



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL TROQUELADO DE PANELES DE EXTERIOR DE PORTEROS AUTOMÁTICO DE LA CASA FERMAX

AUTOR: David Perelló Roselló
TUTOR: Manuel Pineda Sánchez
COTUTOR: Juan Pérez Cruz

Curso Académico: 2018-19

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo el diseño de una línea automatizada de producción de carcassas para distintos modelos de porteros automáticos. El propósito es que el producto avance mediante una cinta transportadora y se vaya deteniendo en las distintas etapas para ser troquelado dependiendo del modelo que se haya seleccionado.

El present Treball Fi de Grau té com a objectiu el disseny d'una línia automatitzada de producció de carcasses per a diferents models de porters automàtics. El propòsit és que el producte avanci mitjançant una cinta transportadora i es vagi detenint en les diferents etapes per a ser encunyat dependent del model que s'haja seleccionat.

The purpose of this Final Degree Project is to design an automated production line of housings for different entryphones' models. The purpose is that the product advances through a conveyor belt stopping in different stages to be die cut depending on the model that has been selected.

Palabras clave: Automatización, PLC, Zelio Soft 2, Vijeo Designer, programación.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

ÍNDICE

• MEMORIA	7
• PRESUPUESTO	77
• PLIEGO DE CONDICIONES	87
• ANEXOS	97
○ ANEXO 1	99

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

MEMORIA

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

ÍNDICE DE LA MEMORIA

Contenido

1. Introducción	7
1.a. Objetivo del documento.....	7
1.b. Antecedentes	9
1.c. Propuesta de automatización.....	10
1.d. Planteamiento	14
1.e. Estructuración del trabajo.....	16
2. Línea de producción	18
2.a. Distribución de la línea de producción.....	18
2.b. Seguridad instalada en la línea.....	21
3. Programación del autómeta.....	22
3.a. Conexión de las entradas y salidas del proceso al autómeta programable	22
3.a.i. Entradas.....	23
3.a.ii. Salidas	24
3.b. Software utilizado para la programación del autómeta	25
3.c. Explicación del código programado en el autómeta	26
3.c.i. Variables	26
3.c.ii. MACROS.....	27
4. Programación del panel táctil de control.....	46
4.a. Software utilizado para la programación del panel táctil	46
4.b. Diseño de las pantallas.....	47
4.c. Otras características	57
4.c.i. Idiomas.....	57
4.c.ii. Recetas.....	58
4.c.iii. Variables.....	59
4.c.iv. Acciones	60
5. Comunicación entre el autómeta y el panel de control.....	62

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

6. Tecnología de la información	64
6.a. Posibles añadidos	67
7. Conclusiones.....	68
8. Bibliografía.....	69

ÍNDICE DE LAS ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de la evolución de los procesos de producción	9
Ilustración 2:Flujograma de los procesos de la línea de producción.	11
Ilustración 3: Modelos de la línea Cityline Classic de la casa FERMAX.....	15
Ilustración 4: Diagrama de flujo de información.....	16
Ilustración 5: Esquema ejemplo del flujo de información.	17
Ilustración 6: Esquema de los componentes de la línea de producción.	18
Ilustración 7: Evolución de la placa a lo largo de la línea de producción.....	20
Ilustración 8: Esquema entradas/salidas del autómeta.	22
Ilustración 9: Código completo del programa transferido al autómeta programable.....	27
Ilustración 10: Conjunto de código del modo automático.....	29
Ilustración 11: MACRO modo automático	30
Ilustración 12: Conjunto de código Puesta en marcha de la línea.	31
Ilustración 13: MACRO de la puesta en marcha.....	31
Ilustración 14: Conjunto de código Reducción de velocidad del motor	33
Ilustración 15: MACRO de Reducción de velocidad del motor.	34
Ilustración 16: MACRO de Reducción de velocidad del motor para la Estación 1.	34
Ilustración 17: MACRO del funcionamiento del proceso de corte.....	35
Ilustración 18: MACRO del funcionamiento de la Estación 1 de troquelado.....	37
Ilustración 19: MACRO del funcionamiento de la Estación 2 de troquelado.....	39
Ilustración 20: MACRO del funcionamiento de la Estación 3 de troquelado.....	39
Ilustración 21: MACRO activación del motor en sentido de retroceso.....	41
Ilustración 22: MACRO de las condiciones de reinicio de la línea.....	42
Ilustración 23: Representación de la parte del código que se encarga de la función manual.....	43
Ilustración 24: MACRO del bloque “Manual”	44
Ilustración 25: Introducción de la variable de entra pulsador de paro.....	45
Ilustración 26: Diagrama de acceso navegación entre las pantallas del panel de control.	47
Ilustración 27: Pantalla de Inicio.	48
Ilustración 28: Pantalla de Acceso.....	49
Ilustración 29: Pantalla del Menú de navegación.	50
Ilustración 30: Panel de Selección del modelo a producir.	50
Ilustración 31: Panel de Selección de modelo a producir con un ejemplo seleccionado.	51
Ilustración 32: Panel de control manual.	52
Ilustración 33: Panel de Control del motor.	53
Ilustración 34: Panel de Control de la maquinaria.	53
Ilustración 35: Panel de cambio de Idioma.	54

Ilustración 36: Panel de Monitorización del proceso.....	55
Ilustración 37: Panel de Creación de un modelo personalizado.....	56
Ilustración 38: Pantalla del Menú en el idioma valenciano.	57
Ilustración 39: Pantalla del Menú en el idioma inglés.	57
Ilustración 40: Pantalla del Menú en el idioma chino (simplificado).	58
Ilustración 41: Edición de las recetas.	58
Ilustración 42: Variables utilizadas en la programación de Vijeo Designer.	59
Ilustración 43: Acciones del HMI.	60
Ilustración 44: Esquema de conexión entre al autómeta programable y la pantalla de control.....	62
Ilustración 45: Tabla de direcciones para la comunicación entre el PLC y el HMI.	63
Ilustración 46: Excel de las recetas importadas en el Vijeo Designer.	64
Ilustración 47: Documento con las traducciones a los diferentes idiomas.....	65

1. INTRODUCCIÓN

1.a. Objetivo del documento

La alta demanda de producción en todos los sectores de la industria debido al constante progreso tecnológico, así como a la globalización, ha promovido la alta competencia en todos los aspectos de sus productos y servicios, ya sea precio, calidad o fiabilidad.

La automatización proporciona mejoras necesarias tanto en precio como en calidad para poder competir, abaratando costes y mejorando la precisión de los procesos de producción.

Como consecuencia de lo anterior, la automatización se ha implementado como requisito casi obligatorio en todos los sectores de la industria. Esto ocurre tanto en las nuevas industrias que se crean, como en las ya establecidas, que necesitan ser renovadas conforme la evolución de la tecnología para llegar a los estándares requeridos, así como la demanda del mercado.

El principal objetivo de este trabajo académico es automatizar un proceso industrial. En concreto, el troquelado de paneles de exterior de porteros automáticos.

El proyecto contendrá todas las directrices necesarias para la implementación de la automatización de una línea de producción dada.

En el presente apartado, [Introducción](#), se plantea la situación inicial del trabajo, los objetivos que se quieren conseguir y como se plantea el desarrollo de trabajo para cumplir con estos objetivos.

En la sección [Línea de producción](#) se describen las diferentes partes de la línea y el trabajo que realizan para conformar el producto deseado. Además, se explican las medidas de seguridad que están presentes en la línea.

En el apartado [Programación del autómeta](#) se explican los pasos necesarios que se han seguido para programar el automatismo, tanto el esquema de las conexiones como los algoritmos usados. Además, se muestra el código de programación y se explica de forma detallada para una comprensión absoluta de este.

En el apartado [Programación del panel táctil de control](#) se muestran las funciones que se han implementado en el dispositivo de control del automatismo. Además, se muestran imágenes con su implementación. Este apartado también contiene el diseño de las pantallas con las que interactuará el usuario del automatismo.

[Comunicación entre el autómeta y el panel de control](#) es una sección donde se explica cómo se ha realizado la transmisión de información entre los dos dispositivos que se encargan del automatismo.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

El apartado [Tecnología de la información](#) muestra de que formas se puede comunicar el automatismo ya instalado con un dispositivo externo para captar o modificar datos. También se enuncian posibles añadidos al automatismo que ofrecerían funciones adicionales.

El último apartado es [Conclusiones](#). Aquí se revisa todo el trabajo que se ha realizado y se valora.

1.b. Antecedentes

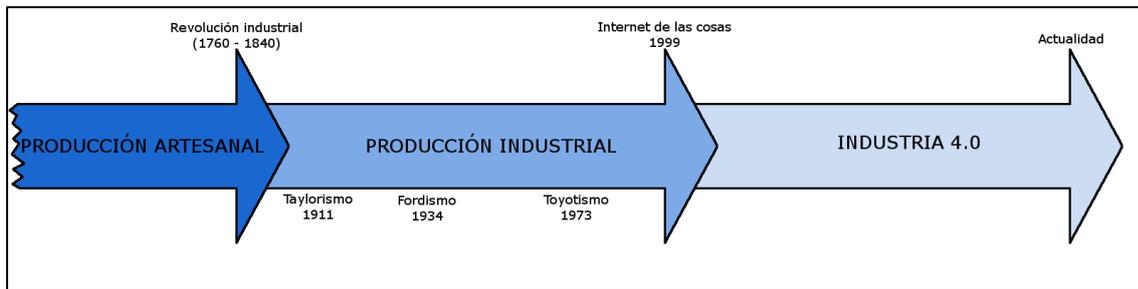


Ilustración 1: Diagrama de la evolución de los procesos de producción

Las líneas de producción han sufrido una evolución desde su primera implementación hasta la época actual. Este constante progreso ha promovido la disminución de errores, la mejora de la calidad final del producto, la reducción de costes y el aumento de la eficiencia.

Las primeras líneas de producción se establecieron en oficios agrícolas y artesanales. Estos trabajos solían ser individuales y de carácter secreto. Los conocimientos pasaban de maestros a aprendices.

Mucho tiempo después surgió la revolución industrial (1760-1840), que fue un punto de inflexión para la sociedad, ya que la economía pasó de depender de la agricultura y artesanía, a la industria. Desde este punto, han ido surgiendo diferentes técnicas de producción: Taylorismo, Fordismo, Toyotismo, Metodología Lean, etc. Todas estas técnicas tenían como propósito la de dividir la producción en tareas simples para minimizar tiempos, y ajustar la producción a la demanda para ahorrar en esfuerzos y costes de producción.

Todos los procesos anteriores se realizaban mediante mano de obra poco especializada, ya que sus tareas eran fáciles y repetitivas. No fue hasta la década de los 60, hasta que AMK presentó el primer motor de jaula de ardilla de tres fases, de producción masiva. A partir de este punto se puede hablar de automatización industrial. La automatización está diseñada para que las personas realicen el trabajo intelectual y las máquinas el trabajo más arduo y repetitivo.

A día de hoy se está hablando de una revolución industrial 4.0. Este tipo de industria busca la creación de una fábrica totalmente inteligente, informatizando todos los procesos de fabricación. Para tal propósito se utiliza el llamado IOT o Internet de las cosas, que consigue interconectar todos los dispositivos para crear una red dentro de la propia fábrica y que incluso puede transmitir y recibir información del exterior.

Todos estos avances han conseguido procesos eficientes, reducción de tiempos de producción, reducción de costes, disminución de mermas y desperdicios, aumento de calidad final del producto, flexibilidad en la producción, eficiencia energética y aumento de la seguridad del personal.

1.c. Propuesta de automatización

Analizando la evolución de los procesos de producción, se presenta de forma casi necesaria la automatización de todas las líneas de producción. Sin embargo, la automatización es un concepto bastante ambiguo. Por lo tanto, se debe especificar las funciones que se instalarán en la línea.

Antes de nada, se debe conocer el tipo de proceso que se va a automatizar, porque, aunque las automatizaciones siguen un proceso de creación similar, independientemente del ámbito en que se va a aplicar, la instalación sí que supone un elemento diferenciador.

Una placa de aluminio se introducirá a la línea por un pulmón alimentador. Las pinzas de la línea cogerán la placa y la trasladarán por la línea donde se producen cuatro eventos distintos. Primero se corta, y después se producen tres troquelados distintos en distintas estaciones. El último troquelado tiene un carácter optativo. Para concebir una idea más clara del proceso, se presenta el siguiente flujograma de la [Figura 2](#).

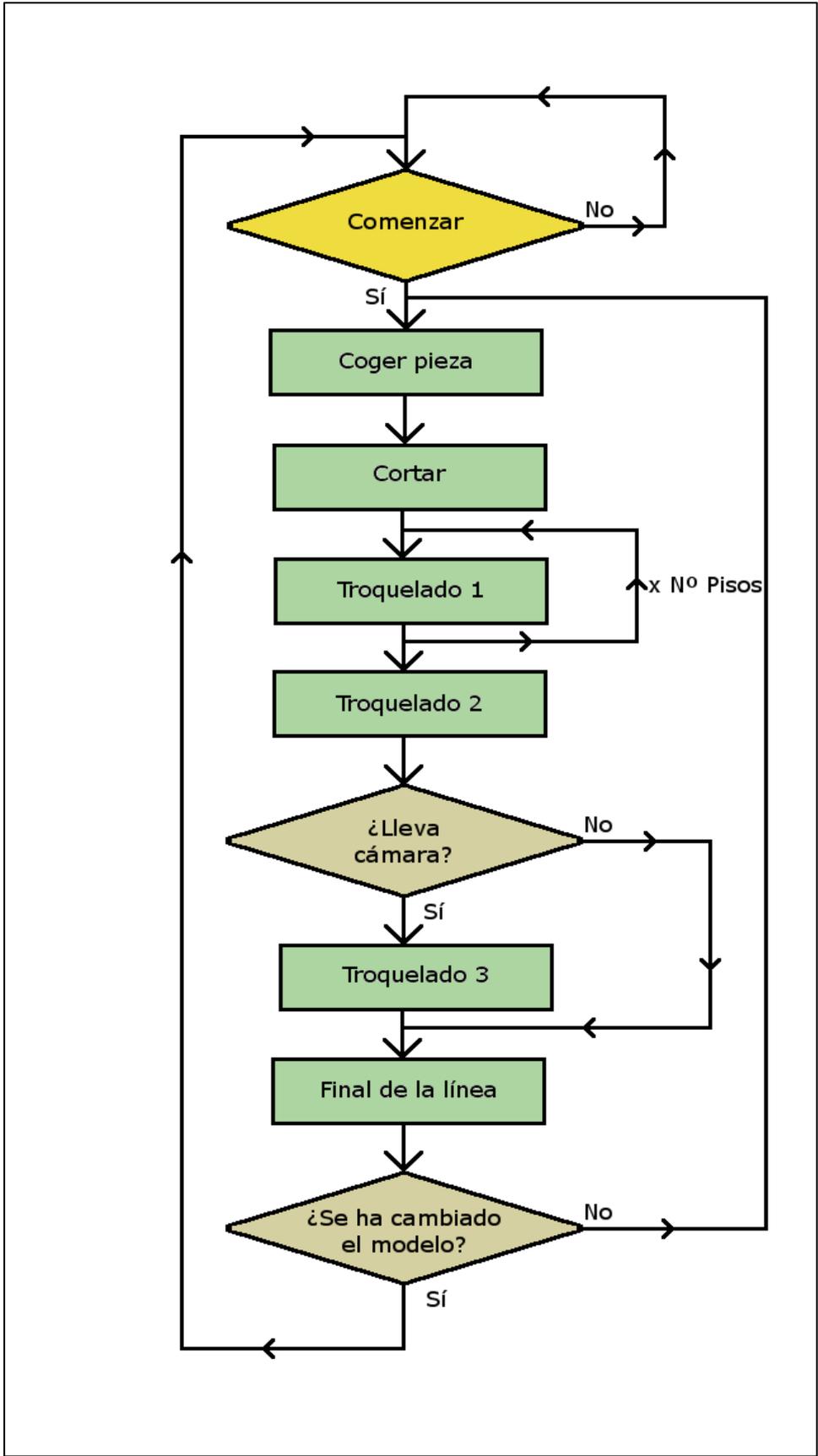


Ilustración 2:Flujograma de los procesos de la línea de producción.

De todos modos, la línea de producción se detallará en el apartado [Línea de producción](#).

Una vez se han establecido las acciones que se van a realizar, sus condiciones y sus órdenes; el automatismo debe controlarlas y ejecutarlas de forma autónoma.

Aparte del correcto funcionamiento, la propuesta de la automatización se debe acotar conforme unos criterios, propios del especialista que vaya a realizar el trabajo o exigidos por el contratista. Para este trabajo se han fijado varias directrices que condicionarán todo el trabajo que se va a realizar:

- Fácil utilización por los operarios en la fábrica.
Una vez la automatización esté programada e instalada en la línea, el manejo debe ser intuitivo y rápido. Con este concepto se ahorra la necesidad de formar a los empleados en el manejo del automatismo.
- Adaptación a diferentes idiomas.
Desde la globalización, las empresas multinacionales han ido trasladando sus fábricas en distintos países por motivos de logística y/o económicos. Por lo tanto, es importante que la interfaz con el trabajador sea fácil e intuitiva, como se explica en el anterior punto.
Como condición más específica, se establece que la interfaz debe poder cambiarse entre los siguientes idiomas: valenciano, castellano, inglés y chino (simplificado). Los idiomas seleccionados se han escogido como ejemplo, porque si existe la opción de introducir los idiomas seleccionados, se podría incluir cualquier otro.
- Fiabilidad
Aparte de la importancia del ahorro económico, el automatismo debe tener cierta calidad y fiabilidad, tanto en su programación como en los componentes. Por lo tanto, este criterio se utilizará cuando se deban escoger los componentes que se encargarán de la automatización.
- Seguridad
La seguridad en el trabajo es un concepto que está siempre presente a la hora de diseñar cualquier tipo de proyecto industrial. Aparte de este tipo de seguridad, que se trata en el apartado [Seguridad instalada en la línea](#), se establece el criterio de secreto industrial. Más en concreto, se debe asegurar que solo el personal autorizado pueda manejar el dispositivo que controle el automatismo de la línea y sean los únicos capaces de leer y modificar datos de producción.
- Monitorización
Esta característica se propone por comodidad del usuario. Poder seguir el funcionamiento de la línea a distancia permite la realización de otro tipo de trabajo a la vez, y además transmite la seguridad de que el funcionamiento está siendo el correcto.

- Opción de control manual
Existen muchas situaciones en las que conviene la utilización de la maquinaria de forma manual. Por lo tanto, esta posibilidad debe ser factible en la instalación del automatismo. Una de estas situaciones puede ser la de mantenimiento del equipo o la de corrección de errores.
- Capacidad de comunicación con un ordenador
Como muchas de las condiciones descritas necesitan de control exterior, es necesario que la comunicación autómatas-ordenador sea factible. Además, esta condición abre las puertas a la transmisión de datos para no tener la necesidad de reprogramación del automatismo cada vez que se presente una actualización.

1.d. Planteamiento

Una vez se han establecido los criterios que se van a seguir para realizar el automatismo, se necesita escoger los dispositivos que van a posibilitar la existencia de dichas funciones.

Como ya se ha mencionado, los elementos de la línea de producción ya se encuentran montados e instalados correctamente, por lo que las únicas elecciones de nuevos dispositivos que se realizará serán el autómata y el sistema de control.

Primero se procederá a escoger el autómata, ya que se trata del elemento que se va a soportar más protagonismo en el automatismo.

Para la elección se consulta la oferta del mercado. Se encuentran varias empresas que ofertan el tipo de dispositivo requerido, pero no todas tienen artículos que posean el número de entradas y salidas que se especifica en el pliego de condiciones de este trabajo. Una vez se ha aplicado este filtro encontramos las distintas opciones:

Tabla 1

	Crouzet	Mitsubishi	Schneider Electric
Modelo	88970161	FX3G-40MR-DS	SR3 B261BD
Alimentación	24V DC	12 -> 24V DC	24V DC
Entradas	16	24	16
Salidas	10	16	10
Tipos de salidas	Relé	Relé	Relé
Programación	Ladder logic FBD	Ladder logic	Ladder logic FBD
Precio	293,91€	620,37€	327,04€

Entre estas tres opciones se escoge el modelo SR3 B261BD de la marca Schneider Electric. La elección se ha hecho en base a la decisión de trabajar con el lenguaje FBD o lenguaje de bloques funcionales. Esta decisión restringe el modelo de la marca Mitsubishi. Entre las dos opciones que quedaban se ha escogido la marca Schneider Electric por su mayor experiencia y confianza en el mercado.

Respecto al elemento de control se decide escoger un dispositivo que pertenezca a la misma marca que el PLC para evitar cualquier tipo de problema de compatibilidad. Los modelos que se encuentran son:

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Tabla 2

Modelos	XBTGT1335	HMISTU855	HMISTU655
Tamaño de pantalla	3,8''	5,7''	3,5''
Alimentación	24V DC	24V DC	24V DC
Color	Sí	Sí	Sí
Software	Vijeo Designer	Vijeo Designer	Vijeo Designer
USB	1	3	3
Precio	410,00€	632,64€	455,04€

De los dispositivos seleccionados se comprueba que todos cumplen con el pliego de condiciones. Por lo tanto, la elección se basará en el precio y se escoge el más barato. El modelo escogido es el XBTGT1335.

Otro tema que se plantea es el tipo de portero se va a fabricar, ya que en el mercado casi todos presentan características similares, pero diseños diferentes. Como modo de ejemplo se han escogido los modelos Cityline Classic de la casa FERMAX ([Figura 3](#)). Gracias al aplicar este ejemplo el presente trabajo adquiere un carácter más práctico y realista.

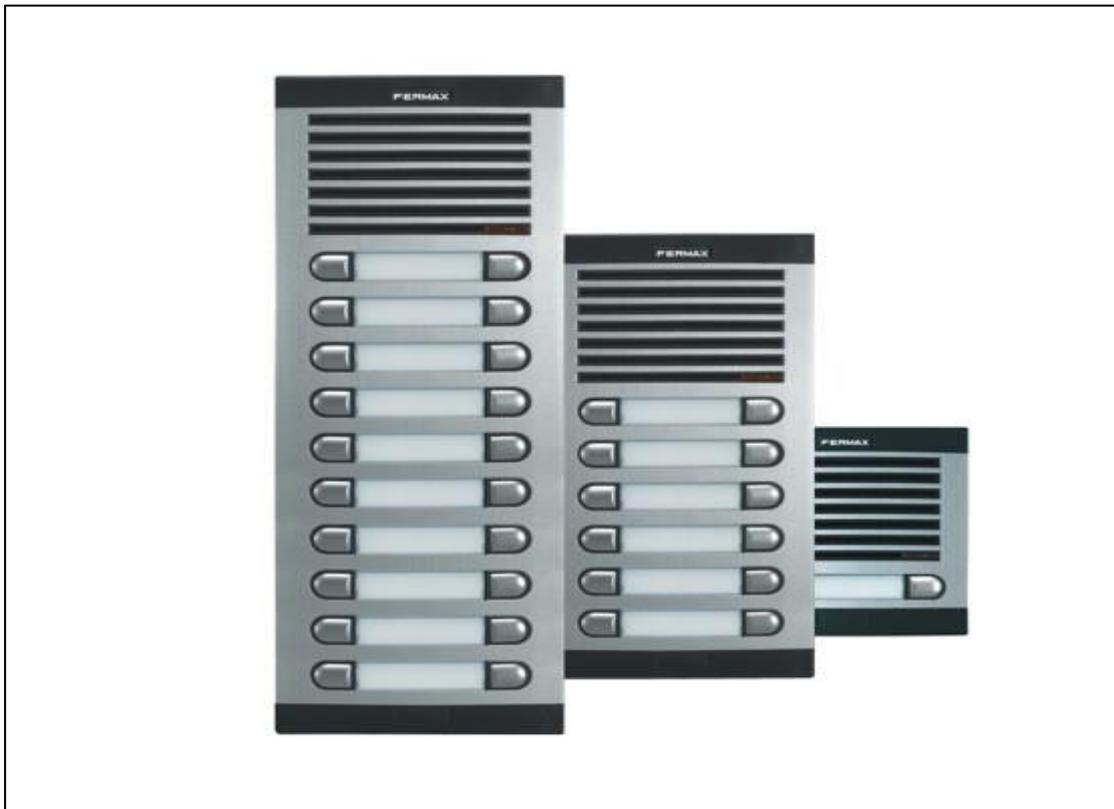


Ilustración 3: Modelos de la línea Cityline Classic de la casa FERMAX.

1.e. Estructuración del trabajo

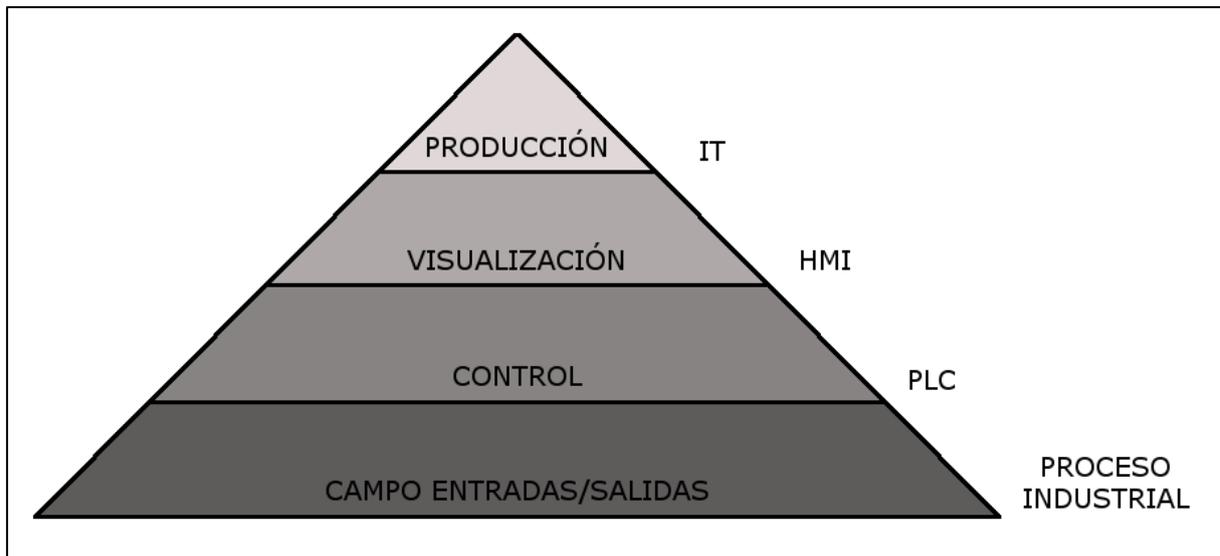


Ilustración 4: Diagrama de flujo de información.

A la hora de programar automatismos se debe seguir unas pautas que determinarán el flujo de la información de los dispositivos que se ven implicados. Estas pautas son una buena práctica para el correcto funcionamiento del trabajo realizado. Además, proporciona un orden absoluto sobre toda la transmisión de datos que se efectúa. Un orden coherente disminuye la aparición de errores al desarrollar el trabajo, y en el caso de que apareciera algún error, el proceso de solución sería mucho más sencillo.

La teoría que marca estas pautas está fuera del alcance de este trabajo. Para más información, consultar los movimientos tecnológicos más recientes: Industria V4.0, Internet de las cosas, Eficiencia energética, etc.

En el presente trabajo se utilizará el flujo de información que se muestra en la [Figura 4](#). Esta categorización, aparte de gobernar el flujo de información, también servirá para estructurar la información que se muestra en la memoria.

Referenciando la [Figura 4](#), en la base de la pirámide se encuentran todos los dispositivos que van a ser interconectados para elaborar el automatismo. En nuestro caso se trata de la maquinaria que está ya instalada en la línea de producción.

El segundo escalón de la pirámide de flujo de información es el Control. Este nivel se encarga de dar órdenes al nivel inferior, y es donde se encuentra la mayor parte del código de automatización. En el caso que nos ocupa, estas órdenes las hará un PLC (Programmable Logic Controller) o también conocido como autómatas programables.

En el siguiente nivel se encuentra la Visualización. Este nivel es superior al Control porque, una vez programado el automatismo, el Control es manejado por el PLC, mientras que la Visualización es la

forma que tienen los usuarios de controlar el proceso. Cómo se quiere que el proceso sea manejado por los usuarios, entonces el PLC debe obedecer las órdenes de la HMI (Human-Machine Interface), ya que es la forma que tiene el usuario de transmitir información al sistema.

Por último, la sección que controla todo es la Producción. En este nivel se encuentra la IT (Information Technology) que es la forma que tienen los ordenadores de almacenar, recuperar, transmitir y manipular información. En la mayoría de los casos, la información se gestiona desde un ordenador con programas y dispositivos varios. Por lo tanto, la alta capacidad de operación de estas máquinas coloca esta sección en la punta de la pirámide del flujo de información.

En los siguientes apartados del trabajo se seguirá el mismo orden que el flujo de información de la [Figura 4](#). Como la línea de producción ya venía montada, su respectivo apartado ([Línea de producción](#)) tendrá menos importancia que el resto ya que son los que se han desarrollado para ejecutar el trabajo.

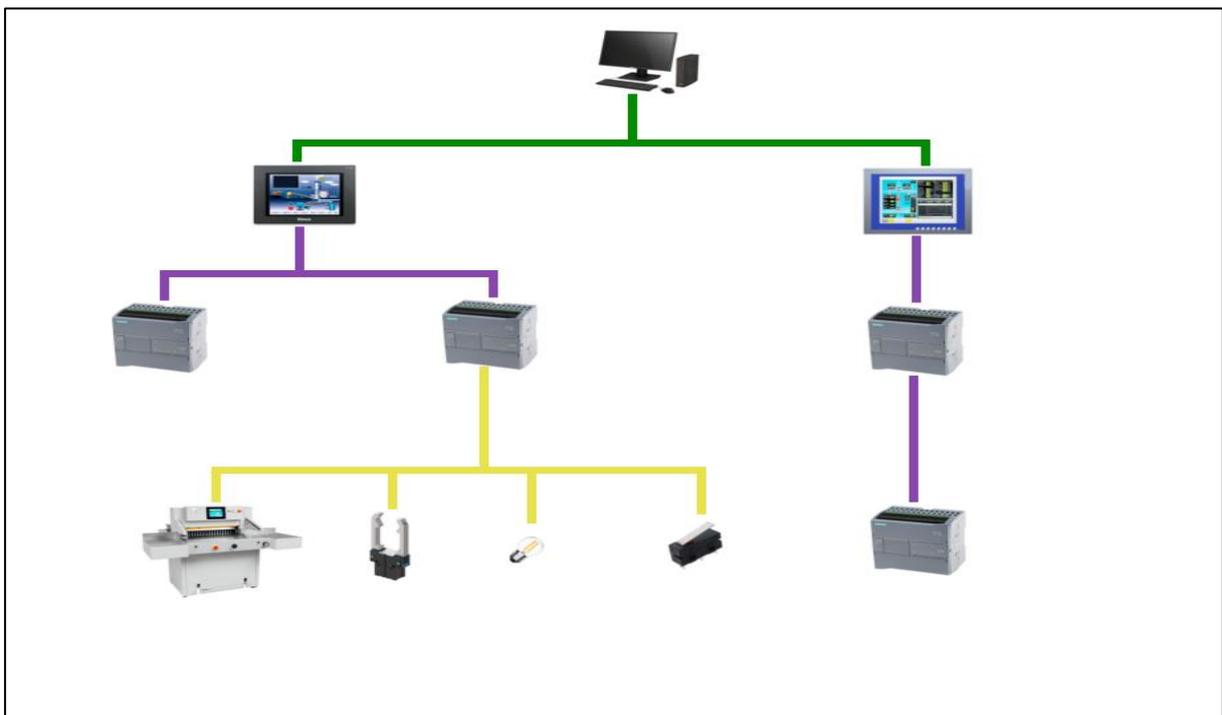


Ilustración 5: Esquema ejemplo del flujo de información.

En el esquema de la [Figura 5](#) se ve un ejemplo de conexiones de dispositivos usando el flujo de información que se ha establecido. Cabe mencionar que puede haber maestros (dispositivo que envía las órdenes) que tengan esclavos (dispositivos que reciben órdenes) dentro del mismo nivel de jerarquía.

2. LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Siguiendo el flujo de trabajo que se ha explicado en la [Estructuración del trabajo](#), el primer elemento a definir y acotar se trata del proceso industrial. Este apartado contendrá toda la información necesaria para entender la secuencia de la línea de producción, así como la función de cada una de sus partes. En el Anexo 1 se encuentra información adicional de la línea, más en concreto de las características individuales de cada componente.

2.a. Distribución de la línea de producción

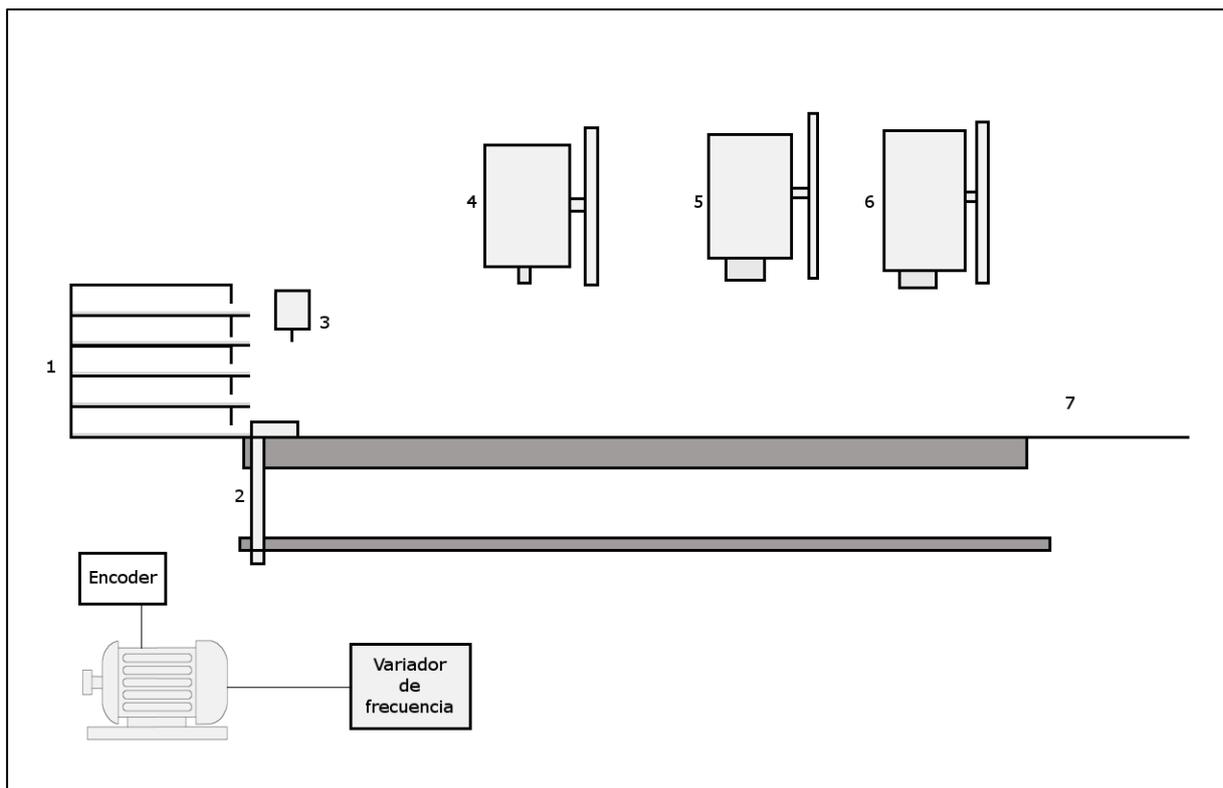


Ilustración 6: Esquema de los componentes de la línea de producción.

El orden de numeración de la [Figura 6](#) corresponde con el orden de actividades que seguirá la plancha de aluminio durante su paso por la línea.

1. Pulmón.

Este componente no se trabajará a la hora de automatizar la línea, pero no deja de ser importante para ésta. Su objetivo es el de proveer a la línea del material necesario para la producción.

2. Pinzas.

Herramienta fundamental para la automatización. Su objetivo es el de coger la plancha de aluminio al principio de la línea e ir transportándola a través de esta por las distintas estaciones.

Su movilidad depende de un motor conectado a un variador de frecuencia para poder controlar su velocidad y así modificarla a necesidad. Este motor accionará un husillo donde se encuentran acopladas las pinzas.

3. Cuchillas.

En esta parte de la línea se disponen las cuchillas que se encargarán de cortar la plancha en la correcta medida. Una vez las pinzas hayan llegado a la posición requerida por el modelo tratado actualmente, el motor se para y las cuchillas realizan el corte. Cuando las cuchillas vuelven a la posición de reposo, se reanuda el trayecto de la placa por la línea de producción.

4. Estación 1.

Cuando la pieza llega a la posición de este elemento, la estación 1 se sincroniza con las pinzas para ir troquelando el espacio donde se situará el botón que está conectado con el timbre de las viviendas para poder llamar. Esta estación realizará un número N de troquelados sobre la plancha igual a la mitad de número de viviendas.

5. Estación 2.

En esta estación se realiza el agujero donde se colocarán posteriormente los altavoces en el portero automático. En este caso, la sincronización con las pinzas es mucho más simple que en la estación 1, esto se debe a que se realiza una única acción de troquelado.

6. Estación 3.

Se trata de una estación con características casi idénticas que la estación 2. Las únicas diferencias son el tamaño del agujero, así como la forma, porque en vez de guardar el lugar a los altavoces lo hace para una cámara. Otra diferencia es que el paro en esta estación no es obligatorio para todos los modelos que se van a realizar utilizando esta línea de producción.

7. Final de línea.

Una vez la pieza ha llegado a esta posición, significa que el proceso de troquelado se ha terminado para la placa actual. Las pinzas se abren y depositan la pieza. Se enciende una luz que indica que la pieza está disponible para ser recogida. Posteriormente las pinzas retornan al principio de la línea para volver a empezar el proceso.

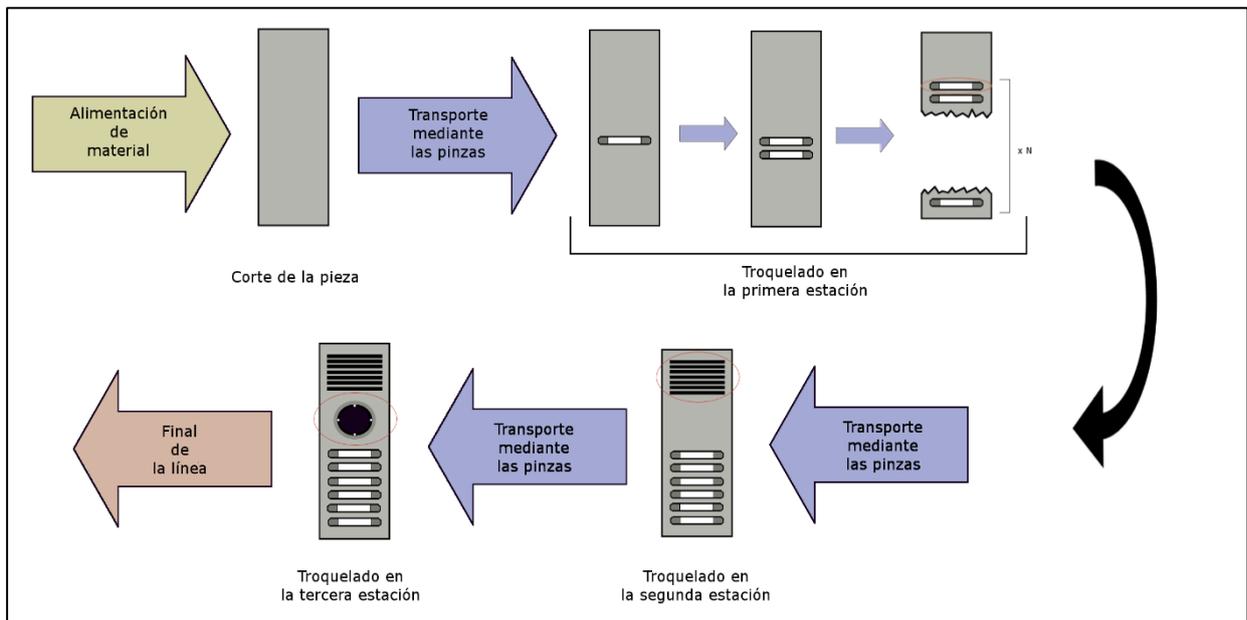


Ilustración 7: Evolución de la placa a lo largo de la línea de producción.

2.b. Seguridad instalada en la línea

Antes de empezar la programación del automatismo, se deben establecer unas medidas de seguridad para evitar posibles malas prácticas que puedan causar daños, tanto a las máquinas como al usuario. También se tienen que considerar posibles accidentes a causa de fallos en cualquier dispositivo instalado o agentes externos a la línea.

El dispositivo que se instala por excelencia en cualquier proceso industrial donde actúa maquinaria pesada es el botón de paro o seta de emergencia. La función de este pulsador es la de, una vez pulsado, parar cualquier proceso que se esté realizando y evitar el inicio de otros procesos que no tengan que ver con la seguridad.

En las líneas de producción, como la del presente trabajo, es una buena práctica establecer sensores de final de carrera más allá de los extremos. Entendemos como extremos el punto donde se alimenta el material y donde se deposita la pieza terminada. Los sensores de seguridad estarían dispuestos detrás de los finales de carrera de los extremos.

El funcionamiento de los finales de carrera de seguridad es distinto a los usados para enviar información al autómeta. Estos dispositivos estarán conectados a unos contactores instalados en la línea de alimentación del proceso industrial. En el caso de que alguno de los dos sensores (o los dos) se activara, el contactor abriría la línea eléctrica y se pararía toda actividad de forma inmediata. Al tratarse de un sistema de seguridad físico, estos sensores no aparecen como componentes del automatismo.

Las funciones de seguridad que sí se implementarán en el código, aparte del botón de paro, son aquellas donde actúan las señales que indican posición de reposo en las diferentes estaciones, así como en las cuchillas. Aunque estas situaciones se presentan de forma diversa por el código, la idea fundamental de ellas es la de imposibilitar la continuidad del funcionamiento de la línea si no se encuentra la máquina o máquinas en estado de reposo. En caso de no implementarse este tipo de seguridad se podrían producir errores a la hora de cortar o troquelar la pieza correctamente y aumentar las posibles situaciones de peligro para los usuarios.

Por lo tanto, en el apartado [Explicación del código programado en el autómeta](#) se tendrán en cuenta estas medidas de seguridad, y siempre que se accione alguna de la maquinaria pesada se realizará la comprobación de que ha vuelto a su posición de reposo, antes de reanudar el proceso de la línea.

3. PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA

Hasta el momento se ha descrito cual es el proceso industrial del cual partimos para realizar su automatización. En este apartado se va a definir toda la información del nivel Control, explicado en el apartado [Estructuración del trabajo](#). En las subsecciones se definen como están conectado al PLC los dispositivos que componen la línea ([Conexión de las entradas y salidas del proceso al autómata programable](#)), con que herramientas se ha programado el autómata ([Software utilizado para la programación del autómata](#)) y la explicación de los algoritmos de programación que se han utilizado con su implementación ([Explicación del código programado en el autómata](#)).

3.a. Conexión de las entradas y salidas del proceso al autómata programable

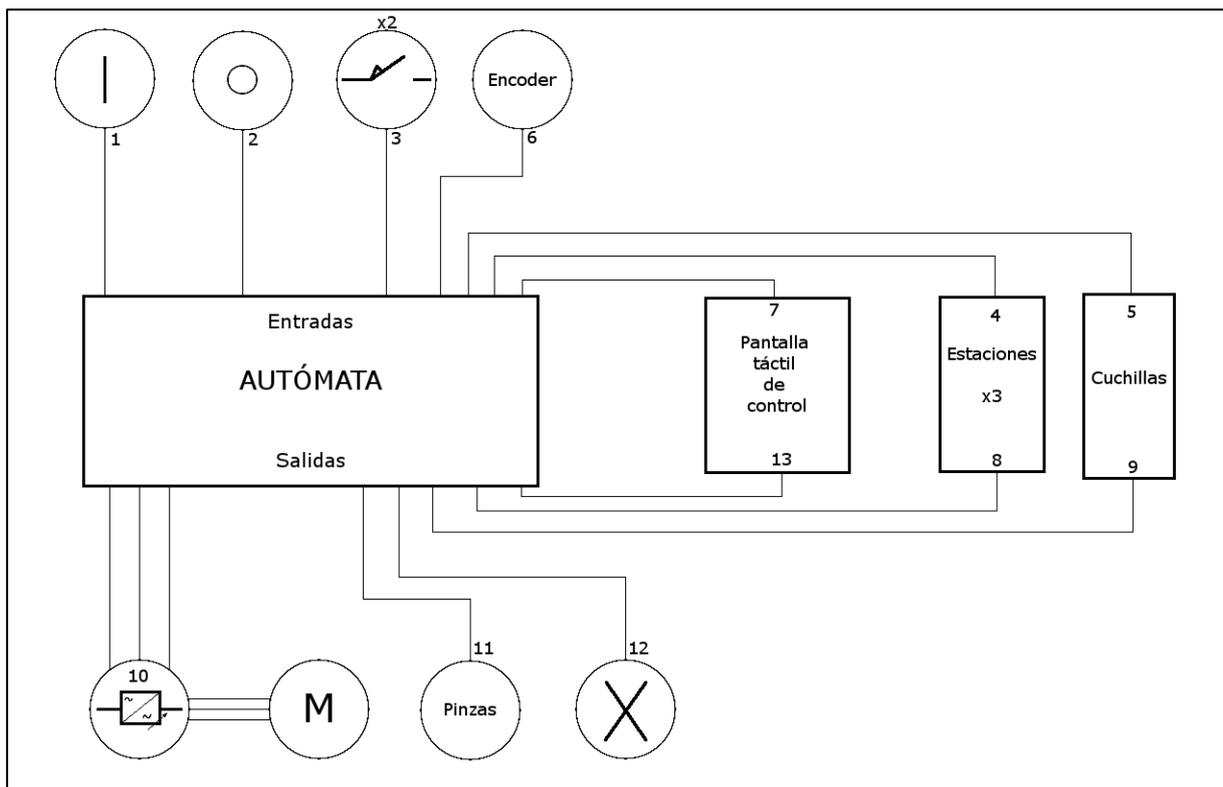


Ilustración 8: Esquema entradas/salidas del autómata.

Una vez se han definido los comportamientos de la maquinaria, se necesita saber cómo se utilizará esa información para el desarrollo del automatismo. En este apartado se define como interaccionan los distintos componentes con el autómeta, que es el encargado de dirigir.

3.a.i. Entradas

1. Pulsador marcha.

El dispositivo envía una señal cada vez que se pulsa. Se trata de un pulsador con comportamiento normalmente abierto.

2. Pulsador paro.

Se trata de un pulsador normalmente cerrado. Es un elemento muy común en los sistemas de seguridad. Cuando se pulsa deja de enviar una señal al autómeta.

3. Sensores.

- Sensor inicio de la línea. Se función es la de activarse cuando las pinzas se encuentran al inicio de la línea.
- Sensor final de la línea. Envía señal al autómeta cuando la pieza terminada activa el final de carrera. Cuando la pieza es recogida deja de enviar señal.

4. Estaciones.

La señal que se utilizará como entrada del autómeta respecto las estaciones es una señal de seguridad. Se trata de un sensor instalado en cada una de las troqueladoras que envía señal cuando esta se encuentra en posición de reposo.

5. Cuchillas.

Esta señal de entrada se activa cuando el dispositivo de corte se encuentra en estado de reposo.

6. Encoder.

Se trata de la entrada más importante para la automatización de la línea del autómeta. El encoder genera pulsos conforme el giro del motor que son enviados cada vez al autómeta. Esta información se almacena dentro del autómeta con la función de determinar la posición de las pinzas, que van trasportando la plancha, dentro de la línea.

7. Panel táctil de control.

Este componente envía al autómeta datos para modificar el comportamiento de la línea. Como por ejemplo la longitud que tendrá la placa, ya que esta es variable según el modelo que se esté fabricando.

3.a.ii. Salidas

8. Estaciones.

Cada vez que el autómeta envía señal, el actuador correspondiente se acciona y troquela la parte que le corresponde. Una vez hecho el agujero vuelve a su estado de reposo.

9. Cuchillas.

Comportamiento idéntico a la salida de las estaciones de troquelado, pero son las cuchillas las que se activan esta vez para cortar en vez de para troquelar.

10. Variador de frecuencia

○ Sentido de avance.

Esta salida se usa cuando queremos que el motor haga avanzar las pinzas a lo largo de la línea desde el principio hasta el final.

○ Sentido de retroceso.

Cuando el variador de frecuencia recibe esta señal, controlada por el autómeta, el motor traslada las pinzas del final de la línea hasta el principio de esta.

○ Cambio de velocidad.

Esta salida controla la velocidad del motor. Cuando se activa, el motor reduce la velocidad a una establecida en el variador. Si la salida no está activa y el motor está en marcha se establecerá una velocidad mayor, también definida en el variador de frecuencia.

11. Pinzas.

El actuador de las pinzas funciona por pulsos, y tiene dos estados que se alternan conforme los pulsos. El estado de reposo se utiliza para trasladar la pinza a lo largo de la línea cuando estas no sostienen ningún material. El otro estado es cuando las pinzas sujetan la pieza para trasladarla consigo.

12. Led.

Se trata de una salida que activa la iluminación de una bombilla led.

13. Panel táctil de control.

La información entrante del panel táctil que proviene del autómeta se utiliza para controlar y monitorizar el proceso de producción. Esta información se compone de varias salidas analógicas y digitales.

3.b. Software utilizado para la programación del autómeta

Para la programación del automatismo se ha escogido Zelio Soft 2. Se trata de un software de uso libre creado por Schneider Electric. Esta marca se trata de la misma que se ha escogido para el autómeta, así se asegura una completa compatibilidad en la programación.

Schneider Electric desarrolla tecnologías para la gestión de la energía y su manipulación, de una manera segura, fiable, eficiente y sostenible. Gracias a su compromiso en la investigación y desarrollo se ha convertido en un especialista global, aparte de en la gestión de energía, en la automatización. Actualmente cuenta con una plantilla mayor de 160.000 personas distribuida en un centenar de países.

Zelio Soft 2 se utilizará exclusivamente para la programación del autómeta. Dentro de sus características encontramos gran libertad y facilidad en su uso. Se puede escoger entre dos lenguajes de programación distintos, programación real con FBD (diagrama de bloques de función) o lenguaje de contactos (LADDER). En el caso que nos ocupa se ha decidido la utilización del lenguaje FBD porque, aunque el lenguaje de contactos es más sencillo, está más limitado y no es nada sencilla la transferencia de información entre el autómeta y la pantalla táctil de control. Este problema no se encuentra en el lenguaje de programación FBD.

El programa también cuenta con detección automática de errores de programación gracias a su función "test de coherencia".

Para facilitar y acelerar la creación del automatismo, Zelio Soft 2 cuenta con modos de simulación y supervisión que permiten testear el programa en tiempo real con o sin relé programable conectado al PC. Estas herramientas resultan muy útiles a la hora de detección de errores, ya que se visualiza todo lo programado mientras está en ejecución gracias a sus ventanas de supervisión, donde se permite ver los estados de las entradas y salidas del relé programable en su entorno de aplicación.

Su interfaz proporciona fácil acceso a la carga y descarga de programas, así como a la edición de archivos personalizados, como por ejemplo MACROS propios. Las MACROS son una forma de agrupar un conjunto de código complejo de forma compacta y sencilla. Una vez se ha creado la MACRO, esta puede ser usada un número indistinto de veces en cualquier parte de cualquier programa. Se pueden utilizar MACROS de otros programas para insertarlos en uno propio.

Además, Zelio Soft 2 cuenta con compilación automática de programas y ayuda en línea.

3.c. Explicación del código programado en el autómeta

En este apartado se procede a explicar conceptualmente todos los algoritmos creados para el correcto funcionamiento del automatismo. Además, se mostrará la implementación del código en el Software seleccionado para tal propósito (Zelio Soft 2).

3.c.i. Variables

Para comprender el código que se muestra en las imágenes del apartado [MACROS](#), es necesaria la definición de las variables que se han utilizado en el programa Zelio Soft 2. Todas estas variables hacen referencia a las entradas y salidas que se han descrito en el apartado [Conexión de las entradas y salidas del proceso al autómeta programable](#).

ENTRADAS

- I1 -> Pulsador marcha
- I2 -> Pulsador paro
- I3 -> Sensor Estación 1
- I4 -> Sensor Estación 2
- I5 -> Sensor Estación 3
- I6 -> Sensor Inicio de la línea
- I7 -> Sensor cuchillas
- I8 -> Sensor final de la línea
- J1 XT1 -> Contador del encoder

El panel táctil de control tendrá dos variables de entrada distintas. Esto es debido a que cada entrada analógica del autómeta consta de 2 bytes o 16 bits. Como la pantalla táctil se encarga del HMI (apartado [Estructuración del trabajo](#)) se necesita de muchas variables para controlar todo el proceso.

- J3 XT1 -> Número de pisos
- J4 XT1 -> Datos varios de la pantalla programable

SALIDAS

- Q1 -> Estación de troquelado 1
- Q2 -> Estación de troquelado 2
- Q3 -> Estación de troquelado 3
- Q4 -> Cuchillas
- Q5 -> Motor sentido avance
- Q6 -> Motor sentido retroceso
- Q7 -> Cambio de velocidad del motor
- Q8 -> Pinzas
- Q9 -> Led indicador

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Las siguientes dos variables pertenecen a información que envía el PLC a la pantalla de control. Esta información servirá para el control y monitorización del proceso.

- O1 XT1 -> Longitud de la plancha
- O2 XT1 -> Información variada para la pantalla de control

3.c.ii. MACROS

En este apartado se muestra todo el trabajo de programación que se ha realizado. Además, se explican detalladamente los algoritmos que representa cada pieza de código desglosada.

Primero, se muestra en la siguiente figura todo el conjunto de código que se ha transferido al autómeta.

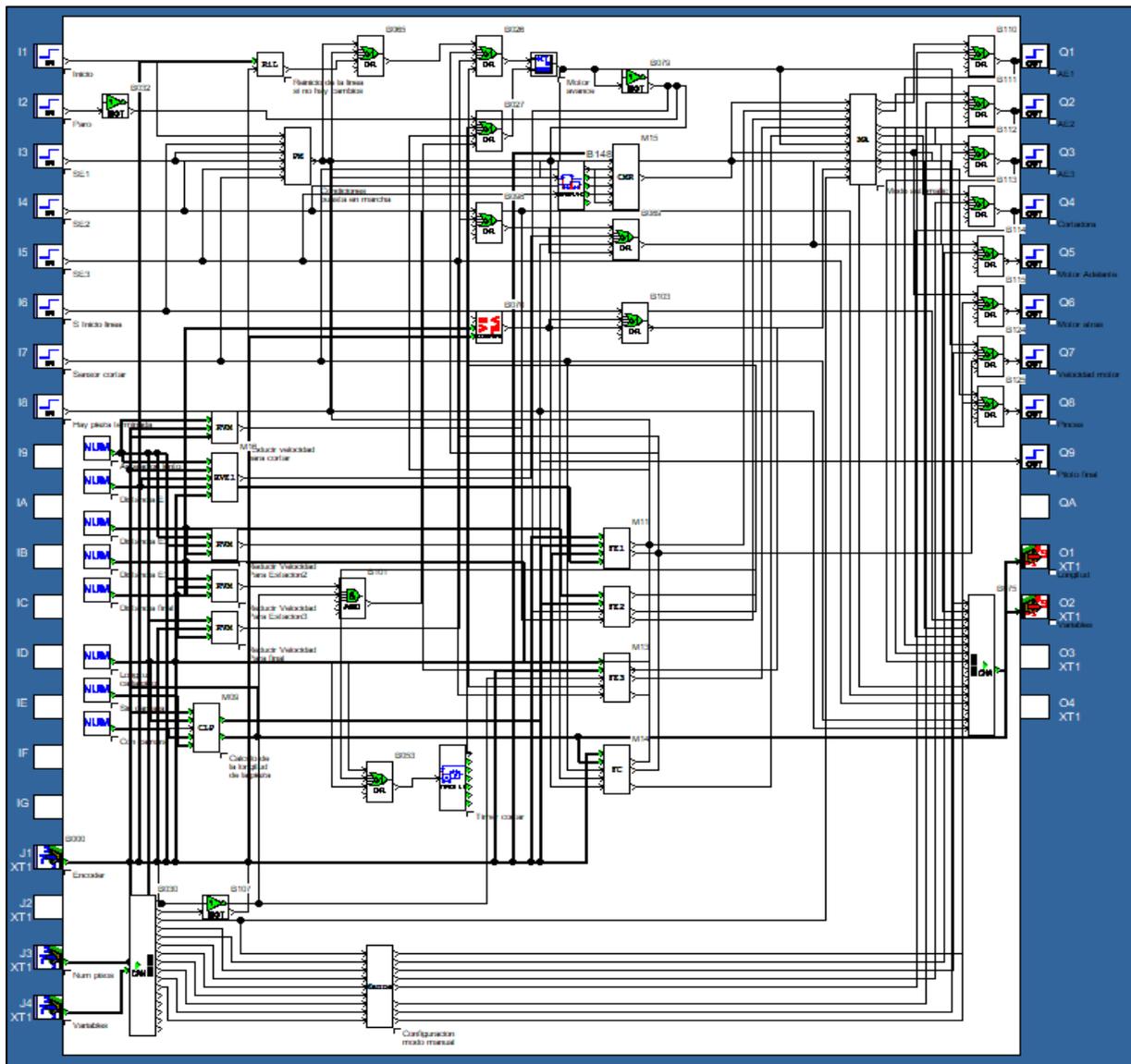


Ilustración 9: Código completo del programa transferido al autómeta programable.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Se entiende que el código presentado de esta forma no es comprensible por nadie que no sea la misma persona que lo ha desarrollado. Por lo tanto, se va a desglosar el código para explicar cada parte por separado.

Para ordenar el código de una forma coherente se ha decidido dividirlo en las siguientes partes: Puesta en marcha de la línea, Reducción de velocidad del motor, Corte de la plancha, Troquelado Estación 1, Troquelado Estación 2, Troquelado Estación 3, Finalización del proceso, Reinicio, Modo manual y Seguridad seta de emergencia.

Antes de proceder a la explicación de cada uno de estos algoritmos hay que condicionarlos a que el proceso se encuentre en modo automático (excepto Modo manual y Seguridad seta de emergencia).

La orden de establecer la línea en modo manual o automático proviene del HMI, por lo tanto, es recibida por la variable de entrada J4 XT1 Datos varios de la pantalla programable.

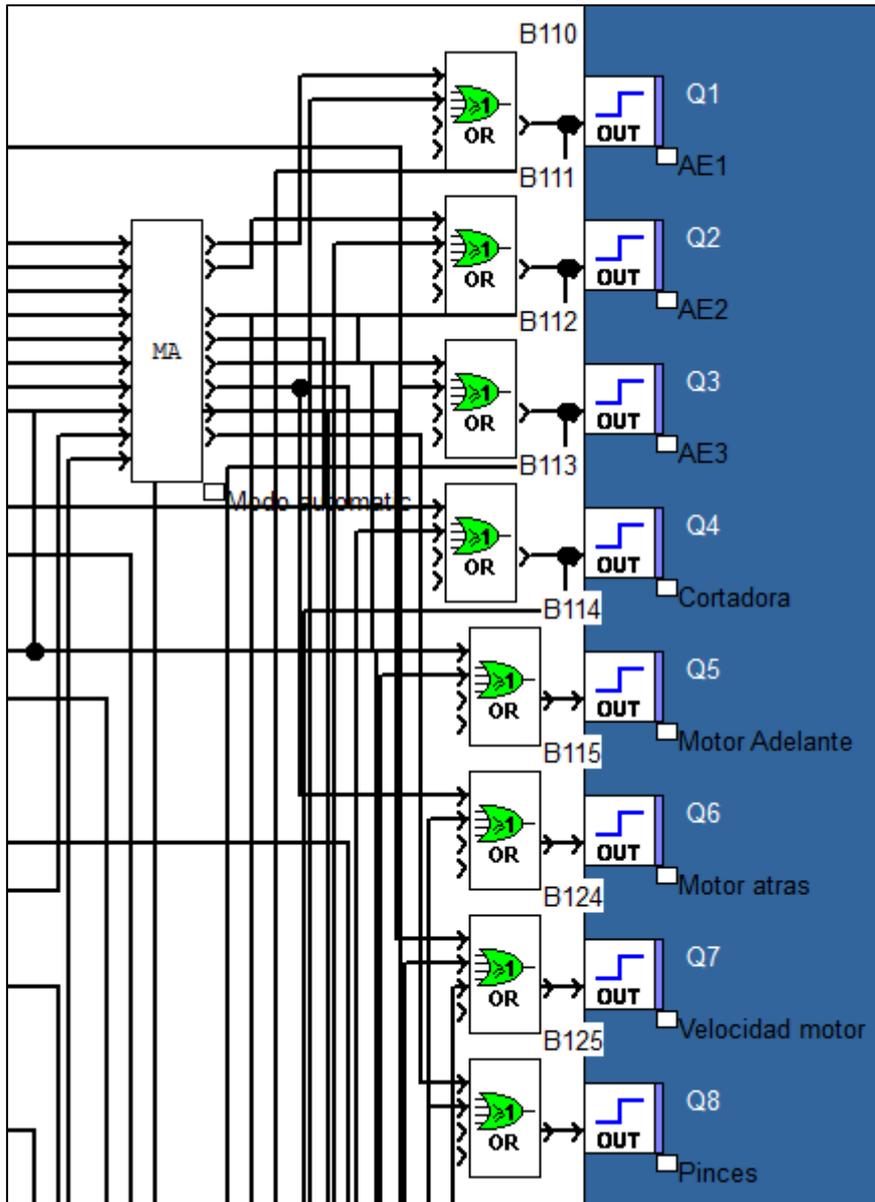


Ilustración 10: Conjunto de código del modo automático

En la [Figura 10](#) se puede visualizar un bloque macro con las siglas MA (Modo Automático). Las salidas van conectadas, a través de un bloque de condición lógica OR, a las variables de salida del autómata. El bloque OR se debe a que las salidas pueden activarse o bien por el modo automático o bien por el modo manual.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

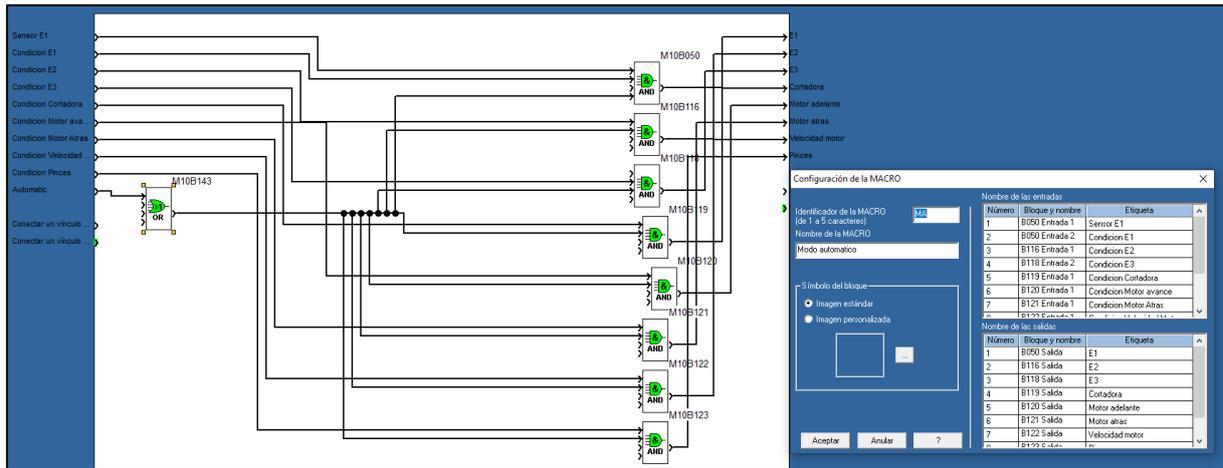


Ilustración 11: MACRO modo automático

Dentro del bloque MA nos encontramos el código de la [Figura 11](#) que la única función que tiene es la de condicionar todos los algoritmos del automatismo con que el proceso esté en modo automático.

- Puesta en marcha de la línea

Este algoritmo es el que gobierna cuándo y cómo empieza la línea a funcionar. La acción que indica que la línea ha empezado la secuencia es que las pinzas cojan la plancha de aluminio sin cortar y la arrastren. Este concepto se debe trasladar al lenguaje de entradas y salidas que es el que entiende el autómatas.

Salidas activas:

- Q8 Pinzas
- Q5 Motor sentido avance

Ahora se debe decidir en qué situación se desea que la línea empiece la producción. Se necesitará la orden del operario a través del pulsador marcha, y además debemos asegurarnos de que las pinzas se encuentren en la posición indicada, que es la de inicio de la línea. No se deben olvidar las medidas de seguridad que se han explicado en el apartado [Seguridad instalada en la línea](#). Por lo tanto, aparte de las dos condiciones mencionadas, hay que asegurar que toda la maquinaria que ejerce modificaciones sobre la pieza se encuentra en posición de reposo.

Entradas activas:

- I1 Pulsador Marcha
- I6 Sensor inicio de la línea
- I7 Sensor cuchillas

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

- I3 Sensor Estación 1
- I4 Sensor Estación 2
- I5 Sensor estación 3

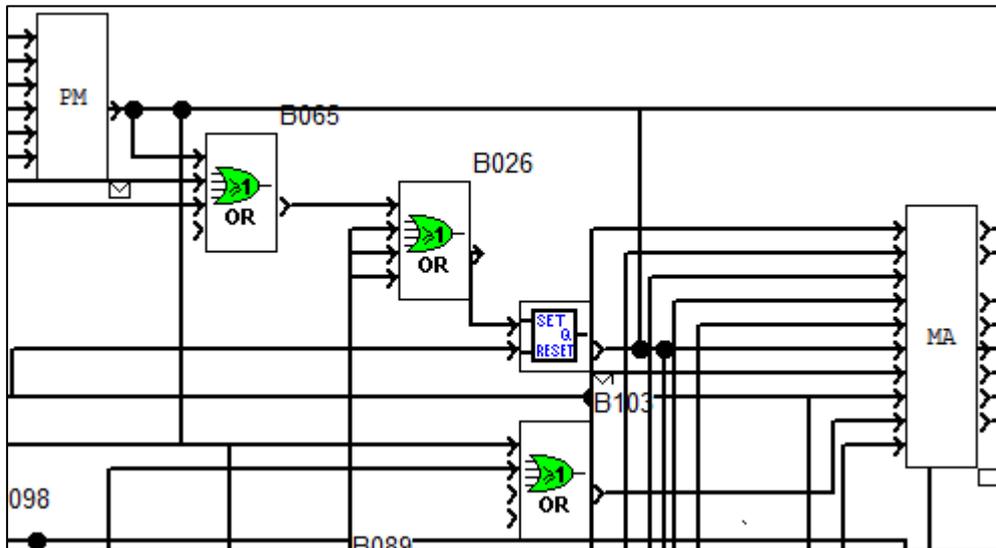


Ilustración 12: Conjunto de código Puesta en marcha de la línea.

Este código mostrado en la [Figura 12](#) muestra como el bloque macro PM (Puesta en Marcha) activa en la salida, a través de bloques OR, ya que tanto el motor como las pinzas tienen más situaciones donde se activa, el motor en sentido de avance que se trata del bloque SET/RESET. PM envía la señal de salida a la dirección de las pinzas en el bloque MA.

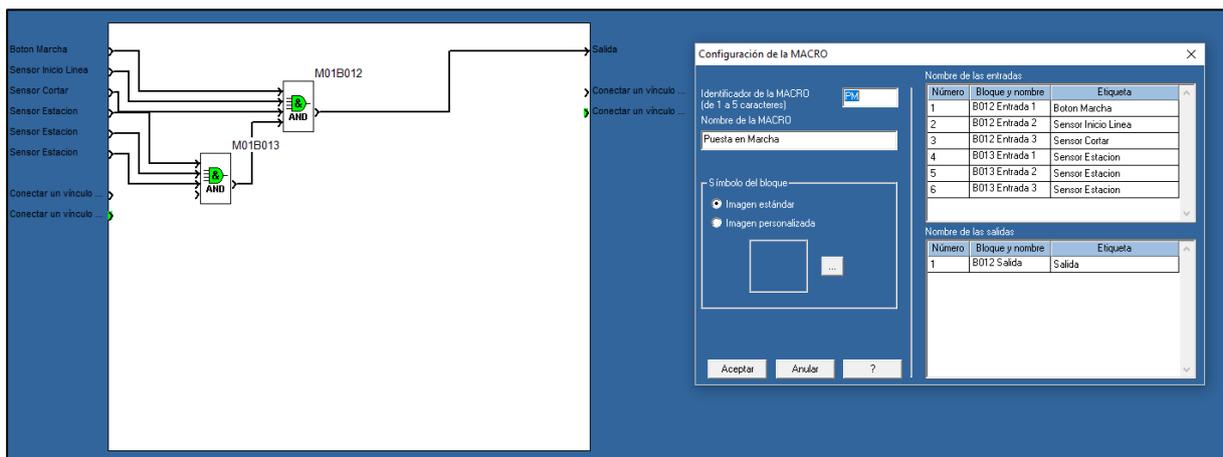


Ilustración 13: MACRO de la puesta en marcha.

La [Figura 13](#) muestra la macro PM, que aparece previamente en la [Figura 12](#). Su función es la de emitir señal de salida solo si se encuentran activas todas las entradas al bloque.

- Reducción de velocidad del motor

El siguiente evento que se trata en el automatismo se repite a lo largo de toda la línea. Se trata de la reducción de velocidad del motor cuando se acerca a una situación donde es necesario su paro o inversión de giro. Estos eventos ocurren en cinco ocasiones distintas: cuando la plancha de aluminio va a ser cortada, en las tres estaciones distintas de troquelado y al final de la línea cuando va a depositarse la pieza terminada. En todos estos casos el protocolo a seguir es el mismo. Para saber cuándo nos encontramos en esta situación se tienen las medidas tomadas de cada uno de los puntos a tratar, excepto el corte en las cuchillas, ya que se trata de una medida variable según el modelo que se vaya a realizar. La longitud de la placa viene dada por la siguiente expresión: $104\text{mm} + 24\text{mm} * \text{Número de pisos} + 44\text{mm} * \text{Hay cámara}$ ($26 + 6 * \text{Número de pisos} + 11$ si lo convertimos de mm a pulsos de encoder). También definimos una distancia común de antelación al paro o cambio de sentido para reducir la velocidad durante esa antelación hasta el evento: 200 mm o 50 pulsos de encoder. Una vez definidos los parámetros el algoritmo a programar se presenta fácil. Activaremos la salida de cambio de velocidad del motor cuando el contador del encoder indique la posición de la plancha entre la antelación y el evento.

En el caso de la primera estación de troquelado es distinto porque se realizan un número variable de agujeros. La solución escogida es la de calcular la longitud que se utilizará de la plancha ($\text{Número de pisos} * \text{Espacio necesario en cada piso}$). El intervalo que se queda es desde la antelación a la máquina hasta que la máquina haya realizado todos los agujeros que se requieren.

También remarcar que en la tercera estación se reducirá la velocidad solo si va a realizarse la operación de troquelado. Esto se traduce en si la señal de que hay cámara en el modelo actual está activada o no.

Entradas activas:

- $[X > J1 \text{ XT1 Contador del encoder} > Y]$, siendo X e Y los límites de los intervalos.

(Solo para la Estación 3)

- J4 XT1 Datos varios de la pantalla programable. De toda esta información solo se necesita la señal de si se va a instalar una cámara.

Salidas activas:

- Q7 Cambio de velocidad del motor
- Q5 Motor sentido avance

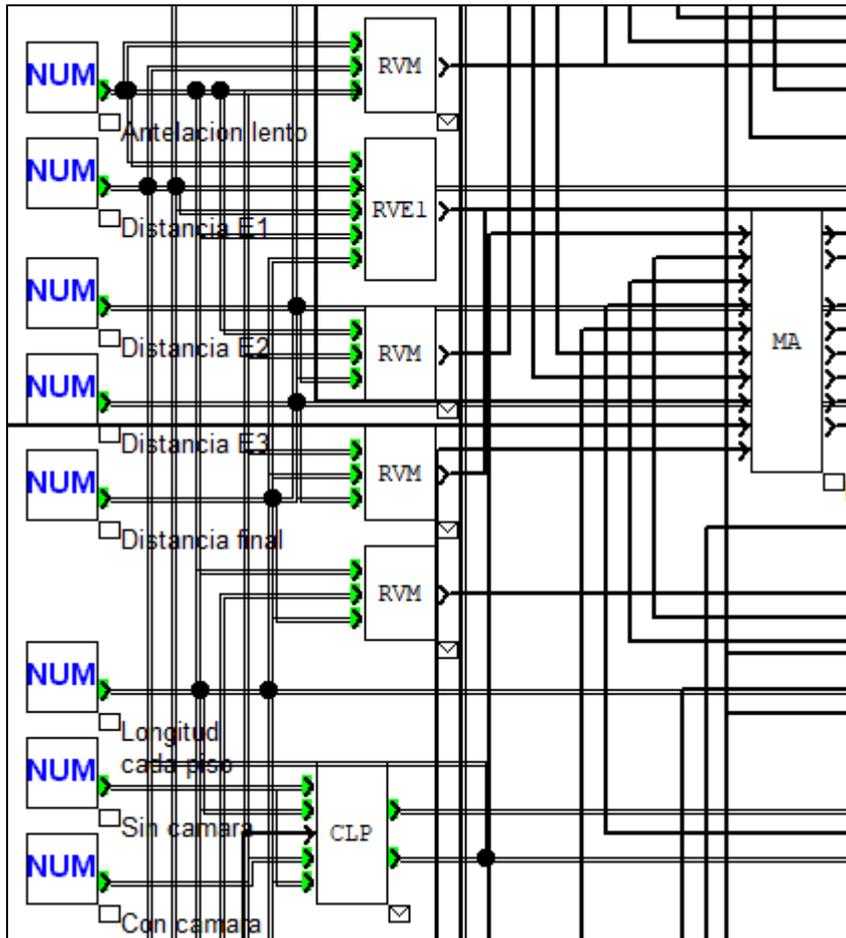


Ilustración 14: Conjunto de código Reducción de velocidad del motor

En el fragmento de código de la [Figura 14](#) vemos que las MACROS RVM (Reducción de Velocidad del Motor) y RVE1 (Reducción de Velocidad en la Estación 1) tienen por entradas las constantes que se marcan la posición de los elementos en la línea. También se observa la macro CLP (Cálculo de la Longitud de la Pieza) que se gasta para calcular, con la ecuación definida, la longitud que tendrá la placa; este valor se pasará a la reducción de velocidad de las cuchillas.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

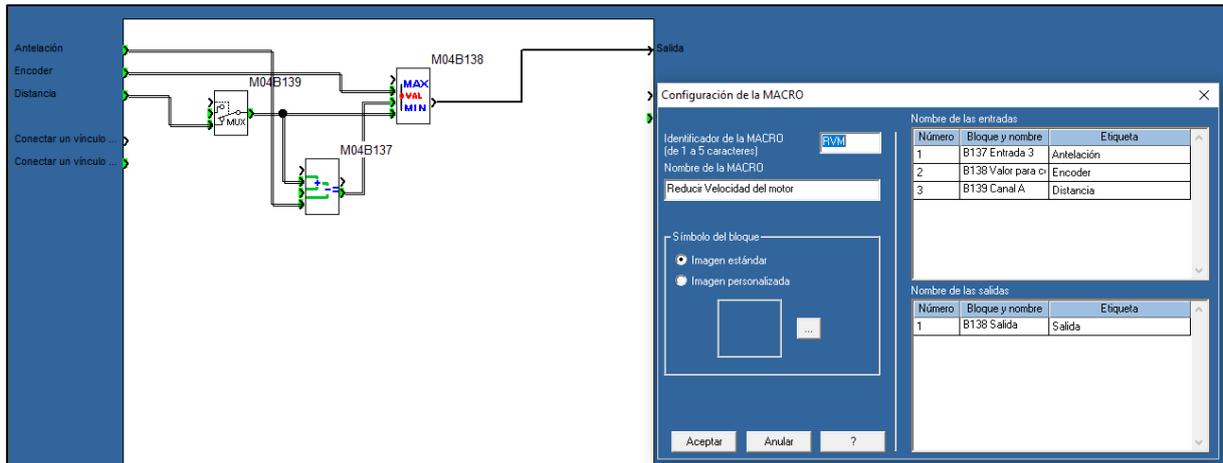


Ilustración 15: MACRO de Reducción de velocidad del motor.

La MACRO de la [Figura 15](#) se trata de RVM que se visualiza en la [Figura 14](#) y tiene la función de restarle a la posición donde se encuentran los paros del motor la antelación de reducción de velocidad. Después, se compara el contador del encoder en el intervalo definido y si se encuentra dentro, pues se activa la salida.

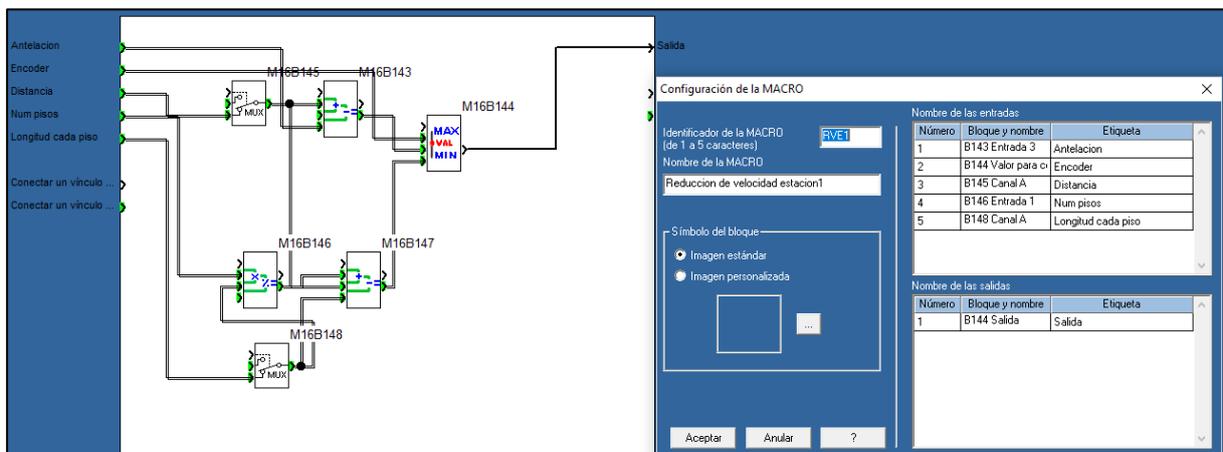


Ilustración 16: MACRO de Reducción de velocidad del motor para la Estación 1.

Este fragmento de código, que representa la MACRO RVE1 ([Figura 16](#)), es similar al de la [Figura 15](#) con la diferencia de que se necesitan hacer más operaciones ya que el intervalo varía según el número de pisos de la placa. Pues bien, la función de los bloques adicionales es la de calcular dichas operaciones.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

- Corte de la plancha

El primer paro del motor durante el progreso de la línea se debe cuando se desea cortar la plancha. Una vez se detecte, gracias al contador del encoder, que se ha alcanzado la longitud requerida de la placa, el motor se para y las cuchillas se activan para cortar la placa. Para no retomar el trayecto ni demasiado temprano ni demasiado tarde, se ha medido el tiempo que tarda la máquina en cortar. Una vez se ha agotado el temporizador, programado para que dure ese tiempo exacto, las pinzas, junto la pieza ya cortada, reanudan la marcha en la línea.

Fase 1:

Entradas activas:

- J1 XT1 Contador del encoder = X, siendo X la longitud de la placa.

Salidas activas:

- Q4 Cuchillas

Fase 2:

Entradas activas:

- I7 Sensor cuchillas
- Temporizador que controla el tiempo de corte

Salidas activas:

- Q5 Motor sentido avance

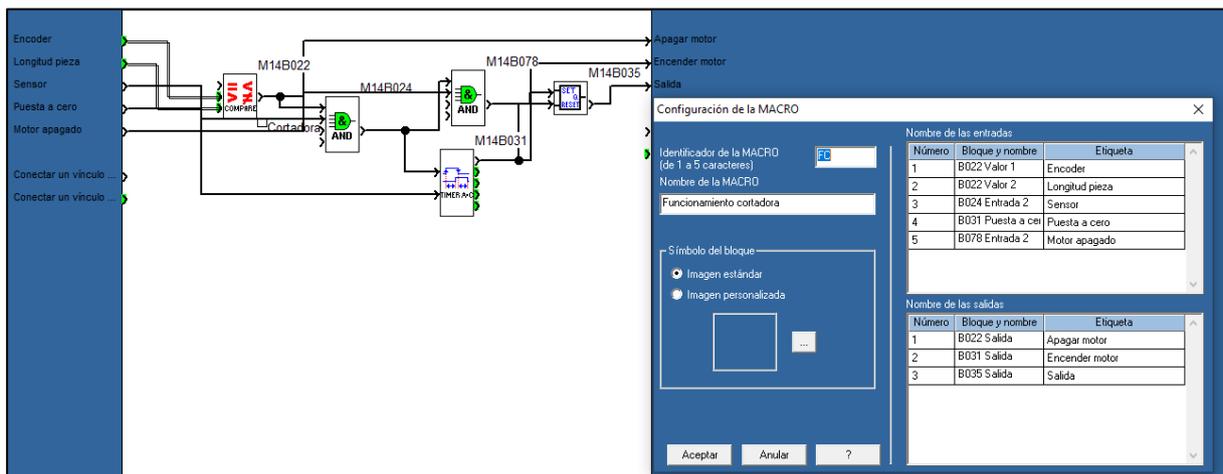


Ilustración 17: MACRO del funcionamiento del proceso de corte.

El código de la [Figura 17](#) muestra el funcionamiento que se acaba de describir. Es decir, cuando el contador del encoder marca la posición, envía señal de apagar el motor y se activan las cuchillas. Una vez termina el temporizador, se apagan las cuchillas y se enciende el motor.

- Troquelado Estación 1

El siguiente proceso, en el cual el motor sufre paradas, se debe por el troquelado en la primera estación. Este proceso es el más peculiar ya que se repite un número variable de veces. Este número coincide con el número de pisos que dispondrá el portero automático. Una vez el contador del encoder marque la posición de la estación, el motor se para y se realiza el primer troquelado de la línea. Una vez se hay hecho el primer agujero, la placa avanza y se produce el siguiente; así sucesivamente hasta que se hayan realizado los agujeros para todos los pisos. Al igual que en el corte, este proceso también ha sido cronometrado para establecer cuanto tiempo tiene que estar el motor parado.

Fase 1:

Entradas activas:

- J1 XT1 Contador del encoder = X, siendo X la distancia entre el inicio de la línea y la estación 1 (800 mm o 200 pulsos del encoder).

Salidas activas:

- Q1 Estación de troquelado 1

Las fases 2 y 3 se repiten un número de veces N-1, siendo N el número de pisos que alberga el portero automático.

Fase 2:

Entradas activas:

- Temporizador que controla el tiempo de troquelado
- I3 Sensor Estación 1

Salidas activas:

- Q5 Motor sentido avance
- Q7 Cambio de velocidad del motor

Fase 3:

Entradas activas:

- J1 XT1 Contador del encoder = X, siendo X la distancia entre el inicio de la línea y la estación 1 más el número de agujeros hechos por la distancia de cada agujero ($800 + 24 * n$ mm o $200 + 6 * n$ pulsos del encoder, siendo n el número de agujeros realizados).

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Salidas activas:

- Q1 Estación de troquelado 1

Fase 4 (una vez ya no se necesitan más agujeros):

Entradas activas:

- Temporizador que controla el tiempo de troquelado
- I3 Sensor Estación 1

Salidas activas:

- Q5 Motor sentido avance

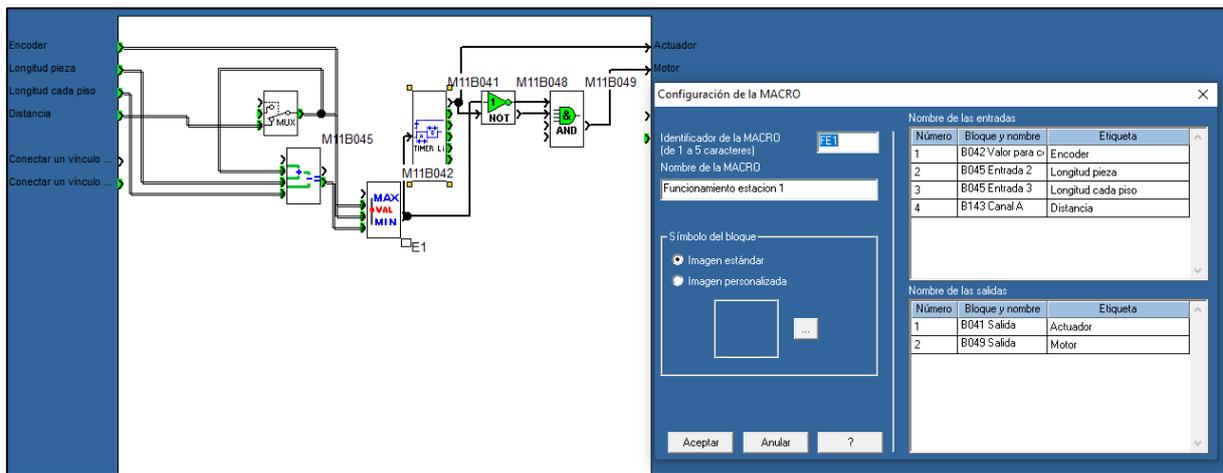


Ilustración 18: MACRO del funcionamiento de la Estación 1 de troquelado

La peculiaridad de la pieza de código de la [Figura 18](#) es que, aparte de tener una operación matemática para saber cuántas veces se debe troquelar, posee un temporizador de pulsos. Este temporizador tiene un número de pulsos igual al número de agujeros que se van a realizar. Su tiempo de marcha es el que la troqueladora está trabajando, y su tiempo de paro es en el que la pieza va avanzando. De este modo el temporizador se presenta como la herramienta más importante del bloque MACRO.

- Troquelado Estación 2 y Troquelado Estación 3

La segunda estación de troquelado posee un algoritmo de funcionamiento bastante sencillo. La pieza llega a la altura de este componente, el motor se para y la troqueladora realiza su trabajo. Una vez terminado el proceso, evento que conocemos gracias a un temporizador programado con el tiempo justo de troquelado, el motor reanuda su marcha. El comportamiento de esta estación también se puede trasladar a la última. La única diferencia es el carácter optativo de esta. Por lo tanto, se usa el mismo algoritmo y se le añade la condición de si se va a incorporar una cámara al dispositivo.

Fase 1:

Entradas activas:

- J1 XT1 Contador del encoder = X, siendo X la distancia entre el inicio de la línea y la estación (3200 mm o 800 pulsos de encoder para la Estación 2, 5600 mm o 1400 pulsos de encoder para la Estación 3).

(Solo para la Estación 3)

- J4 XT1 Datos varios de la pantalla programable. De toda esta información solo se necesita la señal de si se va a instalar una cámara.

Salidas activas:

- Qx Estación de troquelado x

Fase 2:

Entradas activas:

- Temporizador que controla el tiempo de troquelado
- Ix Sensor Estación y. Si, y = 2 -> x = 4; y = 3 -> x = 5

(Solo para la Estación 3)

- J4 XT1 Datos varios de la pantalla programable. De toda esta información solo se necesita la señal de si se va a instalar una cámara.

Salidas activas:

- Q5 Motor sentido avance

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

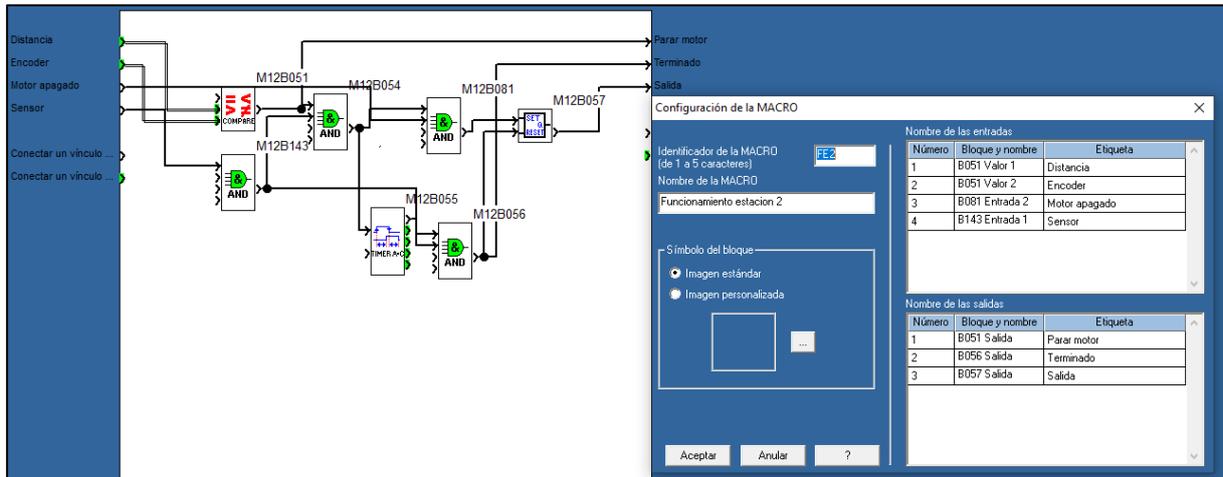


Ilustración 19: MACRO del funcionamiento de la Estación 2 de troquelado.

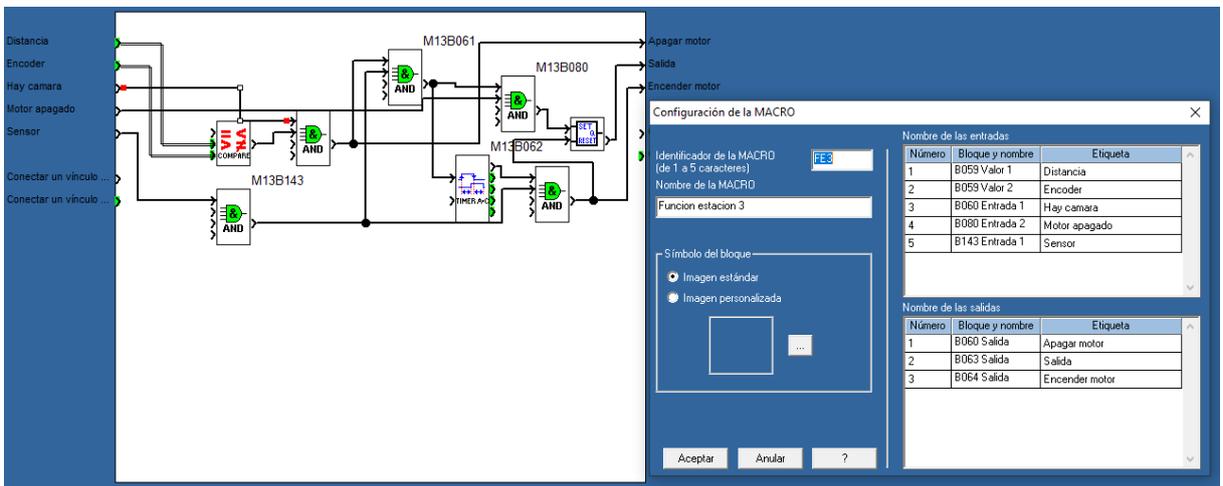


Ilustración 20: MACRO del funcionamiento de la Estación 3 de troquelado.

La única diferencia entre las Figuras 19 y 20 es la aparición de una condición extra en la Estación de troquelado 3. Esta condición se trata de la que establece el carácter optativo de este proceso, y es la condición de si se va a instalar una cámara. Por lo demás, las funciones presentan las entradas que se han explicado, y si se cumplen se activa el temporizador y la troqueladora. Una vez el temporizador termina y el sensor instalado en la estación confirma que se ha terminado el proceso, se enciende el motor para que la pieza prosiga por la línea.

- Finalización del proceso

Esta situación se presenta cuando la pieza ya ha sido manipulada y la maquinaria ha terminado su trabajo. Este evento presenta mucha libertad ya que las decisiones que se pueden tomar al finalizar el trabajo pueden ser muy variadas. En nuestro caso se ha decidido que una vez se llegue a la posición

final de la línea el motor se pare y las pinzas se activen, para así soltar la pieza ya terminada. Una vez depositada, la pieza activará el final de carrera, situado en la posición correspondiente, y este enviará señal al autómatas para encender la luz del led instalado, indicando la presencia de la pieza ya terminada. A continuación, gracias al cambio de sentido del motor, retornamos las pinzas al inicio de la línea a velocidad máxima. Una vez las pinzas estén situadas en la posición inicial se restablece el valor del contador del encoder a cero.

Para evitar cualquier incidencia, se ha establecido que toda la maquinaria pesada tiene que estar en posición de reposo antes de trasladar las pinzas desde el final de la línea hasta el principio. Además, para evitar el sobrecalentamiento del motor, en el caso de que algún componente se quedase enganchado, se ha incorporado un temporizador de seguridad que pararía el funcionamiento del motor en el caso de que las pinzas no hubiesen llegado al inicio de la línea, una vez transcurrido el tiempo.

Fase 1:

Entradas activas:

- J1 XT1 Contador del encoder = X, siendo X la distancia entre el inicio de la línea y el final (8000 mm o 2000 pulsos de encoder).

Salidas activas:

- Q8 Pinzas

Fase 2:

Entradas activas:

- I8 Sensor final de la línea
- I7 Sensor cuchillas
- I3 Sensor Estación 1
- I4 Sensor Estación 2
- I5 Sensor estación 3

Salidas activas:

- Q6 Motor sentido retroceso
- Q9 Led indicador

Fase 3:

Entradas activas:

- I6 Sensor inicio de la línea
-
- Temporizador de seguridad

No hay salidas activas.

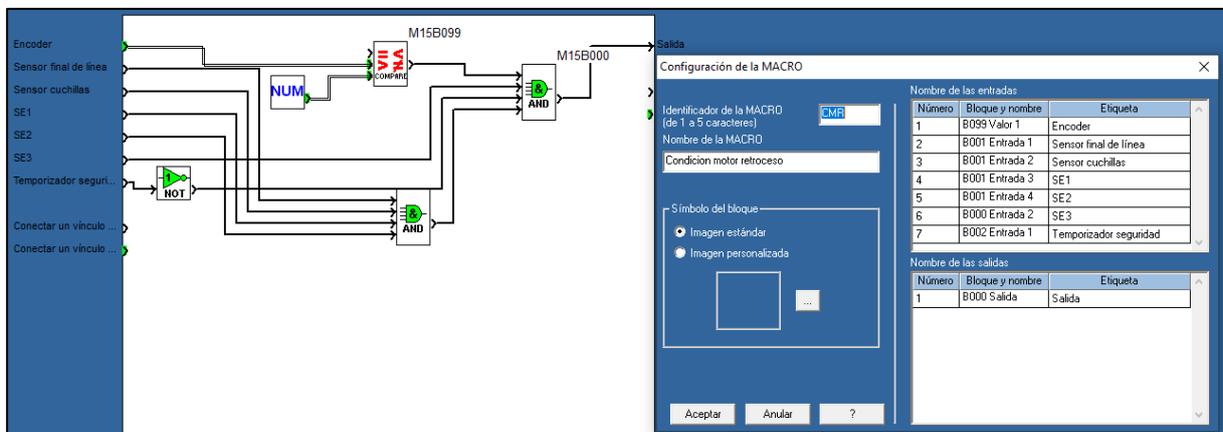


Ilustración 21: MACRO activación del motor en sentido de retroceso.

En la [Figura 21](#) se muestra la MACRO que controla en que situaciones se activa el motor en sentido de retroceso por la línea. Se ha establecido que en estas situaciones el contador del encoder marque el número -1, por eso aparece una comparación entre el contador del encoder y una constante (-1). Además, el motor dejará de funcionar si se activa el temporizador de seguridad. En el código se ha implementado esta condición, pero negándola; es decir, el motor solo funciona cuando NO se reciba la señal del temporizador de seguridad. Por eso aparece la entrada del temporizador con una puerta lógica NOT, para negarla. Las otras condiciones de seguridad que se han mencionado también aparecen en las entradas del bloque.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

- Reinicio

Una vez se han terminado todos los procesos anteriores, la línea se encuentra en una situación similar a la de [Puesta en marcha de la línea](#). Sin embargo, se ha tomado la decisión de no interrumpir el proceso de producción mientras el modelo a fabricar sea el mismo. Por lo tanto, en el reinicio de la línea se pueden dar dos situaciones distintas: Modificar las características de la próxima pieza que se va a producir, es decir, cambiar el modelo; o continuar produciendo el mismo.

En el caso de que se haya cambiado el modelo se decide detener la producción y esperar a que el usuario indique que se pueda iniciar de nuevo. Por lo tanto, ahora sí que se trata de una situación exacta a la de [Puesta en marcha de la línea](#).

Suponiendo que no se ha cambiado el modelo que se va a producir, el propósito es que la línea continúe sin necesidad de la orden de un operario.

Entradas activas:

- I6 Sensor inicio de la línea
- I7 Sensor cuchillas
- I3 Sensor Estación 1
- I4 Sensor Estación 2
- I5 Sensor estación 3
- O2 XT1 Información variada para la pantalla de control. De toda esta información solo se necesita la señal negada de si se ha producido un cambio en el modelo a producir.

Salidas activas:

- Q8 Pinzas
- Q5 Motor sentido avance

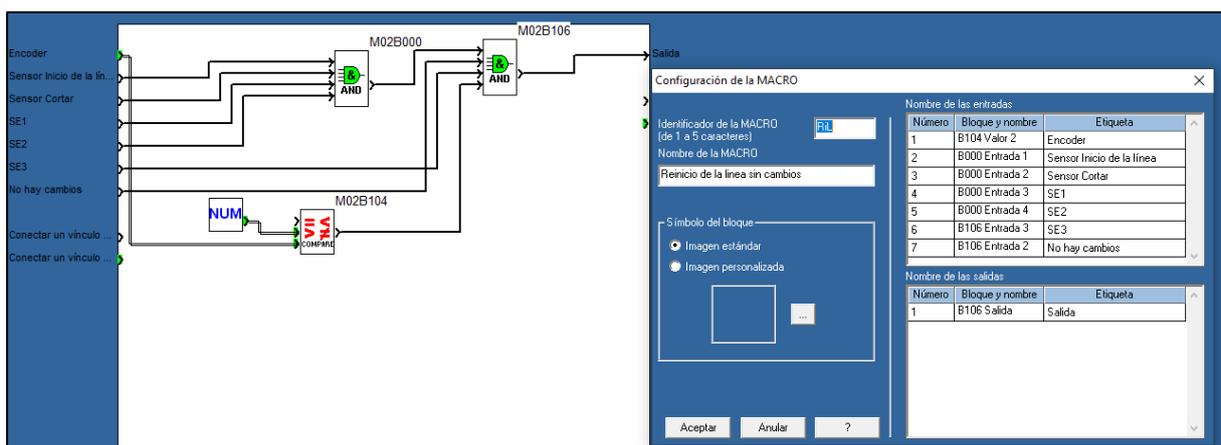


Ilustración 22: MACRO de las condiciones de reinicio de la línea.

La diferencia entre la [Figura 22](#) y la [Figura 13](#), que representa las condiciones del inicio de la línea, es la introducción de una entrada adicional que indica si ha habido cambios o no en la producción del modelo, y además se ha añadido un comparador con el contador del encoder para comprobar que se haya restablecido al valor 0, ya que es necesario que tenga este valor para que el proceso actúe correctamente.

- Modo manual

Una de las condiciones que se establecieron en el apartado [Propuesta de automatización](#) fue la posibilidad de utilizar manualmente los componentes de la línea. Pues bien, para tal propósito se ha definido una variable que diferencia el modo manual y el modo automático. Una vez se tiene seleccionado el modo manual, cada entrada activará su salida correspondiente.

Entradas activas:

- J4 XT1 Datos varios de la pantalla programable. En este caso se utilizarán la mayoría de las variables. Estas variables proceden del HMI y son órdenes de activación que corresponden cada una a una salida distinta del autómeta. Además, también se transfiere la variable que controla los modos automático y manual.

Salidas activas:

- La salida correspondiente a la orden de la señal de entrada.

Pueden haber más de una orden, y a su vez, su salida correspondiente, activa simultáneamente.

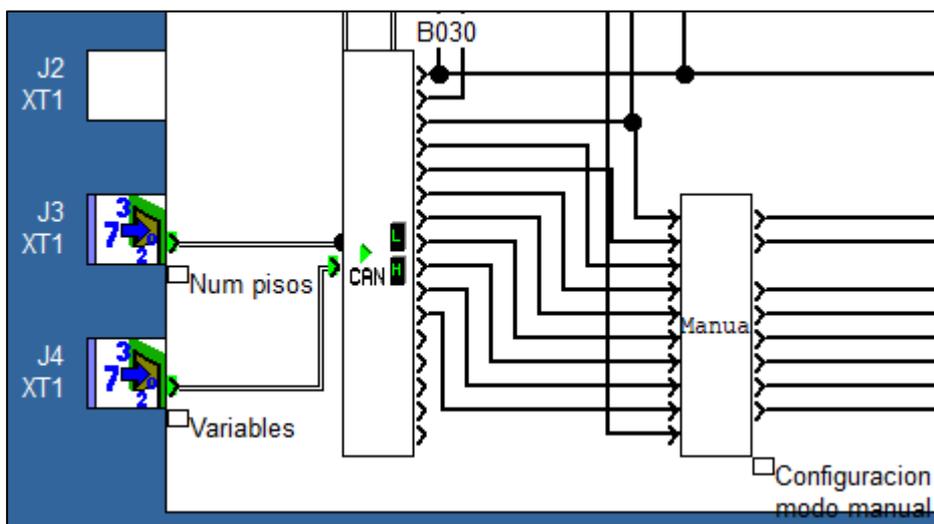


Ilustración 23: Representación de la parte del código que se encarga de la función manual.

La [Figura 23](#) engloba las entradas del bloque MACRO “Manual”, que provienen todas de la entrada del autómeta J4 XT1, la cual se desglosa en 16 variables distintas; y aparte la señal negada del pulsador de paro. Este bloque es el encargado de gestionar la información una vez la línea se encuentra en modo manual. Sus salidas van directamente conectadas a las salidas del autómeta.

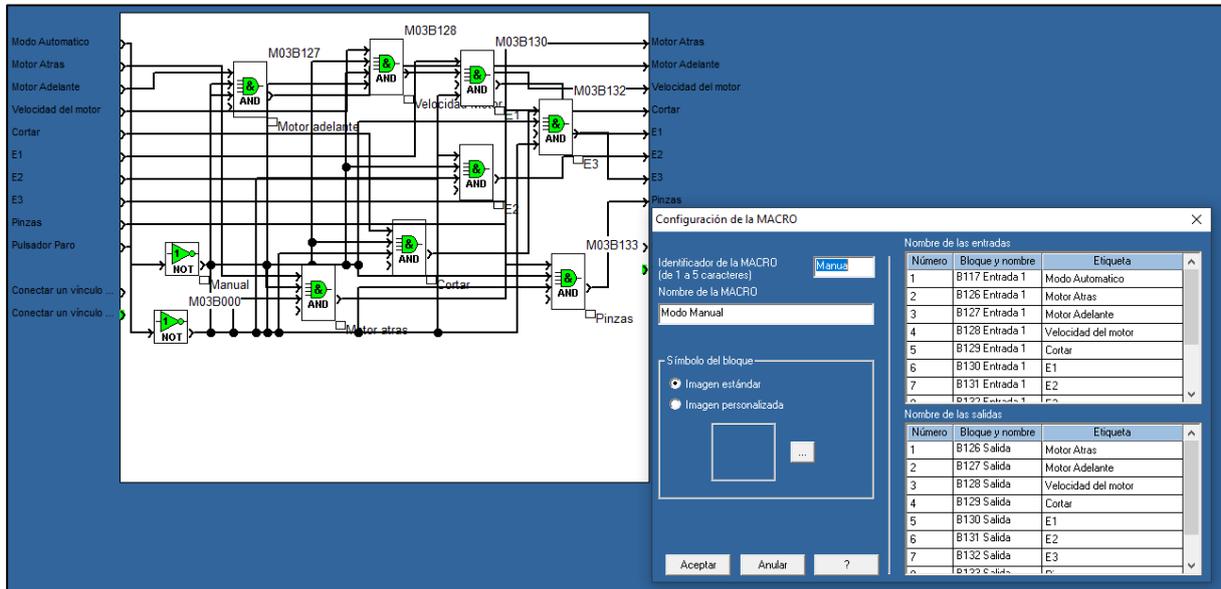


Ilustración 24: MACRO del bloque “Manual”.

En este bloque ([Figura 24](#)) se compara cada una de las entradas con la condición de que el proceso esté en modo manual y que el pulsador de paro no esté activado. Si las tres señales, la del modo manual, la entrada y el pulsador de paro (si el pulsador de paro está activo significa que no está pulsado, debido a su comportamiento normalmente cerrado), están activas; entonces se enciende la salida correspondiente.

- Seguridad seta de emergencia

Este algoritmo tiene como única función la de parar todo el proceso en el momento que se pulse la seta de emergencia. Para ello se activa el modo manual, así todo el proceso de automático se pararía inmediatamente. Aunque la línea se encuentre en modo manual, al estar pulsado el botón paro no se activaría ninguna salida del autómeta.

Entradas activas:

- I2 -> Pulsador paro

Salidas activas:

- O2 XT1 Información variada para la pantalla de control. En esta variable se transmite la orden de establecer el modo manual.

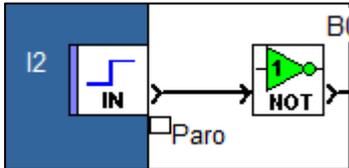


Ilustración 25: Introducción de la variable de entra pulsador de paro.

Al tratarse, la seta de emergencia, de un dispositivo de comportamiento normalmente cerrado; entonces se debe negar la entrada para evitar programar con lógica inversa.

4. PROGRAMACIÓN DEL PANEL TÁCTIL DE CONTROL

En esta sección se procederá a explicar el cómo comunicará el operario las órdenes al automatismo. Se trata de la programación del HMI. Además, se muestra cómo se han resuelto cada una de las necesidades que se han establecido en el apartado [Propuesta de automatización](#).

4.a. Software utilizado para la programación del panel táctil

El programa Vijeo Designer es el escogido para programar el panel táctil de control y se utilizará de forma exclusiva para este componente.

Es un programa utilizado comúnmente por fabricantes de máquinas, tanto sencillas como complejas, de diferentes sectores industriales, así como por trabajadores en el sector terciario e infraestructura.

Las prestaciones de este programa son muchas, como por ejemplo las de innove. Innove se trata de un conjunto de características incluidas en el programa que permiten, entre otras cosas, la visualización y grabación de video, incluso en tiempo real desde una cámara conectada. Todas estas funciones, aunque de gran potencial, no se van a explicar con profundidad porque no han sido utilizadas en el trabajo realizado.

De las funciones utilizadas en el presente proyecto, mencionamos la fácil intercomunicación con el autómatas a través de variables dirigidas por un bus de direcciones, aunque este método se detallará en el apartado [Comunicación entre el autómatas y el panel de control](#). Además de la creación de variables internas necesarias de distintos tipos, enteros simples o dobles, booleanos, strings, etc.

El programa cuenta con una interfaz intuitiva para el diseño de terminales alfanuméricos y semigráficos o para el diseño de terminales gráficos. También proporciona la opción de cambiar de idioma para poder distribuir el trabajo realizado en cualquier parte del mundo.

Por último, teniendo en cuenta una herramienta que ha sido de gran utilidad para la elaboración de este trabajo, mencionar que el programa cuenta con una función de recetas que permite almacenar un grupo de datos bajo un identificador. Esta función ha sido utilizada en el proceso de almacenamiento de datos de los distintos tipos de modelos de placas para porteros automáticos que se han escogido para la realización de este trabajo.

4.b. Diseño de las pantallas

El HMI permite al usuario el acceso a información varia. Para organizar esta información en distintos grupos, se han creado distintas pantallas que el usuario puede alternar para acceder a todos los comandos.

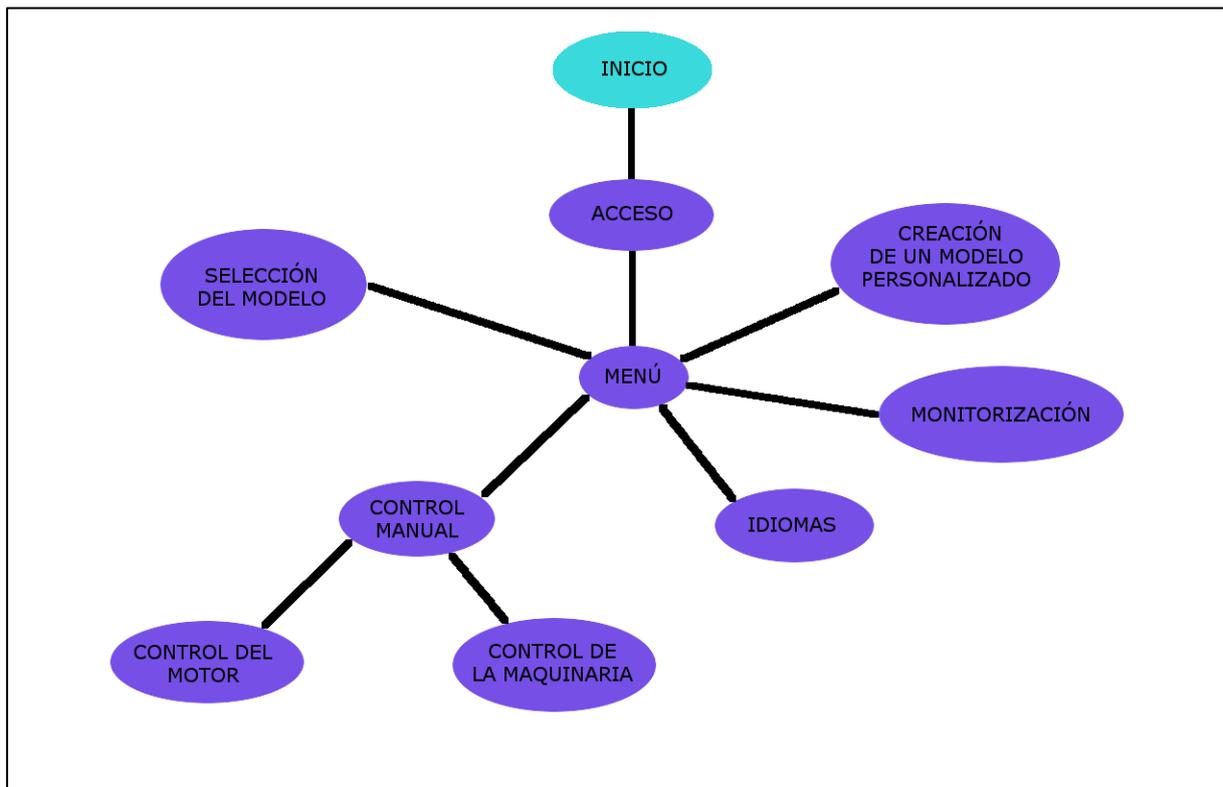


Ilustración 26: Diagrama de acceso navegación entre las pantallas del panel de control.

En el diagrama de la [Figura 26](#) se visualiza la ruta que se debe tomar para acceder a cualquier pantalla que se ha diseñado en el HMI.

La pantalla Inicio se muestra de otro color porque se trata de la pantalla donde se situará el usuario la primera vez que interactúe con el dispositivo.

- Inicio



Ilustración 27: Pantalla de Inicio.

Se trata de una pantalla de presentación al usuario donde puede encontrar la fecha y la hora actual. Además, se ha añadido el logotipo de la Universidad Politécnica de Valencia, simulando la posibilidad de poner cualquier otro, en el caso de que este trabajo se realizase trabajando en una empresa privada. Esta información aparecerá en una gran cantidad de pantallas ya que se ha considerado útil para el usuario, siempre que no limite la representación del resto de datos.

Para avanzar de pantalla se debe pulsar el botón “Iniciar” que aparece en la pantalla. Al pulsarlo nos cambiará la imagen mostrada a la de la pantalla de Acceso.

- Acceso

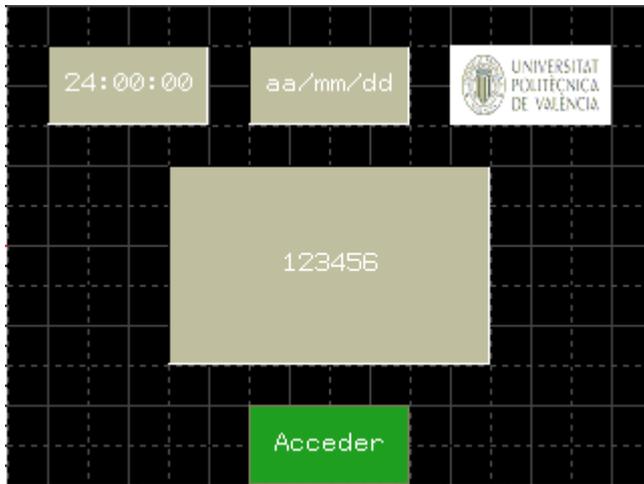


Ilustración 28: Pantalla de Acceso.

En esta pantalla el usuario deberá introducir la contraseña correcta para poder acceder al resto de información. Esta medida de seguridad se ha establecido para cumplir con uno de los requisitos que se han definido en el apartado [Propuesta de automatización](#).

La contraseña se ha decidido establecer de carácter numérico únicamente; sin embargo, se podría programar una versión alfanumérica si se deseara. Una vez se ha introducido la contraseña, el usuario debe pulsar el botón “Acceder”. Si la contraseña es correcta, el contenido de la pantalla pasará a ser el de la pantalla de Menú.

- Menú

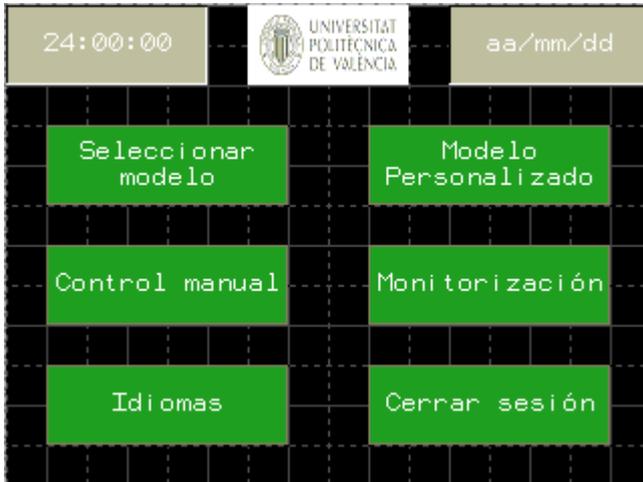


Ilustración 29: Pantalla del Menú de navegación.

Esta pantalla será la más reiterada por el usuario porque desde aquí se accede a toda la información que se puede controlar desde el panel de control.

La interfaz es sencilla e intuitiva, únicamente hay que pulsar los botones que redireccionarán al usuario a la pantalla correspondiente. Estas pantallas se representan en el diagrama de la [Figura 26](#).

- Selección del modelo

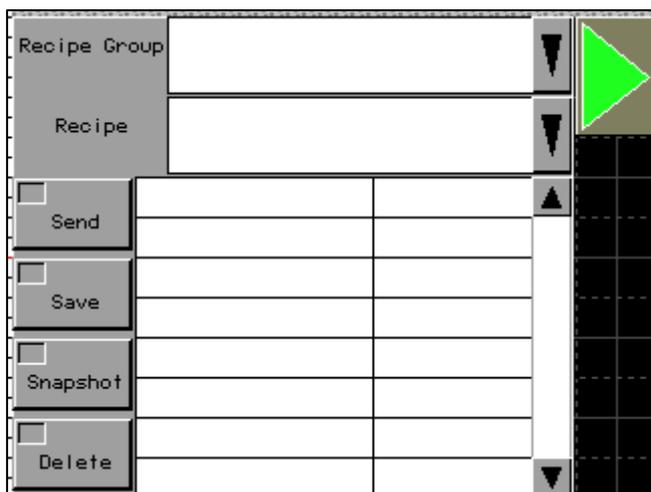


Ilustración 30: Panel de Selección del modelo a producir.

Esta pantalla muestra una función que dispone el programa de Vijeo Designer, que es la de recetas. Las características de esta función se explican en el apartado [Recetas](#).

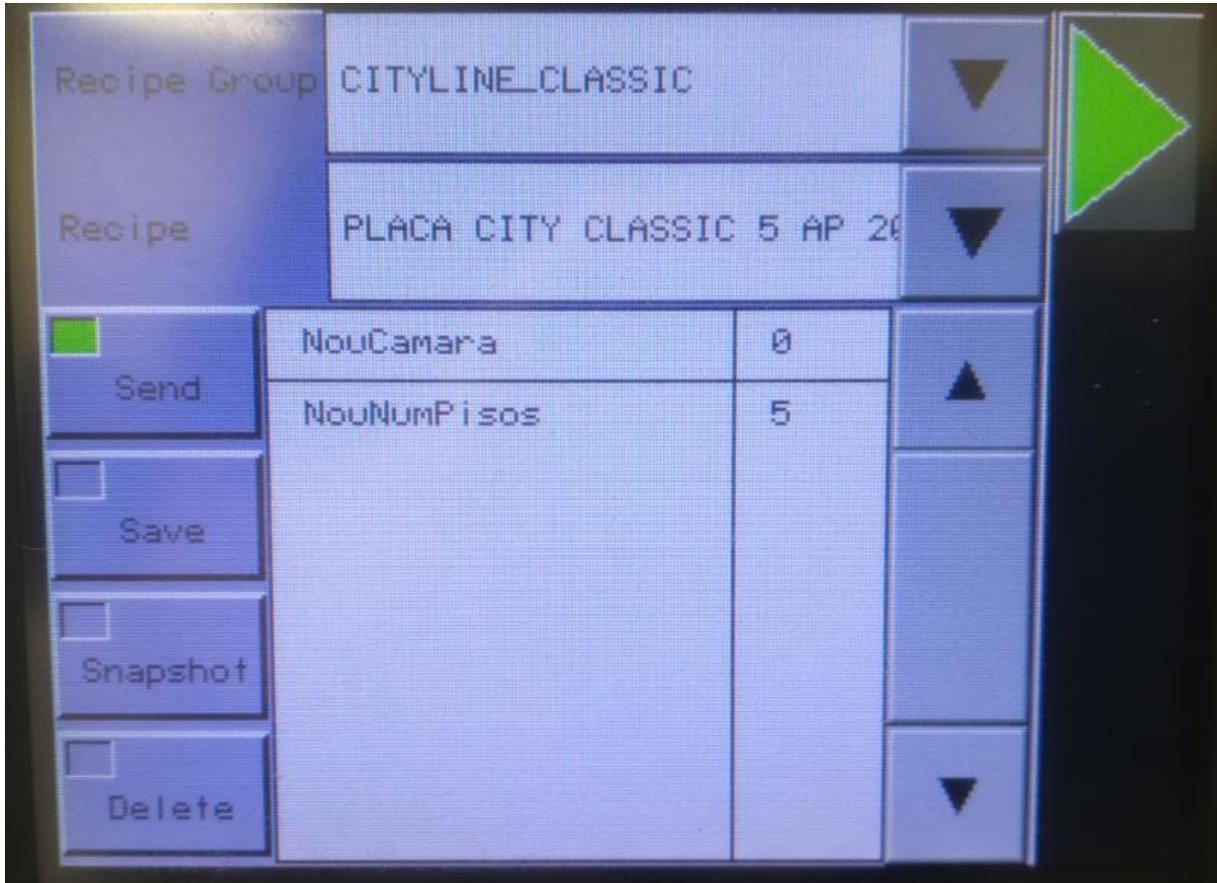


Ilustración 31: Panel de Selección de modelo a producir con un ejemplo seleccionado.

En la [Figura 31](#) se muestra un ejemplo de cómo se selecciona uno de los modelos que se hayan almacenados dentro de la memoria de la pantalla.

Una vez se ha escogido el modelo deseado, para volver al Menú y poder acceder a las demás opciones, hay que pulsar el botón con forma de flecha que se encuentra a la derecha de la pantalla.

- Control manual



Ilustración 32: Panel de control manual.

A este panel, al igual que la mayoría de los paneles, se accede desde el Menú. Sin embargo, este tiene la peculiaridad de que una vez se ha pulsado el botón de acceso, se cambia el valor del modo de trabajo, y pasa automáticamente a manual. Se ha decidido trabajar de esta forma para ahorrar tiempo al operario y proporcionar una navegación más intuitiva.

Una vez en esta pantalla se distingue que se trata de una especie de menú donde puedes dirigirte al control del motor, pulsando el botón “Control manual del motor”; o al control de resto de máquinas, pulsando el botón “Control manual de la maquinaria”.

Si se desea volver al Menú, se debe pulsar el botón “Volver”. Entonces se cambiará el modo de trabajo a automático, al mismo tiempo que traslada la imagen de la pantalla a la del Menú.

- Control del motor

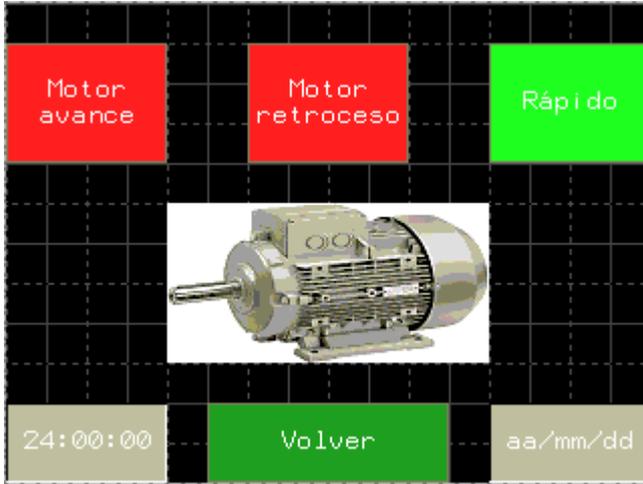


Ilustración 33: Panel de Control del motor.

Una vez estamos dentro del modo manual, se puede acceder a este panel donde se pueden activar las distintas opciones que tiene el motor para funcionar. En cada botón que existe en la parte superior se puede activar o desactivar la función del motor que se describe. La iluminación es roja cuando está desactivado o verde cuando está activo.

Si se pulsa el botón situado en la parte inferior se cambia la pantalla mostrada a la de Control manual.

- Control de la maquinaria



Ilustración 34: Panel de Control de la maquinaria.

Este panel tiene la función de controlar las distintas salidas del automatismo que no dependen del motor, es decir, las tres estaciones de troquelado, las cuchillas y las pinzas.

Cuando se pulsa alguno de los botones, se activa la salida que se describe en el texto. La leyenda de colores es de rojo cuando está desactivado y de verde cuando está activado.

Para volver a la pantalla anterior se debe pulsar el botón situado en la parte inferior de la pantalla.

- Idiomas

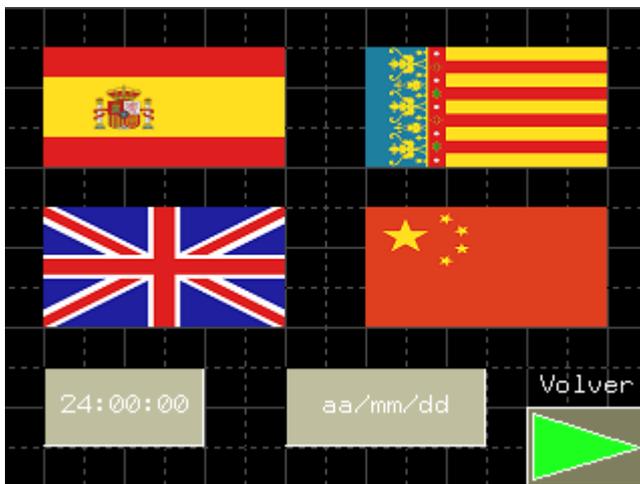


Ilustración 35: Panel de cambio de Idioma.

Este panel proporciona la opción de cambio de idioma a cualquiera de los que se pidieron en el apartado [Propuesta de automatización](#). El funcionamiento es sencillo, se debe pulsar la bandera del idioma en que se quiere visualizar el texto que aparece en todas las pantallas.

Una vez se ha escogido el idioma hay que pulsar el botón situado en la parte inferior para volver al Menú, que es la pantalla desde donde se ha accedido a la actual.

- Monitorización

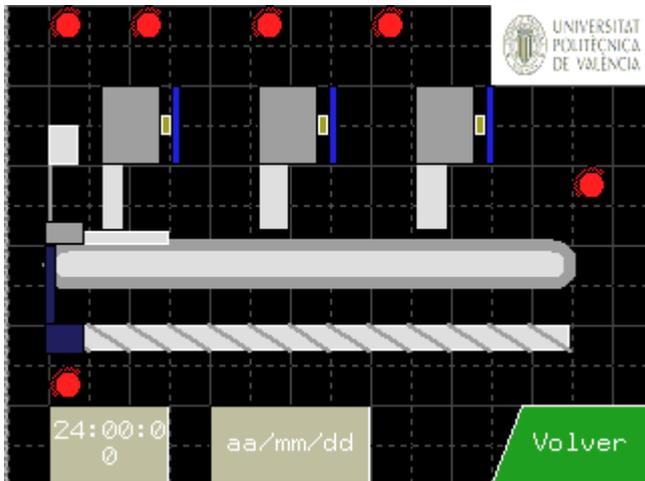


Ilustración 36: Panel de Monitorización del proceso.

Este panel resulta útil para visualizar de forma remota el proceso de la línea. Todas las salidas del automatismo se presentan en esta pantalla de forma esquematizada. La pantalla se encuentra en modo de diseño y por eso se muestran todos los componentes. La plancha se irá moviendo por la línea junto las pinzas, y las distintas estaciones accionarán su herramienta según corresponda. Todo este proceso se visualizará en esta pantalla. Además, se visualizan todos los sensores que hay instalados, se trata de los pilotos redondos de color rojo. Cada una de las máquinas tiene su sensor en su parte superior, el sensor del inicio de la línea se encuentra debajo de las pinzas, y el sensor del final de la línea se encuentra a la derecha del todo. La leyenda de colores del piloto de los sensores es de rojo cuando no está activo y verde cuando sí.

Para volver al Menú hay que pulsar el botón “Volver”.

- Creación de un modelo personalizado

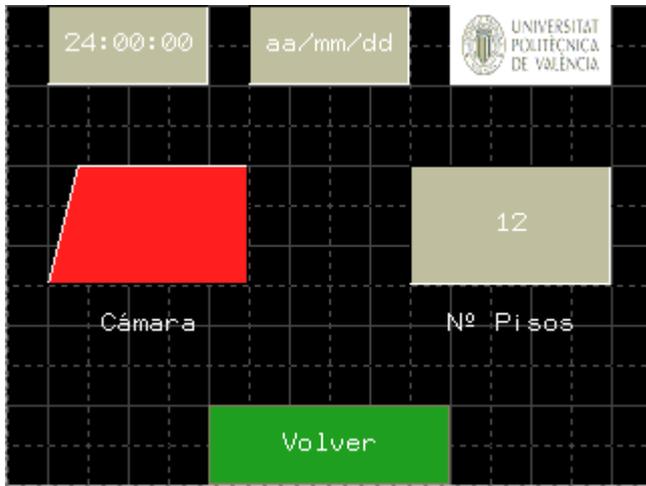


Ilustración 37: Panel de Creación de un modelo personalizado.

Este panel presenta un diseño minimalista, porque la única edición posible en la creación de los modelos de porteros automáticos es la variación en el número de pisos, y si el modelo tendrá una cámara instalada o no.

Pues bien, en esta pantalla se pueden modificar estos dos parámetros para crear modelos que no pertenezcan originalmente al catálogo, pero que sí que presentan las mismas características que los ya diseñados.

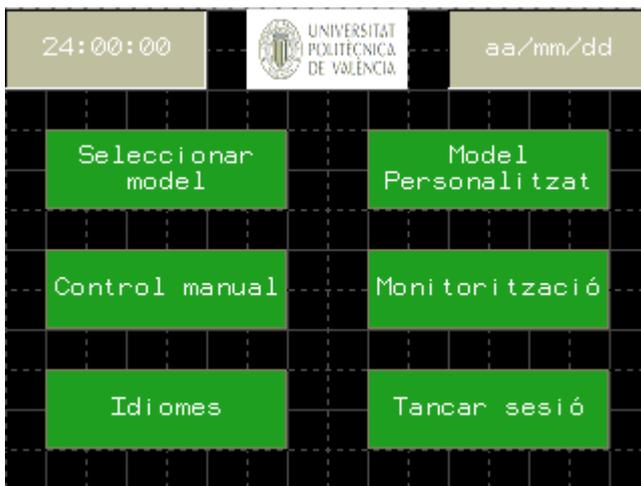
Para indicar si se va a instalar una cámara o no, se debe pulsar el botón de la izquierda, si está en rojo significa que no se instalará, y si está en verde sí. El cuadro de la derecha sirve para introducir el número de pisos que abarcará el portero que se quiere producir.

Una vez se han introducido los parámetros deseados, se puede volver al Menú pulsando el botón "Volver".

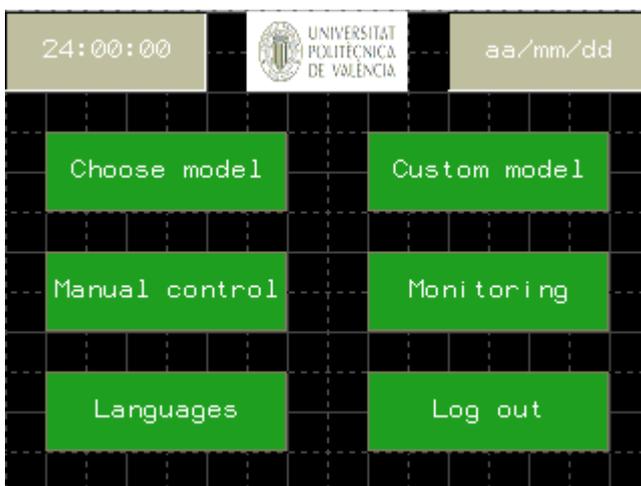
4.c. Otras características

4.c.i. Idiomas

En la sección [Diseño de las Pantallas](#) se ha mostrado un panel donde se nos permite el cambio de idioma. Cabe mencionar que la traducción de idioma no la hace el programa de forma automática, sino que se deben introducir todos los textos de forma externa, o bien editarlos dentro del programa. El método de importación se explica en el apartado [Tecnología de la información](#).



Il·lustració 38: Pantalla del Menú en el idioma valenciano.



Il·lustració 39: Pantalla del Menú en el idioma inglés.

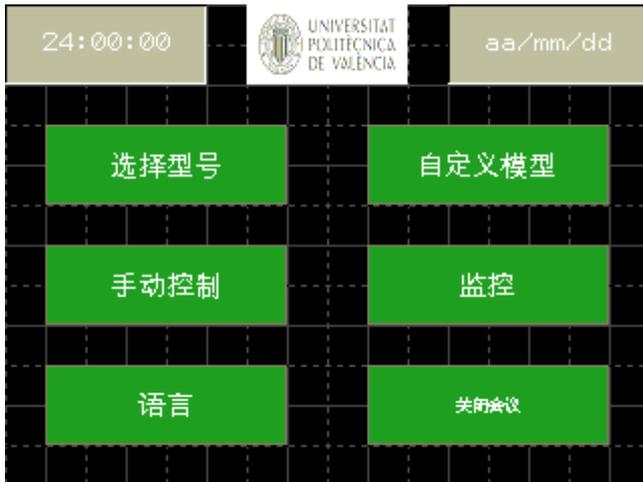


Ilustración 40: Pantalla del Menú en el idioma chino (simplificado).

Pues bien, hay instalados cuatro idiomas distintos, en el apartado Diseño de las Pantallas se ha apreciado únicamente el Castellano. En las Figuras 38, 39 y 40 se muestra la pantalla de Menú en los tres idiomas restantes para visualizar en forma de ejemplo la función, ya que se encuentran traducidas todas las pantallas que se han mostrado en el apartado [Diseño de las pantallas](#).

4.c.ii. Recetas

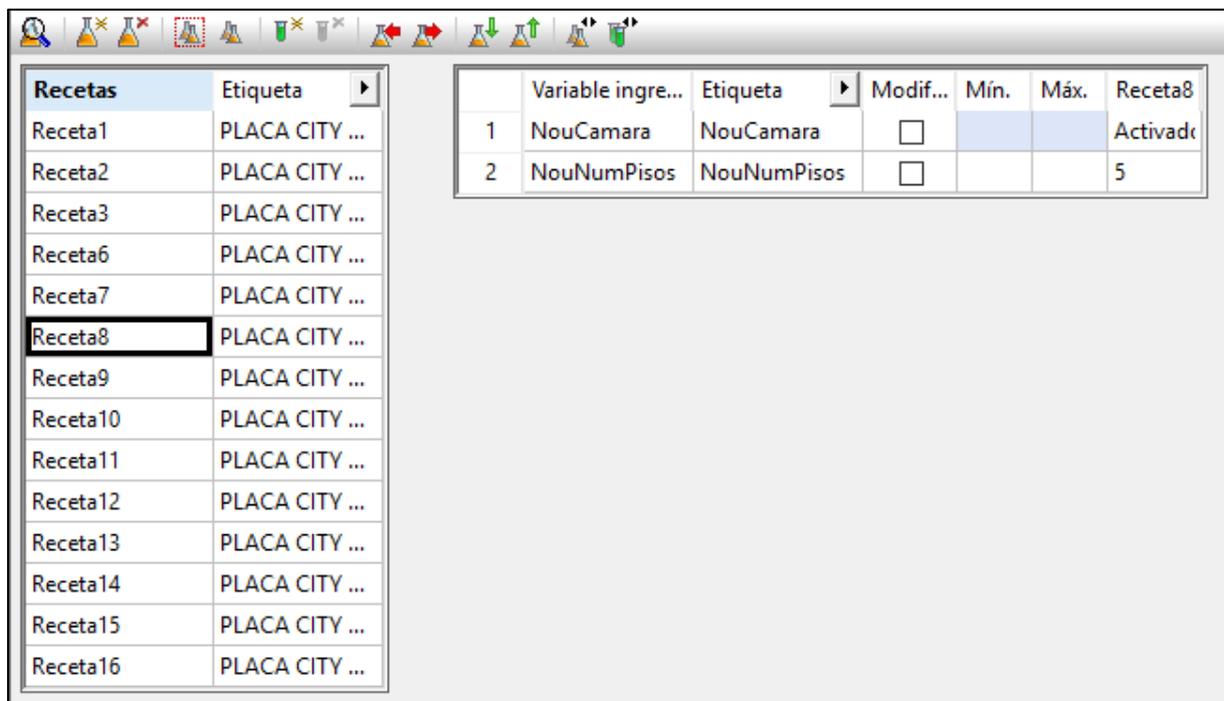
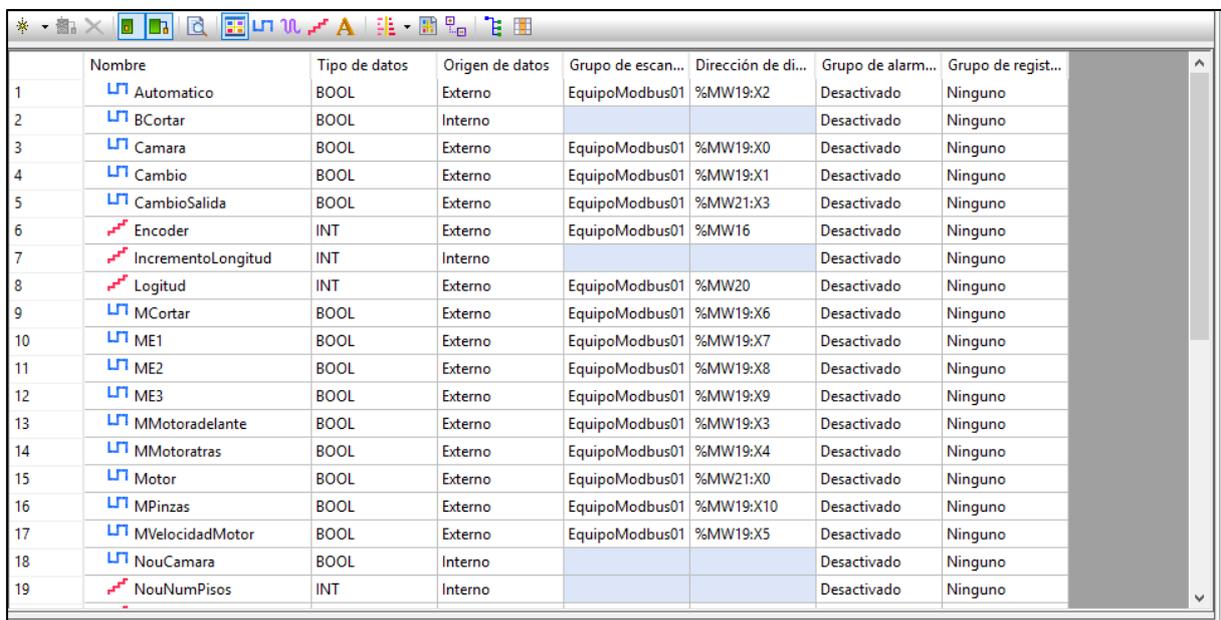


Ilustración 41: Edición de las recetas.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Las recetas es el nombre que tiene el programa Vijeo Designer de establecer un conjunto de características de una sola selección. En nuestro caso, esta herramienta se ha usado en la creación de los distintos modelos de placas que se va a producir. Además, si la línea estuviera preparada para ello, se podrían añadir Grupos de Recetas nuevos para introducir nuevos datos y producir distintos tipos de modelos. Todos estos datos se pueden modificar tanto en el ordenador y transmitirlo al HMI, como directamente en el panel desde la pantalla Selección del modelo.

4.c.iii. Variables



	Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
1	Automático	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X2	Desactivado	Ninguno
2	BCortar	BOOL	Interno			Desactivado	Ninguno
3	Camara	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X0	Desactivado	Ninguno
4	Cambio	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X1	Desactivado	Ninguno
5	CambioSalida	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW21:X3	Desactivado	Ninguno
6	Encoder	INT	Externo	EquipoModbus01	%MW16	Desactivado	Ninguno
7	IncrementoLongitud	INT	Interno			Desactivado	Ninguno
8	Logitud	INT	Externo	EquipoModbus01	%MW20	Desactivado	Ninguno
9	MCortar	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X6	Desactivado	Ninguno
10	ME1	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X7	Desactivado	Ninguno
11	ME2	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X8	Desactivado	Ninguno
12	ME3	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X9	Desactivado	Ninguno
13	MMotoradelante	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X3	Desactivado	Ninguno
14	MMotoratras	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X4	Desactivado	Ninguno
15	Motor	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW21:X0	Desactivado	Ninguno
16	MPinzas	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X10	Desactivado	Ninguno
17	MVelocidadMotor	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%MW19:X5	Desactivado	Ninguno
18	NouCamara	BOOL	Interno			Desactivado	Ninguno
19	NouNumPisos	INT	Interno			Desactivado	Ninguno

Ilustración 42: Variables utilizadas en la programación de Vijeo Designer.

En la [Figura 41](#) se visualizan una lista de variables. Estos datos se han utilizado para programar parte del automatismo, tanto la parte de funcionamiento, como la parte de visualización y control.

Las características de las variables son el nombre de las columnas:

- Nombre. Establece un identificador de la variable para ser fácilmente reconocida.
- Tipo de datos. En programación existen distintos tipos de datos, los que se han utilizado han sido los de tipo BOOL (verdadero o falso) e INT (un número entero).

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

- Origen de datos. Al valor de las variables puede modificarse de forma Interna (se trata de una variable que se usa para la programación única del HMI) o Externa (este origen establece a la variable en una entrada o salida del panel de control, además también puede ser modificada internamente para enviar el dato modificado).
- Grupo de escaneo. Se define la forma en que se va a transmitir la información de la variable al exterior.
- Dirección de dispositivo. Se define en que entrada o salida del panel se sitúa la variable.
- Grupo de alarmas. Se puede enlazar la variable en un grupo de alarmas que te avisan cuando se activa la variable. Por ejemplo, se podría enlazar la variable de que se ha terminado la pieza con una alarma, y así se podrían configurar historiales de alarmas para llevar la cuenta y también modos de aviso. Sin embargo, los grupos de alarma tienen un carácter más de control de fallos.
- Grupo de registro. Se pueden incluir las variables en grupos de registro para ejercer acciones simultáneas a todas ellas.

4.c.iv. Acciones

Acciones				
	Disparador	Propiedad	Enclavamiento	Acciones
1	Periódica	Repetir cada 1 seg.	Motor==1&&VelocidadM&&Automatico	Agregar palabra [Encoder] += [1]
2	Periódica	Repetir cada 1 seg.	Encoder==400	Set palabra [Encoder] = [-1]
3	Periódica	Repetir cada 1 seg.	Motor==1&&VelocidadM&&Automatico	Agregar palabra [Encoder] += [2]
4	Periódica	Repetir cada 1 seg.	Encoder==-1&&SensorInicio	Set palabra [Encoder] = [0]
5	Periódica	Repetir cada 1 seg.		Script
6	Periódica	Repetir cada 1 seg.	Encoder==0 Encoder==-1	Set palabra [NPisos] = [NouNumPisos], Script, Reset bit [BCortar]
7	Periódica	Repetir cada 1 seg.	SalidaCortar	Set palabra [VCortar] = [100], Set bit [BCortar]
8	Periódica	Repetir cada 1 seg.	!SalidaCortar	Set palabra [VCortar] = [0]
9	Periódica	Repetir cada 1 seg.	SalidaE1	Set palabra [VE1] = [100]
10	Periódica	Repetir cada 1 seg.	!SalidaE1	Set palabra [VE1] = [0]
11	Periódica	Repetir cada 1 seg.	SalidaE2	Set palabra [VE2] = [100]
12	Periódica	Repetir cada 1 seg.	!SalidaE2	Set palabra [VE2] = [0]
13	Periódica	Repetir cada 1 seg.	SalidaE3	Set palabra [VE3] = [100]
14	Periódica	Repetir cada 1 seg.	!SalidaE3	Set palabra [VE3] = [0]
15	Periódica	Repetir cada 1 seg.	!BCortar	Set palabra [IncrementoLongitud] = [Encoder]

Ilustración 43: Acciones del HMI.

Las acciones son una pieza de código que modifica el comportamiento de las pantallas y las variables que se programan.

Una acción se clasifica por los siguientes criterios:

- Disparador. Se trata de cuándo se producirá la acción. Puede darse de forma periódica o en momentos determinados, como el arranque del programa.
- Propiedad. Se configura una propiedad del Disparador. Si la acción se repite de forma periódica, en este criterio se establece su frecuencia.
- Enclavamiento. Aparte del disparador, se puede programar una condición para que la acción se ejecute.
- Acciones. Esta es la acción o acciones que se ejecutaran una vez se han cumplido los valores de los otros criterios.

5. COMUNICACIÓN ENTRE EL AUTÓMATA Y EL PANEL DE CONTROL

La transmisión de datos entre el autómata y el panel táctil se presenta de una manera sencilla una vez se adquiere un módulo de comunicación de protocolo MODBUS. Este protocolo establece una jerarquía maestro/esclavo como la definida en el apartado [Estructuración del trabajo](#). El dispositivo seleccionado se trata de SR3 MBU01BD ya que pertenece a la misma marca de fabricación que el autómata y el HMI, Schneider Electric.

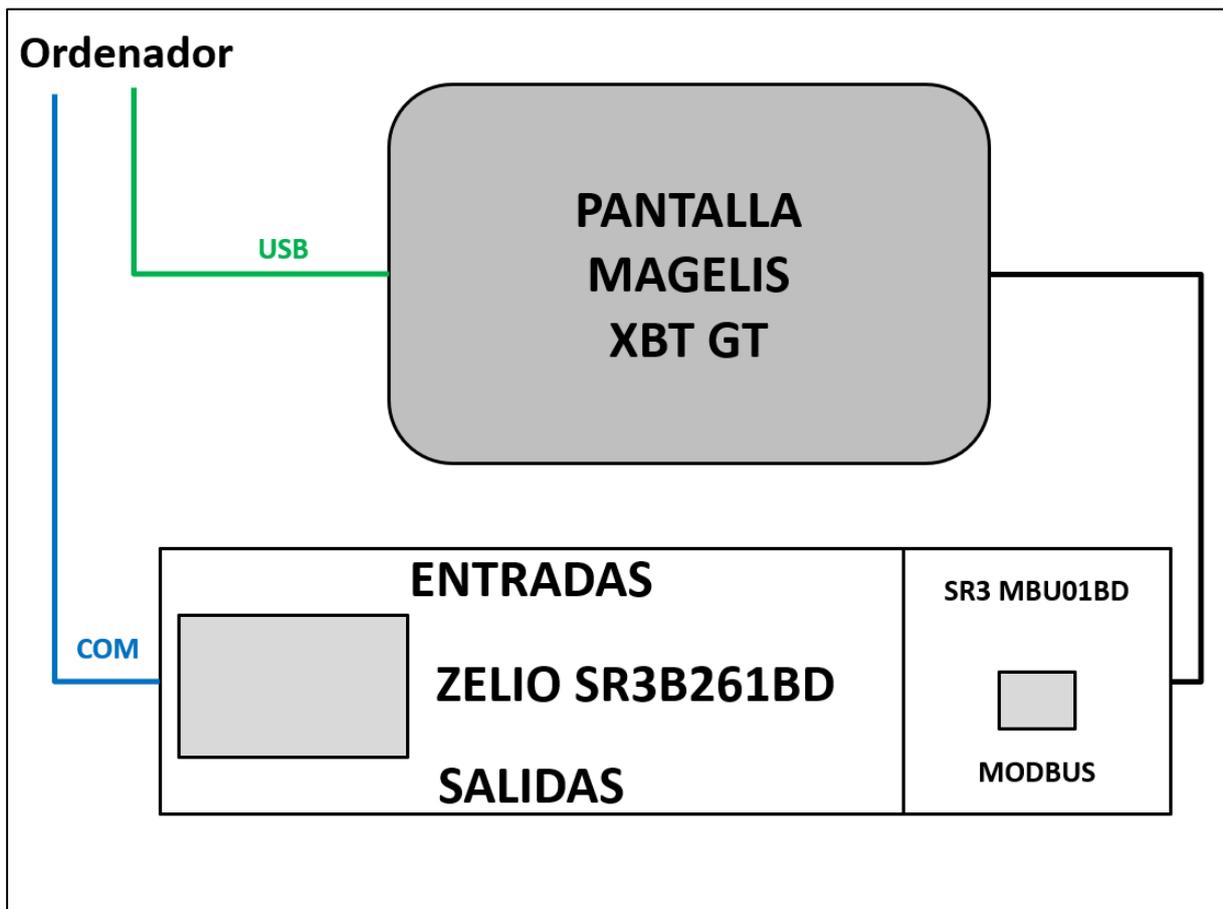


Ilustración 44: Esquema de conexión entre al autómata programable y la pantalla de control.

Como se aprecia en la [Figura 44](#), el componente MODBUS se encuentra acoplado al autómeta, y mediante un cable Ethernet se conecta a la pantalla de control.

Maitre/Master Modbus address		ZELIO FBD						
IEC	Standard			Word				
% MW 16	4001 + 16	Entrées Inputs	J1XT1		L/E R/W			
% MW 17	4001 + 17		J2XT1					
% MW 18	4001 + 18		J3XT1					
% MW 19	4001 + 19		J4XT1					
% MW 20	4001 + 20	Sorties Outputs	O1XT1		Lecture Read			
% MW 21	4001 + 21		O2XT1					
% MW 22	4001 + 22		O3XT1					
% MW 23	4001 + 23		O4XT1					
				Byte	Byte			
% MW 32	4001 + 32	Horloge Clock	Seconds	Week day	L/E R/W			
% MW 33	4001 + 33		Hours	Minutes				
% MW 34	4001 + 34		Month	Day/month				
% MW 35	4001 + 35		Century	year				
				Status				
% MW 48	4001 + 48	Alarm code	7	3	2	1	0	L/R

1=Run
0=Stop
1=Monitoring
1=Alarm
1=Error

1=Time out Default

Ilustración 45: Tabla de direcciones para la comunicación entre el PLC y el HMI.

En el apartado [Variables](#) se explican las características de las variables almacenadas en la pantalla táctil de control. Pues bien, una de ellas era la Dirección de dispositivo. En la [Figura 45](#) se muestra en qué dirección debe estar la variable en el Vijeo Designer (columna Modbus address), para que coincida con las entradas y salidas del Zelio Soft 2 (columna ZELIO FBD).

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Cabe mencionar que, aunque la implementación tiene las ventajas que se han mencionado, el programa Vijeo Designer proporciona la opción de gestión de este tipo de información de forma interna.

6.a. Posibles añadidos

Actualmente la Tecnología de la Información permite la gestión de datos de muchas formas distintas. Además, con el paso de tiempo estas posibilidades aumentan. En esta sección se enuncian varias ideas de posibles añadidos que podría tener la gestión de la línea.

El automatismo se ha programado según los límites establecidos en la [Introducción](#). Sin embargo, hay distintas posibilidades que se podrían valorar su implementación debido a su valor añadido:

- Gestión del stock en la fábrica cogiendo datos de la línea de producción.
- Estudio de tiempos y recopilación de datos para posibles mejoras de la línea.
- Programación de secuencias de producción para alternar de forma ininterrumpida el modelo que se está fabricando.

7. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se ha desarrollado de una forma progresiva y ordenada la automatización de una línea de troquelado de paneles exteriores de porteros automáticos.

Se ha empezado introduciendo el problema en la sección [Introducción](#) y se ha ido resolviendo el problema planteado en el apartado [Propuesta de automatización](#) siguiendo las pautas definidas en la sección [Estructuración del trabajo](#).

Se puede concluir de forma concisa que el problema de automatización queda resuelto según los parámetros definidos, como se muestra en los apartados [Programación del autómeta](#) y [Programación del panel táctil de control](#).

Además, en el apartado [Posibles añadidos](#) se han citado distintas posibilidades para la aplicación de la Tecnología de la Información de nuevas formas a las utilizadas, para una posible ampliación.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Information_technology
- PoliformaT apuntes de la asignatura “Técnicas de integración de los equipos de automatización y control de instalaciones y máquinas eléctricas”.
- PoliformaT apuntes de la asignatura “Proyectos”.
- Página web de Schneider Electric:
 - <https://www.se.com/es/es/product/SR3B261BD/rel%3%a9-inteligente-modular-zelio-logic---26-e-s---24-v-cc-%e2%80%93-rel%3%b3gio---visor/>
 - <https://www.se.com/es/es/product/SR2CBL01/cable-de-conexi%C3%B3n-pc-9-pins-sub-d---para-rel%C3%A9-inteligente-zelio-logic---3-m/>
 - https://www.se.com/es/es/product/VJDSNDTGSV62M/vijeo-designer-6.2%2C-hmi-configuration-software-single-license-%28%28*%29%29/?range=1054-vijeo-designer&node=12146993503-software
- Página web Standard Exchange Industry:
 - https://www.standard-exchange-industry.com/fr/commandes-numeriques/manivelles-et-ihm-panel-ecrans-claviers/433-xbt-gt1335-terminal-telemecanique.html?gclid=Cj0KCQjwgLLoBRDyARIsACRAZe4_UT9McAXoOADcUITWb_sRoarF41nuh5y_o1ZPi_XD6fwZHGonI5GAaAjQBEALw_wcB
- Blog Infaimon: <https://blog.infaimon.com/la-linea-produccion/>
- Página web RS Components: <https://es.rs-online.com/web/>
- Página web de FERMAX: <https://www.fermax.com/spain/pro.html>

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

PRESUPUESTO

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CONTENIDO

1.Introducción	5
2.Coste del material	6
2.a. Componentes físicos	6
2.b. Software de programación.....	7
3.Coste mano de obra	8
4.Resumen.....	9

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento del Presupuesto se desglosa el coste total del proyecto en diferentes secciones, y posteriormente se agrupa en la sección Resumen para calcular el precio total.

Las secciones en las que se divide este documento son Coste del material, en esta sección se considerarán todos los dispositivos que se han comprado para la realización del automatismo, así como la amortización de las diferentes herramientas que se han gastado; y Coste mano de obra, en esta sección se establecerá el coste que tiene los trabajadores se han necesitado para realizar el trabajo.

2. COSTE DEL MATERIAL

Para calcular el coste del material se tiene en cuenta que todos los elementos que conforman la línea se encontraban ya adquiridos e instalados por la empresa contratante. Por lo tanto, la lista se reduce al autómata, la pantalla y el MODBUS. Además del software utilizado.

2.a. Componentes físicos

Tabla 1

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TOTAL (€)
Relé inteligente modular Zelio Logic SR3 B261BD	1	327,04	327,04
Panel táctil avanzado XBTGT1335	1	410,00	410,00
Módulo de comunicación MODBUS SR3 MBU01BD	1	116,25	116,25
Cable de conexión PC 9 pins SUB-D - para relé inteligente Zelio Logic - 3 m	1	98,61	98,61
Costes directos			1.278,90
Costes directos complementarios		4%	51,16
Subtotal			1.330,06

El coste material de los componentes físicos asciende a un subtotal de MIL TRESCIENTOS TREINTA EUROS CON SEIS CÉNTIMOS.

2.b. Software de programación

Tabla 2

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TOTAL (€)
Zelio Soft 2	1	0,00	0,00
Vijeo Designer 6.2, HMI configuration software single license	1	561,29	561,29
Costes directos			561,29
Costes directos complementarios		4%	22,45
Subtotal			583,74

El coste material del software de programación asciende a un subtotal de QUINIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

3. COSTE MANO DE OBRA

En esta sección se calculará el coste del personal necesario para realizar el trabajo descrito en la memoria.

Tabla 3

ELEMENTO	CANTIDAD (horas)	PRECIO UNITARIO (€)	TOTAL (€)
Programador	80	24,00	1.920,00
Diseñador	50	24,00	1.200,00
Instalador	40	24,00	960,00
Costes directos			4.080,00
Costes directos complementarios		3%	122,40
Subtotal			4202,40

El coste de mano de obra asciende a un subtotal de CUATRO MIL DOSCIENTOS DOS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS.

4. RESUMEN

La siguiente tabla muestra el precio por secciones y su posterior suma para sacar el coste total.

Tabla 4

ELEMENTO		COSTE (€)
Coste material de los componentes físicos		1.330,06
Coste material del software de programación		583,74
Coste mano de obra		4202,40
Subtotal		6.116,20
Beneficio industrial	6%	366,97
Gastos generales	15%	917,43
Subtotal		7400,60
Impuestos	21%	1.554,13
Total		8.954,73

El coste total del proyecto asciende a OCHO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Cabe mencionar que en el caso de que se quisiera replicar el trabajo en otras líneas, el coste no se incrementaría de forma lineal, sino que el precio unitario de cada línea se vería reducido.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

PLIEGO DE CONDICIONES

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

CONTENIDO

1.Introducción	5
2.Condiciones particulares	6
2.a. Normativas	7
3.Condiciones generales	8
3.a. Condiciones generales facultativas	8
3.b. Condiciones generales económicas	9
3.c. Condiciones generales legales.....	10

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describen las condiciones y especificaciones que debe cumplir el proyecto para su correcta realización.

Se deben tener en cuenta tanto las condiciones [generales](#) como las [particulares](#). En las primeras, se tienen en cuenta las normas de índole [facultativa](#), [económica](#) y [legal](#). En las segundas, se exponen las normas que deben cumplir las características de los elementos, así como los diversos materiales.

2. CONDICIONES PARTICULARES

- PLC
 - Debe ser compatible con el software Zelio Soft 2 para ser programado.
 - Tener un mínimo de 11 entradas y 10 salidas. Sería conveniente poseer de más entradas y salidas para posibilitar futuras ampliaciones.
 - Alimentación de 24V cc.
 - Alimentación de las entradas digitales 24V cc.
 - Entradas analógicas a 10V máximo.
 - Comunicación Modbus o posibilidad de acoplarlo.
 - Comunicación USB.
 - Salidas tipo relé.

- Panel de control
 - La pantalla debe ser a color
 - La pantalla debe ser táctil para una mejor interfaz con el usuario.
 - Comunicación Modbus con el PLC.
 - Un tamaño mínimo de 3 pulgadas.
 - Debe estar protegido de agentes externos que puedan dañarlo.
 - Instalación en un sitio accesible y visible.
 - Debe ser compatible con el software Vijeo Designer para ser programado.

- Ordenador
 - Periféricos de interacción: ratón y teclado.
 - Entrada USB.
 - Conexión Ethernet.
 - Sistema operativo Windows 7 o superior.
 - Mínimo 2 GB de memoria RAM
 - Espacio libre en el disco duro mayor de 5 GB.

2.a. Normativas

Aunque la instalación de la línea no se ha realizado en el proyecto, es necesario que la instalación cumpla con el reglamento electrotécnico de baja tensión. Se mencionan a continuación algunas normativas destacables a seguir para el proyecto:

- La puesta a tierra. ITC-BT-19.
- Protección frente a sobreintensidades. ITC-BT-22.
- Protección contra posibles contactos indirectos y directos. ITC-BT-24.
- Para instalaciones de sistemas de automatización. ITC-BT-51.

3. CONDICIONES GENERALES

3.a. Condiciones generales facultativas

El contratante:

Es su labor aportar al proyectista sobre toda la información necesaria para la realización del proyecto. Deberá además tener claro y comunicar de forma oficial al proyectista sus deseos y necesidades para con el proyecto, para no dejar lugar a duda en la realización de éste. Será responsabilidad suya la obtención de los permisos necesarios para el desarrollo del proyecto dándole legitimidad. No podrá reclamar ante posibles retrasos siempre y cuando sean justificados y no tengan relación alguna con el proyectista. Además, si se retrasa en el pago del proyecto, su precio irá creciendo como se explicará a continuación en las [Condiciones generales económicas](#), y si se retrasa el proyecto demostrándose responsabilidades por parte del proyectista el precio irá disminuyendo como también se verá en la misma sección.

Contratista:

Debe ser una persona cualificada y capacitada para esta labor. Debe ser conocedor de todas las normas relacionadas con el proyecto y actuar conforme a ellas. En todo momento deberá actuar con profesionalidad, haciendo uso de los conocimientos técnicos y sociales necesarios para su puesto. Debe comprobar que el material a usar es correcto y que durante el desarrollo del proyecto las tareas se están realizando de la forma correcta según lo acordado y según la normativa a seguir, la cual se ha mencionado anteriormente en el apartado [Normativas](#).

3.b. Condiciones generales económicas

El trabajo debe ser pagado y el contratista por lo tanto debe cobrar siempre y cuando el proyecto se haya realizado conforme a lo acordado. El precio del proyecto puede verse afectado en el caso de retrasos en el pago o retrasos no justificados durante la realización. Dichas modificaciones en el precio se resumen en las siguientes tablas.

En caso de producirse retraso en el pago, siempre y cuando el proyecto se haya realizado correctamente, el precio crecería porcentualmente de la siguiente forma:

Tabla 1

TIEMPO	PORCENTAJE
1 SEMANA	2%
2 SEMANAS	4%
4 SEMANAS	6%
8 SEMANAS	10%
16 SEMANAS	20%
32 SEMANAS	30%

Para el caso de retrasos injustificados las asignaciones serían las siguientes:

Tabla 2

TIEMPO	PORCENTAJE
1 SEMANA	2%
2 SEMANAS	4%
4 SEMANAS	6%
8 SEMANAS	8%
16 SEMANAS	15%

En caso de exceder los tiempos indicados se tendría derecho a reclamar frente a los tribunales.

3.c. Condiciones generales legales

Aquí figuran los documentos y obligaciones legales que tiene cada una de las partes del proyecto. Por tanto, en este apartado se habla del contrato.

El contrato debe estar firmado por ambas partes, y deben figurar todas las cláusulas y términos acordados por los firmantes. Además, aparecerá el precio, y las condiciones económicas y legales.

Este contrato une legalmente ambas partes y las compromete con la realización del proyecto, cada uno realizando su papel dentro de las condiciones acordadas.

El contrato puede ser rescindido si se llega a un acuerdo por ambas partes, se realizan modificaciones conformes por ambas partes o si se incumplen alguna de las condiciones acordadas.

ANEXOS

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

ANEXO 1

HARDWARE INSTALADO E LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

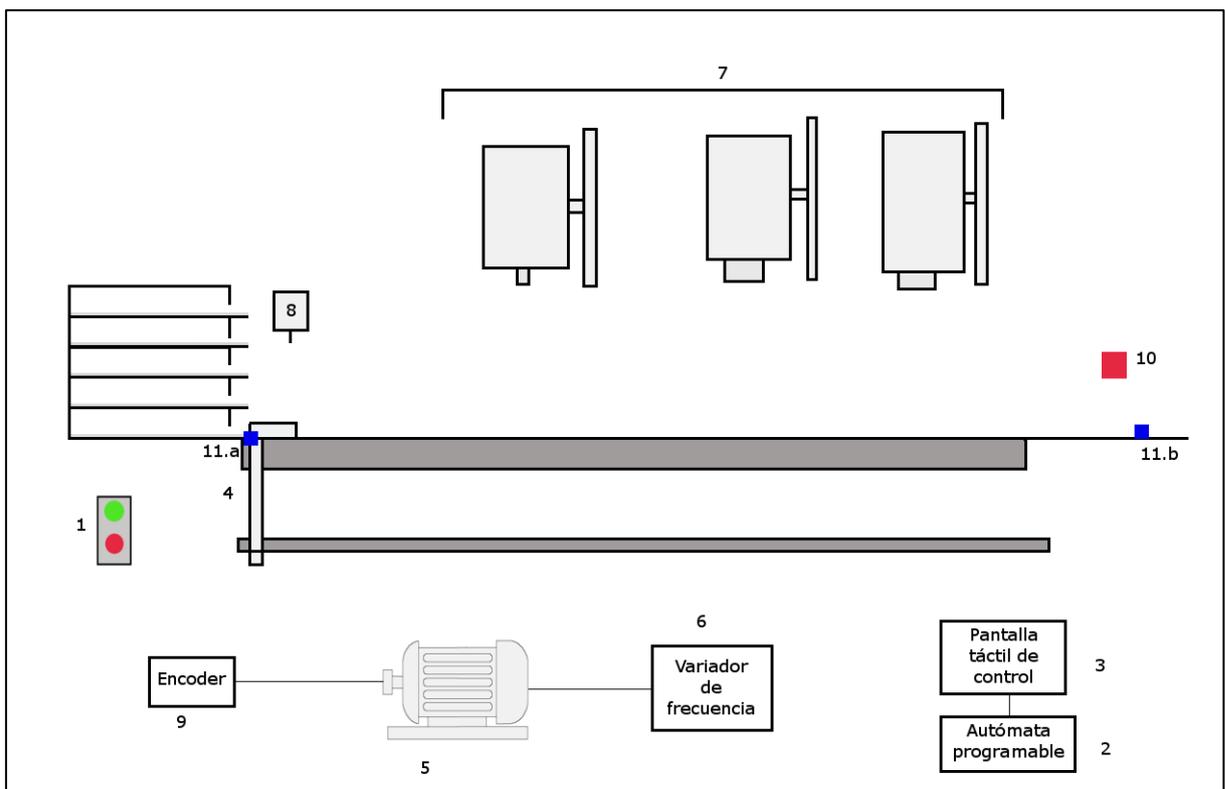


Ilustración 1: Esquema de la posición de los elementos de la línea.

En la figura anterior se describe de forma visual como se distribuye toda la maquinaria en la línea. Relacionando los números de la imagen con los de la enumeración que se presenta a continuación, se definen de forma completa todos los componentes utilizados en el proceso de automatización; tanto su situación dentro de la línea como su comportamiento.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

1. Pulsadores

Pulsador Marcha



Ilustración 2: Pulsador marcha.

Se trata de un pulsador común de comportamiento normalmente abierto.

Pulsador Paro



Ilustración 3: Pulsador paro.

Una pieza imprescindible para la seguridad de la línea. Su funcionamiento es el de un pulsador normalmente cerrado. Debido a su función exclusivamente de seguridad, una vez pulsado hay que roscarlo para devolver el pulsador a la posición inicial.

2. Automata programable



Ilustración 4: Automata programable SR3 B261BD.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

El autómata programable es el dispositivo que recibe información y distribuye las órdenes entre los demás elementos. A diferencia de la mayoría de los componentes utilizados, el PLC no venía instalado en la línea de producción.

3. Pantalla táctil de control



Ilustración 5: Panel táctil de control XBTGT1335



Ilustración 6: Vía de comunicación industrial MODBUS SR3 MBU01BD.

Al igual que el autómata, la pantalla no es un dispositivo que estuviera previamente escogido e instalado en la línea. Su función es la de permitir al operario el control de la producción, es decir, el HMI. Además, se necesita una vía de comunicación industrial MODBUS para transmitir información entre la pantalla y el autómata.

4. Pinzas



Ilustración 7: Pinzas neumáticas.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Consiste en una herramienta de sujeción necesaria para conseguir precisión en el troquelado y guiar a la pieza por la línea de producción. El agarre del dispositivo se encuentra totalmente calibrado, tanto en presión como en forma, para el caso tratado.

5. Motor



Ilustración 8: Motor eléctrico.



Ilustración 9: Husillo

El motor de la línea se trata de uno asíncrono con jaula de ardilla. Sus características más importantes son su potencia de 0,75 kW, su velocidad nominal de 1410 rpm y su alimentación nominal: 230 V, 50 Hz y 5,25 A.

La salida del motor está acoplada a un husillo de 4 mm de paso que proporciona el movimiento lineal a las pinzas de la línea.

6. Variador de frecuencia



Ilustración 10: Variador de frecuencia.

Este componente se sitúa en la línea junto al motor. Su función es la de controlar el comportamiento del motor, como por ejemplo la velocidad a la que gira el motor a través del cambio de su frecuencia de giro. Los variadores de frecuencia ofrecen varias opciones de control, pero solo se utilizarán la de cambio de frecuencia entre dos valores programados en el dispositivo, la de poner en marcha el motor y la de invertir el giro.

7. Estaciones



Ilustración 11: Estaciones de troquelado.

Se tratan de dispositivos complejos los cuales ofrecen diferentes opciones de control y ejecución. En nuestro caso se utilizan tres máquinas idénticas cambiando el acabado del macho para conformar diferentes agujeros en cada una.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Las utilidades, que necesitaremos en el proceso de automatización de la línea, son las de accionamiento del sistema de troquelado y la de aviso cuando la máquina se encuentra en estado de reposo.

8. Cuchillas



Ilustración 12: Cortadora industrial.

Aunque se tratan de máquinas totalmente distintas, las funciones que se utilizarán en este dispositivo son similares a las de las troqueladoras. Utilizaremos la función de ejecutar cortes con ordenes remotas y la función de aviso cuando la máquina se encuentra en posición de reposo.

9. Encoder



Ilustración 13: Encoder.

El encoder es un dispositivo que controla el movimiento deseado. En nuestro caso queremos controlar el movimiento del motor para poder calcular la posición de las pinzas a lo largo de la línea.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

Para ello, el encoder se encuentra acoplado con el motor. Como característica particular de este encoder (esta información varía según el dispositivo), envía un pulso cada 2π radianes, es decir 1 pulso cada vuelta del motor.

10. Led



Ilustración 14: Bombilla led.

Se trata de un dispositivo de iluminación muy común. Como características de interés tenemos su potencia de 4 W y su compatibilidad con la red eléctrica nacional (220-240V, 50-60Hz).

11. Sensores.



Ilustración 15: Final de carrera.

Ambos sensores comparten el mismo tipo de comportamiento, aunque se utilizan para distintas situaciones.

Proyecto de automatización de una línea de producción para el troquelado de paneles de exterior de porteros automático de la casa FERMAX

- Sensor inicio de la línea.

Detecta cuando las pinzas están al inicio de la línea esperando para empezar la secuencia.

- Sensor final de la línea.

Este sensor indica cuando hay una pieza de aluminio terminada al final de la línea, disponible para ser recogida.