

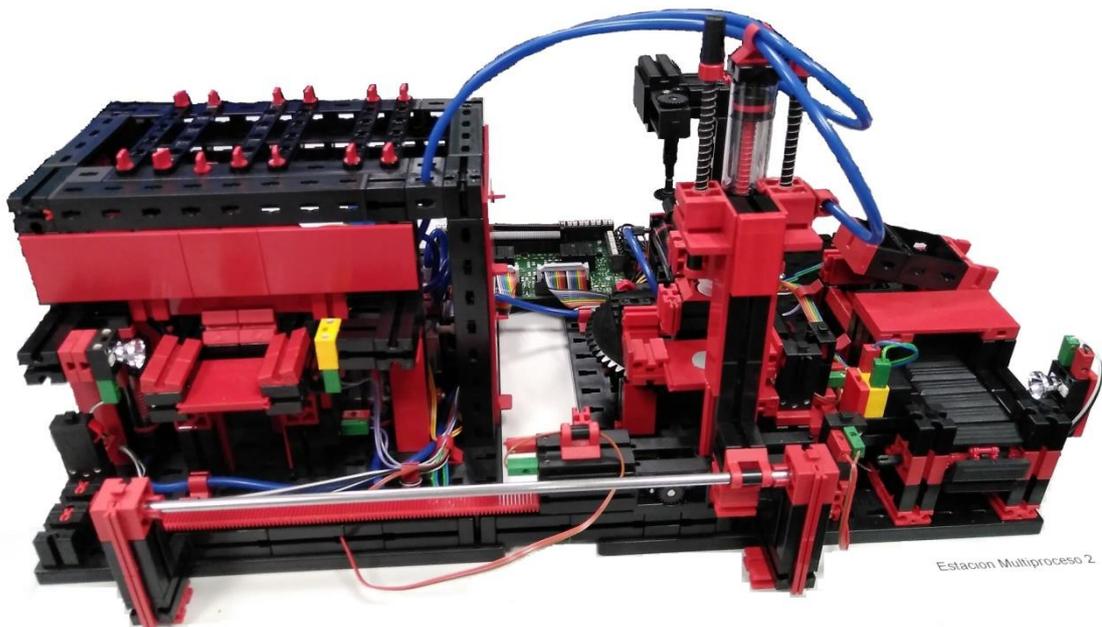
*TRABAJO FIN DE GRADO:*

# Automatización de una estación de multiprocesado con horno.

**AUTOR: ADRIÀ BELLVER FAUS.**

**TUTORA: ALICIA ESPARZA PEIDRO.**

Grado en Ingeniería Eléctrica, mención automática industrial.





# Grado en ingeniería eléctrica.



**2011/2018**

# ÍNDICE:

<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2. DESARROLLO .....</b>	<b>9</b>
<b>3. MEMORIA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. LEGISLACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5. MATERIAL Y HERRAMIENTAS EMPLEADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.6. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR MEDIANTE         METODO GRAFCET.....</b>	<b>24</b>
<b>3.7. PROGRAMACIÓN SOBRE EL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE         (PLC).....</b>	<b>50</b>
<b>3.8. CREACIÓN SISTEMA SCADA.....</b>	<b>52</b>
<b>3.9. CREACIÓN INTERFACE HOMBRE-MAQUINA CON PANTALLA         TÁCTIL.....</b>	<b>75</b>
<b>3.10.COMUNICACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>3.10.1. Conexión PLC –Maqueta.....</b>	<b>88</b>
<b>3.10.2. Conexión PC-PLC.....</b>	<b>89</b>
<b>3.10.3. Conexión PC-HMI.....</b>	<b>90</b>
<b>3.10.4. Conexión HMI-PLC.....</b>	<b>90</b>
<b>3.11.CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>4.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>4.2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL.....</b>	<b>93</b>
<b>4.3. GARANTIAS/REQUISITOS MATERIAL CONSTITUTIVOS         INSTALACIÓN.....</b>	<b>93</b>
<b>4.4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA.....</b>	<b>94</b>

<b>5. PRESUPUESTO .....</b>	<b>97</b>
<b>5.1. HARDWARE.....</b>	<b>97</b>
<b>5.2. SOFTWARE.....</b>	<b>98</b>
<b>5.3. MANO DE OBRA.....</b>	<b>98</b>
<b>5.4. COSTE TOTAL.....</b>	<b>99</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>100</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>102</b>
<b>7.1. ANEXO I: DATASHEET PLC.....</b>	<b>103</b>
<b>7.2. ANEXO II: DATASHEET PANTALLA TÁCTIL.....</b>	<b>112</b>
<b>7.3. ANEXO III: DESPIECE / SOLUCIONES PROBLEMAS MAQUETA</b>	<b>127</b>

# ÍNDICE IMÁGENES PROYECTO.

<b>Imagen 1:</b> Parte frontal maqueta multiestación de procesamiento.....	14
<b>Imagen 2:</b> Parte trasera maqueta multiestación de procesamiento.....	15
<b>Imagen 3:</b> Conjunto PLC y módulos del rack.....	17
<b>Imagen 4:</b> Pantalla táctil HMI.....	18
<b>Imagen 5:</b> Requisitos mínimos PC.....	19
<b>Imagen 6:</b> PC.....	20
<b>Imagen 7:</b> Conjunto elementos constituyentes proyecto.....	20
<b>Imagen 8:</b> Logo CX-One, CX-Pgrammer de OMRON.....	22
<b>Imagen 9:</b> Logo CX-SIMULATOR de OMRO.....	23
<b>Imagen 10:</b> Logo CX-Supervisor, OMRON.....	23
<b>Imagen 11:</b> Logo NB-Designer.....	24
<b>Imagen 12:</b> Identificación partes de un grafcet.....	25
<b>Imagen 13:</b> Diagrama de flujo grafcets del sistema.....	31
<b>Imagen 14:</b> Leyenda del sistema a automatizar.....	33 y 34
<b>Imagen 15:</b> Grafcet "Emergencia".....	35
<b>Imagen 16:</b> Grafcet "Paro".....	37
<b>Imagen 17:</b> Grafcet "Ciclo de mecanizado".....	38
<b>Imagen 18:</b> Grafcet expansión macroetapa "Condiciones iniciales".....	39
<b>Imagen 19:</b> Grafcet expansión macroetapa "Ciclo automático".....	40
<b>Imagen 20:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso Horno".....	41
<b>Imagen 21:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso manipulador".....	42
<b>Imagen 22:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso mesa/cinta".....	44
<b>Imagen 23:</b> Grafcet expansión macroetapa "Ciclo manual".....	46
<b>Imagen 24:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual horno".....	47
<b>Imagen 25:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual manipulador".....	48
<b>Imagen 26:</b> Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual mesa/cinta".....	49
<b>Imagen 27:</b> Pantalla principal CX-Programmer, despliegue transición con diagrama de relés.....	50
<b>Imagen 28:</b> Pantalla principal, despliegue Macroetapas.....	51

<b>Imagen 29:</b> Programación lenguaje ST.....	52
<b>Imagen 30:</b> Símbolos importados desde CX-Programmer.....	54
<b>Imagen 31:</b> Símbolos creados desde CX-Supervisor.....	55
<b>Imagen 32:</b> Navegación entre pantallas SCADA.....	56
<b>Imagen 33:</b> Sinóptico pantalla "INICIO" SCADA.....	57
<b>Imagen 34:</b> Baliza luminosa indicadora de estados.....	58
<b>Imagen 35:</b> Indicaciones estado de Emergencia, Sinóptico "Pantalla Principal" .....	58
<b>Imagen 36:</b> Sinóptico pantalla "Configuración" SCADA.....	61
<b>Imagen 37:</b> Sinóptico pantalla "PRINCIPAL" SCADA.....	62
<b>Imagen 38:</b> Sinóptico pantalla "CICLO_AUTOMÁTICO" SCADA.....	62
<b>Imagen 39:</b> Símbolo pieza a procesar.....	63
<b>Imagen 40</b> Sinóptico Conjunto horno.....	64
<b>Imagen 41</b> Sinóptico conjunto manipulador y raíl de desplazamiento.....	64
<b>Imagen 42:</b> Sinóptico proceso mesa/cinta.....	66
<b>Imagen 43:</b> Sinóptico "Panel de mando", pantalla "CICLO_AUTO".....	67
<b>Imagen 44:</b> Sinóptico pantalla "CICLO_MANUAL".....	69
<b>Imagen 45:</b> Sinóptico pantalla proceso "HORNO".....	71
<b>Imagen 46:</b> Sinóptico pantalla proceso "MANIPULADOR".....	72
<b>Imagen 47:</b> Sinóptico pantalla proceso "MESA/CINTA".....	73
<b>Imagen 48:</b> Sinóptico pantalla "Emergencia" situación de normalidad, sistema SCADA.....	74
<b>Imagen 49:</b> Sinóptico pantalla "Emergencia" situación de emergencia, sistema SCADA.....	75
<b>Imagen 50:</b> Sinóptico pantalla "Inicio" HMI.....	77
<b>Imagen 51:</b> Sinóptico pantalla "Principal" HMI.....	78
<b>Imagen 52:</b> Sinóptico pantalla "Configuración" HMI.....	79
<b>Imagen 53:</b> Sinóptico pantalla "Emergencia" HMI.....	80
<b>Imagen 54</b> Sinóptico pantalla "Ciclo manual sin orden" HMI.....	83
<b>Imagen 55:</b> Icono salida pantalla actual HMI.....	83
<b>Imagen 56:</b> Sinóptico pantalla "Ciclo Automático" HMI.....	85
<b>Imagen 57:</b> Sinóptico pantalla "Ciclo Manual" HMI.....	85
<b>Imagen 58:</b> Sinóptico pantalla "Proceso manual Horno" HMI.....	86

<b>Imagen 59:</b> Sinóptico pantalla "Proceso manual manipulador" HMI.....	87
<b>Imagen 60:</b> Sinóptico pantalla "Proceso manual mesa/cinta" HMI.....	88
<b>Imagen 61:</b> Conexión PLC-MAQUETA.....	89
<b>Imagen 62:</b> Conexión PC-PLC.....	89
<b>Imagen 63:</b> Conexión PC-pantalla táctil mediante cable Ethernet.....	90
<b>Imagen 64:</b> Conexión HMI-PLC.....	91
<b>Imagen 65:</b> Motor S.....	119
<b>Imagen 66:</b> Fototransistor con lámpara de lente.....	120
<b>Imagen 67:</b> Conexión interna pulsador.....	121
<b>Imagen 68:</b> Pulsador (final de carrera).....	121
<b>Imagen 69:</b> Aspecto interior bomba de membrana.....	122
<b>Imagen 70:</b> Compresor (bomba de membrana).....	122
<b>Imagen 71:</b> Cilindro de simple efecto.....	123
<b>Imagen 72:</b> Aspecto real válvula electromagnética 3/2 vías.....	123
<b>Imagen 73:</b> Funcionamiento interno válvula 3/2 vías, normalmente cerrada.	124
<b>Imagen 74:</b> Puerta horno.....	125
<b>Imagen 75:</b> Aspecto real, disposición cilindros y ventosa succión.....	125
<b>Imagen 76:</b> Manipulador de aspiración con ventosa de succión al vacío.	126
<b>Imagen 77:</b> Empujador neumático mesa.....	126

## 1. OBJETIVOS:

Los objetivos que persigue este trabajo final de grado son los siguientes:

- ➔ Automatizar procesos de mecanizado sobre unas piezas dadas, mediante el uso de una maqueta física de uso didáctico, la cual simula el trabajo de cocción y serrado que se podría realizar en una industria real.
- ➔ Controlar los procesos de mecanizado mediante el uso de un sistema SCADA, sobre la misma pantalla del PC.
- ➔ Controlar los mismos procesos mediante una interface hombre-máquina, desde una pantalla táctil HMI.

## 2. DESARROLLO

Para llevar a cabo los procesos de mecanizado: cocción y serrado sobre unas piezas dadas por medio de una maqueta, se siguen estos pasos:

- ➔ Análisis del trabajo a realizar sobre las piezas de una forma automatizada.
- ➔ Utilización del método GRAFCET para la representación del sistema a automatizar.
- ➔ Programación de los GRAFCETs sobre el controlador lógico programable (PLC).
- ➔ Creación sistema SCADA.
- ➔ Creación interfaz HMI.

### 3. MEMORIA

#### 3.1. ANTECEDENTES.

La motivación e interés para desarrollar este proyecto final de grado se debe a las asignaturas desarrolladas en la mención "Automatización industrial", donde se realizó la programación de procesos automatizados mediante el PLC TSX Micro de telemecanique y CQM1H de Omron, con el paquete de software CX-ONE.

Además de la motivación e interés por el futuro profesional relacionado con la automatización industrial, mediante la programación de PLC's, como puede ser: Omron, Siemens, Allen Bradley u otras marcas líderes en el mercado.

#### 3.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La razón por la que se realiza este proyecto final de grado es poner en conocimiento, parte de las asignaturas llevadas a cabo durante los cuatro años de formación universitaria y con ello realizar un trabajo lo más parecido a lo que sería fuera de la universidad, para cualquier empresa que necesitase automatizar una línea de trabajo.

Además de mostrar la gran ventaja que supone emplear una pantalla táctil, así como un sistema SCADA para tener el control del sistema. Con ello conseguir una gran modularidad de las máquinas, es decir, ante cualquier cambio de producto, la modificación de los procesos de producción se harán con pocos pasos, lo que supondrá una reducción de tiempo muy considerable.

Cada vez más, las empresas disponen de sistemas automatizados, con el objetivo de abaratar costes de producción, reducir el tiempo de parada para realizar la corrección de averías, cambio de producto a procesar o mantenimiento. Otro factor por el que son tan utilizados

los sistemas automatizados, es debido a que se pretende que los trabajadores tengan que realizar menos trabajos repetitivos o mono-posturales, los cuales pueden provocar lesiones y estrés, incrementando así la seguridad en el trabajo.

### **3.3. LEGISLACIÓN.**

La realización del proyecto a desarrollar, atiende a las siguientes leyes, normas UNE y manuales de software:

- **(EN 61131)** se fijan los conceptos de base del GRAFCET.
- **(IEC-1131)** estandarización de los autómatas programables y sus periféricos.
- **(IEC-1131-3)** estandarización de los lenguajes de programación.
- **(RD 842/2002)** actualizado según **(RD 560/2010)** y **(RD 1053/2014)** Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)), así como la Guía Técnica asociada a éste.
- **(RD 560/2010)** del 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.
- **(RD 7/1988)** del 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico y posteriores modificaciones por **(RD 154/95)**
- **(RD 1580/2006)** de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- **(UNE-EN ISO 16484-3:2006)** sistemas de automatización y control de edificios.
- **(UNE-EN 62061:2005)** seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y programables relativos a la seguridad.

- (UNE-EN ISO 924-210:2010) ergonomía de la interacción hombre-sistema.

### 3.4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR

En primer lugar se deposita la pieza a mecanizar sobre la bandeja de alimentación de un horno. Al ser ésta detectada se introducirá en el interior del horno y se realizará el proceso de cocción durante el tiempo fijado.

Al mismo tiempo que la pieza se introduce hacia el interior del horno, un manipulador con ventosa, se dirigirá hacia la entrada del horno, para que en el momento en que la pieza se encuentre cocida, se recoja y se traslade hasta una mesa de manipulación.

Una vez depositada sobre la mesa de manipulación, la misma girará hasta situarse frente a una sierra de corte, donde se realizará el proceso de serrado durante el tiempo establecido. Transcurrido este periodo de tiempo, la mesa volverá a girar hasta situarse frente a una cinta de transporte, momento en el cual un empujador neumático expulsará la pieza hacia la cinta. Después de la expulsión, la cinta trasladará la pieza hacia el exterior del entorno de trabajo, es decir, fuera de la maqueta.

### 3.5. MATERIAL Y HERRAMIENTAS EMPLEADOS

Para realizar los trabajos mencionados en el punto anterior, se han empleado los siguientes materiales físicos (**Hardware**) y herramientas virtuales (**Software**).

#### ❖ Materiales físicos (Hardware):

➔ Maqueta física llamada: **Multiestación de procesamiento con horno de cocción (de Fischertechnik)**.

La propia maqueta consta de varias estaciones donde se simulan diversos procesos de mecanizado: cocción, serrado y transporte de piezas.

En las siguientes imágenes se puede observar la maqueta utilizada desde su parte frontal y trasera, donde se muestran tanto las partes funcionales, así como de los finales de carrera utilizados.

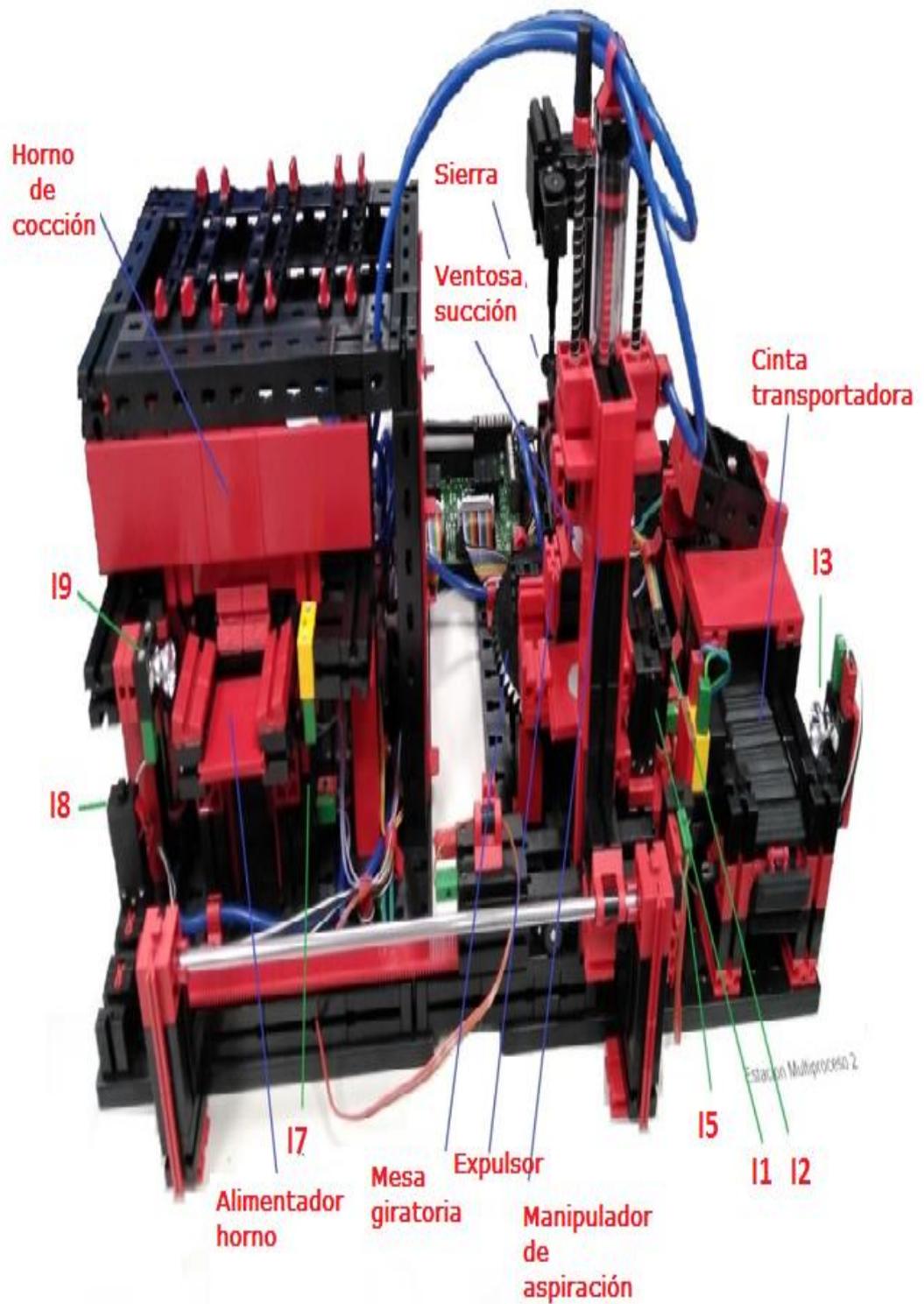


Imagen 1: Parte frontal maqueta multiestación de procesamiento.

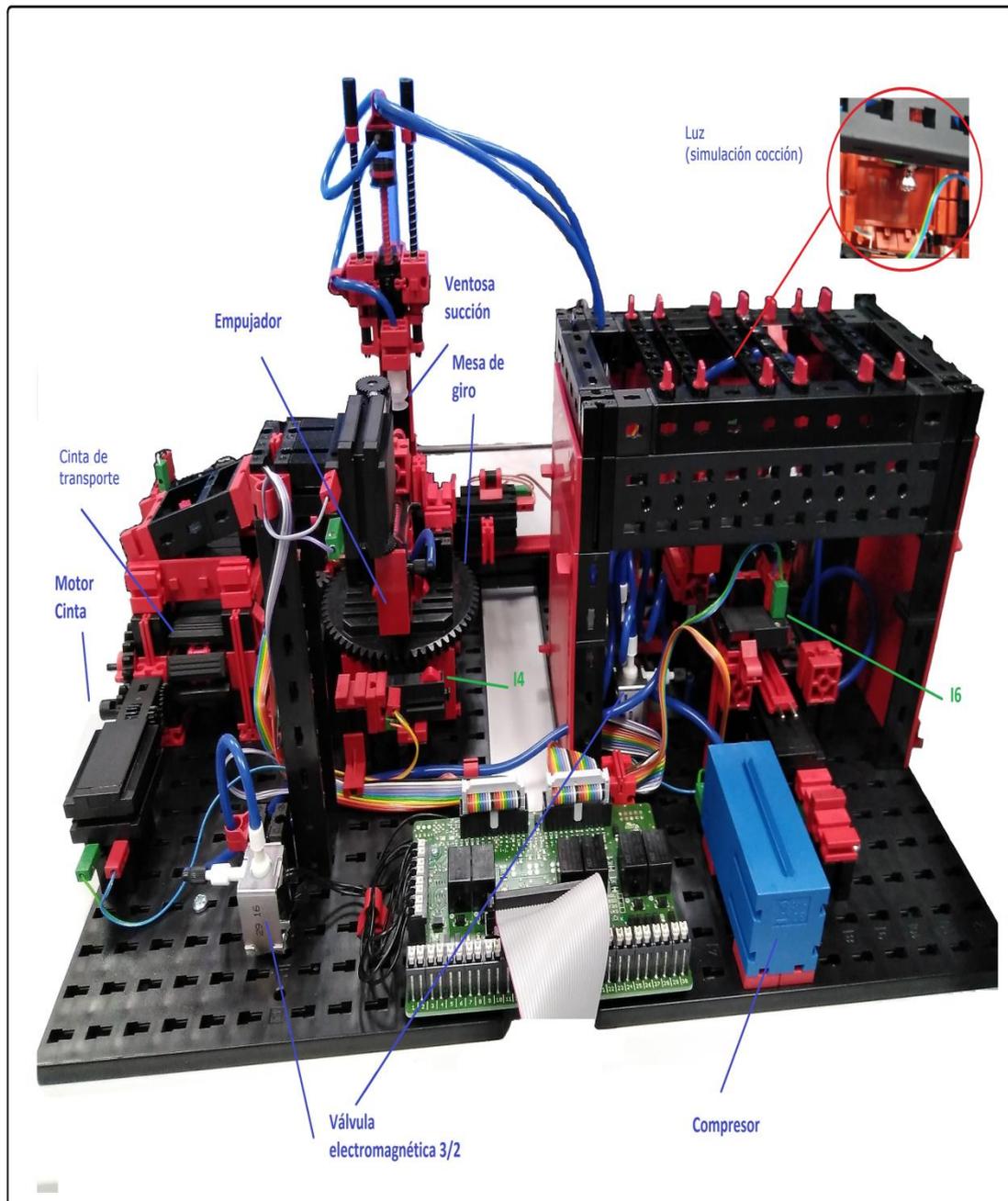


Imagen 2: Parte trasera maqueta multiestación de procesamiento.

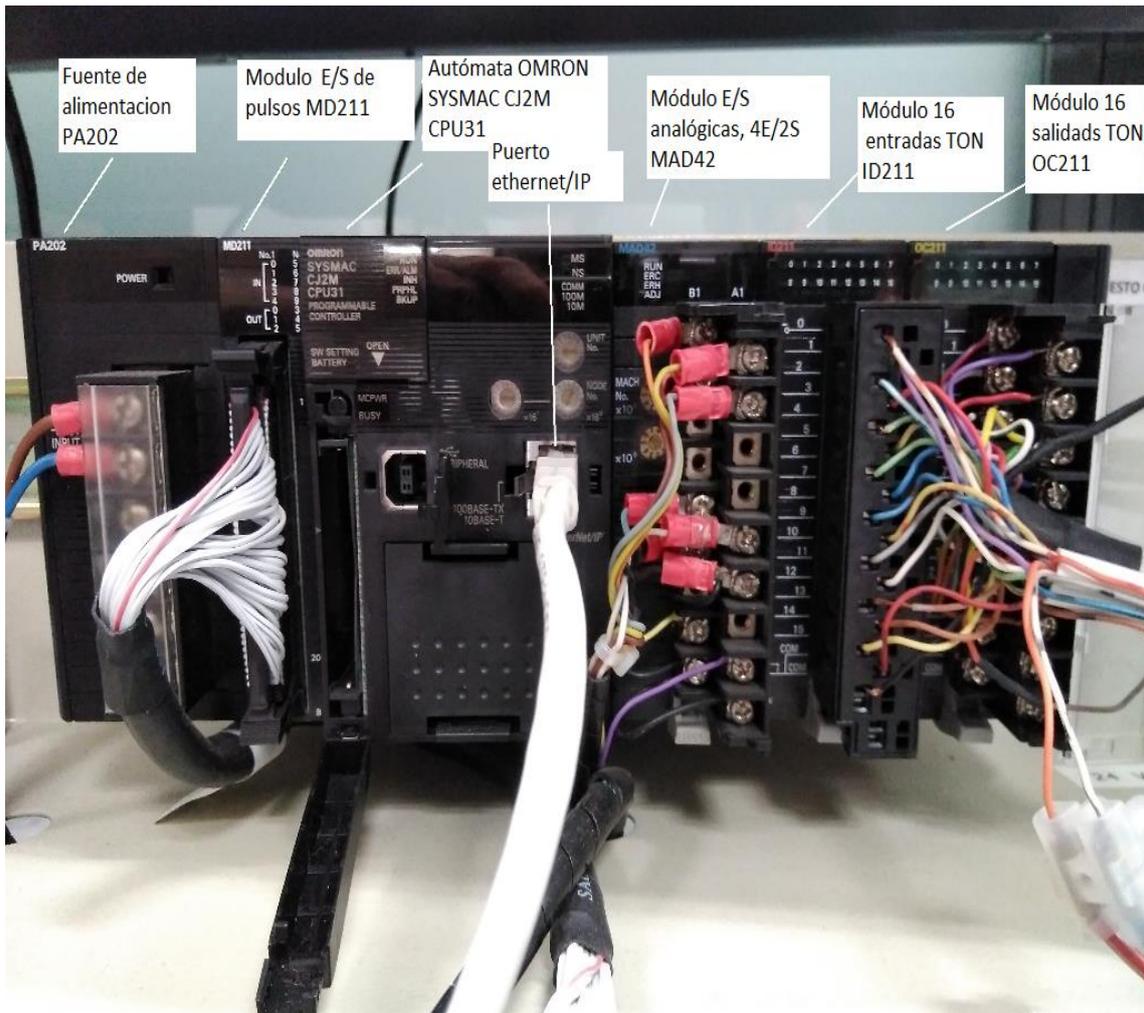
Para ver las partes, tanto eléctricas como mecánicas que componen las estaciones de trabajo mostradas anteriormente de una forma más detallada, consultar el Anexo III.

## → PLC:

Para el proyecto a desarrollar, se ha utilizado un Controlador Lógico programable (PLC) **OMRON, SYSMAC CJ2M, CPU31**, con una fuente de alimentación (**PA202**), módulo de E/S de pulsos (**MD211**), módulo de entradas /salidas analógicas, 4 entradas y 2 salidas (**MAD42**), módulo de 16 entradas TON (**ID211**), así como de un módulo de 16 salidas TON (**OC211**). Con estos módulos de E/S digitales dispuestos en el rack del PLC será suficiente para desarrollar las acciones sobre la maqueta utilizada.

Este tipo de CPU integra un puerto Ethernet/IP (**Protocolo de comunicación en tiempo real**). Por este motivo se utiliza este tipo de PLC, resultará mucho más eficaz a la hora de realizar la comunicación entre éste y el PC, de la misma forma con la pantalla táctil usada para simular los procesos. De esta manera se podrá realizar de forma directa y sencilla, la acción de transferir los programas diseñados con las herramientas de programación. Además, permite la comunicación con otros PLCs necesarios en una futura ampliación del sistema, siempre y cuando los mismos lleven integrado puerto Ethernet.

En la siguiente imagen se observa el PLC, con el conjunto de módulos en el rack del mismo y la identificación de cada una de sus partes.



[Imagen 3: Conjunto PLC y módulos del rack .](#)

Para conocer los detalles técnicos tanto del PLC como de los módulos empleados, consultar el ANEXO I.

➔ **Pantalla táctil HMI.**

La pantalla empleada para este proyecto es de la familia **Omron**, modelo **NB7W-TW01B**, la cual está provista de conexión Ethernet para el intercambio de datos a través de una red Ethernet. Al mismo tiempo dispone de una pantalla LCD TFT de 7" de ancho y

una resolución de 800 x 480 píxeles, ésta permite crear aplicaciones HMI con orientación tanto horizontal como vertical.

Para la programación de la misma se debe utilizar el software: **NB-Designer** de Omron.



[Imagen 4: Pantalla táctil HMI.](#)

Para conocer los detalles técnicos de la pantalla táctil, consultar el ANEXO II.

### → ORDENADOR PERSONAL (PC)

Los requisitos mínimos para poder ejecutar el software del paquete CX-ONE y NB-Designer son los que se muestran en la siguiente tabla:

Item	Requisitos				
	Microsoft Windows 98SE	Microsoft Windows NT (Service pack 6a)	Microsoft Windows 2000 (SP3 o superior) o Microsoft Windows Me	Microsoft Windows XP	Microsoft Windows Vista (Excepto para la versión de 64 bit) (Ver nota **)
PC	IBM PC/AT o compatible con un Pentium II 333 MHz o procesador superior (Omron recomienda Pentium III 1GHz o superior)				IBM PC/AT o compatible con un procesador recomendado por Microsoft (1GHz o superior recomendado)
Memoria	256 MB mínimo (Ver nota *)				512 MB mínimo requerido. 1 GB mínimo recomendado.
Disco duro	Aproximadamente 1.9 GB o más espacio disponible para una instalación completa del paquete CX-One				
Display	SVGA (800x600) o mayor resolución, con 256 colores mínimos				
Unidad de disco	CD-ROM o DVD-ROM				
Otros	Será necesario conexión a la red para poder realizar el proceso de registro y poder utilizar las herramientas de actualización				

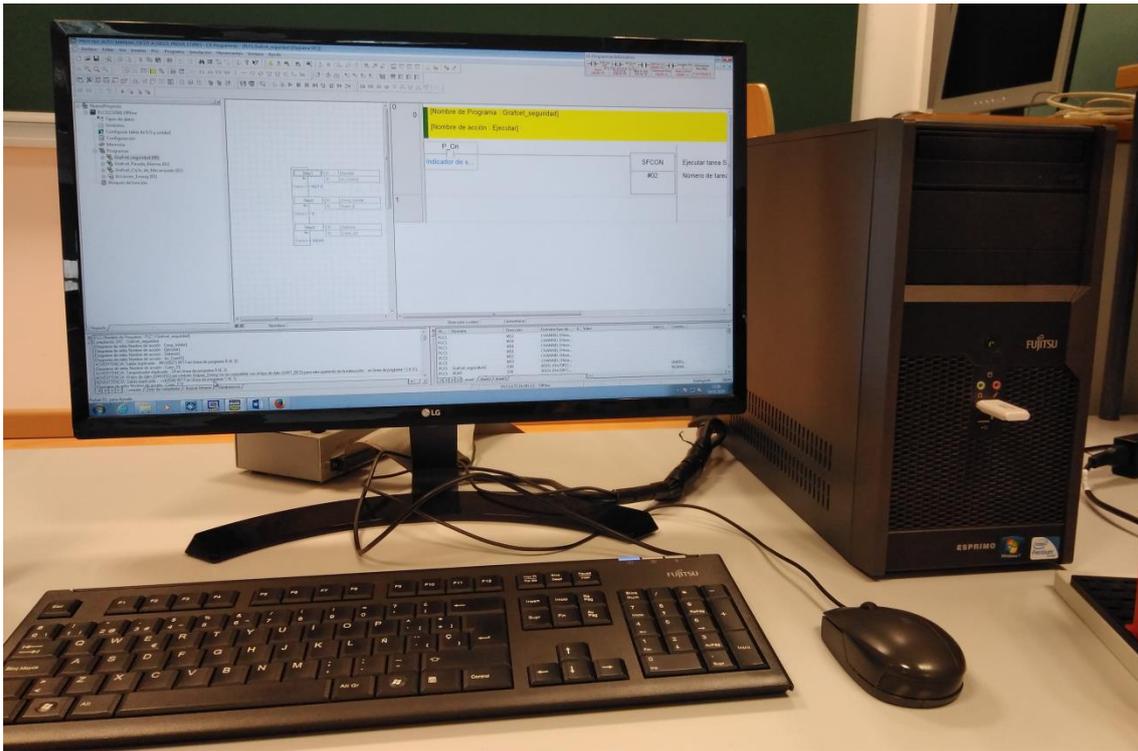
\* La cantidad de memoria dependerá de la requerida por cada aplicación por separado incluida en CX-One. Referirse a los manuales correspondientes de cada una para más detalles.

\*\* Sólo CX-One v3.0 o superior es compatible con esta versión de sistema operativo.

### Imagen 5: Requisitos mínimos PC.

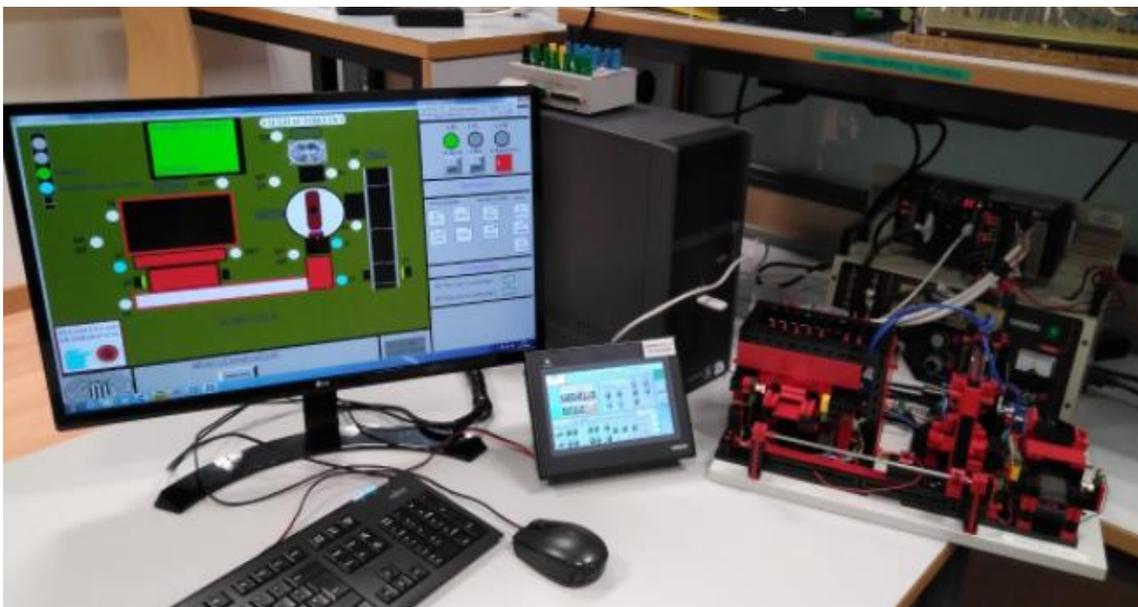
En el proyecto, el ordenador personal utilizado para llevar a cabo el proceso de programación, dispone de las siguientes características:

- Sistema operativo: Windows 7 Professional. Service Pack 1.
- Procesador: Pentium(R) Dual-Core CPU E5800 3.20GHz.
- Memoria instalada (RAM) 4.00 GB (3.37 GB utilizable).
- Tipo de sistema: sistema operativo de 32 bits.



[Imagen 6: PC.](#)

Por último, se muestra el conjunto de todos los elementos utilizados en este proyecto.



[Imagen 7: Conjunto elementos constituyentes proyecto.](#)

## ❖ Lenguajes de programación

Para poder realizar la programación sobre el (PLC) y que éste pueda llevar a cabo los trabajos sobre la maqueta, se han utilizado los siguientes lenguajes de programación:

### → SFC (GRAFCET):

De sus siglas: **Sequential Function Chart**, es un lenguaje gráfico basado en operaciones secuenciales, el cual dispone de estados por los que pasará el sistema, transiciones que se deberán cumplir para que el sistema evolucione de un estado al siguiente y saltos, por los cuales el sistema evolucionará a un modo de trabajo específico según las condiciones que se den.

### → Texto estructurado (ST):

Lenguaje de alto nivel caracterizado por expresar los algoritmos necesarios para llevar a cabo los trabajos a realizar, de una forma adecuada para la capacidad cognitiva del ser humano. Por ello es un lenguaje que utiliza cadenas de texto tanto literarias como matemáticas.

### → Diagrama de relés, lenguaje Ladder, o diagrama en escalera.

Lenguaje gráfico basado en los clásicos esquemas eléctricos de control, en los que se dispone de contactos normalmente abiertos/cerrados, bobinas así como de funciones específicas.

## ❖ **herramientas virtuales (Softwares)**

Los softwares utilizados para realizar la programación sobre el PLC, así como para llevar a cabo el diseño de los sinópticos con los que interactuar con la maqueta, serán los siguientes:

Extraídos del paquete **CX-ONE V4.33 de Omron**, dispone de los dos siguientes softwares.

→ **CX-Programmer v9.5.**

Este software será utilizado para realizar la programación sobre el PLC, de esta forma gobernar los trabajos a realizar de la maqueta. El mismo utiliza los tres lenguajes de programación mencionados anteriormente, además presenta la gran ventaja de poder simular la programación desarrollada, de esta forma realizar pruebas antes de la descarga y posterior transferencia al PLC.

→ **CX-Simulator**

Mediante este software se realizará la simulación de los programas creados en CX-Programmer, mediante el uso de un PLC virtual que se creará según interés.

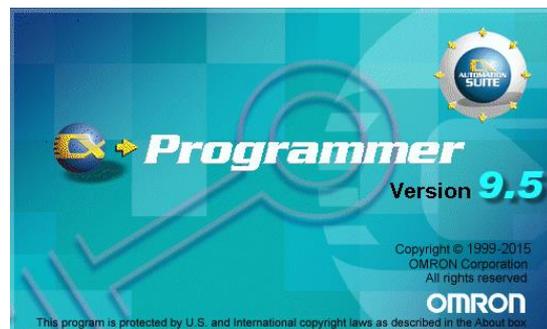


Imagen 8: Logo CX-One, CX-Pgrammer de OMRON.



Imagen 9: Logo CX-SIMULATOR.

### → CX-Supervisor v2.1.

Con la ayuda del mismo se crearán los layouts con la representación del sistema a automatizar. Estos layouts contendrán los interruptores/pulsadores con los que gobernar sobre los actuadores de la maqueta y paneles gráficos donde se mostrará el estado actual del sistema. Todo ello sobre la pantalla del PC. Este software al igual que el anterior, tiene la ventaja de poder simular los trabajos creados antes de transferirlos sobre el PLC real.

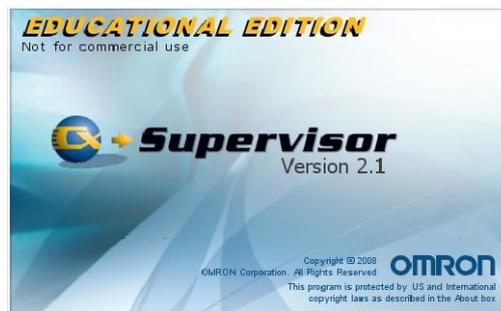


Imagen 10: Logo CX-Supervisor, OMRON.

### → NB-Designer v1.3.

Con este software se crearán los layouts al igual que en el caso anterior, con los que poder interactuar desde la pantalla táctil HMI

con la maqueta. El mismo dispone de la posibilidad de simular la aplicación creada antes de transferirla sobre la propia pantalla táctil.



[Imagen11: Logo NB-Designer.](#)

### 3.6. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR MEDIANTE MÉTODO GRAFCET

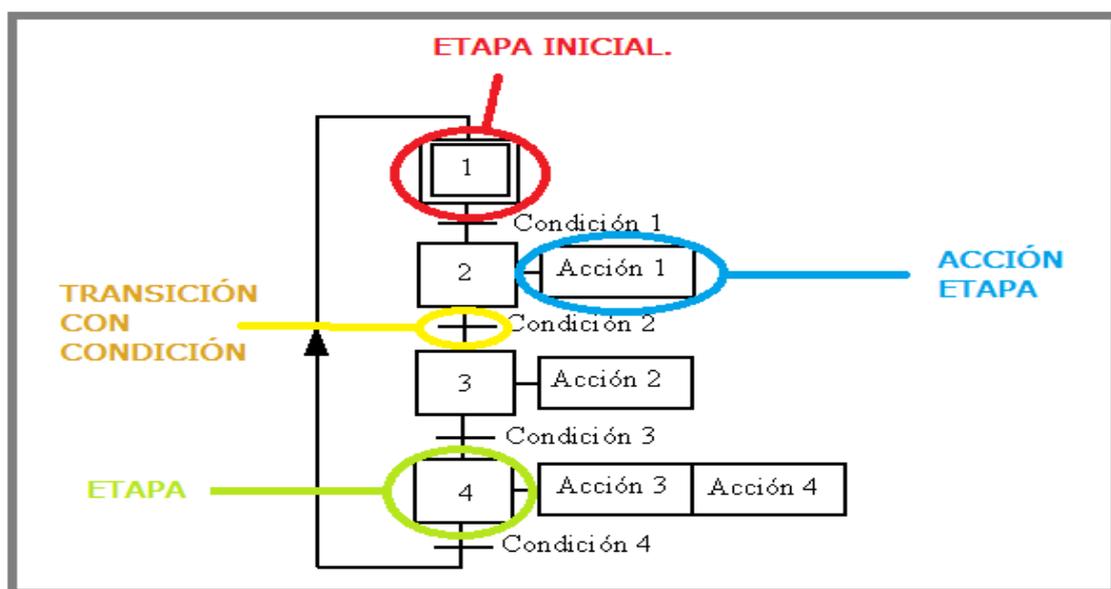
De su acrónimo: **GR**áfico **Fu**ncional de **Et**apa **T**ransición es un diagrama funcional que representa los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, así como de las condiciones que se deben de cumplir para que realicen cada una de éstas.

Se utiliza este método porque resulta muy fácil de interpretar los trabajos a realizar, tanto en el momento de la creación, como para futuras revisiones o ampliaciones. Además supone una forma muy directa y fácil, el pasar del diagrama grafcet creado a mano alzada o mediante la ayuda de un software de diseño grafico como (OpenOffice draw), a la programación sobre el PLC. Como se ha mencionado anteriormente, existe un lenguaje de programación sobre el PLC, llamado SFC que utiliza este mismo método.

El método GRAFCET utiliza para su representación unos cuadrados con unos números identificativos para representar cada estado "**Etapas**" por el que pasará el sistema automatizado. En el caso que el

cuadrado contenga otro cuadrado en su interior, esto indicará que se encuentra en la etapa inicial.

Entre las diferentes etapas existentes, se unirán a través de una línea vertical y otra horizontal que cortará a la primera, esta indicará la condición de **transición** que debe existir para que el sistema evolucione de la etapa anterior a la posterior. Por último, mencionar que cada etapa puede contener uno o varios rectángulos y éstos a su vez, las acciones que se desarrollarán en las mismas.



[Imagen 12: Identificación partes de un graficet.](#)

El primer paso será hacer un **análisis** de las acciones a desarrollar y de las condiciones que se deberán cumplir para que se lleven a cabo las mismas, por ello se detallará el trabajo a realizar de una forma explícita:

Para agilizar la creación del sistema automatizado y que resulte mucho más fácil de interpretar y modificar, si se da el caso, se divide el trabajo total a realizar sobre las piezas introducidas en diversos procesos, los cuales englobarán una actividad específica.

El primer proceso a crear será el llamado "**Proceso Horno**", este englobará las acciones/condiciones para realizar la cocción de las piezas, desde la introducción de las piezas en el interior del horno, hasta la salida de la misma ya cocida.

El segundo proceso se llamará "**Proceso manipulador**", el mismo comprende desde el momento inicial de reposo, frente a la mesa de manipulación, desplazamiento que realizará hacia el horno para recoger la pieza ya cocida, hasta el momento de regreso a la posición inicial, donde depositará la pieza.

El tercer y último, el "**Proceso Mesa/Cinta**", englobará las acciones pertinentes que realizará la mesa de manipulación para situar las piezas, tanto frente a la sierra de corte como frente a la cinta de transporte, instante en el cual se expulsará hacia esta última y regresará a su posición de reposo. Además de la activación y desactivación de la cinta de transporte.

Una vez definidos los procesos a realizar se detalla el ciclo de trabajo completo.

Para empezar el ciclo de trabajo se deberán cumplir las siguientes condiciones de estado inicial: **Seta de emergencia** activada (**NOT E, contacto normalmente cerrado**), **paro (P)** desactivado y sensores de: **Mesa en manipulador (I1)**, **Manipulador en mesa (I5)** y **Alimentador horno fuera (I7)**. Una vez se den estas condiciones, se elegirá el número de piezas a procesar, siempre dentro de un límite impuesto por el usuario.

Elegido el número de piezas a procesar, el ciclo de trabajo se puede realizar de dos formas posibles: automática o manualmente. En el caso **modo Automático**, se debe pulsar un interruptor con nombre "**CA**" y seguidamente pulsar sobre la **Marcha (M)**, en este momento el ciclo de trabajo empezará a evolucionar y se repetirá tantas veces como sea necesario para cumplir el número de piezas seleccionadas.

En primer lugar se dispone de un horno con una **bandeja de alimentación**, donde se depositará la pieza a mecanizar. El proceso empezará cuando la **barrera luminosa** de esta alimentación sea interrumpida (**NOT I9**), lo que significará que hay una pieza a procesar.

→ Proceso Automático horno:

El **compresor** de aire comprimido se activará (**Q10**) para **subir la puerta del horno (Q13)**. Un segundo después para asegurar que la puerta se encuentra en la posición superior, el **alimentador del horno** iniciará el movimiento **hacia el interior** del mismo (**Q5**), hasta que se detecte mediante el *sensor (I6)* que ya se encuentra **dentro**. Llegado este momento la puerta del horno bajará y se encenderá la **luz (Q15)**, simulando la cocción de la pieza. Pasado el tiempo seleccionado según interés, la puerta se volverá a abrir (**Q13**) y después de un tiempo de espera, el **alimentador del horno** iniciará el **movimiento hacia a fuera (Q6)** de éste, hasta llegar al sensor exterior del horno (**I7**).

→ Proceso Automático Manipulador:

Mientras empiece a entrar la alimentación del horno hacia dentro de éste, el **manipulador** que se encuentra en la posición de reposo, frente a la mesa de manipulación, se desplazará **hacia el horno (Q7)**, para que una vez la pieza esté cocida y se encuentre fuera, el **manipulador** haga el **movimiento de bajada (Q12)** hasta la posición donde está la pieza, momento en el cual mediante la **succión al vacío de la ventosa (Q11)**, quede adherida la pieza a ésta.

Después, el **manipulador** volverá a subir y posteriormente se desplazará **hacia la mesa de manipulación (Q8)**. Una vez se encuentre en esta posición (Mesa), el manipulador volverá a bajar. A continuación se desactivará la succión de la ventosa, por lo que la pieza se situará sobre la mesa.

→ **Proceso Automático Mesa/Cinta:**

Después de que la pieza quede depositada sobre la **mesa**, la misma **girará en sentido horario (Q1)** hasta situarse frente a la **sierra de corte (I4)**, donde se realizará el proceso de **serrado (Q4)**, durante el tiempo definido por el usuario. Pasado este tiempo, la mesa volverá a girar en el mismo sentido horario hasta llegar a la **cinta transportadora (I2)**, donde mediante un **expulsor neumático (Q14)** la pieza será expulsada hacia la cinta.

A continuación, para dejar que la pieza esté estable sobre la **cinta**, la misma empezará a girar en sentido horario (**Q3**), transportando la pieza a lo largo de ésta. Una vez se corte el haz luminoso del **sensor** que se dispone al **final de la cinta (NOT I3)**, empezará la temporización de retardo al paro de la cinta.

En el mismo momento que el haz luminoso del sensor al final de la cinta se corte por el paso de la pieza, la **mesa de manipulación girará en sentido anti-horario (Q2)** para volver a su posición de reposo, es decir, hasta la posición del manipulador (I1). Llegado a este punto, el ciclo volverá a iniciarse cuando se cumplan las condiciones iniciales, y sino se ha procesado el número de piezas elegidas previamente, según el pedido del cliente.

Si se elige el funcionamiento **modo "MANUAL"** el ciclo se desarrollará igual que en el caso anterior, con la diferencia de que para proceder a

la activación de cada acción de forma individual en el momento necesario, se deberá dar una **orden de marcha manual**, diferente para cada uno de los tres procesos existentes. Para el **proceso horno**, el pulsador se llamará "**SOMH**", en el caso del **proceso manipulador** "**SOMM**" y para el **proceso mesa/cinta**, "**SOMMC**".

Si durante el desarrollo del ciclo de mecanizado se acciona el paro el sistema se detendrá, deteniéndose todas las acciones que se estuviesen ejecutando a excepción del compresor, la succión de la ventosa y la subida de la puerta del horno, en el caso de que la parada se haya producido entre las etapas comprendidas desde que la pieza entra en el horno, hasta que el manipulador deposite la pieza en la mesa (I5). De esta forma, se podrá sacar la pieza del interior del horno, en el caso de necesidad y en el caso de que la pieza se encontrase adherida al manipulador, se mantendrá adherida a éste. Con ello se evita el posible daño que la pieza sufriría al desprenderse del manipulador e impactar en el suelo, además de evitar daños a trabajadores en un caso real. En cualquier otro momento del ciclo de trabajo, no mencionado anteriormente, en el que se pulse la parada del sistema, se detendrán todas las acciones, ya que en estos casos no implica ningún riesgo que se desactive el compresor o la puerta del horno quede cerrada.

Si se desactiva la emergencia (E) a causa de una situación de esta índole, ocurrirá lo mismo que en el caso de activar el paro (alarma), pero, al volver a activar la emergencia (E), se activarán las acciones necesarias para devolver el sistema al estado inicial, es decir, si el manipulador se encuentra de camino al horno o hacia la mesa, el manipulador seguirá en los dos casos hasta que llegue a la mesa. Si el alimentador del horno se encuentra dentro de éste, automáticamente saldrá hacia fuera, hasta el final de su recorrido.

Por último, si la mesa se encuentra en cualquier posición que no sea enfrente del manipulador, girará en sentido anti-horario hasta situarse en dicha ubicación.

Dadas las condiciones iniciales, se necesitará volver a empezar el ciclo de trabajo con el **rearme (REAR)**, por lo que se detendrán todas las acciones y volverá a empezar el ciclo de trabajo desde su estado inicial.

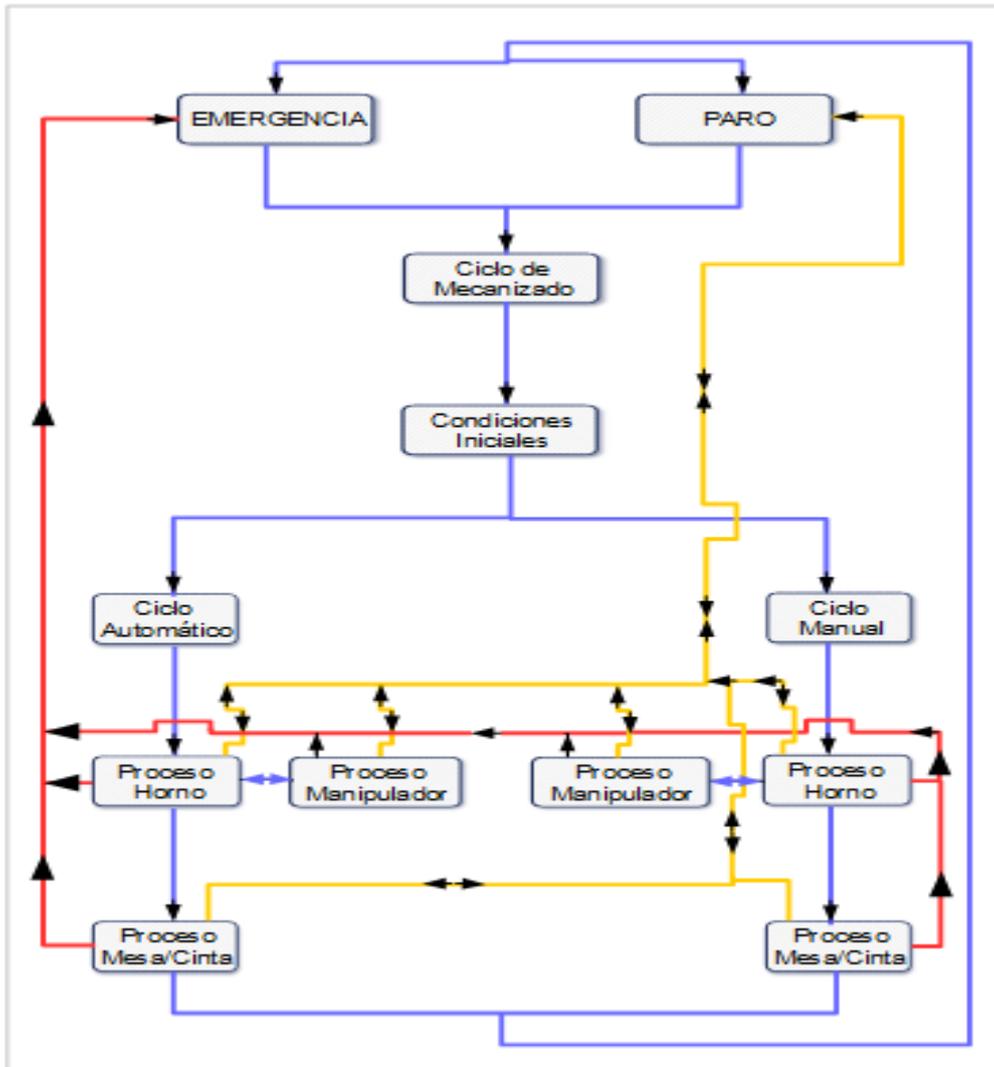
Una vez especificadas todas las condiciones necesarias para activar/desactivar cada acción, se empiezan a desarrollar los graficets, para que de esta forma se muestre lo anteriormente descrito de una forma sencilla y visual.

En primer lugar, se ha desarrollado una estructura de evolución descendente o bidireccional, para que se lleven a cabo cada uno de los procesos citados con relación a la posición que desempeñan dentro del ciclo de trabajo.

El mismo diagrama se compone de unos rectángulos los cuales representan cada uno de los graficets creados, que comprenden desde la situación de emergencia/paro, modos de funcionamiento, hasta procesos de trabajo.

Para seguir la evolución que puede sufrir el diagrama, se deben seguir las líneas azules para estado de funcionamiento normal. Las líneas amarillas, para la situación de alarma, es decir, se ha pulsado el paro, en este caso será bidireccional, ya que evolucionaremos al estado de alarma (paro de todas las acciones), pero en pulsar de nuevo la marcha (M), el sistema volverá al proceso de trabajo en el que se encontraba.

Y las líneas rojas indican situación de emergencia, son flechas de sentido único, porque al cesar ésta, el ciclo de trabajo volverá al inicio.



[Imagen 13: Diagrama de flujo graficet del sistema.](#)

La evolución que seguirá el diagrama anterior es la siguiente: en primer lugar existen dos graficets llamados: "Emergencia" y "Paro" (Alarma), los cuales poseen la misma importancia, ya que estos tendrán la potestad de dejar o no evolucionar al siguiente graficet

llamado **"Ciclo de Mecanizado"**, en el que se elegirá el modo de funcionamiento.

Una vez el graficet de "Emergencia" y el de "Parada Alarma" estén en su posición de reposo, es decir, emergencia activada y paro desactivado, el graficet **"Ciclo de Mecanizado"** empezará a evolucionar, siempre y cuando se cumplan unas condiciones dadas internamente.

La siguiente evolución será a través del graficet **"Condiciones Iniciales"** en el cual se comprobarán que se cumplan éstas. En el caso correcto, se evolucionará a dos posibles caminos a elegir, "Ciclo Automático" o "Ciclo Manual" dependiendo del modo seleccionado en el graficet **"Ciclo de Mecanizado"**.

En el modo de funcionamiento automático, se evolucionará al graficet llamado **"Proceso Horno"**, una vez dentro de este proceso y cumplidas ciertas condiciones explicadas más adelante, se evolucionará al **"Proceso manipulador"**, por lo que se desarrollarán simultáneamente. Una vez el proceso manipulador termine de evolucionar, regresará al proceso horno y finalizada la evolución del mismo, el siguiente paso será hacia **"Proceso Mesa/Cita"**

Desarrollado este último proceso, el diagrama evolucionará de nuevo al "Ciclo de Mecanizado", siempre y cuando los dos primeros se lo permitan, como se ha indicado anteriormente.

Los dos graficets, **"Emergencia"** o **"Paro"** harán la misma función, detener el graficet **"Ciclo de Mecanizado"**, con la única diferencia que el de **"Emergencia"** hará que el ciclo de mecanizado, empiece de nuevo, mientras que el de **"Paro"** hará que se detenga, pero posteriormente seguirá por la posición donde se había detenido.

Para entender con más facilidad la evolución de cada graficet y su contenido, a continuación se muestra la leyenda de este sistema a automatizar.

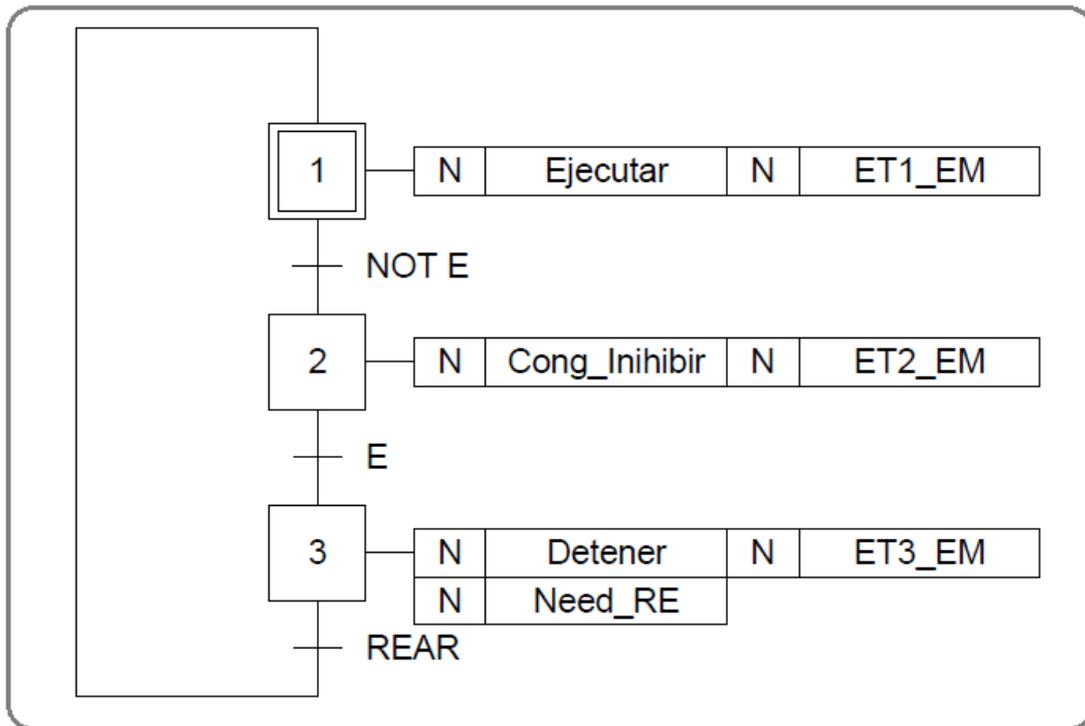
<b>FC</b>	<b>Uso</b>
I1	Mesa en manipulador
I2	Mesa en cinta
I3	Pieza final cinta
I4	Mesa en sierra
I5	Manipulador en mesa
I6	Alimentador horno dentro
I7	Alimentador horno fuera
I8	Manipulador en horno
I9	Pieza en alimentador
<b>Pulsadores</b>	<b>Uso</b>
E	Emergencia
REAR	Rearme
P	Paro
M	Marcha
SOMH	Orden marcha manual horno
SOMM	Orden marcha manual manipulador
SOMMC	Orden marcha manual mes/cinta
SQ1	Pul. Giro mesa horaio
SQ2	Pul. Giro mesa horaio
SQ3	Pul. Avance cinta
SQ4	Pul.Sierra
SQ5	Pul. Aliment. Horno adentro
SQ6	Pul. Aliment. Horno afuera
SQ7	Pul. Manipu. Hacia horno
SQ8	Pul. Manipu. Hacia mesa
SQ9	Pul.Señales entrada proceso
SQ12	Pul. Mani. Abajo
SQ14	Pul. Empujador mesa
SQ15	Pul. Luz horno
<b>Int.Selectores</b>	<b>Uso</b>
CA	Ciclo automático
CMC	Ciclo manual ciclo a ciclo
<b>Marcas</b>	<b>Uso</b>
FIN_Pro_H	Final proceso Horno
M1_PMH	Orden marcha manual horno
M2_PMM	Orden marcha manual manipulador
M3_PMMC	Orden marcha manual mesa cinta
Fs_M	Flanco subida marcha
Inc_PI_OK	Incremento piezas OK
P_Act	Parada activada
Fs_P	Flanco subida paro
Con_Ini	Condiciones Iniciales del sistema
M_Act	Marcha activada

<b>Cuentas</b>	<b>Uso</b>
ET_EME	Etapas ciclo Emergencia
ET_CME	Etapas ciclo automático
ET_CME2	Etapas ciclo automático
ET_ALA	Etapas ciclo Alarma (Paro)
PI_OK	Pieza correcta
PI_NOK	Pieza defectuosa
TOT_PI	Número de piezas pedido cliente
<b>Actuadores</b>	<b>Uso</b>
Q1	Giro mesa horario
Q2	Giro mesa antihorario
Q3	Avance cinta
Q4	Sierra
Q5	Alimentador horno adentro
Q6	Alimentador horno afuera
Q7	Manipulador hacia horno
Q8	Manipulador hacia mesa
Q9	Señales entrada proceso
Q10	Compresor
Q11	Succión ventosa
Q12	Manipulador abajo
Q13	Puerta horno arriba
Q14	Empujador mesa
Q15	Luz horno
<b>Temporizadores</b>	<b>Uso</b>
Tempo_espera	Tiempo de espera general
Tempo_espera2	Tiempo de espera general2
Temp_Stop_C	Tiempo retardo paro cinta
Temp_Ser	Tiempo de serrado
Temp_Coc	Temporizador Coccion
Temp_esp3	Tiempo de espera general3
Temp_esp4	Tiempo de espera general4
Tiem_Coc	Tiempo variable temporizador cocción
Tiem_Serra	Tiempo variable temporizador serrado
Tiem_P_Cinta	Tiempo variable temporizador paro cinta

Imagen 14: Leyenda de este sistema a automatizar.

Y los graficets representados en el diagrama anterior, en los cuales se detallan las acciones que contiene cada etapa, así como la condición que hará evolucionar de la etapa anterior a la posterior.

## 1r Grafcet: "Emergencia".



[Imagen 15: Grafcet "Emergencia".](#)

La primera etapa contiene una acción llamada **"Ejecutar"**, en la misma se reanuda la tarea que se estaba desarrollando antes de enclavar la seta de emergencia (detallada en apartado programación con CX-Programmer).

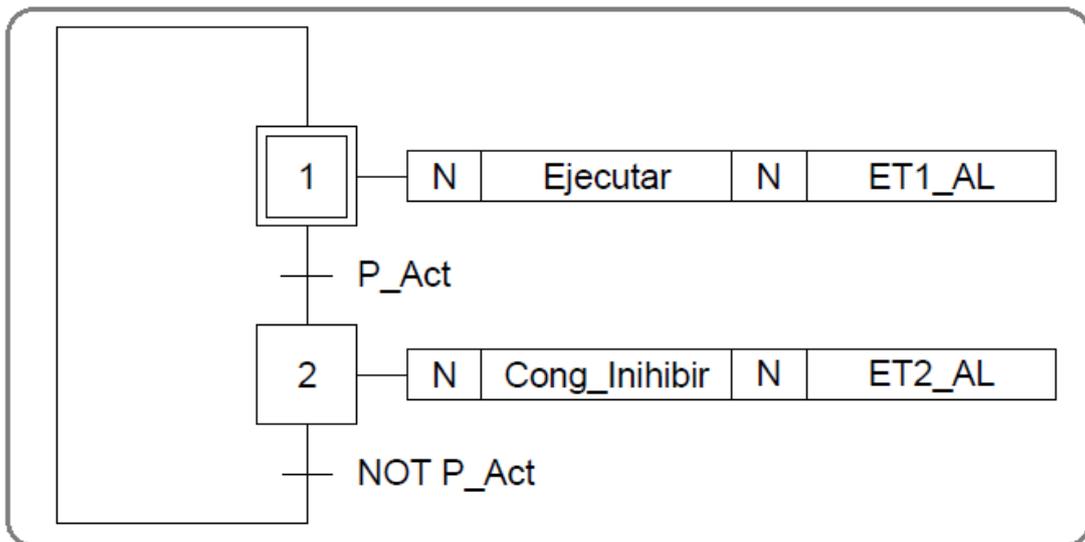
La siguiente acción (rectángulo) que contiene esta etapa es llamada **"ET1\_EM"**, en la misma se realizará un contaje para saber en qué etapa se encuentra (cada grafcet que contenga esta acción con el nombre **"ET"** seguido por un número, guión bajo y nombre, mostrará en qué etapa se encuentra y en qué grafcet).

La condición para evolucionar a la siguiente etapa será que no esté activada la emergencia. En estado de reposo, ésta permanecerá en estas condiciones, ya que por seguridad es un contacto normalmente

cerrado con enclavamiento. En la etapa 2 la acción llamada **"Cong\_Inhibir"** producirá una pausa del **"Ciclo de mecanizado"** (Congelación), al mismo tiempo se encargará de desactivar todas las acciones que se estaban ejecutando en el momento de desactivar la emergencia (Inhibición), menos las que puedan ocasionar un nuevo peligro, tanto para las máquinas como para las personas, como pueden ser la subida de la puerta del horno, compresor, ventosa de succión.

En el momento en el que ya no exista la situación de emergencia, se desenclavará la seta de emergencia, por lo que evolucionará a la última etapa de este graficet (3), donde se finalizará la tarea del ciclo de mecanizado (02), la cual ha sido congelada en el estado anterior, por medio de la acción llamada **"Detener"**. La acción **"Need\_RE"** consiste en una marca que se utilizará para activar una luz azul en el sinóptico del sistema SCADA y en el del HMI (Mostrados en la imagen 47 e imagen 52), para indicar que se necesita rearmar el sistema pulsando sobre REAR. Una vez realizado se volverá la etapa inicial. Por último, indicar que cuando se produzca la enclavación (activación) de la emergencia, se incrementará la cuenta de piezas defectuosas **"PI\_NOK"**.

## 2º Grafcet: "Parada\_Alarma".



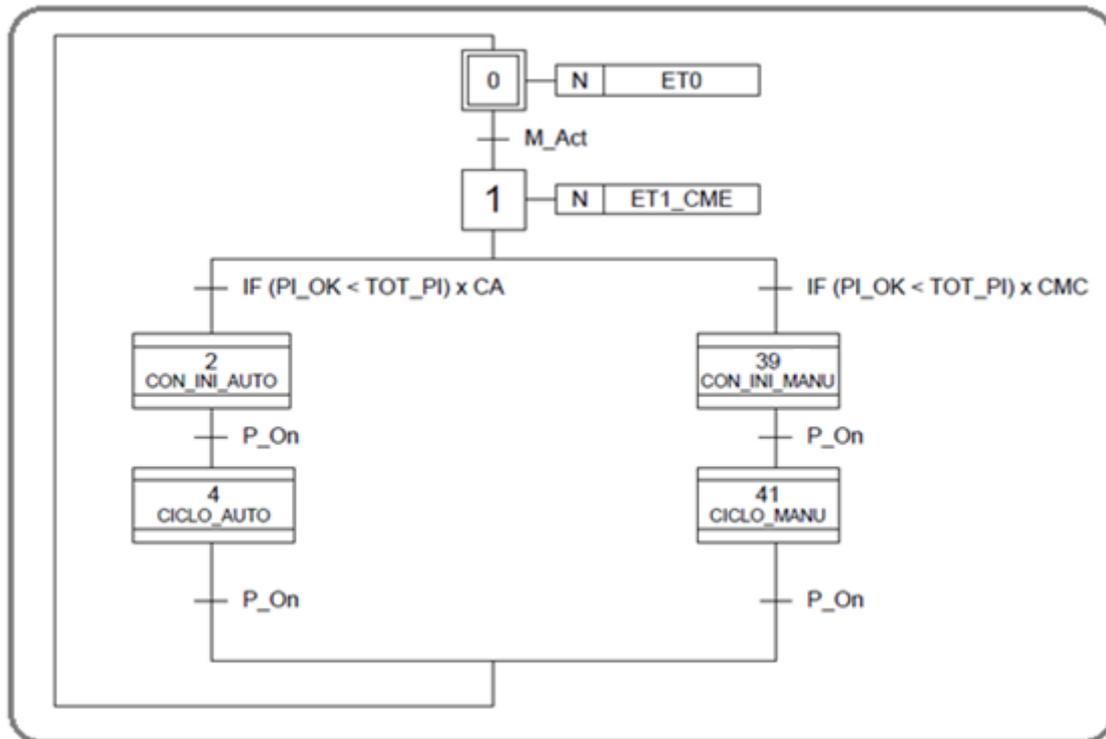
[Imagen 16: Grafcet "Paro".](#)

En la primera etapa de este segundo grafcet, la acción que se desarrollará será la misma que la explicada anteriormente llamada "Ejecutar". Una vez se detecte que hay una alarma y se pulse el paro, mediante la marca que representa a la activación de la parada "P\_Act", avanzará al siguiente estado donde se pausará el ciclo de mecanizado, desactivando las salidas que se estuviesen ejecutando en ese momento.

Una vez deje de existir la situación de alarma, pulsando sobre la marcha (M), se desactivará la marca mencionada, por lo que evolucionará al primer estado, donde se reanudará el ciclo de mecanizado en el momento en el que se había detenido.

Como se puede observar, las acciones para el incremento de la cuenta para el contaje del número de etapas, recibe el nombre de "ET\_AL" de Alarma.

### 3r Grafcet: "Ciclo de mecanizado".



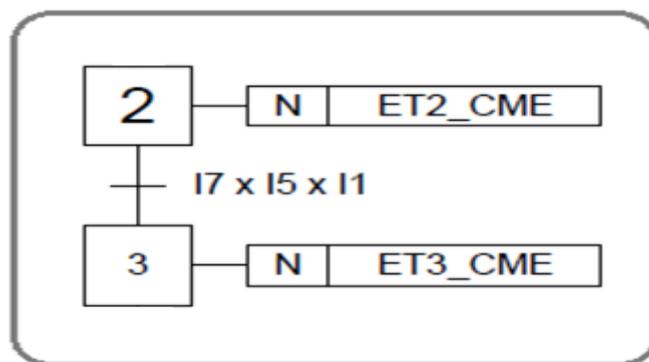
[Imagen 17: Grafcet Ciclo de mecanizado.](#)

En el tercer grafcet se pasará a la etapa 1 siempre y cuando esté la marca "M\_Act", la cual indica haber activado la marcha, de este modo se evitará tener que pulsarla cada vez para evolucionar a la siguiente etapa. Una vez en la etapa 1, se podrá elegir modo automático o manual. En el caso que se active el modo automático "CA" y el número de piezas procesadas correctamente "PI\_OK" sea inferior al número de piezas seleccionadas para el pedido "TOT\_PI", evolucionará a una macroetapa (rectángulo con dos líneas paralelas entre sí), la cual engloba el grafcet explicado a continuación llamado "CON\_INI\_AUTO". Con estas macroetapas se reduce considerablemente el tamaño del grafcet principal, de esta forma será mucho más fácil de entender.

Una vez se cumplan las condiciones del último grafcet, se pasará directamente "P\_On" a una nueva macroetapa llamada "CICLO\_AUTO", en la que se desarrollarán todos los procesos de mecanizado de una forma automática.

Al evolucionar todas las etapas y transiciones del grafcet mencionado, se avanzará directamente a la etapa 0 del grafcet "Ciclo de mecanizado" y si la marca de la marcha, se encuentra activa, se pasará a la etapa 1, donde se elegirá de nuevo el modo de funcionamiento. Si se selecciona el modo manual "CMC", el ciclo evolucionará como ya se ha explicado para el modo automático.

#### 4º Grafcet expansión macroetapa "Condiciones iniciales", manual o automático.

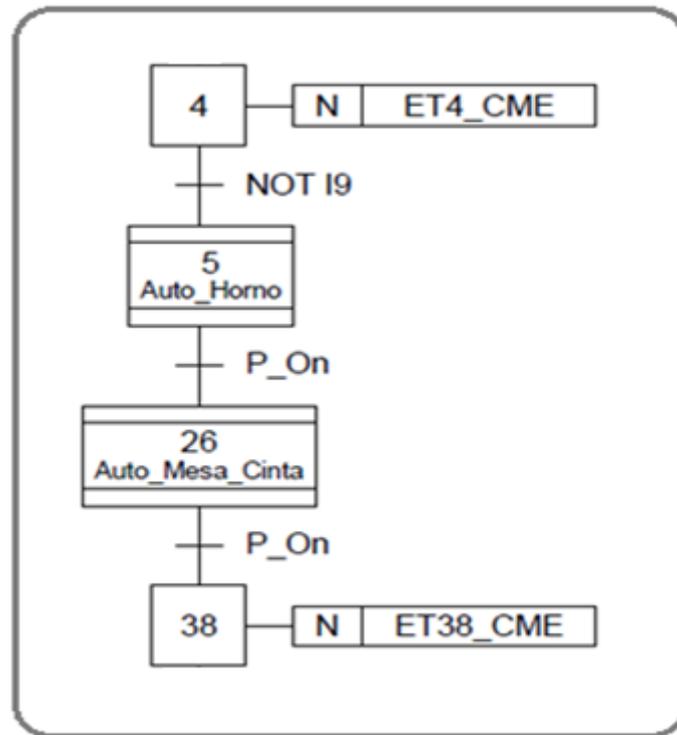


[Imagen 18: Grafcet expansión macroetapa "Condiciones iniciales".](#)

Tanto para el caso del modo de funcionamiento automático como para manual, para evolucionar al respectivo grafcet donde se ejecutarán todas las acciones, la transición que se debe cumplir será: que esté activo el sensor "Alimentador horno fuera" (I7), "Mesa en manipulador" (I1) y "Manipulador en mesa" (I5).

Una vez se den estas condiciones, se regresará al grafcet "Ciclo de mecanizado" donde se avanzará a la siguiente macroetapa "Ciclo Auto" o "Ciclo manual". Para el "Ciclo Auto" el grafcet será como se muestra a continuación.

## 5º Grafcet expansión macroetapa: Ciclo automático.

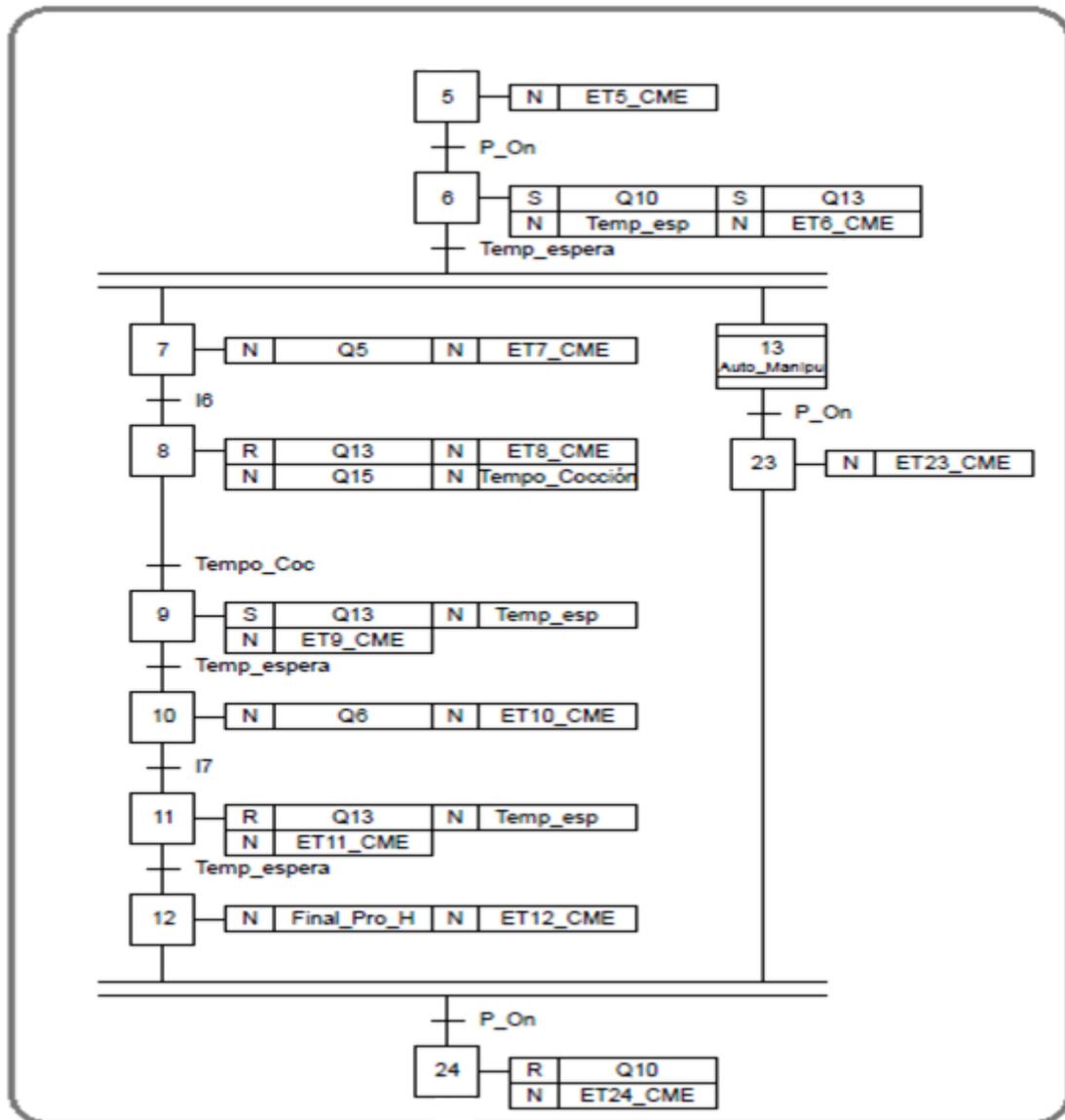


[Imagen 19: Grafcet expansión macroetapa "Ciclo automático".](#)

Una vez se den las condiciones iniciales, se evolucionará a la etapa 4, donde el sistema esperará a que se deposite una pieza en la bandeja de la alimentación del horno I9. En este caso se buscará la negación de la señal I9 ya que es un sensor de haz de luz, el cual estará desde el momento inicial emitiendo el haz, al cortarse por la interposición de una pieza, será el momento en el que deberá avanzar.

La siguiente macroetapa es llamada "Auto\_Horno", esta engloba tanto los trabajos para realizar el horneado de las piezas, como el traslado de las mismas desde la salida del horno a la mesa de manipulación.

## 6º Grafcet expansión: Proceso automático horno.



[Imagen 20: Grafcet expansión macroetapa "Proceso Horno".](#)

Inicialmente, en este grafcet se desarrollarán en serie dos etapas, en la primera de ellas se activará el compresor de aire comprimido (Q10) para subir la puerta del horno (Q13). A continuación, con la certeza de que la puerta se encuentra en la posición superior, el grafcet se dividirá en dos caminos, que se iniciarán a la par. En el caso del camino de la izquierda se desarrollarán las acciones para realizar el

horneado de las piezas, mientras que el camino de la derecha se encargará de las acciones del manipulador, se detallan más adelante. En el camino de la izquierda, el alimentador del horno se introducirá (Q5) en éste hasta que se detecte mediante el sensor (I6) que ya se encuentra dentro. Llegado este momento la puerta del horno bajará (reset Q13) y se encenderá la luz (Q15), simulando la cocción de la pieza. Pasado el tiempo elegido la puerta se volverá a abrir (Q13) y pasado un tiempo de espera, el alimentador del horno saldrá del mismo (Q6), hasta llegar al sensor exterior del horno (I7). Por otro lado, el camino de la derecha, contiene una nueva macroetapa llamada "Auto\_Manipu".

**7º Grafcet expansión macroetapa: Proceso automático manipulador.**

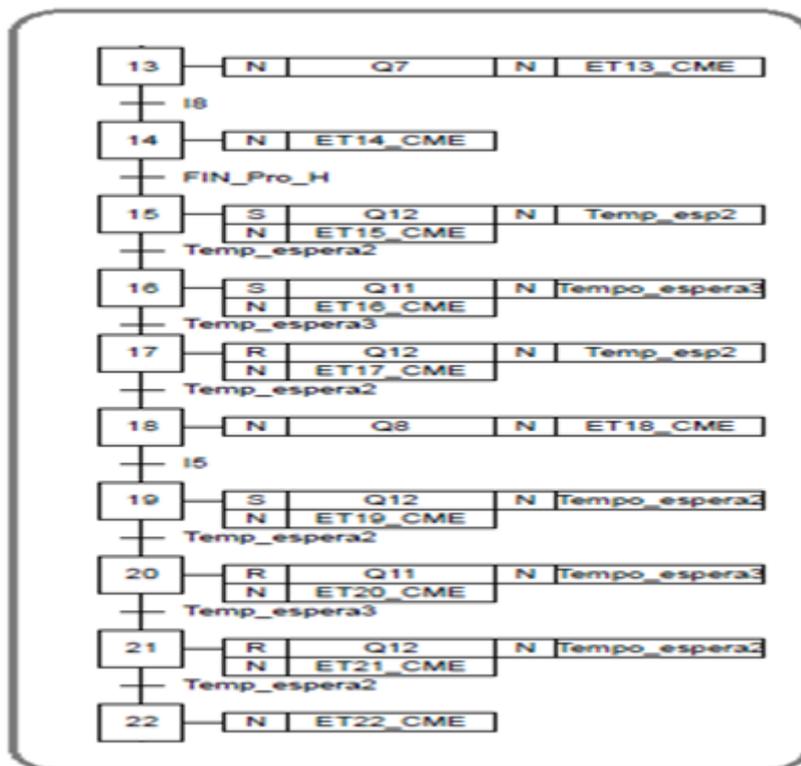


Imagen 21: Grafcet expansión macroetapa "Proceso manipulador".

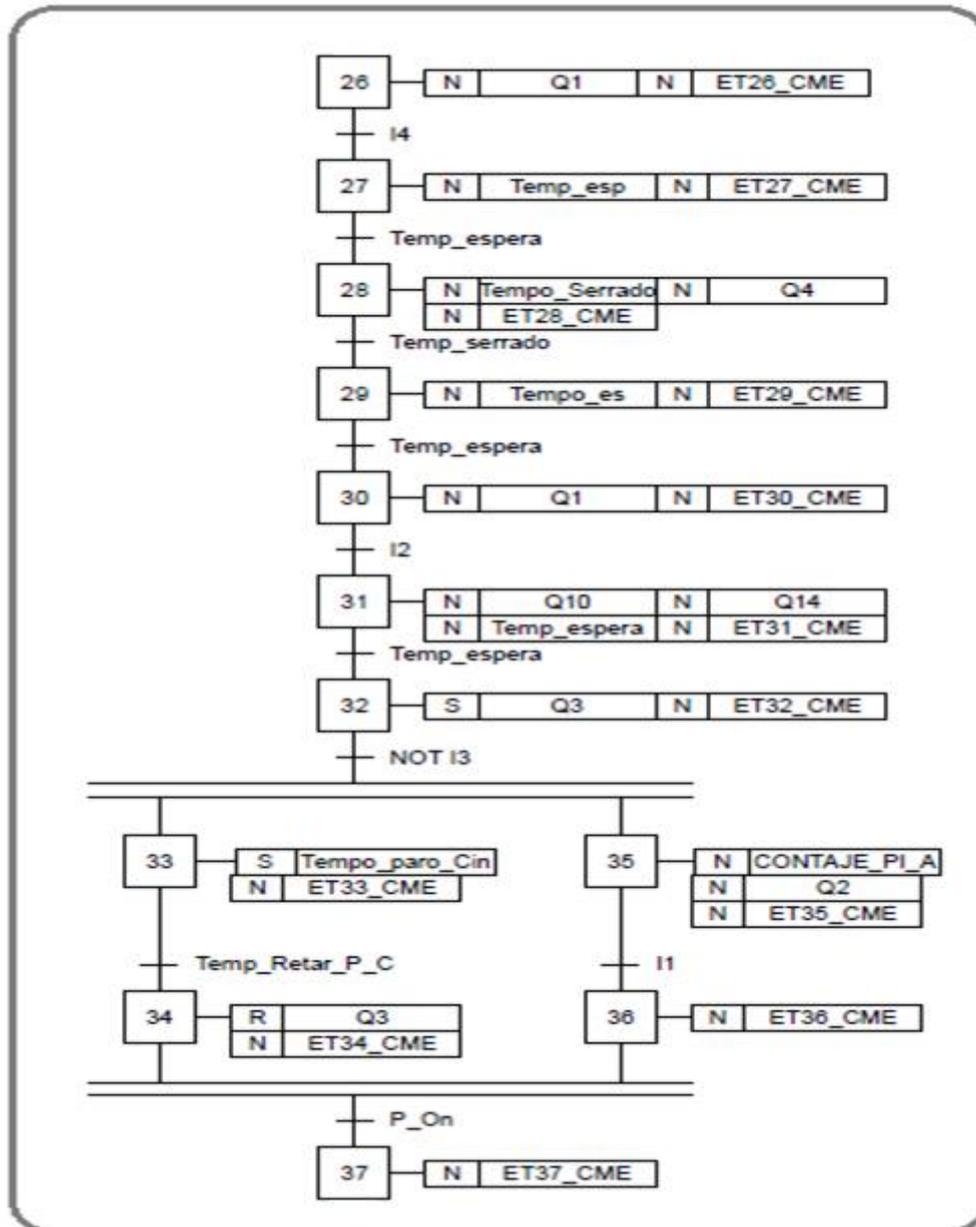
La misma contendrá las etapas y condiciones para que el manipulador al vacío se dirija a la alimentación del horno, recoja la pieza y la traslade a la mesa de manipulación.

Para que se cumpla este cometido, el proceso será como sigue: una vez empiece a entrar la alimentación del horno hacia éste, el manipulador que se encuentra en la mesa, se desplazará hacia el horno (Q7), para que cuando la pieza esté cocida y se encuentre fuera, la ventosa del manipulador baje (Q12) hasta la posición donde se encuentra la pieza, donde por medio de succión al vacío (Q11) la recoja.

El manipulador volverá a subir y posteriormente se desplazará hacia la mesa (Q8). Una vez se encuentre en esta posición (Mesa), el manipulador bajará (Q12) y se desactivará la succión de la ventosa, por lo que la pieza se posará sobre la mesa.

Llegado a este punto, el compresor se desactivará y regresará de forma automática al graficet "Ciclo automático", donde se pasará a la última macroetapa, llamada "Proceso mesa/cinta".

## 8º Grafset expansión macroetapa: Proceso Mesa/Cinta.



[Imagen 22: Grafset expansión macroetapa "Proceso mesa/cinta".](#)

Inicialmente, la mesa girará en sentido horario (Q1) hasta llegar a la sierra (I4) donde se hará el proceso de serrado (Q4) por un tiempo determinado. Terminado este tiempo, la mesa volverá a girar en el mismo sentido (Q1) hasta llegar a la cinta transportadora (I2), donde mediante un expulsor neumático (Q14) con la ayuda de la acción del

compresor, la pieza será expulsada hacia la cinta. Después de la expulsión de la pieza, para dejar que la pieza esté estable, la cinta empezará a girar (Q3), transportando la pieza a lo largo de ésta.

Una vez se corte el haz luminoso del sensor que se dispone al final de la cinta (NOT I3), se pasará a una divergencia simultánea de dos caminos. En el camino de la izquierda empezará una temporización de retardo al paro de la cinta, transcurrido este tiempo la cinta se detendrá.

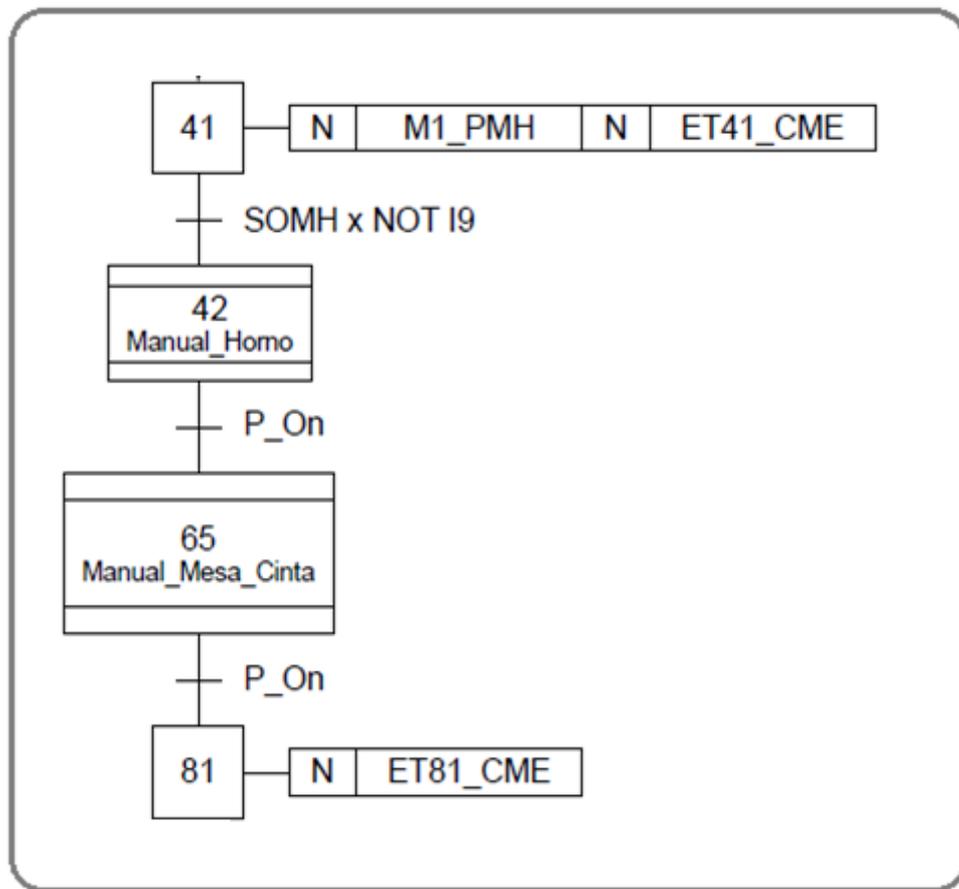
Por otro lado, en el camino de la derecha, la mesa girará en sentido anti-horario (Q2) para volver a su posición de reposo, es decir, hasta la posición del manipulador (I1).

En este punto, el ciclo de mecanizado volverá a iniciarse cuando se cumplan las condiciones iniciales, o se ha llegado al número de piezas elegidas previamente, según el pedido del cliente.

Para el modo de funcionamiento manual, los graficets serán iguales con la salvedad de la necesidad de pulsar una orden manual para ejecutar cada acción. En el caso del proceso horno, la orden manual se llamará "SOMH", para el proceso manipulador "SOMM" y por último, en el caso del proceso mesa/cinta, el pulsador se llamará "SOMMC". Otra de las diferencias respecto de los graficets del ciclo automático será la activación de unas marcas llamadas: "M1\_PMH", "M2\_PMM" y "M3\_PMMC" las mismas serán activadas en el momento en el que se necesite dar la orden de marcha manual. Para ello, en el sinóptico gráfico del sistema SCADA y HMI se dispone de sendas luces azules que se activarán con las marcas mencionadas, de esta forma se tiene un aviso visual.

Aquí se muestran los graficets del ciclo manual con las salvedades mencionadas.

9º Grafset expansión macroetapa: Ciclo manual.



[Imagen 23: Grafset expansión macroetapa "Ciclo manual".](#)

10º Grafcet expansión macroetapa: Proceso manual horno.

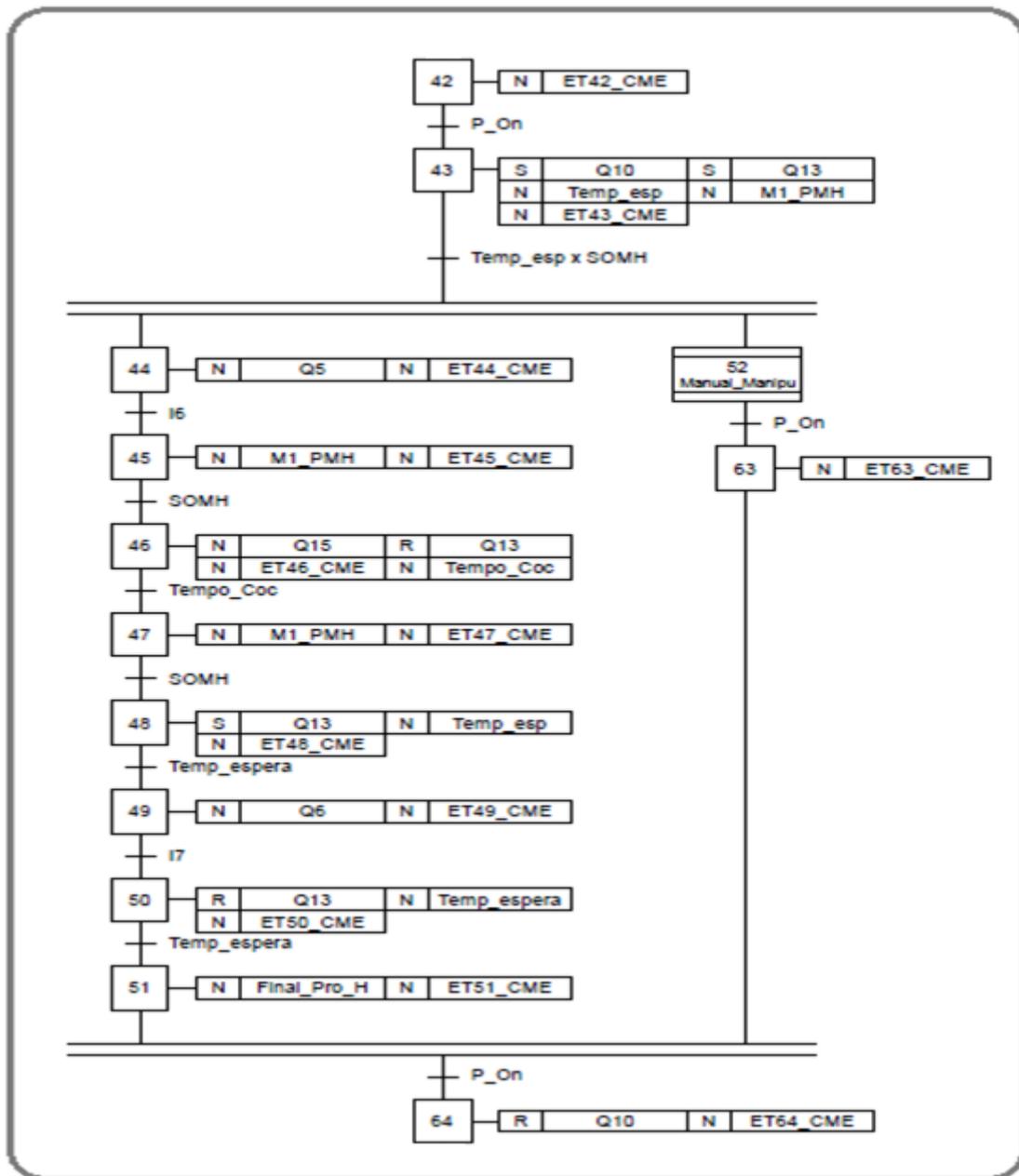
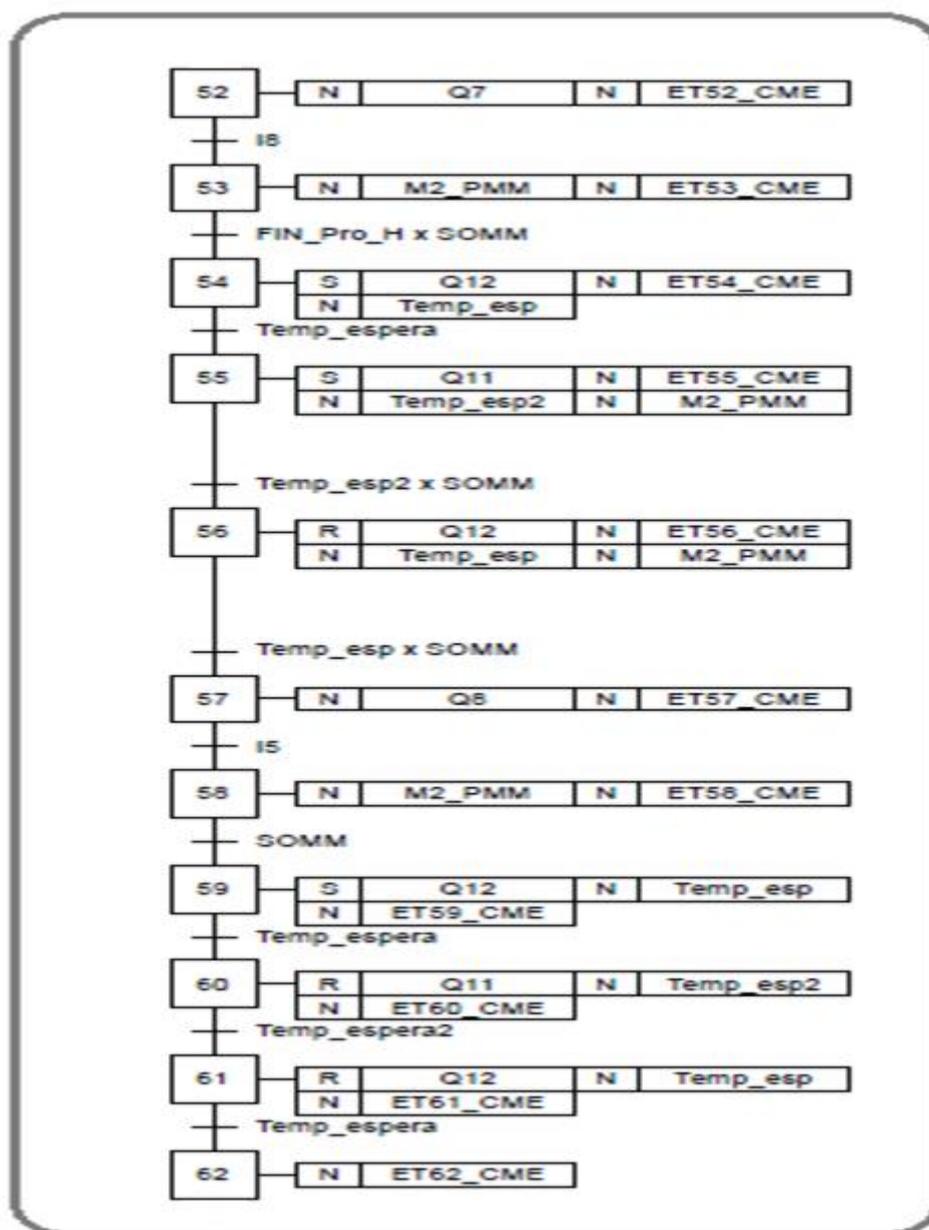


Imagen 24: Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual horno".

11º Grafcet expansión macroetapa: Proceso manual manipulador.



[Imagen 25: Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual manipulador".](#)

12º Grafcet expansión macroetapa, Proceso manual mesa/cinta.

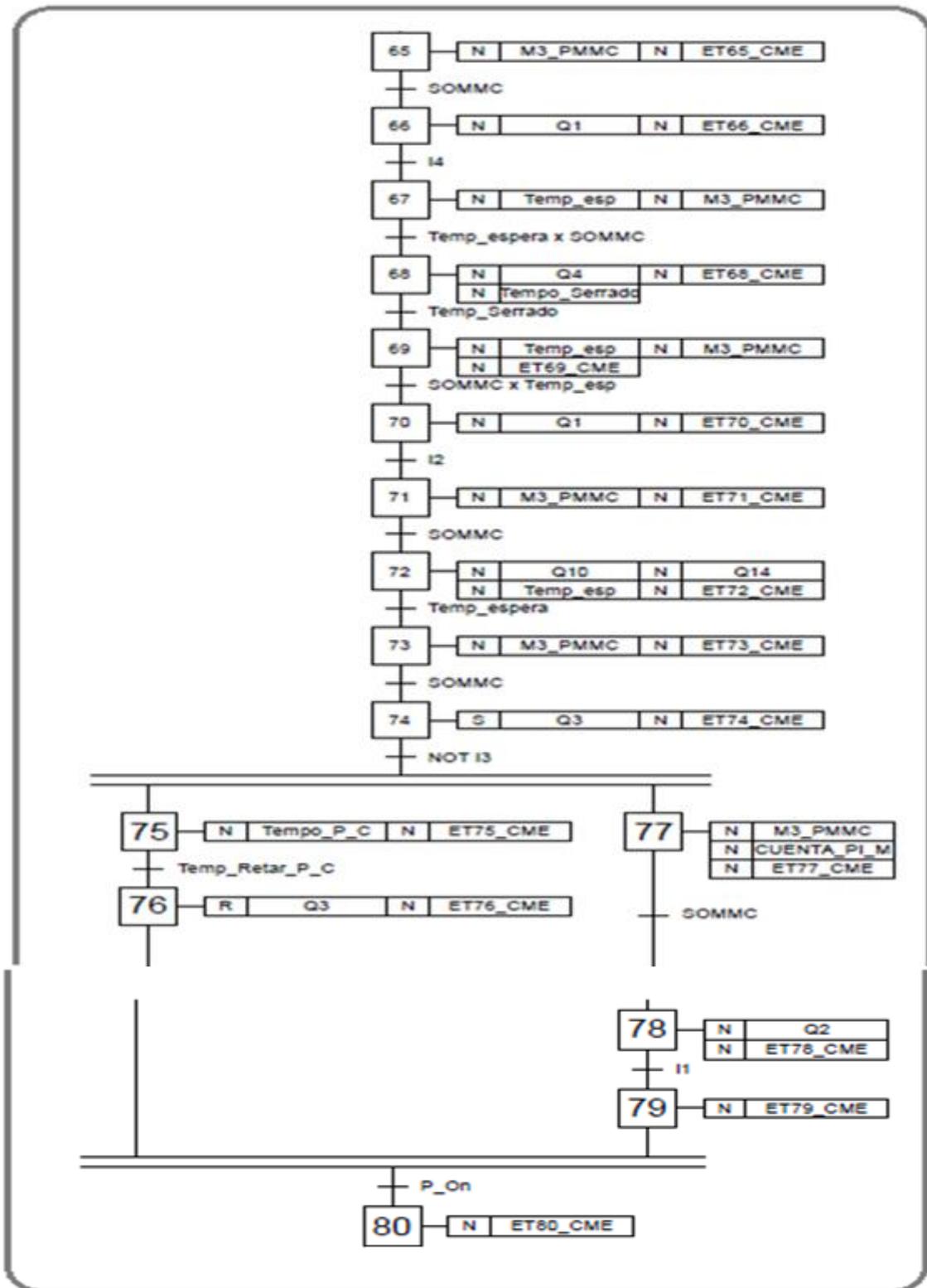


Imagen 26: Grafcet expansión macroetapa "Proceso manual mesa/cinta".

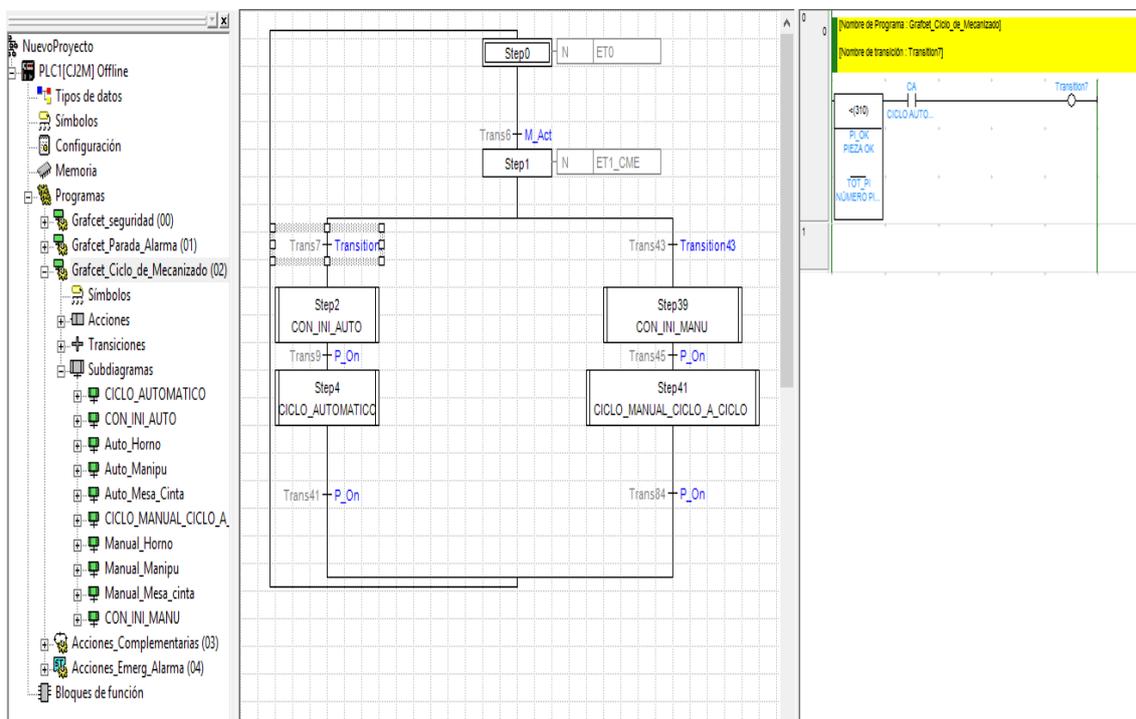
### 3.7. PROGRAMACIÓN SOBRE EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Una vez diseñados todos los graficets necesarios para llevar a cabo los trabajos de mecanizado, se procede a la utilización del software de programación sobre PLCs Omron, llamado CX-Programmer.

El mismo dispone de tres lenguajes de programación, tal y como se detalla en el punto 3.5, apartado "Lenguajes de programación.

En el proyecto se indica el modelo de PLC y módulos que se utilizan, mencionados en el apartado 5.2, se asigna la dirección IP, la cual se indica sobre la pegatina adjunta sobre el PLC y seguidamente se introducen los graficets mostrados en el punto anterior.

Una vez diseñados todos y cada uno de los graficets del sistema, el programa tendrá la siguiente forma.

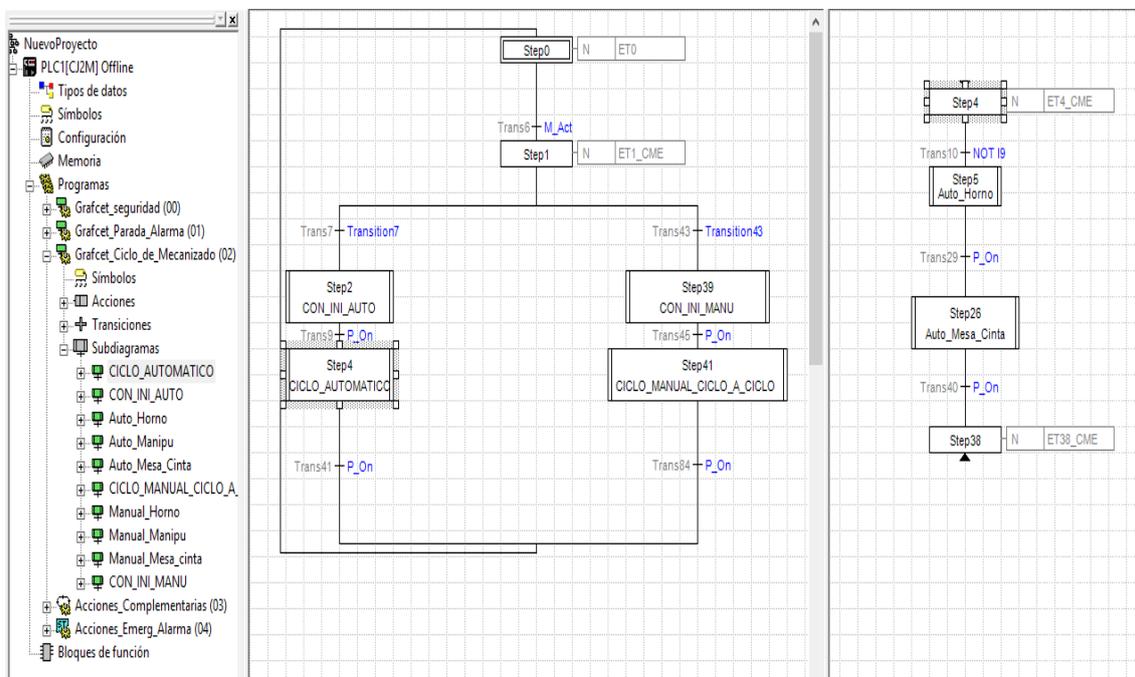


[Imagen 27: Pantalla principal CX-Programmer, despliegue transición con diagrama de relés.](#)

En la parte izquierda de la imagen se muestra el árbol del proyecto, donde en pasos anteriores se ha configurado el PLC, además se ven todos los graficets introducidos en la programación, cada uno con su tipo y número de tarea cíclica, es decir, el orden con que serán ejecutados de forma secuencial en orden ascendente.

En la parte central de la misma se encuentra la zona de programación, en este caso se ha desarrollado con lenguaje SFC. Ya que es directo de los graficets diseñados en el punto anterior. Por último, en la parte derecha, se muestra una de las transiciones programadas en diagrama de relés.

Como se puede observar, algunas de las acciones del graficet son macroetapas, al clicar sobre cada una de ellas en la pantalla principal, se mostrará a la derecha de la misma, el graficet parcial que conlleva la macroetapa, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



[Imagen 28: Pantalla principal, despliegue Macroetapas.](#)

El aspecto que tiene la programación con lenguaje ST se muestra en la siguiente imagen.

```
1 (* COMPRESOR Q10*)
2 IF ((E_ALA = 2) OR (E_EME=1)) AND ((E_CME >=6 OR (E_CME2>=13 AND E_CME2 <= 24)) OR (E_CME =31))(*CICLO AUTOMÁTICO*) OR (
3 Q10:= TRUE;
4 ELSE
5 Q10:= FALSE;
6 END_IF;
7 (* SUBIDA PUERTA HORNO Q13*)
8 IF ((E_ALA = 2) (*ALARMA*) OR (E_EME =1)) AND ((E_CME >=6 AND E_CME < 8 OR E_CME >=9 AND E_CME<11) (*CICLO AUTOMATICO*)) C
9 Q13:= TRUE;
10 ELSE
11 Q13:= FALSE;
12 END_IF;
13 (* SUBIDA PUERTA HORNO Q11*)
```

[Imagen 29: Programación lenguaje ST.](#)

Mediante este lenguaje se ha desarrollado la activación/desactivación de cada uno de los actuadores del sistema y la cuenta para identificar en que etapa se encuentran en cada momento.

Una vez introducido todo el código, antes de transferirlo al PLC, se hará una simulación con el mismo software, de esta forma se asegurará que todo funciona tal como se esperaba.

### 3.8. CREACIÓN SISTEMA SCADA.

De su acrónimo: **Supervisory Control And Data Acquisition**, es decir: supervisión, control y adquisición de datos, por medio de unos sinópticos representativos del sistema adecuados para cada caso.

Se usa este método de trabajo ya que resulta muy visual, todo el proceso de mecanizado será representado en diferentes pantallas sobre del PC o de una forma remota sobre el PC situado en cualquier parte del mundo. Además éste dispondrá de una retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo, como son: sensores y actuadores, por lo que responderá de forma automática, con unas

señales adecuadas hacia los actuadores, para corregir posibles desviaciones de funcionamiento que pudiesen producirse, así como de informar del proceso de fabricación para realizar una gestión e intervención sobre la misma.

Para poder llevar a cabo el procedimiento de construcción de las pantallas necesarias, se utilizará la herramienta de programación CX-Supervisor de Omron. En primer lugar se configurará el PLC, al igual que en el punto anterior "Programación con CX-Programmer.

En segundo lugar, se definirán los puntos que se utilizarán, algunos de ellos importados desde el propio CX-Programmer y otros creados de nuevo. En la siguiente imagen se muestran todos ellos.

Editor de puntos

Import

Punto	Tipo	Tipo de E/S	Dirección	Descripción
CA	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.8]	CICLO AUTOMÁTICO
CMC	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.9]	CICLO MANUAL CICLO A CICLO
E	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.0]	EMERGENCIA
I11	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.4]	FC mesa en manipulador
I12	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.5]	FC mesa en cinta
I13	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.6]	FC pieza final cinta
I14	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.7]	FC mesa en sierra
I15	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.0]	FC manipulador en mesa
I16	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.10]	FC alimentador horno dentro
I17	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.1]	FC alimentador horno fuera
I18	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.11]	FC manipulador en horno
I19	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[0.2]	FC pieza en alimentador
M	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.3]	Marcha
M1_PMH	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[5.4]	
M2_PMM	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[5.5]	
M3_PMMC	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[5.6]	
P	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.2]	Parada
Q1	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.0]	Giro mesa horario
Q10	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.9]	Compresor
Q11	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.10]	Succión ventosa
Q12	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.11]	Manipulador abajo
Q13	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.12]	Puerta horno arriba
Q14	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.13]	Empujador mesa
Q15	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.14]	Luz horno
Q2	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.1]	Giro mesa antihorario
Q3	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.2]	Avance cinta
Q4	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.3]	Movimiento sierra
Q5	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.4]	Alimentador horno adentro
Q6	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.5]	Alimentador horno afuera
Q7	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.6]	Manipulador hacia horno
Q8	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.7]	Manipulador hacia mesa giratoria
Q9	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[1.8]	Señales entrada del proceso
REAR	Booleano	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[3.1]	REARME SEGURIDAD

Imagen 30: Símbolos importados desde CX-Programmer.

Punto	Tipo	Tipo de E/S	Dirección	Descripción
E_CME	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[12]	ETAPAS CICLO DE MECANIZADO
E_CME2	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[13]	ETAPAS CICLO DE MECANIZADO DIVERGENCIA EN "0"
E_EME	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[11]	ETAPAS EMERGENCIA
M_Act	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[7.0]	Marca marcha
P_Act	Booleano	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[8.0]	Marca paro
PI_NOK	Entero	PLC E/S	PLC_Maqueta_Multi[D1...	PIEZAS DEFECTUOSAS = NÚMERO DE DESACTIVACIONES EMERGENCIA
PI_OK	Entero	PLC E/S	PLC_Maqueta_Multi[D1...	PIEZAS PROCESADAS CORRECTAMENTE
Tempo_Coc	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[T4]	Temporizador cocción
Tempo_P_Cinta	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[T2]	Temporizador paro cinta
Tempo_Serra	Entero	PLC Entrada	PLC_Maqueta_Multi[T3]	Temporización proceso de serrado
Tiem_Coc	Entero	PLC E/S	PLC_Maqueta_Multi[D1...	Temporización Cocción
Tiem_P_Cinta	Entero	PLC E/S	PLC_Maqueta_Multi[D1...	Temporización retardo paro cinta
Tiem_Serra	Entero	PLC E/S	PLC_Maqueta_Multi[D1...	Temporización Serrado
TOT_PI	Entero	PLC Salida	PLC_Maqueta_Multi[D1...	Número total de piezas a procesar

Imagen 31: Símbolos creados desde CX-Supervisor.

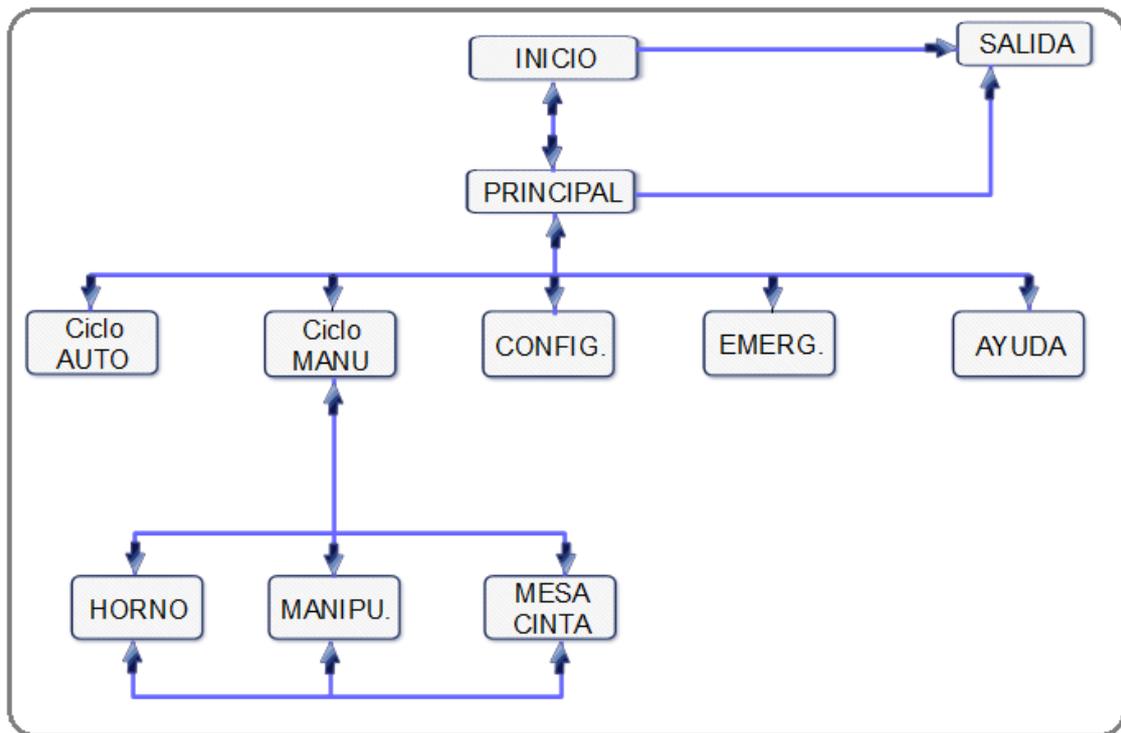
Los símbolos de color rojo son tipo Salida, ya que estos serán activados/desactivados desde el propio SCADA, el mismo escribirá el valor de los puntos en el PLC y como éste no hará ninguna modificación sobre los puntos, solo los leerá. Tipo BOOL, solo podrán tener dos valores posibles, 0 ó 1. Por ejemplo, los casos de "M\_Act" y "P\_Act", los dos son de tipo BOOL, ya que representan las marcas que se activarán al pulsar sobre la marcha o el paro.

El punto llamado "TOT\_PI" es de tipo entero, ya que se corresponde con la cuenta de piezas a procesar.

Color verde, tipo Entrada porque provienen de sensores externos, solo serán leídos por la aplicación SCADA para asignarles un valor dentro del mismo; tipo BOOL. Los llamados "E\_CME", "E\_CME2" y "E\_EME" son de tipo entero debido a que representan las cuentas de etapas del ciclo de mecanizado, el SCADA leerá el valor de ellos y los escribirá en la propia variable.

Por último, color amarillo tipo Entrada/Salida, ya que estos pueden ser tanto leídos como escritos por el PLC o por el SCADA. Los símbolos de este color llamados "Tiemp\_" pertenecen a temporizadores, los mismos se han preestablecido con unos valores iniciales por lo que el SCADA los leerá y escribirá sobre la propia variable del CX-Supervisor o bien se podrá modificar el valor de éstos mediante la aplicación SCADA desde la pantalla de nuestro PC y se reescribirán sobre el PLC.

A continuación se muestra el diagrama de evolución que podrán tener las diferentes pantallas SCADA creadas.



[Imagen 32: Navegación entre pantallas SCADA.](#)

La primera de las pantallas llamada "INICIO" tendrá una forma como la que se muestra en la imagen siguiente.



[Imagen 33: Sinóptico pantalla "INICIO" SCADA.](#)

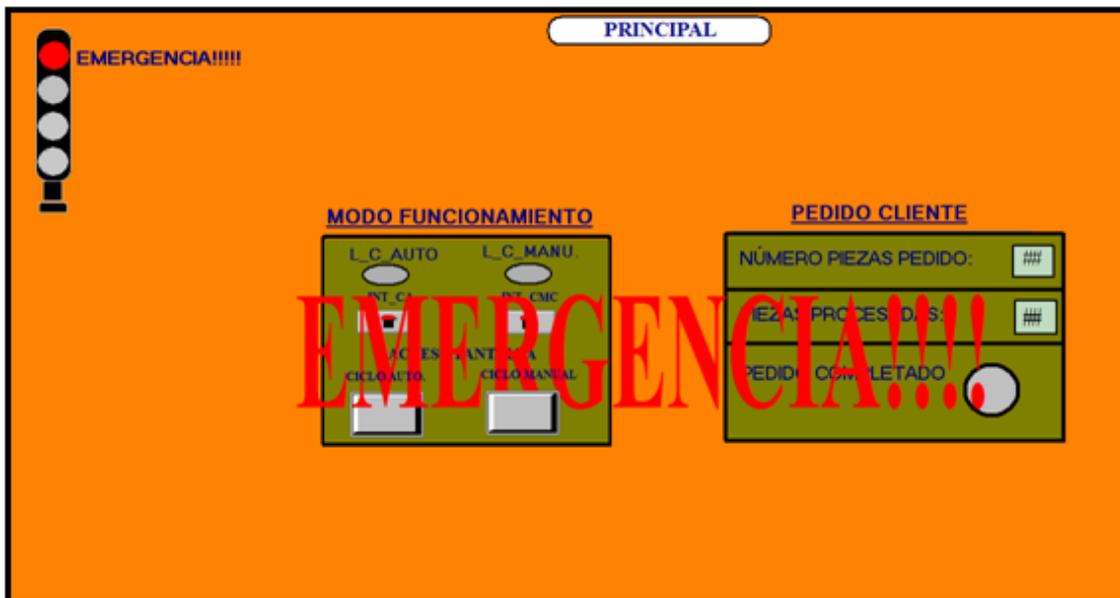
Como se puede apreciar se dispone de un panel que contiene una llave, además de dos botones en la parte posterior, uno con el nombre "Iniciar sesión" y justo al lado, otro con el nombre "Cerrar sesión". Al clicar sobre el primero de ellos se mostrará un teclado alfanumérico, donde se introduce el nombre de usuario y contraseña. Una vez introducidos y si son correctos, saldrá indicado el nombre del usuario justo debajo de los botones mencionados. En este momento, si se clica sobre la propia llave, se accede a la pantalla "Principal"

Esta pantalla está compuesta por los siguientes elementos: en la esquina superior izquierda se encuentra una baliza luminosa, tal y como muestra la imagen, formada por cuatro indicadores luminosos que cambiarán de color según el estado en que se encuentre. En situación de emergencia, desactivación de (E), el primer indicador luminoso, mostrará la señal tal y como se aprecia en la imagen.



[Imagen 34: Baliza luminosa indicadora de estados.](#)

Para este estado, habrán dos indicaciones más sobre cada una de las pantallas del sistema, como son: el fondo de cada una se volverá de color naranja y saldrá una indicación de "EMERGENCIA!!!" en la parte central de las mismas. De esta forma se evitará el acceso tanto al panel "Modo Funcionamiento", como a "Pedido Cliente" se detallarán más adelante dentro de este punto.



[Imagen 35: Indicaciones estado de Emergencia, Sinóptico "Pantalla Principal".](#)

El segundo indicador de la baliza, será para informar sobre una situación de alarma, es decir, se ha pulsado el Paro (P). En este

caso, el color del mismo será naranja y lucirá de forma intermitente, además se mostrará en la parte derecha de la palabra "Alarma!!!". El tercer indicador luminoso informará que se ha dado a la marcha del sistema, pulso sobre (M), por lo que el ciclo de trabajo empezará a desarrollarse. Para este estado la luz del indicador será verde claro y lucirá de forma fija, además se mostrará la palabra "Marcha". Por último, el cuarto indicador se iluminará cuando el sistema se encuentre en las condiciones iniciales. Este estado será de color cian, de forma fija y además aparecerá a su derecha, la palabra "**Condiciones Iniciales**".

En la parte central de la pantalla se disponen dos paneles de trabajo, uno llamado "**Modo Funcionamiento**" en el que se introduce el número de piezas a procesar, a la vez indicará en cada momento, cuantas piezas han sido procesadas. Al completar el pedido se informará mediante un indicador luminoso de color cian que se ha completado. Y otro panel donde se elige el modo de funcionamiento de procesado, automático o manual.

Una vez elegido, se accede a la propia pantalla del modo de funcionamiento en concreto, pulsando sobre el botón que se encuentra justo debajo del botón con las iniciales del modo de funcionamiento "**INT\_CA**" o "**INT\_CMC**". De esta forma se tiene control sobre el proceso de mecanizado, el cual se detalla más adelante. Además de estos paneles, se dispone de otro situado en la parte derecha de la pantalla, con las siguientes opciones: un botón llamado "**EXIT**" que cierra la aplicación SCADA, al lado el botón con signo de interrogación, que conduce a la ayuda que guiará sobre el proceso a seguir en la propia pantalla, de esta forma poder llevar a cabo cualquier proceso de mecanizado.

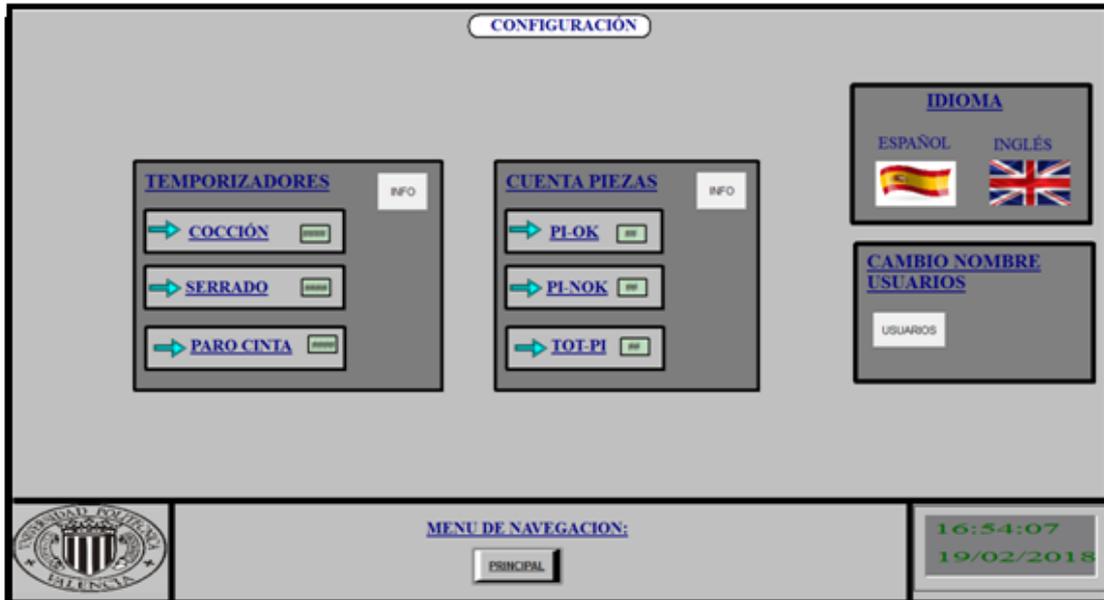
Debajo de estas dos opciones, el botón con el símbolo de una seta de emergencia, permite acceder a la pantalla desde la cual se controla el sistema en este estado.

Dentro de este panel, el botón con el símbolo de una rueda dentada, da acceso a la pantalla de configuración de la aplicación SCADA siempre y cuando se inicie sesión como usuario autorizado, al igual que en el caso anterior del acceso a la pantalla "Principal".

Desde la misma se podrá modificar el valor de los temporizadores, pulsando sobre las almohadillas que se disponen justo al lado de los nombres de cada temporizador, se mostrará un panel numérico donde se introducirá el valor del mismo, siempre dentro de un intervalo fijado previamente. Esta información se encuentra detallada al pulsar sobre el botón "INFO" que dispone el mismo panel.

Otra de las modificaciones que se permite realizar desde esta pantalla es inicializar las cuentas de piezas, tanto de piezas procesadas correctamente, incorrectamente, así como el número de piezas a procesar. La información relacionada con este panel, se encuentra disponible al pulsar sobre el botón "INFO" del mismo.

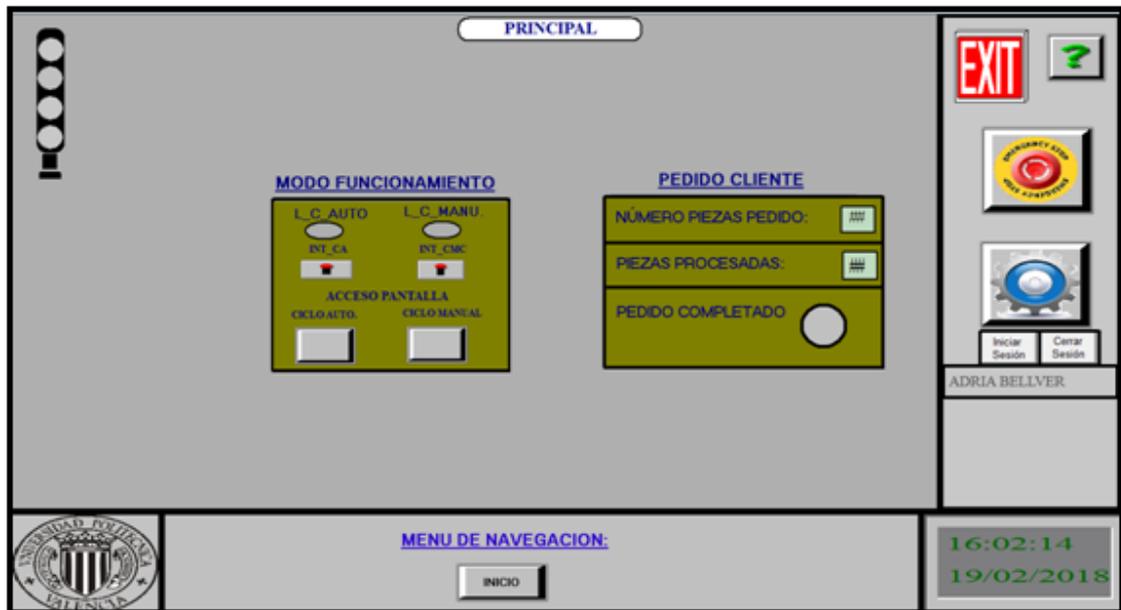
Modificación del idioma del sistema SCADA, disponible en dos idiomas: Inglés y Español. Por último, se puede cambiar el nombre de usuario para acceder a las diferentes pantallas del sistema, así como crear nuevos usuarios.



[Imagen 36: Sinóptico pantalla "Configuración" SCADA.](#)

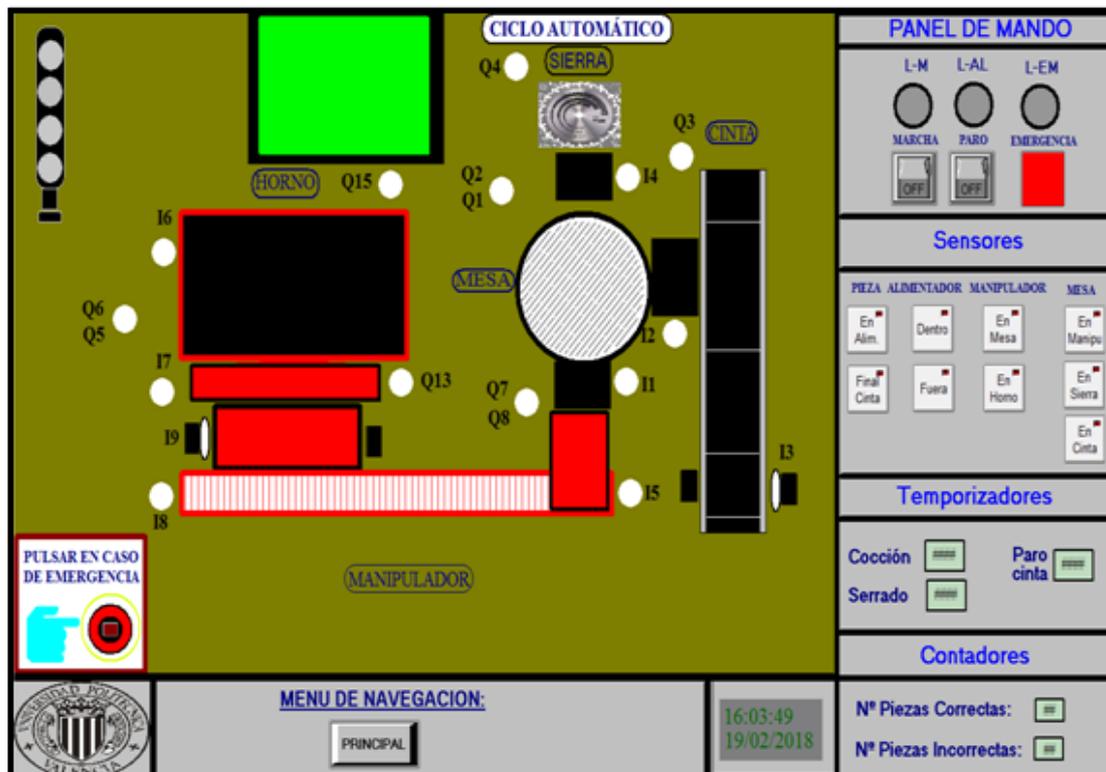
En la "Pantalla Principal" también se dispone de un pulsador para cerrar la sesión iniciada con anterioridad.

Recordar que existe un "Menú de navegación", desde el cual se tiene acceso rápido a la pantalla "Inicio". Este retorno a la pantalla "Inicio" se ha realizado por el supuesto práctico de que si un supervisor de planta ha terminado su turno de trabajo y debe salir del sistema, para que posteriormente, si otro o el mismo supervisor quiere acceder al sistema, deba iniciar de nuevo sesión con su identificación. De esta forma se tiene control sobre quien ha accedido a la aplicación en cada momento.



[Imagen 37: Sinóptico pantalla "PRINCIPAL" SCADA.](#)

En el caso de elegir el modo de funcionamiento automático pulsando sobre el interruptor para este modo, llamado "INT\_CA", se accede a la pantalla del ciclo automático.

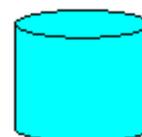


[Imagen 38: Sinóptico pantalla "CICLO AUTOMÁTICO" SCADA.](#)

En la parte central de la pantalla se muestra el proceso de la maqueta en su totalidad, ya que el proceso es automático, se realizará de principio a fin con solo seleccionar la marcha (M), si previamente se ha elegido el número de piezas a procesar. Con este sinóptico se mostrará una representación gráfica de cada actuador, sensor, así como las partes mecánicas del mismo.

Cada sensor dispone del símbolo del mismo además de un indicador luminoso en la parte inferior, el cual cambiará de color blanco a cian, es decir, de OFF-ON. Para el caso de los actuadores, los que estén accionados por medio de un motor eléctrico, llevarán un indicador luminoso que cambiará de color blanco a verde oscuro, según su estado, con la indicación del símbolo que le pertenece y por último, al activarse se hará visible el dibujo de un motor eléctrico al lado de cada uno de ellos. Para los demás actuadores, la indicación estará formada por un indicador luminoso que cambiará de color blanco a verde oscuro según estén a "OFF" o a "ON", a excepción de la luz del horno (Q15) que para el estado "ON" será amarilla.

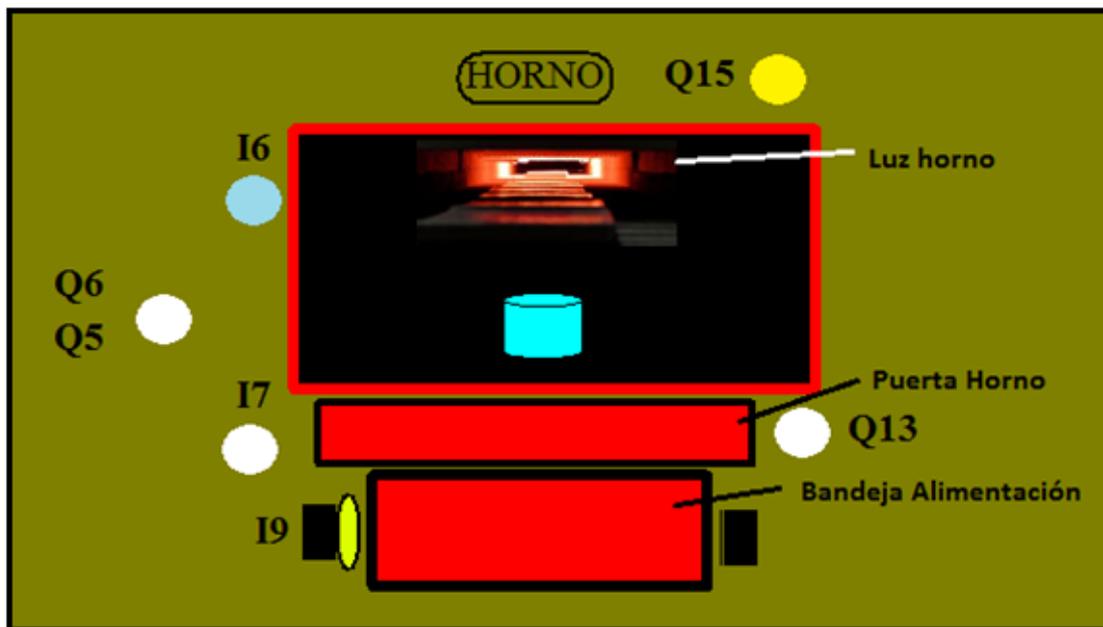
Para simular que la pieza a mecanizar pasa por todo el proceso, la misma se mostrará en cada uno de los puntos por los que pase, mediante el siguiente gráfico.



[Imagen 39: Símbolo pieza a procesar.](#)

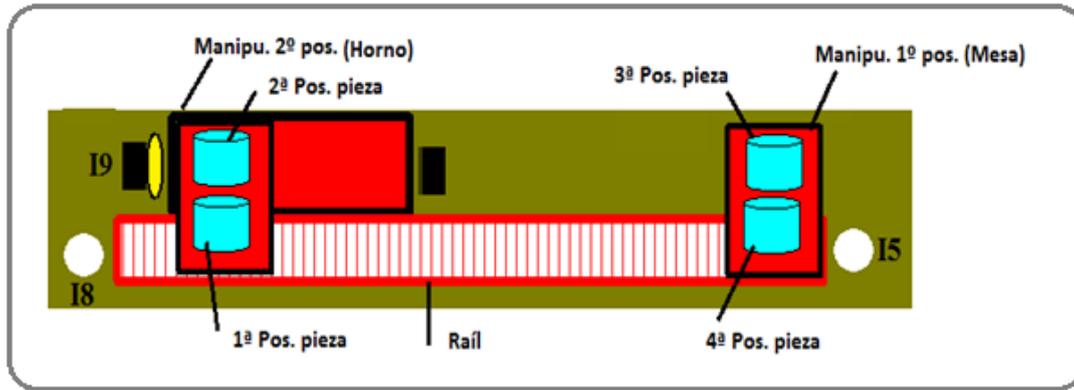
Para representar el proceso del horno, compuesto por: bandeja de alimentación, puerta de acceso, horno y finalmente luz, se hará que cada uno de ellos sea visible/invisible en un momento dado del proceso de mecanizado. Para tener constancia que la bandeja de la alimentación del horno se está introduciendo en éste o saliendo, se hará invisible cuando los actuadores (Q5) y (Q6) estén activos, al

igual que para ver que la puerta del horno se encuentra subida, se hará invisible cuando el actuador (Q13) esté activo. Y finalmente, para ver que el proceso de cocción se está desarrollado, al activarse (Q15) se mostrará la imagen del interior de un horno industrial dentro de éste.



[Imagen 40: Sinóptico conjunto horno.](#)

En el caso del manipulador, constará del raíl por el que se desplazará y del propio manipulador, el cual permanecerá visible por un tiempo determinado en dos posiciones, primera en la mesa (I5) y la segunda en el horno (I8).



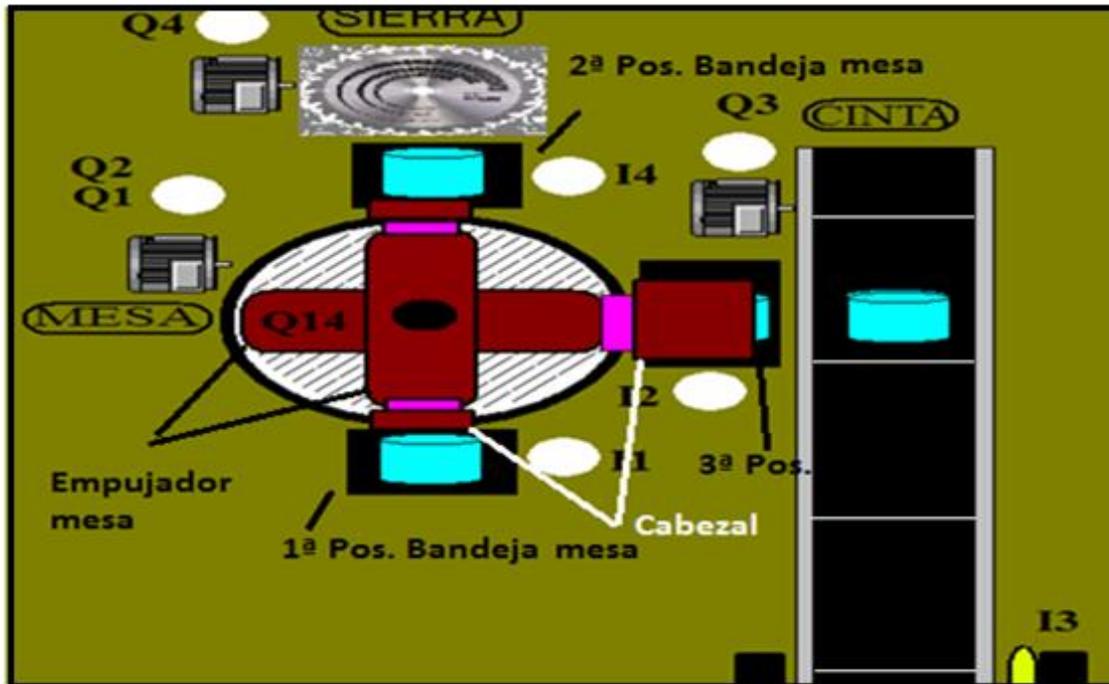
[Imagen 41: Sinóptico conjunto manipulador y raíl de desplazamiento.](#)

Como se observa, la pieza a mecanizar, se mostrará en cuatro posiciones sobre el manipulador, la 1ª posición cuando la pieza sea recogida por la ventosa (Q11), la 2ª posición el momento en el que el manipulador ha subido después de recoger la pieza (NOT Q12). La 3ª posición equivale al momento en que el manipulador ha llegado a la mesa y aun no ha bajado y por último, 4ª posición, el momento en que el manipulador ha bajado (Q12) para depositar la pieza en la mesa.

La representación del proceso mesa/cinta, está formada por el dibujo de una mesa redonda con el acoplamiento de una bandeja en tres posiciones, 1º posición (I1) manipulador, 2ª pos. (I4) sierra y 3ª pos. (I2) cinta. En cada una se mostrará la pieza a mecanizar a su tiempo.

Sobre la mesa se representará un empujador neumático que se acoplará a ésta. Aunque en la imagen se muestra en dos posiciones al interactuar el SCADA con la maqueta, sólo se verá un solo empujador para cada situación, además los cabezales se mostrarán en cada extremo del empujador para indicar en qué posición se encuentra éste. El cabezal de la posición de la cinta (I2) tendrá dos tamaños, el más estrecho pertenecerá al momento en el que la mesa se sitúa delante de la cinta y el cabezal más largo, se mostrará

cuando además de estar (I2) activo, se active el empujador (Q14). Por último, se muestra la cinta de transporte con la pieza al principio de ésta y al paso por el sensor final de cinta (I3).



[Imagen 42: Sinóptico proceso mesa/cinta.](#)

Volviendo a la pantalla "Ciclo\_Auto", en la parte derecha de la misma se dispone de un panel llamado "Panel de mando", en él se sitúan todos los indicadores de estado, así como sus interruptores/pulsadores que llevan a las situaciones que a continuación se describen. Para ello se dispone de un indicador luminoso para cada estado. En el caso de activar la marcha (M) estará el indicador "L-M" y el luminoso será verde. En el caso del paro (Alarma) (P), "L-AL" el luminoso lucirá naranja intermitente y por último, en el caso de desactivar la emergencia (E), "L\_EM", el luminoso lucirá rojo.

Debajo de cada indicador luminoso se encuentra el interruptor/pulsador que avanza hacia uno de los estados. Debajo de

éstos se dispone de unos indicadores luminosos para cada uno de los sensores del sistema, que cambiarán de color rojo granate a verde claro según si el sensor esta activo o inactivo.



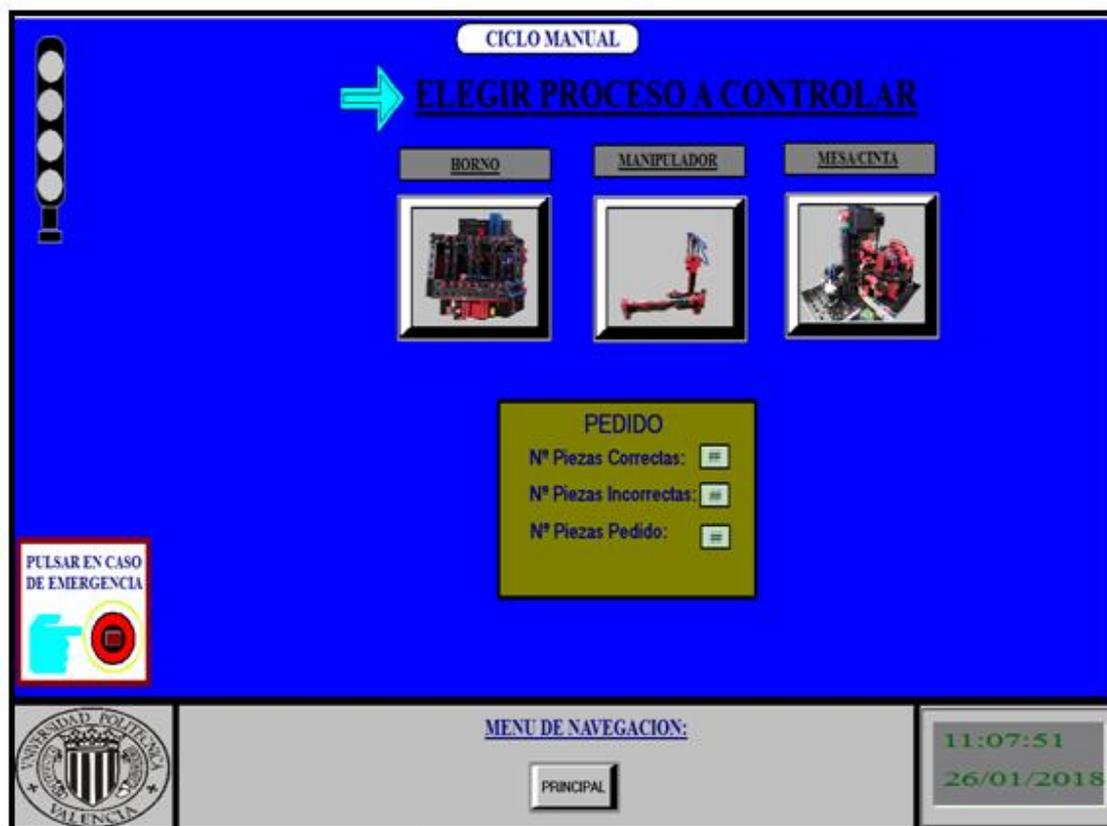
[Imagen 43: Sinóptico "Panel de mando", pantalla "CICLO AUTO".](#)

Por último, en el mismo panel se encuentran otros indicadores, que muestran el tiempo restante para que finalice cada temporizador relevante de los procesos del sistema y en parte inferior del panel,

unos indicadores mostrarán las piezas procesadas correctamente y las defectuosas.

Para finalizar la descripción de la pantalla actual, en la parte inferior, debajo del sinóptico principal, se encuentra el **"Menú de navegación"** que da acceso rápido a la "Pantalla Principal". A la derecha de este menú, se indica la hora y la fecha actual y a la parte izquierda, el logo de la empresa.

Si por el contrario, desde la página principal se elige el modo de funcionamiento manual, se accede a la pantalla **"CICLO\_MANUAL"**, dispone de una baliza luminosa en la parte izquierda superior, la cual indicará en qué situación se encuentra. La diferencia entre esta página y la del ciclo Automático es que en la parte central, tres pulsadores dan acceso a cada uno de los tres procesos en que se divide el ciclo de mecanizado, para acceder individualmente a cada uno de ellos.



[Imagen 44: Sinóptico pantalla "CICLO MANUAL".](#)

Seleccionando el primer proceso, "Horno", se accede a la pantalla de la imagen 45, compuesta por los siguientes elementos:

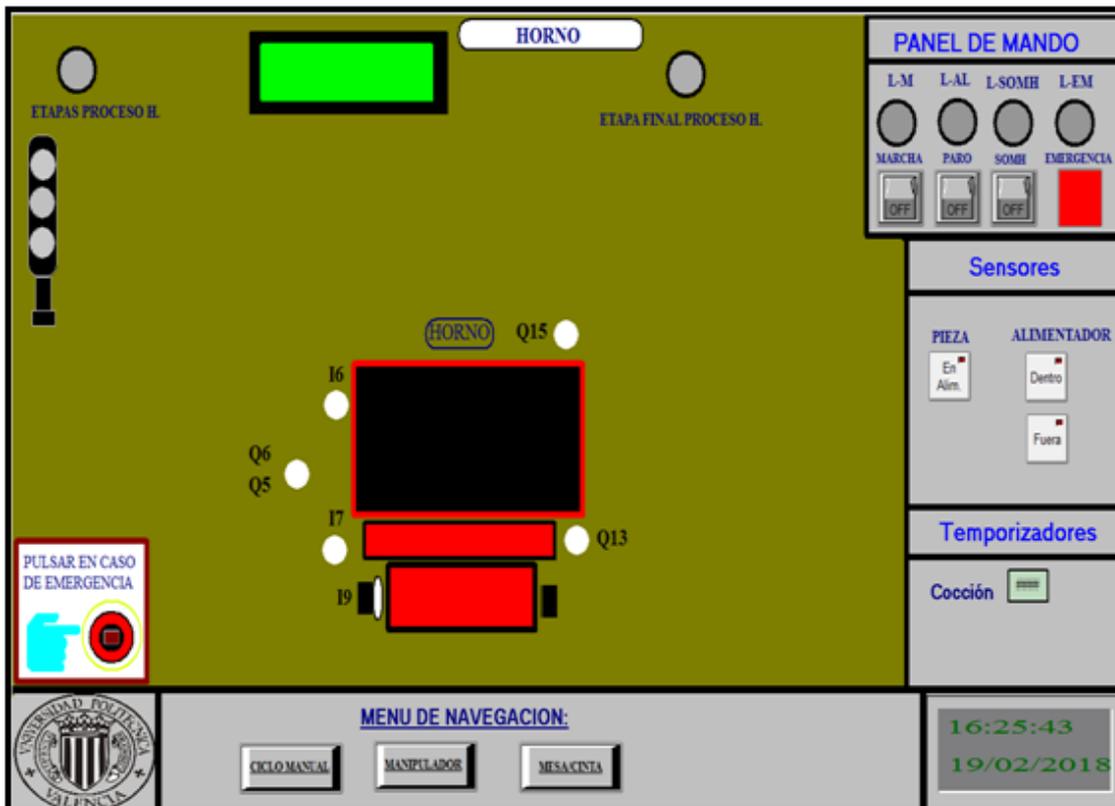
En la parte superior izquierda, aparece un indicador luminoso, informará, que muestra que se está ejecutando, llamado "Etapas proceso H". Un panel indicará que actuadores se encuentran activos en cada momento, dentro de este proceso específico. En esta ocasión, al igual que en las anteriores pantallas, existe una baliza luminosa, aunque esta vez solo contendrá tres indicadores: Emergencia, paro (Alarma) y marcha.

En la parte central de la pantalla se encuentra el sinóptico principal, compuesto por la representación del horno con sus componentes: puerta de acceso, bandeja de alimentación y puerta, los cuales serán

visibles/invisibles en su momento de actuación. Representación detallada en la **"Imagen: Conjunto horno"**.

En este caso, el **"Panel de mando"** que se sitúa en la parte derecha de la misma, es similar al de la página **"CICLO AUTO"** excepto que en la parte superior dispone de un pulsador más, en este caso **"SOMH"**, el cual permitirá avanzar en el proceso del horno. Sobre éste se sitúa un indicador luminoso llamado **"L-SOMH"** el cual mostrará mediante una luz cian cuando se debe dar la orden manual de avance. Para ello, el indicador llevará asociada la marca **"M1\_PMH"**, la misma que se utiliza en la programación con CX-Programmer para detectar el momento de dar la orden. En cuanto a los indicadores de sensores, se dispone de los que intervendrán en este proceso, como es la pieza en alimentador y alimentador, dentro y fuera.

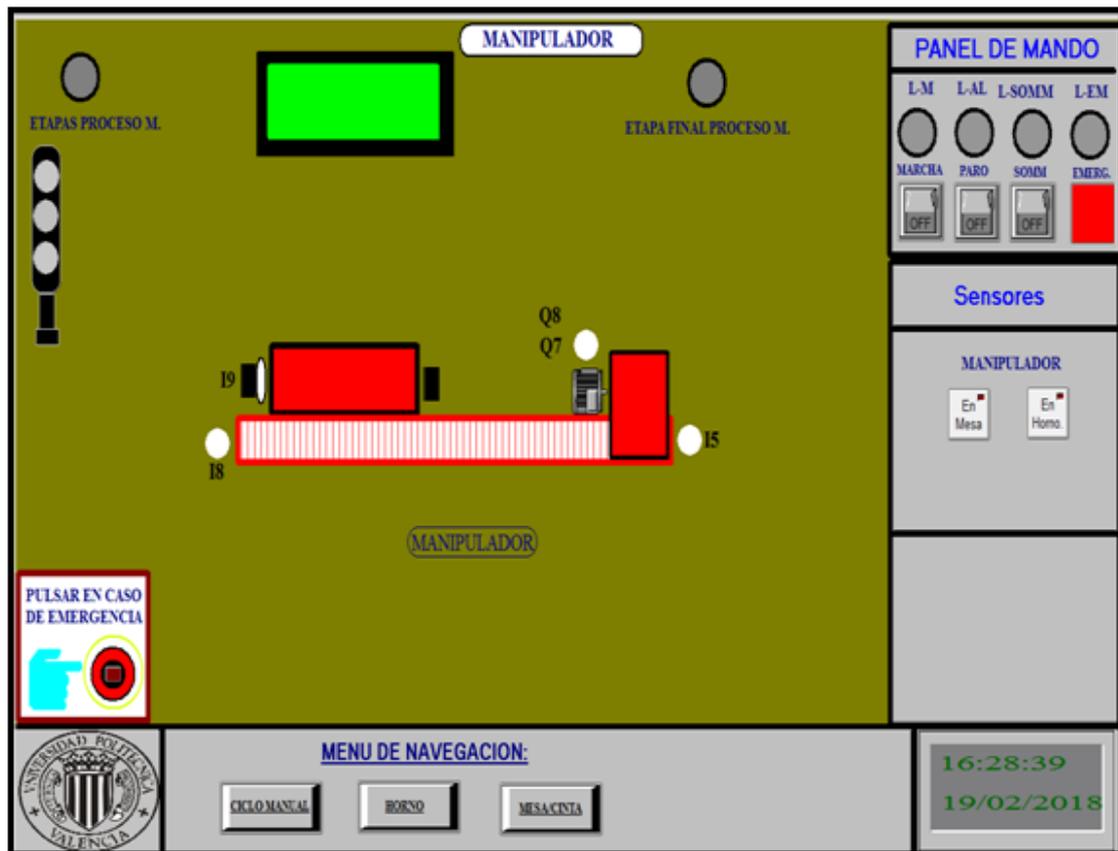
En temporizadores, sólo mostrará el tiempo del proceso de cocción.



[Imagen 45: Sinóptico pantalla proceso "HORNO".](#)

Como se puede ver, el menú de navegación, tanto de este proceso como el de los demás procesos manuales, dispondrán del acceso al ciclo manual así como a los procesos restantes.

Si se accede a la pantalla del proceso "MANIPULADOR", el sinóptico principal de esta pantalla está compuesto por el manipulador con su raíl de conducción, la diferencia con la pantalla del proceso horno, está en el "Panel de mando". En este caso, se dispone del pulsador de orden de marcha manual "SOMM" con su indicador luminoso llamado "L\_SOMM", de color cian con la activación de la marca "M2\_PMM". En los indicadores de sensores, solo se mostrarán el del manipulador en las dos posiciones que éste adoptará. El resto será igual al caso anterior.



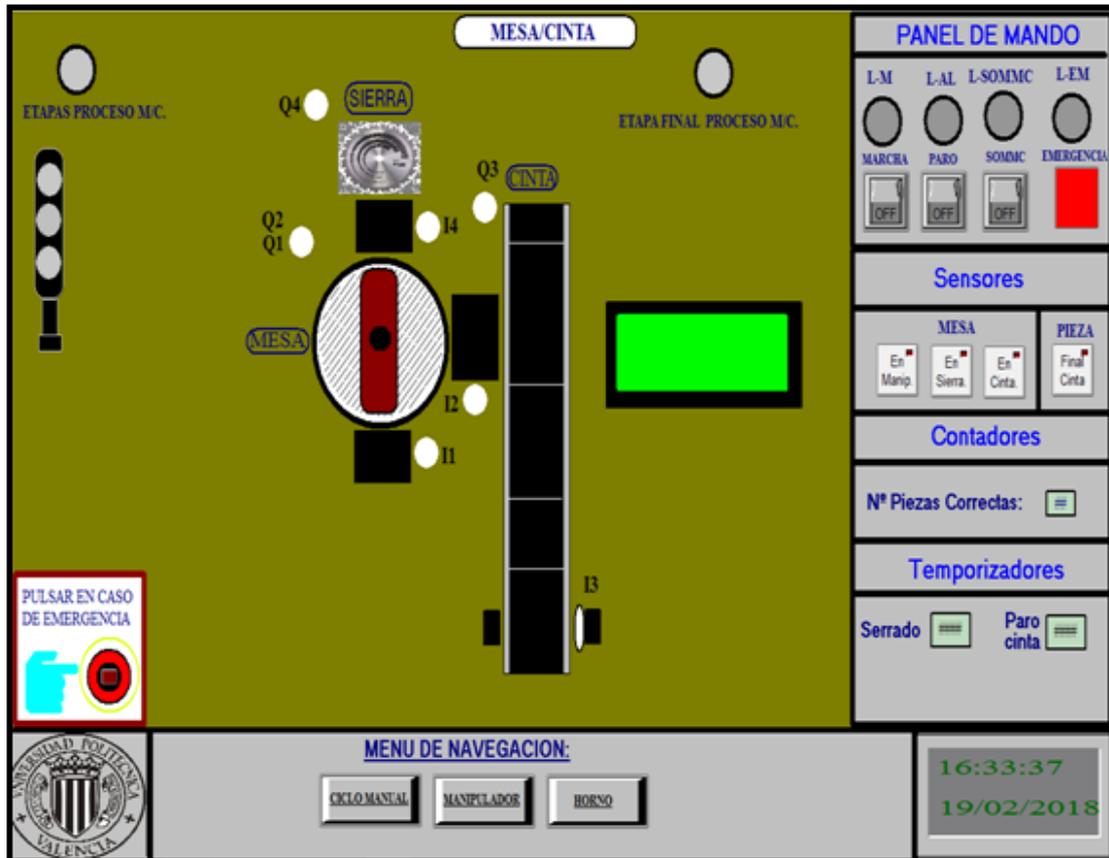
[Imagen 46: Sinóptico pantalla proceso "MANIPULADOR".](#)

Para el proceso "Mesa/Cinta", el sinóptico principal estará compuesto por una mesa de mecanizado y una cinta de transporte, en el que se mostrarán ambos con su evolución, detallada en el proceso "Grafset Proceso mesa/cinta", punto 3.6.

La diferencia de esta pantalla respecto a los demás procesos manuales, está en que el panel de mando contendrá el pulsador para dar la orden manual llamada "SOMMC", el indicador luminoso de la orden de marcha manual llamada "L\_SOMMC", que será activado mediante la marca "M3\_PMMC".

En los indicadores de sensores, se mostrarán los que informan de la posición de la mesa y la pieza al final de la cinta. En cuanto a

indicadores de temporizadores, se mostrará el tiempo de serrado y retardo paro cinta, además constará de la indicación del contador de piezas procesadas correctamente.

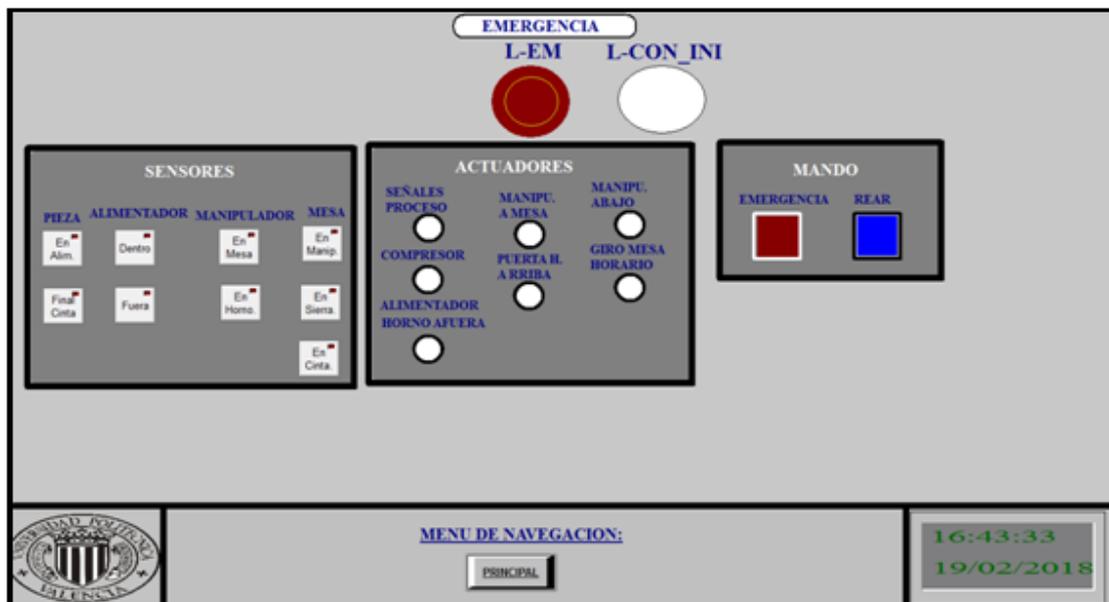


[Imagen 47: Sinóptico pantalla proceso "MESA/CINTA".](#)

Volviendo a la pantalla principal, en cuanto al estado de emergencia, se dispone de una pantalla, llamada con el mismo nombre, donde se hará un control más riguroso de dicha situación. Por ello, existe un panel donde se muestran todos los "Sensores" existentes en la maqueta. Mediante indicadores luminosos, una luz granate para estado inactivo y una verde claro para activo, se podrá ver en que parte del proceso se ha producido la emergencia. Un panel mostrará los "Actuadores" que intervendrán en el estado de emergencia para volver al estado inicial del ciclo de mecanizado, es decir, mesa en

manipulador (I1), manipulador en mesa (I5) y alimentador horno fuera (I7).

El "Panel Mando", dispone de la seta de emergencia y el botón de rearme (REAR), que permite evolucionar el estado de emergencia dentro de la seguridad. Por último, en la parte superior de la pantalla, se dispone de dos indicadores luminosos, el indicador "L\_EM", informa qué está en la situación de emergencia, por lo que lucirá de color rojo claro, cuando desaparezca esta situación, cambiará a color granate. El segundo indicador llamado "L-CON\_INI" será el encargado de avisar cuando se cumplen las condiciones iniciales del ciclo de mecanizado, se iluminará de color cian.



[Imagen 48: Sinóptico pantalla "Emergencia" situación de normalidad, sistema SCADA.](#)

Como muestra la imagen, en situación de emergencia, la pantalla se volverá de color naranja.



[Imagen 49: Sinóptico pantalla "Emergencia" situación de emergencia, sistema SCADA.](#)

Una vez desarrollado todo el sistema SCADA con CX-Supervisor, para trabajar junto al PLC, se cargará el programa sobre el PLC y se creará un ejecutable en el escritorio para poder ejecutarlo en el momento que sea necesario.

### 3.9. CREACIÓN INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA CON PANTALLA TÁCTIL.

De la definición de sus siglas: HMI (Interfaz Hombre-Máquina), entendiendo Interfaz, como: dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un dispositivo en señales comprensibles por otro, HMI es el interfaz entre el proceso y los operarios.

Es un panel de instrumentos que utilizará el operario para interactuar sobre el sistema automatizado.

Mediante esta herramienta, tanto los operarios como los supervisores de línea podrán controlar y coordinar los procesos industriales llevados a cabo en la planta industrial en la que estén operando. En este caso servirá para controlar el proceso de la maqueta: Multiestación de procesamiento con horno de cocción, desde una pantalla táctil.

La pantalla utilizada es la informada en el punto 3.5 del fabricante Omron.

Igual que en el punto anterior "**Sistema SCADA**", para gobernar los procesos sobre la maqueta, es necesario crear ciertas pantallas representativas para cada modo de funcionamiento y proceso a mecanizar. No se mostrará la imagen de la navegación entre las diferentes pantallas, ya que es idéntico al sistema SCADA.

Para realizar el diseño del interface HMI, se ha usado el software de programación "**NB-Designer**" de Omron, se configurará la conexión entre la pantalla HMI y el PLC, de forma separada.

Es imprescindible introducir para la pantalla táctil HMI, la dirección IP, número de puerto e ID Nodo correctamente, de no ser así, se perderá la comunicación entre ambos.

En cuanto a la configuración del PLC se indicará su dirección IP e ID Nodo.

A continuación se detallan todas las pantallas creadas con el software indicado.

Al encender aparecerá la pantalla de "**Inicio**". Ésta muestra un panel que ocupa la parte central, la misma dispone de un botón rectangular con el símbolo de una llave. En la parte superior se encuentra un recuadro con el título "Contraseña", en el mismo se introducirá el valor numérico perteneciente al usuario que quiera acceder a la aplicación. Al lado de éste, se encuentra otro recuadro, llamado

“Nivel de seguridad”, al introducir la contraseña correctamente se indicará el nivel correspondiente, en este caso nivel 1.



[Imagen 50: Sinóptico pantalla “Inicio” HMI.](#)

Al pulsar sobre la llave, conducirá a la “Pantalla principal”.

Recordar que en la pantalla “Inicio” se dispone de un panel de acceso rápido en el que mediante un botón se accede a la pantalla donde se puede modificar el idioma de la aplicación, español o inglés. Además de un botón con el símbolo de un interrogante, que mostrará la ayuda sobre esta pantalla.

La pantalla principal está organizada de la siguiente forma:

En la parte superior, a la izquierda, el logo de la empresa cliente, en la parte central, el nombre de la pantalla y en la esquina derecha la hora y fecha.

En la parte central, se encuentra el sinóptico principal, constituido por dos paneles. El primer panel, situado a la izquierda, servirá para realizar el pedido del cliente, en él se introducirá el número de piezas a realizar, siempre dentro de un rango establecido en la programación. Debajo de éste se irán mostrando las piezas realizadas

correctamente y debajo de éstas, las piezas defectuosas que se van produciendo, es decir, las veces que se ha desactivado la seta de emergencia.

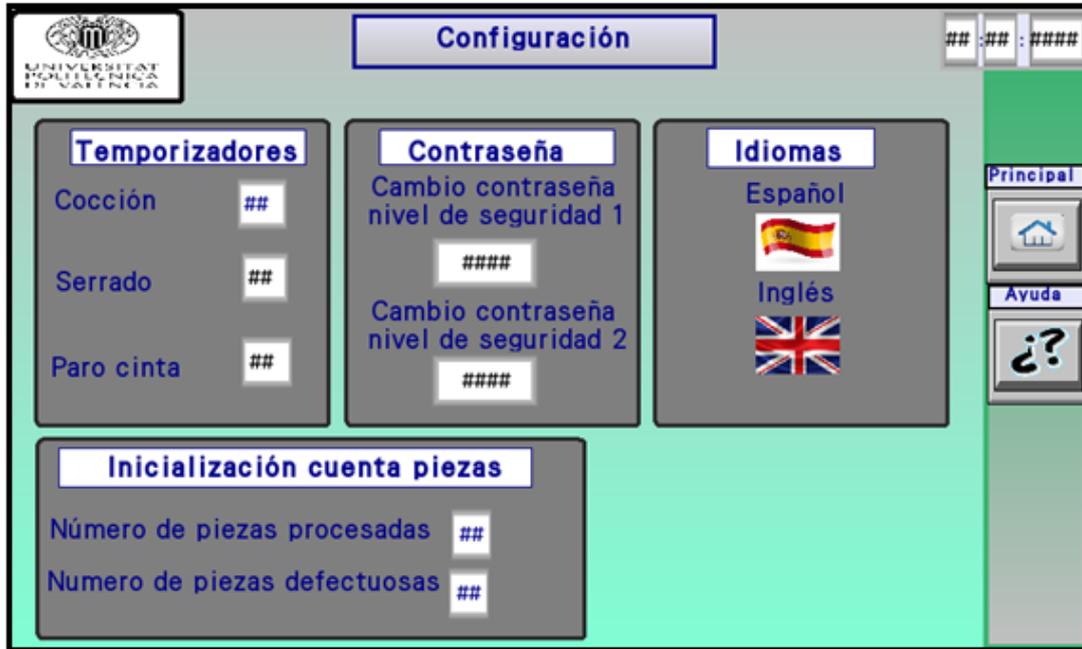
El segundo panel del sinóptico, llamado "Selector", dispone de dos botones que darán la opción de elegir la forma de trabajar, ya sea Manual "CMC" o Automático "CA". Pulsando sobre cualquiera de los dos y posteriormente, pulsando sobre los botones que se dispone debajo de cada interruptor mencionado, se accede a la pantalla del modo de funcionamiento elegido. Más adelante se detallarán cada una de estas pantallas.



[Imagen 51: Sinóptico pantalla "Principal" HMI.](#)

En la parte derecha existe un panel de navegación rápida, con accesos directos a las siguientes pantallas:

1ª) Configuración "Config", con un nivel de seguridad 2, el cual se accederá a través de la introducción de una contraseña diferente a la introducida anteriormente (tener diferentes niveles de seguridad permite restringir el acceso a diferentes pantallas, según el nivel jerárquico en la empresa).



[Imagen 52: Sinóptico pantalla "Configuración" HMI.](#)

La pantalla de configuración consta de cuatro paneles. En el primero de ellos, llamado "Temporizadores" se ve el indicador de cada uno de los temporizadores del proceso, como es el caso de: "Cocción", "Serado" y "Paro cinta". Al lado de cada indicador se dispone de un panel rectangular con dos almohadillas, al pulsar sobre éstas, posibilita modificar los tiempos de los temporizadores mediante un teclado numérico.

El segundo panel llamado "Contraseña", es utilizado para poder modificar las contraseñas de acceso para las diferentes pantallas, según el nivel de seguridad.

El tercer panel llamado "Idiomas" tiene la misión de modificar el idioma de todos los textos introducidos en las diferentes pantallas, español e inglés. Clicando sobre cada una de las banderas, se modificarán los textos. Y el cuarto panel mostrará tanto el número de piezas procesadas correctamente como las defectuosas. Clicando sobre el recuadro de su derecha, se puede modificar el valor de éstas cuentas.

En la pantalla principal, los accesos en el panel de la derecha son: "Ayuda", en el cual estarán detalladas todas las funciones de los elementos que componen la propia pantalla.

"Emergencia", desde la cual se accede a la pantalla de este mismo estado.



[Imagen 53: Sinóptico pantalla "Emergencia" HMI.](#)

En la parte central habrá cuatro paneles: "Panel de mando", donde se verá la seta de emergencia "Emerg" y el rearme "REAR", ambos ayudarán a evolucionar en este estado del sistema. Éstos tienen en la parte superior unos indicadores luminosos que advertirán de la situación en la que se encuentra. En el caso del indicador de la seta de emergencia llamado "L-Emerg" lucirá con color granate cuando esté activa y de color rojo claro para el momento que se encuentre desactivada, es decir, en situación de emergencia, además sonará una alarma durante unos segundos. Para el caso del indicador luminoso del pulsador de rearme, llamado "L-REAR" indicará mediante una luz de color cian que se ha estado en una situación de

emergencia, una vez fuera de esta situación y la seta de emergencia esté otra vez activada, se debe pulsar al rearme para iniciar el ciclo desde el principio.

**"Sensores"**, mostrará los tres sensores que indicarán que el sistema se encuentra en las condiciones iniciales del proceso de mecanizado, por lo que al estar los tres activados, es decir: mesa en manipulador (I1), manipulador en mesa (I5) y alimentador horno fuera (I7), se iluminará con color cian un indicador luminoso con este mismo nombre **"Condiciones Iniciales"** justo debajo de los indicadores de los propios sensores. En este punto, se debe volver a la pantalla principal.

Por último, el panel **"Actuadores"**, mostrará mediante unos indicadores luminosos que pasarán de color verde oscuro a verde claro según el estado del actuador al que hacen referencia. Estos actuadores corresponden a los que se necesitan para llevar el sistema de mecanizado al estado inicial, es decir, si al desactivar la seta de emergencia, el alimentador del horno se encuentra dentro, éste saldrá automáticamente, ya que la puerta se mantiene abierta para esta situación. Si el manipulador no se encuentra en la mesa (I5), el mismo regresará a esta posición. Si se da el caso que el manipulador ya ha estado en el horno y ha recogido la pieza mediante la ventosa de succión, la pieza no se caerá de la misma, ya que para esta situación, tanto el compresor como la succión de la ventosa se mantienen activados. Si la mesa no se encuentra en la posición del manipulador, el mismo girará en sentido anti-horario hasta esta posición.

El último panel **"Ciclo manual sin orden"** dispone de un botón que conducirá a la pantalla donde se podrá activar cada uno de los actuadores del sistema sin orden de ejecución. Por ello la pantalla

dispone de un panel donde en la parte superior se encuentra un indicador luminoso por cada actuador, con la etiqueta "L\_SimboloActuador", el cual pasará de color verde oscuro a verde claro, al pasar de Off a On. Debajo de estos indicadores, se encuentran los pulsadores/ interruptores que harán que se active cada actuador de forma individual, de una forma segura. Estos a la vez disponen de una etiqueta con el nombre "SQNúmero\_actuador". Para que todos estos actuadores puedan ser activados de forma individual sin orden, la condición será estar en la etapa 2 del graficet de emergencia, es decir, la seta de emergencia se encuentra desactivada.



[Imagen 54: Sinóptico pantalla "Ciclo manual sin orden" HMI.](#)

El último acceso de la "Pantalla Principal" permite salir de la pantalla actual y volver a la pantalla de "Inicio". El propósito de este acceso es que si finaliza la jornada



[Imagen 55: Icono salida pantalla actual HMI.](#)

laboral o el proceso a mecanizar y posteriormente, otra o la misma persona quiere acceder a la aplicación, volverá a empezar el ciclo de

mecanizado, y se deberá introducir la clave de acceso al sistema HMI, así el acceso al mismo será siempre por una persona autorizada.

En el caso de elegir modo de funcionamiento "**Automático**", después de haber accionado el botón, con nombre "**CA**", dirigirá a la pantalla propiamente dicha. Ésta tiene tres paneles uno situado en la parte derecha superior, llamado "**Panel de mando**", en él se dispone de los pulsadores, interruptores de mando y sus respectivos indicadores luminosos que informará del estado, ya sea: en servicio "**L-Servi.**", al pulsar sobre la marcha (M), este lucirá con un color verde claro.

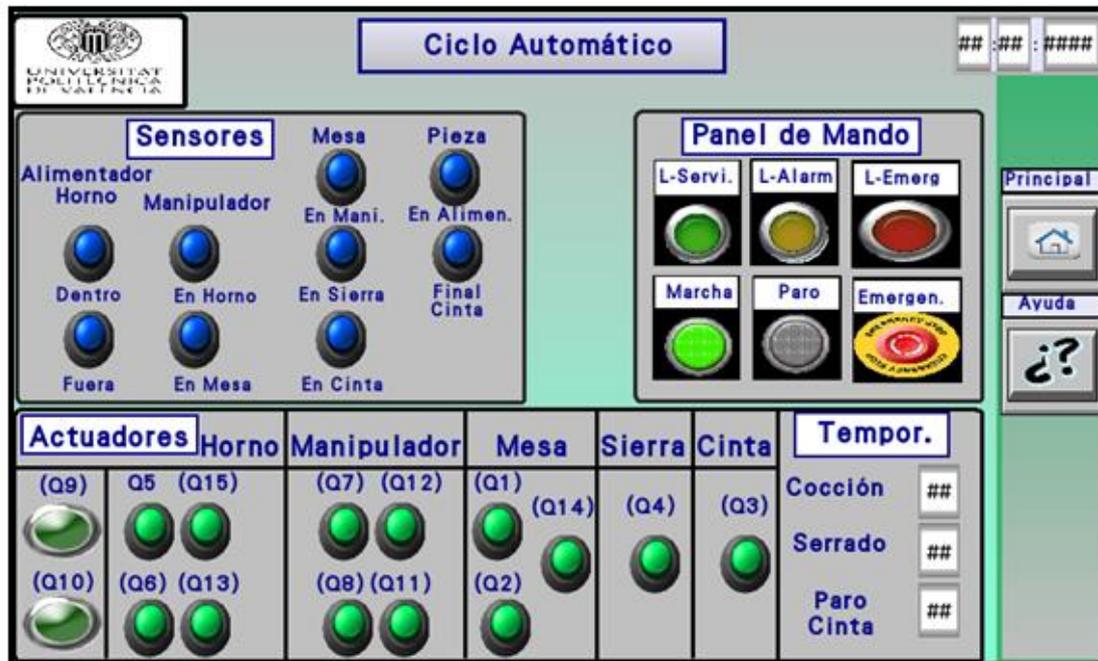
"**L-Alarm**", sobre el paro (P), la luz será naranja parpadeante, además en este estado se emitirá una señal acústica para advertir de tal situación y por último, "**L-Emerg**" de color rojo claro, además de la señal acústica, para la situación de emergencia que se producirá al desactivar la misma.

A la izquierda de este panel, se encuentra el panel llamado "**Sensores**", albergan todos los que están involucrados en el proceso realizado en la maqueta. Unos indicadores luminosos cambiarán de color según el estado cada sensor. Para sensor inactivo color azul y para sensor activo color cian.

En la parte inferior a los dos paneles descritos estará "**Actuadores**". Unos indicadores luminosos de color verde, representan a los actuadores involucrados en el proceso. Estos indicadores luminosos cambiarán de color según se encuentre activo o no cada uno de los actuadores. Para actuador inactivo la luz será verde oscuro, mientras que para actuador activo, la luz será verde claro. En la parte derecha de este último panel se muestran los temporizadores, en este caso están los tres temporizadores más relevantes del proceso: cocción, serrado y paro cinta.

A la derecha del sinóptico principal se encuentra el panel de acceso rápido a las diferentes pantallas, con acceso a la página principal y a

la ayuda de esta página, en la cual se recordará la identificación de cada sensor, así como actuadores y temporizadores, además se explicará el funcionamiento del panel de mando.



[Imagen 56: Sinóptico pantalla "Ciclo Automático" HMI.](#)

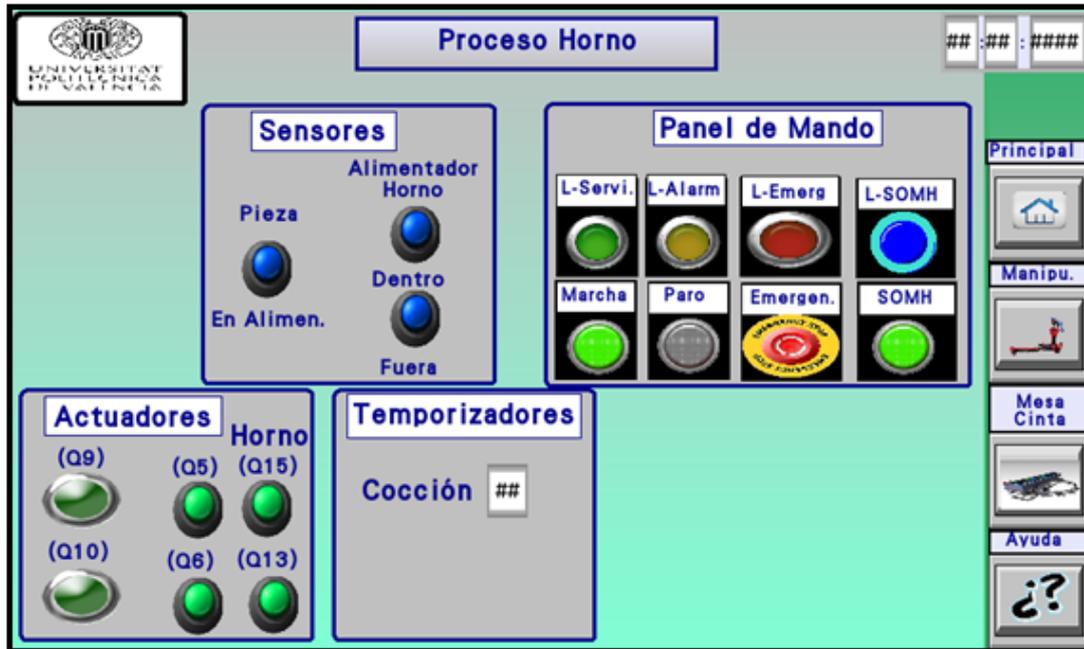
En el caso de elegir el modo de funcionamiento "Manual", después de haber accionado el botón, con nombre "CMC", se accederá a una nueva pantalla donde se controlará el ciclo de mecanizado, de forma individual sobre cada uno de los tres procesos que se compone el ciclo de mecanizado.



[Imagen 57: Sinóptico pantalla "Ciclo Manual" HMI.](#)

Por ello, en el sinóptico principal se encuentra un panel con tres botones de acceso rápido a cada uno de los tres procesos correspondientes al ciclo de mecanizado. Un pulsador conducirá al proceso del horno, justo al lado de éste, uno para el acceso al manipulador y otro para el acceso al proceso mesa/cinta. Éstos permiten acceder por separado a los diferentes procesos ya que en este modo de funcionamiento se necesita dar la orden de marcha manual en cada acción para que se pueda llevar a cabo.

Para cada una de las tres pantallas que representan los diferentes procesos, se dispone de los mismos cuatro paneles al igual que en el caso del ciclo Automático pero en este caso se dispondrá de los sensores, actuadores y temporizadores que se vean involucrados en cada proceso.



[Imagen 58: Sinóptico pantalla "Proceso manual Horno" HMI.](#)

En cada proceso, el "Panel de mando" llevará añadido con respecto al panel del ciclo automático (botón marcha/paro y seta emergencia, con sus respectivos indicadores luminosos), un indicador luminoso que indicará cuando se debe dar la orden de marcha manual para que se ejecuten las acciones pertinentes. El pulsador de orden de marcha se encuentra justo debajo del indicador luminoso.

En la parte derecha de la pantalla, se dispone de acceso rápido a los dos procesos restantes, así como a la página principal y ayuda de la propia pantalla.



Imagen 59: Sinóptico pantalla "Proceso manual manipulador" HMI.

En este caso no existe panel donde se muestran los temporizadores, ya que ninguna acción conlleva temporización.



Imagen 60: Sinóptico pantalla "Proceso manual mesa/cinta" HMI.

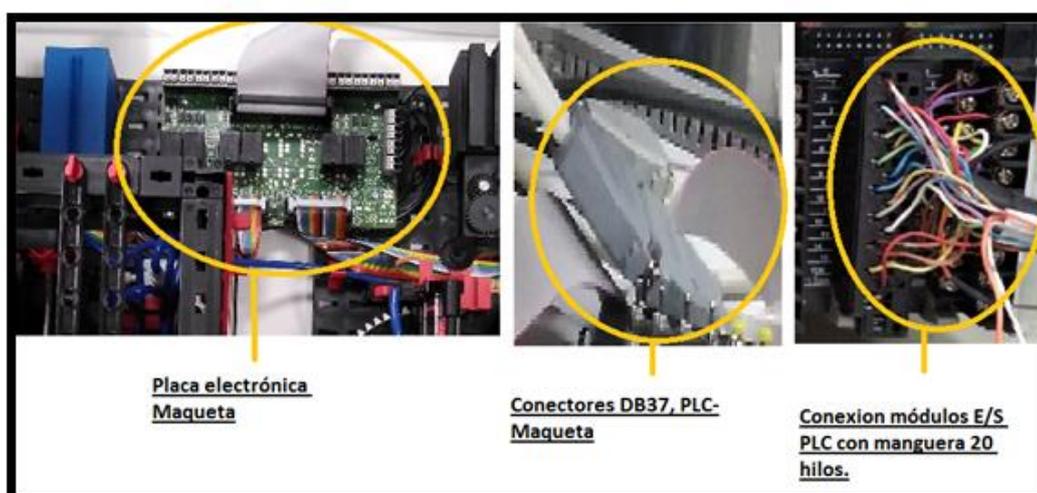
Con las pantallas mostradas, se podrán controlar todos los procesos de mecanizado llevados a cabo en la maqueta.

### 3.10. Comunicaciones.

En cuanto a las comunicaciones que deben existir entre los diferentes elementos empleados en el proyecto, para que se entrelacen entre sí se realizarán mediante las siguientes conexiones: PLC-Maqueta, PC-PLC, HMI-PC y HMI-PLC. Dichas conexiones se detallarán a continuación:

#### 3.10.1. Conexión PLC –Maqueta.

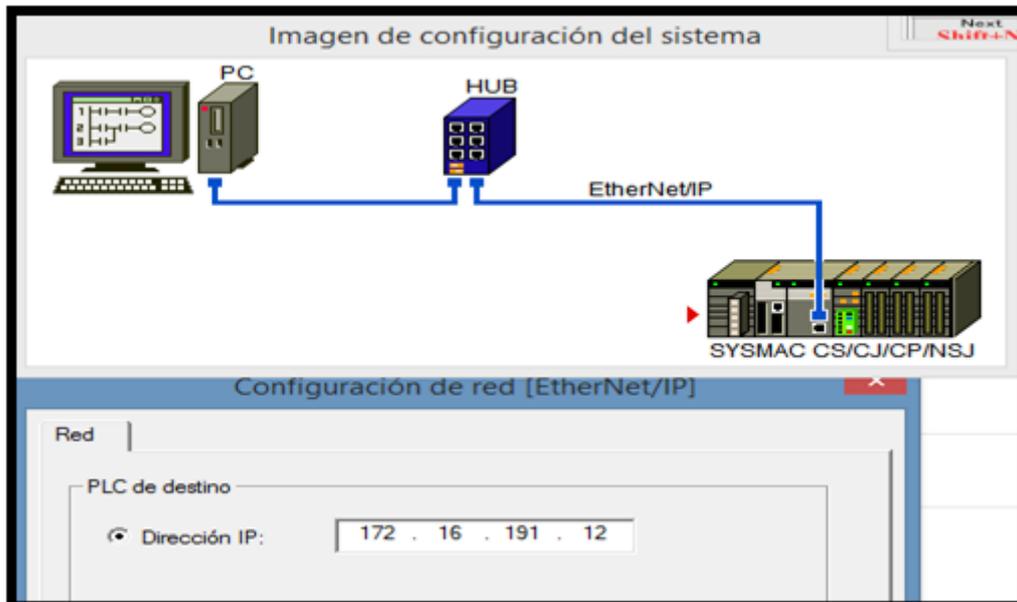
En esta primera conexión física existe un conector tipo DB37, el cual enlazará los módulos de entrada/salida digitales (ID211 y OC211) del PLC por medio de una manguera de 20 hilos de 0,22 mm con apantallamiento, con la placa electrónica de la maqueta, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



[Imagen 61: Conexión PLC-MAQUETA.](#)

### 3.10.2. Conexión PC-PLC.

La conexión física de estos dos elementos, se realizará por medio de una red Ethernet/IP con dirección IP, para el caso del PLC: 172.16.191.12.

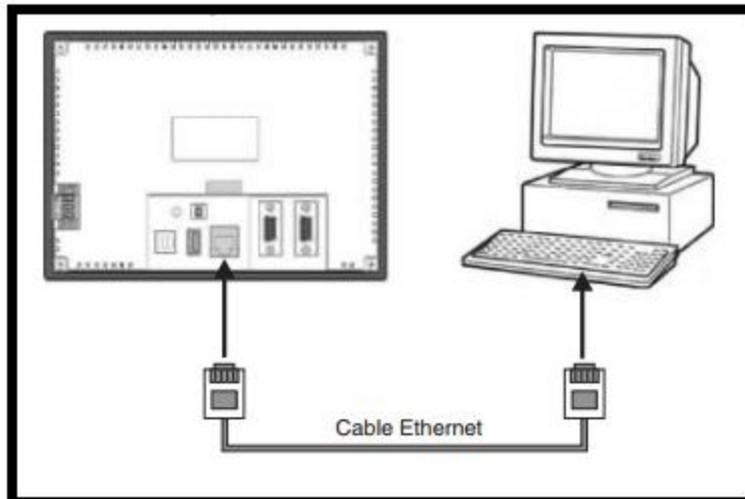


[Imagen 62: Conexión PC-PLC.](#)

Este número de IP identifica de manera tanto lógica como jerárquica, la interfaz en red del dispositivo, el cual utiliza el protocolo TCT/IP.

### 3.10.3. Conexión PC-HMI.

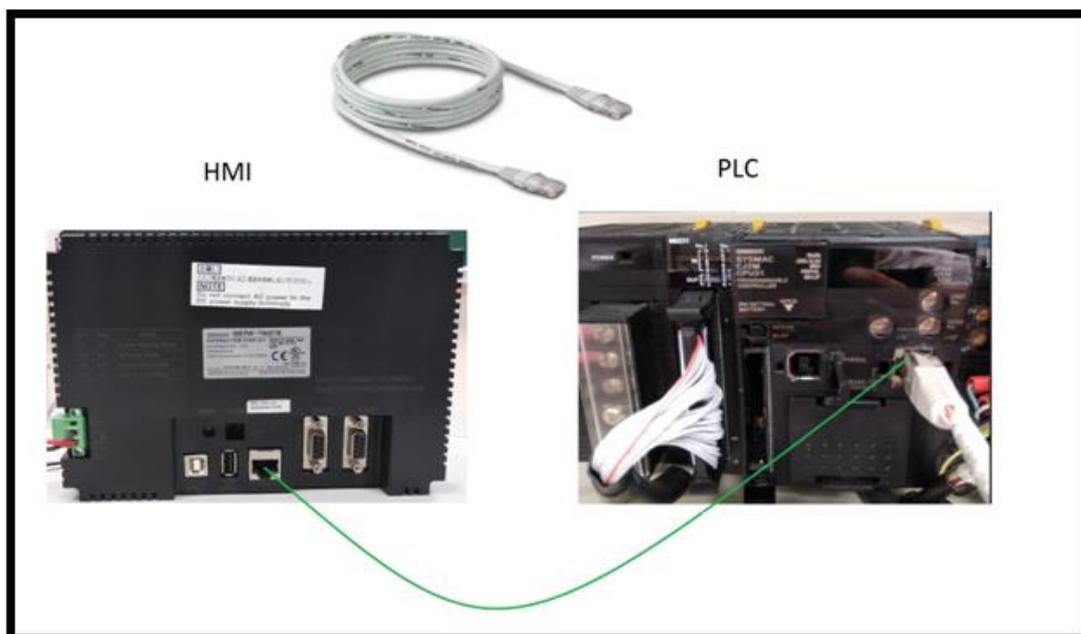
La forma de conectar estos dos elementos, será por medio de un cable "Ethernet" tal y como se muestra en la siguiente imagen.



[Imagen 63: Conexión PC-pantalla táctil mediante cable Ethernet.](#)

#### 3.10.4. Conexión HMI-PLC

La conexión entre estos dos elementos se realiza por medio de una red Ethernet/IP con dirección IP para el HMI: 172.16.191.54.



[Imagen 64: Conexión HMI-PLC.](#)

### 3.11. CONCLUSIONES

Después de desarrollar este proyecto, concluyo que la formación adquirida en los años de estudio universitario, me ha capacitado para desenvolverme con facilidad a la hora de plantear la automatización, el desarrollo de la programación y la elaboración de la documentación técnica, necesaria para llevar a cabo un proyecto lo más semejante a uno real.

Al añadir al proyecto una tecnología novedosa como es el sistema SCADA e interface HMI, he podido conocer las ventajas que éstas pueden aportar al sistema productivo en la industria actual.

Escogí realizar este proyecto por un especial interés por la automatización industrial, después de todo el trabajo realizado, quedo satisfecho y estoy convencido que es el futuro laboral al que quiero dedicarme.

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES.**

#### 4.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

**Definición pliego de condiciones:** documento contractual, de carácter exhaustivo y obligatorio en el cual se establecen las condiciones o cláusulas que se aceptan en un contrato de obras o servicios.

**Alcance pliego de condiciones:** Entre propietario y el ejecutor del proyecto, servicio o concesión administrativa.

#### 4.2. OBJETO DEL PLIEGO

En el siguiente pliego de condiciones se establecerán las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para así evitar posibles malinterpretaciones del mismo, tanto en la puesta en marcha como en la vida de utilización del mismo.

El proyecto llevado a cabo al final del grado universitario, desarrollado en este documento tiene el objetivo ya mencionado en el apartado **“OBJETIVO”** apartado (1).

En el caso de existir futuras ampliaciones del sistema automatizado, ya sea por incorporación de una nueva maqueta con diferentes funcionalidades, incorporación de nuevos PLC's o cualquier cambio de programación, toda la responsabilidad recaerá a partir de la primera modificación, sobre el técnico/ingeniero que lleve a cabo esta actualización, el cual debe poseer de capacidades necesarias para llevar a cabo estos trabajos.

#### 4.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El proyecto del sistema automatizado: multiestación de procesamiento con horno, del fabricante “Fischertechnik”, por medio de una maqueta, seguirá este procedimiento:

- Adquisición de la maqueta mencionada, PLC, pantalla táctil y PC de sobremesa, detallados en el **AnexoIII**, todos ellos por parte del laboratorio del departamento de ingeniería de sistemas y automática (DISA), UPV.
- Conexión del PLC a la maqueta según el método mencionado en el **apartado (3.10.1)**.
- Comprobación Entradas/Salidas maqueta por programación básica con CX-Programmer. Si existiese algún funcionamiento anómalo sobre alguna de las E/S de la maqueta, se seguirán las instrucciones mencionadas en el **AnexoIII**.
- Conexión de la pantalla táctil al PLC, según el método mencionado en el **apartado (3.10.2)**
- Realización de la programación del proceso a automatizar mediante los softwares del pack "CX-ONE", CX-Supervisor y NB-Designer, los mismos ya vienen instalados en el PC de sobremesa del laboratorio.
- Comprobación de los programas realizados con la simulación que permite realizar los mismos softwares.

#### 4.4. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

En primera instancia recordar que el proyecto debe cumplir con la normativa vigente sobre automatización industrial.

En segundo lugar, la instalación del sistema automatizado mencionado, será llevado a cabo por un técnico/ ingeniero con los conocimientos necesarios de programación e instalaciones eléctricas, para que ante un problema, ya sea de programación o de conexión entre los diferentes elementos de la instalación, sea capaz de encontrar una solución.

#### 4.5. GARANTIAS/REQUISITOS MATERIAL CONSTITUTIVOS INSTALACIÓN.

Los materiales utilizados en el proyecto son de carácter normalizado, es decir, poseen unas reglas, directrices o normas, las cuales se encargan de especificar, unificar y simplificar las características de cada elemento.

Por lo que para sustituir alguna de las piezas, ya sea de la maqueta, PLC o pantalla táctil, serán del mismo fabricante.

Todos ellos son de fabricantes conocidos e importantes en el sector de la automatización industrial, por tanto, no será difícil adquirir piezas de recambio.

Para el PLC y pantalla táctil, la página web de contacto es la siguiente:

<https://industrial.omron.es/es/products>

En el caso de repuestos para la maqueta, la página web de contacto es la siguiente:

<http://ro-botica.com/inicio/>.

Para asegurar que dispongan de las mismas características y compatibilidad con la programación de éstos. Si no existiera alguna pieza de este fabricante y fuera necesario cambiarla por otra de diferentes características, se modificarán los programas desarrollados inicialmente, para que se adapten a las nuevas características y se realice un funcionamiento correcto de la maqueta.

La multiestación de procesamiento con horno no requiere, en general, ningún mantenimiento. En el caso de algún fallo de funcionamiento de la misma, se seguirán las recomendaciones del **AnexoIII**.

En el caso de utilizarse materiales no expuestos en la lista de materiales del proyecto, **apartado 3.5**, el director del proyecto no tendrá ninguna responsabilidad del mal funcionamiento o incompatibilidad de la programación.

Así mismo la utilización de la maqueta no conlleva ningún peligro para la persona que lleve a cabo la puesta en marcha, reajustes o utilización de la misma, ya que no posee ningún elemento cortante, peligro de aplastamiento o electrocución por contacto directo/indirecto con alguno de las partes eléctricas del mismo, ya que trabaja a una tensión de 24V.

Los requisitos mínimos para el PC, el cual debe llevar la ejecución del sistema SCADA por medio del software "**CX-Supervisor**" se muestran en el **apartado (3.5)** y el PC de sobremesa que se usa, tiene las características mencionadas en el mismo apartado.

Por lo que se puede garantizar que la ejecución del proyecto se realizará de una forma correcta, ya que el PC utilizado cumple con los requisitos, tanto de software como de hardware.

#### **4.6. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA**

Para la realización de este proyecto se han tenido en cuenta la reglamentación y normas nombradas en el **apartado (3.3)**.

## 5.0. PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto se ha subdividido en varios elementos que componen el mismo y el precio total del mismo.

En cada sub-apartado del presupuesto se muestran los precios que nos costarían cada uno de los componentes del proyecto en el caso que se tuviese que adquirir en un proyecto real, ya que en este, se han usado tanto los softwares de programación como componentes eléctricos electrónicos, que dispone el propio laboratorio del departamento de ingeniería de sistemas y automática de la UPV

### 5.1. HARDWARE.

En cuanto al hardware que se emplean para este proyecto, está compuesto de los siguientes elementos con sus respectivos precios de mercado:

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/Ud PVP (€)
Maqueta	Multiestación de procesamiento 24V (Fischertechnik)	1	765
PLC	CPU31 CJ2M (OMRON)	1	840.83
PLC	Fuente de alimentación CJ1W-PA202 (OMRON)	1	147.87
PLC	Módulo E/S analógicas CJ1W-MAD42 (OMRON)	1	749.55
PLC	Módulo de 16 entradas TON CJ1W-ID211 (OMRON)	1	158.51
PLC	Módulo de 16 salidas TON CJ1W-OC211 (OMRON)	1	158.51
HMI	Pantalla táctil NB7W-TW01B	1	903.52
ORDENADOR PERSONAL	Ordenador de sobremesa completo (LG)	1	620.17

<b>PRECIO TOTAL HARDWARE (€):</b>	<b>4343.96</b>
-----------------------------------	----------------

## 5.2. SOFTWARE.

Al igual que en el apartado anterior del presupuesto, se mostrarán los precios de los software utilizados para desarrollar la programación del sistema automatizado llevado a cabo sobre la maqueta. Teniendo en cuenta que para este proyecto se han utilizado los que dispone el laboratorio de licencia gratuita para uso estudiantil.

En cuanto al software: CX-Supervisor, se usará la versión 2.1 para uso educativo, por eso motivo será gratuito. En la siguiente tabla se muestra el precio de la versión 3, el más económico para uso comercial.

Por otro lado, el software: NB-Designer de OMRON, se dispone de una versión gratuita desde la propia página del fabricante, la cual se puede descargar con un tamaño de 480 MB.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO €/Ud	TOTAL
CX-ONE	V4.33 (OMRON)	1	2012.06	2012.06
CX-SUPERVISOR	V3 (OMRON)	1	682.5	682.5

<b>PRECIO TOTAL SOFTWARE (€):</b>	<b>2694.56</b>
-----------------------------------	----------------

## 5.3. MANO DE OBRA.

Para desglosar el presupuesto de la mano de obra del ingeniero en la realización del proyecto, se contarán horas de trabajo, horas de planteamiento de la estructura global del proyecto, horas de programación por medio de los tres softwares utilizados, comprobación del mismo y redacción del dossier. El precio por hora de trabajo del ingeniero hemos supuesto 18€/H

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	TOTAL €
Análisis	Plantear estructura del proyecto.	8	144
Programación	Programación del sistema de mecanizado mediante los tres softwares utilizados	110	1980
Comprobaciones	Comprobación y ajuste programación sobre la propia maqueta.	6	108
Redacción	Elaboración del dossier	40	720

<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>2952€</b>
---------------------------	--------------

#### 5.4. COSTE TOTAL.

El coste total para llevar a cabo todo el proyecto de: Automatización de multiestación de procesamiento con horno, se desglosa y tiene el siguiente precio.

CONCEPTO	PRECIO €
Hardware	4343.96
Software	2694.56
Mano de obra	2952
<b>TOTAL</b>	<b>9990.52</b>

<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>9990.52€</b>
-----------------------	-----------------

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Los documentos más relevantes utilizados para desarrollar este proyecto, han sido los obtenidos por la tutora del proyecto mencionada en la portada, como son: información más relevante sobre la maqueta utilizada en este proyecto, información sobre sistemas SCADA, diseño Grafcet y programación de los softwares utilizados en el proyecto, y ejemplos de programación de éstos.

Aparte, se han consultado los siguientes enlaces web para obtener más información:

→ <http://www.fischertechnik-elearning.com>

Enlace web donde se consulta la información relacionada con la maqueta utilizada para este proyecto.

→ <https://conceptosrobotica.wordpress.com/2015/08/02/elemento-de-kit-fischertechnik/>

Enlace web donde se amplía la información sobre la maqueta utilizada en el proyecto.

→ <http://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/varios/macro.html>

Desde este enlace web se obtiene la información relacionada con el *Método Grafcet*, el cual está muy empleado en este proyecto.

→ <http://www.infopl.net>

De este enlace web, se recaba información sobre: programación de los software utilizados en el proyecto, así como, visualizar ejemplos de diseño sistemas SCADA, pantallas NB-Designer y programación de ellos. Además de utilizar el foro que disponen para realizar algunas consultas puntuales.

→ <https://sistemasneumaticos.wordpress.com/estudio-funcional-de-las-valvulas-distribuidoras/valvula-32/>

Con este enlace web, se obtiene información relacionada con los elementos neumáticos que intervienen en la maqueta del proyecto.

→ <https://omron.es/es/home>

Enlace web utilizado para tener detalles de los elementos electrónicos utilizados en el proyecto, ya que todos, a excepción de la maqueta, son de este fabricante (Omron).

→ [https://es.wikipedia.org/wiki/Pliego\\_de\\_condiciones](https://es.wikipedia.org/wiki/Pliego_de_condiciones)

De este sitio web se consigue información relacionada con “Pliego de condiciones”.

# ANEXOS.

# ANEXO I: DATASHEET PLC

→ **Especificaciones generales.**

<b>CJ2</b>		<b>PLC modular</b>									
											
<b>Modelo</b>	CJ2M-CPU11	CJ2M-CPU12	CJ2M-CPU13	CJ2M-CPU14	CJ2M-CPU15	CJ2M-CPU31	CJ2M-CPU32	CJ2M-CPU33	CJ2M-CPU34	CJ2M-CPU35	
<b>Capacidad de E/S de Unidades instalables</b>	2.560 puntos/40 unidades (máx. 3 bastidores expansores)										
<b>Capacidad de programa</b>	5 Kpasos	10 Kpasos	20 Kpasos	30 Kpasos	60 Kpasos	5 Kpasos	10 Kpasos	20 Kpasos	30 Kpasos	60 Kpasos	
<b>Capacidad de memoria de datos</b>	DM: 32 Kcanales, EM: 32 Kcanales/banco x 1 banco			DM: 32 Kcanales, EM: 32 Kcanales/banco x 4 bancos		DM: 32 Kcanales, EM: 32 Kcanales/banco x 1 banco			DM: 32 Kcanales, EM: 32 Kcanales/banco x 4 bancos		
<b>Memoria de seguimiento de datos</b>	8 Kcanales										
<b>Fuente/memoria de comentarios</b>	1 MB										
<b>Definiciones de bloques de función</b>	256			2.048		256			2.048		
<b>Instancias de bloques de función</b>	256			2.048		256			2.048		
<b>Área de programa de bloques de función</b>	20 Kpasos										
<b>Ethernet incorporado</b>	No					Sí (con funcionalidad EtherNet/IP)					
<b>USB incorporado</b>	Sí										
<b>Puerto RS-232 incorporado</b>	Sí					No					
<b>Slot para tarjeta opcional de comunicaciones</b>	No					Sí					
<b>Tiempo de ejecución de instrucción LD</b>	40 ns										
<b>Módulos de E/S de pulsos complementarios</b>	Soportado*										
<b>Funcionamiento sincrónico de la unidad</b>	No										
<b>Estructuras de datos definidas por el usuario**</b>	Sí										
<b>Dimensiones de la unidad (H x A x F)</b>	90 x 31 x 84,5 mm					90 x 62 x 84,5 mm					

→ Especificaciones de rendimiento.

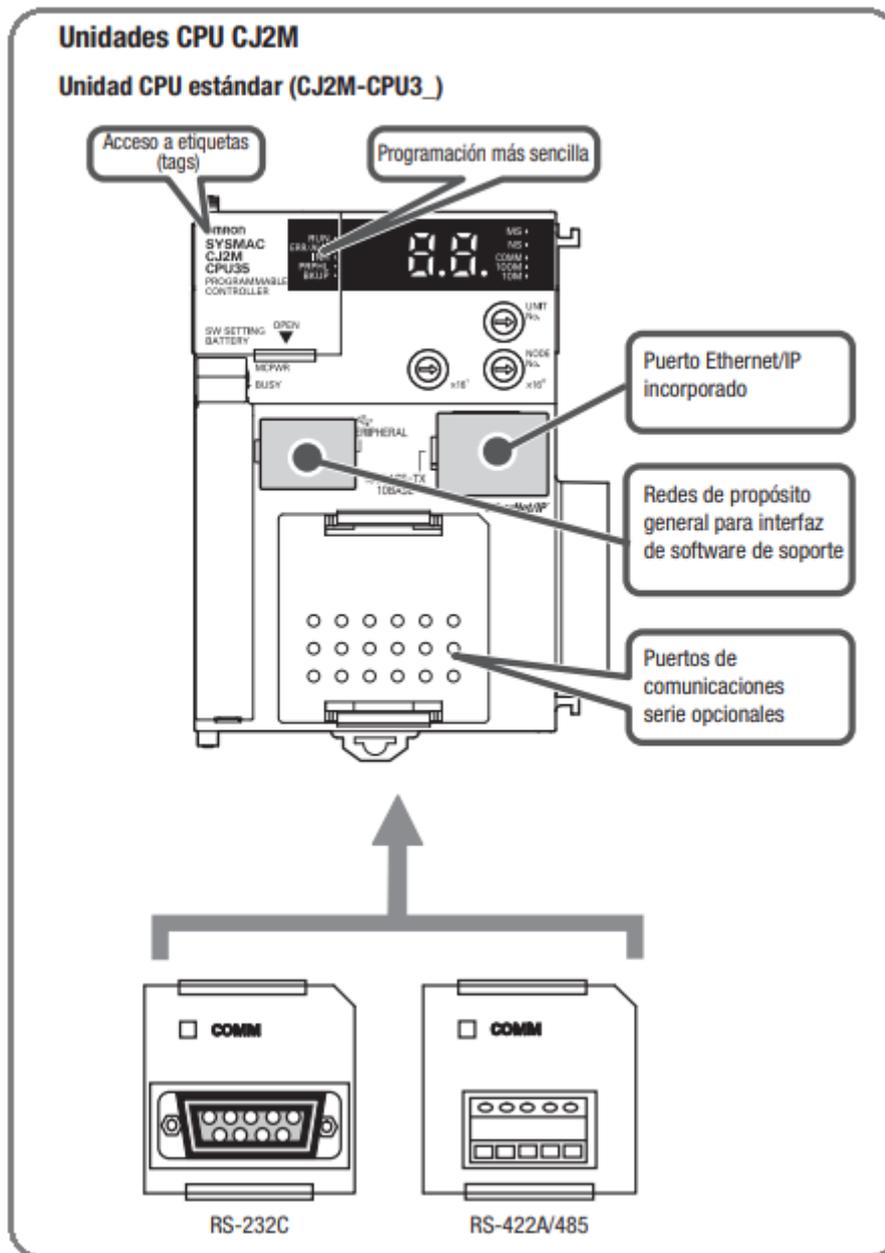
Elementos		CJ2H-					CJ2M-						
		CPU64(-EIP)	CPU65(-EIP)	CPU66(-EIP)	CPU67(-EIP)	CPU68(-EIP)	CPU11/31	CPU12/32	CPU13/33	CPU14/34	CPU15/35		
Memoria de usuario		50 Kpasos	100 Kpasos	150 Kpasos	250 Kpasos	400 Kpasos	5 Kpasos	10 Kpasos	20 Kpasos	30 Kpasos	60 Kpasos		
Bits de E/S		2.560 bits											
Velocidad de procesamiento	Tiempo de procesamiento adicional	Modo normal: CJ2H-CPU_-EIP: 200 $\mu$ s <sup>1</sup> CJ2H-CPU_: 100 $\mu$ s					Modo normal: CJ2M-CPU3_: 270 $\mu$ s <sup>1</sup> CJ2M-CPU1_: 160 $\mu$ s						
	Tiempo de ejecución	Instrucciones básicas: 0,016 $\mu$ s min.; Instrucciones especiales: 0,048 $\mu$ s min.					Instrucciones básicas: 0,04 $\mu$ s min.; Instrucciones especiales: 0,06 $\mu$ s min.						
	Interrupciones	Interrupciones de E/S e interrupciones externas		Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 26 $\mu$ s ó 17 $\mu$ s <sup>2</sup> (30 $\mu$ s para versión de unidad 1,0) Tiempos de retorno con las tareas cíclicas: 11 $\mu$ s u 8 $\mu$ s <sup>2</sup> (15 $\mu$ s para versión de unidad 1,0)					Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 31 $\mu$ s Tiempos de retorno a las tareas cíclicas: 10 $\mu$ s				
		Interrupciones programadas		Intervalo de tiempo mínimo: 0,2 ms o 0,1 ms <sup>2</sup> (en incrementos de 0,1 ms) Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 22 $\mu$ s ó 13 $\mu$ s <sup>2</sup> (27 $\mu$ s para versión de unidad 1,0) Tiempo de retorno a la tarea cíclica: 11 $\mu$ s u 8 $\mu$ s <sup>2</sup> (15 $\mu$ s para versión de unidad 1,0)					Intervalo de tiempo mínimo: 0,4 ms (en incrementos de 0,1 ms) Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 30 $\mu$ s Tiempo de retorno a la tarea cíclica: 11 $\mu$ s				
Número máximo de unidades conectables		Total por bastidor de CPU o bastidor expansor: 10 unidades máx.; Total por PLC: 40 unidades máx.											
Unidades de E/S básicas		Ilimitado Sin embargo, se puede montar un máximo de dos unidades de entrada de interrupción CJ1W-INT01.											
Unidades de E/S especiales		Se pueden montar hasta para 96 números de unidad. (Los números de unidad van de 0 a 95. las unidades ocupan entre 1 y 8 números de unidad).											
Unidades de bus de CPU		CJ2H-CPU6_-EIP: 15 unidades máx. CJ2H-CPU6_: 16 unidades máx.					CJ2M-CPU3_: 15 unidades máx. CJ2M-CPU1_: 16 unidades máx.						
Slots para los que pueden utilizarse interrupciones		CJ2H-CPU6_-EIP: Ranuras 0 a 3 en bastidor CPU CJ2H-CPU6_: Ranuras 0 a 4 en bastidor CPU					Ranuras 0 a 4 en bastidor CPU						
Número máximo de bastidores expansores		3 máx.											
Área CIO	Área de E/S	2.560 bits (160 canales): canales CIO 0000 a CIO 0159											
	Área de enlaces	3.200 bits (200 canales): canales CIO 1000 a CIO 1199											
	Área de refresco de datos síncronos	1.536 bits (96 canales): canales CIO 1200 a CIO 1295					-						
	Área de unidad de bus de CPU	6.400 bits (400 canales): canales CIO 1500 a CIO 1899											
	Área de unidad de E/S especial	15.360 bits (960 canales): canales CIO 2000 a CIO 2959											
	Canales de PLC Link	-					1.440 bits (90 canales): canales CIO 3100 a CIO 3189						
	Área DeviceNet	9.600 bits (600 canales): canales CIO 3200 a CIO 3799											
	Área de E/S interna	3.200 bits (200 canales): canales CIO 1300 a CIO 1499 37.504 bits (2.344 canales): canales CIO 3800 a CIO 6143 No pueden utilizarse para E/S externas.											
Área de trabajo		8.192 bits (512 canales): canales W000 a W511 No pueden utilizarse para E/S externas.											

Elementos	CJ2H-					CJ2M-				
	CPU64(-EIP)	CPU65(-EIP)	CPU66(-EIP)	CPU67(-EIP)	CPU68(-EIP)	CPU11/31	CPU12/32	CPU13/33	CPU14/34	CPU15/35
Área de retención	8.192 bits (512 canales): canales H000 a H511 Los bits de este área conservan su estado ON/OFF al apagar el PLC o al cambiar el modo de operación. Canales H512 a H1535: estos canales sólo se pueden utilizar para bloques de función. Estos sólo se pueden utilizar para instancias de bloques de función (se asignan sólo para variables internas en bloques de función).									
Área auxiliar	Sólo lectura: 31.744 bits (1.984 canales) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7.168 bits (448 canales): canales A0 hasta A447</li> <li>• 24.576 bits (1.536 canales): canales A10000 a A11535<sup>*3</sup></li> </ul> Lectura/escritura: 16.384 bits (1.024 canales) en canales A448 a A1471 <sup>*3</sup>									
Área temporal	16 bits: TR0 hasta TR15									
Área de temporizador	4.096 números de temporizador (T0000 a T4095 (separados de los contadores))									
Área de contador	4.096 números de contador (C0000 a C4095 (separados de los temporizadores))									
Área DM	32 Kcanales <sup>*4</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Canales de área DM para unidades de E/S especiales: entre D20000 y D29599 (100 canales × 96 unidades).</li> <li>• Canales del área DM para unidades de bus de CPU: entre D30000 y D31599 (100 canales × 16 unidades)</li> </ul>									
Área EM	32 Kcanales/banco × 25 bancos máx.: E00_00000 a E18_32767 máx. <sup>*4,5</sup>					32 Kcanales/banco × 4 bancos máx.: E00_00000 a E3_32767 máx. <sup>*4</sup>				
	32 Kcanales × 4 bancos		32 Kcanales × 4 bancos		32 Kcanales × 10 bancos		32 Kcanales × 15 bancos		32 Kcanales × 25 bancos	
	Bancos para los que pueden utilizarse las funciones de forzar a set y reset para bits <sup>*6</sup>	Uso de las funciones de forzar a set y reset del área EM	Banco 0 hasta 3 hex	Banco 0 hasta 3 hex	Banco 0 hasta 9 hex	Banco 0 hasta E hex	Banco 0 hasta 18 hex	Banco 0 hex	Banco 0 hasta 3 hex	
	Uso de las especificaciones de la asignación automática de dirección	Banco 3 hex	Banco 3 hex	Banco 6 hasta 9 hex	Banco 7 hasta E hex	Banco 11 hasta 18 hex	-			
Registros de índice	IR0 hasta IR15 Son registros especiales para almacenar direcciones de memoria del PLC para direccionamiento indirecto. (Los registros de índice pueden definirse de forma que sean únicos para cada tarea, o bien compartidos para todas las tareas).									
Área de indicador de tarea cíclica	128 indicadores									
Tarjeta de memoria	128 MB, 256 MB o 512 MB									
Modos de operación	Modo PROGRAM: los programas no se ejecutan. En este modo pueden ejecutarse preparaciones antes de la ejecución de programas Modo MONITOR: los programas se ejecutan y algunas operaciones (como la edición online y algunos cambios en los valores actuales de la memoria de E/S) se habilitan en este modo. Modo RUN: los programas se ejecutan. Este es el modo de funcionamiento normal.									
Modo de ejecución	Modo normal									

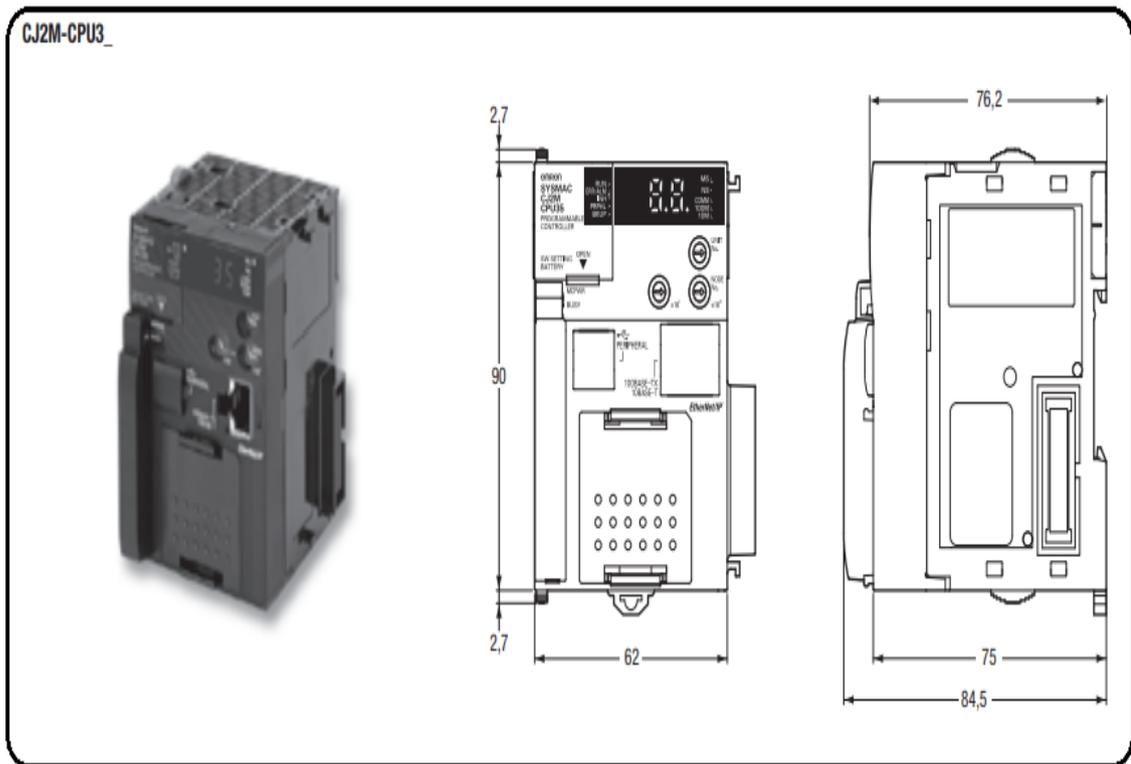
Lenguajes de programación		Lógica de diagramas de relés o ladder (LD) Diagramas funcionales secuenciales (SFC) Texto estructurado (ST) Listas de instrucciones (L)		
Bloques de función	Número máximo de definiciones	2.048	256	2.048
	Número máximo de instancias	2.048	256	2.048
Área de programas FB		– 20 Kpasos		
Tareas	Tipo de tareas	Tareas cíclicas Tareas de interrupción (tareas de interrupción de alimentación en OFF, tareas de interrupción programadas, tareas de interrupción de E/S y tareas de interrupción externas)		
	Número de tareas	Tareas cíclicas: 128 Las tareas de interrupción: 256 (las tareas de interrupción pueden definirse como tareas cíclicas para crear tareas cíclicas adicionales. Por lo tanto, el número total de tareas cíclicas es en realidad de 384 máx.).		
Símbolos (variables)	Tipo de símbolos	Símbolos locales: Sólo se pueden utilizar con una sola tarea en el PLC. Símbolos globales: pueden utilizarse en todas las tareas en el PLC. Símbolos de red (etiquetas (tags)) <sup>7</sup> : Es posible acceder a la memoria de E/S en la unidad CPU utilizando símbolos, según la configuración de parámetros.		
	Tipo de datos de símbolos	BOOL (bit) UINT (binario de canal simple sin signo) UDINT (binario de canal doble sin signo) ULINT (binario de canal cuádruple sin signo) INT (binario de canal simple con signo) DINT (binario de canal doble con signo) LINT (binario de canal cuádruple con signo) UINT BCD (BCD de canal simple sin signo) <sup>7</sup> UDINT BCD (BCD de canal doble sin signo) <sup>7</sup> ULINT BCD (BCD de canal cuádruple sin signo) <sup>7</sup> REAL (coma flotante de canal doble) LREAL (coma flotante de canal cuádruple) CHANNEL (canal) NUMBER (constante o número) WORD (hexadecimal de canal simple) DWORD (hexadecimal de canal doble) LWORD (hexadecimal de canal cuádruple) STRING (de 1 a 255 caracteres ASCII) TIMER (temporizador) <sup>8</sup> COUNTER (contador) <sup>8</sup> Tipos de datos definidos por el usuario (estructuras de datos) <sup>9</sup>		
	Tamaño máximo del símbolo	32 Kcanales		
	Símbolos de matriz (variables de matriz)	Matrices unidimensionales		
	Número de elementos de matriz	32.000 elementos máx.		
	Número de símbolos de red registrables (etiquetas = tags) <sup>10</sup>	20.000 máx.	2.000 máx.	
	Longitud de nombre de símbolo de red (etiqueta = tag) <sup>10</sup>	255 bytes máx.		
	Codificación de símbolos de red (etiquetas = tags) <sup>10</sup>	UTF-8		

Elementos		CJ2H-					CJ2M-				
		CPU64(-EIP)	CPU65(-EIP)	CPU66(-EIP)	CPU67(-EIP)	CPU68(-EIP)	CPU11/31	CPU12/32	CPU13/33	CPU14/34	CPU15/35
Seguimiento de datos	Capacidad de memoria	8.000 canales		16.000 canales	32.000 canales		8.000 canales				
		(Hasta 32 Kcanales × 25 bancos cuando EM se especifica en CX-Programmer)					(Hasta 32 Kcanales × 4 bancos cuando EM se especifica en CX-Programmer)				
	Número de muestreos	Bits = 31, datos de un canal =16, datos de dos canales = 8, datos de cuatro canales = 4									
	Ciclo de muestreo	de 1 a 2.550 ms (unidad: 1 ms)									
	Condiciones de activación	ON/OFF del bit especificado Comparación de datos del canal especificado Tamaño de datos: 1 canal, 2 canales, 4 canales Método de comparación: Igual que (=), mayor que (>), mayor o igual que (≥), menor que (<), menor o igual que (≤), distinto de (≠)									
	Valor de retardo	-32.768 a +32.767 ms									
Memoria de archivos		Tarjeta de memoria (128, 256 o 512 MB) (uso de tarjetas de memoria proporcionadas por Omron). Memoria de archivos de EM (se puede convertir parte del área EM en memoria de archivos).									
Fuente/ Memoria de comentarios	Fuente de programas, comentarios, índice de programa y tabla de símbolos	Capacidad: 3,5 MB					Capacidad: 1 MB				
1	Los siguientes tiempos se añaden cuando se utilizan data links de tags EtherNet/IP para CJ2H-CPU6_-EIP. Operación normal: 100 μs + Número de canales a transferir × 0,33 μs Función de interrupción de alta velocidad habilitada: 100 μs + Número de canales a transferir × 0,87 μs El siguiente tiempo debe añadirse cuando se utilizan tag data links EtherNet/IP para CJ2M-CPU3_ 100 μs + (número de canales transferidos × 1,8 μs)										
2	Esto es válido cuando se usan interrupciones de alta velocidad.										
3	No es posible acceder a A960 a A1471 y A10000 a A11535 con unidades de bus de CPU, unidades de E/S especiales, PTs y software auxiliar que no soporta específicamente las unidades CJ2 CPU.										
4	Los bits del área EM pueden direccionarse por bit o por canal. Estos bits no pueden direccionarse mediante unidades de bus de CPU, unidades de E/S especiales, PTs y software auxiliar que no soporta específicamente las unidades CJ2 CPU.										
5	No es posible acceder a los bancos EM_D a EM_18 con unidades de bus de CPU, unidades de E/S especiales, PTs y software auxiliar que no soporta específicamente las unidades CJ2 CPU.										
6	Con las unidades CPU CJ2H con la versión de unidad 1.2 o posterior, es posible utilizar las funciones de forzar a set y reset para forzar el estado de los bits en el área EM para los bancos que se han especificado para la asignación de dirección automática o para los bancos especificados para la función de forzar a set y reset de área EM. Con las unidades CPU CJ2M, el uso de las funciones de forzar a set y reset para los bits del área EM sólo es posible para los bancos especificados para la función de forzar a set y reset del área EM.										
7	Este tipo de datos no se podrá utilizar en bloques de función.										
8	Este tipo de datos sólo se podrá utilizar en bloques de función.										
9	Compatible sólo con CX-Programmer versión 9.0 o superior.										
10	Compatible sólo con CJ2H-CPU6_-EIP y CJ2M-CPU3_.										

→ Diagrama de interfaz externa.



→ Dimensiones



## Fuentes de alimentación, expansiones de la serie CJ

### Alimentación

Rango de entrada	Consumo	Capacidad de salida a 5 Vc.c.	Capacidad de salida a 24 Vc.c.	Potencia máx. de salida	Características	Ancho	Referencia
85 a 264 Vc.a. de 47 a 63 Hz	50 VA máx.	2,8 A	0,4 A	14 W	–	45 mm	CJ1W-PA202

## Unidades de E/S digital de la serie CJ



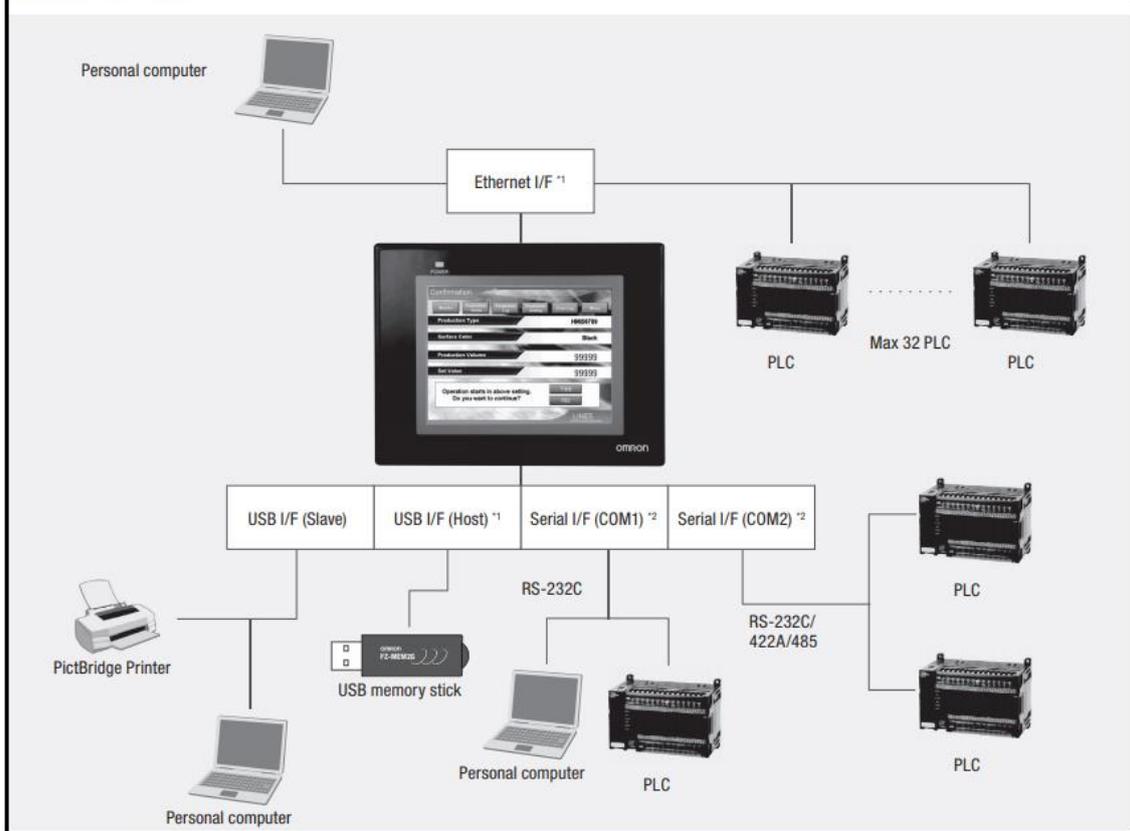
Puntos	Tipo	Tensión nominal	Corriente nominal	Ancho	Observaciones	Tipo de conexión <sup>**1</sup>	Referencia
16	Entrada de c.c.	24 Vc.c.	7 mA	31 mm	–	M3 Screwless	CJ1W-ID211 CJ1W-ID211(SL)
16	Salida de relé	250 Vc.a.	2 A	31 mm	–	M3 Screwless	CJ1W-OC211 CJ1W-OC211(SL)

## Unidades de E/S analógicas y de control de la serie CJ

Puntos	Tipo	Rangos	Resolución	Precisión <sup>**1</sup>	Tiempo de conversión	Ancho	Observaciones	Tipo de conexión	Referencia
4 + 2	Entrada + salida analógica	1 a 5 V, 0 a 10 V, –10 a 10 V, 1 a 5 V, 4 a 20 mA	1/8.000	entrada: 0,2% salida: 0,3%	1 ms/punto	31 mm	Ajuste de offset/ganancia, escalado, retención del valor de pico, media, alarmas, retención de salida	M3	CJ1W-MAD42

# **ANEXO II:** **DATASHEET PANTALLA TÁCTIL**

## System Configuration



## Specifications

### HMI

Specifications	NB3Q		NB5Q		NB7W		NB10W
	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW01B
Display type	3.5" TFT LCD		5.6" TFT LCD		7" TFT LCD		10.1" TFT LCD
Display resolution (H x V)	320 x 240		320 x 234		800 x 480		800 x 480
Number of colours	65,536						
Backlight	LED						
Backlight lifetime	50,000 hours of operating time at the normal temperature (25°C) <sup>*1</sup>						
Touch panel	Analogue resistive membrane, resolution 1024 x 1024, life: 1 million touch operations						
Dimensions in mm (H x W x D)	103.8 x 129.8 x 52.8		142 x 184 x 46		148 x 202 x 46		210.8 x 268.8 x 54.0
Weight	310 g max.	315 g max.	620 g max.	625 g max.	710 g max.	715 g max.	1,545 g max.

<sup>\*1</sup> This is the estimated time when the luminous intensity is decreased by 50% over LED at room temperature and humidity. It is a typical value.

Functionality							
Specifications	NB3Q		NB5Q		NB7W		NB10W
	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW01B
Internal memory	128MB (including system area)						
Memory interface	-	USB Memory	-	USB Memory	-	USB Memory	USB Memory
Serial (COM1)	RS-232C/422A/485 (not isolated), Transmission distance: 15m Max. (RS-232C), 500m Max. (RS-422A/485), Connector: D-Sub 9-pin		RS-232C, Transmission distance: 15 m Max., Connector: D-Sub 9-pin				
Serial (COM2)	-		RS-232C/422A/485 (not isolated), Transmission distance: 15m Max. (RS-232C), 500m Max. (RS-422A/485), Connector: D-Sub 9-pin				
USB Host	Equivalent to USB 2.0 full speed, type A, Output power 5V, 150mA						
USB Slave	Equivalent to USB 2.0 full speed, type B, Transmission distance: 5m						
Printer connection	PictBridge support						
Ethernet	-	10/100 base-T	-	10/100 base-T	-	10/100 base-T	10/100 base-T

General							
Specifications	NB3Q		NB5Q		NB7W		NB10W
	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW01B
Line voltage	20.4 to 27.6 VDC (24 VDC -15 to 15%)						
Power consumption	5 W	9 W	6 W	10 W	7 W	11 W	14 W
Battery lifetime	5 years (at 25°C)						
Enclosure rating (front side)	Front operation part: IP65 (Dust proof and drip proof only from the front of the panel)						
Obtained standards	EC Directives, KC, cUL508						
Operating environment	No corrosive gases.						
Noise immunity	Compliant with IEC61000-4-4, 2KV (Power cable)						
Ambient operating temperature	0 to 50°C						
Ambient operating humidity	10% to 90% RH (without condensation)						

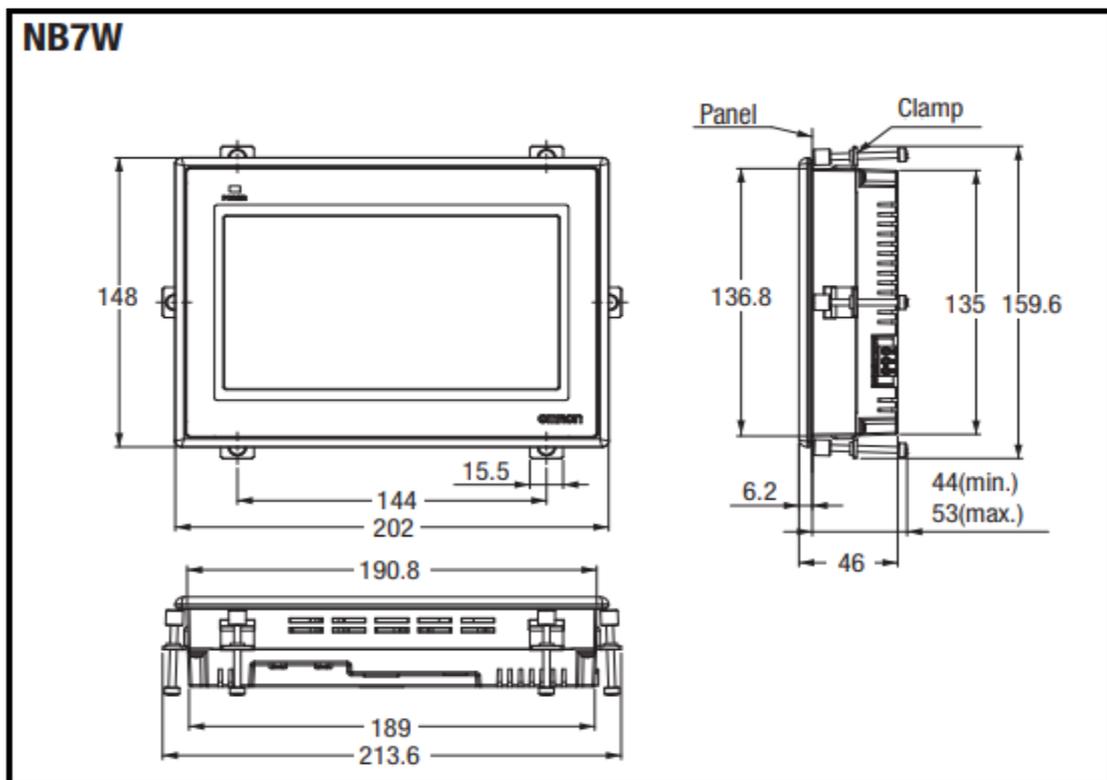
## Applicable Controllers

Brand	Series	Brand	Series
OMRON	Omron C Series Host Link	Schneider	Schneider Modicon Uni-TelWay
	Omron CJ/CS Series Host Link		Schneider Twido Modbus RTU
	Omron CP Series	Delta	Delta DVP
Mitsubishi	Mitsubishi Q_QnA (Link Port)	LG (LS)	LS Master-K Cnet
	Mitsubishi FX-485ADP/485BD/422BD (Multi-station)		LS Master-K CPU Direct
	Mitsubishi FX0N/1N/2N/3G		LS Master-K Modbus RTU
	Mitsubishi FX1S		LS XGT CPU Direct
	Mitsubishi FX2N-10GM/20GM		LS XGT Cnet
	Mitsubishi FX3U	GE Fanuc Automation <sup>*1</sup>	GE Fanuc Series SNP
	Mitsubishi Q series (CPU Port)		GE SNP-X
	Mitsubishi Q00J (CPU Port)	Modbus	Modbus ASCII
	Mitsubishi Q06H		Modbus RTU
Panasonic	FP series		Modbus RTU Slave
Siemens	Siemens S7-200		Modbus RTU Extend
	Siemens S7-300/400 (PC Adapter Direct)	Modbus TCP	
Allen-Bradley <sup>*1</sup> (Rockwell)	AB DF1		
	AB CompactLogix/ControlLogix		

<sup>\*1</sup> AB and GE will be supported by NB-Designer version 1.20 or higher.

**Note:** For details, refer to NB Series Host Connection Manual (Cat.No V108).

## → Dimensiones.



Model	Panel cutout (H × V mm)
NB7W	191.0 (+0.5/-0) × 137.0 (+0.5/-0)

# NB series

## Ordering information

### Programmable Terminals

Product name	Specifications	Order code
NB7W	7 inch, TFT LCD, Colour, 800 × 480 dots, USB Host, Ethernet	NB7W-TW01B

### Options

Product name	Specifications	Order code
Software	Supported Operating Systems: Windows 7, Windows Vista <sup>®</sup> , Windows XP <sup>1</sup> (SP1 or higher). Download from Omron's regional websites.	NB-Designer <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Except for Windows XP 64-bit version

<sup>2</sup> The NB5Q-TW01B and NB7W-TW01B are supported by NB-Designer version 1.10 or higher.  
The NB3Q-TW0\_B and NB10W-TW01B are supported by NB-Designer version 1.20 or higher.

**ANEXO III:**  
**DESPIECE /SOLUCIONES PROBLEMAS**  
**MAQUETA**

# ÍNDICE DESPIECE MAQUETA

- Maqueta: Multiestación de procesamiento con horno de cocción
  - Fischertechnik..... 119
    - Motor S..... 119
    - Fototransistor..... 119
    - Pulsador..... 120
    - Compresor..... 121
    - Cilindros neumáticos..... 122
    - Válvula 3/2 vías..... 123
    - Puerta horno..... 124
    - Manipulador de aspiración..... 125
    - Empujador mesa..... 126
- Posibles problemas y soluciones al respecto..... 127
  - Manipulador de aspiración..... 128
  - Cinta transportadora..... 128
  - Barrera luz horno..... 128
  - Puerta horno/Empujador piezas..... 128

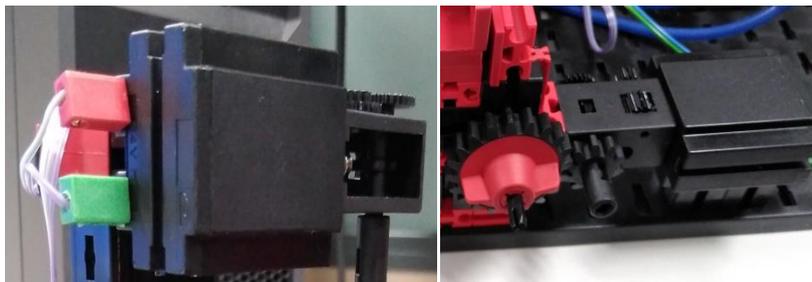
- **Maqueta: Multiestación de procesamiento con horno de cocción Fischertechnik**

A continuación se detallan técnicamente los elementos que intervienen en las diferentes estaciones de procesado.

→ **Motor S:**

En el caso del accionamiento para los siguientes elementos: alimentación del horno (Q5/6), desplazamiento del manipulador de aspiración (Q7/8), mesa giratoria (Q1/2), sierra (Q4) o la cinta de transporte (Q3), será mediante un motor S. Este motor es una máquina de corriente continua de imanes permanentes, además se utiliza junto a un engranaje reductor insertable. La tensión de funcionamiento será de 24Vcc y consume una corriente de 300mA máx. El par de giro máximo que se puede obtener es de 5mNm, con una velocidad en vacío de 10700 r.p.m. Valores proporcionados por el mismo fabricante de la maqueta, desde su página web: <http://www.fischertechnik-elearning.com>, con el código: **ft48tm**.

En la siguiente imagen se ve el aspecto que tiene el motor y el mismo acoplado al engranaje.



[Imagen 65: Motor S.](#)

→ **Fototransistor:**

Junto con una lámpara de lente que emite luz y se contrapone a éste (I9), hará que el fototransistor conduzca corriente cuando reciba luz, procedente de la lámpara, a partir de un cierto umbral, pero perderá

la conductividad al no alcanzarse este umbral. Por ello se usarán ambos como sensor de posición por barrera de luz.

**Recordatorio:** cuando se conecte el fototransistor a la alimentación de corriente, se prestará especial atención a la correcta polaridad; polo positivo conectado a la marca roja en el fototransistor.

En la siguiente imagen se observa el aspecto que tiene este fototransistor, así como la lámpara de lente que se contrapone.

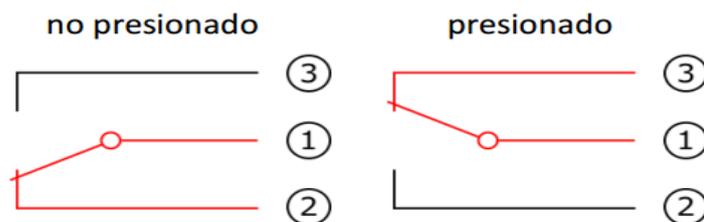


[Imagen 66: Fototransistor con lámpara de lente.](#)

#### → Pulsador.

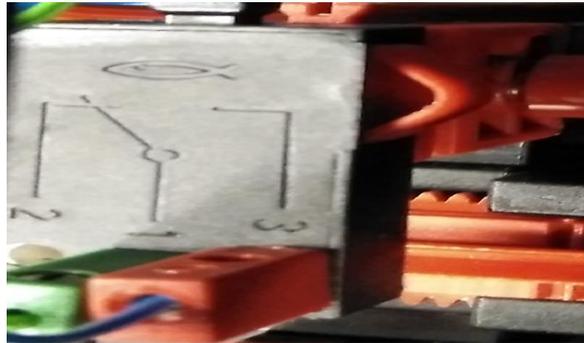
Este elemento es utilizado en la maqueta como sensor de contacto para finales de carrera, como son: (I1, I2, I4, I5, I6, I7 e I8).

Cuando se presiona sobre el botón rojo mostrado en la siguiente imagen, conmutará el interruptor mecánicamente entre el contacto central (1) y el contacto (3), por lo cual fluirá corriente entre estos contactos. Al dejar de ejercer presión sobre el botón mencionado, el contacto central conmutará sobre el contacto (2), por lo que dejará de fluir corriente. Puede ser usado tanto como contacto normalmente cerrado o como normalmente abierto. En la siguiente imagen se puede observar la representación esquemática de la conexión interna del pulsador.



[Imagen 67: Conexión interna pulsador.](#)

En la siguiente imagen se ve el aspecto real del pulsador.



[Imagen 68: Pulsador \(final de carrera\).](#)

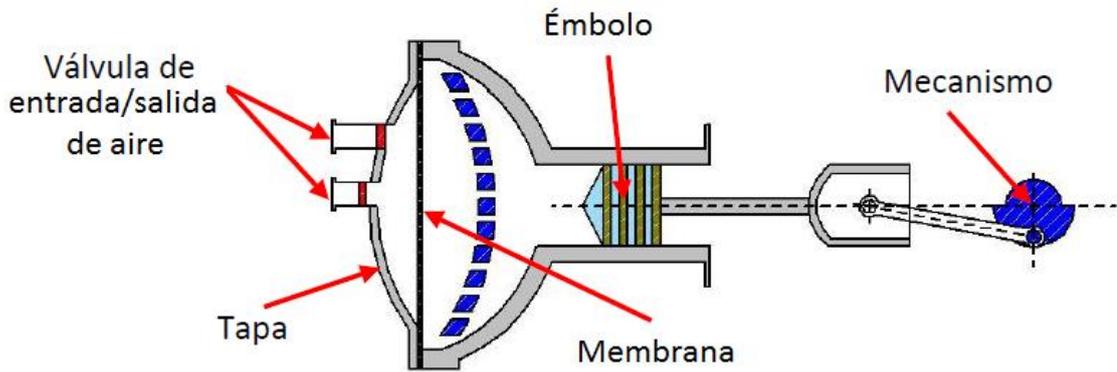
→ **Compresor (Bomba de membrana):**

Se hará uso de él en las siguientes acciones: aspiración al vacío del manipulador, así como bajada del mismo, subida de la puerta del horno y expulsor neumático de piezas.

Para llevar a cabo el trabajo del compresor, éste dispone de dos cámaras separadas entre sí por medio de una membrana. En una de estas dos cámaras, un émbolo se mueve hacia arriba o hacia abajo mediante un disco excéntrico, con lo que en la otra cámara se producirá una aspiración o repulsión hacia afuera.

En la carrera descendente del émbolo, la membrana se desplaza hacia atrás, con lo que en la segunda cámara se aspira aire a través de la válvula de entrada. Por otro lado, en la carrera ascendente del émbolo la membrana presiona el aire a través de la válvula de salida hacia afuera del cabezal de la bomba, por lo que dejará de producirse la aspiración de aire.

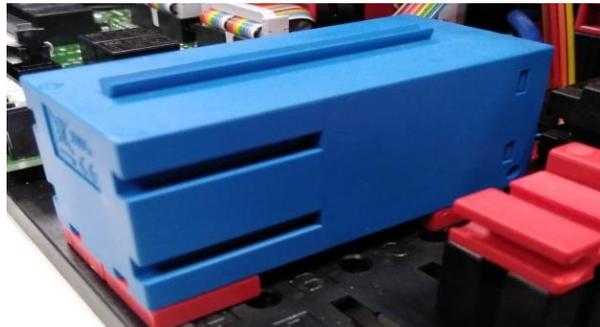
En la siguiente imagen se puede observar el aspecto interior de la bomba de membrana.



[Imagen 69: Aspecto interior bomba de membrana.](#)

El compresor utilizado trabaja con una tensión de 9V, con un consumo máximo de corriente de 200mA, por consiguiente se generará una sobrepresión de 0,8bar. Datos aportados por el propio fabricante.

En la siguiente imagen se muestra el aspecto real del compresor utilizado.



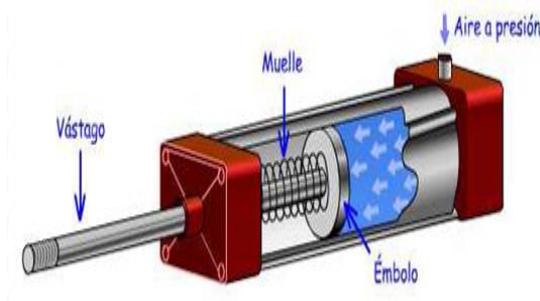
[Imagen 70: Compresor \(bomba de membrana\).](#)

→ **Cilindros neumáticos:**

Estos cilindros serán utilizados en diversas acciones: subida puerta horno, succión en la ventosa del manipulador de aspiración, movimiento de bajada y subida de éste y por último, en el expulsor neumático.

Los cilindros están divididos por dos cámaras por medio de un émbolo, al crearse una diferencia de presión entre las dos cámaras como resultado de la entrada de aire a presión en una de las

cámaras, dará como resultado una fuerza que actúa, desplazando al émbolo en una dirección. Para el retroceso del émbolo sólo se requerirá que el aire a presión deje de entrar a la cámara del cilindro y por la propia acción del muelle que se dispone en la cámara posterior, volverá a su posición inicial. Con todo ello se conseguirán los movimientos requeridos para los actuadores



[Imagen 71: Cilindro de simple efecto.](#)

→ **Valvula 3/2 vías:**

La válvula electromagnética utilizada para gobernar los cilindros neumáticos será una válvula 3/2 vías que se muestra en la siguiente imagen.



[Imagen 72: Aspecto real válvula electromagnética 3/2 vías.](#)

La misma dispone de tres conexiones y dos estados de conmutación. Para producirse las conmutación, se dispone de una bobina conectada por dos cables, uno unido a la salida del PLC y el segundo conectado a masa. En el estado de reposo, la vía 1 se mantendrá cerrada, no

obstante la vía 2 se comunicará con la vía de escape 3, cuando se aplica tensión sobre la bobina de la misma, la vía 3 quedará cerrada y el aire comprimido circulará de la vía 1 a la 2. Si la tensión aplicada a la bobina desciende, el resorte volverá a poner al núcleo en su posición original, por lo que se volverá a cerrar la válvula.

En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento interno detallado anteriormente.

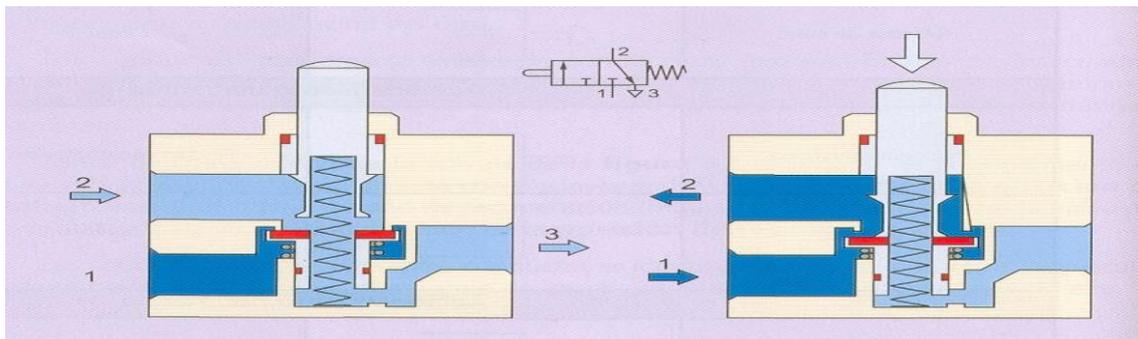


Imagen 73: Funcionamiento interno válvula 3/2 vías, normalmente cerrada.

#### → Puerta horno:

En el caso de la subida de la puerta del horno, habrá un cilindro por cada lado. De esta forma subirá de forma simultánea por ambos lados al expandirse el vástago del émbolo de ambos cilindros al entrar aire por una de las cámaras del cilindro neumático. La bajada de la puerta se producirá al dejar de recibir aire comprimido por una cámara del cilindro, por lo que el muelle que se dispone en la cámara posterior hará que vuelva a su estado inicial.

En la siguiente imagen se muestra la disposición tanto de los cilindros neumáticos como la propia puerta.

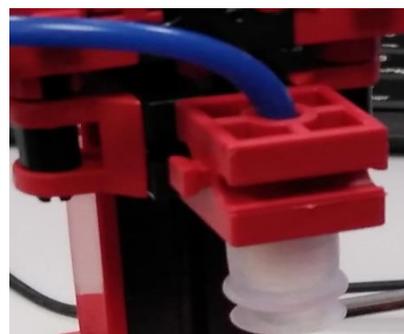
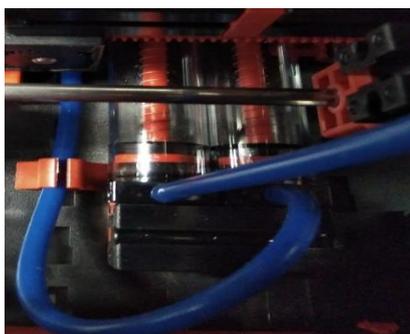


[Imagen 74: Puerta horno.](#)

→ **Manipulador de aspiración:**

En el caso de la aspiración al vacío en el manipulador, se realizará mediante dos cilindros neumáticos, accionados por válvulas electromagnéticas 3/2 vías.

En el caso de tener que generar una presión negativa, inferior a la ambiente, se acoplarán dos cilindros de forma cinemática, por ello, al someter a un cilindro a sobrepresión, los dos vastagos del émbolo se extienden, produciéndose un aumento del volumen de la cámara cerrada por la ventosa, este aumento provocará un descenso de la presión en la misma cámara, produciéndose la aspiración en la ventosa.



[Imagen 75: Aspecto real, disposición cilindros y ventosa succión.](#)

La bajada y subida del manipulador, será realizada mediante un cilindro de simple efecto con muelle para el retroceso del émbolo, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



[Imagen 76: Manipulador de aspiración con ventosa de succión al vacío.](#)

→ **Empujador mesa.**

El empujador neumático consta de un cilindro de simple efecto, el cual hará su trabajo al extenderse el émbolo del cilindro por la acción de entrada de aire por una de las cámaras del cilindro y volverá a su posición inicial al dejar de recibir aire a presión.

La siguiente imagen muestra el empujador con su cilindro que realizará dicha acción.



[Imagen 77: Empujador neumático mesa.](#)

- **Posibles problemas y soluciones al respecto**

A continuación se nombrarán los posibles errores de funcionamiento entre los diversos elementos que componen la maqueta, así como de las acciones a aplicar para solucionarlos.

→ **Manipulador de aspiración:**

Se pierden las piezas al realizarse el transporte del horno a la mesa.

Cuando suceda este tipo de error se debe asegurar que la conexión de la manguera del borde superior de la ventosa quede a ras, es decir, lo más próxima al extremo de ésta. Y de que la superficie de la pieza no presente suciedad. Si se humedece la ventosa de aspiración servirá de ayuda.

→ **Cinta transportadora:**

La cinta transportadora no se detiene.

El error puede estar debido al retardo del paro de ésta cuando se detecta el paso de la pieza por el final de carrera situado al final de la cinta (I3), por lo que se debe revisar la programación en CX-Programmer.

→ **Barrera de luz horno:**

La barrera de luz del horno no detecta que una pieza se encuentra en la bandeja de alimentación del horno.

La barrera de luz sólo detecta la colocación de una pieza no la presencia de ella.

→ **Puerta del horno, Empujador piezas:**

La puerta del horno no se abre /cierra o el empujador no expulsa más las piezas.

Comprobar que todas las mangueras neumáticas están bien conectadas y si el compresor funciona correctamente.

En la siguiente imagen se observa la maqueta utilizada, la parte delantera y la trasera, detallándose los elementos constituyentes de la misma.