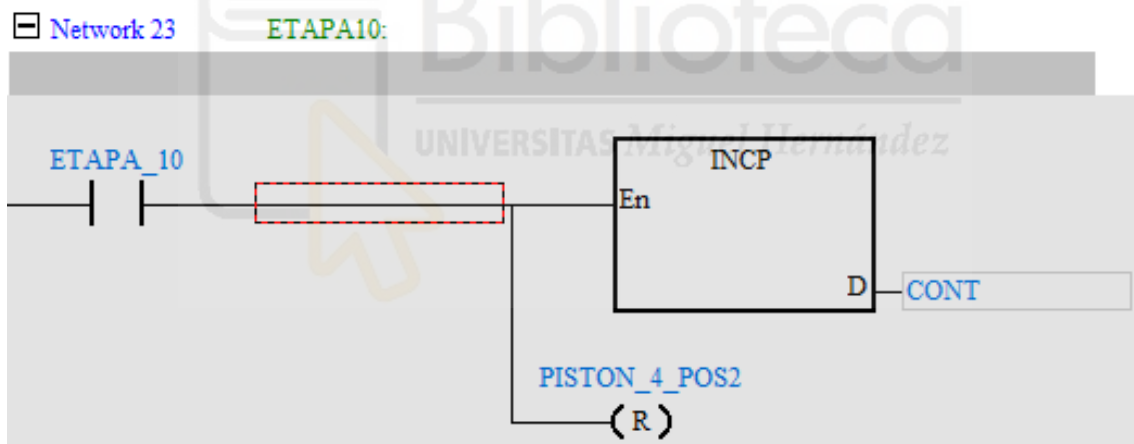


Ilustración 67: Network 23.

4. PROGRAMA HMI DIASCREEN

4.1 Objetivo del programa

Para desarrollar la interfaz hombre-máquina (HMI) se usa el programa de la empresa Delta Electronics DIAScreen, utilizada para el diseño gráfico, configuración y programación para la pantalla táctil HMI DELTA DOP103DQ.

El objetivo del programa HMI es:

- Visualizar por pantalla un contador de la cantidad de tapones fabricados.
- Elección y visualización de la cantidad de tapones que se quiere fabricar, para que al llegar al número deseado se detenga el proceso de fabricación.
- Un botón digital para reiniciar el contador.

4.2 Pantalla principal del programa

Barra de acceso rápido a las distintas herramientas y funciones

La interfaz del programa se compone de distintas subventanas ubicadas en la zona superior (General, Project, Elements, Data Management, IIoT, View y Tools).

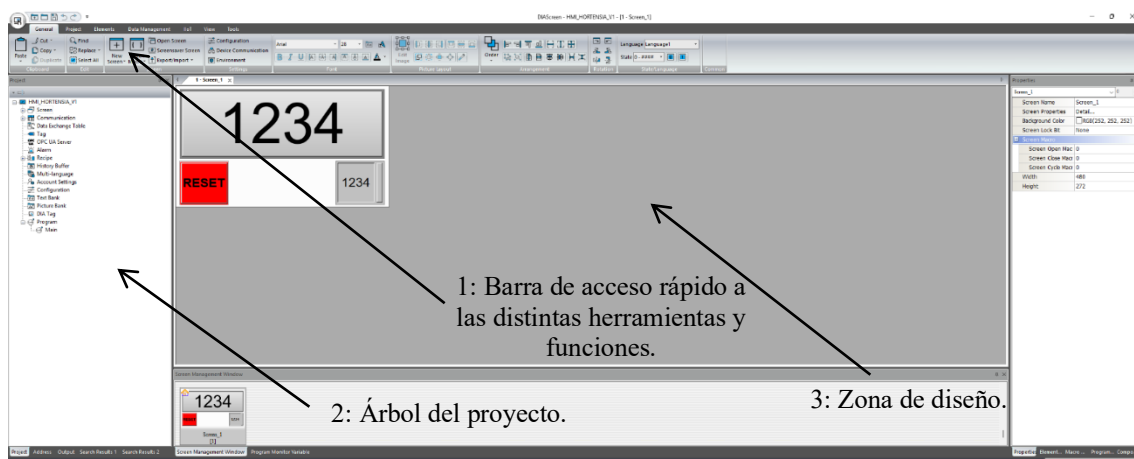


Ilustración 68: Pantalla principal al crear proyecto en DIAScreen.

Desde esta barra se da acceso a las distintas zonas:

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

- **Crear / Guardar / Abrir Proyecto:** Lo primero al iniciar un nuevo programa es la creación de un nuevo proyecto (New Project).

Al crear el proyecto se debe elegir el modelo de HMI (Delta DOP103DQ) y completar la configuración:

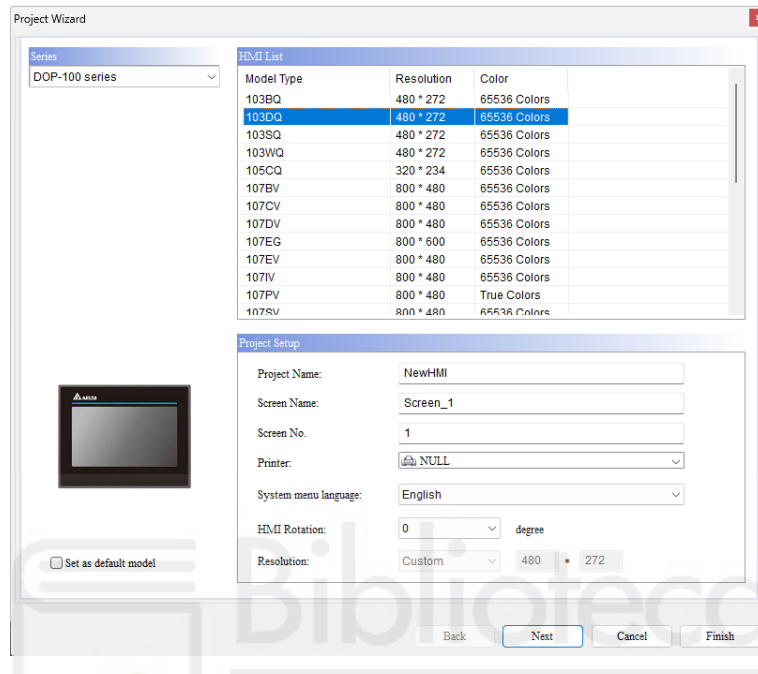


Ilustración 69: Elección de HMI al crear nuevo proyecto.

Al elegir la pantalla se pide también el tipo de comunicación, para que la HMI pueda leer y escribir datos del PLC. Se utiliza comunicación Ethernet, protocolo Modbus TCP.

Modbus es un protocolo maestro-esclavo, el PLC actúa como servidor mientras la HMI actúa como cliente. Todo a través de la red Ethernet, por ello para que funcione deben tener la misma subred (192.168.X.X), misma máscara de red (255.255.255.0), mismo puerto (puerto 502) y conectados por cable ethernet estándar RJ45.

La conexión Modbus TCP/IP al usar cables RJ45 o fibra óptica da mucha mayor velocidad y rendimiento que con la comunicación Modbus RTU. También Modbus TCP/IP permite verificación de errores y conexiones simultáneas entre maestro y esclavo.

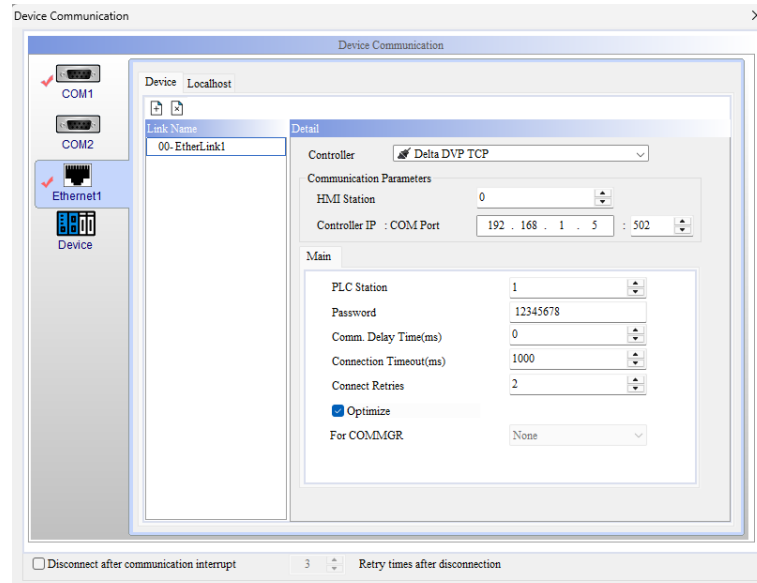
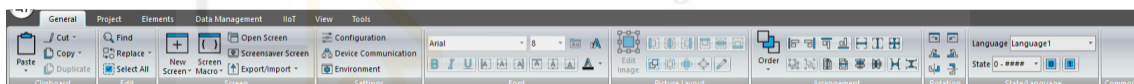


Ilustración 70: Configuración para tipo de comunicación de HMI.

- **General:** Agrupa las funciones básicas relacionadas con la gestión inicial del proyecto y el acceso rápido a las herramientas más utilizadas durante el desarrollo de la interfaz HMI.



Captura 71: General.

- **Project:** Agrupa las funciones como la compilación, simulación y descarga del proyecto.



Ilustración 72: Project.

- **Elements:** Contiene todos los bloques de componentes gráficos y funcionales para la HMI. Es de donde se construye visualmente la interfaz.

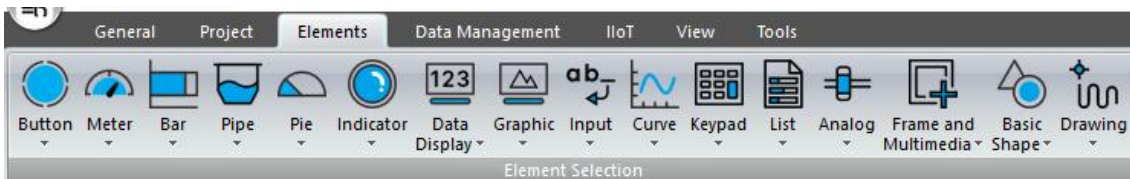


Ilustración 73: Elements.

Árbol del proyecto

El desplegable situado a la izquierda, sirve para acceder a todos los elementos que componen el proyecto.

- **Screen:** Es el apartado donde se diseñan y organizan las pantallas del proyecto. Para este proyecto se ha utilizado una única pantalla, pero podrían añadirse pantallas extra con la opción de comunicarse entre ellas.
- **Communication:** Se configura la comunicación entre HMI y PLC.
- **Tag:** Sirve para declarar las variables y mantener todo más organizado.
- **Alarm:** Permite configurar alarmas y asociarlas a bits o registros del PLC.
- **Configuration:** Contiene la configuración general del proyecto (modelo de HMI, parámetros de sistema, ajustes).
- **Picture Bank:** Sirve para almacenar las imágenes utilizadas en el diseño de la HMI.

Zona de diseño

La zona de diseño es el área central donde se insertan, posicionan y configuran todos los elementos gráficos de la HMI.

4.3 Variables del programa

Las variables utilizadas en DIAScreen no se crean directamente en la pantalla, sino que se vinculan a las variables ya definidas desde el programa ISPSoft.

Dependiendo del tipo de comunicación utilizada, se debe definir de una forma u otra dentro de los distintos elementos de la pantalla. Por ejemplo, para la comunicación Modbus TCP/IP mediante cable ethernet a la hora de definir la variable a utilizar en los diferentes elementos se debe empezar con **{EtherLink1}1@XX**, donde XX es el nombre de la variable del programa ISPSoft o el definido en el programa DIAScreen.

Las variables que se han usado han sido:

- Cmax (D0): Es del tipo WORD, ideal para almacenar valores numéricos, comparaciones y visualizarse en formato decimal.

La variable se usa para almacenar el valor de número máximo de tapones a fabricar, introducido desde el elemento “Numeric Entry”.

- CONT (D1): Es del tipo WORD, ideal para almacenar valores numéricos, comparaciones y visualizarse en formato decimal.

La variable se usa para almacenar el valor tapones fabricados en cada momento.

- RESET (M100): Es del tipo de BOOL, siendo una marca interna y usada para un botón de estado ON u OFF.

La variable se usa para un botón de RESET.

4.4 Bloques utilizados del programa

Para el diseño y programación de la HMI se han utilizado tres elementos:

- **Numeric Display:** Es el bloque que muestra en tiempo real el número de tapones fabricados.

Al insertar el elemento en la pantalla de la zona de diseño, dando doble clic se entra en la configuración. Lo principal a configurar es la elección del tipo de dato (Word), formato para visualizar (Unsigned Decimal), el número de dígitos que quieres (4) y la dirección de la variable que se utilizará para leer es D1.

El bloque realiza una lectura cíclica de la dirección D1 del PLC mediante Modbus TCP/IP y cada vez que el PLC actualiza el valor del contador de tapones fabricados (CONT), se reflejara por la pantalla.

El tipo Word tiene 16 bits de memoria y puede almacenar números enteros sin signo de 0 a 65535.

Este bloque es exclusivamente de lectura y no modifica nada de la variable D1.

La pestaña de configuración también dispone en distintas subventanas dentro de la configuración para diseñar el estilo, texto, formas, colores...

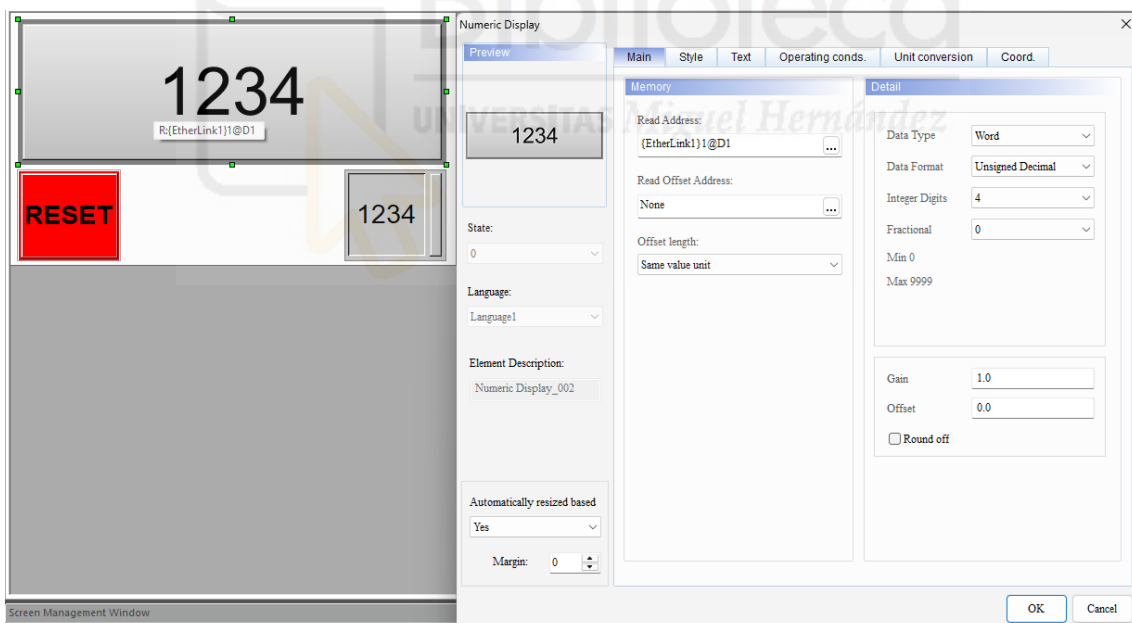


Ilustración 74: Configuración Numeric Display.

- **Momentary Switch:** Es el botón digital configurado que funciona como un pulsador (Momentary) y solo activa variables mientras está pulsado.

Al insertar el elemento en la pantalla de la zona de diseño, dando doble clic se entra en la configuración. Lo principal a configurar es la elección del tipo de dato (Bit interno del PLC tipo marca).

Al pulsar el botón la HMI escribe un “1” en la marca M100 y al soltar un “0”. Se usa para reiniciar el contador al pulsar el botón. Como solo necesita un estado binario (0/1) y no guarda ningún valor numérico el tipo Bit es ideal.

La pestaña de configuración también dispone en distintas subventanas dentro de la configuración para diseñar el estilo, texto, formas, colores...

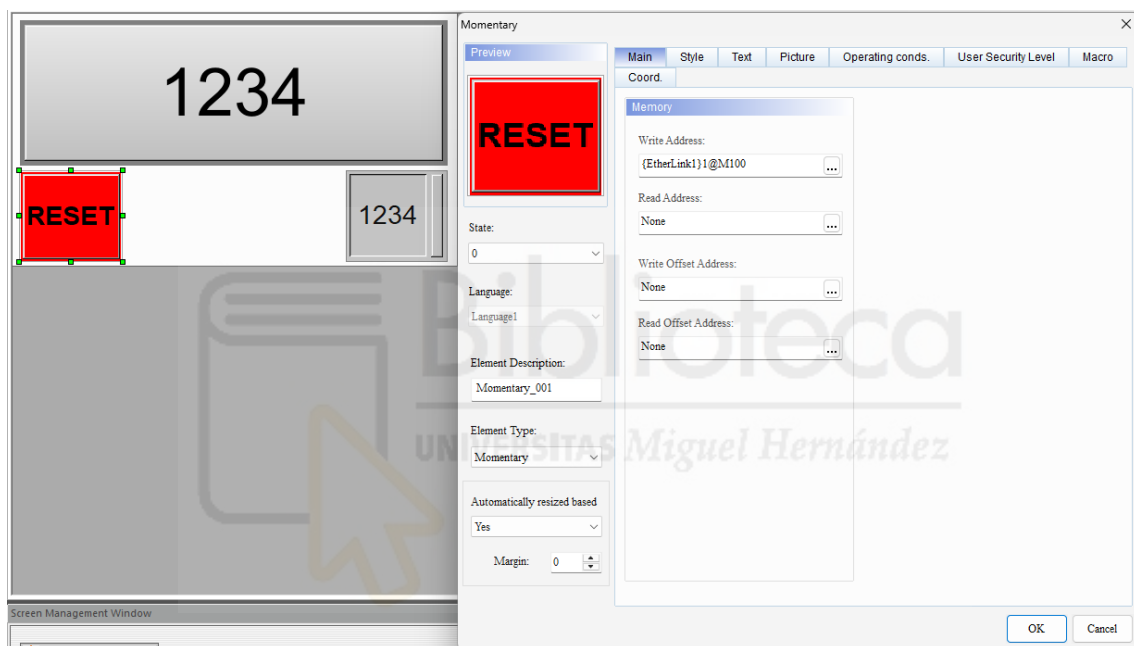


Ilustración 75: Configuración Momentary Switch.

- **Numeric Entry:** Este elemento permite al operario introducir la cantidad máxima de taponos a fabricar, usándose de tope para cuando el contador llegue a la cantidad máxima la máquina pare de fabricar taponos.

Al insertar el elemento en la pantalla de la zona de diseño, dando doble clic se entra en la configuración. Lo principal a configurar es la elección del tipo de dato (Word), formato para visualizar (Unsigned Decimal), el número de dígitos que quieres (4) y la dirección de la variable que se utilizará para leer es D0.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL MONTAJE DE OPÉRCULOS EN TAPONES MEDIANTE UN PLC

Desde la HMI se escribe el valor en la dirección D0 del PLC. Ese valor será usado para comparar con el contador en el programa del PLC.

El bloque realiza lectura y escritura cíclica de la dirección D0 del PLC mediante Modbus TCP/IP. El valor se utiliza en el PLC para comparar con el contador.

El tipo Word tiene 16 bits de memoria y puede almacenar números enteros sin signo de 0 a 65535.

La pestaña de configuración también dispone en distintas subventanas dentro de la configuración para diseñar el estilo, texto, formas, colores...

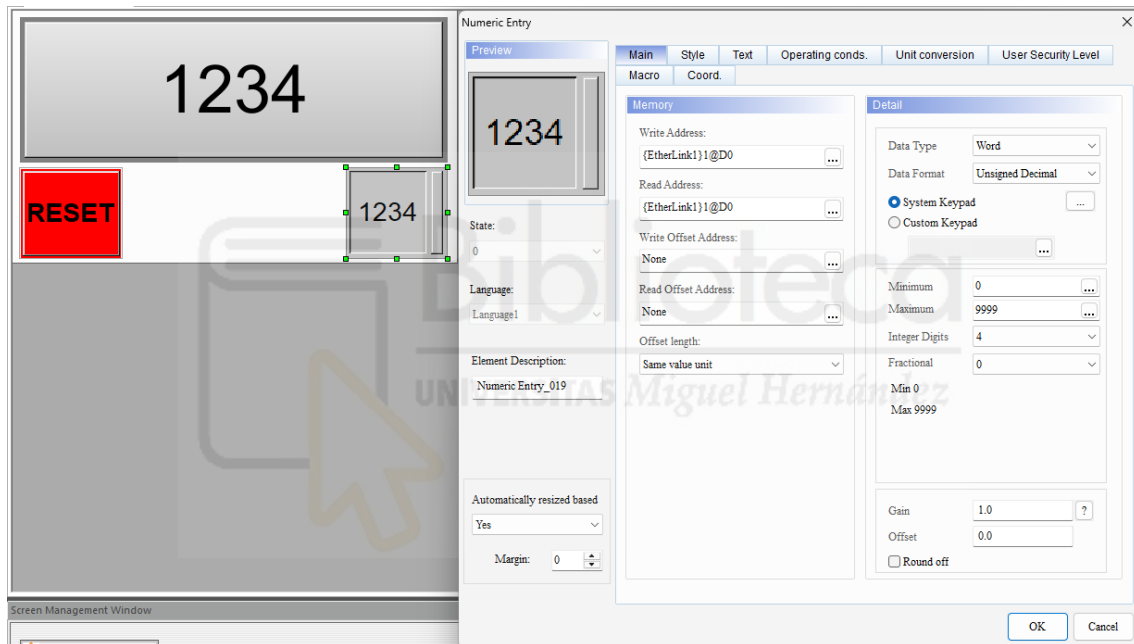


Ilustración 76: Configuración Numeric Entry.

5. BIBLIOGRAFIA

Para el desarrollo del TFG, se han consultado manuales técnicos, documentación de fabricantes, software de programación industrial y bibliografía técnica.

- **DVP-ES2/EX2/EC5/SS2/SA2/SX2/SE/SE2&TP Operation Manual – Programming.**

Disponible: <https://downloadcenter.deltaww.com>

- **Manual de usuario Variador de Frecuencia VFD MS300, Delta Electronics.**

Disponible: <https://deltaacdrives.com/Delta-VFD-MS300-User-Manual.pdf>

- **Manual de instrucciones VALCO MELTON EC4.** [En línea].

Disponible: <https://d347awuzx0kdse.cloudfront.net/pacsolutions/content-file/EC%20Series%20Manual.pdf?v=2891f0820a48363da8fc8c34e57e814c8a46fd74>

- **Data sheet Capacitive sensor CBB4-12GH60-E2-V1.** [En línea].

Disponible: https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/pds/210621_eng.pdf

- **Manual de usuario ISPSOft.** [En línea].

Disponible: <https://downloadcenter.deltaww.com>

- **Manual de usuario DIAScreen, Delta electronics.** [En línea].

Disponible: https://innovation.files.svdcn.com/production/downloads/05.%20Human%20Machine%20Interface/02.%20Manual/Manual_DIAScreen.pdf?dm=1764893472

- **Autodesk Inventor 2025 Help.** [En línea].

Disponible: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2025/ESP>

Manual QElectrotech_quickstart-es. [En línea].

Disponible: <https://download.qelectrotech.org/qet/manuals/es/index.html>

- **Curso Mastercam tecnocim-formacion:** MASTERCAM ENTORNO Y CAD - MASTERCAM FRESA 2D - MECANIZADO 2D - MECANIZADO TROCOIDAL 2D (HSM). [En línea].

Disponible: <https://www.tecnocim-formacion.es/cursos>

- **Libro Felez dibujo técnico. Ingeniería gráfica y diseño, Félez Mindán, Jesús.; Martínez, María Luisa Martínez Muneta, 2008.** [En físico].

Disponible:

https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay/alma991000124759706331/34CVA_UMH:VU1

- **Libro El dibujo técnico mecánico, ING. S.L. STRANEO y PROF. R. CONSORTI.** [En físico].

Disponible: <https://www.amazon.es/DIBUJO-T%C3%89CNICO-MEC%C3%81NICO-Straneo-Consorti/dp/B01FPOTQJQ>

- **Libro Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, José Roldán Viloría.** Paraninfo. [En físico].

Disponible:

https://www.iberlibro.com/servlet/BookDetailsPL?bi=32357918888&dest=ESP&ref_=ps_ggl_1766934637_75715575584&cm_mmc=ggl-_-ES_Shopp_TradeStandard-_-product_id=ES32357918888USED-_-keyword=&gad_source=1&gad_campaignid=1766934637&gbraid=0AAAAAD3Y6gvV7v1py9ZqBmWEil4w7g92s&gclid=CjwKCAiAkvdMBhBMEiwAnUA9BeaLcv9uIQFTeJ8pvqwzbhzkX2DKS--CK22khVr2xfHKYMNUNiHIOZhoCBnwQAvD_BwE

- **Libro Aparamenta eléctrica y su aplicación, José Roldán Viloría.** Creaciones Copyright. [En físico].

Disponible: <https://www.creacionescopyright.com/libros/aparamentael%C3%A9ctrica-y-su-aplicaci%C3%B3n-detail>

- **Libro AIRE COMPRIMIDO Teoría y cálculo de las instalaciones, Enrique Carnicer.** Paraninfo. [En físico].

Disponible: <https://www.amazon.es/AIRE-COMPRIMIDO-TEORIA-CALCULO-INSTALA-PEDAGOGIA/dp/8428318131>

- **Libro Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión 8.ª edición: REBT** actualizado septiembre 2024, Benilde Bueno González. [En físico].

Disponible: https://www.amazon.es/Reglamento-Electrot%C3%A9cnico-para-Tensi%C3%B3n-edici%C3%B3n/dp/8426738710/ref=asc_df_8426738710?mcid=c2a0c33234f2364a83ba8389ffb0b76b&tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=703049556128&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=16791506308667047036&hvpone=&hvptwo=&hvwmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvl ocint=&hvlocphy=9207343&hvtargid=pla-2345884519338&psc=1&hvocijid=16791506308667047036-8426738710-&hvexpln=0

- **UNE-EN ISO 12100:2012**, Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. [En línea].
- **UNE-EN ISO 14120:20216**, Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles. [En línea].