



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

---

# *AUTOMATIZACION Y CONTROL DE UN PROCESO DE ENFRIAMIENTO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Carlos Roselló Francés*

**TUTOR/A:**

*Adolfo Hilario Caballero*

**GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Convocatoria de defensa: septiembre de 2021



## Resumen

El trabajo consiste en la mejora de la producción de una línea de alimentación, para lo cual se requiere automatizar una máquina que controla el proceso de enfriamiento y alargamiento de unas golosinas. Este proceso de enfriamiento se lleva a cabo en dos túneles a los que llega el producto en una cinta transportadora desde una máquina anterior.

El cliente nos facilita los datos del cuadro de potencia que alimentan la máquina, junto a las señales digitales y analógicas que se van a instalar y que debemos controlar, de manera que tengamos la información necesaria para especificar los componentes del cuadro de control y saber la capacidad necesaria del PLC para ejecutar el programa de control.

Se requiere de una pantalla táctil HMI para monitorizar la automatización del PLC. Ejecutaremos un programa en la HMI vinculado al del PLC, ambos comunicados por Ethernet, donde comandamos el programa, tanto la visualización del estado de los sensores, como la modificación de los valores requeridos en los componentes para el control de la producción.

## Resum

El treball consisteix en la millora de la producció d'una línia d'alimentació, per a això es requereix automatitzar una màquina que controla el procés de refredament i allargament d'unes llepolies. Aquest procés de refredament es du a terme en dos túnels als quals arriba el producte en una cinta transportadora des d'una màquina anterior.

El client ens facilita les dades del quadre de potència que alimenten la màquina, a la vegada que dels senyals digitals i analògics que s'instal·laran i que hem de controlar, de manera que tinguem la informació necessària per a especificar els components del quadre de control i saber la capacitat necessària del PLC per a executar el programa de control.

Es requereix d'una pantalla tàctil HMI per a monitorar l'automatització del PLC. Executarem un programa en la HMI lligat al del PLC, tots dos comunicats per Ethernet, on comandem el programa, tant la visualització de l'estat dels sensors, com la modificació dels valors requerits en els components per al control de la producció.



# Abstract

The work consists of improving the production of a feeding line, for which it is required to automate a machine that controls the cooling and lengthening process of some sweets. This cooling process takes place in two tunnels where the product arrives on a conveyor belt from a previous machine.

The client provides us with the data of the power panel that supplies the machine, together with the digital and analog signals that are going to be installed and that we must control, so that we have the necessary information to specify the components of the control panel and know the Required capacity of the PLC to execute the control program.

An HMI touch screen is required to monitor PLC automation. We will execute a program in the HMI linked to that of the PLC, both communicated by Ethernet, where we command the program, both the visualization of the status of the sensors, and the modification of the values required in the components for the control of production.

## **Palabras clave.**

Automatización; control; producción; PLC; HMI

# ÍNDICE

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | OBJETO Y ALCANCE.....                    | 3  |
| 2   | JUSTIFICACIÓN.....                       | 4  |
| 3   | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....            | 5  |
| 4   | REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO .....       | 7  |
| 5   | DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA ..... | 9  |
| 5.1 | COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....           | 10 |
| 5.2 | PLC .....                                | 15 |
| 5.3 | HMI.....                                 | 26 |
| 5.4 | MONITORIZACIÓN DEL PROCESO.....          | 29 |
| 6   | INSTALACIÓN ELÉCTRICA CUADRO.....        | 47 |
| 7   | PRESUPUESTO .....                        | 49 |
| 8   | NORMATIVA .....                          | 51 |
| 9   | CONCLUSIONES .....                       | 52 |
| 10  | BIBLIOGRAFÍA .....                       | 53 |
| 11  | ANEXOS.....                              | 54 |

# 1 Objeto y alcance

El objetivo principal del proyecto trata de realizar una mejora en la producción de una línea de alimentación en funcionamiento, donde se quiere aumentar la producción que se está teniendo en estos momentos y minimizar los posibles desechos del producto.

Actualmente se está trabajando con un solo producto específico y las cintas transportadoras instaladas en el procedimiento trabajan a unas velocidades constantes, nuestro cliente plantea aprovechar la mejora de la máquina para poder trabajar con otros productos, y controlar las velocidades de las cintas transportadoras que componen el proceso, con el objetivo de poder someter otros productos con diferentes características sin que lleguen a fragmentarse en los intercambios que se producen entre las cintas de transporte.

Se requiere facilitar la labor a los operarios que trabajan en esta máquina automatizando la línea de producción, y que en todo momento se conozca el estado en el que se encuentran los componentes que forman la máquina. De manera que reduzcamos las posibles paradas que tiene la máquina debido a los fallos que se producen en los componentes, ya que en todo momento conoceremos y modificaremos el estado de estos y en el caso que pueda aparecer algún fallo se detecte rápidamente donde está con una alarma concreta y así disminuir todo lo posible el tiempo que la máquina esta parada.

Por último, se solicita poder trabajar en modo manual y automático, para ello diseñaremos un sistema que pueda adaptarse a las necesidades del cliente según la exigencia de cada situación.

## 2 Justificación

La automatización industrial es cualquier intervención que ayuda a la industria a mejorar y optimizar los procesos que se requieran con el fin de poder tener una mayor producción y mejor calidad. En la actualidad nos encontramos con la constante introducción de dichas automatizaciones en los distintos procesos industriales.

Toda automatización industrial debe controlarse mediante uno o varios PLC. El PLC es un autómatas electrónico programable, su nombre viene de las palabras inglesas ``Programmable Logic Control''. Este aparato realiza diferentes funciones como controlar desde una simple máquina a procesos secuenciales de gran envergadura.

Para ejecutar dicho control, los PLC 's reciben señales de entradas procedentes de los sensores que controlan el proceso y emiten otras de salidas para actuar en consecuencia, estas señales pueden ser digitales o analógicas. Es necesario programar este PLC a través de un software con las condiciones necesarias en cada aplicación para que pueda funcionar correctamente

Hoy en día la automatización ha llegado a un punto de desarrollo que va ligada a la conectividad, de manera que el PLC puede ser controlado desde diferentes softwares integrados en pantallas u ordenadores. Dichos softwares se llaman HMI o SCADA, que pueden controlar y visualizar todos los procesos automáticos.

El software HMI (interfaz hombre – máquina) sirve para integrarse dentro de una pantalla táctil, con el fin de controlar todo el PLC, teniendo el control visual y táctil del proceso completo en la pantalla. Permite acceder a los parámetros de la automatización optimizando el trabajo del operario en el proceso.

El software SCADA es más complejo y suele estar integrado en un ordenador, aunque también se utiliza en pantallas. Permite controlar toda una planta industrial entera con varios procesos, a través de pantallas más complejas que en el HMI.

Los SCADA suelen integrarse en diferentes puntos de control de una nave industrial, de esta manera se llegan a controlar todos los PLC 's que tengan una planta u otras plantas mediante comunicaciones tipo internet.

Las pantallas HMI y SCADA se pueden comunicar de diferentes maneras con los PLC. Hoy en día los PLC se comunican con sus pantallas a través de Ethernet (TCP-IP) que les da una velocidad de transferencia y un ancho de banda muy grande. Además, permite conectar desde cualquier punto a los diferentes equipos vía internet.

### 3 Descripción del proceso

La máquina que vamos a controlar está compuesta por 2 túneles de enfriamiento, en los cuales encontramos unas cintas transportadoras por las que circula el producto, varios sensores que nos informan de las condiciones internas de ambos túneles, junto a los actuadores que modifican sus valores, y unos vibradores que unen estos túneles.

El producto nos llega a la máquina mediante una cinta transportadora instalada anteriormente, que nos alimentará el primer túnel, donde se lleva a cabo la parte principal del proceso. Se trata del alargamiento del producto mediante el control de velocidad de tres cintas transportadoras, y los componentes que regulan la temperatura y la humedad del túnel.

En este primer túnel como hemos señalado se ejecutará la parte más compleja del proceso, compuesta por 3 cintas transportadoras por donde circula el producto, todas ellas conectadas a su respectivo motor, a su vez controlados por variadores de frecuencia, con el objetivo de alargar o acortar el producto en los intercambios que tenemos de una cinta a otra variando las velocidades de las cintas si el producto, en este caso la golosina lo requiere.

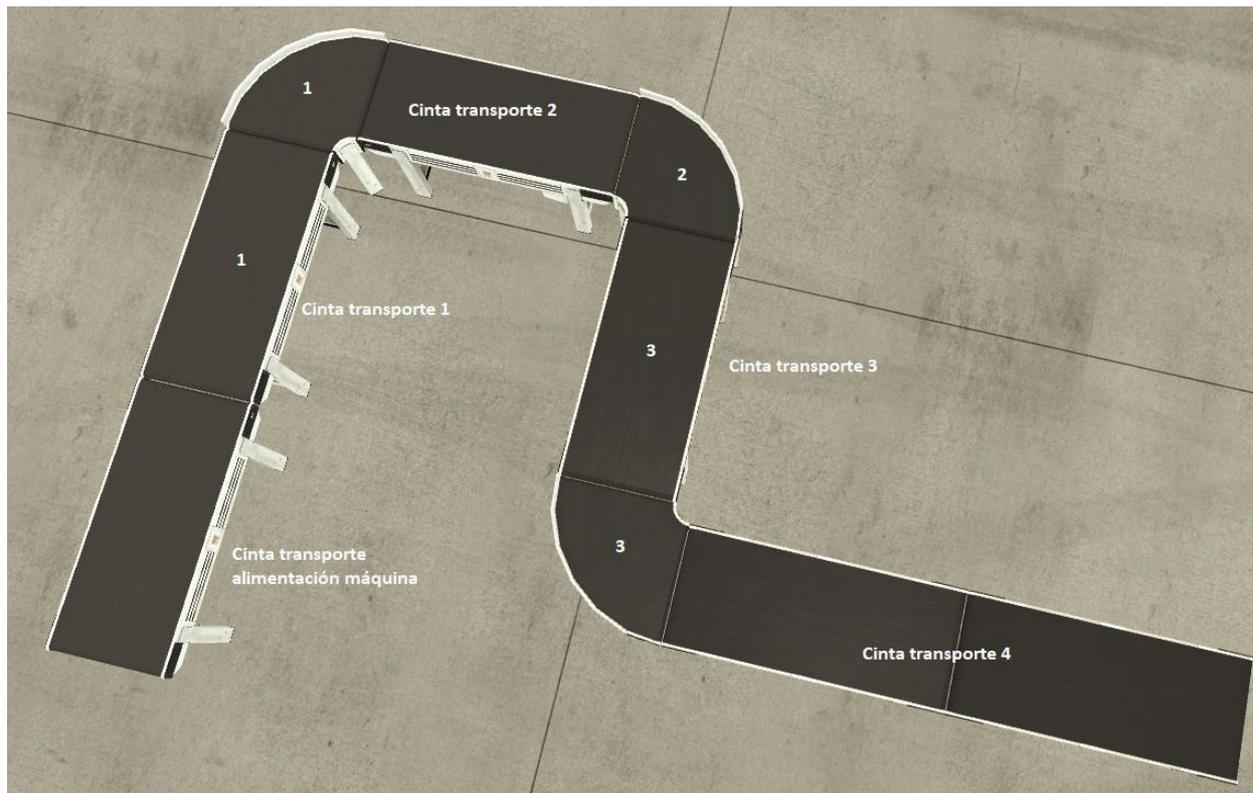
Para que el proceso de alargamiento o acortamiento se puede ejecutar correctamente, dentro del túnel debe haber unos valores de temperatura y humedad óptimas para que las golosinas mantengan las propiedades necesarias que les permita alargarse o acortarse sin llegar a romperse en los pasos de una cinta de transporte a otra. Para conocer estos valores hay instalados unos sensores específicos que nos dan la información necesaria para conocer dichos valores

A continuación, el producto sale del primer túnel en la tercera cinta de transporte y pasa por unos vibradores hasta llegar al segundo túnel. En este paso la finalidad de los vibradores es que las golosinas reciban unos pequeños impulsos por si el producto ha podido quedar algo pegado a las cintas de transporte.

Finalmente nos llegará el producto al segundo túnel, el cual tiene la única finalidad de modificar la morfología del producto, este compuesto por 1 cinta de transporte conectada a su respectivo motor, controlada su velocidad de funcionamiento por un variador de frecuencia. De la misma forma que en el primer túnel la temperatura y humedad que tenemos dentro del túnel deben ser las requeridas por el cliente para un buen funcionamiento. Para ello se instalan unos sensores con la misma finalidad que en túnel 1. Por último, el producto sale con las características solicitadas a la siguiente máquina de la línea de producción.

De todo este procedimiento nos encontramos con que el cliente ya tiene hecha tanto la parte de la instalación mecánica, como la eléctrica. De manera que nos requiere para incorporar el control de la máquina automatizándola y así mejorar la producción optimizando el proceso.

En la Imagen 3.1 podemos ver la distribución de las cintas transportadoras sin tener en cuenta los túneles que las cubren y las dividen, de manera que nos hacemos una idea del trayecto que hace el producto a lo largo de la máquina, desde la cinta transportadora inicial que no controlamos y alimenta el proceso con el producto a tratar, seguida de las 4 cintas que vamos a automatizar.



*Imagen 3.1 Cintas transportadoras*

## 4 Requisitos de funcionamiento

Se nos plantea mejorar la producción en un proceso de alimentación, en particular una máquina instalada en dicho proceso donde el producto llega a 2 túneles de enfriamiento, y modificaremos sus particularidades. El cliente nos facilita los datos del cuadro de control que comandan la máquina y nosotros debemos llevar a cabo la automatización del proceso, mediante un PLC y una pantalla táctil HMI.

Desde el PLC controlaremos todos los componentes de la máquina mediante la ejecución del programa, donde parametrizamos el estado y los valores de trabajo de los componentes de la máquina con el fin de mejorar la producción en este tramo de la línea.

Se requiere de una pantalla táctil HMI donde se lleva a cabo el control de la parametrización del PLC y la monitorización de la automatización, teniendo el control visual y táctil del programa que comanda la máquina con el fin de optimizar el trabajo de los operarios. Para ello ejecutaremos un programa en la HMI, que mediante comunicación ethernet con el PLC nos permite visualizar y acceder a los parámetros del programa de control para comandar el programa del PLC, tanto el estado de los sensores como la modificación de los valores requeridos en los componentes de control. De esta manera, el operario que está trabajando con la HMI es conocedor del estado de actuadores que componen la máquina, facilitando su labor.

El sistema se crea con 2 modos de funcionamiento, manual y automático, estos tendrán diferentes finalidades. El modo manual se utiliza expresamente para que el cliente pueda realizar las tareas de mantenimiento y comprobación del estado del material que compone la máquina, y se ejecutará antes de iniciar la máquina, cuando ha tenido una revisión importante como puede ser la modificación o sustitución de algún componente, y para realizar las pruebas necesarias en caso de que la máquina se haya parado para algún fallo de los componentes. Por otra parte el modo de trabajo automático será el estándar y habitual en el proceso, en función del pedido solicitado el operario puede modificar los valores y parámetros de los componentes que puede controlar y visualizar desde la HMI, activando o desactivando algunos actuadores de la máquina en función de la necesidad, siempre que dichos componentes de la máquina se encuentren dentro de los valores predeterminados, ya que en caso de salirse de estos el operario provocará un fallo que detendrá el proceso por completo y debemos rearmar la máquina revisando que se ha corregido el fallo que provoca la parada.

La máquina a automatizar tiene una serie de señales digitales y analógicas instaladas en el cuadro de control de componentes que detallaremos más adelante. Dichas señales nos ayudarán a la elección del PLC, para ello debemos tener en cuenta el total de los componentes a comandar, que junto a la complejidad del programa que vamos a crear nos facilitará la capacidad de memoria necesaria a soportar por PLC, además de las cartas de expansiones de señales de entradas y salidas añadiremos al PLC para llevar a cabo el programa de control.

Para automatizar tanto el control de temperatura como la humedad, el PLC recibirá las señales analógicas de los sensores instalados en el túnel, en este caso sondas de temperatura y humedad, de manera que el PLC las reciba y comparando con los valores solicitados, se manden señales que activan, si es necesario, una electroválvula, unas resistencias o una turbina instaladas en el túnel, con el objetivo de modificar los parámetros recibidos por las sondas en el PLC de temperatura y

humedad con el fin de obtener los valores solicitados dentro del túnel para que el producto mantenga las propiedades necesarias para el buen funcionamiento del proceso. Todo ello lo tendremos visible desde el panel de control, y podemos modificar los parámetros requeridos de temperatura y humedad que necesitamos dentro del túnel en función del tipo de producto que estamos produciendo, así como activar las salidas del PLC que controlan el estado de los actuadores en todo momento.

En el caso de que cualquier componente de la máquina tenga un fallo la máquina deberá parar por completo y dejar de funcionar hasta que se solucione el fallo y se pueda rearmar el sistema, para ello tanto las señales digitales como las analógicas, nos informan en todo momento del estado en el que se encuentra el material relacionado a estas, de manera que si algún componente se encuentra en estado de error actuará sobre el programa del PLC que detendrá el proceso, simultáneamente nos saltará una alarma en la HMI que nos facilitará la detección del fallo, y poder solucionarlo lo más rápido posible, con el objetivo de actuar sobre el componente en estado de error y que el proceso este el menor tiempo en estado de parada.

En la puerta del cuadro de control el operario además de la pantalla táctil tendrá a su disposición el pulsador de rearme para volver a encender la máquina una vez se haya procedido a eliminar las señales de alarmas corrigiendo los posibles errores que generan la parada de la máquina, y un pulsador de parada de emergencia, por si debe parar la máquina de forma repentina.

En la Imagen 4.1 podemos ver cómo queda el diagrama de funcionamiento de la máquina.

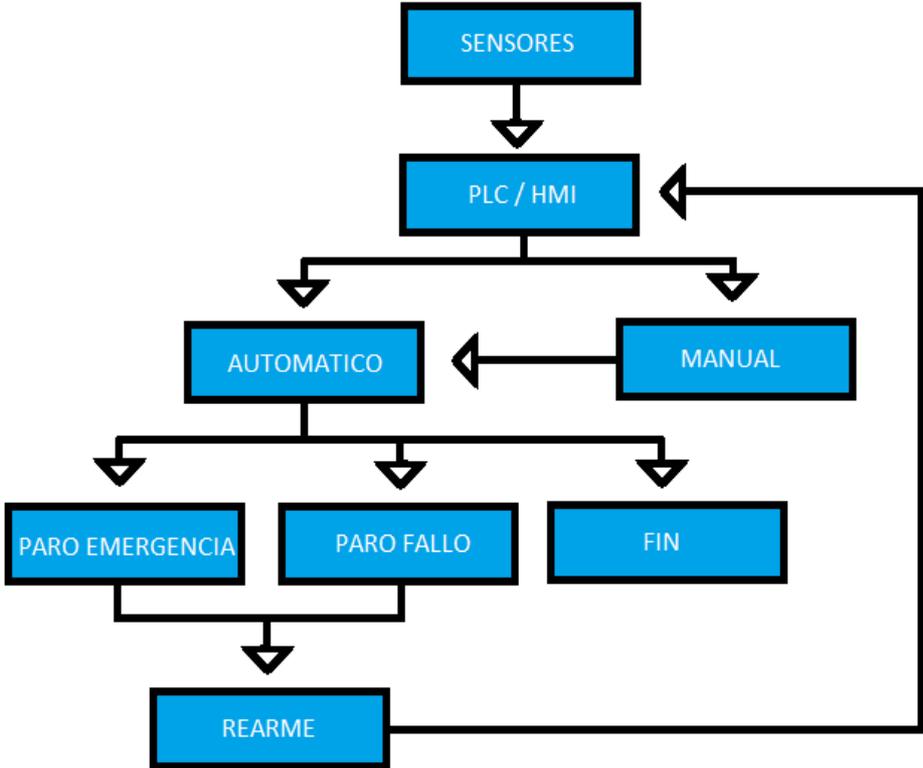


Imagen 4.1 Diagrama de bloques de funcionamiento

# 5 Descripción de la solución elegida

En este apartado se procede a exponer los componentes que forman el proceso, por un lado, los que el cliente tiene instalados en la máquina y por otro los que se encuentran en el cuadro de control. Entraremos en detalle en la parte del material encargada del control de la automatización, que son el conjunto del material que forma el PLC y la pantalla táctil.

Referente al PLC, dentro de la marca que se ha escogido para el control por sentirnos cómodos en el entorno de programación, exponemos los requisitos que debe cumplir en cuanto a número de señales que debe soportar y en función de la capacidad de programa, conectividad y otros requisitos se decide su elección, se presentará las características principales de este.

En la parte del terminal táctil o HMI se presentará las características del modelo seleccionado y seguidamente se explica toda su monitorización paso por paso, presentando todas las pantallas que forman el programa de esta y en cada una de ellas las posibilidades de control que puede ejercer el operario para trabajar sobre el proceso.

## 5.1 Componentes de la máquina

En el siguiente punto vamos a conocer los componentes de la máquina, diferenciando los instalados en la máquina y los que nos encontramos formando el cuadro de control, que se pretenden automatizar y comandan los instalados en la máquina, a estos añadiremos nuestra selección del PLC y el terminal táctil.

El cliente nos hace conocedores de todo el material que ha utilizado tanto en la instalación de la máquina como los elegidos para el cuadro de control, con el fin de poder definir qué autómeta vamos a utilizar en función de la complejidad del programa y de la totalidad de señales que recibe el PLC y las necesarias salientes que haremos actuar sobre los componentes a controlar. Para la elección del HMI no influye que componentes tenga el cuadro y la máquina, ya que esta se comunica con el PLC, la pantalla táctil únicamente está interconectada al PLC, y sólo monitoriza el programa que hemos creado.

La siguiente Tabla 5.1.1 corresponde a los componentes que están instalados en la propia máquina, el cliente nos facilita el listado de los que lo forman, les llamaremos actuadores, ya que son los que están haciendo las acciones directas en el proceso.

Nos encontramos con:

*Tabla 5.1.1 Actuadores máquina*

| Actuadores   | Ud |
|--|----|
| Motor eléctrico para cada cinta transportadora, potencia de 0,75 kW, 1500 rpm, 220/380 V | 4  |
| Transmisor digital de temperatura y humedad para cada túnel                              | 2  |
| Turbina para actuar sobre temperatura y humedad del túnel                                | 2  |
| Resistencia para actuar sobre temperatura y humedad del túnel                            | 2  |
| Electroválvulas para actuar sobre temperatura y humedad del túnel                        | 2  |
| Vibradores en la unión de los túneles  | 2  |

Seguidamente, entramos en detalle en el cuadro de control, que está compuesto por un armario eléctrico donde se instalará todo el material necesario para llevar a cabo la automatización de la máquina a mejorar la producción, que a continuación detallamos separando el material que nos aporta el cliente en el cuadro de control y el que nosotros tenemos que añadir para la automatización, junto a 2 imágenes donde podemos ver el cuadro por dentro con el material colocado y la puerta del armario con los mandos de control.

El material que el cliente ha instalado en el cuadro de control lo vamos a separar por funcionalidad y se expone en las siguientes Tabla 5.1.2 y Tabla 5.1.3.

Tabla 5.1.2 Material cuadro control 1

| Cuadro de control  | Ud  |
|--|-----|
| Armario metálico y placa montaje 1200x800x400 mm (alt/anch/prof) | 1   |
| Canal ranurada para cable 42x60 mm (ancho/profundo)              | 10m |
| Pulsador parada emergencia                                       | 1   |
| Etiqueta parada emergencia                                       | 1   |
| Piloto blanco señalización blanco                                | 1   |
| Led blanco para piloto a 24 V                                    | 1   |
| Pulsador luminoso de rearme                                      | 1   |
| Led azul para rearme a 24 V                                      | 1   |
| Adaptadores para montaje pulsantería                             | 3   |
| Cámaras de contacto abierto                                      | 1   |
| Cámaras de contacto cerrado                                      | 2   |
| Pegatina riesgo eléctrico  | 1   |
| Guía carril DIN  | 6 m |
| Relé estado sólido 15 amperios                                   | 2   |
| Relé industrial 2 contactos a 24 V                               | 16  |
| Zócalo para relé de 2 contactos                                  | 16  |
| Repartidos de corriente  | 1   |
| Borne conexión 2,5 mm beige                                      | 30  |
| Borne conexión 2,5 mm toma tierra                                | 4   |
| Borne conexión 10 mm beige                                       | 4   |
| Borne conexión 10 mm toma tierra                                 | 1   |
| Fuente alimentación 120 W 5 amperios salida 24 V cc              | 1   |
| Módulo de seguridad  | 1   |
| Baliza de 3 colores y señal acústica                             | 1   |

El material que se define a continuación también está montado en el cuadro de control

*Tabla 5.1.3 Material cuadro control 2*

| Variadores y protecciones                                   | Ud |
|---|----|
| Variadores 0,75 kW 380-480 V                                | 4  |
| Filtro entrada para variadores 400 V 5 A                    | 4  |
| Diferencial 80 Amperios 4 polos 300 mA                      | 1  |
| Interruptor general 125 amperios con manivela accionamiento | 1  |
| Magnetotérmico 6 amperios 2 polos curva C                   | 1  |
| Magnetotérmico 10 amperios 3 polos curva C                  | 4  |
| Arrancador motor 4 amperios                                 | 2  |
| Magnetotérmico 32 amperios 3 polos curva C                  | 2  |
| Arrancador motor 0.25 amperios                              | 1  |

A continuación, en la Tabla 5.1.4 definiremos el material para el control de la automatización que se instalará dentro del cuadro de control.

*Tabla 5.1.4 Componentes control*

| PLC + HMI   | Ud |
|---|----|
| Fuente alimentación del PLC                             | 1  |
| Autómata memoria 5 k pasos con conexión ethernet        | 1  |
| Carta expansión 16 entradas digitales                   | 2  |
| Carta expansión 16 salidas digitales                    | 2  |
| Carta expansión 4 entradas analógicas resolución 1/8000 | 1  |
| Carta expansión 8 salidas analógicas resolución 1/8000  | 1  |
| Pantalla táctil HMI 10" con conexión ethernet           | 1  |

En la Figura 5.1.1 se puede ver el interior del cuadro de mando diseñado con el material distribuido.



*Figura 5.1.1 Cuadro de mano*

En la Figura 5.1.2 se puede ver el exterior de la puerta del cuadro de mando con las señalizaciones que tiene a mano el operario y el panel de control desde el cual inspeccionará el estado de los elementos que forman la máquina.



*Figura 5.1.2 Puerta cuadro control*

## 5.2 PLC

En este apartado explicaremos la elección del modelo de autómatas utilizado para la programación que hemos llevado a cabo en el proceso con el fin de mejorar el funcionamiento de la máquina. Para la programación se han utilizado dos tipos de lenguajes, texto estructurado (ST) y diagrama de bloques de funciones (FBD), en el Anexo 1 tenemos el archivo con la presentación de la programación detallada del PLC.

El lenguaje de programación de texto estructurado es muy parecido al lenguaje C. Es muy cómodo dentro de los distintos tipos de lenguajes de programación, ya que es rápido de manejar para los programas y acciones que no requieren largas ramificaciones. Se divide en secciones para diferenciar cada parte del programa mejorando su estructura. Permite al operador o programador que se conecta al PLC una fácil lectura y comprensión del programa de forma visual.

El lenguaje de diagrama de funciones, permite la programación mediante bloques de funciones, funciona asemejándose a un circuito eléctrico. Los bloques de funciones se pueden representar mediante funciones lógicas, y son muy útiles en el caso de utilizar en nuestra programación bloques ya programados, también llamados bloques programables ‘con memoria’ de funciones complejas que se utilizan a lo largo del programa, vienen siendo todo tipo de contadores, temporizadores, generadores de pulsos, etc.

Antes de entrar con la elección del controlador, vamos a mostrar las señales que nos llegan al PLC desde la máquina y las señales que el PLC debe emitir para controlar los actuadores, de manera que nos podamos generar una tabla de direccionamiento en el programa del PLC con dichas señales. De esta manera nos hacemos un listado de los elementos que intervienen en el PLC y junto a la complejidad del programa ya podemos determinar qué modelo elegir.

En la máquina observamos tanto señales digitales como analógicas que pueden ser de entradas y de salidas. Las señales digitales sólo pueden tomar valores o estados definidos, abierto o cerrado, encendido o apagado. Sin embargo, las señales analógicas presentan una constante variación del valor dentro de su intervalo de posibles valores.

Las señales digitales de entradas son un total de 22, son las que nos llegan de la máquina al cuadro de control, y nos permite conocer el estado de los actuadores y los sensores, son las siguientes:

- Protección de motor de las turbinas, una por túnel (2)
- Contactores funcionamiento turbinas, una por túnel (2)
- Protecciones resistencias, una por túnel (2)
- Contactores funcionamiento vibradores (2)
- Protección de motores de los vibradores (2)
- Funcionamiento de los variadores, una para cada variador (4)
- Incrementar velocidad variadores por túnel, todos a la vez desde pulsador HMI, una señal por túnel (2)
- Decrementar velocidad variadores por túnel, todos a la vez desde pulsador HMI, una señal por túnel (2)
- Vibradores (2)
- Señal rearme módulo seguridad (1)
- Señal de emergencia (1)

Las señales digitales de salidas son un total de 20, y son las señales que se comandan desde el PLC con la funcionalidad de activar o desactivar los actuadores instalados en la máquina, que detallamos a continuación:

- Contactores activan turbinas túneles (2)
- Activar resistencias túneles (2)
- Contactores activan vibradores (2)
- Variadores, marcha o paro independientemente (8)
- Activación baliza de 3 colores más elemento acústico (4)
- Piloto rearme (1)
- Máquina en estado OK para funcionamiento (1)

También tenemos señales analógicas de entradas y salidas que como hemos adelantado tienen una pequeña variación constante dentro de su rango de valores. Las señales de entradas analógicas que nos llegan al cuadro de control, en concreto al módulo de expansión de entradas analógicas del PLC, son recibidas por los sensores de temperatura y humedad instalados en cada túnel, siendo un total de 4.

Mientras tanto las señales de salidas analógicas que se emiten desde el cuadro de control, en concreto desde el módulo de expansión de salidas analógicas instalado en el PLC, son un total de 6 señales, con 4 de ellas controlaremos las velocidades de los variadores, señales que pueden variar en función de la velocidad que necesitamos en las cintas que controlan los variadores, y otras 2 señales de salidas que modifican la potencia de las electroválvulas en cada túnel en función del valor requerido para cada una de ellas.

El autómatas seleccionado para la programación del proceso es de la marca Omron, se trata de la familia de CJ2, que son los autómatas modulares. Se les llama modulares porque el PLC está compuesto por un grupo de elementos separados. Estos son la CPU, la fuente de alimentación y los módulos que se necesitan para las señales de entradas y salidas. Estos tienen la ventaja que pueden ampliarse en el tiempo, de manera que permiten que un proceso que se tenga pensado ampliar no suponga un problema, ya que tendremos la solución de añadir los módulos que se deseen, teniendo en cuenta la capacidad de la CPU.

En concreto el conjunto de PLC modular seleccionado está compuesto por los siguientes elementos:

- 1 CPU, CJ2M-CPU31.
- 1 Fuente de alimentación, CJ1W-PA202.
- 2 módulos de entradas digitales, CJ1W-ID211.
- 2 módulos de salidas digitales, CJ1W-OD212.
- 1 módulo de entradas analógicas, CJ1W-AD041V1NL.
- 1 módulo de salidas analógicas, CJ1W-DA08VOT.

Las especificaciones de la CPU se detallan en la siguiente Tabla 5.2.1

Tabla 5.2.1 Especificaciones CPU

|                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Capacidad de programa             | 25 k pasos                     |
| Capacidad de memoria de datos     | 64 k palabras                  |
| Tiempo de ejecución lógica        | 0.04 microsegundos             |
| Máximo número de expansiones      | 40                             |
| Máximo número local de puntos E/S | 2560                           |
| Puertos de comunicación           | Ethernet/IP, Ethernet/TCP, USB |
| Peso                              | 190g                           |

Estos valores los hemos sacado del manual del producto, del cual os enseñamos las siguientes Figura 5.2.1, Figura 5.2.2, Figura 5.2.3, Figura 5.2.4, Figura 5.2.5 y Figura 5.2.6

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

Figura 5.2.1 Características CPU

## Especificaciones generales

| Elemento  | CJ2H-  |  |             |             |             | CJ2M-  |                            |
|---|--|--|-------------|-------------|-------------|--|----------------------------|
|   | CPU64(-EIP)  | CPU65(-EIP)  | CPU66(-EIP) | CPU67(-EIP) | CPU68(-EIP) | CPU1_  | CPU3                       |
| Alojamiento                                       | Instalación en panel   |  |             |             |             |  |                            |
| Conexión a tierra                                 | Menos de 100 Ω   |  |             |             |             |  |                            |
| Dimensiones del bastidor de CPU en mm (H x A x F) | CJ2H-CPU6_-EIP: 90 x 65 x 80<br>CJ2H-CPU6_: 90 x 65 x 49       |  |             |             |             | 90 x 75 x 31   | 90 x 75 x 62               |
| Peso  | CJ2H-CPU6_-EIP: 280 g o menos<br>CJ2H-CPU6_: 190 g o menos     |  |             |             |             | 130 g o menos  | 190 g o menos <sup>1</sup> |
| Consumo de corriente                              | CJ2H-CPU6_-EIP: 5 Vc.c., 0,82 A<br>CJ2H-CPU6_: 5 Vc.c., 0,42 A |  |             |             |             | 5 Vc.c., 0,5 A                                       | 5 Vc.c., 0,7 A             |
| Entorno de uso                                    | Temperatura ambiente de funcionamiento                         | 0 a 55°C   |             |             |             |  |                            |
|   | Humedad ambiente de funcionamiento                             | 10% a 90%  |             |             |             |  |                            |
|   | Atmósfera  | Debe estar libre de gases corrosivos.  |             |             |             |  |                            |
|   | Temperatura ambiente de almacenamiento                         | -20 a 70°C (sin incluir la batería)  |             |             |             |  |                            |
|   | Altitud  | 2.000 m o menos  |             |             |             |  |                            |
|   | Grado de contaminación   | 2 o menor: compatible con JIS B3502 e IEC 61131-2.   |             |             |             |  |                            |
|   | Inmunidad al ruido   | 2 kV en línea de la fuente de alimentación (conforme a IEC 61000-4-4).   |             |             |             |  |                            |
|   | Categoría de sobretensión                                      | Categoría II: compatible con JIS B3502 e IEC 61131-2.  |             |             |             |  |                            |
|   | Nivel de inmunidad EMC   | Zona B   |             |             |             |  |                            |
|   | Resistencia a vibraciones                                      | Conforme con IEC60068-2-6.<br>5 a 8,4 Hz con 3,5 mm de amplitud, 8,4 a 150 Hz<br>Aceleración de 9,8 m/s <sup>2</sup> para 100 min. en direcciones X, Y y Z (10 barridos de 10 min. cada uno = 100 min. en total) |             |             |             |  |                            |
| Batería   | Vida útil  | 5 años a 25°C  |             |             |             |  |                            |
|   | Modelo   | CJ1W-BAT01   |             |             |             |  |                            |
| Normas aplicables                                 | Compatible con las Directivas cULus, CE, NK y LR.              |  |             |             |             | Compatible con las normas cULus y las Directivas CE. |                            |

Figura 5.2.2 Características CPU

## 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 μs <sup>1</sup><br>CJ2H-CPU_: 100 μs  |   |  |             |                               | Modo normal: CJ2M-CPU3_: 270 μs <sup>1</sup><br>CJ2M-CPU1_: 160 μs             |  |   |           |  |  |
|   | Tiempo de ejecución  | Instrucciones básicas: 0,016 μs min.;<br>Instrucciones especiales: 0,048 μs min.  |   |  |             |                               | Instrucciones básicas: 0,04 μs min.;<br>Instrucciones especiales: 0,06 μs min. |  |   |           |  |  |
|   | Interrupciones   | Interrupciones de E/S e interrupciones externas   | Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 26 μs ó 17 μs <sup>2</sup><br>(30 μs para versión de unidad 1,0)<br>Tiempos de retorno con las tareas cíclicas: 11 μs u 8 μs <sup>2</sup><br>(15 μs para versión de unidad 1,0) |  |             |                               |  | Tiempo de inicio de la tarea de interrupción: 31 μs<br>Tiempos de retorno a las tareas cíclicas: 10 μs |   |           |  |  |
|   |  |   | Interrupciones programadas  | Intervalo de tiempo mínimo: 0,2 ms o 0,1 ms <sup>2</sup><br>(en incrementos de 0,1 ms) |             |                               |  |  | Intervalo de tiempo mínimo: 0,4 ms (en incrementos de 0,1 ms) |           |  |  |
| Número máximo de unidades conectables               | Total por bastidor de CPU o bastidor expansor: 10 unidades máx.;<br>Total por PLC: 40 unidades máx.  |   |   |  |             |                               |  |  |   |           |  |  |
|   | Unidades de E/S básicas  | Ilimitado<br>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.<br>CJ2H-CPU6_: 16 unidades máx.  |   |  |             |                               | CJ2M-CPU3_: 15 unidades máx.<br>CJ2M-CPU1_: 16 unidades máx.                   |  |   |           |  |  |
| Slots para los que pueden utilizarse interrupciones | CJ2H-CPU6_-EIP: Ranuras 0 a 3 en bastidor CPU<br>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<br>37.504 bits (2.344 canales): canales CIO 3800 a CIO 6143<br>No pueden utilizarse para E/S externas. |   |   |  |             |                               |  |  |   |           |  |  |
|   | Área de trabajo  | 8.192 bits (512 canales): canales W000 a W511<br>No pueden utilizarse para E/S externas.  |   |  |             |                               |  |  |   |           |  |  |

Figura 5.2.3 Características CPU

| 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<br>Los bits de este área conservan su estado ON/OFF al apagar el PLC o al cambiar el modo de operación.<br>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)<br>• 7.168 bits (448 canales): canales A0 hasta A447<br>• 24.576 bits (1.536 canales): canales A10000 a A11535 <sup>3</sup><br>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><br>• Canales de área DM para unidades de E/S especiales: entre D20000 y D29599 (100 canales × 96 unidades).<br>• Canales del área DM para unidades de bus de CPU: entre D30000 y D31599 (100 canales × 16 unidades)   |                        |                         |                         |                         |  |
| Área EM  | 32 Kcanales/banco × 25 bancos máx.:<br>E00_00000 a E18_32767 máx. <sup>4,5</sup>   |                        |                         |                         |                         | 32 Kcanales/banco × 4 bancos máx.:<br>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 | 32 Kcanales × 1 banco  |
| 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   |
|  | 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<br>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.<br>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.<br>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)<br>Diagramas funcionales secuenciales (SFC)<br>Texto estructurado (ST)<br>Listas de instrucciones (IL)  |                        |                         |                         |                         |  |

Figura 5.2.4 Características CPU

|                      |   |  |            |       |
|----------------------|---|--|------------|-------|
| 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<br>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<br>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.<br>Símbolos globales: pueden utilizarse en todas las tareas en el PLC.<br>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)<br>UINT (binario de canal simple sin signo)<br>UDINT (binario de canal doble sin signo)<br>ULINT (binario de canal cuádruple sin signo)<br>INT (binario de canal simple con signo)<br>DINT (binario de canal doble con signo)<br>LINT (binario de canal cuádruple con signo)<br>UINT BCD (BCD de canal simple sin signo) <sup>7</sup><br>UDINT BCD (BCD de canal doble sin signo) <sup>7</sup><br>ULINT BCD (BCD de canal cuádruple sin signo) <sup>7</sup><br>REAL (coma flotante de canal doble)<br>LREAL (coma flotante de canal cuádruple)<br>CHANNEL (canal)<br>NUMBER (constante o número)<br>WORD (hexadecimal de canal simple)<br>DWORD (hexadecimal de canal doble)<br>LWORD (hexadecimal de canal cuádruple)<br>STRING (de 1 a 255 caracteres ASCII)<br>TIMER (temporizador) <sup>8</sup><br>COUNTER (contador) <sup>8</sup><br>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  |            |       |

Figura 5.2.5 Características CPU

| 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<br>Comparación de datos del canal especificado<br>Tamaño de datos: 1 canal, 2 canales, 4 canales<br>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).<br>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   |          |          |          |          |

Figura 5.2.6 Características CPU

En el cuadro de control tenemos 230 V en corriente alterna para alimentar los componentes, de manera que la fuente de alimentación debe tener un rango de entrada que soporte la tensión dicha, y no es necesario que tenga mucha potencia, ya que no está previsto añadirle a la CPU muchos módulos de expansiones. Teniendo en cuenta estas 2 objeciones, la fuente de alimentación CJ1W-PA202 ha sido seleccionado a partir de este cuadro que os mostramos en Figura 5.2.7 de posibles fuentes de alimentación de la familia de 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                 |
|-------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------|----------------------------|
| 21,6 a 26,4 Vc.c.             | 35 W máx.   | 2,0 A                         | 0,4 A                          | 16,6 W                  | –   | 27 mm          | CJ1W-PD022                 |
| 19,2 a 28,8 Vc.c.             | 50 W máx.   | 5,0 A                         | 0,8 A                          | 25 W                    | –   | 60 mm          | CJ1W-PD025                 |
| 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                 |
|                               | 100 VA máx. | 5,0 A                         | 0,8 A                          | 25 W                    | Salida de ejecución (relé SPST)<br>Display de estado de mantenimiento | 80 mm<br>80 mm | CJ1W-PA205R<br>CJ1W-PA205C |

Figura 5.2.7 Fuente alimentación CPU

Referente a la elección de los módulos de expansiones para añadir a la CPU, debemos tener en cuenta todas las señales detalladas anteriormente en este apartado y seleccionar módulos que no estén cubiertos en su totalidad por si en un futuro se requiere de añadir algunas señales al procedimiento no haga falta comprar más módulos al conjunto del PLC, y con los que estamos trabajando podamos hacer las modificaciones solicitadas.

A continuación, os presentamos las tablas donde están presentes todos los módulos de expansiones posibles y marcamos los seleccionados.

De la Figura 5.2.8 que muestra las expansiones de entradas y salidas digitales seleccionamos CJ1W-ID211 y CJ1W-OD212.

### Información general

| Puntos  | Tipo                           | Tensión nominal  | Corriente nominal | Ancho | Observaciones  | Tipo de conexión <sup>*1</sup> | Referencia                    |
|---------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------|--|--------------------------------|-------------------------------|
| 16      | Entrada de c.a.                | 120 Vc.a.        | 7 mA              | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-IA111                    |
| 8       | Entrada de c.a.                | 240 Vc.a.        | 10 mA             | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-IA201                    |
| 8       | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 10 mA             | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-ID201                    |
| 16      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 7 mA              | 31 mm | –  | M3<br>Screwless                | CJ1W-ID211<br>CJ1W-ID211(SL)  |
| 16      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 7 mA              | 31 mm | Respuesta rápida (15 µs ON, 90 µs OFF)                               | M3                             | CJ1W-ID212                    |
| 16      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 7 mA              | 31 mm | Las entradas inician las tareas de interrupción del programa del PLC | M3                             | CJ1W-INT01                    |
| 16      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 7 mA              | 31 mm | Detecta pulsos de hasta 50 µs de ancho de pulso                      | M3                             | CJ1W-IDP01                    |
| 32      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 4,1 mA            | 20 mm | –  | 1 x Fujitsu                    | CJ1W-ID231                    |
| 32      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 4,1 mA            | 20 mm | –  | 1 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-ID232                    |
| 32      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 4,1 mA            | 20 mm | Respuesta rápida (15 µs ON, 90 µs OFF)                               | 1 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-ID233                    |
| 64      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 4,1 mA            | 31 mm | –  | 2 x Fujitsu                    | CJ1W-ID261                    |
| 64      | Entrada de c.c.                | 24 Vc.c.         | 4,1 mA            | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-ID262                    |
| 8       | Salida Triac                   | 250 Vc.a.        | 0,6 mA            | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-OA201                    |
| 8       | Salida de relé                 | 250 Vc.a.        | 2 A               | 31 mm | –  | M3<br>Screwless                | CJ1W-OC201<br>CJ1W-OC201(SL)  |
| 16      | Salida de relé                 | 250 Vc.a.        | 2 A               | 31 mm | –  | M3<br>Screwless                | CJ1W-OC211<br>CJ1W-OC211(SL)  |
| 8       | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 2 A               | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-OD201                    |
| 8       | Salida de c.c. (PNP)           | 24 Vc.c.         | 2 A               | 31 mm | Con protección contra cortocircuito y alarma                         | M3                             | CJ1W-OD202                    |
| 8       | Salida de c.c. (NPN)           | De 12 a 24 Vc.c. | 0,5 A             | 31 mm | –  | M3                             | CJ1W-OD203                    |
| 8       | Salida de c.c. (PNP)           | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | Con protección contra cortocircuito y alarma                         | M3                             | CJ1W-OD204                    |
| 16      | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 0,5 A             | 31 mm | –  | M3<br>Screwless                | CJ1W-OD211<br>CJ1W-OD211 (SL) |
| 16      | Salida de c.c. (PNP)           | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | Con protección contra cortocircuito y alarma                         | M3<br>Screwless                | CJ1W-OD212<br>CJ1W-OD212 (SL) |
| 16      | Salida de c.c. (NPN)           | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | Respuesta rápida (15 µs ON, 80 µs OFF)                               | M3                             | CJ1W-OD213                    |
| 32      | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 0,5 A             | 20 mm | –  | 1 x Fujitsu                    | CJ1W-OD231                    |
| 32      | Salida de c.c. (PNP)           | 24 Vc.c.         | 0,3 A             | 20 mm | Con protección contra cortocircuito y alarma                         | 1 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-OD232                    |
| 32      | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 0,5 A             | 20 mm | –  | 1 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-OD233                    |
| 32      | Salida de c.c. (NPN)           | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 20 mm | Respuesta rápida (15 µs ON, 80 µs OFF)                               | 1 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-OD234                    |
| 64      | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 0,3 A             | 31 mm | –  | 2 x Fujitsu                    | CJ1W-OD261                    |
| 64      | Salida de c.c. (PNP)           | 24 Vc.c.         | 0,3 A             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-OD262                    |
| 64      | Salida de c.c. (NPN)           | de 12 a 24 Vc.c. | 0,3 A             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-OD263                    |
| 16 + 16 | Entrada + salida de c.c. (NPN) | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | –  | 2 x Fujitsu                    | CJ1W-MD231                    |
| 16 + 16 | Entrada + salida de c.c. (PNP) | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (20 pt)   | CJ1W-MD232                    |
| 16 + 16 | Entrada + salida de c.c. (NPN) | 24 Vc.c.         | 0,5 A             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (20 pt)   | CJ1W-MD233                    |
| 32 + 32 | Entrada + salida de c.c.       | 24 Vc.c.         | 0,3 A             | 31 mm | –  | 2 x Fujitsu                    | CJ1W-MD261                    |
| 32 + 32 | Entrada + salida de c.c. (NPN) | 24 Vc.c.         | 0,3 A             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-MD263                    |
| 32 + 32 | Entrada + salida de c.c. (TLL) | 5 Vc.c.          | 35 mA             | 31 mm | –  | 2 x ML <sup>*1</sup> (40 pt)   | CJ1W-MD563                    |

Figura 5.2.8 Expansiones señales digitales CPU

En la Figura 5.2.9 se muestra las expansiones de analogía, seleccionamos la CJ1W-AD041-V1 y CJ1W-DA08V.

| Puntos | Tipo                                | Rangos  | Resolución                                | Precisión *1                                 | Tiempo de conversión | Ancho | Observaciones   | Tipo de conexión | Referencia         |
|--------|-------------------------------------|---|---|--|----------------------|-------|---|------------------|--------------------|
| 4      | Entrada analógica universal         | 0 a 5 V<br>1 a 5 V<br>0 a 10 V<br>0 a 20 mA<br>4 a 20 mA<br>K, J, T, L, R, S, B<br>Pt100, Pt1000,<br>JPT100 | V/I: 1/12.000<br>T/C: 0,1°C<br>RTD: 0,1°C | V: 0,3%<br>E: 0,3%<br>T/C: 0,3%<br>RTD: 0,3% | 250 ms/<br>4 puntos  | 31 mm | Entradas universales, con ajuste de cero/<br>ancho, alarmas configurables, escalado,<br>detección de errores de sensor  | M3               | CJ1W-AD04U         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-AD04U(SL)     |
| 4      | Entrada analógica                   | 0 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V,<br>4 a 20 mA   | 1/8.000                                   | V: 0,2%<br>I: 0,4%                           | 250 µs/punto         | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención del valor<br>de pico, media, alarmas   | M3               | CJ1W-AD041-V1      |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-AD041-V1 (SL) |
| 4      | Entrada analógica de alta velocidad | 1 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-5 a 5 V,<br>-10 a 10 V,<br>4 a 20 mA  | 1/40.000                                  | V: 0,2%<br>I: 0,4%                           | 35 µs/4 puntos       | 31 mm | Conversión directa (instrucción especial CJ2H)  | M3               | CJ1W-AD042         |
| 8      | Entrada analógica                   | 1 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V,<br>4 a 20 mA   | 1/8.000                                   | V: 0,2%<br>I: 0,4%                           | 250 µs/punto         | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención del valor<br>de pico, media, alarmas   | M3               | CJ1W-AD081-V1      |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-AD081-V1 (SL) |
| 2      | Salida analógica                    | 0 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V,<br>4 a 20 mA   | 1/4.000                                   | V: 0,3%<br>I: 0,5%                           | 1 ms/punto           | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención de salida  | M3               | CJ1W-DA021         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-DA021 (SL)    |
| 4      | Salida analógica                    | 1 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V,<br>4 a 20 mA   | 1/4.000                                   | V: 0,3%<br>I: 0,5%                           | 1 ms/punto           | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención de salida  | M3               | CJ1W-DA041         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-DA041 (SL)    |
| 4      | Alta velocidad salida analógica     | 1 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V   | 1/40.000                                  | 0,3%   | 35 µs/4 puntos       | 31 mm | Conversión directa (instrucción especial CJ2H)  | M3               | CJ1W-DA042V        |
| 8      | Salida de tensión                   | 0 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V   | 1/8.000                                   | 0,3%   | 250 µs/punto         | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención de salida  | M3               | CJ1W-DA08V         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-DA08V (SL)    |
| 8      | Salida de corriente                 | 4 a 20 mA   | 1/8.000                                   | 0,5%   | 250 µs/punto         | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, retención de salida  | M3               | CJ1W-DA08C         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-DA08C (SL)    |
| 4 + 2  | Entrada + salida analógica          | 1 a 5 V,<br>0 a 10 V,<br>-10 a 10 V,<br>1 a 5 V,<br>4 a 20 mA   | 1/8.000                                   | entrada: 0,2%<br>salida: 0,3%                | 1 ms/punto           | 31 mm | Ajuste de offset/ganancia, escalado,<br>retención del valor de pico, media, alarmas,<br>retención de salida   | M3               | CJ1W-MAD42         |
|        |                                     |   |   |  |                      |       |   | Screwless        | CJ1W-MAD42 (SL)    |
| 4      | Entrada analógica universal         | Tensión de c.c.,<br>Corriente c.c.<br>Termopar,<br>Pt100/Pt1000,<br>potenciometro                           | 1/256.000                                 | 0,05%  | 60 ms/4 puntos       | 31 mm | Todas las entradas aisladas individualmente,<br>alarmas configurables, funciones de<br>mantenimiento, escalado definido por<br>el usuario, ajuste de cero/ancho | M3               | CJ1W-PH41U         |

Figura 5.2.9 Expansiones señales analógicas CPU

Por último, vamos a definir el direccionamiento a cada señal que tendremos luego en la programación de la CPU, que se resume y expone en las siguientes Tabla 5.2.2, Tabla 5.2.3 y Tabla 5.2.4.

*Tabla 5.2.2 Direccionamiento entradas digitales*

| ENTRADAS DIGITALES                       | DIRECCIONAMIENTO PLC (AREA CIO) |
|--|---------------------------------|
| Guardamotor turbina 1                    | 0.00                            |
| Contactador turbina 1                    | 0.01                            |
| Protección resistencia 1                 | 0.02                            |
| Variador cinta 1 (túnel 1)               | 0.03                            |
| Variador cinta 2 (túnel 1)               | 0.04                            |
| Variador cinta 3 (túnel 1)               | 0.05                            |
| Puls. Incr. Velocidad variadores túnel 1 | 0.06                            |
| Puls. Decr. Velocidad variadores túnel 1 | 0.07                            |
| Guardamotor turbina 2                    | 0.08                            |
| Contactador turbina 2                    | 0.09                            |
| Protección resistencia 2                 | 0.10                            |
| Variador cinta 4 (túnel 2)               | 0.11                            |
| Puls. Incr. Velocidad Variador cinta 4   | 0.12                            |
| Puls. Decr. Velocidad Variador cinta 4   | 0.13                            |
| Vibrador 1                               | 0.14                            |
| Vibrador 2                               | 0.15                            |
| Contactador vibrador 1                   | 1.00                            |
| Contactador vibrador 2                   | 1.01                            |
| Guardamotor vibrador 1                   | 1.02                            |
| Emergencia OK                            | 1.03                            |
| Guardamotor vibrador 2                   | 1.04                            |
| Rearme módulo seguridad                  | 1.05                            |

*Tabla 5.2.3 Direccionamiento salidas digitales*

| SALIDAS DIGITALES      | DIRECCIONAMIENTO PLC (AREA CIO) |
|------------------------|---------------------------------|
| Contactador turbina 1  | 2.00                            |
| Relé resistencia 1     | 2.01                            |
| Run Variador cinta 1   | 2.02                            |
| Reset Variador cinta 1 | 2.03                            |
| Run Variador cinta 2   | 2.04                            |
| Reset Variador cinta 2 | 2.05                            |
| Run Variador cinta 3   | 2.06                            |
| Reset Variador cinta 3 | 2.07                            |
| Contactador turbina 2  | 2.08                            |
| Relé resistencia 2     | 2.09                            |
| Run Variador cinta 4   | 2.10                            |
| Reset Variador cinta 4 | 2.11                            |
| Contactador vibrador 1 | 2.12                            |
| Contactador vibrador 2 | 2.13                            |
| Línea OK               | 3.00                            |
| Piloto rojo            | 3.01                            |
| Piloto verde           | 3.02                            |
| Piloto ámbar           | 3.03                            |
| Zumbador               | 3.04                            |
| Piloto rearme          | 3.08                            |

*Tabla 5.2.4 Direccionamiento señales analógicas*

| ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS  | DIRECCIONAMIENTO PLC<br>(AREA CIO ESPECIALES) |
|--------------------------------|---|
| IN Temperatura túnel 1         | 2001  |
| IN Humedad túnel 1             | 2002  |
| IN Temperatura túnel 2         | 2003  |
| IN Humedad túnel 2             | 2004  |
| OUT Electroválvula túnel 1     | 2011  |
| OUT Velocidad variador cinta 1 | 2012  |
| OUT Velocidad variador cinta 2 | 2013  |
| OUT Velocidad variador cinta 3 | 2014  |
| OUT Electroválvula túnel 2     | 2015  |
| OUT Velocidad variador cinta 4 | 2016  |

### 5.3 HMI

Se requiere de una HMI o panel de control que ayude a visualizar y tener el control de todos los componentes de la máquina de una manera rápida y sencilla, facilitando la labor del operario en el control de la máquina. Por ello, ejecutaremos un programa en un panel de control según las peticiones del cliente, donde se visualizan los componentes principales del proceso que se quieren automatizar

La HMI mediante comunicación ethernet interfiere en el programa del PLC comandando a este, en el programa creado en la HMI crearemos unos iconos que se direccionan con las señales y los valores internos del programa del PLC, consiguiendo una comunicación entre ellos que nos permite dar y modificar los valores solicitados en los actuadores del proceso.

El panel de control que vamos a utilizar en este proceso es de la marca Omron, concretamente de la serie NB, que son pantallas táctiles TFT de más de 65.000 colores y alta calidad LED. En la siguiente Figura 5.3.1 apreciamos las posibles conectividades que presentan las pantallas táctiles.

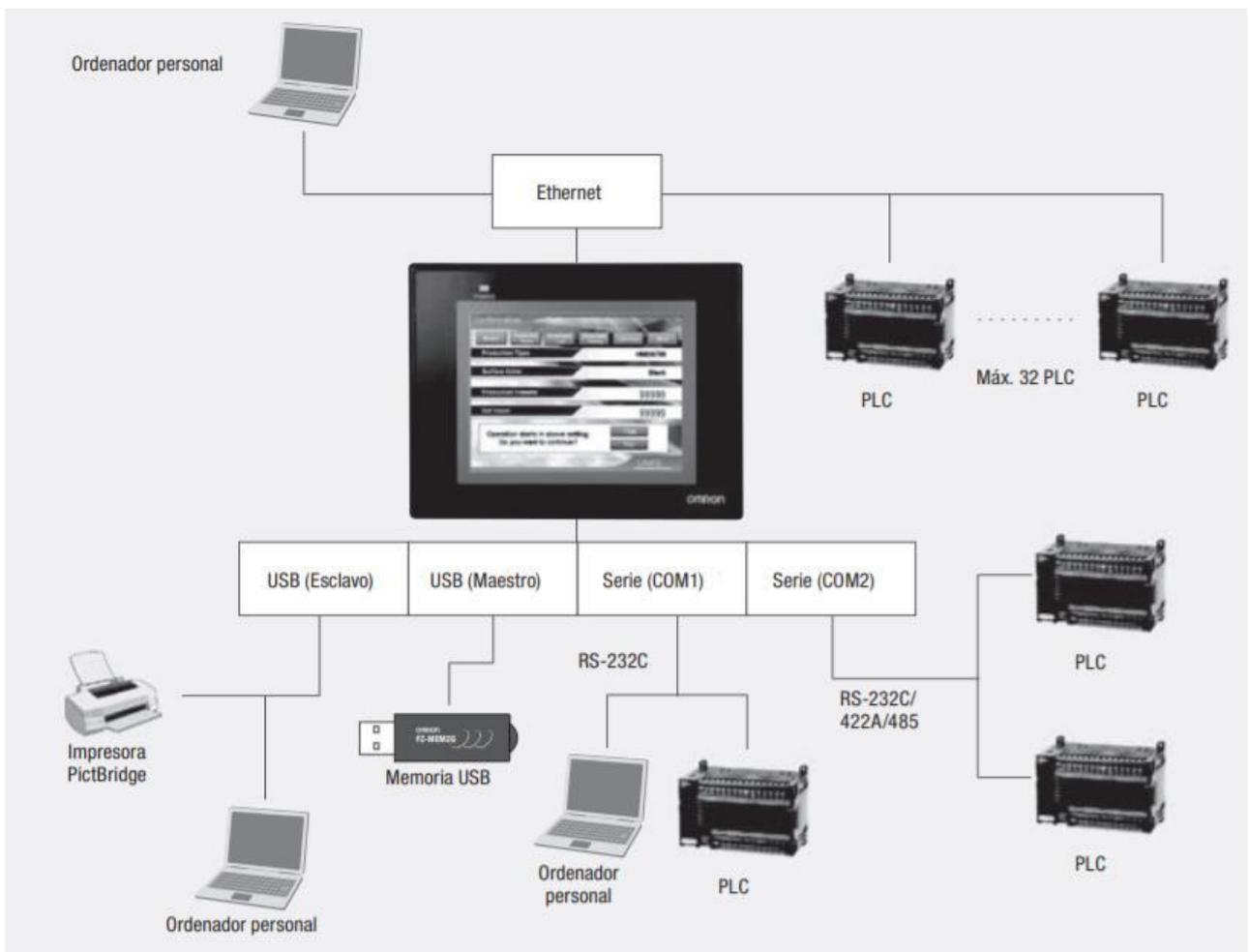


Figura 5.3.1 Esquema conectividad HMI

Todos los posibles modelos de la NB serie tienen la misma programación, estos se diferencian según el tamaño de la pantalla y la conectividad, que se resumen en la siguiente Figura 5.3.2, de los cuales nuestro cliente ha escogido la NB10-TW01B.

#### Terminales programables

| Nombre de producto | Especificaciones   | Modelo      |
|--------------------|--|-------------|
| NB3Q               | Pantalla LCD TFT en color de 3,5" y 320 x 240 puntos                         | NB3Q-TW00B  |
|                    | Pantalla LCD TFT en color de 3,5", 320 x 240 puntos, maestro USB y Ethernet  | NB3Q-TW01B  |
| NB5Q               | Pantalla LCD TFT en color de 5,6" y 320 x 234 puntos                         | NB5Q-TW00B  |
|                    | Pantalla LCD TFT en color de 5,6", 320 x 234 puntos, maestro USB y Ethernet  | NB5Q-TW01B  |
| NB7W               | Pantalla LCD TFT en color de 7" y 800 x 480 puntos                           | NB7W-TW00B  |
|                    | Pantalla LCD TFT en color de 7", 800 x 480 puntos, maestro USB y Ethernet    | NB7W-TW01B  |
| NB10W              | Pantalla LCD TFT en color de 10,1", 800 x 480 puntos, maestro USB y Ethernet | NB10W-TW01B |

Figura 5.3.2 Modelos NB serie

A continuación, os mostramos en la Figura 5.3.3 las especificaciones complejas que tienen las NB y en la Figura 5.3.4 sus dimensiones.

#### Especificaciones

##### HMI

| Especificaciones                    | NB3Q   |            | NB5Q            |            | NB7W           |            | NB10W                |
|-------------------------------------|--|------------|-----------------|------------|----------------|------------|----------------------|
|                                     | TW00B  | TW01B      | TW00B           | TW01B      | TW00B          | TW01B      | TW01B                |
| Tipo de display                     | LCD TFT de 3,5"  |            | LCD TFT de 5,6" |            | LCD TFT de 7"  |            | LCD TFT de 10,1"     |
| Resolución del display (H x V)      | 320 x 240  |            | 320 x 234       |            | 800 x 480      |            | 800 x 480            |
| Número de colores                   | 65.536   |            |                 |            |                |            |                      |
| Backlight                           | LED  |            |                 |            |                |            |                      |
| Vida útil del backlight             | Tiempo de operación de 50.000 horas a temperatura normal (25°C) <sup>*1</sup>                |            |                 |            |                |            |                      |
| Panel táctil                        | Membrana resistiva analógica, resolución de 1.024 x 1.024, duración: 1 millón de operaciones |            |                 |            |                |            |                      |
| Dimensiones en mm (Al. x An. x Pr.) | 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 |
| Peso                                | 310 g máx.   | 315 g máx. | 620 g máx.      | 625 g máx. | 710 g máx.     | 715 g máx. | 1.545 g máx.         |

\*1 Este es el tiempo estimado cuando la intensidad luminosa se reduce en un 50% por LED, a temperatura y humedad ambiente. Es el valor de referencia.

##### Funcionalidad

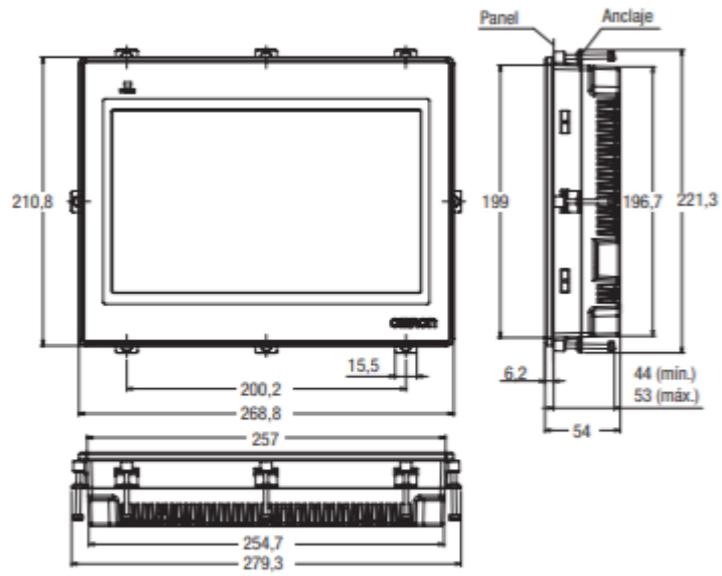
| Especificaciones     | NB3Q  |               | NB5Q  |               | NB7W  |               | NB10W         |
|----------------------|---|---------------|---|---------------|-------|---------------|---------------|
|                      | TW00B   | TW01B         | TW00B   | TW01B         | TW00B | TW01B         | TW01B         |
| Memoria interna      | 128 MB (incluyendo el área de sistema)  |               |   |               |       |               |               |
| Conexión de memoria  | -   | Memoria USB   | -   | Memoria USB   | -     | Memoria USB   | Memoria USB   |
| Serie (COM1)         | RS-232C/422A/485 (no aislado), Distancia de transmisión: 15 m máx. (RS-232C), 500 m máx. (RS-422A/485), Conector: D-Sub 9 pines |               | RS-232C, Distancia de transmisión: 15 m máx., Conector: D-Sub 9 pines   |               |       |               |               |
| Serie (COM2)         | -   |               | RS-232C/422A/485 (no aislado), Distancia de transmisión: 15 m máx. (RS-232C), 500 m máx. (RS-422A/485), Conector: D-Sub 9 pines |               |       |               |               |
| USB Maestro          | Equivalente a USB 2.0 de alta velocidad, tipo A, potencia de salida de 5 V, 150 mA  |               |   |               |       |               |               |
| USB Esclavo          | Equivalente a USB 2.0 de alta velocidad, tipo B, distancia de transmisión: 5 m  |               |   |               |       |               |               |
| Conexión a impresora | Compatibilidad con PictBridge   |               |   |               |       |               |               |
| Ethernet             | -   | 10/100 base-T | -   | 10/100 base-T | -     | 10/100 base-T | 10/100 base-T |

##### General

| Especificaciones                       | NB3Q  |       | NB5Q  |       | NB7W  |       | NB10W |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | TW00B   | TW01B | TW00B | TW01B | TW00B | TW01B | TW01B |
| Alimentación                           | de 20,4 a 27,6 Vc.c. (24 Vc.c. -15 a 15%)   |       |       |       |       |       |       |
| Consumo                                | 5 W   | 9 W   | 6 W   | 10 W  | 7 W   | 11 W  | 14 W  |
| Vida útil de la batería                | 5 años (a 25°C)   |       |       |       |       |       |       |
| Grado de protección (parte frontal)    | Panel de operaciones frontal: IP65 (resistencia al polvo y a las salpicaduras solo en la parte frontal del panel) |       |       |       |       |       |       |
| Homologaciones                         | Directivas CE, KC, cUL508   |       |       |       |       |       |       |
| Entorno de servicio                    | Sin gases corrosivos.   |       |       |       |       |       |       |
| Inmunidad al ruido                     | Conformidad con la norma IEC61000-4-4, 2 KV (Cable de alimentación)   |       |       |       |       |       |       |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | de 0 a 50°C   |       |       |       |       |       |       |
| Humedad ambiente de funcionamiento     | del 10% al 90% RH (sin condensación)  |       |       |       |       |       |       |

Figura 5.3.3 Especificaciones HMI

**NB10W**



Grosor de panel aplicable: de 1,6 a 4,8 mm

*Figura 5.3.4 Dimensiones HMI*

## 5.4 Monitorización del proceso.

En este apartado, explicamos el procedimiento del control y parametrización de la máquina en su totalidad, vamos a ir detallando paso a paso el funcionamiento de la máquina desde cada una de las pantallas que forman el control visual en la pantalla táctil y las acciones que el operario puede realizar en la HMI.

Al encender la HMI nos encontramos con la Figura 5.4.1 pantalla de inicio, con el logo del cliente, esta pantalla es todo un pulsador y tocando cualquier parte del terminal táctil accederemos al menú principal.



*Figura 5.4.1 Pantalla inicio*

Una vez accedemos al menú principal observamos la siguiente Figura 5.4.2.



Figura 5.4.2 Menú principal

Desde el menú principal podemos observar el estado de toda la máquina y acceder a las pantallas de mantenimiento, configuración y gestión de alarmas, que explicaremos según vayamos accediendo a cada una de ellas.

En la pantalla que nos encontramos podemos observar un croquis de la máquina con los dos túneles diferenciados, junto a los componentes que forman cada uno de ellos, en los cuales mediante iconos obtenemos una vista rápida del estado y los valores de dichos componentes y actuadores. De tal forma que, conocemos las velocidades a las que están trabajando las cintas, la temperatura y humedad en la que se encuentra cada túnel, y si los actuadores están en funcionamiento o no desde las ventanas que tiene cada uno de estos.

Podemos acceder directamente a la configuración de los componentes de cada túnel pulsando sobre el icono que queremos obtener o modificar sus parámetros.

Desde la página principal pulsamos sobre el icono 'MANTEN' y accederemos a la pantalla donde tenemos el mantenimiento de los estados de las señales de entradas y salidas digitales, y un apartado de accionamiento manual de algunos componentes.

Antes de acceder al mantenimiento nos pedirá que introduzcas una contraseña, mostrando la HMI esta pequeña ventana que mostramos en la Figura 5.4.3, de manera que no pueda entrar cualquier trabajador.



*Figura 5.4.3 Contraseña Mantenimiento*

Esta contraseña quedará grabada en el sistema la primera vez que se introduzca y luego la podemos modificar desde la pantalla de configuraciones que explicaremos más adelante. La contraseña se compone por números que introduciremos desde esta otra pequeña pantalla, Figura 5.4.4, que simula un teclado numérico.



*Figura 5.4.4 Teclado numérico*

Una vez introducida la contraseña se vuelve a la Figura 5.4.3 y pulsando sobre el botón de 'ACEPTAR' podemos entrar en el mantenimiento que nos aparece como mostramos en las siguientes pantallas; Figura 5.4.5, Figura 5.4.6, Figura 5.4.7, Figura 5.4.8.

| Entradas |                            |                          | Salidas  |                            |                          | Manuales (*) |  |  |
|----------|----------------------------|--------------------------|----------|----------------------------|--------------------------|--------------|--|--|
| Página 1 |                            |                          | Página 2 |                            |                          |              |  |  |
| CIO      | Elemento                   | St                       | CIO      | Elemento                   | St                       |              |  |  |
| 0.00     | GMot.Turbina 1             | <input type="checkbox"/> | 0.08     | GMot.Turbina 2             | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.01     | Ctor.Turbina 1             | <input type="checkbox"/> | 0.09     | Ctor.Turbina 2             | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.02     | Potec. Resistencia 1       | <input type="checkbox"/> | 0.10     | Potec. Resistencia 2       | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.03     | Transporte 1 RUN           | <input type="checkbox"/> | 0.11     | Transporte 4 RUN           | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.04     | Transporte 2 RUN           | <input type="checkbox"/> | 0.12     | Pulsad. INC Vel. Cinta nº4 | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.05     | Transporte 3 RUN           | <input type="checkbox"/> | 0.13     | Pulsad. DEC Vel. Cinta nº4 | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.06     | Pulsad. INC Vel. Cinta nº2 | <input type="checkbox"/> | 0.14     | Select. Vibrador 1         | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 0.07     | Pulsad. DEC Vel. Cinta nº2 | <input type="checkbox"/> | 0.15     | Select. Vibrador 2         | <input type="checkbox"/> |              |  |  |

Figura 5.4.5 Mantenimiento entradas 1

| Entradas |                    |                          | Salidas  |          |                          | Manuales (*) |  |  |
|----------|--------------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------|--|--|
| Página 1 |                    |                          | Página 2 |          |                          |              |  |  |
| CIO      | Elemento           | St                       | CIO      | Elemento | St                       |              |  |  |
| 1.00     | Ctor. Vibrador1    | <input type="checkbox"/> | 1.08     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.01     | Ctor. Vibrador2    | <input type="checkbox"/> | 1.09     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.02     | Protec. Vibrador 1 | <input type="checkbox"/> | 1.10     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.03     | Relé Seguridad OK  | <input type="checkbox"/> | 1.11     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.04     | Protec. Vibrador 2 | <input type="checkbox"/> | 1.12     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.05     |                    | <input type="checkbox"/> | 1.13     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.06     |                    | <input type="checkbox"/> | 1.14     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 1.07     |                    | <input type="checkbox"/> | 1.15     |          | <input type="checkbox"/> |              |  |  |

Figura 5.4.6 Mantenimiento entradas 2

| RESET    |                         | ALARMAS                  |          | MANTENIMIENTO           |                          | SALIR        |  |  |
|----------|-------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|--------------|--|--|
| Entradas |                         |                          | Salidas  |                         |                          | Manuales (*) |  |  |
| Página 1 |                         |                          | Página 2 |                         |                          |              |  |  |
| CIO      | Elemento                | St                       | CIO      | Elemento                | St                       |              |  |  |
| 2.00     | Turbina 1               | <input type="checkbox"/> | 2.08     | Turbina 2               | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.01     | Resistencia 1           | <input type="checkbox"/> | 2.09     | Resistencia 2           | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.02     | Variador cinta nº1 RUN  | <input type="checkbox"/> | 2.10     | Variador cinta nº4 RUN  | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.03     | Variador cinta nº1 RSET | <input type="checkbox"/> | 2.11     | Variador cinta nº4 RSET | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.04     | Variador cinta nº2 RUN  | <input type="checkbox"/> | 2.12     | Vibrador 1              | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.05     | Variador cinta nº2 RSET | <input type="checkbox"/> | 2.13     | Vibrador 2              | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.06     | Variador cinta nº3 RUN  | <input type="checkbox"/> | 2.14     |                         | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 2.07     | Variador cinta nº3 RSET | <input type="checkbox"/> | 2.15     |                         | <input type="checkbox"/> |              |  |  |

Figura 5.4.7 Mantenimiento salidas 1

| RESET    |              | ALARMAS                  |          | MANTENIMIENTO           |                          | SALIR        |  |  |
|----------|--------------|--------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|--------------|--|--|
| Entradas |              |                          | Salidas  |                         |                          | Manuales (*) |  |  |
| Página 1 |              |                          | Página 2 |                         |                          |              |  |  |
| CIO      | Elemento     | St                       | CIO      | Elemento                | St                       |              |  |  |
| 3.00     |              | <input type="checkbox"/> | 3.08     | Piloto Rearme Seguridad | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.01     | Piloto Rojo  | <input type="checkbox"/> | 3.09     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.02     | Piloto Verde | <input type="checkbox"/> | 3.10     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.03     | Piloto Ámbar | <input type="checkbox"/> | 3.11     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.04     | Zumbador     | <input type="checkbox"/> | 3.12     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.05     | --           | <input type="checkbox"/> | 3.13     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.06     | --           | <input type="checkbox"/> | 3.14     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |
| 3.07     | --           | <input type="checkbox"/> | 3.15     | --                      | <input type="checkbox"/> |              |  |  |

Figura 5.4.8 Mantenimiento salidas 2

En estas 4 pantallas podemos ver todas las señales digitales de entradas y de salidas, cada una de ellas con su correspondiente direccionamiento del PLC y acompañada de un pequeño piloto, de manera que podemos conocer rápidamente el estado de las señales de la máquina en función de si está iluminado o apagado el piloto.

Pasamos de una pantalla a otra de este mantenimiento pulsando sobre los iconos rectangulares de la parte superior, según las señales digitales que necesitemos conocer su estado. Tanto las señales de entradas como las de salidas están distribuidas en dos páginas con un listado que nos hace una rápida visión de todas.

En el mantenimiento también tenemos una pestaña nombrada ‘Manuales’, como se aprecia en las Figura 5.4.9, Figura 5.4.10 y Figura 5.4.11, a estas solo se puede acceder si la máquina está parada y accedemos al modo manual. Está formada por tres páginas en las cuales podemos ver un listado de actuadores con sus respectivos botones desde donde podremos activar o desactivar su funcionamiento.

La idea principal de esta pantalla es poder realizar tareas de revisión y mantenimiento de los componentes de la máquina, de manera que podemos activar y desactivar individualmente los componentes en el caso de que tengamos algún fallo en la máquina, y así detectar de donde proviene el posible mal funcionamiento o fallos que podamos tener.

Nos moveremos por esta sección presionando sobre la página que queremos seleccionar y pulsando el botón de activar para hacer las pruebas de mantenimiento necesarias de los actuadores.



Figura 5.4.9 Mantenimiento manuales 1



Figura 5.4.10 Mantenimiento manuales 2



Figura 5.4.11 Mantenimiento manuales 3

Volviendo a la pantalla del menú principal Figura 5.4.2 y pulsando el botón de 'CONFIG' accederemos a la configuración más compleja y completa de la máquina, donde determinaremos los valores consigna y velocidades a las cuales se requiere que la máquina trabaje.

En este paso también nos aparecerá la siguiente Figura 5.4.12 y nos solicitará una contraseña para entrar en la configuración, y de la misma forma que en el mantenimiento definiremos este código numérico desde la pantalla de teclado numérico Figura 5.4.4 la primera vez que se introduzca.



Figura 5.4.12 Contraseña configuración

Una vez elegida la contraseña, el operario puede modificarla desde el apartado de configuración, al que ahora accederemos y entramos en detalle.

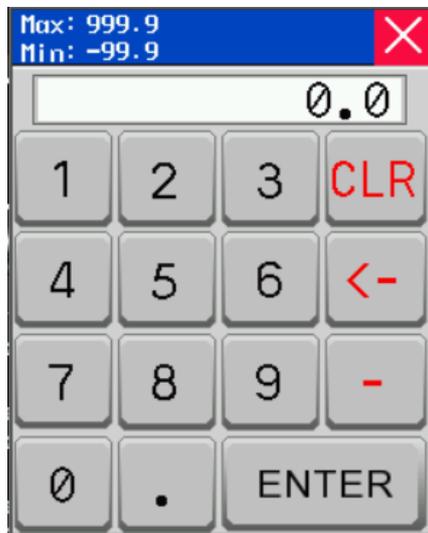


Figura 5.4.4 Teclado numérico

Una vez introducida la contraseña se vuelve a la Figura 5.4.12 y pulsando sobre el botón de 'ACEPTAR' podemos entrar en la configuración que mostramos en la Figura 5.4.13.

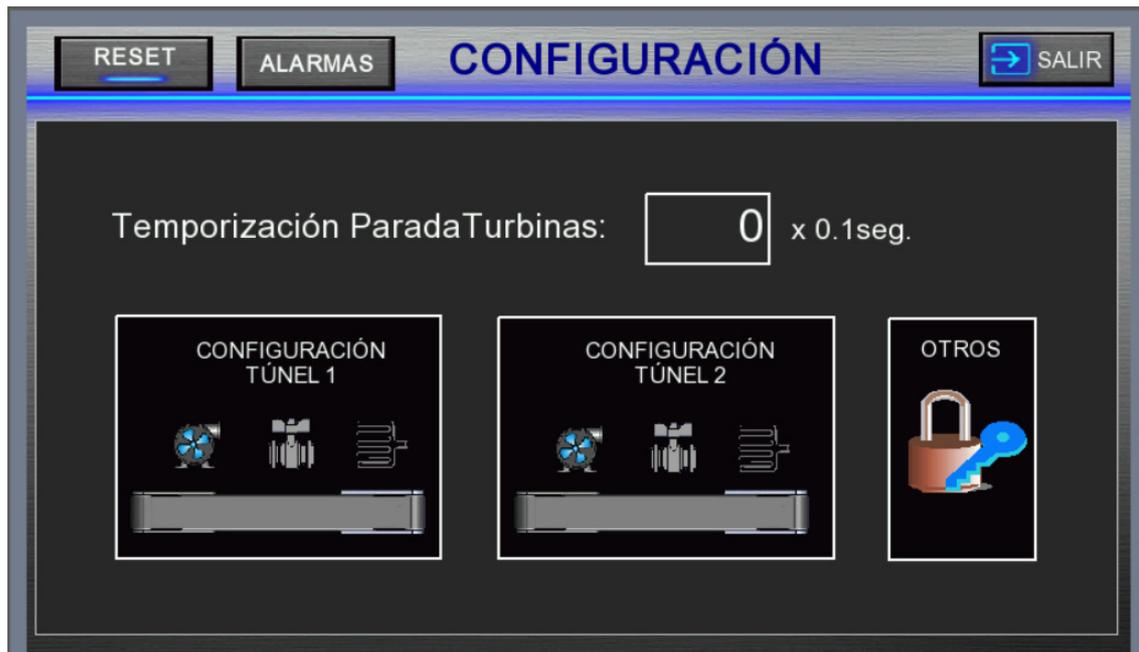


Figura 5.4.13 Configuración inicio

La pantalla inicial de configuración se nos presenta como podemos ver, desde esta podemos modificar directamente el tiempo de desconexión de las turbinas, para que no haya una parada brusca de estos actuadores. Además, tenemos tres iconos donde accedemos a las configuraciones internas de los componentes que forman los dos túneles y otra de configuración personal.

Dentro de las configuraciones de los túneles podemos dar valores a los parámetros deseados de temperatura, humedad y velocidades de las cintas que controlan los variadores. A continuación, entramos en detalle de la configuración de cada túnel según la pantalla en la que nos situamos pulsando su icono correspondiente.

En el icono configuración del túnel 1 nos dirige a la configuración de temperatura del túnel 1 que mostramos en la Figura 5.4.14



Figura 5.4.14 Configuración túnel 1 temperatura

En el apartado de temperatura el operario debe determinar su valor consigna, la histéresis de grados que puede variar respecto al valor marcado como objetivo, la temperatura máxima y mínima que la sonda que tenemos instalada puede soportar, y un valor variable forzado que podemos determinar. Desde esta pantalla pulsando sobre el icono de 'Humedad' accedemos a la Figura 5.4.15,

Además, se puede realizar un Autotuning de control PID desde el controlador de temperatura interno del PLC, realizaremos esta acción al inicio del procedimiento cada vez que se ponga en marcha la máquina, sin que la máquina se encuentre en funcionamiento.

Si nos encontramos en la pantalla de menú principal Figura 5.4.2, podemos acceder directamente a la pantalla que estamos explicando, pulsaremos la ventana que nos indica el valor de la temperatura del túnel 1, sin tener que realizar todos los pasos anteriores por las distintas pantallas hasta llegar a esta. De lo contrario, si no queremos acceder a esta pantalla de configuración podemos modificar únicamente el valor consigna de la temperatura desde esta misma ventana.



*Figura 5.4.15 Configuración túnel 1 humedad*

En la pantalla de control de humedad del túnel 1 nos encontramos una disposición muy similar a la pantalla de la temperatura, al igual que en la anterior el operario se encuentra con unos valores a determinar según los requisitos del procedimiento.

Determinamos el valor consigna de humedad solicitado dentro del túnel, el valor de histéresis con la permitimos a la humedad variar para trabajar sin problema, y los valores máximo y mínimo que puede alcanzar la sonda de humedad instalada en el túnel. Tenemos un piloto que nos señala el estado de la sonda de humedad, iluminado en el caso que está en funcionamiento.

Para un acceso más rápido a esta configuración de humedad, podemos pulsar sobre la ventana que nos muestra el valor de humedad del túnel 1 en la pantalla de menú principal Figura 5.4.2, de manera que no tengamos que pasar por todas las pantallas previas a esta. De la misma forma que en la temperatura, podemos determinar el valor consigna sin necesidad de llegar a este apartado de configuración.

Desde esta pantalla de configuración podemos volver a la explicada previamente pulsando sobre el icono de 'Temperatura' si lo deseamos, o podemos acceder a la configuración de los parámetros de los variadores pulsando el icono 'Variadores', que nos lleva a la siguiente página que mostramos en la Figura 5.4.16.

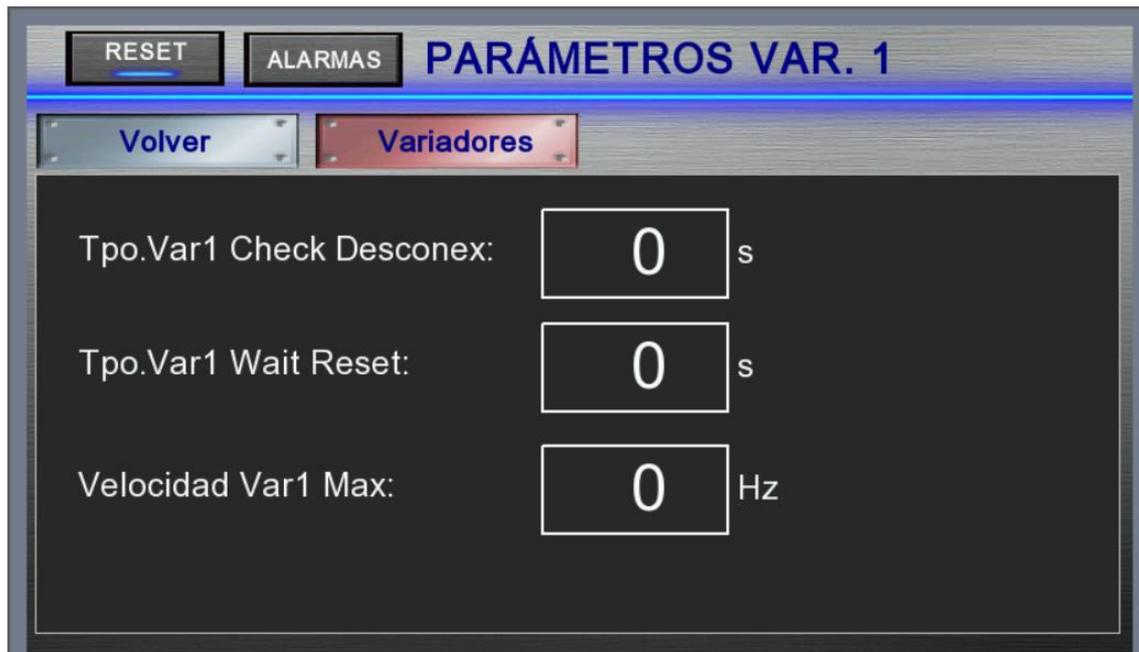


*Figura 5.4.16 Configuración túnel 1 variadores*

En la siguiente pantalla controlamos la velocidad de los variadores individualmente que se encuentran en el túnel 1, de manera que incrementamos o disminuimos la velocidad desde los pulsadores con flechas. En los recuadros que hemos colocado se puede visualizar la velocidad de las cintas al instante.

Desde esta pantalla podemos acceder a ciertos parámetros del variador que el cliente puede modificar desde la propia HMI, pulsaremos el icono de 'parámetros' para entrar en la nueva pantalla que mostramos en la Figura 5.4.17..

También podemos acceder a esta pantalla de configuración de velocidades del túnel 1 desde la pantalla de menú principal, pulsando cualquiera de las tres cintas que componen el túnel 1, nos redirigirá a esta ventana para poder modificar la velocidad de las cintas directamente, sin tener que pasar por las pantallas anteriores de configuración. Y se podrá acceder de nuevo a las configuraciones de temperatura y humedad pulsando sobre sus iconos respectivos.



*Figura 5.4.17 Configuración parámetros variador*

En esta pantalla visualizamos tres parámetros del variador seleccionado del túnel, donde el operador puede modificar los valores según los requisitos solicitados en cada producto. Y será la misma pantalla con los mismos valores a modificar en los 3 variadores que componen el túnel 1, pudiendo tener cada variador diferentes valores.

Estos parámetros son; el tiempo para que el variador se pare por completo después de una desconexión de la máquina, el tiempo de espera para poder resetear el variador y su velocidad máxima para que no sobrepasemos esta velocidad incrementando desde la pantalla anterior.

Una vez modificados los parámetros de los variadores con los valores que se requieren pulsamos sobre icono 'volver' para acceder a la página de configuración del túnel 1 variadores y desde esta ya podemos salir a la página de configuración inicio.

Seguidamente pasamos a la configuración de los parámetros de temperatura, humedad y velocidad de la cinta del túnel 2, para acceder a esta pulsamos el icono correspondiente a la configuración túnel 2 en la pantalla de configuración inicio Figura 5.4.13 . Las pantallas que la forman y sus características son idénticas a las que hemos explicado en la configuración del túnel 1, y podemos movernos de una a otra de la misma manera, con la diferencia que en el apartado de variadores únicamente tenemos 1 variador que comandar, por lo que en la misma pantalla modificaremos la velocidad de este y los valores de los parámetros. A continuación, en las siguientes Figura 5.4.18, Figura 5.4.19 y Figura 5.4.20 tenemos las 3 pantallas que componen la configuración del túnel 2.



Figura 5.4.18 Configuración túnel 2 temperatura



Figura 5.4.19 Configuración túnel 2 humedad

Los valores consigna de temperatura y humedad también pueden ser seleccionados desde las ventanas correspondientes en la pantalla de menú principal Figura 5.4.2, al igual que su acceso directo desde la misma.



Figura 5.4.20 Configuración túnel 2 variador

Y para acabar la configuración tenemos esta última pantalla como muestra la Figura 5.4.21, donde podemos acceder desde la pantalla Figura 5.4.13 Configuración inicio o desde la pantalla Figura 5.4.20 Configuración túnel 2 variador , pulsando el icono ‘Otros’ disponible en ambas pantallas.

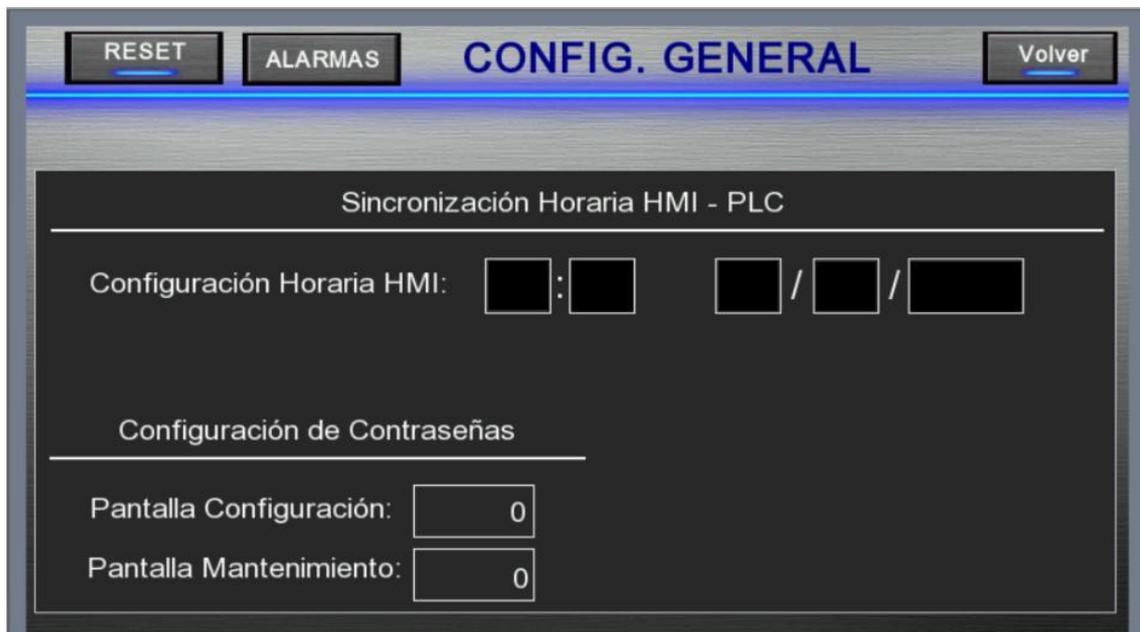


Figura 5.4.21 Configuración horaria y contraseñas

En esta pantalla observaremos la sincronización horaria de la HMI con el PLC y permitimos modificar las contraseñas para entrar a la configuración y al mantenimiento desde la pantalla principal, que como hemos explicado se define la primera vez que entramos a estas pantallas.

Volviendo a la Figura 5.4.2 Menú principal, tenemos un icono de ‘VELOCIDADES’ el cual nos redirige a la siguiente pantalla como muestra la Figura 5.4.22.



*Figura 5.4.22 Velocidades cintas variadores*

En esta pantalla podemos controlar la velocidad de todas las cintas de la máquina. Se puede incrementar o decrementar la velocidad que controlan los variadores individualmente o simultáneamente.

Para ellos tenemos botones en la pantalla diferenciados para cada transporte y unos que actúan directamente a todos los transportes a la vez. También podremos observar la velocidad a la que se encuentran cada uno de los transportes en el preciso momento.

En referencia al apartado para la gestión de alarmas, podremos acceder desde la Figura 5.4.2 Menú principal con el icono de ‘ALARMAS’ en primera instancia, y también desde todas las pantallas del terminal táctil, ya que este icono lo encontramos en cada una de ellas, y nos llevará a la siguiente pantalla que mostramos en la Figura 5.4.23.



*Figura 5.4.23 Gestión de alarmas*

En esta pantalla observaremos las alarmas que se encuentran activas en el momento para detectar el posible error en la máquina. Desde esta accedemos al histórico de alarmas que ha tenido la máquina pulsando sobre el icono correspondiente de 'HISTÓRICO' que nos abre la Figura 5.4.24. El histórico de alarmas se puede borrar en todo momento pulsando sobre el botón 'RESET', se encuentra en la pantalla que acabamos de acceder y también se dispone de este en todas las ventanas del proceso.



*Figura 5.4.24 Histórico alarmas*

Las alarmas nos aparecen en el terminal táctil con la siguiente estructura como muestra la Figura 5.4.25 y con el nombre del fallo que ha detenido la máquina. Esta pantalla irrumpirá en cualquiera de las pantallas que nos encontremos en el momento del fallo.



*Figura 5.4.25 Señal de alarma*

Cualquier fallo que tenga el sistema parará la producción, estas señales de alarmas llegan al PLC y por programación definimos que la máquina entre en estado de emergencia y se pare inmediatamente.

El siguiente paso será que el operario inspeccione el fallo señalado en la máquina, lo repare para volver a poner en marcha la máquina sin que vuelva a aparecer la alarma en el panel de control, y podamos seguir con la producción.

Es posible que estas alarmas se provoquen por una mala comunicación con el PLC, o porque el propio PLC tiene en los borneros de las señales de entradas y salidas alguna que se encuentra dañada, de manera que no le llegue alguna de las señales que los sensores de la máquina emiten o, por el contrario, no de la orden de accionar sobre los actuadores o componentes comandados desde el PLC.

Tendremos que revisar eléctricamente el material instalado en el cuadro de control si no detectamos problemas en los componentes de la máquina.

## 6 Instalación eléctrica cuadro

En este apartado vamos a informar de las secciones que hemos escogido para realizar el cableado en el cuadro de control, teniendo en cuenta el amperaje que este debe soportar en función de la potencia de los componentes instalados. Para ello mostraremos la siguiente relación que muestra la intensidad máxima admisible para cada sección desde 0,5 mm hasta 50 mm, en función de los amperios que soporta.

| Sección de cable (mm <sup>2</sup> ) | Intensidad máxima (amperios) |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 0,5                                 | 6                            |
| 0.75                                | 9                            |
| 1                                   | 11                           |
| 1.5                                 | 14                           |
| 2                                   | 16                           |
| 2.5                                 | 20                           |
| 4                                   | 28                           |
| 6                                   | 37                           |
| 8                                   | 48                           |
| 10                                  | 53                           |
| 16                                  | 75                           |
| 25                                  | 100                          |
| 35                                  | 125                          |
| 50                                  | 160                          |

En nuestro cuadro debemos tener en cuenta las protecciones de los componentes de potencia, que básicamente son los variadores y los arrancadores de motor, dispuestos en la Tabla 5.1.3 que volvemos a exponer en este punto.

Se ha unificado la sección del cableado para no tener que comprar varios rollos de distintas secciones, ya que nos encontramos con poco material que cablear, y las potencias de trabajo no son elevadas.

Los 4 variadores que hay en la máquina son de 0,75 kW con una tensión de trabajo de 400 V, a estos se le suman 2 arrancadores de motor para los vibradores son de 1,5 kW y otro arrancador de 0,07 kW, todos con la misma tensión de trabajo.

Teniendo en cuenta la fórmula de la potencia, que esta es igual a tensión de trabajo por la corriente ( $P = V \times I$ ) calculamos la intensidad nominal que tiene cada componente ya que conocemos sus potencias. Esta intensidad resultante se ha sobredimensionado para escoger los magnetotérmicos que los protegen, ya que los componentes pueden tener un pico de trabajo de hasta un 150% de su corriente nominal.

El cliente prevé de futuras ampliaciones en la línea de producción y por ello se recomienda sobredimensionar las secciones utilizadas en el cuadro de control, además de no tener que estar utilizando varios tipos de cables, que le supone al instalador un sobrecoste en el cable. Dicho esto, en referencia a las protecciones tenemos 4 magnetotérmicos de 10 amperios para los variadores, junto a 2 magnetotérmicos de 32 amperios y 1 magnetotérmico de 6 amperios para los arrancadores de motor.

A continuación, debemos tener en cuenta el factor de simultaneidad de los componentes y el consumo de estos, ya que en la máquina se puede dar el caso de trabajar con todos los elementos simultáneamente, no siendo la forma de trabajo habitual, pero debe ser contemplada. Con ello se ha decidido instalar un diferencial de 80 amperios junto a un interruptor general de 125 amperios, este último de tan alto amperaje porque los fabricantes tienen predeterminados saltos en los modelos disponibles en función de los amperios, y como tenemos que tener en cuenta posibles ampliaciones de la máquina, se ha sobredimensionado a 125 amperios, del mismo modo que la selección del diferencial de 80 amperios.

| Variadores y protecciones                                   | Ud |
|---|----|
| Variadores 0,75 kW 380-480 V                                | 4  |
| Filtro entrada para variadores 400 V 5 A                    | 4  |
| Diferencial 80 Amperios 4 polos 300 mA                      | 1  |
| Interruptor general 125 amperios con manivela accionamiento | 1  |
| Magnetotérmico 6 amperios 2 polos curva C                   | 1  |
| Magnetotérmico 10 amperios 3 polos curva C                  | 4  |
| Arrancador motor 4 amperios                                 | 2  |
| Magnetotérmico 32 amperios 3 polos curva C                  | 2  |
| Arrancador motor 0.25 amperios                              | 1  |

Con todo ello el instalador ha escogido trabajar con 10 mm y 2,5 mm de sección de cable. En el caso del diferencial y los magnetotérmicos de 32 amperios se utiliza cable de 10 mm<sup>2</sup> y para el resto de los componentes que componen el cuadro de control se utiliza cable de 2,5 mm<sup>2</sup>, tanto en los componentes de potencia restantes como en los elementos que nos dan las señales de entrada y salida del cuadro, de manera que no tengamos que estar cableando con distintos tipos de cables.

# 7 Presupuesto

En este documento se detallan los costes del proyecto realizado. Al tratarse de un trabajo académico no contabilizamos con detalle los gastos generales de la máquina de eficiencia energética que pueda tener. De manera que, diferenciaremos los costes de materiales y los costes de mano de obra empleados para la mejora de la máquina.

La petición de la empresa es automatizar y controlar la producción del proceso de enfriamiento que hemos detallado a lo largo del proyecto. Por lo tanto, en el presupuesto incluimos los elementos utilizados para dicho propósito, que han sido el control visual desde la pantalla táctil y el conjunto donde hemos ejecutado el programa de control formado por el PLC y las cartas de expansiones adyacentes a este para el control de las señales.

Para calcular los costes de mano de obra que detallamos en la Ecuación 1 contaremos el tiempo dedicado al trabajo por secciones. Se considera que el proyecto lo lleva a cabo un trabajador con titulación de graduado en ingeniería electrónica, y el precio considerado es de 30€ por hora.

| Elemento                   | Horas | Importe (H x 30) |
|----------------------------|-------|------------------|
| Estudio previo             | 16    | 480€             |
| Programación               | 40    | 1200€            |
| Diseño control HMI         | 24    | 720€             |
| Ensayos y puesta en marcha | 8     | 240€             |

*Ecuación 1 Coste mano de obra*

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Presupuesto total mano de obra | 2640€ |
|--------------------------------|-------|

A continuación, en la Ecuación 2 **Error! Reference source not found.** exponemos los costes del material que hemos definido para ejecutar el programa de control del proceso.

| Elemento                                       | Cantidad | PVP       | Importe (C x PVP) |
|--|----------|-----------|-------------------|
| CJ1W-PA202 Fuente alimentación PLC             | 1        | 181,50€   | 181,50€           |
| CJ2M-CPU33 CPU 5K pasos Ethernet               | 1        | 1.453,00€ | 1.453,00€         |
| CJ1W-ID211 Módulo de 16 entradas digitales     | 2        | 192,50€   | 385,00€           |
| CJ1W-OD212 Módulo de 16 salidas digitales      | 2        | 225,50€   | 451,00€           |
| CJ1W-AD041V1NL Módulo de 4 entradas analógicas | 1        | 627,50€   | 627,50€           |
| CJ1W-DA08VOT Módulo de 8 salidas analógicas    | 1        | 1.018,00€ | 1.018,00€         |
| NB10W-TW01B Terminal táctil 10,1" Ethernet     | 1        | 1.369,00€ | 1.369,00€         |
| WES-SDI550 Switch Ethernet 5 puertos           | 1        | 123,10€   | 123,10€           |

*Ecuación 2 Coste material control*

En productos referentes a controladores de automatización nos hemos informado que el descuento a cliente suele rondar el 25%. Puede que haya clientes que obtengan mejores descuentos debido a un consumo de más cantidades, pero nosotros vamos a estimar el proyecto con un 25% de descuento sobre el PVP.

El PVP total es de 5.608,01 y aplicando el descuento del 25% a la suma total de los materiales nos queda la siguiente ecuación.

Coste total materiales = 5.608,01 x 0,75

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Presupuesto total costo materiales | 4.206,00€ |
|------------------------------------|-----------|

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Presupuesto total precio neto | 6.846,00€ |
|-------------------------------|-----------|

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Presupuesto total con IVA (21%) | 8.283,66€ |
|---------------------------------|-----------|

# 8 Normativa

Para realizar una automatización en un proceso debemos seguir las pautas que se rigen en la Normativa Española, y revisando las aplicadas en nuestra necesidad por tratarse de una Automatización Industrial, debemos cumplir la siguiente normativa:

UNE-EN IEC 61511 (2017): Seguridad funcional. Sistemas instrumentados para el sector de la industria de procesos

UNE-EN IEC 61508 (2011): Seguridad funcional de los sistemas eléctricos / electrónicos / electrónicos programables relacionados con la seguridad

UNE-EN IEC 62443 (2021): Seguridad para los sistemas de automatización y control industrial.

# 9 Conclusiones

El trabajo realizado en la automatización del proceso de enfriamiento de producto en dos túneles en la industria alimentaria mediante el control de la máquina desde una HMI, ha alcanzado los objetivos para mejorar la producción marcados por el cliente.

Se han presentado problemas con la integridad del producto en su procedimiento de alargamiento y enfriamiento, que hemos solucionado satisfactoriamente con el control de los actuadores que intervienen en las propiedades de los productos para poder realizar las acciones pertinentes.

A nivel programación del PLC hemos creado un programa capaz de controlar todos los componentes de la máquina, teniendo que hacer modificaciones necesarias que se nos presentaban en los ensayos y en la puesta en marcha. De manera que hemos podido comprobar que cuando un programa se transfiere a una máquina siempre existen pequeñas modificaciones, la aplicación puede no siempre presentar todos los casos posibles, y por ello es necesario conocer bien el programa y actuar rápidamente en la puesta en marcha para las posibles modificaciones.

En cuanto a la representación del panel de control destacamos la sencillez de navegación por la HMI, que ha sido muy útil, tanto para los operarios como para nosotros, ayudando al operario a ser capaz de controlar la máquina sin complicaciones, y facilitándonos el trabajo en el procedimiento de puesta en marcha, pudiendo visualizar los posibles fallos que se daban rápidamente.

# 10 Bibliografía

LEWIS, P. H.; YANG, C.: “**Sistemas de Control en Ingeniería**”. Prentice Hall. Madrid, 1999.

OGATA, K: “**Ingeniería de Control Moderna**”. Prentice Hall. Barcelona, 1982.

DORF, R.; BISHOP, R.: “**Modern Control Systems**”. 8º ed. Massachusetts. Addison-Wesley, 1992.

ÅSTRÖM, Karl Johan; HÄGGLUND, Tore. Advanced PID control. ISA-The Instrumentation, Systems and Automation Society, 2006.

Datasheets CJ SERIES OMRON

[https://assets.omron.eu/downloads/brochure/es/v8/cj2\\_series\\_brochure\\_es.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/brochure/es/v8/cj2_series_brochure_es.pdf)

Datasheet NB SERIES OMRON

[https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v17/v412\\_nb\\_series\\_hmi\\_datasheet\\_es.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v17/v412_nb_series_hmi_datasheet_es.pdf)

# 11 Anexos

Se adjuntan a la memoria del TFG los archivos correspondientes a la parte de programación y el esquema unifilar del cuadro de control. En estos se presenta el trabajo realizado en el entorno de programación del software CX-Programmer de Omron, junto al cableado de los componentes instalados en el cuadro de control.

1. Anexo. Programa del PLC
2. Anexo. Esquema Unifilar.