

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**AUTOMATIZACIÓN DE UN REACTOR AUTOTÉRMICO DE  
COMPOSTAJE A ESCALA LABORATORIO E INTEGRACIÓN  
DE SU SISTEMA DE CONTROL EN EL SICP DE UN  
BUQUE TIPO PATRULLERA**

Francisco RODRÍGUEZ TORRES



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Octubre 2011**



## **AVISO IMPORTANTE:**

El único responsable del contenido de este proyecto es el alumno que lo ha realizado.

La Universidad de Cádiz, La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval, los Departamentos a los que pertenecen el profesor tutor y los miembros del Tribunal de Proyectos Fin de Carrera así como el mismo profesor tutor **NO SON RESPONSABLES DEL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO.**

Los proyectos fin de carrera pueden contener errores detectados por el Tribunal de Proyectos Fin de Carrera y que estos no hayan sido implementados o corregidos en la versión aquí expuesta.

La calificación de los proyectos fin de carrera puede variar desde el aprobado (5) hasta la matrícula de honor (10), por lo que el tipo y número de errores que contienen puede ser muy diferentes de un proyecto a otro.

Este proyecto fin de carrera está redactado y elaborado con una finalidad académica y nunca se deberá hacer uso profesional del mismo, ya que puede contener errores que podrían poner en peligro vidas humanas.

Fdo. La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval  
Universidad de Cádiz

Índice general

<b>DOCUMENTO 1. Memoria descriptiva.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Justificación del proyecto.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objeto del proyecto .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Descripción General de la planta .....</b>	<b>6</b>
1.4.1 Descripción del proceso del Reactor de Compostaje.....	6
1.4.2 Descripción del modo de funcionamiento... ..	7
1.4.3 Breve descripción funcional de los elementos principales que conforman el sistema .....	8
▪Automata programable industrial (API ó PLC).....	8
▪PC de gestión (HMI ó SCADA).....	8
▪Switch de comunicación.....	9
▪Compresor de aire.....	10
▪Rotámetros.....	10
▪Válvulas eléctricas.....	11
▪Sensores de temperatura PT-100 .....	11
▪Sensor de Oxígeno.....	12
▪Bomba eléctrica.....	12
▪Vaso del Reactor.....	13
▪Terminal de control LOCAL .....	13
<b>DOCUMENTO 2. Especificaciones técnicas del proyecto.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Diseño Software .....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Especificaciones para el diseño del software PLC (API) .....	15
2.1.1.1 Variables de sistema .....	17
2.1.1.2 Variables de control.....	18
2.1.1.3 Variables internas .....	23
2.1.1.3.1 Variables internas de información .....	23
2.1.1.3.2 Variables internas de seguridad .....	26
2.1.2 Especificaciones para el diseño del sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos SCADA .....	30
2.1.3 Especificaciones para el diseño del sistema de comunicaciones .....	31
<b>2.2 Diseño Hardware .....</b>	<b>32</b>
2.2.1 Especificaciones Hardware de los equipos de la planta.....	33
<b>DOCUMENTO 3. Análisis de los datos a controlar .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Datos a capturar de la planta .....</b>	<b>41</b>
3.1.1 Censo de datos de cada equipo de la planta.....	41
3.1.2 Definición y formato de los datos de sistema .....	42
3.1.2.1 Sensores de Temperatura.....	42
3.1.2.2 Sensor de Oxígeno.....	44
3.1.2.3 Terminal de Control Local.....	44
<b>3.2. Datos de control .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3. Datos calculados por el autómata.....</b>	<b>54</b>
3.3.1 Datos internos de Información.....	54
3.3.2 Datos internos de Seguridad .....	64

<b>DOCUMENTO 4. Estudio del Sistema de Control .....</b>	<b>72</b>
<b>4.1 Elección de bus de comunicación .....</b>	<b>72</b>
Opción 1 - Profibus DP .....	72
Opción 2 – Ethernet Modbus TCP/IP.....	73
Opción 3 – Modbus .....	74
<b>4.2 Descripción del bus – Ethernet Modbus TCP/IP.....</b>	<b>75</b>
4.2.1 Cable eléctrico Ethernet Modbus TCP/IP.....	75
4.2.1.1 Medios de transmisión guiados .....	78
4.2.1.2 Medios de transmisión no guiados.....	79
4.2.2 Conectores RJ-45.....	80
4.2.2.1 Cable directo.....	81
4.2.2.2 Cable cruzado .....	82
4.2.3 Switch de comunicación Ethernet Modbus TCP/IP.....	83
4.2.3.1 Topología de la red.....	84
<b>4.3 PLC (API).....</b>	<b>86</b>
4.3.1 Elección del PLC.....	87
4.3.2 Arquitectura hardware .....	89
4.3.3 Software de programación.....	90
<b>4.4 PC de gestión.....</b>	<b>91</b>
4.4.1 Software de supervisión, control y adquisición de datos(SCADA).....	91
4.4.2 Requisitos mínimos de hardware.....	92

**DOCUMENTO 5. Configuración, parametrización y realización del programa del PLC .....** **94**

<b>5.1 Configuración hardware y software .....</b>	<b>95</b>
5.1.1 Configuración hardware .....	95
5.1.1.1 Módulo CPU.....	96
5.1.1.2 Módulo Ethernet integrado en la CPU.....	97
5.1.1.3 Módulo de entradas/salidas digitales .....	99
5.1.1.4 Módulo de entradas analógicas BMX AMI 0410.....	99
5.1.1.5 Módulo de entradas analógicas BMX ART 0414.....	100
5.1.2 Configuración software .....	100
5.1.2.1 Listado de variables del programa .....	101
5.1.2.2 DFB (Bloque de función derivado) .....	101
<b>5.2 Programa del PLC.....</b>	<b>102</b>
5.2.1 Secciones del programa .....	103
5.2.1.1 Sección “CONTROL_CICLO” .....	103
5.2.1.2 Sección “CONTROL_TEMPERATURAS” .....	104
5.2.1.3 Sección “CONTROL_OXIGENO” .....	105
5.2.1.4 Sección “CONTROL_CAUDAL” .....	106
5.2.1.5 Sección “DIAGNÓSTICO” .....	107

**DOCUMENTO 6. Configuración, realización y diseño del programa SCADA de supervisión en el PC de gestión .....** **110**

<b>6.1 Configuración y parametrización de las comunicaciones .....</b>	<b>110</b>
<b>6.2 Desarrollo de la Aplicación (SCADA).....</b>	<b>112</b>
6.2.1 Creación de las tags de variable y tendencia .....	113
6.2.2 Creación de las alarmas .....	115
6.2.3 Creación de los archivos Cicode.....	116
6.2.4 Creación del entorno gráfico .....	117
6.2.5 Pantalla de inicio de la aplicación .....	118

6.2.6 Páginas específicas .....	119
6.2.6.1 Pagina de control de Temperatura .....	119
6.2.6.2 Pagina de control de Válvulas – Caudal .....	121
6.2.6.3 Pagina de control de Oxígeno.....	122
6.2.7 Página de diagnóstico del sistema .....	123
6.2.8 Página de alarmas .....	124

**DOCUMENTO 7. Integración del Sistema de Control de la Planta de Compostaje en el SICP .....** 127

7.1 Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP).....	127
7.2 Protocolos de Comunicaciones usados por el SICP .....	128
7.3 Elección del Bus de Comunicación para la integración de la Planta de Compostaje en el SICP .....	129
Opción 1 - Profibus DP .....	129
Opción 2 – Modbus .....	129
7.4. Desarrollo del Software PLC para la comunicación Modbus RS485 con el SICP .	131
Arquitectura Final.....	135

**DOCUMENTO 8. Presupuesto .....** 137

**ANEXOS .....** 139

**Anexo 1. MARPOL – Anexo V.....** 140

REGLA 1.....	140
REGLA 2.....	141
REGLA 3.....	141
REGLA 4.....	142
REGLA 5.....	142
REGLA 6.....	145
REGLA 7.....	145
REGLA 8.....	146
REGLA 9.....	146

**Anexo 2. Presentación de la norma IEC 1131-3 .....** 149

2.1 Generalidades comunes a todos los lenguajes .....	149
2.2 Generalidades del lenguaje IL.....	154
2.3 Generalidades del lenguaje ST .....	154
2.4 Generalidades de los elementos gráficos comunes.....	155
2.5 Generalidades del lenguaje LD.....	156
2.6 Generalidades de los parámetros dependientes de la implementación.....	156

**Anexo 3. IDD (Interface Design Document)..... 159**

**BIBLIOGRAFÍA ..... 162**

# Documento 1

## *MEMORIA DESCRIPTIVA*



# Documento 1. Memoria descriptiva

## 1.1 Introducción.

En la actualidad, existe un convenio internacional para prevenir la contaminación al mar debido a los buques, este convenio recibe el nombre de *MARPOL*.

Este convenio están obligados todos los buques que formen parte del dicho convenio u operen bajo un estado parte del mismo, exceptuando los buques de guerra, unidades navales auxiliares y a buques, que siendo propiedad de un Estado o estando a su servicio, presten un servicio gubernamental de carácter no comercial.

Asimismo, está formado por 5 anexos en los cuales se recogen las directrices para prevenir la contaminación debida a:

- I. Hidrocarburos.
- II. Sustancias nocivas liquidas transportadas a granel.
- III. Sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos.
- IV. Aguas sucias de los buques.
- V. Basuras de los buques.

El documento en el que centraremos nuestra atención para la realización de dicho proyecto será concretamente el anexo V del *MARPOL*, prevención de la contaminación por basuras de los buques, ya que se desarrollará un sistema de almacenamiento y tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) producidos en el buque, el cual cumplirá las directrices recogidas en el anexo citado, ofreciendo la posibilidad de instaurar en los buques tipo patrulleras un novedoso plan de basuras o también conocido con el nombre de "*garbage*".

En el Anexo 1 del presente documento se expone con más detalle este documento del convenio.

## 1.2 Justificación del proyecto

El departamento de Investigación de Ingeniería Química, Tecnología de Alimento y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz, UCA, ha desarrollado la construcción de un Reactor de Compostaje con el fin de poder realizar el tratamiento y posterior análisis de basuras o RSU (Residuos Sólidos Urbanos).

Dicho departamento planteó al grupo ITACS (Grupo de Innovación Tecnológica en Automatización y Control de Sistemas) de la UCA, el diseño y desarrollo de un sistema de control automatizado capaz de llevar el control, supervisión y adquisición de datos de dicho Reactor de Compostaje cubriendo las siguientes necesidades:

- Realizar un control de la concentración de oxígeno.
- Asegurar una cierta estabilidad en el sistema tanto en la evolución de la concentración de oxígeno, como en el funcionamiento del control del flujo del aire.
- Medir el consumo de aire y no permitir que baje la concentración de oxígeno de un cierto límite.
- Minimizar el calor perdido debido a la corriente de aire que sale del sistema.
- Impedir que la temperatura del sistema alcance un máximo perjudicial para el proceso.

Esta tarea del diseño y desarrollo de un sistema automatizado se me encomienda a mí persona como componente del grupo ITACS.

Posteriormente viendo la posibilidad de poder incorporar este sistema de tratamiento de basuras (Reactor de Compostaje) en los buques, se mantienen reuniones con el Departamento de Ingeniería de la Empresa Navantia, que toma interés por dicho sistema para su posible implementación en buques para, con objeto de cumplir con la normativa vigente en dicho campo (MARPOL) y sin entrar en conflicto con la misma, proponer a los armadores de

nuevas construcciones la implementación dicho sistema una vez homologado por las Sociedades de Clasificación.

Asimismo, nos pusimos en contacto con inspectores, en concreto, del Germanischer Lloyds (GL), los cuales nos confirman que no existe ningún impedimento para implementar este sistema (Reactor de Compostaje) como plan de basuras para los buques.

Además de ser un sistema novedoso, este sistema de tratamiento y almacenamiento de basuras nos garantiza un entorno controlado, con una atmosfera controlada y con unos valores de temperaturas vigilados impidiendo por tanto posibles fuegos, emisiones de gases nocivos, así como vertidos líquidos productos de los desechos. Ofreciendo una mayor seguridad tanto para el buque como para los tripulantes del mismo.

### 1.3 Objeto del proyecto

Diseñar, configurar y programar un sistema de control capaz de resolver las necesidades principales del sistema mediante:

- Toma de lecturas de los sensores de campo.
- Conversión de las lecturas eléctricas de campo en datos accesibles al operador. (°C, l/h, s, etc).
- Registro de las variables de sistema.
- Registro de alarmas.
- Adquisición de datos de las variables de sistema a lo largo del tiempo de forma que la frecuencia y el volumen de datos de muestreo sean adecuados.
- Acciones lógicas programadas para satisfacer las necesidades del sistema para el correcto funcionamiento del proceso biológico del Reactor de compostaje.

Diseñar, configurar y programar un sistema de supervisión y adquisición de datos mediante un entorno grafico que haga de interfaz hombre-maquina capaz de:

- Permitir la introducción y modificación de los valores de las variables de control del sistema (Interfaz de control).
- Mostrar al operador todos los valores del sistema, en especial los valores de las variables de sistema. Datos de temperatura, concentración de oxígeno, etc. Estos valores deben ser refrescados continuamente. (Interfaz de supervisión).
- Proporcionar un sistema de adquisición de datos, preferiblemente mediante graficas, para poder tener registro de todos los valores para su posterior estudio. (Interfaz de adquisición).

En cada bloque podemos agrupar:

- Interfaz de control:

Existen ventanas numéricas emergentes donde se podrán introducir y modificar valores de control del sistema en cada una de las pantallas de operador diseñadas.

- Interfaz de supervisión:

Las variables que se muestran al operador están divididas en tres pantallas principales:

- Temperatura.
- Flujo de aire.
- Concentración de oxígeno.

En cada una de estas pantallas podemos observar cajetines donde se localizan las medidas en tiempo real de todas las variables.

- Interfaz de adquisición de datos:

En cada una de las pantallas principales tenemos una aplicación en la que podemos realizar graficas “*Process Analyst*”, grabar datos e incluso exportar a .xls (Microsoft Office Excel).

## 1.4 Descripción General de la planta

En este apartado se pretende dar una visión general de la planta de compostaje mediante una descripción del propio proceso de compostaje, sus modos de funcionamiento y los elementos que componen dicha planta.

### 1.4.1 Descripción del proceso del Reactor de Compostaje

El proceso que tiene lugar en el interior del Reactor de compostaje es un proceso biológico, que aunque no forme parte del proyecto, es necesario conocer a grandes rasgos para poder entender el desarrollo, funcionamiento, lógica de la programación y automatización del sistema.

Aclarado dicho punto, los factores más importantes que condicionan el correcto funcionamiento del proceso son:

1º) **Temperatura.** Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados. Por lo que hay que tener un control sobre la temperatura para que se mantenga dentro de los rangos especificados.

2º) **Oxígeno.** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. En caso de que esta concentración de oxígeno fuese alta, por encima de un 20%, sería indicativo de que el caudal de aire introducido es mayor al necesario, por eso se pretende controlar esta variable puesto que un exceso de aire implica una pérdida de calor innecesaria e incluso podría ser perjudicial si no permite alcanzar la temperatura necesaria para que se produzca la higienización de la materia a compostar.

Entorno a estos dos factores que condicionan el funcionamiento del sistema, se establecerá la lógica de programación para el sistema. Pues de entre los principales objetivos del sistema podemos destacar:

1º) Medir el consumo de aire y no permitir que baje o suba la concentración de oxígeno de un cierto límite.

2º) Impedir que la temperatura del sistema alcance un máximo perjudicial para el proceso.

## 1.4.2 Descripción del modo de funcionamiento

El sistema consta de dos modos de funcionamiento:

I. Modo Manual: Se pretende que se pueda comprobar el funcionamiento y el calibrado de todos los sensores así como la válvula de flujo. Las funciones de este modo son:

- Calibrado de PT-100
- Calibrado de sonda de Oxígeno.
- Establecer caudal alto.
- Establecer caudal bajo.
- Imponer el caudal.

II. Modo Automático: El sistema de control constará con una serie de funcionalidades que actuarán de forma automática. Las funciones de este modo son:

- Establecer un tiempo de funcionamiento.
- Imposición de caudal.
- Incorporar y fijar las alarmas.
- Actuación según las alarmas.
- Establecer algún parámetro de corrección en la automatización.
- Seguimiento de variables.
- Adquisición de datos.

Más adelante, en documentos posteriores, detallaremos de forma más amplia los dos modos de funcionamiento, aunque profundizaremos de forma más detallada en el modo de funcionamiento automático.

### 1.4.3 Breve descripción funcional de los elementos principales que conforman el sistema:

- **Autómata programable industrial (API ó PLC)**

Este equipo tiene como función gestionar las lecturas de los sensores de campo, interpretar dichas lecturas y en función de ellas realizar la acción necesaria para mantener el correcto funcionamiento del sistema mediante las rutinas previamente programadas.

Más adelante se definirá la elección del autómata.



Fig. 1.1. Autómata programable industrial (API ó PLC)

- **PC de gestión (HMI ó SCADA)**

En este PC comercial, se instalará el Software que servirá de interfaz entre el operador y el sistema, es decir, el SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), cuyas funciones principales son:

- Proporcionar una interfaz para introducir y modificar los valores de control del sistema.
- Ofrecer en tiempo real toda la información del sistema. Datos de temperatura, concentración de oxígeno, etc.
- Proporcionar un sistema de adquisición de datos en tiempo real.

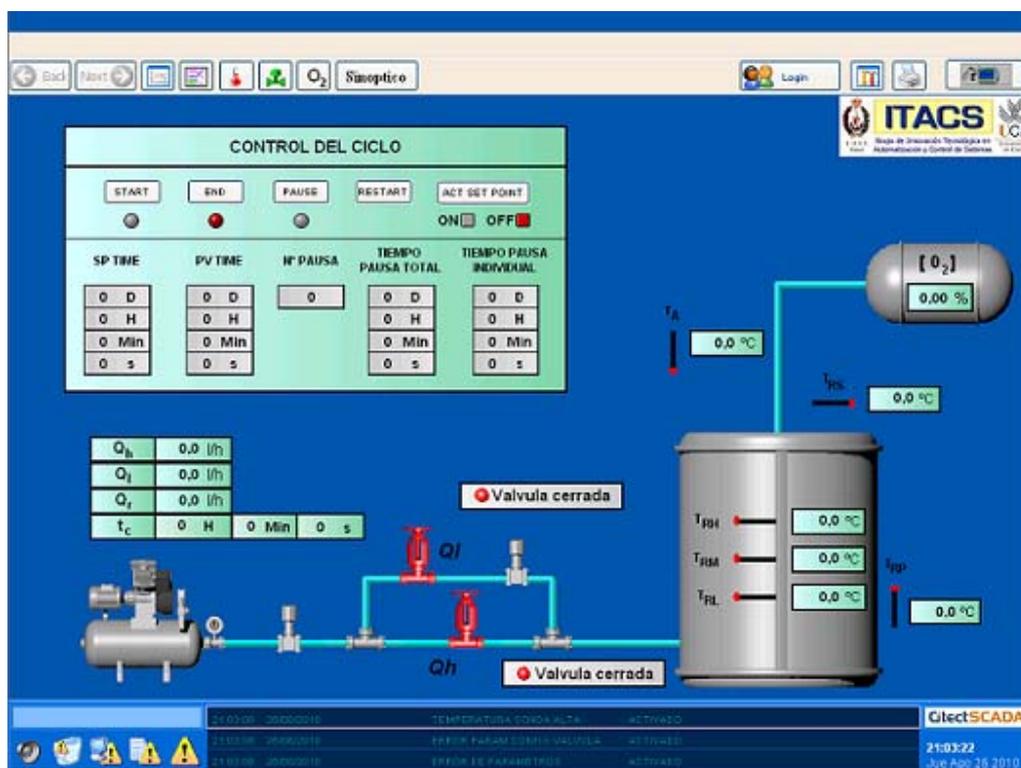


Fig. 1.2. Pantalla "Sinóptico" de la aplicación SCADA.

- **Switch de comunicación**

La función de este switch consiste en hacer posible la comunicación, mediante el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, entre el PLC (API) y el PC donde se encuentra instalada la aplicación.



Fig. 1.3. Switch de comunicación.

- **Compresor de aire**

Este equipo tiene como única misión la de suministrar al sistema un caudal de aire  $Q_c$  constante, el cual se regulará mediante otros elementos externos al propio compresor.



Fig. 1.4. Compresor de aire.

- **Rotámetros**

Estos son los equipos encargados de regular el caudal a la entrada de cada una de las válvulas que dispone el sistema, para que den un caudal determinado.



Fig. 1.5. Rotámetro.

- **Válvulas eléctricas**

Por necesidades de diseño, el sistema dispone de dos válvulas “todo o nada”, una denomina de alta y otra de baja, la función que cumplen, es la de permitir el paso del aire, según las necesidades del sistema para que este entre en el vaso del reactor.



Fig. 1.6. Válvula eléctrica.

- **Sensores de temperatura PT-100**

Contamos con 6 sensores de temperatura PT-100, que son los encargados de tomar los valores de temperaturas en las diferentes zonas de actuación en las que han sido instaladas según las necesidades del propio diseño.

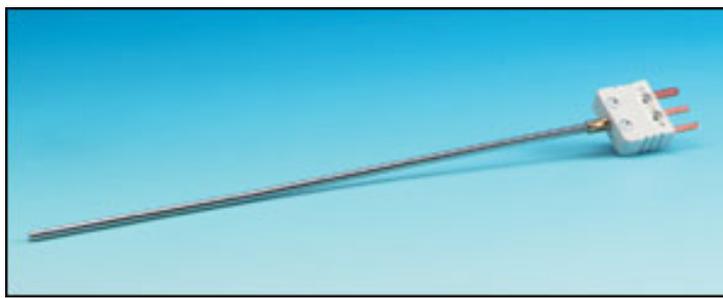


Fig. 1.7. Sensores de temperatura PT-100.

- **Sensor de Oxígeno**

Este sensor de oxígeno toma el valor de la concentración del mismo a la salida del vaso del reactor, esta variable es una de las más importantes a controlar para poder llevar a cabo un correcto funcionamiento del sistema, ya que dependiendo de cual sea su valor se actuará de una u otra forma según las rutinas programadas en nuestro PLC (API).



Fig. 1.8. Sensores de temperatura PT-100.

- **Bomba eléctrica**

Este equipo se encarga de extraer el aire del vaso del reactor, creando un flujo de aire que lo hace pasar a través del sensor de oxígeno para que este tome los datos necesarios para el sistema, y posteriormente enviarlo al exterior.



Fig. 1.9. Bomba eléctrica.

- **Vaso del Reactor**

Este elemento es un recipiente, de un material plástico de 50 Litros, donde se almacenarán los RSU (Residuos sólidos urbanos) y tiene lugar el proceso al que hemos dotado de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos totalmente automatizado.



Fig. 1.10. Reactor de compostaje.

- **Terminal de control LOCAL**

Desde este terminal local se pueden realizar ciertas operaciones básicas de control del sistema, también incluidas de forma remota en el sistema SCADA, para poder trabajar en caso de que este no se encuentre operativo, facilitando por tanto al operador un sistema redundante de control básico.

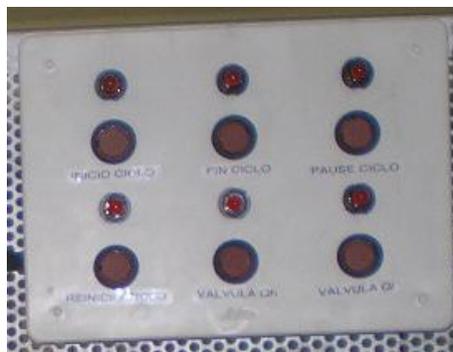
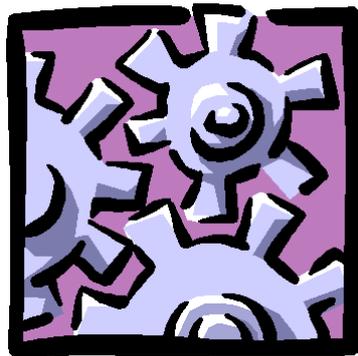


Fig. 1.11. Terminal de control LOCAL.

# Documento 2

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO



## **Documento 2. Especificaciones técnicas del proyecto**

En el presente documento recogeremos las diferentes especificaciones técnicas, tanto software como hardware, para el diseño del sistema de control y supervisión de la planta de compostaje.

### **2.1 Diseño Software.**

Para proceder al diseño Software del sistema de control de la planta de compostaje es necesario tener en cuenta los requisitos o especificaciones técnicas que se deben cumplir para el correcto desarrollo de dicho sistema de control, monitorización, supervisión y adquisición de datos. Los requisitos generales que se deben cumplir y satisfacer son:

- La captura de los datos que se pretenden someter a control.
- La comunicación entre el autómata programable y el sistema SCADA.
- La recogida de los datos y el control del sistema en un PC.
- La visualización en tiempo real de todos los parámetros del proceso y las alarmas que se generen.
- Guardar todos los datos del proceso.
- La posibilidad de graficar todos los datos del proceso e incluso exportarlos a fichero (.xls) de Microsoft Office Excel 2003 para su posterior estudio.

#### **2.1.1 Especificaciones para el diseño del software PLC (API).**

En este apartado se define a grandes rasgos la lógica que debe llevar implementado nuestro PLC (API).

Como se expuso en el documento anterior las dos variables mas importantes a controlar para el correcto funcionamiento de la planta de compostaje son la Temperatura y la concentración de Oxígeno.

Por tanto, por necesidades de mantener estos valores dentro de unos rangos en los que nos son perjudiciales, se establecen unas condiciones de funcionamiento en base a estos.

Como hemos dicho, una de las variables a tener en cuenta es la concentración de oxígeno, se define que si la concentración de oxígeno se encuentra en un valor muy bajo, <5%, se tome una acción correctiva de manera que el sistema permita la entrada de aire mediante la apertura de las válvulas hasta que la concentración de oxígeno se reestablezca a un valor estable previamente definidos por el operador.

Lo mismo sucede en el caso que la concentración de oxígeno supere un valor máximo, la acción a tomar será minimizar la entrada de aire hasta que la concentración se reestablezca a un valor estable previamente definido por el operador.

Por otra parte, proceso no debe alcanzar una determinada temperatura en ningún momento, esta temperatura será introducida manualmente por el operador y será un valor entorno a los 50 – 60 °C. Cuando se alcance esa temperatura excesiva, se define que el sistema active un proceso de enfriamiento que consista en dejar pasar un caudal de aire hasta que la temperatura vuelva a unos valores normales.

Como se puede observar estas dos acciones pueden entrar en conflicto, es decir, si tenemos simultáneamente alta concentración de oxígeno y alta temperatura, uno va a querer minimizar la entrada de aire mientras que el otro requiere un alto caudal de aire para enfriar el sistema, por tanto se define que la alarma que prioriza frente a las demás es la debida a la de alta temperatura.

Todo este control es posible mediante el caudal de aire que entra en el sistema mediante 2 válvulas solenoides, las cuales tendrán que dar un caudal constante ,definido por el operador, mediante ordenes alternas de apertura y cierre durante un tiempo de ciclo también definido, es decir, si tenemos una válvula de caudal alto y una de caudal bajo, daremos un caudal intermedio alternando la apertura y cierre de las mismas, realmente el sistema recibirá, por expresarlo de alguna manera, “pulsos” de aire, sin embargo no es perjudicial para el sistema ya que es un proceso biológico extenso en cuanto a tiempo nos referimos, aproximadamente de 25 – 30 días.

Así mismo, el sistema deberá tener la posibilidad de autorregular el caudal de aire en función de los valores de temperatura y concentración de oxígeno para garantizar que estos se mantienen en valores estables y se completa con éxito el proceso de compostaje.

Aparte de toda esta lógica de funcionamiento, también se definen todos los datos o variables a controlar que forman parte del proyecto, estas variables se detallan y dividirán en tres bloques:

- Variables de sistema.
- Variables de control.
- Variables internas.

### **2.1.1.1 Variables de sistema.**

En este apartado se muestran las variables de sistema, denominadas de esa forma por corresponder a las señales asociadas a las lecturas de los elementos físicos de la planta, válvulas, sensores de temperaturas y sensor de oxígeno.

A continuación definiremos dichas variables de sistema, así como sus características:

- *Temperatura ambiente ( $T_a$ ):* En esta variable recogemos el valor en grados centígrados de la temperatura externa al sistema, se utiliza para comparar la diferencia entre la temperatura interna del sistema y la ambiente.
- *Temperatura sonda (alta  $T_{rh}$ , media  $T_{rm}$ , baja  $T_{rl}$ , pared  $T_{rp}$ , salida  $T_{rs}$ ):* Estas variables indican los valores de temperatura en °C de los diferentes punto en los que están ubicados. Estas variables alimentan a su vez otra que se compone de la media de ellas. La toma de lecturas de la temperatura, como ya vimos, es uno de los factores determinantes del correcto funcionamiento del sistema.
- *Concentración de oxígeno ( $O_2$ ):* Mide la concentración de oxígeno en tanto por cien (%), esta variable es una de las importantes del sistema, pues dependiendo de su valor se optará por una u otra acción a tomar.

- *Activación apertura válvula caudal alto:* Esta variable nos indica que se ha activado el pulsador de apertura de la válvula de caudal alto del panel de control local.
- *Activación apertura válvula caudal bajo:* Esta variable nos indica que se ha activado el pulsador de apertura de la válvula de caudal bajo del panel de control local.
- *Activación Inicio ciclo manual:* Esta señal indica que el sistema se encuentra en la condición de inicio de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “inicio” desde el terminal de control local.
- *Activación Pausa ciclo manual:* Esta señal indica que el sistema se encuentra en la condición de pausa de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “pausa” desde el terminal de control local.
- *Activación Reinicio ciclo manual:* Esta señal indica que el sistema se ha restaurado, tras haber estado en periodo de pausa de ciclo, al haber actuado el pulsador de “reinicio” desde el terminal de control local.
- *Activación Fin ciclo manual:* Esta señal indica que el sistema se encuentra en la condición de fin de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “fin” desde el terminal de control local.

### **2.1.1.2 Variables de control.**

En este grupo encontramos tanto las variables que necesitan ser introducidas por parte del operador, através de nuestro sistema SCADA, y las que ejercen control sobre el sistema para el funcionamiento del mismo. Estas son:

- *Caudal alto de entrada al reactor (Qh):* Valor del caudal en l/h regulado previamente de forma manual mediante su rotámetro, una vez regulado el caudal deseado debe ser introducida por el operador en el sistema, esta variable determina la cantidad de aire que entra en el reactor, con lo que supone que está vinculada a los niveles de la concentración de oxígeno del sistema.

- *Apertura válvula caudal alto*: Es la señal que pone a 1 la salida física del autómata para activar el relé correspondiente que acciona la válvula de caudal alto, esta señal puede activarla tanto el pulsador del panel de control local como el propio programa por las necesidades de caudal de aire en el vaso del reactor.
- *Caudal bajo de entrada al reactor (Ql)*: Valor del caudal en l/h regulado previamente de forma manual mediante su rotámetro, una vez regulado el caudal deseado debe ser introducida por el operador en el sistema, esta variable determina la cantidad de aire que entra en el reactor, con lo que supone que está vinculada a los niveles de la concentración de oxígeno del sistema.
- *Apertura válvula caudal bajo*: Es la señal que pone a 1 la salida física del autómata para activar el relé correspondiente que acciona la válvula de caudal bajo, esta señal puede activarla tanto el pulsador del panel de control local como el propio programa por las necesidades de caudal de aire en el vaso del reactor.
- *Tiempo de ciclo (Tc)*: Valor del tiempo de duración de un ciclo, medido en formato (HH:mm:ss), Para que se entienda el sentido de esta variable primero hay que explicar que no contamos con una válvula que sea capaz de regular el caudal de entrada de aire al sistema sino que se regulará el caudal utilizando dos válvulas (de alta y baja) que hagan circular el aire por dos circuitos diferentes de forma que conmuten entre ellas para obtener a la entrada del reactor el caudal requerido. Tras haber realizado las pruebas de puesta en marcha el operador obtiene un valor el cual debe introducir araves de nuestro SCADA.

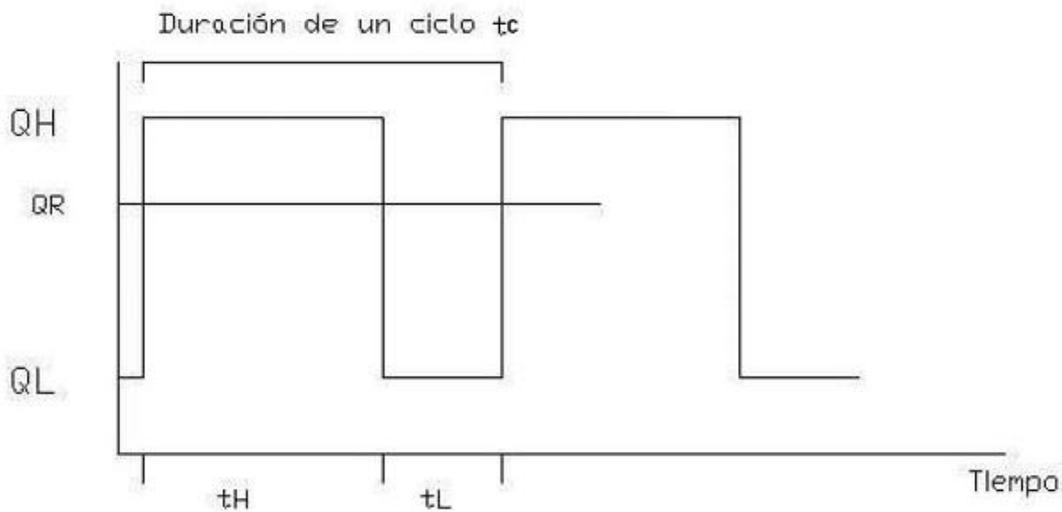


Fig. 2.1. Esquema de un ciclo.

- **Caudal requerido ( $Q_r$ ):** Valor deseado del caudal en l/h a la entrada del reactor. Este valor debe ser introducido por el operador.
- **Reposición alarma de alta concentración de oxígeno ( $O_{2rah}$ ):** Esta variable indica el valor de concentración de oxígeno por debajo del cual no existe alarma de alta concentración del mismo. Cuando la concentración de oxígeno, tras haberse producido una alarma de alta concentración de oxígeno, vuelve a valores menores que el de reposición, desaparece dicha alarma y el sistema puede seguir funcionando en condiciones normales. Este valor de reposición es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.
- **SetPoint alarma alta concentración de oxígeno ( $O_{2ah}$ ):** Esta variable indica que la concentración de oxígeno ha alcanzado un valor por encima del límite establecido para el correcto funcionamiento del sistema. Este valor de de SetPoint es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.
- **Reposición alarma de baja concentración de oxígeno ( $O_{2ral}$ ):** Esta variable indica el valor de concentración de oxígeno por encima del cual no existe alarma de baja concentración del mismo. Cuando la concentración de oxígeno, tras haberse producido una alarma de baja concentración de oxígeno, vuelve a valores mayores que el de reposición, desaparece dicha alarma y el sistema puede seguir funcionando en condiciones normales. Este

valor de reposición es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.

- *SetPoint alarma baja concentración de oxígeno (O2al)*: Esta variable indica que la concentración de oxígeno ha alcanzado un valor por debajo del límite establecido para el correcto funcionamiento del sistema. Este valor de de SetPoint es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.
- *Reposición alarma de alta temperatura (Trah)*: Esta variable indica el valor de temperatura por debajo del cual no existe alarma de alta temperatura. Cuando la temperatura, tras haberse producido una alarma de alta temperatura, vuelve a valores menores que el de reposición, desaparece dicha alarma y el sistema puede seguir funcionando en condiciones normales. Este valor de reposición es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.
- *SetPoint Alarma alta temperatura (Tah)*: Esta variable indica que la temperatura ha alcanzado un valor por encima del límite establecido para el correcto funcionamiento del sistema. Este valor de de setpoint es configurable por el operador y debe ser introducido por el mismo.

Notar que si alguno de estos valores a introducir por parte del operador no fueran introducidos o no fueran coherentes, el sistema informara de un error de parámetros de configuración.

- *Pulsador Inicio ciclo*: Esta variable pone en funcionamiento la planta, en ese momento es cuando el autómatas empieza a controlar el sistema, y realiza las acciones oportunas para mantener el reactor en las condiciones óptimas de funcionamiento.
- *Pulsador Pausa ciclo*: Esta variable pone en stand-by el funcionamiento la planta, en ese momento el autómatas no realiza las acciones oportunas para mantener el reactor en las condiciones óptimas de funcionamiento, es decir, si en ese momento, por ejemplo, se eleva la temperatura y es necesario abrir una válvula, el sistema no tomará ninguna medida. Por tanto siempre que se active esta condición debe estar supervisada por el operador, La razón de que se permita realizar una pausa en el ciclo es para poder realizar mantenimientos de corto alcance como cambio de un sensor o limpieza del filtro de la bomba, etc.

- *Pulsador Reinicio ciclo*: Esta variable pone de nuevo en funcionamiento la planta tras haber estado en un periodo de pausa, una vez se reinicie el ciclo el sistema seguirá funcionando en las mismas condiciones descritas para la variable de inicio ciclo.
- *Pulsador Fin ciclo*: Esta variable para de forma permanente el sistema, una vez se pulse el fin del ciclo solo se podrá volver a poner en funcionamiento pulsando nuevamente el inicio de ciclo.

Estas variables de control de ciclo pueden ser activadas desde el SCADA o desde el Terminal de control local.

- *Pulsador Activación SetPoint ciclo*: Esta variable pone en funcionamiento el ciclo durante un tiempo previamente establecido por parte del operador, una vez transcurrido el tiempo establecido, el sistema pasara de forma automática a la condición de fin de ciclo.
- *Tiempo SetPoint ciclo*: Esta variable determina el tiempo de duración del ciclo, se encuentra en formato (HH:mm:ss). Debe ser introducida por el operador.

Por tanto existen dos formas de operar en cuanto al control del ciclo, una manual donde el operador decide cuando inicia y para el ciclo, o bien de forma automática mediante la introducción del tiempo y la activación del SetPoint.

- *Pulsador Modo funcionamiento Automático*: Mediante esta variable se determina el modo de funcionamiento automático, es el PLC el que regula el caudal de aire que se necesita mediante la comprobación continua de la concentración de oxígeno, en definitiva, actúa como un PID.
- *Pulsador Modo funcionamiento Manual*: Mediante esta variable se determina el modo de funcionamiento manual es el operador el que deberá introducir los valores de caudal y los tiempos de funcionamiento, el sistema no hará una regulación automática.
- *Coeficiente 1*: Valor numérico del coeficiente de grado 3 de regulación para el control automático del regulador de caudal. Debe ser introducida por el operador.

- *Coeficiente 2*: Valor numérico del coeficiente de grado 1 de regulación para el control automático del regulador de caudal. Debe ser introducida por el operador.
- *Tiempo de muestras*: Esta variable determina el tiempo de tomas de lecturas de la concentración de oxígeno, se encuentra en formato (HH:mm:ss) y es necesaria para poder ajustar el controlador PID del modo automático. Debe ser introducida por el operador.
- *División de ciclo*: Esta determina el número en que se divide las tomas de lecturas del sensor de oxígeno, cuanto mejor sea su ajuste, mayor será la precisión del regulador.

### 2.1.1.3 Variables internas.

Las variables que son generadas a partir de cálculos por parte del PLC ó autómatas programables, reciben el nombre de variables internas, estas a su vez las subdividimos en dos grupos dependiendo si son datos informativos para el operador ó si son alarmas calculadas por nuestro autómatas. Por tanto tenemos la siguiente subdivisión:

- Variables internas de información.
- Variables internas de seguridad.

#### 2.1.1.3.1 Variables internas de información.

- *Led inicio ciclo scada*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de inicio de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “inicio” desde del mímico del pulsador de nuestro SCADA.
- *Led pausa ciclo scada*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de pausa de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “pausa” desde del mímico del pulsador de nuestro SCADA.
- *Led fin ciclo scada*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de fin de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “fin” desde del mímico del pulsador de nuestro SCADA.

- *Led inicio ciclo local*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de inicio de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “inicio” desde el pulsador del panel de control local.
- *Led pausa ciclo local*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de pausa de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “pausa” desde el pulsador del panel de control local.
- *Led fin ciclo local*: Esta señal se activa cuando el sistema se encuentra en la condición de fin de ciclo debido a que se ha actuado el pulsador de “fin” desde el pulsador del panel de control local.
- *Indicación abierto/cerrado válvula caudal alto scada*: Esta señal nos indica el estado en el que se encuentra la válvula, cuando se da orden de apertura el PLC nos informa que la válvula está abierta, si no hay orden de apertura la válvula está cerrada.
- *Led Indicación abierto/cerrado válvula caudal alto local*: Esta señal activa el Led del panel de control local y nos indica el estado en el que se encuentra la válvula, cuando se da orden de apertura el PLC nos informa que la válvula está abierta, si no hay orden de apertura la válvula está cerrada.
- *Indicación abierto/cerrado válvula caudal bajo scada*: Esta señal nos indica el estado en el que se encuentra la válvula, cuando se da orden de apertura el PLC nos informa que la válvula está abierta, si no hay orden de apertura la válvula está cerrada.
- *Led Indicación abierto/cerrado válvula caudal bajo local*: Esta señal activa el Led del panel de control local y nos indica el estado en el que se encuentra la válvula, cuando se da orden de apertura el PLC nos informa que la válvula está abierta, si no hay orden de apertura la válvula está cerrada.
- *Temporizador del ciclo*: Muestra el tiempo transcurrido del ciclo en formato (HH:mm:ss).
- *Numero de pausas del ciclo*: Muestra el numero de pausas que se han realizado durante el funcionamiento completo de un ciclo.

- *Tiempo de pausa individual*: Muestra el tiempo transcurrido desde que se ha activado la pausa del ciclo, esta variable se encuentra en formato (HH:mm:ss).
- *Tiempo de pausa total*: Muestra la suma de tiempo debido a todas las pausas que se hayan producido durante el ciclo, esta variable se encuentra en formato (HH:mm:ss).
- *Tiempo caudal alto (Th)*: Muestra el tiempo de funcionamiento, en formato (HH:mm:ss), de la válvula de caudal alto durante un ciclo.
- *Tiempo caudal bajo (Tl)*: Muestra el tiempo de funcionamiento, en formato (HH:mm:ss), de la válvula de caudal bajo durante un ciclo.
- *Caudal real*: Muestra el nuevo valor de caudal calculado por el controlador PID.
- *Feedback modo funcionamiento Automático*: Esta señal es calculada por el PLC cuando el operador activa el pulsador de dicho modo, si el sistema cumple los requisitos para este modo de funcionamiento se nos activará la señal de feedback que nos informa que el modo de funcionamiento automático está activo.
- *Feedback modo funcionamiento Manual*: Esta señal es calculada por el PLC cuando el operador activa el pulsador de dicho modo, si el sistema cumple los requisitos para este modo de funcionamiento se nos activará la señal de feedback que nos informa que el modo de funcionamiento manual está activo.
- *Temperatura media 1 (Tm1)*: Esta variable nos muestra el valor medio de temperatura entre las sondas alta, media y baja (Trh, Trm y Trl).
- *Temperatura media 2 (Tm2)*: Esta variable nos muestra el valor medio de temperatura de las sondas alta, media, baja y la situada en la pared del reactor (Trh, Trm, Trl y Trp).
- *Indicación SetPoint activado*: Al accionar el pulsador de activación del SetPoint de ciclo, el PLC nos devuelve una señal con la cual se indica al operador, mediante un display luminoso, que el SetPoint se encuentra activo, esta variable es la indicación SetPoint activado.

- *Indicación PLC RUN*: Esta señal se activa cuando el PLC esta ejecutando sus tareas, es decir, está en “RUN”.
- *Indicación PLC STOP*: Esta señal se activa cuando el PLC no esta ejecutando sus tareas, es decir, está en “STOP”.

#### 2.1.1.3.2 Variables internas de seguridad.

- *Alarma alta concentración de oxígeno*: Esta señal se activa cuando la concentración de oxígeno alcanza un valor por encima del valor de SetPoint (O2ah).
- *Alarma baja concentración de oxígeno*: Esta señal se activa cuando la concentración de oxígeno alcanza un valor por debajo del valor de SetPoint (O2al).
- *Alarma de temperatura*: Esta señal se activa cuando la temperatura de alguna de las sondas PT-100 alcanza un valor por encima del valor de SetPoint (Tah).
- *Alarma de temperatura (Tm1, Tm2, Trh, Trm, Trl, Trp, Trs)*: Esta señal se activa cuando la temperatura de la sondas PT-100 correspondiente alcanza un valor por encima del valor de SetPoint (Tah).
- *Error parámetros Oxígeno*: Esta variable indica que no se han introducido todos los parámetros configurables por parte del operador o estos no son coherentes, por ejemplo, alarma de alta concentración de oxígeno menor que la alarma de baja concentración de oxígeno.
- *Error parámetros Temperatura*: Esta variable indica que no se han introducido todos los parámetros configurables por parte del operador o estos no son coherentes, por ejemplo, alarma de reposición de alta temperatura menor que la alarma de reposición de baja temperatura.
- *Error parámetros Válvula*: Esta variable indica que no se han introducido todos los parámetros configurables por parte del operador o estos no son coherentes, por ejemplo, no se ha introducido uno de los valores de caudal.

- *Error parámetros Modo Automático del caudal:* Esta variable indica que no se han introducido todos los parámetros configurables por parte del operador o estos no son coherentes, por ejemplo, asignar a la variable división de ciclo valor cero.
- *Fallo CPU:* Esta señal se activa en el caso de que se produzca un fallo en la CPU del PLC.
- *Fallo ETH:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en la tarjeta de red de comunicación o bien un fallo en la red Ethernet RJ45.
- *Fallo bastidor:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en alguna de sus tarjetas previamente configuradas.
- *Fallo modulo E/S Digit:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en dicha tarjeta de entradas/salidas digitales.
- *Fallo modulo entrada Anlg 2:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en dicha tarjeta de entradas analógicas.
- *Fallo modulo entrada Anlg 3:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en dicha tarjeta de entradas analógicas.
- *Fallo modulo entrada Anlg 4:* Esta señal se activa en el caso de que el PLC detecte un fallo en dicha tarjeta de entradas analógicas.
- *Fallo sonda Temperatura ambiente:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.
- *Fallo sonda Temperatura salida:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.
- *Fallo sonda Temperatura pared:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.

- *Fallo sonda Temperatura alta:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.
- *Fallo sonda Temperatura media:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.
- *Fallo sonda Temperatura baja:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.
- *Fallo sensor de oxígeno:* Esta señal se activa en el caso de que se detecte un fallo en el sensor bien sea por fallo del mismo o porque este se encuentra desconectado.

En la tabla siguiente, se recoge a modo de resumen, las diferentes variables que deben ser controladas por el sistema:

Variables a controlar			
Variables de sistema	Variables de control	Variables internas	
Temperatura ambiente ( $T_a$ )	Caudal alto de entrada al reactor ( $Q_h$ )	Información	Seguridad
Temperatura sondas ( $T_{rh}$ , $T_{rm}$ , $T_{rl}$ , $T_{rp}$ , $T_{rs}$ )	Apertura válvula caudal alto	Led inicio ciclo scada	Alarma alta concentración de oxígeno
Concentración de oxígeno ( $O_2$ )	Caudal bajo de entrada al reactor ( $Q_l$ )	Led pausa ciclo scada	Alarma baja concentración de oxígeno
Activación apertura válvula caudal alto	Apertura válvula caudal bajo	Led fin ciclo scada	Alarma de temperatura
Activación apertura válvula caudal bajo	Tiempo de ciclo ( $T_c$ )	Led inicio ciclo local	Alarma de temperatura ( $T_{m1}$ , $T_{m2}$ , $T_{rh}$ , $T_{rm}$ , $T_{rl}$ , $T_{rp}$ , $T_{rs}$ )
Activación Inicio ciclo manual	Caudal requerido ( $Q_r$ )	Led pausa ciclo local	Error parámetros Oxígeno



Activación Pausa ciclo manual	Reposición alarma de alta concentración de oxígeno (O2rah)	Led fin ciclo local	Error parámetros Temperatura
Activación Reinicio ciclo manual	SetPoint alarma alta concentración de oxígeno (O2ah)	Indicación abierto/cerrado válvula caudal alto scada	Error parámetros Válvula
Activación Fin ciclo manual	Reposición alarma de baja concentración de oxígeno (O2ral)	Indicación abierto/cerrado válvula caudal bajo scada	Error parámetros Modo Automático del caudal
	SetPoint alarma baja concentración de oxígeno (O2al)	Led indicación abierto/cerrado válvula caudal alto local	Fallo CPU
	Reposición alarma de alta temperatura (Trah)	Led indicación abierto/cerrado válvula caudal bajo	Fallo ETH
	SetPoint Alarma alta temperatura (Tah)	Temporizador del ciclo	Fallo Bastidor
	Pulsador Inicio ciclo	Numero de pausas del ciclo	Fallo modulo E/S Digit
	Pulsador Pausa ciclo	Tiempo de pausa individual	Fallo modulo entrada Anlg 2
	Pulsador Reinicio ciclo	Tiempo de pausa total	Fallo modulo entrada Anlg 3
	Pulsador Fin ciclo	Tiempo caudal alto (Th)	Fallo modulo entrada Anlg 4
	Pulsador Activación SetPoint ciclo	Tiempo caudal bajo (Tl)	Fallo sonda Temperatura ambiente
	Tiempo SetPoint ciclo	Caudal real	Fallo sonda Temperatura salida
	Pulsador Modo funcionamiento Automático	Feedback modo funcionamiento Automático	Fallo sonda Temperatura pared

	Pulsador Modo funcionamiento Manual	Feedback modo funcionamiento Manual	Fallo sonda Temperatura alta	
	Coeficiente 1	Temperatura media 1 (Tm1)	Fallo sonda Temperatura media	
	Coeficiente 2	Temperatura media 2 (Tm2)	Fallo sonda Temperatura baja	
	Tiempo de muestras División de ciclo	Indicación SetPoint activado	Fallo sensor de oxigeno	
			Indicación PLC RUN	
			Indicación PLC STOP	

En el capítulo 4, se desarrollara en profundidad el diseño, configuración, y realización de nuestro sistema de control.

### 2.1.2 Especificaciones para el diseño del sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos SCADA.

Para el desarrollo de nuestro sistema SCADA necesitamos saber cuales son las necesidades que debe satisfacer el mismo, estos son, a grandes rasgos, los tres puntos que el sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos SCADA, debe cumplir:

- *Proporcionar una interfaz para introducir los valores de control del sistema:* Esto se hará posible mediante el despliegue de una ventana emergente con un teclado numérico al clicar sobre la variable de control que deseamos modificar. De esta manera podemos introducir de forma cómoda y practica los valores deseados para todas y cada una de las variables previamente definidas como variables de control.
- *Ofrecer en tiempo real toda la información del sistema:* Se mostrará en tiempo real el valor de todas las variables de sistema. El sistema de control será el encargado de recoger todos los datos de los sensores, interpretarlos y

mandarlos al SCADA para que el operador pueda visualizarlos cada uno en su correspondiente pagina del sistema de supervisión y adquisición de datos.

- *Sistema de adquisición de datos:* Nuestros sistema debe ser capaz de recoger los datos en forma de graficas tanto en tiempo real como en modo histórico de todas las variables del sistema, estos gráficos deben tener la posibilidad de ser exportados a un formato Excel donde puedan se tratados, procesados, estudiados y almacenados. Estos archivos serán guardados en formato xls en una ruta del PC especificada y con un nombre de archivo también definido en el cual se reflejara el año, mes, día, hora y minuto en el cual se realizo el guardado de dicho archivo.

Por tanto, entorno a estos tres puntos fundamentales se diseñará y desarrollará todo el sistema SCADA.

En el capitulo 4, se desarrollara en profundidad el diseño, configuración y realización de nuestro sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos.

### **2.1.3 Especificaciones para el diseño del sistema de comunicaciones.**

Los requisitos primordiales a cumplir por nuestro sistema de comunicaciones son:

- Permitir la comunicación entre nuestro sistema de control (PLC) y el sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos (SCADA).
- El sistema de supervisión, gestión y adquisición de datos (SCADA) debe correr en un PC domestico.

Estos requisitos vienen determinados por las propias características de los equipos del sistema (PC de supervisión, gestión y adquisición de datos (SCADA) y el autómata ó PLC), así como por las características del interfaz que integrará el sistema de comunicaciones dentro del sistema de control. Estas especificaciones se recogen más detalladamente en el punto correspondiente del capítulo 4, En donde se estudiará con detalle la viabilidad de las diferentes opciones para nuestro sistema de comunicaciones.

Los elementos determinantes, como hemos mencionado anteriormente, para elegir el tipo de comunicaciones para nuestro sistema serán el PLC y el

SCADA. Nuestro sistema SCADA, al tener que correr por requisito en un PC domestico, nos hace encaminar rápidamente nuestra elección a una comunicación Ethernet basado en protocolo TCP/IP, aunque se nos plantea también la posibilidad en capítulos futuros del proyecto la integración de nuestro sistema en un “sistema integrado de control de plataforma” (SICP), en el cual estudiaremos las diferentes posibilidades para su correcta y fácil integración.

Debido a todo lo expuesto, nos vemos obligados a recopilar la información necesaria de los diferentes fabricantes para ver cual es el modelo de PLC, así como fabricantes de sistemas de SCADA, para poder realizar la correcta comunicación entre los dos equipos y por tanto garantizar el requisito genérico y fundamental de un sistema de comunicaciones:

- *Servir de enlace entre los equipos que forman el sistema y a su vez, ser capaz de transmitir todos los datos entre ambos a través del bus de comunicación.*

## **2.2 Diseño Hardware.**

Para proceder al diseño Hardware del sistema de control de la planta de compostaje es necesario tener en cuenta los requisitos o especificaciones técnicas que se deben cumplir. Los requisitos generales que se deben cumplir y satisfacer son:

- La correcta integración de los sensores de temperatura PT-100.
- La correcta integración del sensor de oxígeno.
- La posibilidad de recoger una cantidad dada de entradas digitales derivadas del panel de control local.
- La posibilidad de activar una cantidad de salidas digitales dadas para la activación y desactivación de las válvulas, indicaciones luminosas del panel de control local y la puesta en marcha y paro de la bomba de extracción de aire.

Por tanto es necesario conocer las especificaciones técnicas de los propios equipos que conforman la planta de compostaje, es decir, sensores, válvulas, bombas, etc. Ya estos condicionarán las características hardware de nuestro sistema de control.

### 2.2.1 Especificaciones Hardware de los equipos de la planta.

En este apartado por tanto, abordaremos un análisis exhaustivo de los distintos equipos que forman parte de la planta, así como sus especificaciones técnicas, estos datos hay que recalcar que son importante de cara a conformar el diseño del sistema de control, así como a la hora de elegir el modelo de autómatas programables, objeto de estudio de los siguientes documentos.

A continuación se muestran en tablas, todos los equipos que condicionan el diseño hardware de nuestro sistema de control, estos son:

<b>Equipo</b>	<b>Compresor de aire</b>																				
<b>Función</b>	<b>Aportación de un caudal de aire <math>Q_c</math> al sistema</b>																				
<b>Fabricante</b>	<b>Fiac Air Compressors</b>																				
<b>Modelo</b>	<b>CARAT 106/E</b>																				
<b>Especificaciones técnicas</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volt/Hz</td> <td>230/50/1</td> </tr> <tr> <td>Ruido (dB) A</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Peso (Kg)</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>L/min</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>C.F.M</td> <td>3.53</td> </tr> <tr> <td>Max press</td> <td>7 bar / 102 psi</td> </tr> <tr> <td>Potencia salida</td> <td>0.6 Kw / 0.8 HP</td> </tr> <tr> <td>Norma de fabricacion</td> <td>CE 98/37</td> </tr> <tr> <td>Grado proteccion IP</td> <td>IP 42</td> </tr> </tbody> </table>	Especificaciones		Volt/Hz	230/50/1	Ruido (dB) A	5	Peso (Kg)	42	L/min	100	C.F.M	3.53	Max press	7 bar / 102 psi	Potencia salida	0.6 Kw / 0.8 HP	Norma de fabricacion	CE 98/37	Grado proteccion IP	IP 42
Especificaciones																					
Volt/Hz	230/50/1																				
Ruido (dB) A	5																				
Peso (Kg)	42																				
L/min	100																				
C.F.M	3.53																				
Max press	7 bar / 102 psi																				
Potencia salida	0.6 Kw / 0.8 HP																				
Norma de fabricacion	CE 98/37																				
Grado proteccion IP	IP 42																				
<b>Foto</b>																					

Tabla 2.2. Compresor de aire.

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO</b></p>
--	--

<b>Equipo</b>	<b>Rotámetro (alta/baja)</b>																		
<b>Función</b>	<b>Regular el caudal <math>Q_c</math> a un valor fijo (<math>Q_h/Q_l</math>) a la entrada de la válvula de alta/baja</b>																		
<b>Fabricante</b>	<b>Key Instruments</b>																		
<b>Modelo</b>	<b>Series MR Flow meter Model MR3000</b>																		
<b>Especificaciones técnicas</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Exactitud</b></td> <td><math>\pm 4\%</math> en la escala total</td> </tr> <tr> <td><b>Estructura y tubo</b></td> <td>Policarbonato</td> </tr> <tr> <td><b>Flotadores</b></td> <td>Vidrio negro, Carburato o Acero inoxidable</td> </tr> <tr> <td><b>Temperatura</b></td> <td>65 °C/ 150 °F Máximo</td> </tr> <tr> <td><b>Presión</b></td> <td>100 P.S.I.G. Máximo</td> </tr> <tr> <td><b>Conectores</b></td> <td>Latón o Acero inoxidable</td> </tr> <tr> <td><b>Válvula (opcional)</b></td> <td>Latón o Acero inoxidable. Tipo cartucho</td> </tr> <tr> <td><b>Material del sello</b></td> <td>Buna-N con conectores en latón, Viton® con Acero inoxidable</td> </tr> </tbody> </table>	Especificaciones		<b>Exactitud</b>	$\pm 4\%$ en la escala total	<b>Estructura y tubo</b>	Policarbonato	<b>Flotadores</b>	Vidrio negro, Carburato o Acero inoxidable	<b>Temperatura</b>	65 °C/ 150 °F Máximo	<b>Presión</b>	100 P.S.I.G. Máximo	<b>Conectores</b>	Latón o Acero inoxidable	<b>Válvula (opcional)</b>	Latón o Acero inoxidable. Tipo cartucho	<b>Material del sello</b>	Buna-N con conectores en latón, Viton® con Acero inoxidable
Especificaciones																			
<b>Exactitud</b>	$\pm 4\%$ en la escala total																		
<b>Estructura y tubo</b>	Policarbonato																		
<b>Flotadores</b>	Vidrio negro, Carburato o Acero inoxidable																		
<b>Temperatura</b>	65 °C/ 150 °F Máximo																		
<b>Presión</b>	100 P.S.I.G. Máximo																		
<b>Conectores</b>	Latón o Acero inoxidable																		
<b>Válvula (opcional)</b>	Latón o Acero inoxidable. Tipo cartucho																		
<b>Material del sello</b>	Buna-N con conectores en latón, Viton® con Acero inoxidable																		
<b>Foto</b>																			

Tabla 2.3. Rotámetro.

<b>Equipo</b>	<b>Valvula solenoide (alta/baja)</b>													
<b>Función</b>	<b>Permitir el paso de aire para que este entre en el reactor con caudal <math>Q_h/Q_l</math>.</b>													
<b>Fabricante</b>	<b>Bürkert Easy Fluid Control Systems</b>													
<b>Modelo</b>	<b>Type 6211</b>													
<b>Especificaciones técnicas</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Material del cuerpo</b></td> <td>Latón (DIN 50930-6)</td> </tr> <tr> <td><b>Cubierta del cuerpo</b></td> <td>Noryl</td> </tr> <tr> <td><b>Material de juntas</b></td> <td>NBR, EPDM, FKM</td> </tr> <tr> <td><b>Fluidos</b></td> <td rowspan="2">gases y fluidos neutros</td> </tr> <tr> <td><b>NBR</b></td> </tr> <tr> <td><b>EPDM</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos		<b>Material del cuerpo</b>	Latón (DIN 50930-6)	<b>Cubierta del cuerpo</b>	Noryl	<b>Material de juntas</b>	NBR, EPDM, FKM	<b>Fluidos</b>	gases y fluidos neutros	<b>NBR</b>	<b>EPDM</b>	
Datos Técnicos														
<b>Material del cuerpo</b>	Latón (DIN 50930-6)													
<b>Cubierta del cuerpo</b>	Noryl													
<b>Material de juntas</b>	NBR, EPDM, FKM													
<b>Fluidos</b>	gases y fluidos neutros													
<b>NBR</b>														
<b>EPDM</b>														

	<b>FKM</b>	fluidos sin grasa y sin aceite aire caliente, aceites calientes, aceites con aditivos
	<b>Temperatura del fluido</b> NBR EPDM FKM	0 a +70 °C -10 a +70 °C 0 a +70 °C
	<b>Temperatura ambiente</b>	Max +55 °C
	<b>Conexiones</b>	G3/8" a G1"
	<b>Voltajes</b>	24 V CC 24, 110, 230 V / 50-60 Hz
	<b>Consumos</b>	4 W
	<b>Arranque</b>	9 VA AC, 4 W CC
	<b>Mantenimiento</b>	6 VA AC, 4 W CC
	<b>Tolerancia de tensión</b>	± 10%
	<b>Ciclo de funcionamiento</b>	100% continua
	<b>Conector eléctrico</b>	Patillas conexión en un lateral según DIN 43650 Forma C
	<b>Instalación</b>	Según convenga, con preferencia con bobina hacia arriba
	<b>Clase de protección</b>	IP65 con conector
<b>Foto</b>		

Tabla 2.4. Válvula solenoide.

<b>Equipo</b>	<b>Sensor de Temperatura</b>	
<b>Función</b>	<b>Toma de lecturas de los valores de temperaturas</b>	
<b>Fabricante</b>	<b>TC Direct</b>	
<b>Modelo</b>	<b>PT 100Ω Clase B</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Especificaciones</b>	
	<b>Tipo</b>	Sensor PT 100 Ω
	<b>Clase</b>	Clase B

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL  
PROYECTO**

	<b>Norma</b>	IEC 60751 clase B
	<b>Rango de operación</b>	-75 / +350 °C
	<b>Límite superior recomendado</b>	+135 °C
	<b>Tolerancia</b>	0.15 + 0.002 x [t]
	<b>Montaje</b>	1x3 hilos
	<b>Longitud (mm)</b>	L1 (100-150-200-300-500)
	<b>Diámetro (mm)</b>	Ø 3
	<b>Conector</b>	Conector miniatura 3 polos
	<b>Accesorio de conexión</b>	Hembra mini 3 polos
<b>Foto</b>		

Tabla 2.5. Sonda PT 100Ω

<b>Equipo</b>	<b>Sensor de Oxígeno</b>																										
<b>Función</b>	<b>Tomar lecturas de la concentración de oxígeno del sistema</b>																										
<b>Fabricante</b>	<b>Sensotran, s.l.</b>																										
<b>Modelo</b>	<b>SENSOX 420 O<sub>2</sub></b>																										
<b>Especificaciones técnicas</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Especificaciones</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Tipo de sensor</b></td> <td>Electroquímico</td> </tr> <tr> <td><b>Alimentación</b></td> <td>10 a 35 V c.c.</td> </tr> <tr> <td><b>Vida del sensor</b></td> <td>&gt; 2 años</td> </tr> <tr> <td><b>Temperatura de trabajo</b></td> <td>-20 + 45 °C</td> </tr> <tr> <td><b>Humedad de trabajo</b></td> <td>0 a 99% no condens.</td> </tr> <tr> <td><b>Presión de trabajo</b></td> <td>Atmosférica ± 10%</td> </tr> <tr> <td><b>Coefficiente de presión</b></td> <td>0.02%</td> </tr> <tr> <td><b>Resolución</b></td> <td>0.1%</td> </tr> <tr> <td><b>Tiempo de respuesta</b></td> <td>&lt; 15 seg.</td> </tr> <tr> <td><b>Desviación de la señal</b></td> <td>&lt; 1% señal / mes</td> </tr> <tr> <td><b>Calibración</b></td> <td>Potenciómetro de cero y span</td> </tr> <tr> <td><b>Salida</b></td> <td>4-20 mA.</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Especificaciones</b>		<b>Tipo de sensor</b>	Electroquímico	<b>Alimentación</b>	10 a 35 V c.c.	<b>Vida del sensor</b>	> 2 años	<b>Temperatura de trabajo</b>	-20 + 45 °C	<b>Humedad de trabajo</b>	0 a 99% no condens.	<b>Presión de trabajo</b>	Atmosférica ± 10%	<b>Coefficiente de presión</b>	0.02%	<b>Resolución</b>	0.1%	<b>Tiempo de respuesta</b>	< 15 seg.	<b>Desviación de la señal</b>	< 1% señal / mes	<b>Calibración</b>	Potenciómetro de cero y span	<b>Salida</b>	4-20 mA.
<b>Especificaciones</b>																											
<b>Tipo de sensor</b>	Electroquímico																										
<b>Alimentación</b>	10 a 35 V c.c.																										
<b>Vida del sensor</b>	> 2 años																										
<b>Temperatura de trabajo</b>	-20 + 45 °C																										
<b>Humedad de trabajo</b>	0 a 99% no condens.																										
<b>Presión de trabajo</b>	Atmosférica ± 10%																										
<b>Coefficiente de presión</b>	0.02%																										
<b>Resolución</b>	0.1%																										
<b>Tiempo de respuesta</b>	< 15 seg.																										
<b>Desviación de la señal</b>	< 1% señal / mes																										
<b>Calibración</b>	Potenciómetro de cero y span																										
<b>Salida</b>	4-20 mA.																										



Tabla 2.6. SENSOX 420 O2

<b>Equipo</b>	<b>Bomba eléctrica</b>	
<b>Función</b>	<b>Extraer el aire del interior del reactor</b>	
<b>Fabricante</b>	<b>Sensotran S.L</b>	
<b>Modelo</b>	<b>SENSOTM en</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Especificaciones</b>	
	Alimentación	220 V
	Altura	28 cm
	Anchura	45 cm
	Profundidad	24,5 cm
	<b>Características</b>	Filtro hidrofóbico, indicador LED
<b>Foto</b>		

Tabla 2.7. Bomba eléctrica.

<b>Equipo</b>	<b>Relé</b>	
<b>Función</b>	<b>Elemento eléctrico que permite la apertura de las válvulas y el arranque de la bomba</b>	
<b>Fabricante</b>	<b>Releco</b>	
<b>Modelo</b>	<b>C10-A10X</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Especificaciones</b>	
	Aislamiento: bobina a contacto	5 kV
	Altura	35,4 mm
	Anchura	12,5 mm

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO</b></p>
--	--



E. U. I. T.  
Naval

**AUTOMATIZACIÓN DE UN REACTOR  
AUTOTÉRMICO DE COMPOSTAJE A ESCALA  
LABORATORIO, E INTEGRACIÓN DE SU  
SISTEMA DE CONTROL EN EL SICP DE UN  
BUQUE TIPO PATRULLERA**

Pág. 38 de 163



UCA  
Universidad  
de Cádiz

	<b>Profundidad</b>	28,8 mm
	<b>Características</b>	Boton de test, indicador LED
	<b>Configuración de los contactos</b>	SPDT
	<b>Corriente de conmutación máxima</b>	10 A
	<b>Material de contacto</b>	AgNi (níquel-plata)
	<b>Potencia de conmutación</b>	2,5 kVA
	<b>Potencia de la bobina</b>	0,65 W
	<b>Resistencia de la bobina</b>	773 $\Omega$
	<b>Tensión de la bobina</b>	24 Vd.c
	<b>Tipo de montaje</b>	Enchufable 5 pines
	<b>Vida útil mecánica</b>	$2 \times 10^7$
<b>Temperatura de trabajo</b>	-20°C a +60°C	
<b>Foto</b>		

Tabla 2.8. Relés.

<b>Equipo</b>	<b>Fuente de alimentación</b>																				
<b>Función</b>	<b>Aportar tensión de 24V c.c. a los equipos que lo requieren.</b>																				
<b>Fabricante</b>	<b>TRACO POWER</b>																				
<b>Modelo</b>	<b>TSL 030-124</b>																				
<b>Especificaciones técnicas</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Especificaciones</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Modelo</b></td> <td>TSL 030-124</td> </tr> <tr> <td><b>Voltaje de entrada</b></td> <td>100-240 VAC</td> </tr> <tr> <td><b>Potencia máxima de salida</b></td> <td>30 W</td> </tr> <tr> <td><b>Voltaje de salida</b></td> <td>24 VDC <math>\pm 1\%</math></td> </tr> <tr> <td><b>Corriente máxima de salida</b></td> <td>1.25 A</td> </tr> <tr> <td><b>Corriente de entrada a plena carga</b></td> <td>115 VAC 0.5 A 230 VAC 0.30 A</td> </tr> <tr> <td><b>Corriente de pico max a +25 °C (&lt;2ms)</b></td> <td>115 VAC 17.5 A 230 VAC 35.0 A</td> </tr> <tr> <td><b>Cortocircuito Tipo C</b></td> <td>5.0 A</td> </tr> <tr> <td><b>Rendimiento a 230 VAC</b></td> <td>85.0%</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Especificaciones</b>		<b>Modelo</b>	TSL 030-124	<b>Voltaje de entrada</b>	100-240 VAC	<b>Potencia máxima de salida</b>	30 W	<b>Voltaje de salida</b>	24 VDC $\pm 1\%$	<b>Corriente máxima de salida</b>	1.25 A	<b>Corriente de entrada a plena carga</b>	115 VAC 0.5 A 230 VAC 0.30 A	<b>Corriente de pico max a +25 °C (&lt;2ms)</b>	115 VAC 17.5 A 230 VAC 35.0 A	<b>Cortocircuito Tipo C</b>	5.0 A	<b>Rendimiento a 230 VAC</b>	85.0%
<b>Especificaciones</b>																					
<b>Modelo</b>	TSL 030-124																				
<b>Voltaje de entrada</b>	100-240 VAC																				
<b>Potencia máxima de salida</b>	30 W																				
<b>Voltaje de salida</b>	24 VDC $\pm 1\%$																				
<b>Corriente máxima de salida</b>	1.25 A																				
<b>Corriente de entrada a plena carga</b>	115 VAC 0.5 A 230 VAC 0.30 A																				
<b>Corriente de pico max a +25 °C (&lt;2ms)</b>	115 VAC 17.5 A 230 VAC 35.0 A																				
<b>Cortocircuito Tipo C</b>	5.0 A																				
<b>Rendimiento a 230 VAC</b>	85.0%																				

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL  
PROYECTO**

	<b>Humedad (no condens)</b>	95% rel H max
	<b>Frecuencia de conmutación</b>	80 KHz
	<b>Clase de protección</b>	Clase 1
	<b>Funda de protección</b>	IP20
	<b>Fusible interno</b>	3.13 AH/250V
<b>Foto</b>		

Tabla 2.9. Fuente de alimentación.

Finalmente, para tener una imagen precisa e intuitiva de los equipos que forman parte de nuestro sistema, se confecciona la siguiente tabla. Del mismo modo, esta tabla nos servirá mas adelante para saber el modelo de autómatas programables PLC a elegir, así como los modelos de tarjetas analógicas y digitales que serán necesarias para poder controlar dichos equipos.

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
<b>COMPRESOR DE AIRE</b>	<b>Fiac Air Compressors</b>	<b>CARAT 106/E</b>
<b>ROTAMETROS</b>	<b>Key Instruments</b>	<b>MR3000</b>
<b>VALVULAS SOLENOIDE</b>	<b>Bürkert</b>	<b>Type 6211</b>
<b>SENSORES DE TEMPERATURA</b>	<b>TC Direct</b>	<b>PT100Ω</b>
<b>SENSOR DE OXIGENO</b>	<b>Sensotran S.L</b>	<b>SENSOX 420 O2</b>
<b>BOMBA ELECTRICA</b>	<b>Sensotran S.L</b>	<b>SENSOTM en</b>
<b>RELÉS</b>	<b>Releco</b>	<b>C10-A10X</b>
<b>FUENTE DE ALIMENTACION</b>	<b>Traco Power</b>	<b>TSL 030-124</b>

Tabla 2.10. Resumen de los equipos del sistema.

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO</b></p>
--	--

# Documento 3

## ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR



## Documento 3. Análisis de los datos a controlar

A fin de determinar la configuración del sistema de control para el reactor de compostaje, lo cual también incluye la elección del PLC a instalar, procederé ahora al análisis de los diferentes datos a controlar con los que trabajará el sistema, distinguiendo entre:

1. **Datos de sistema:** Son los datos capturados por el PLC de cada uno de los equipos de la planta (sensores de temperatura, sensor de oxígeno y panel de control local).
2. **Datos de control:** Son los datos que serán introducidos por el operador a través del SCADA o las que ejercen control sobre el sistema.
3. **Datos internos:** Son los datos que se calcularán en el PLC, a partir de la información que ha sido capturada de cada equipo o debidos a fallos de configuración (alarmas, fallos de configuración, etc.).

### 3.1 Datos a capturar de la planta

Antes de proceder al estudio del sistema de control es necesario analizar los datos que serán capturados y gestionados por nuestro PLC, para saber cuántos registros y el tipo de datos que habrá que gestionar finalmente, pues estos puntos serán un factor determinante a la hora de escoger el modelo del PLC o API (Autómata programable industrial).

Como hemos dicho, es necesario definir el formato de estos datos para concretar el tamaño de memoria que ocuparán en nuestro PLC, así mismo será importante a la hora del desarrollo del sistema de supervisión SCADA, ya que el PLC publicará al SCADA asignaciones de áreas de memorias previamente programadas, esto lo podremos ver en el próximo documento.

#### 3.1.1 Censo de datos de cada equipo de la planta

La siguiente tabla reflejará todos los datos que serán necesarios extraer de cada equipo.

MAQUINA	DATOS
SENSORES DE TEMPERATURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TEMPERATURA AMBIENTE (Ta)</li> <li>- TEMPERATURA SONDA ALTA (Trh)</li> <li>- TEMPERATURA SONDA MEDIA (Trm)</li> <li>- TEMPERATURA SONDA BAJA (Trl)</li> <li>- TEMPERATURA SONDA PARED (Trp)</li> <li>- TEMPERATURA SONDA SALIDA (Trs)</li> </ul>
SENSOR DE OXIGENO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CONCENTRACION DE OXIGENO</li> </ul>
TERMINAL DE CONTROL LOCAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACTIVACIÓN INICIO CICLO MANUAL</li> <li>- ACTIVACIÓN PAUSA CICLO MANUAL</li> <li>- ACTIVACIÓN REINICIO CICLO MANUAL</li> <li>- ACTIVACIÓN FIN CICLO MANUAL</li> <li>- ACTIVACIÓN APERTURA VALVULA Qh</li> <li>- ACTIVACIÓN APERTURA VALVULA QI</li> </ul>

### 3.1.2 Definición y formato de los datos de sistema

En el presente apartado definiré los distintos datos técnicos necesarios para la posterior determinación del sistema de control.

Especificaré, pues, en cada caso: nombre del dato, definición del mismo, formato, tamaño y dirección, es decir, si es de entrada o salida hacia el PLC.

#### 3.1.2.1 Sensores de Temperatura

- **TEMPERATURA AMBIENTE (Ta):**

Es la indicación en grados centígrados (°C) recogida por la sonda colocada en el exterior del vaso del reactor.

FORMATO	ENTERO
Nº PALABRAS/REGISTROS	1
DIRECCIÓN	ENTRADA
CANAL	0
UNIDAD DEL DATO	GRADOS CENTIGRADOS

- **TEMPERATURA SONDA ALTA (Trh):**

Es la indicación en grados centígrados (°C) recogida por la sonda colocada en la parte superior del interior del vaso del reactor.

FORMATO	ENTERO
Nº PALABRAS/REGISTROS	1

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR
--	-----------------------------------

DIRECCIÓN	ENTRADA
CANAL	0
UNIDAD DEL DATO	GRADOS CENTIGRADOS

• **TEMPERATURA SONDA MEDIA ( $T_{rm}$ ):**

Es la indicación en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) recogida por la sonda colocada en la parte media del interior del vaso del reactor.

FORMATO	ENTERO
Nº PALABRAS/REGISTROS	1
DIRECCIÓN	ENTRADA
CANAL	1
UNIDAD DEL DATO	GRADOS CENTIGRADOS

• **TEMPERATURA SONDA BAJA ( $T_{rl}$ ):**

Es la indicación en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) recogida por la sonda colocada en la parte inferior del interior del vaso del reactor.

FORMATO	ENTERO
Nº PALABRAS/REGISTROS	1
DIRECCIÓN	ENTRADA
CANAL	2
UNIDAD DEL DATO	GRADOS CENTIGRADOS

• **TEMPERATURA SONDA PARED ( $T_{rp}$ ):**

Es la indicación en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) recogida por la sonda colocada en la pared lateral exterior del vaso del reactor.

FORMATO	ENTERO
Nº PALABRAS/REGISTROS	1
DIRECCIÓN	ENTRADA
CANAL	2
UNIDAD DEL DATO	GRADOS CENTIGRADOS

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

- **TEMPERATURA SONDA SALIDA (Trs):**

Es la indicación en grados centígrados (°C) recogida por la sonda colocada en la salida del aire del vaso del reactor.

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>

### 3.1.2.2 Sensor de Oxigeno

- **CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Es la indicación de la concentración de oxigeno que circula por el reactor, esta medida la obtenemos del sensor de oxigeno SENSOX 420.

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>0</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>

### 3.1.2.3 Terminal de Control Local

- **ACTIVACIÓN INICIO CICLO MANUAL:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>0</i>

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

• **ACTIVACIÓN PAUSA CICLO MANUAL:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>1</i>

• **ACTIVACIÓN REINICIO CICLO MANUAL:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>2</i>

• **ACTIVACIÓN FIN CICLO MANUAL:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>3</i>

• **ACTIVACIÓN APERTURA VALVULA Qh:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>4</i>

- **ACTIVACIÓN APERTURA VALVULA QI:**

Es la indicación que obtenemos del terminal de control local al accionar el pulsador correspondiente en el mismo.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>ENTRADA</i>
CANAL	<i>5</i>

### 3.2 Datos de control

Los siguientes datos son tanto los que necesitan ser introducidos por parte del operador como los que ejercen control directo sobre el sistema, estos son:

- **CAUDAL ALTO DE ENTRADA AL REACTOR:**

Es el valor al que se ha regulado manualmente el caudal de la válvula de alto, este valor necesita ser introducido por parte del operador en el sistema de control.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>LITROS/HORA</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- **APERTURA VALVULA CAUDAL ALTO:**

Es la señal que activa físicamente la orden de apertura la válvula de caudal alta (Qh) bien sea por medio del panel de control local o por parte del PLC.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCION	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>16</i>

• **CAUDAL BAJO DE ENTRADA AL REACTOR:**

Es el valor al que se ha regulado manualmente el caudal de la válvula de bajo, este valor necesita ser introducido por parte del operador en el sistema de control.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>LITROS/HORA</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **APERTURA VALVULA CAUDAL BAJO:**

Es la señal que activa físicamente la orden de apertura la válvula de caudal bajo (QI) bien sea por medio del panel de control local o por parte del PLC.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCION	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>17</i>

• **TIEMPO DE CICLO:**

Es el valor medido en tiempo de un ciclo. Este valor debe ser introducido por el operador. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de ciclo horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de ciclo minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de ciclo segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **CAUDAL REQUERIDO:**

Es el valor deseado del caudal a la entrada del reactor. Este valor debe ser introducido por el operador. Con el caudal requerido, tiempo de ciclo y caudal de alto y bajo, el sistema de control obtiene todos los datos que necesita para poder calcular los tiempos de activación de cada válvula para satisfacer la necesidad del caudal requerido.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>LITROS/HORA</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **REPOSICION ALARMA DE ALTA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Es el valor de concentración de oxígeno por debajo del cual, tras haberse detectado alarma de alta concentración de oxígeno, el sistema considera que se ha solucionado la anomalía que causó dicha alarma y por tanto sigue funcionando en condiciones normales. Es configurable por el operador.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>PORCENTAJE</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **SETPOINT ALARMA DE ALTA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Es el valor límite permitido de alta concentración de oxígeno para el correcto funcionamiento, una vez alcanzado dicho valor el sistema dará una alarma y se ejecutará una rutina en el PLC para bajar la concentración de oxígeno.

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>PORCENTAJE</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **REPOSICION ALARMA DE BAJA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Es el valor de concentración de oxígeno por encima del cual, tras haberse detectado alarma de baja concentración de oxígeno, el sistema considera que se ha solucionado la anomalía que causó dicha alarma y por tanto sigue funcionando en condiciones normales. Es configurable por el operador.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>PORCENTAJE</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **SETPOINT ALARMA DE BAJA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Es el valor límite permitido de baja concentración de oxígeno para el correcto funcionamiento, una vez alcanzado dicho valor el sistema dará una alarma y se ejecutará una rutina en el PLC para subir la concentración de oxígeno.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>PORCENTAJE</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **REPOSICION ALARMA DE ALTA TEMPERATURA:**

Es el valor de temperatura por debajo del cual, tras haberse detectado alarma de alta temperatura, el sistema considera que se ha solucionado la anomalía que causó dicha alarma y por tanto sigue funcionando en condiciones normales. Es configurable por el operador.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

• **SETPOINT ALARMA DE ALTA TEMPERATURA:**

Es el valor límite permitido de alta temperatura para el correcto funcionamiento, una vez alcanzado dicho valor el sistema dará una alarma y se ejecutará una rutina en el PLC para bajar la temperatura del reactor.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	2
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR INICIO CICLO:**

Es la variable que inicializa el ciclo de funcionamiento al accionar en el SCADA el pulsador correspondiente.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR PAUSA CICLO:**

Es la variable que nos permite hacer una pausa en el ciclo de funcionamiento al accionar en el SCADA el pulsador correspondiente.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR REINICIO CICLO:**

Es la variable que reinicializa el ciclo de funcionamiento tras una pausa al accionar en el SCADA el pulsador correspondiente.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR FIN CICLO:**

Es la variable que finaliza el ciclo de funcionamiento al accionar en el SCADA el pulsador correspondiente.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR ACTIVACION SETPOINT CICLO:**

Es la variable que inicializa el ciclo de funcionamiento durante un periodo de tiempo previamente establecido por parte del operador.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO SETPOINT DE CICLO:**

Determina el periodo de funcionamiento. Este valor debe ser introducido por el operador. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo setpoint ciclo días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo setpoint ciclo horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo setpoint ciclo minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo setpoint ciclo segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR MODO FUNCIONAMIENTO MANUAL:**

Determina el modo de funcionamiento en manual a la hora de establecer el flujo de aire que entrará en el interior del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **PULSADOR MODO FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO:**

Determina el modo de funcionamiento en automático a la hora de establecer el flujo de aire que entrará en el interior del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **COEFICIENTE 1:**

Es un coeficiente de regulación para el modo automático. Debe ser introducido por el operador.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

UNIDAD DEL DATO	<i>DECIMAL</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **COEFICIENTE 2:**

Es un coeficiente de regulación para el modo automático. Debe ser introducido por el operador.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DECIMAL</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO DE MUESTRAS:**

Determina el tiempo de tomas de lecturas de la concentración de oxígeno. Este valor debe ser introducido por el operador. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de muestras días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de muestras horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de muestras minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de muestras segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **DIVISION DE CICLO:**

Determina el numero en que se divide las tomas de lecturas del sensor de oxigeno.

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DECIMAL</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

### 3.3 Datos calculados por el autómata

Los siguientes datos serán calculados por el autómata a partir de las lecturas de campo, de los valores introducidos por parte del operador y las acciones que este lleve a cabo al operar con el sistema. Como se expuso en el documento anterior existen dos tipos de datos o variables internas calculadas por el autómata:

- Datos internos de información.
- Datos internos de seguridad.

#### 3.3.1 Datos internos de Información.

• **LED INICIO CICLO SCADA:**

Se activa en el scada cuando el sistema se encuentra en funcionamiento al haber pulsado el botón de inicio desde el scada.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

• **LED INICIO CICLO LOCAL:**

Esta señal activa físicamente el led correspondiente del panel de control local cuando el sistema se encuentra en funcionamiento al haber pulsado el botón de inicio desde el propio panel.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCION	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>18</i>

• **LED PAUSA CICLO SCADA:**

Se activa en el scada cuando el sistema se encuentra en pausa al haber pulsado el botón de pausa desde el scada.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **LED PAUSA CICLO LOCAL:**

Esta señal activa físicamente el led correspondiente del panel de control local cuando el sistema se encuentra en pausa al haber pulsado el botón mismo desde el propio panel.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCION	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>19</i>

• **LED FIN CICLO SCADA:**

Se activa en el scada cuando el sistema no se encuentra en funcionamiento o al haber pulsado el botón de fin desde el scada.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **LED FIN CICLO LOCAL:**

Esta señal activa físicamente el led correspondiente del panel de control local cuando el sistema no se encuentra en funcionamiento o al haber pulsado el botón de fin de ciclo desde el propio panel.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCION	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>20</i>

• **INDICACION ABIERTO/CERRADO VALVULA CAUDAL ALTO SCADA:**

Es la indicación en el scada de que la válvula de caudal alta (Qh) se encuentra en estado abierta, es decir, en la posición en la que permite el paso del caudal de aire para su entrada al vaso del reactor. Si esta señal no esta activa entendemos que la válvula está cerrada.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **LED INDICACION ABIERTO/CERRADO VALVULA CAUDAL ALTO LOCAL:**

Es la señal que activa físicamente el led del panel de control local indicando que la válvula de caudal alta (Qh) se encuentra en estado abierta, es decir, en la posición en la que permite el paso del caudal de aire para su entrada al vaso del reactor, si esta señal no esta activa la válvula esta cerrada.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>22</i>

• **INDICACION ABIERTO/CERRADO VALVULA CAUDAL BAJO SCADA:**

Es la indicación en el scada de que la válvula de caudal bajo (Ql) se encuentra en estado abierta, es decir, en la posición en la que permite el paso del caudal

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

de aire para su entrada al vaso del reactor. Si esta señal no esta activa entendemos que la válvula está cerrada.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **LED INDICACION ABIERTO/CERRADO VALVULA CAUDAL BAJO LOCAL:**

Es la señal que activa físicamente el led del panel de control local indicando que la válvula de caudal bajo (QI) se encuentra en estado abierta, es decir, en la posición en la que permite el paso del caudal de aire para su entrada al vaso del reactor, si esta señal no esta activa la válvula esta cerrada.

FORMATO	<i>EBOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>SALIDA</i>
CANAL	<i>23</i>

• **TEMPORIZADOR DEL CICLO:**

Muestra el tiempo transcurrido desde que se inicio el ciclo de funcionamiento. Esta variable está dividida en tres:

- Temporizador del ciclo días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Temporizador del ciclo horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

- Temporizador del ciclo minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Temporizador del ciclo segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **NUMERO DE PAUSAS DEL CICLO:**

Contabiliza el número de pausas que se han producido a lo largo del funcionamiento del ciclo.

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DECIMAL</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO DE PAUSA INDIVIDUAL:**

Muestra el tiempo transcurrido desde que se pauso el ciclo. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de pausa individual días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa individual horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa individual minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa individual segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO DE PAUSA TOTAL:**

Muestra la suma de tiempo de todas las pausas que se han producido durante el funcionamiento del ciclo. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de pausa individual días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa total horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa total minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo de pausa total segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO CAUDAL ALTO:**

Muestra el tiempo de activación de la válvula de caudal alto. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de pausa individual días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal alto horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal alto minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal alto segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TIEMPO CAUDAL BAJO:**

Muestra el tiempo de activación de la válvula de caudal bajo. Esta variable está dividida en tres:

- Tiempo de pausa individual días:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>DIAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal bajo horas:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>HORAS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal bajo minutos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>MINUTOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- Tiempo caudal bajo segundos:

FORMATO	<i>ENTERO</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>1</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>SEGUNDOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **CAUDAL REAL:**

Muestra el valor del nuevo caudal calculado por el PLC.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>LITROS/HORA</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FEEDBACK MODO FUNCIONAMIENTO MANUAL:**

Una vez pulsado en el scada el modo de funcionamiento, si se cumplen todos los requisitos, el PLC nos devuelve una señal para indicarnos el modo seleccionado.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FEEDBACK MODO FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO:**

Una vez pulsado en el scada el modo de funcionamiento, si se cumplen todos los requisitos, el PLC nos devuelve una señal para indicarnos el modo seleccionado.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **INDICACION SETPOINT ACTIVADO:**

Una vez pulsado en el scada la activación del SetPoint, el PLC nos devuelve una señal para indicarnos que este se encuentra activo, sirve de "feedback".

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TEMPERATURA MEDIA 1:**

Es el cálculo de la media de temperatura teniendo en cuenta la sonda alta, media y baja.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **TEMPERATURA MEDIA 2:**

Es el cálculo de la media de temperatura teniendo en cuenta la sonda alta, media, baja y la situada en la pared del reactor.

FORMATO	<i>REAL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>2</i>
UNIDAD DEL DATO	<i>GRADOS CENTIGRADOS</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **INDICACION PLC RUN:**

Esta señal nos indica que el PLC se encuentra operativo y esta ejecutando sus tareas.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **INDICACION PLC STOP:**

Esta señal nos indica que el PLC no se encuentra operativo y no esta ejecutando sus tareas.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

### 3.3.2 Datos internos de Seguridad.

- **ALARMA ALTA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Cuando la lectura del sensor de oxígeno es superior al SetPoint se activará dicha alarma pasando a estar inactiva cuando el valor de lectura del sensor sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- **ALARMA BAJA CONCENTRACION DE OXIGENO:**

Cuando la lectura del sensor de oxígeno es inferior al SetPoint se activará dicha alarma pasando a estar inactiva cuando el valor de lectura del sensor sea superior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- **ALARMA DE TEMPERATURA:**

Cuando la lectura de alguna de las sondas PT-100 es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando las lecturas de las sondas sean inferiores al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

- **ALARMA DE TEMPERATURA MEDIA 1:**

Cuando la temperatura media 1 es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

<i>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</i>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA MEDIA 2:**

Cuando la temperatura media 2 es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA Sonda ALTA:**

Cuando la temperatura de la sonda alta es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA Sonda MEDIA:**

Cuando la temperatura de la sonda media es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA Sonda BAJA:**

Cuando la temperatura de la sonda baja es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

<i>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</i>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA SONDA PARED:**

Cuando la temperatura de la sonda de la pared del reactor es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ALARMA DE TEMPERATURA SONDA SALIDA:**

Cuando la temperatura de la sonda de salida del reactor es mayor que el SetPoint se activará dicha alarma pasando a quedar inactiva cuando esta sea inferior al valor de reposición.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ERROR PARAMETROS OXIGENO:**

Si no se han introducido todos los parámetros configurables o estos no son coherentes, el sistema calculará esta alarma para mostrarla en el SCADA.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ERROR PARAMETROS TEMPERATURA:**

Si no se han introducido todos los parámetros configurables o estos no son coherentes, el sistema calculará esta alarma para mostrarla en el SCADA.

<i>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</i>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ERROR PARAMETROS VALVULA:**

Si no se han introducido todos los parámetros configurables o estos no son coherentes, el sistema calculará esta alarma para mostrarla en el SCADA.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **ERROR PARAMETROS MODO AUTOMATICO DEL CAUDAL:**

Si no se han introducido todos los parámetros configurables o estos no son coherentes, el sistema calculará esta alarma para mostrarla en el SCADA.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO CPU:**

Esta señal indica que hay un fallo en la CPU de nuestro PLC.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO ETH:**

Esta señal indica que hay un fallo en el puerto de Ethernet o de la línea de red.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO CPU:**

Esta señal indica que hay un fallo en la CPU de nuestro PLC.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO BASTIDOR:**

Esta señal indica que hay un fallo en alguno de los modulos que conforman nuestro PLC.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO MODULO E/S DIGIT:**

Esta señal indica que hay un fallo en la tarjeta de entrada/salida digitales.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO MODULO ENTRADA ANLG 2:**

Esta señal indica que hay un fallo en la tarjeta de entrada analógica número 2 bien sea por fallo de algún sensor o por defecto de la propia tarjeta..

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO MODULO ENTRADA ANLG 3:**

Esta señal indica que hay un fallo en la tarjeta de entrada analógica número 3 bien sea por fallo de algún sensor o por defecto de la propia tarjeta..

<i>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</i>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b>
--	--

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO MODULO ENTRADA ANLG 4:**

Esta señal indica que hay un fallo en la tarjeta de entrada analógica número 4 bien sea por fallo de algún sensor o por defecto de la propia tarjeta..

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SONDA TEMPERATURA AMBIENTE:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura ambiente del sistema.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SONDA TEMPERATURA SALIDA:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura de salida del sistema.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SONDA TEMPERATURA PARED:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura de la pared del vaso del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANÁLISIS DE LOS DATOS A CONTROLAR</b></p>
--	---

• **FALLO SONDA TEMPERATURA ALTA:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura de la parte alta del vaso del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SONDA TEMPERATURA MEDIA:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura de la parte media del vaso del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SONDA TEMPERATURA BAJA:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor PT-100 que indica la temperatura de la parte baja del vaso del reactor.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

• **FALLO SENSOR DE OXIGENO:**

Esta señal indica que hay un fallo en el sensor que indica la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) que hay en el sistema.

FORMATO	<i>BOOL</i>
Nº PALABRAS/REGISTROS	<i>BIT</i>
DIRECCIÓN	<i>Interno</i>

# Documento 4

# ESTUDIO DEL SISTEMA DE CONTROL



## Documento 4. Estudio del Sistema de Control

En el presente capítulo abordo, en una primera fase, el análisis de los diferentes buses industriales estudiados para la arquitectura de comunicación entre nuestro autómatas y la aplicación SCADA, con sus características propias de comunicabilidad.

En una segunda fase analizo el PLC elegido para satisfacer tanto las necesidades de la arquitectura de comunicación como las especificaciones software y hardware de los equipos que conforman nuestro sistema, las cuales ya definimos en documentos anteriores, así como sus tarjetas de comunicación, de entradas y salidas digitales, de entradas analógicas, CPU y software de programación.

Finalmente, establezco el criterio para la supervisión, gestión y adquisición de todos los datos del sistema a través de un SCADA que correrá en el PC de gestión, así como el análisis de los requisitos mínimos de este PC, tanto para poder correr nuestro sistema SCADA como para que pueda correr el software de programación de PLC, decidiendo qué software de supervisión se ejecutará en dicho PC.

### 4.1 Elección del bus de comunicación

Para el estudio previo de selección del bus de comunicación entre PLC y SCADA, se plantearon las tres opciones más viables a nivel de comunicación industrial:

#### Opción 1 - Profibus DP:

Esta opción presenta un inconveniente debido a que la comunicación que deseamos establecer es entre un PLC y un PC (SCADA) por lo que para poder realizar dicha comunicación con el PC necesitaríamos disponer de un equipo intermedio capaz de convertir el bus PROFIBUS a un bus entendible para un PC doméstico como Ethernet o Puerto Serie.

Actualmente estos equipos convertidores se encuentran disponibles en el mercado, pero suponen un gasto adicional en el diseño del sistema.

Ventajas:

- Es un estándar de comunicaciones muy conocido e implementado en instalaciones automatizadas.
- La mayoría de los fabricantes no tienen ningún problema en implementar este bus de comunicaciones en sus equipos de control.
- Soporta velocidades de transmisión de datos relativamente altas.
- Distancias altas entre equipos de control.
- Para este bus hay pasarelas de puertos 232 a Profibus-DP.

Inconvenientes:

- Para este bus se necesita de una electrónica dedicada.

## **Opción 2 – ETHERNET MODBUS TCP/IP:**

La comunicación entre PLC y PC por Ethernet mediante protocolo Modbus TCP/IP nos supone un bus el cual no implica ningún gasto adicional en el sistema, ya que la mayoría de los autómatas tienen integrados el puerto de comunicación de Ethernet, también nos permite una fácil instalación ya que esta se realiza mediante un cable RJ45, permite velocidades de comunicaciones más altas, mayor distancia entre equipos, e incluso, facilidad a la hora de configurar nuestro PLC, puesto que la configuración será mediante direcciones IP's.

Ventajas:

- Este sistema es el más innovador en el mercado de la automatización.
- Permite velocidades de transmisión altas.
- Permite altas distancias entre equipos.
- Es un estándar de comunicaciones muy desarrollado.
- Es un estándar basado en una tecnología bastante implementada en el mundo ofimático, por lo que está bastante probado.

Inconvenientes:

- No proporciona mucha protección contra la interferencia eléctrica.

### Opción 3 – MODBUS:

Para esta opción el bus elegido es Modbus. La comunicación mediante este bus es bastante extendida y conocido para los PLC, se puede implementar en cualquier dispositivo de control que tenga salida RS 485 o RS232 como los PC's, e incluso existen pasarelas Modbus/Ethernet, sin embargo este bus implica una configuración mayor en nuestra aplicación SCADA.

Ventajas:

- Es un estándar de comunicaciones muy conocido.
- Su protocolo de comunicaciones se puede implementar en cualquier dispositivo de control que tenga salida RS 485. En caso contrario se puede instalar una tarjeta auxiliar.
- Existen pasarelas de Modbus/Ethernet, para aumentar un poco la velocidad de transmisión.

Inconvenientes:

- Velocidades de transmisión pequeñas.
- Distancias del bus de comunicaciones pequeñas.

Finalmente, tras analizar las ventajas y los inconvenientes de cada bus, concluyo lo siguiente:

- El bus Profibus se descarta debido a la necesidad del complicado desarrollo de un driver específico para cada fabricante en el software de supervisión. Además, su uso supondría un fuerte incremento económico debido al sobredimensionamiento de los equipos que no soportan las tarjetas de Ethernet (por ejemplo, el Simatic S7-200)
- Se descarta también la opción Modbus sobre todo por el complejo desarrollo software que habría que realizarse en el sistema, además de las mínimas distancias que cubren este tipo de bus.

Por tanto, se llega a la conclusión de que el bus de comunicaciones más adecuado para la planta de compostaje es **Ethernet Modbus TCP/IP**, no solo porque es fácilmente implementable por los fabricantes de todos los equipos de

control, sino porque además es un bus determinista, cumpliendo las condiciones técnicas, velocidad de transmisión, distancias requeridas, etc... deseadas para el desarrollo del sistema de comunicaciones.

## 4.2 Descripción del bus – Ethernet Modbus TCP/IP

Llegados a este punto se hace necesario definir con mayor profundidad el sistema de comunicaciones que llevará los datos de la planta de compostaje al PC de supervisión, gestión y control.

Para comprender mejor este sistema, sigamos el camino recorrido por estos datos:

- En primer lugar, el dato de sistema será capturado por el sensor o conjunto de sensores correspondiente. (por ejemplo, el sensor de oxígeno encargado de medir la concentración de oxígeno mandará al sistema de control una señal 4-20 mA indicando el tanto por ciento de O<sub>2</sub> existente en el aire a la salida del reactor)
- A través de cable eléctrico, el dato viaja hasta la tarjeta de entradas analógicas previamente asignada y configurada.
- Luego, este dato (4-20 mA) se gestiona en el PLC y se transforma en un valor entendible para el protocolo de comunicación Ethernet Modbus TCP/IP.
- Finalmente, una vez que los datos se encuentran en el PLC, éste envía dichos datos a través de la propia red al PC donde correrá el software de supervisión, gestión y adquisición de datos (SCADA)

### 4.2.1 Cable eléctrico Ethernet Modbus TCP/IP

Entre el switch comunicación y cada equipo del sistema (SCADA y PLC) instalaremos un cable de red CAT 5e UTP.



Fig. 4.1. Cable CAT 5e UTP

Este cable está sujeto a la norma ISO/IEC 11801, el estándar define varias clases de interconexiones de cables de par trenzado de cobre, que difieren en la máxima frecuencia por la cual un cierto desempeño de canal es:

- Clase A: hasta 100 kHz
- Clase B: hasta 1 MHz
- Clase C: hasta 16 MHz
- Clase D: hasta 100 MHz
- Clase E: hasta 250 MHz
- Clase F: hasta 600 MHz

En nuestro caso tendremos dos cables con las siguientes características recogidas en la tabla 4.1:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>24AGW</b>
<b>TIPO DE AISLAMIENTO</b>	<b>Polietileno</b>
<b>TIPO DE ENSAMBLE</b>	<b>4 pares</b>
<b>TIPO DE CUBIERTA</b>	<b>PVC con propiedades retardantes a la flama</b>
<b>DIAMETRO EXTERIOR</b>	<b>5 mm</b>
<b>DIAMETRO DEL CONDUCTOR</b>	<b>0.51 mm</b>
<b>DISTANCIA MÁXIMA</b>	<b>100 m</b>
<b>IMPEDANCIA</b>	<b>100 Ω</b>
<b>RANGO DE TEMPERATURA DE</b>	<b>-20 a 60 °C</b>

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**ESTUDIO DEL SISTEMA DE CONTROL**

<b>OPERACIÓN</b>	
<b>PESO APROXIMADO</b>	<b>35 Kg/Km</b>
<b>NORMA APLICABLE</b>	<b>ISO/IEC 11801 (2ª edición, clase D)</b>

Tabla 4.1. Características cable CAT 5e UTP.

El medio de transmisión constituye el canal que permite la transmisión de datos e información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío.

En nuestro caso será un medio de transmisión guiado, cable de red CAT 5e UTP.

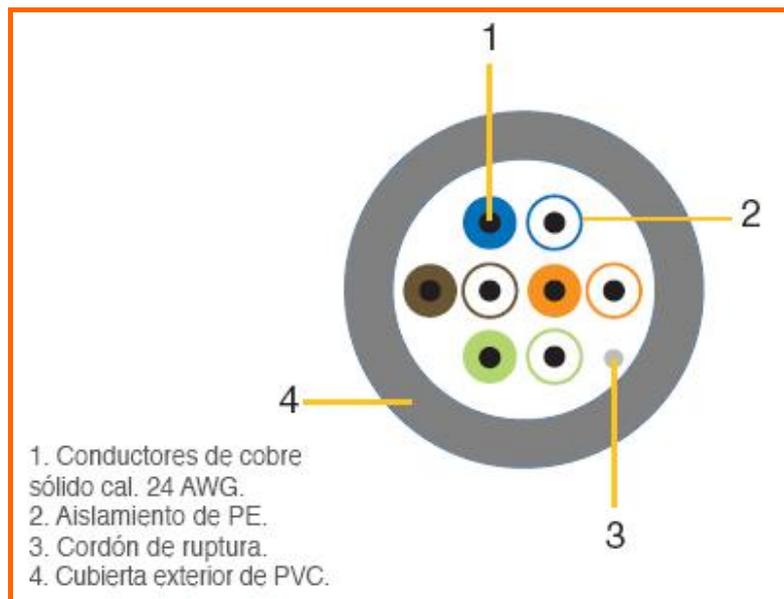


Fig. 4.2. Sección del cable CAT 5e UTP

Dependiendo de la forma de conducir la señal a través del medio, los medios de transmisión se pueden clasificar en dos grandes grupos, medios de transmisión guiados y medios de transmisión no guiados.

#### 4.2.1.1 Medios de transmisión guiados.

Los medios de transmisión guiados están constituidos por un cable que se encarga de la conducción (o guiado) de las señales desde un extremo al otro.

Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

La velocidad de transmisión depende directamente de la distancia entre los terminales, y de si el medio se utiliza para realizar un enlace punto a punto o un enlace multipunto. Debido a esto los diferentes medios de transmisión tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán a utilizaciones dispares.

Dentro de los medios de transmisión guiados, los más utilizados en el campo de las comunicaciones y la interconexión de computadoras son:

- El par trenzado.
- El cable coaxial. Se compone de un hilo conductor, llamado núcleo, y un mallazo externo separados por un dieléctrico o aislante.
- La fibra óptica.

Nos centraremos en el par trenzado el cual tenemos instalado en nuestro sistema.

El par trenzado consiste en un par de hilos de cobre conductores cruzados entre sí, con el objetivo de reducir el ruido de diafonía (trastorno causado por los campos eléctricos o magnéticos de una señal de telecomunicaciones que afectan a una señal en un circuito adyacente). A mayor número de cruces por unidad de longitud, mejor comportamiento ante el problema de diafonía.

Existen dos tipos de par trenzado:

- Protegido: Shielded Twisted Pair (STP)
- No protegido: Unshielded Twisted Pair (UTP)

El UTP son las siglas de Unshielded Twisted Pair. Es un cable de pares trenzado y sin recubrimiento metálico externo, de modo que es sensible a las interferencias. Es importante guardar la numeración de los pares, ya que de lo contrario el Efecto del trenzado no será eficaz disminuyendo sensiblemente o incluso impidiendo la capacidad de transmisión. Es un cable barato, flexible y

sencillo de instalar. Las aplicaciones principales en las que se hace uso de cables de par trenzado son:

- Bucle de abonado: Es el último tramo de cable existente entre el teléfono de un abonado y la central a la que se encuentra conectado. Este cable suele ser UTP CAT.3 y en la actualidad es uno de los medios más utilizados para transporte de banda ancha, debido a que es una infraestructura que esta implantada en el 100% de las ciudades.
- Redes LAN: En este caso se emplea UTP CAT.5 o CAT.6 para transmisión de datos. Consiguiendo velocidades de varios centenares de Mbps. Un ejemplo de este uso lo constituyen las redes 10/100/1000BASE-T.

#### *4.2.1.2 Medios de transmisión no guiados.*

Los medios de transmisión no guiados son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío.

Tanto la transmisión como la recepción de información se llevan a cabo mediante antenas. A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

La configuración para las transmisiones no guiadas puede ser direccional y omnidireccional.

En la direccional, la antena transmisora emite la energía electromagnética concentrándola en un haz, por lo que las antenas emisora y receptora deben estar alineadas.

En la omnidireccional, la radiación se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones pudiendo la señal ser recibida por varias antenas. Generalmente, cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible confinar la energía en un haz direccional.

La transmisión de datos a través de medios no guiados, añade problemas adicionales provocados por la reflexión que sufre la señal en los distintos obstáculos existentes en el medio. Resultando más importante el espectro de frecuencias de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en sí mismo.

Según el rango de frecuencias de trabajo, las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres tipos: radio, microondas y luz (infrarrojos/láser).

A continuación, una vez definido el cable, debemos hacer una pausa en los conectores a ambos lados del mismo, los denominados RJ-45.

#### **4.2.2 Conectores RJ-45**

Los conectores RJ-45 (registered jack 45) es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a).

Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado.

Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines.

Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares). Otras aplicaciones incluyen terminaciones de teléfonos (4 pines o 2 pares) por ejemplo en Francia y Alemania, otros servicios de red como RDSI y T1 e incluso RS-232.



Fig. 4.3. Conector RJ-45

Según se conecte el cable respecto a los 8 pines del conector RJ-45 podemos diferenciar 2 tipos de cable:

- Cable directo.
- Cable cruzado.

#### 4.2.2.1 Cable directo.

El cable directo de red sirve para conectar dispositivos desiguales, como un computador con un hub o switch. En este caso ambos extremos del cable deben tener la misma distribución. No existe diferencia alguna en la conectividad entre la distribución 568B y la distribución 568A siempre y cuando en ambos extremos se use la misma, en caso contrario hablamos de un cable cruzado.

El esquema más utilizado en la práctica es tener en ambos extremos la distribución 568B.

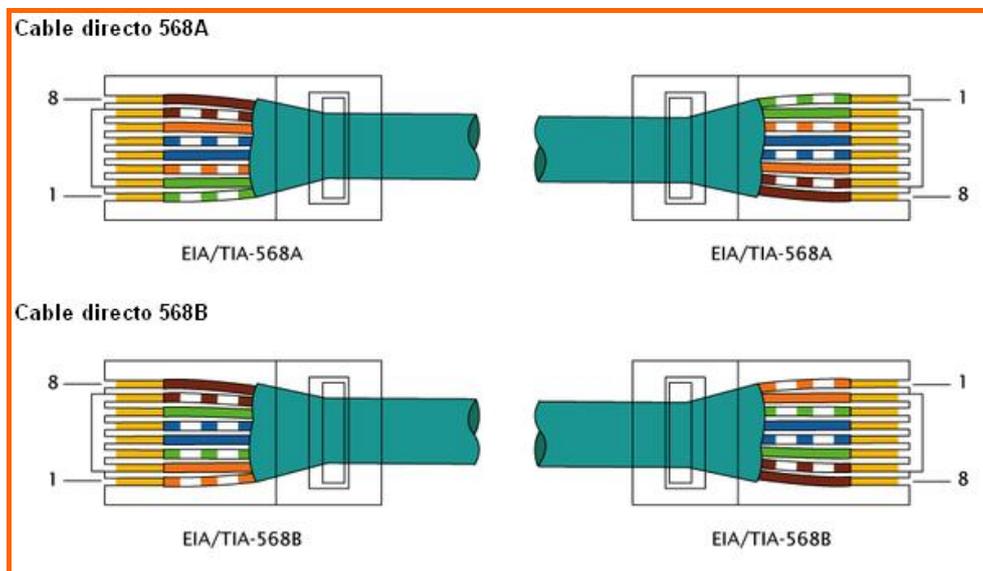


Fig. 4.4. Cable directo 568A y 568B

El código de colores utilizado para el conexionado del cable directo de par trenzado en los conectores RJ-45 según las diferentes normas 568A y 568B lo recojo en la siguiente tabla:

Norma EIA/TIA-568A			Norma EIA/TIA-568B		
PAR	COLOR	PIN	PAR	COLOR	PIN
1	Blanco/Azul	5	1	Blanco/Azul	5
1	Azul	4	1	Azul	4
2	Blanco/Naranja	5	2	Blanco/Naranja	1
2	Naranja	6	2	Naranja	2
3	Blanco/Verde	1	3	Blanco/Verde	3
3	Verde	2	3	Verde	6

4	Blanco/Marrón	7	4	Blanco/Marrón	7
4	Marrón	8	4	Marrón	8

Tabla 4.2. Conexionado conector RJ-45 según normativas.

#### 4.2.2.2 Cable cruzado.

Un cable cruzado es un cable que interconecta todas las señales de salida en un conector con las señales de entrada en el otro conector, y viceversa; permitiendo a dos dispositivos electrónicos conectarse entre sí con una comunicación full duplex. El término se refiere - comúnmente - al cable cruzado de Ethernet, pero otros cables pueden seguir el mismo principio.

El cable cruzado sirve para conectar dos dispositivos igualitarios, como 2 computadoras entre sí, para lo que se ordenan los colores de tal manera que no sea necesaria la presencia de un hub. Actualmente la mayoría de hubs o switches soportan cables cruzados para conectar entre sí. A algunas tarjetas de red les es indiferente que se les conecte un cable cruzado o normal, ellas mismas se configuran para poder utilizarlo PC-PC o PC-Hub/switch.

Para crear un cable cruzado que funcione en 10/100baseT, un extremo del cable debe tener la distribución 568A y el otro 568B. Para crear un cable cruzado que funcione en 10/100/1000baseT, un extremo del cable debe tener la distribución Gigabit Ethernet (variante A), igual que la 568B, y el otro Gigabit Ethernet (variante B1). Esto se realiza para que el TX (transmisión) de un equipo esté conectado con el RX (recepción) del otro y a la inversa; así el que "habla" (transmisión) es "escuchado" (recepción).

Esto lo podemos visualizar en la siguiente figura:

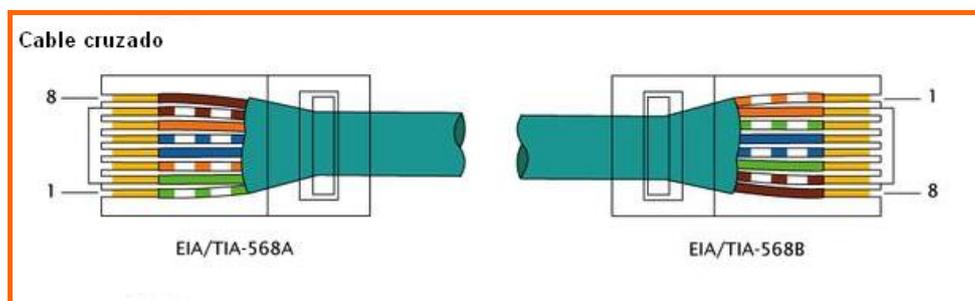


Fig. 4.5. Cable cruzado.

Una vez expuesto los dos tipos de cables, directo y cruzado, podemos concluir que en nuestro sistema tendremos un cable de tipo directo, donde en un switch irán conectados tanto el PC donde correrá el SCADA como el PLC.

### 4.2.3 Switch de comunicación Ethernet Modbus TCP/IP

Para poder interconectar nuestro PC de gestión (SCADA) y el PLC necesitamos un switch de comunicación Ethernet para centralizar la señal recibida de ambos equipos a través de sus respectivos cables de comunicación, anteriormente detallados, permitiendo la correcta comunicación entre ambos, que cumpla los requerimientos y las condiciones de adaptabilidad exigidas por el bus de campo Ethernet Modbus TCP/IP que ha sido determinado.

En nuestro sistema utilizaremos un switch ConneXium 499NOS17100, este switch dispone de cinco interfaces de trenzado de a pares blindadas y dos interfaces de fibra óptica. Permite conectar hasta cinco segmentos de trenzado de a pares blindados con hoja metálica (STP) independientes (10BASE-T/100BASE-TX) y hasta dos segmentos independientes de fibra óptica (100BASE-FX).

La figura siguiente muestra la vista frontal del 499NOS17100.

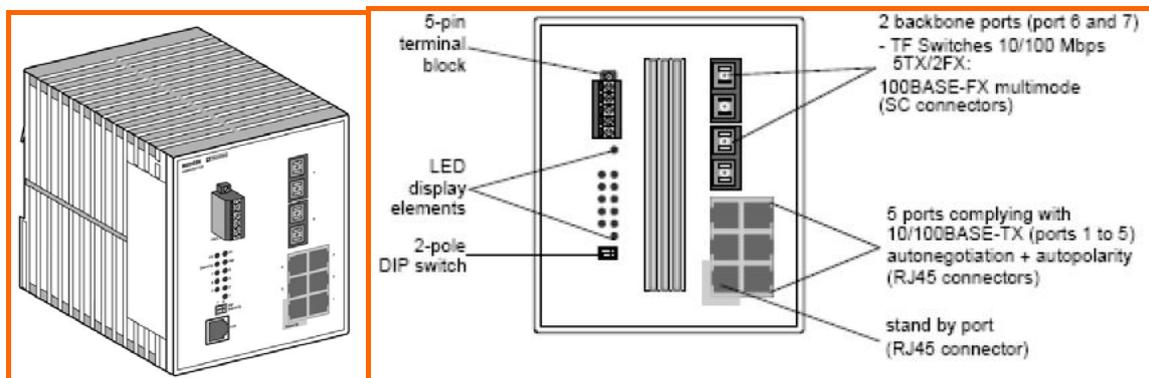


Fig. 4.6. Switch ConneXium 499NOS17100.

El switch 499NOS17100 funciona en modo almacenar y enviar. Cuando se recibe un paquete de datos, el 499NOS17100 analiza las direcciones de origen y de destino. Puede almacenar hasta 2000 direcciones con asignaciones de puerto en su tabla de direcciones.

El 499NOS17100 cumple lo establecido en las normas ISO/IEC 8802-3 100BASEFX, ISO/IEC 8802-3 (10BASE-T) e ISO/IEC 8802-3u (100BASE-TX).

El indicador luminoso indica la recepción de datos, el estado de la conexión y el estado del procesador.

En la tabla siguiente se recogen las especificaciones técnicas del switch de comunicación 499NOS17100:

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>PUERTOS DE INTERFACES</b>	<b>5 puertos TX (RJ45, 10/100 Mbps) Puerto de administración externa V.24 Puerto Standby (RJ45)</b>
<b>PUERTOS PRINCIPALES</b>	<b>2 puertos FX (SC, 100 Mbps)</b>
<b>CONTACTO INDICADOR</b>	<b>1 A maximo, 24 V</b>
<b>VOLTAJE DE OPERACIÓN</b>	<b>24 VDC -25% +33% (SELV)</b>
<b>CONSUMO</b>	<b>0.8 A maximo a 24VDC</b>
<b>PROTECCIÓN SOBRECARGA DE CORRIENTE</b>	<b>Fusible térmico no reemplazable</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>110 mm x 131 mm x 111 mm</b>
<b>PESO</b>	<b>850 g</b>
<b>TEMPERATURA (AMBIENTE)</b>	<b>0°C a +55°C</b>
<b>HUMEDAD</b>	<b>10% a 95% (no condensado)</b>
<b>PROTECCION LASER</b>	<b>Clase 1 conforme a la norma EN 60825</b>
<b>GRADO PROTECCION IP</b>	<b>IP20</b>
<b>INMUNIDAD ELECTROMAGNETICA</b>	<b>EN 61000-4-2 Grado 3</b>
<b>RESISTENCIA MECANICA (CHOQUE/VIBRACION)</b>	<b>IEC 60068-2-27 Test Ea / -6 Test Fc</b>

Tabla 4.3. Especificaciones técnicas Switch de comunicación 499NOS17100.

#### 4.2.3.1 Topología de la red.

La topología de red se define como la cadena de comunicación usada por los nodos que conforman una red para comunicarse.

Las topologías de red más comunes son:

- Bus.
- Anillo simple.
- Doble Anillo.
- Estrella.
- Árbol.
- Malla.
- Totalmente Conexa.
- Mixta.

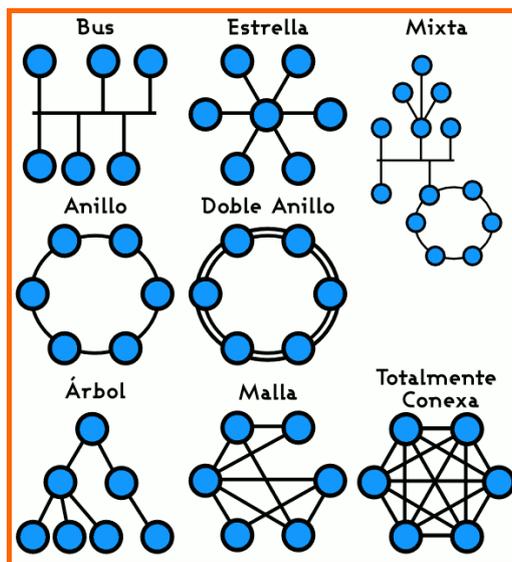


Fig. 4.7. Topologías de redes.

La topología de la red implementada en nuestro sistema, es la ESTRELLA.

Es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de éste. Los dispositivos no están directamente conectados entre sí, además de que no se permite tanto tráfico de información.

Se utiliza sobre todo para redes locales. La mayoría de las redes de área local que tienen un enrutador (router), un conmutador (switch) o un concentrador (hub) siguen esta topología. El nodo central en estas sería el enrutador, el conmutador o el concentrador, por el que pasan todos los paquetes.

En nuestro sistema quedaría de la siguiente forma:

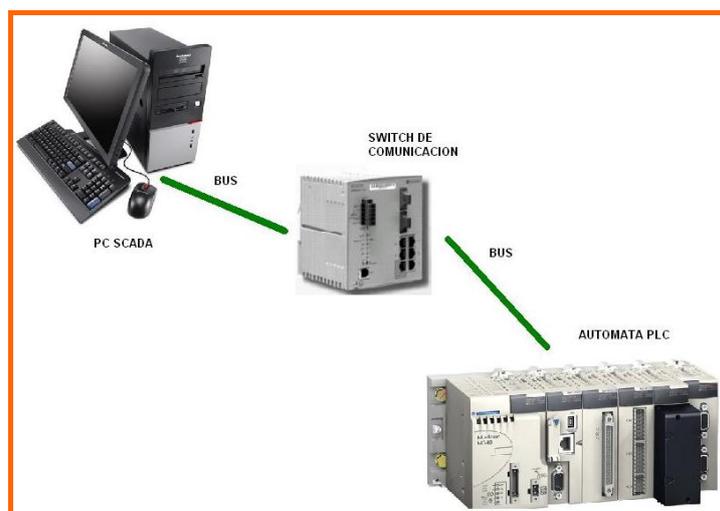


Fig. 4.8. Topología de red del sistema.

Esta arquitectura de red presenta las siguientes ventajas:

- Si una PC se desconecta o se rompe el cable solo queda fuera de la red esa PC.
- Fácil de agregar, reconfigurar arquitectura PC.
- Fácil de prevenir daños o conflictos.

### 4.3 PLC (API)

Para entender mejor las funciones del PLC en el bus, recojo a continuación la definición de dicho equipo:

- *PLC (API): Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.*

*Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los actuadores de la instalación.*

*De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es:*

*"Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1- 5 VDC, 4- 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos".*

Por tanto, el PLC gestiona el bus recibiendo y enviando datos en el momento que él determine, transmitiendo la información entre los distintos equipos. En nuestro caso, el flujo de datos será recíproco entre el PLC y el sistema SCADA.

- *SCADA: Proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Adquisiton" (Control Supervisor y Adquisición de Datos): Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado.*

El autómatas irá conectado al bus a través del Switch de comunicación y el correspondiente cable de red, definidos en apartados anteriores. Dicho cable irá conectado a una interfaz Ethernet o tarjeta de comunicaciones ubicada en el PLC.

A continuación, definiremos el autómatas maestro adecuado para el bus, así como su arquitectura física y el software utilizado para programarlo.

#### **4.3.1 Elección del PLC**

La elección del autómatas maestro se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Cumplimiento de normativas.
- Suministro en la zona. Repuestos.
- Mantenimiento conocido.
- Adecuado servicio postventa.
- Experiencia propia en programación del equipo.
- Características técnicas acordes con las requeridas por el sistema.
- Relación calidad/precio.

En el análisis consideraremos tres marcas mundialmente conocidas y experimentadas por la persona que subscribe. Éstas son Schneider, Omron y Siemens.

Las tres están equilibradas en cuanto a:

- Suministro en la zona; Schneider y Omron con sede en Jerez de la Frontera (Cádiz), y Siemens en Cádiz.
- Servicio postventa muy bueno para las tres marcas.
- Poseen equipos que pueden cubrir las necesidades del sistema.
- Buena relación calidad/precio.

Hay que remarcar que el factor principal a tener en cuenta es el cumplimiento de la norma IEC 1131; sepamos qué dice:

*La norma IEC:*

**Historia:** La “Internacional Electrotechnical Comisión” (IEC) designa, en 1979, al “Comité de Investigación 65ª” para la definición de una norma específica referente a los API.

**Objetivo:** Responder a la complejidad creciente de los sistemas de control y a la diversidad de autómatas incompatibles entre sí.

**Contenido:**

*IEC 1131-1: Informaciones generales (1992)*

*IEC 1131-2: Especificaciones y ensayo de equipos (1992)*

*IEC 1131-3: Lenguajes de programación (1993)*

*IEC 1131-4: Recomendaciones al usuario.*

*IEC 1131-5: Especificaciones de servicios de mensajería.*

La norma IEC 1131-3 «Autómatas programables - Parte 3: lenguajes de programación» (ver “Anexo 2”) especifica la sintaxis y la semántica de los elementos de programa establecidos para programar autómatas.

#### Ventajas de la norma IEC 1131-3:

- **Disminución de los costes** de formación.
- **Homogeneidad** de la documentación de las aplicaciones: estructura de programas idéntica, objetos predefinidos...
- **Variedad** de lenguajes estándares: cada función de una aplicación puede programarse en el lenguaje que mejor se adapte, para asegurar una coherencia final.
- Un paso adelante hacia la **portabilidad** de los programas.

La marca **Schneider** cumple con la norma, con la correspondiente disminución de costes y portabilidad de los programas en un futuro. Por tanto, el autómata elegido para la red será de Schneider, y deberá tener la arquitectura hardware que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto que determinaré en el apartado siguiente.

#### **4.3.2 Arquitectura hardware**

Para nuestra red, necesitaremos que el autómata posea una tarjeta de comunicación Ethernet que comunique con el SCADA através del Switch o que esta venga integrada en el modulo CPU capaz de gestionar el programa y realizar los cálculos necesarios, una tarjeta de entrada (8 canales) y salidas (8 canales) digitales, una tarjeta de entradas analógicas (4 canales), dos tarjetas de entradas analógicas (4 canales PT-100) cada una.

Partiendo de esas premisas, determino que la configuración del autómata deberá ser la siguiente:

Elemento	Referencia
Fuente de alimentación	BMX CPS 2000
CPU (Tarjeta Ethernet integrada)	BMX P34 2020
Tarjeta de Entradas/Salidas Digitales	BMX DDM 16025
Tarjeta de Entradas Analógicas	BMX AMI 0410
Tarjeta de Entradas Analógicas	BMX ART 0414
Tarjeta de Entradas Analógicas	BMX ART 0414

Tabla 4.4. Configuración hardware del Modicon M340.



Fig. 4.9. Automata Modicon M340 de Schneider

### 4.3.3 Software de programación

El software para programar el Modicon M340 es el Unity Pro XL, versión 4.1. Responde a la norma IEC 1131-3. La programación puede realizarse en lista de instrucciones (IL), lenguaje de contactos o ladder (LD), diagrama de flujo grafcet (SFC), bloque de funciones (FDB) y texto estructurado (ST), funcionando bajo Windows XP SP2.

El programa lo he realizado en lenguaje literal estructurado principalmente debido a que la potencia en herramientas de programación es mayor en este tipo de lenguaje, aunque también se utiliza el lenguaje de bloque de funciones en algunas secciones por razones de operatividad.

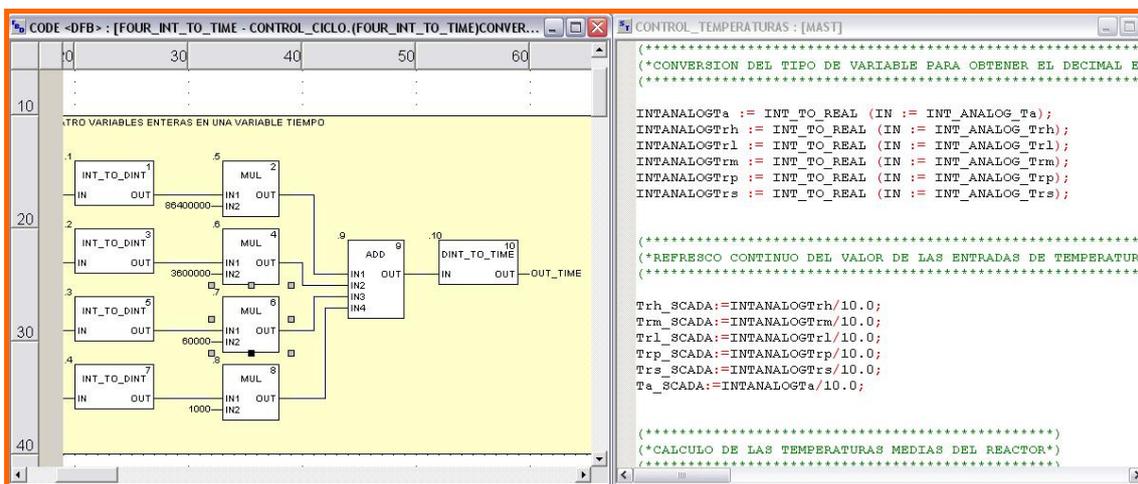


Fig. 4.10. Lenguajes de programación FDB –ST.

Estos lenguajes ponen en marcha:

- los bloques de función predefinidos (temporizaciones, contadores...)
- las funciones tareas (analógica, comunicación, contaje...)
- las funciones específicas (gestión del tiempo, cadena de caracteres...).

Los objetos del lenguaje se pueden simbolizar con la ayuda del editor de variables o bien en línea a través de los editores de programa.

## 4.4 PC de gestión

En el presente apartado definiré el software de supervisión que se ejecutará en el PC de gestión, así como la arquitectura física de dicho ordenador.

### 4.4.1 Software de supervisión, control y adquisición de datos(SCADA)

El software que utilizaré para desarrollar la aplicación que gestione y supervise el proceso productivo será el Vijeo Citect 6.10 de Schneider. Dicha aplicación se ejecutará en un ordenador que servirá como herramienta de trabajo al operador de la planta.

Vijeo Citect se compone de cuatro capas principales:

- *Explorador de Citect*: Usado para crear, copiar, importar o exportar, eliminar o renombrar el proyecto. En él además se configuran las comunicaciones, y se realizan las tareas en código Cicode.
- *Edito de proyectos de Citect*: En él se crean los tags. Los tags son las variables que conforman el programa, en nuestro caso habrán tags de tendencia, tags de alarma, etc.
- *Editor gráfico de Citect*: Editor gráfico utilizado para desarrollar las pantallas de nuestra aplicación, así como las plantillas o ventanas emergentes.
- *CitectSCADA Runtime Manager*: Software para la ejecución y visualización de la aplicación.

La aplicación estará compuesta de:

Una aplicación cliente: programa desarrollado en las tres primeras capas anteriormente definidas y ejecutado en la última, CitectSCADA Runtime Manager.

La licencia del Vijeo Citect 6.10 se elige en función del número máximo de entradas/salidas en el Scada y el número máximo de tags que se podrán ejecutar. Cuanto mayor sean estos límites mayor será el precio de la licencia. La licencia adecuada para nuestra aplicación es VJC 1011 13 con 1.500 números de puntos.

#### **4.4.2 Requisitos mínimos de hardware**

El software de supervisión que se ejecutará en este PC es muy potente. Por tanto, es el factor principal que influye en la arquitectura hardware que debe llevar el equipo.

Como hemos dicho en el apartado anterior, la licencia que compraremos será la VJC 1011 13 con 1.500 números de puntos. Para esta licencia los requisitos mínimos que debe cumplir el PC son:

- CPU: Pentium III -500 Mhz ó más rápida.
- Memoria: 128 MB de RAM.
- CD-ROM: 52X para la instalación.
- Monitor: X VGA con un procesador gráfico de 1024x768 con al menos 65K colores.
- Teclado y ratón compatible con Windows XP.
- Disco Duro: 1 GB.

Como además del Vijeo Citect 6.10 necesitaremos instalar el Unity Pro XL 4.1 en el PC de gestión, el hardware finalmente elegido se eleva un poco hasta ser el siguiente:

- Teclado y ratón Genius Mars P4 300 W.
- Disquetera Samsung 3 ½.
- Placa MSI, SIS 645S478, DDR, ATA100.
- CPU: Pentium 1,7 Ghz.
- Ventilador-disipador Spire P-4 Socket 478 silencioso.
- Disco Duro: 70 GB ATA-100 5400 RPM.
- Monitor 15" LG
- CD-ROM LG 52X ATAPI BULK.
- Procesador gráfico Sparkle Nvidia TNT2 128 MB AGP.
- Memoria: DDR PC266 1GB.
- Tarjeta de red Ethernet: Genius 10/100 Mbit/s.

# Documento 5

## *CONFIGURACIÓN, PARAMETRIZACIÓN Y REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC*



## Documento 5. Configuración, parametrización y realización del programa del PLC

Una vez realizado el estudio del sistema de control y seleccionada la arquitectura física que llevará el sistema ha llegado la hora de desarrollar la aplicación. El presente apartado describe la aplicación que ejecutará el autómatas encargado del control del sistema de compostaje.

Básicamente la aplicación está desarrollada en cuatro fases principales:

- Configuración del hardware.
- Listado de DFB.
- Listado de variables.
- Configuración de las comunicaciones.
- Programa de la aplicación.

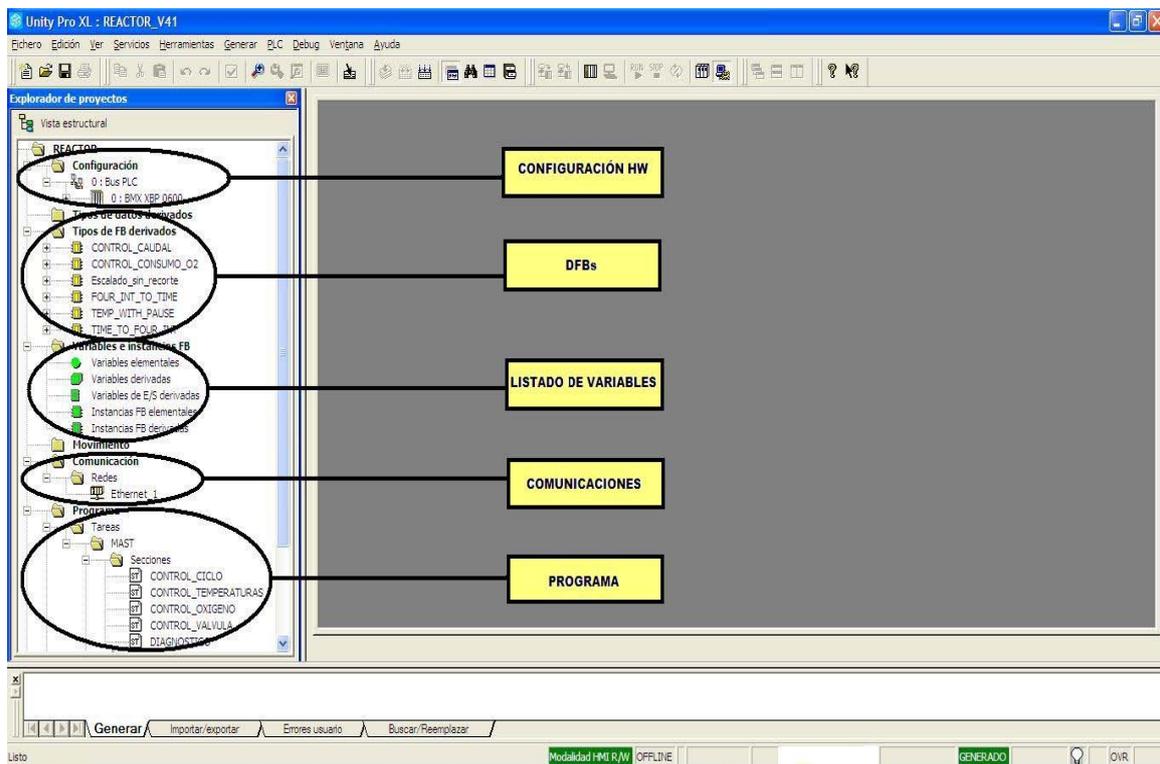


Fig. 5.1. Navegador de la aplicación Unity Pro XL

## 5.1 Configuración hardware y software

En este apartado procedemos a explicar como se configuran, tanto el equipo físico como el software que correrá en nuestro PLC.

### 5.1.1 Configuración hardware

En la siguiente tabla definimos los módulos que componen el autómata que ejecutará el programa:

Módulo	Referencia
Fuente de alimentación	BMX CPS 2000
CPU	BMX P34 2020
Módulo de entradas/salidas Digitales	BMX DDM 16025
Módulo de entradas Analógicas	BMX AMI 0410
Módulo de entradas Analógicas	BMX ART 0414
Módulo de entradas Analógicas	BMX ART 0414

Tabla 5.1. Módulos componentes del autómata

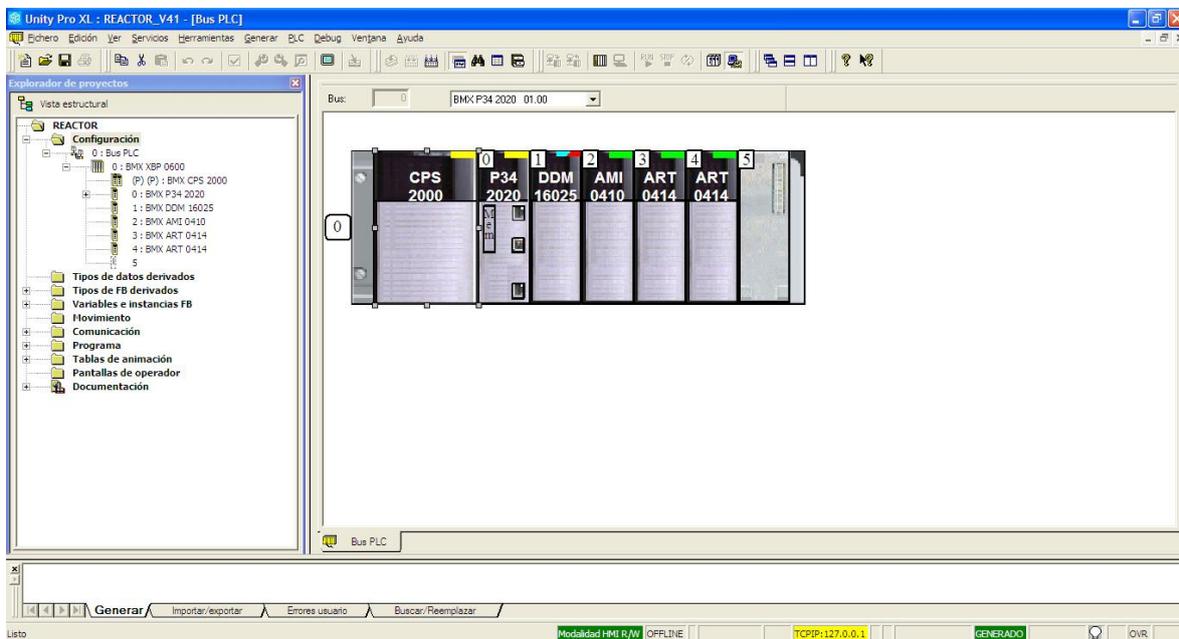


Fig. 5.2. Ventana de configuración hardware del Unity Pro XL

Como muestro, se va insertando cada módulo en su posición correspondiente en el rack. Más tarde, en el programa, cuando tengamos que acceder a una variable de un módulo determinado, habrá que direccionarla considerando la posición que ocupa en el módulo. Obedeciendo a esto, estas son las posiciones que hemos configurado en nuestro autómeta:

Elemento	Posición en el rack
Fuente de alimentación	No ocupa posición lógica
CPU	0
Módulo de entradas/salidas Digitales	1
Módulo de entradas Analógicas	2
Módulo de entradas Analógicas	3
Módulo de entradas Analógicas	4

Tabla 5.2. Posición de los módulos en el rack

Una vez insertados todos los módulos en el rack, se procede a la parametrización de cada uno de ellos.

#### 5.1.1.1 Módulo CPU

Pulsando con el ratón sobre el módulo correspondiente a la CPU en el Unity Pro XL, se abre la pantalla en la cual introducimos sus parámetros de configuración:



Fig. 5.3. Parámetros de configuración de la CPU del PLC

La pantalla anterior se reduce a tres parámetros:

- El arranque se efectuará en RUN.
- Puesta a 0 de variables cuando arranque en frío.
- Definir para la aplicación:

El número de bits internos %M.

El número de bits internos %MW.

El número de constantes %KW.

### 5.1.1.2 Módulo Ethernet integrado en la CPU

Nuestra CPU consta de un puerto Ethernet integrado, por lo que a continuación, definiremos como configurarlo para permitir la comunicación del PLC tanto con el PC de gestión (SCADA) como con nuestro portátil personal para la carga de la aplicación creada mediante el software de programación Unity Pro XL.

Para configurarla, en primer paso hay que agregar una nueva red en el apartado “comunicación”, seleccionando una red tipo “Ethernet” y dándole un nombre, en nuestro caso se llamará “Ethernet\_1”.

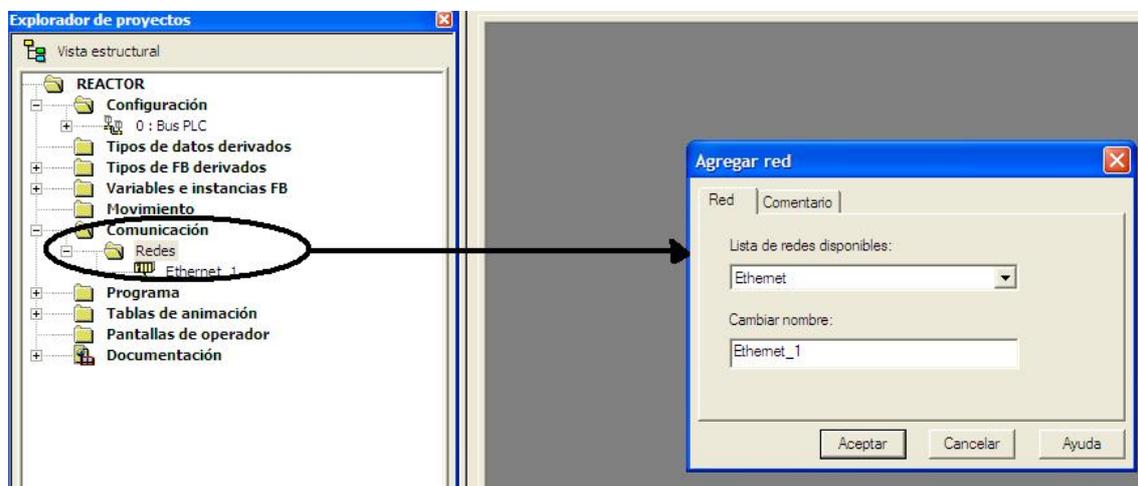


Fig. 5.4. Creación de una nueva red Ethernet

Una vez creada la red hay que asignarla al correspondiente puerto integrado Ethernet de nuestra CPU, seleccionando el tipo de función “ETH TCP IP” así como la propia conexión de red generada en el paso anterior.

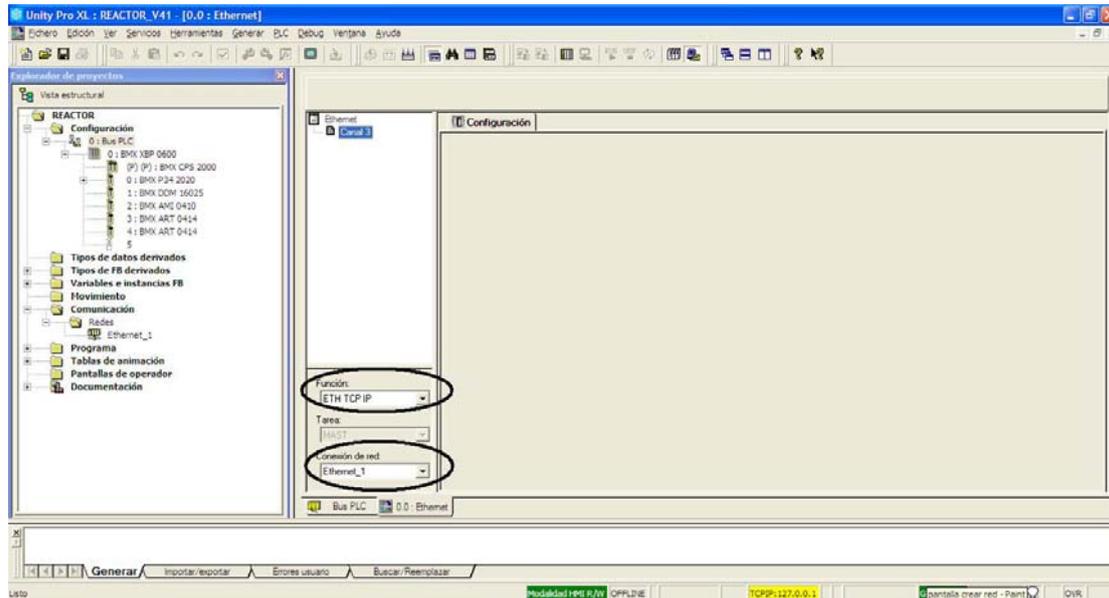


Fig. 5.5. Asignación de una red Ethernet al módulo de comunicación

Una vez completado estos dos pasos solo nos falta dar una dirección IP a la red creada, los datos que necesitamos para su configuración son los siguientes:

- Dirección IP: 100.100.100.10
- Máscara de subred: 255.255.0.0
- Dirección de pasarela: 0.0.0.0

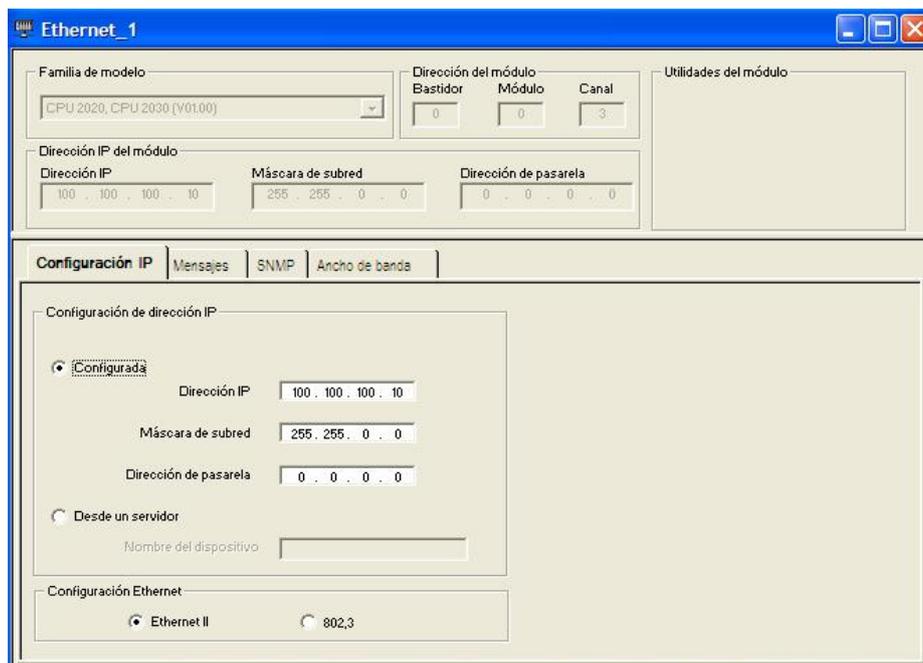


Fig. 5.6. Ventana de configuración de la comunicación Ethernet

### 5.1.1.3 Módulo de entradas/salidas digitales

Esta tarjeta esta compuesta por 16 canales, 8 entradas y 8 salidas digitales, en ellas tendremos recogidas las señales de las válvulas, bomba de toma de muestras y panel de control local definidos en documentos anteriores, en este módulo debemos configurar los canales de la tarjeta indicándoles la función que cumplen, la tarea que se ejecuta y activar la monitorización de alimentación en el caso de las entradas o la modalidad de retorno en el de las salidas.

Entradas		Salidas	
Función	Entradas binarias	Función	Salidas binarias
Tarea	MAST	Tarea	MAST
Monitorización de alimentación	Activo	Modalidad de retorno	Retorno

Tabla 5.3. Configuración módulo entradas/salidas digitales.

### 5.1.1.4 Módulo de entradas analógicas BMX AMI 0410

Dicha tarjeta esta compuesta por cuatro canales de entradas, en ella irá conectado el sensor de oxigeno ya descrito en documentos anteriores, para configurar la tarjeta, debemos señalar que canal está activo y que tipo de señal es, es decir si es 0-10v, 4-20 mA, etc. así como la tarea a través de la cual se llevaran a cabo los intercambios entre procesador y modulo y el ciclo de exploración de las entradas.

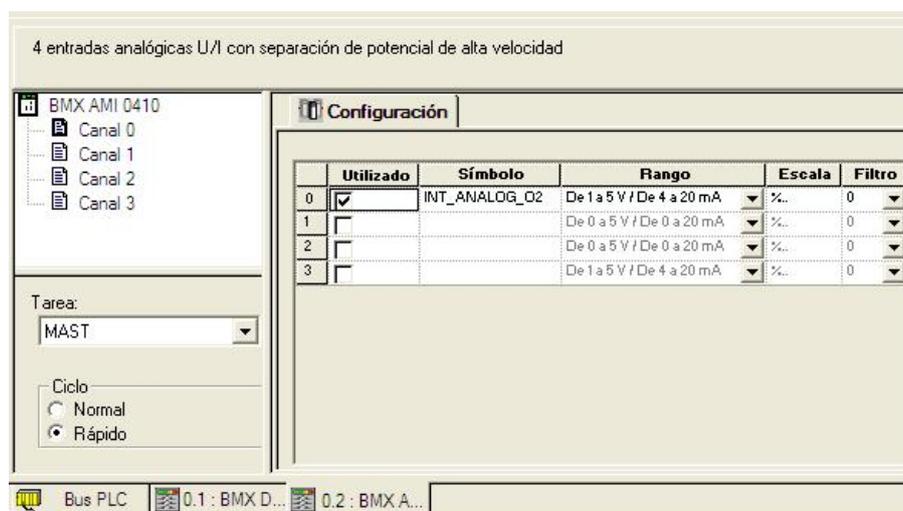


Fig. 5.7. Ventana de configuración Tarjeta BMX AMI 0410

### 5.1.1.5 Módulo de entradas analógicas BMX ART 0414

Dicha tarjeta esta compuesta por cuatro canales de entradas, en ella irán conectadas las sondas de temperaturas PT-100 ya descritas en documentos anteriores, para configurar la tarjeta, debemos señalar que canales están activos y que tipo de señal es, es decir, si es Termo K, Termo J, Pt-100 (2/3/4 hilos), etc. así como los parámetros de rechazo y compensación de unión en frío.

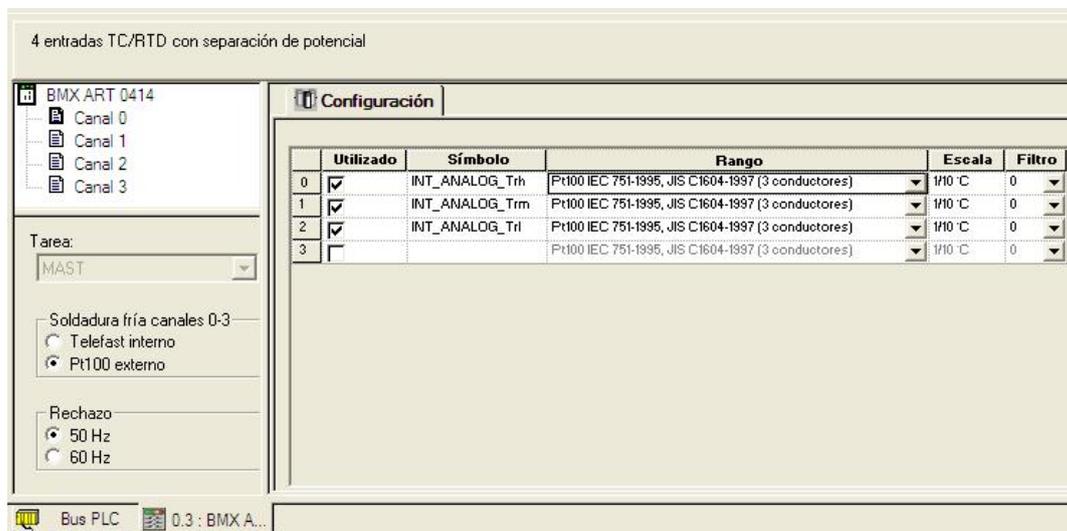


Fig. 5.8. Ventana de configuración Tarjeta BMX ART 0414

### 5.1.2 Configuración software

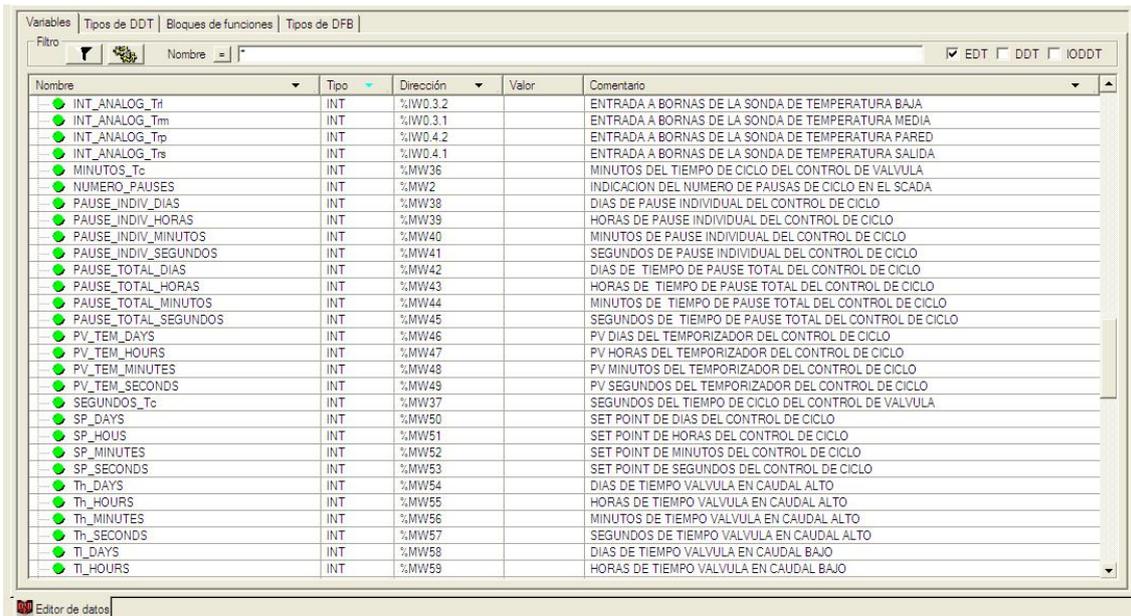
Pasaremos ahora a configurar las variables necesarias para la aplicación. Estas no son más que las diferentes posiciones de memoria en las que el PLC almacenará los diferentes datos, así como las necesarias para las posibles salidas desde el PLC a los elementos de campo.

Para la aplicación configuraré:

- 47 variables BOOL.
- 21 variables EBOOL.
- 41 variables INT.
- 2 variables DINT.
- 47 variables REAL.
- 8 variables TIME.

### 5.1.2.1 Listado de variables del programa

Se confeccionan las tablas de variables con sus etiquetas y comentarios para el buen entendimiento de lo que hace el programa y para facilitar cualquier modificación futura de la aplicación.



Nombre	Tipo	Dirección	Valor	Comentario
INT_ANALOG_Tri	INT	%IW0.3.2		ENTRADA A BORNAS DE LA SONDA DE TEMPERATURA BAJA
INT_ANALOG_Tm	INT	%IW0.3.1		ENTRADA A BORNAS DE LA SONDA DE TEMPERATURA MEDIA
INT_ANALOG_Trp	INT	%IW0.4.2		ENTRADA A BORNAS DE LA SONDA DE TEMPERATURA PARED
INT_ANALOG_Trs	INT	%IW0.4.1		ENTRADA A BORNAS DE LA SONDA DE TEMPERATURA SALIDA
MINUTOS_Tc	INT	%MW36		MINUTOS DEL TIEMPO DE CICLO DEL CONTROL DE VALVULA
NUMERO_PAUSES	INT	%MW2		INDICACION DEL NUMERO DE PAUSAS DE CICLO EN EL SCADA
PAUSE_INDIV_DIAS	INT	%MW38		DIAS DE PAUSE INDIVIDUAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_INDIV_HORAS	INT	%MW39		HORAS DE PAUSE INDIVIDUAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_INDIV_MINUTOS	INT	%MW40		MINUTOS DE PAUSE INDIVIDUAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_INDIV_SEGUNDOS	INT	%MW41		SEGUNDOS DE PAUSE INDIVIDUAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_TOTAL_DIAS	INT	%MW42		DIAS DE TIEMPO DE PAUSE TOTAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_TOTAL_HORAS	INT	%MW43		HORAS DE TIEMPO DE PAUSE TOTAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_TOTAL_MINUTOS	INT	%MW44		MINUTOS DE TIEMPO DE PAUSE TOTAL DEL CONTROL DE CICLO
PAUSE_TOTAL_SEGUNDOS	INT	%MW45		SEGUNDOS DE TIEMPO DE PAUSE TOTAL DEL CONTROL DE CICLO
PV_TEM_DAYS	INT	%MW46		PV DIAS DEL TEMPORIZADOR DEL CONTROL DE CICLO
PV_TEM_HOURS	INT	%MW47		PV HORAS DEL TEMPORIZADOR DEL CONTROL DE CICLO
PV_TEM_MINUTES	INT	%MW48		PV MINUTOS DEL TEMPORIZADOR DEL CONTROL DE CICLO
PV_TEM_SECONDS	INT	%MW49		PV SEGUNDOS DEL TEMPORIZADOR DEL CONTROL DE CICLO
SEGUNDOS_Tc	INT	%MW37		SEGUNDOS DEL TIEMPO DE CICLO DEL CONTROL DE VALVULA
SP_DAYS	INT	%MW50		SET POINT DE DIAS DEL CONTROL DE CICLO
SP_HOURS	INT	%MW51		SET POINT DE HORAS DEL CONTROL DE CICLO
SP_MINUTES	INT	%MW52		SET POINT DE MINUTOS DEL CONTROL DE CICLO
SP_SECONDS	INT	%MW53		SET POINT DE SEGUNDOS DEL CONTROL DE CICLO
Th_DAYS	INT	%MW54		DIAS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL ALTO
Th_HOURS	INT	%MW55		HORAS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL ALTO
Th_MINUTES	INT	%MW56		MINUTOS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL ALTO
Th_SECONDS	INT	%MW57		SEGUNDOS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL ALTO
Tl_DAYS	INT	%MW58		DIAS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL BAJO
Tl_HOURS	INT	%MW59		HORAS DE TIEMPO VALVULA EN CAUDAL BAJO

Fig. 5.9. Editor de variables

### 5.1.2.2 DFB (Bloque de función derivado)

Un DFB es un bloque de funciones de usuario que se ha personalizado para simplificar de forma notable el código que podemos encontrar en la tarea MAST, además permite que sea "llamado" en diferentes partes del programa sin saturar el mismo.

Este bloque de funciones es muy útil para rutinas que van a ser programadas muchas veces en un mismo programa como por ejemplo el que podemos encontrar en nuestro programa, que es el referente a la conversión de un formato TIME en cuatro variables tipo REAL para la correcta visualización de las variables tipo (dd:hh:mm:ss) en el SCADA.

Este se utiliza para todos los contadores horarios que aparecen en el SCADA, lo que implica un menor grueso de código en la tarea principal y mayor facilidad para el programador.

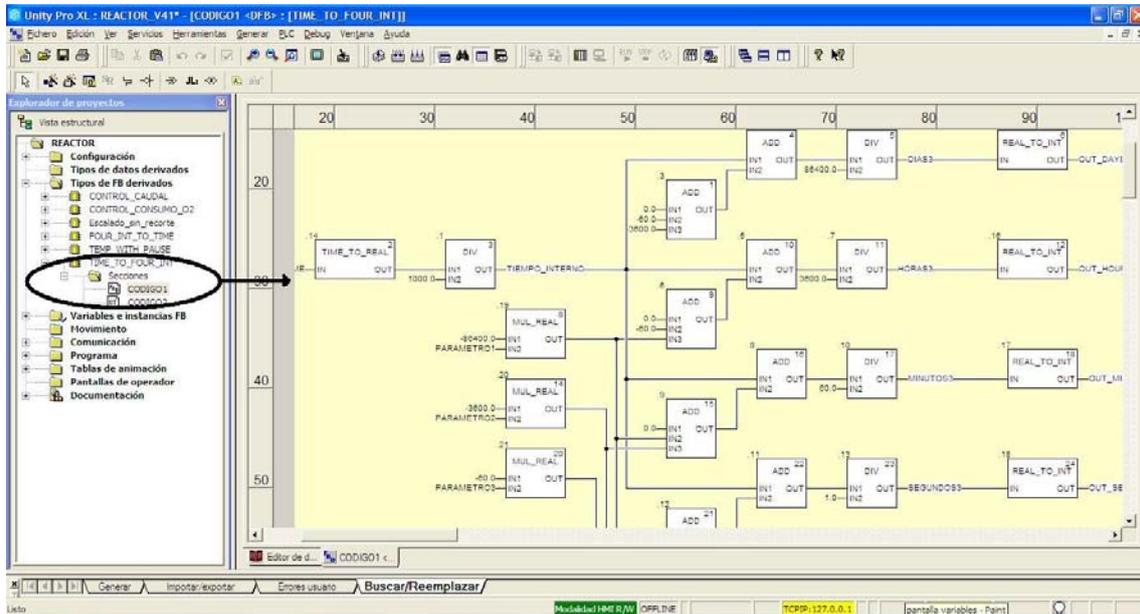


Fig. 5.10. Bloque de función derivado DFB

## 5.2 Programa del PLC

El programa que correrá en el Modicon M340 (PLC) cumplirá con los siguientes objetivos:

- Recibir los datos de lecturas de los diferentes sensores de campo.
- Recibir los datos establecidos por el operador del SCADA.
- Con ambos datos, introducirlos en la sección correcta del programa y ejecutar las acciones lógicas pertinentes.
- Gestión de las alarmas producidas en el sistema y su reacción.
- Enviar la información del sistema al PC de control, supervisión y adquisición de datos.
- Disponer en tiempo real de los datos productivos necesarios para el software de supervisión.
- Disponer de la información de diagnóstico de los módulos que conforman la arquitectura hardware del PLC.

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
 Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**CONFIGURACIÓN, PARAMETRIZACIÓN  
 Y REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DEL  
 PLC**

## 5.2.1 Secciones del programa

El programa principal está estructurado en una serie de secciones, cumpliendo cada una de las cuales una función específica. Procedo a continuación a definir la función de cada una de ellas.

### 5.2.1.1 Sección “CONTROL\_CICLO”

En esta sección de la tarea principal se realiza el control del ciclo del proceso de compostaje, para ello se ejecuta un DFB denominado “temp\_with\_pause” programado en ST (estructurado), esta sección se encarga de ejecutar el control durante el tiempo que previamente el operador ha prefijado mediante las consignas de setpoint, el programa seguirá ejecutandose durante ese tiempo, pero también contempla la posibilidad de realizar una pausa en el ciclo, de forma que permita realizar, por ejemplo, algunos reajustes, todo ello contabilizando el tiempo que se ha estado en pausa y el numero de las mismas, una vez se complete el tiempo establecido, el sistema se detendrá automáticamente e informará al operador de que el ciclo ha concluido.

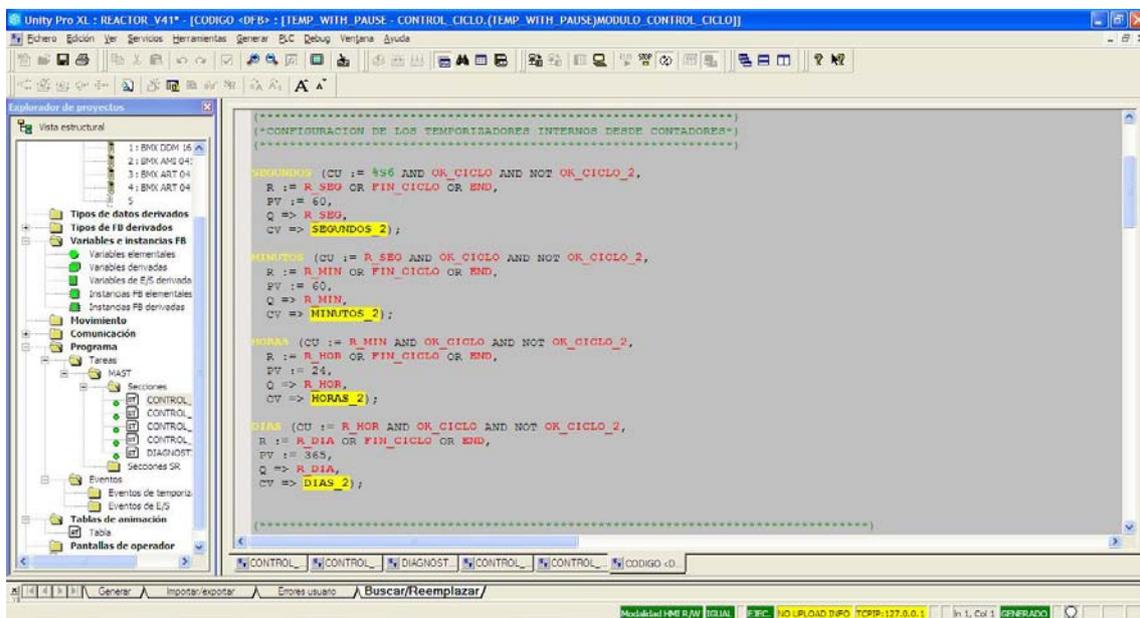


Fig. 5.11. DFB “temp\_with\_pause”

En esta misma sección se hace la transformación de los datos INT en variables tipo TIME para poder introducirlos en el DFB “temp\_with\_pause” y no existan incoherencias de tipo.

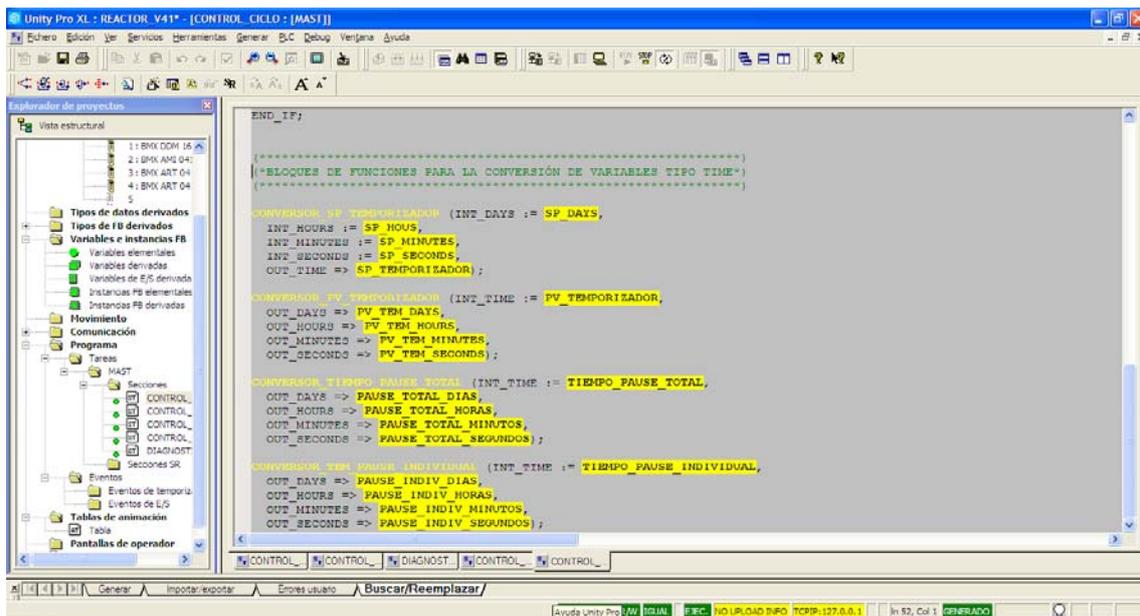


Fig. 5.12. Conversión de las variables de tiempo tipo INT a TIME

### 5.2.1.2 Sección “CONTROL\_TEMPERATURAS”

En esta sección se realiza la conversión a tipo REAL de las variables de entradas analógicas de temperatura de las sondas PT-100, para poder mostrarlo con un decimal (##. #) en nuestro sistema de SCADA.

El refresco de los valores de temperaturas en el SCADA se realizará de forma continua condicionado por el tiempo de ejecución de la tarea maestra.

También se calcula en esta sección los valores medios de las temperaturas previamente definidas según las necesidades de diseño del reactor.

Asimismo, en ultimo lugar se hacen los cálculos para las alarmas, definidas en documentos anteriores, estas se realizan mediante comparaciones entre los valores fijados por parte del operador y los obtenidos de los sensores, estas

alarmas serán las que utilizaremos para tomar las acciones pertinente para mantener la estabilidad del sistema.

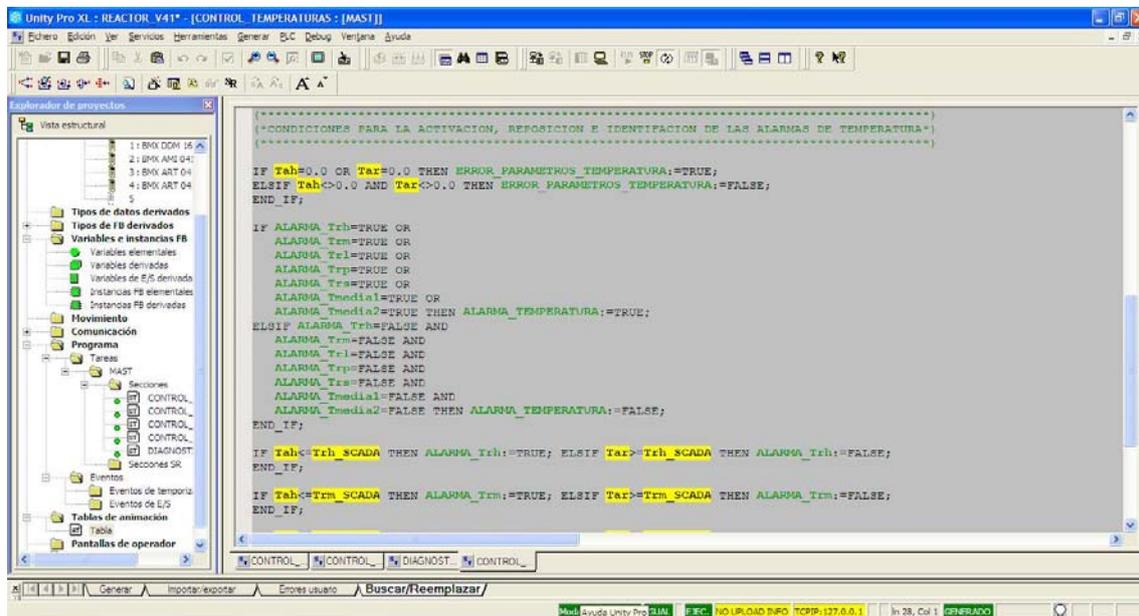


Fig. 5.13. Sección "CONTROL\_TEMPERATURAS"

### 5.2.1.3 Sección "CONTROL\_OXIGENO"

En esta sección se incluye una función que controla la concentración de oxígeno en función del caudal de manera que mantiene constante dicha concentración para que el sistema solo sea capaz de regularse, además de esto también se incluye la condiciones para la activación, reposición e identificación de las alarmas debidas al sensor de oxígeno descrito en documentos anteriores.

Además de esto, se incluye la activación y desactivación de la bomba de toma de muestras, comparando el caudal requerido y el caudal bajo del proceso.

Como en el resto de las secciones, en la sección que nos ocupa también realizamos las conversiones de los datos de tiempo de formato INT al tipo TIME.



Además de este control, también se implementa la opción de manipular las válvulas a independencia de la lógica del programa, es decir, el operador en cualquier momento puede accionar las válvulas de forma manual desde el panel de control local.

Como en el resto de las secciones, en la sección que nos ocupa también realizamos las conversiones de los datos de tiempo de formato INT al tipo TIME para su correcta visualización en la aplicación SCADA.

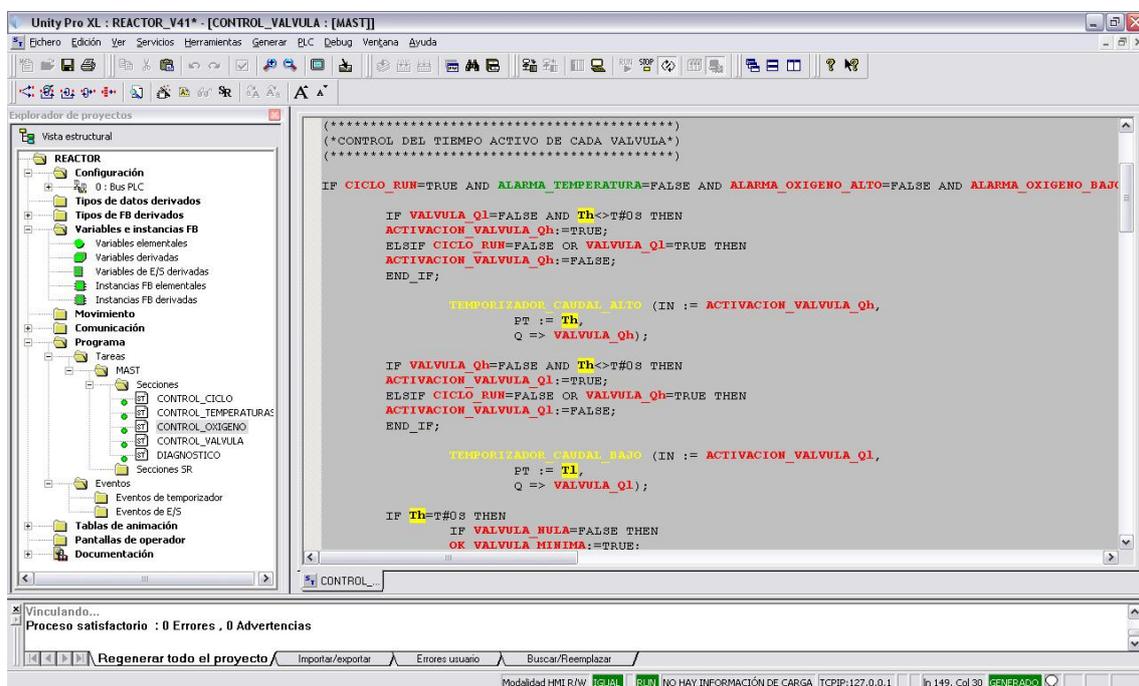


Fig. 5.15. "Control de tiempo activo para cada válvula"

### 5.2.1.5 Sección "DIAGNÓSTICO"

Esta sección se encarga de realizar un chequeo continuo del estado del PLC, del bastidor, de las comunicaciones, así como de todas las tarjetas y los equipos que van asociados a ellas (sensor de oxígeno, Pt-100, etc).

En caso de producirse un error en alguno de estos elementos el operador será informado a través de su alarma correspondiente en nuestro sistema SCADA.

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>CONFIGURACIÓN, PARAMETRIZACIÓN Y REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC</b></p>
--	---

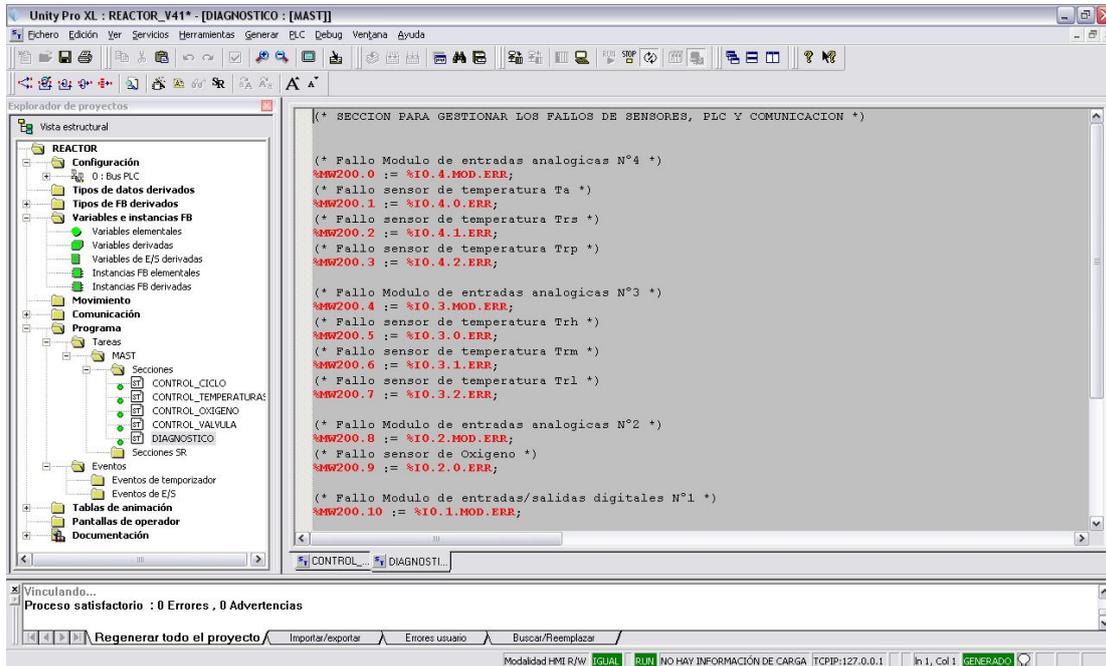


Fig. 5.16. "Sección de Diagnósticos."

# Documento 6

## *CONFIGURACIÓN, REALIZACIÓN Y DISEÑO DEL PROGRAMA SCADA DE SUPERVISIÓN EN EL PC DE GESTIÓN*



## **Documento 6. Configuración, realización y diseño del programa SCADA de supervisión en el PC de gestión**

Una vez lograda la configuración de nuestro programa de PLC, es hora de realizar el programa de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA), como ya se ha dicho en documentos anteriores esta aplicación va a trabajar en un PC domestico conectado al sistema a través de Ethernet Modbus TCP/IP. Por lo tanto habrá que definir 2 fases a la hora de elaborar nuestro programa:

- Configuración y parametrización de las comunicaciones.
- Desarrollo de la aplicación que servirá de interfaz hombre-maquina.

Después de realizar la configuración de las comunicaciones del sistema SCADA, pasaremos a la realización del programa en sí.

Para la realización de nuestro sistema SCADA utilizaremos el software llamado *Vijeo Citect 6.10* de la compañía Schneider Electric, este software de programación nos permite satisfacer todos los requisitos.

*El Vijeo Citect 6.10* se compone de 3 bloques principales:

- Explorador de Citect.
- Editor Grafico.
- Editor de proyectos.

Para la realización de nuestro proyecto nos centraremos en los dos primeros bloques.

### **6.1. Configuración y parametrización de las comunicaciones**

Para realizar la configuración de nuestro sistema SCADA, necesitamos abrir nuestro software *Vijeo Citect 6.10*.

Una vez abierto el programa este nos despliega 3 ventanas o bloques de los cuales solo utilizaremos para la configuración de las comunicaciones el bloque llamado Explorador de Citect.

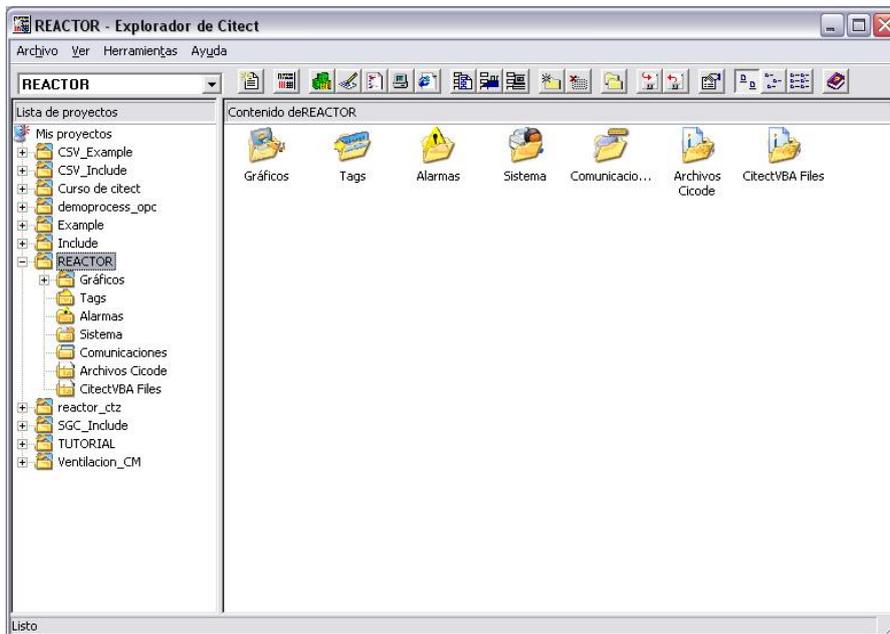


Fig. 6.1. "Explorador de Citect"

Una vez ejecutada esta herramienta seleccionamos el icono de comunicaciones, dentro del cual elegiremos la opción "*Configuración rápida de dispositivo de E/S*", una nueva ventana emergente aparecerá, en la cual crearemos el servidor que por defecto será "*IOServer*" así como el servidor de dispositivos "*IODev*".

Tras este paso tendremos que elegir una de las 3 opciones siguientes.



Fig. 6.2. "Asistente de configuración"

Seleccionaremos la opción de *Dispositivo de E/S externo*, ya que este será nuestro PLC, el cual nos mandará a través de la red de comunicaciones las variables necesarias para la visualización en nuestro sistema SCADA.

De la lista que aparece seleccionaremos nuestro modelo de PLC, y entonces si pondremos tanto la dirección IP como el puerto utilizado por dicho autómata.



Fig. 6.3. "Configuración de la dirección IP y puerto"

Una vez realizados estos pasos, tendremos configuradas las comunicaciones entre nuestro PLC y el sistema SCADA.

## 6.2 Desarrollo de la Aplicación (SCADA)

En esta fase se llevará a cabo lo siguiente:

- Creación de las tags de variable y tags de tendencias.
- Creación de las alarmas.
- Creación de los archivos *Cicodes* para los Active X (*ProcessAnalyst*)
- Creación de los gráficos para la generación de las pantallas de operación.

En primer lugar ejecutamos el software 'Explorador de Citect', y creamos una nueva aplicación llamada *REACTOR*, dentro de dicho proyecto tenemos 4 carpetas:

- Gráficos.
- Tags.
- Alarmas.
- Archivos Cicode

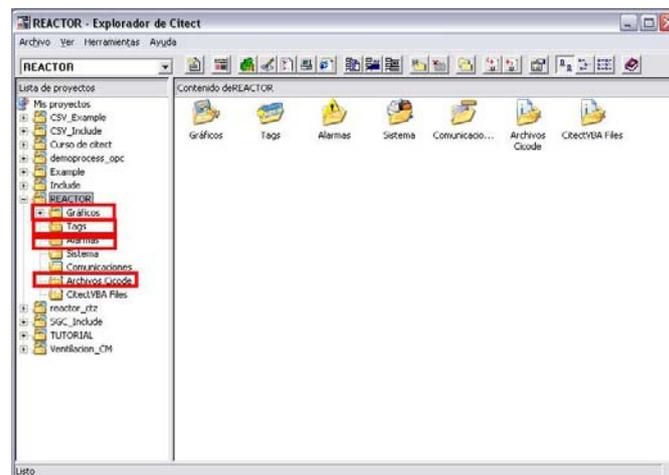


Fig. 6.4. Tareas del Explorador.

### 6.2.1. Creación de las tags de variable y tendencia

Todas las variables definidas anteriormente en nuestro PLC deben ser declaradas o dadas de alta en nuestra aplicación SCADA, hay que notar que a la hora de declarar una variable debemos rellenar los siguientes campos.



Fig. 6.5. "Declaración de una Tag de Variable".

Para cada Tag de variable, necesitamos darle un nombre, asignarle el servidor de dispositivos, creado previamente cuando se configuraron las comunicaciones (IODev), el tipo de datos y la dirección.

Las direcciones se establecen de la siguiente forma reflejada en la tabla:

Direccion PLC	Direccion SCADA
%MW0	40001
%MW0.0	40001.16
%MW0.1	40001.15
%MW0.2	40001.14
%MW0.3	40001.13
.....	.....
.....	.....
%MW1	40002
%MW100	40101

Tabla 6.1. Relación entre las direcciones PLC-SCADA.

Las tags de tendencias, se generan a partir de tags de variables estas tags de tendencias son creadas por la necesidad de graficar en nuestra aplicación dichas señales.

Por lo que para crear una tag de tendencia solamente debemos darle un nombre a dicha tag y relacionarla con la tag de variable, previamente creada, que la activa.



Fig. 6.6. "Declaración de Tag de Tendencia."

Una vez creadas todas las tags, cuando generemos el entorno grafico, asociaremos los iconos a las diferentes tags, de esa forma conseguiremos que un icono en el SCADA tenga efecto en el programa PLC y por tanto en el sistema.

## 6.2.2. Creación de las alarmas

Para la creación de las alarmas en nuestro sistema SCADA tenemos que dirigirnos al menú de alarmas del Explorador de Citect, en dicho menú nos aparecerán varios submenús de los cuales solo utilizaremos *Alarmas Digitales*.

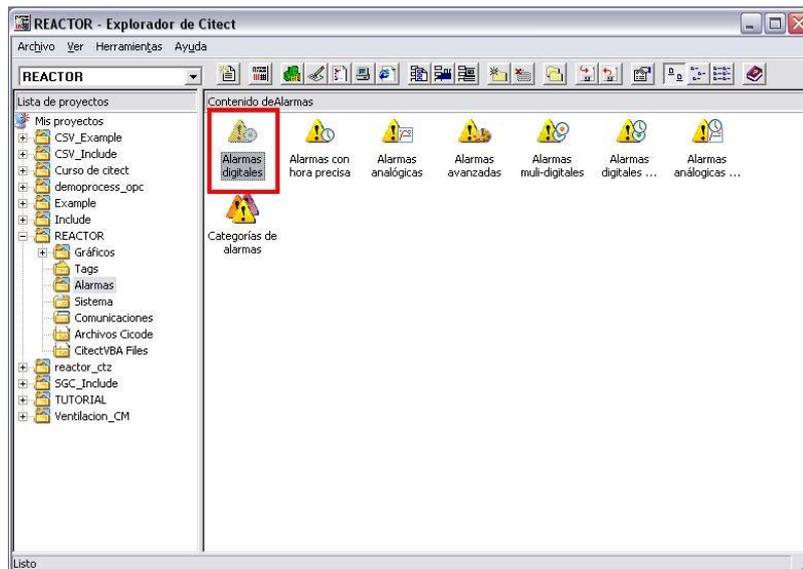


Fig. 6.7. "Menú de alarmas"

Una vez dentro de este submenú nos aparece una ventana similar a la de creación de tags, en la cual, crearemos las alarmas, para ello daremos un nombre a la descripción de dicha alarma y la relacionaremos con la tag de variable creada con anterioridad, es importante notar que el campo de descripción será el texto que se mostrará en el banner de alarmas.

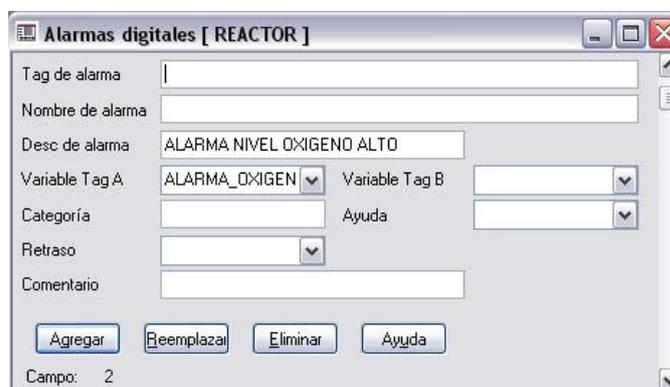


Fig. 6.8. "Creación de Alarmas Digitales"

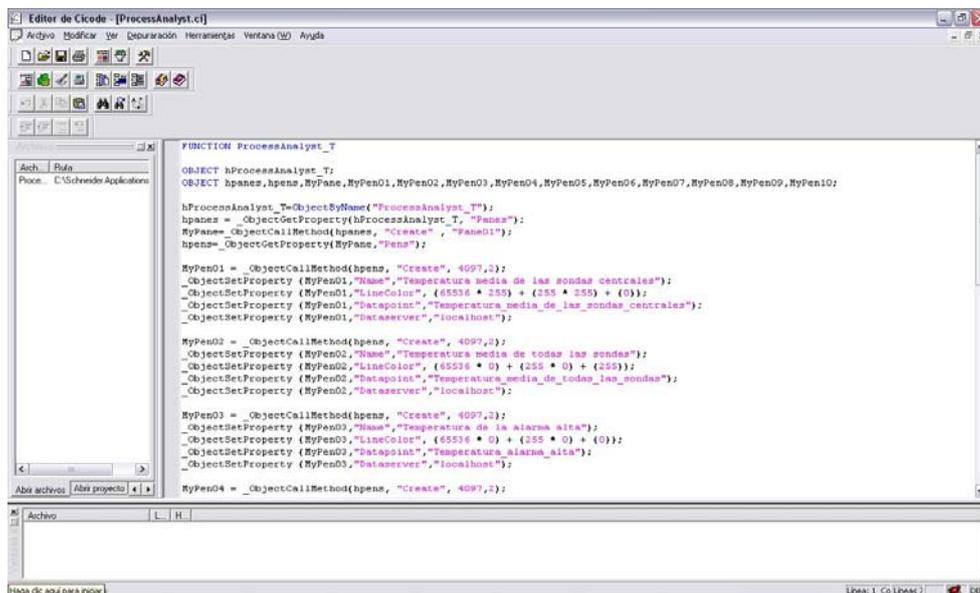
### 6.2.3. Creación de los archivos Cicode

En primer lugar, debemos definir que son y para que se usan.

Estos archivos utilizan un lenguaje de programación propio, mediante el cual, se crea una nueva función para el sistema SCADA y que posteriormente podrá ser utilizada en nuestro entorno gráfico.

En nuestro caso crearemos 3 tipos de archivos *Cicode* para cumplir las siguientes funciones en las graficas de la aplicación:

- Incorporar en la tabla todos los “pens” definidos.
- Graficar los datos entre unas fechas y horas.
- Creación de un archivo Excel con los datos sacados entre las fechas seleccionadas.



```

FUNCTION ProcessAnalyst_T
OBJECT hProcessAnalyst_T;
OBJECT hPanes, hPens, MyPens, MyPen01, MyPen02, MyPen03, MyPen04, MyPen05, MyPen06, MyPen07, MyPen08, MyPen09, MyPen10;

hProcessAnalyst_T=ObjectByName("ProcessAnalyst_T");
hPanes = _ObjectGetProperty(hProcessAnalyst_T, "Panes");
MyPens= _ObjectCallMethod(hPanes, "Create", "Pens");
hPens= _ObjectGetProperty(MyPens, "Pens");

MyPen01 = _ObjectCallMethod(hPens, "Create", 4097,2);
_ObjectSetProperty (MyPen01, "Name", "Temperatura media de las sondas centrales");
_ObjectSetProperty (MyPen01, "LineColor", (65536 * 255) + (255 * 255) + (0));
_ObjectSetProperty (MyPen01, "Datapoint", "Temperatura media de las sondas centrales");
_ObjectSetProperty (MyPen01, "Dataserver", "localhost");

MyPen02 = _ObjectCallMethod(hPens, "Create", 4097,2);
_ObjectSetProperty (MyPen02, "Name", "Temperatura media de todas las sondas");
_ObjectSetProperty (MyPen02, "LineColor", (65536 * 0) + (255 * 0) + (255));
_ObjectSetProperty (MyPen02, "Datapoint", "Temperatura media de todas las sondas");
_ObjectSetProperty (MyPen02, "Dataserver", "localhost");

MyPen03 = _ObjectCallMethod(hPens, "Create", 4097,2);
_ObjectSetProperty (MyPen03, "Name", "Temperatura de la alarma alta");
_ObjectSetProperty (MyPen03, "LineColor", (65536 * 0) + (255 * 0) + (0));
_ObjectSetProperty (MyPen03, "Datapoint", "Temperatura alarma alta");
_ObjectSetProperty (MyPen03, "Dataserver", "localhost");

MyPen04 = _ObjectCallMethod(hPens, "Create", 4097,2);

```

Fig. 6.9. "Archivo Cicode"

Con estos archivos *Cicode* podemos crear cualquier tipo de función, que no venga implícita en la propia biblioteca del *Vijeo Citect*, para satisfacer las necesidades que nos exija nuestro proyecto.

## 6.2.4. Creación del entorno gráfico

Para la creación del entorno gráfico, es necesario crear una plantilla que contendrá los elementos comunes a todas las páginas de la aplicación.

Los elementos comunes a todas las páginas son las siguientes:

- Banner de alarmas.
- Botones de acceso a la pantalla de diagnóstico de alarmas.
- Hora y fecha actual.
- Zona dedicada al acceso rápido:
  - Botón de acceso y password, Login: En la cual se distinguen 2 categorías, Superusuario y Observador.
  - Botón de salida de la aplicación, Exit.
  - Botones de desplazamientos entre paginas, Next y Back.
  - Botones de acceso a cada pagina: Temperatura, Caudal, Oxígeno, Diagnósticos, Sinóptico.
  - Botones de acceso a las graficas.
  - Botones de configuraciones: Herramientas e Impresoras.

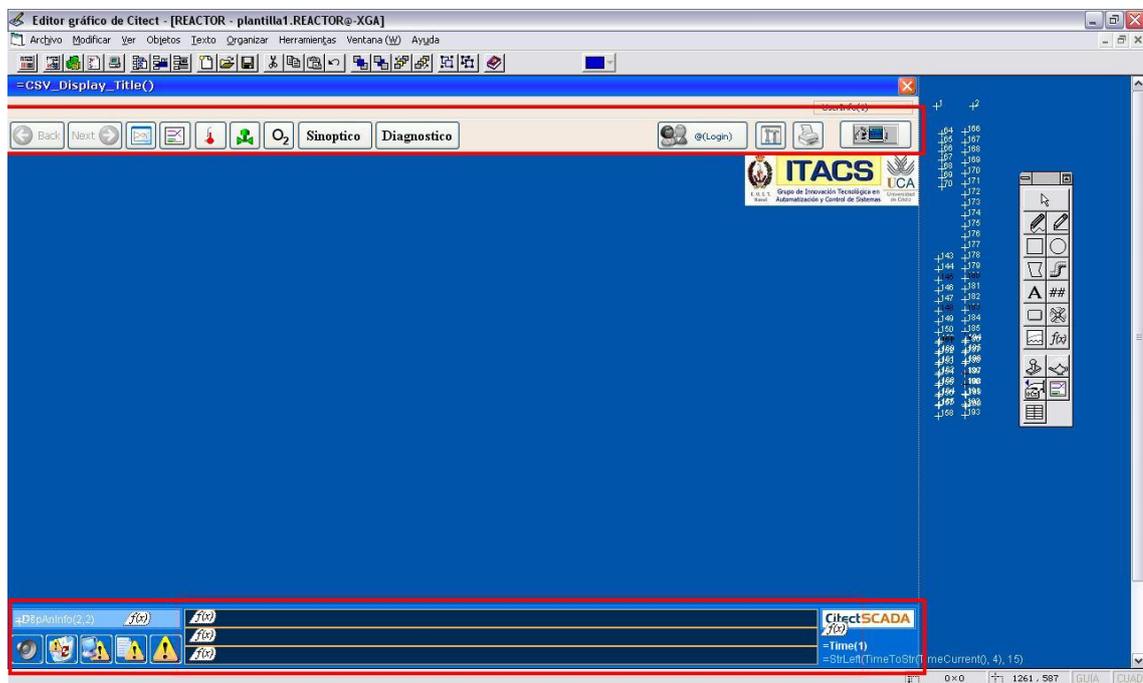


Fig. 6.10. "Plantilla. Zona dedicada acceso rapido"

Una vez creada la plantilla ya podremos empezar a crear nuestras páginas.

Nuestra aplicación está formada por las siguientes pantallas principales:

- Página de inicio o Sinóptico.
- Páginas específicas: Temperatura, Válvulas y Oxígeno.
- Página de diagnóstico del sistema.
- Página de alarmas.

Una vez creado el proyecto, procedemos al diseño y programación de las pantallas. Las pantallas están formadas por objetos, siendo necesaria su programación para que realicen las funciones encomendadas, muchas se relacionaran a funciones de la librería del *Vijeo Citect* y otras serán programadas con nuestros archivos *Cicode* creados previamente.

## 6.2.5 Pantalla de inicio de la aplicación

La función de esta pantalla es la rápida visualización de todos los valores que influyen en el sistema de compostaje, todos los valores de temperaturas del reactor, el valor de la concentración de oxígeno, el estado de las válvulas, el tiempo de ciclo y ajuste de los caudales así como el panel de control del ciclo, en el cual se establecerán todos los valores del ciclo de funcionamiento.

En este panel de control de ciclo habrá que establecer entre otros parámetros el tiempo de ciclo o valor de set point, que será el tiempo durante el cual el programa va a trabajar, una vez establecido este tiempo, el ciclo se activará mediante el pulsador de “start”, el sistema calculara y mostrará al operador el tiempo transcurrido en tiempo real, en caso de realizarse pausas durante el ciclo de funcionamiento mediante el pulsador de “pause”, el sistema calculará el numero de pausas realizadas así como el tiempo de pausa individual y el tiempo de pausas totales realizadas durante el ciclo. El operador podrá reanudar el ciclo tras una pausa mediante el pulsador de “restart”, en caso de querer finalizar el proceso se dispone del pulsador de “end”.

Esta pantalla esta diseñada por tanto para operar la planta de compostaje una vez que se han definido todos los parámetros, de forma que sea mas fácil para el operador interactuar con el sistema y obtener de un solo vistazo todos los datos importantes.

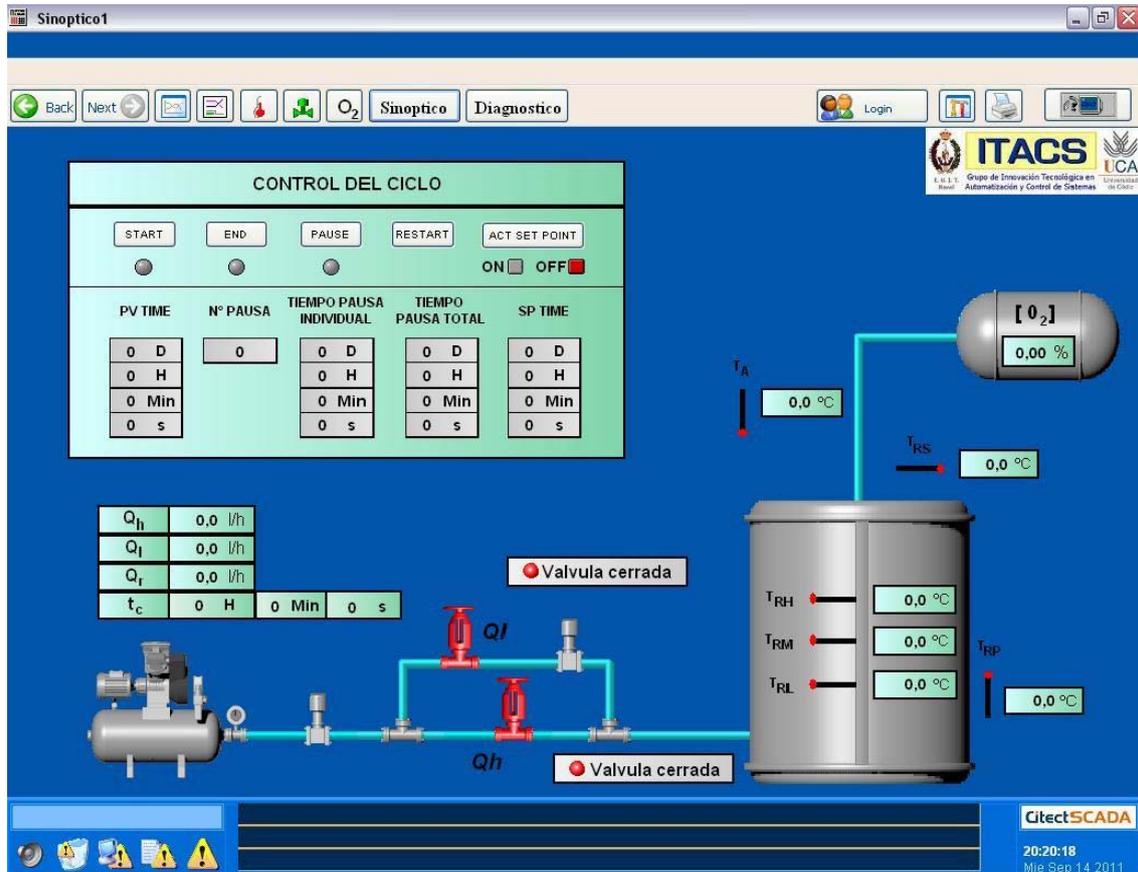


Fig. 6.11. Página de inicio de la aplicación

## 6.2.6 Páginas específicas

Como paginas específicas tenemos las referentes al control de la temperatura, control de las válvulas y caudal, y el control de la concentración de oxígeno.

En cada una de estas paginas el operador dispondrá de una información mas detallada y la posibilidad de los ajustes pertinentes.

### 6.2.6.1 Pagina de control de Temperatura.

En esta página el operador tiene una información detallada de todas las sondas de temperaturas que dispone el reactor.

Además de la visualización de los datos, el operador, logeado como superusuario, tiene la posibilidad de configurar las alarmas tanto de alta

temperatura como la de baja, así como el rango de temperatura de funcionamiento normal mediante las temperaturas de reposición.

El sentido de incorporar una temperatura de reposición se entiende mejor con el siguiente ejemplo:

Si salta una alarma de alta temperatura, el sistema de control de nuestro PLC dará orden de apertura de las válvulas, para que el flujo de aire refrigere el interior del reactor provocando un descenso en el mismo, esta acción si no se cortará provocaría un descenso excesivo de la temperatura por lo que se establece el valor de reposición al cual entendemos que el sistema ya no está en unas condiciones térmicas perjudiciales y por tanto se abortaría la medida para paliar la alarma inicial.

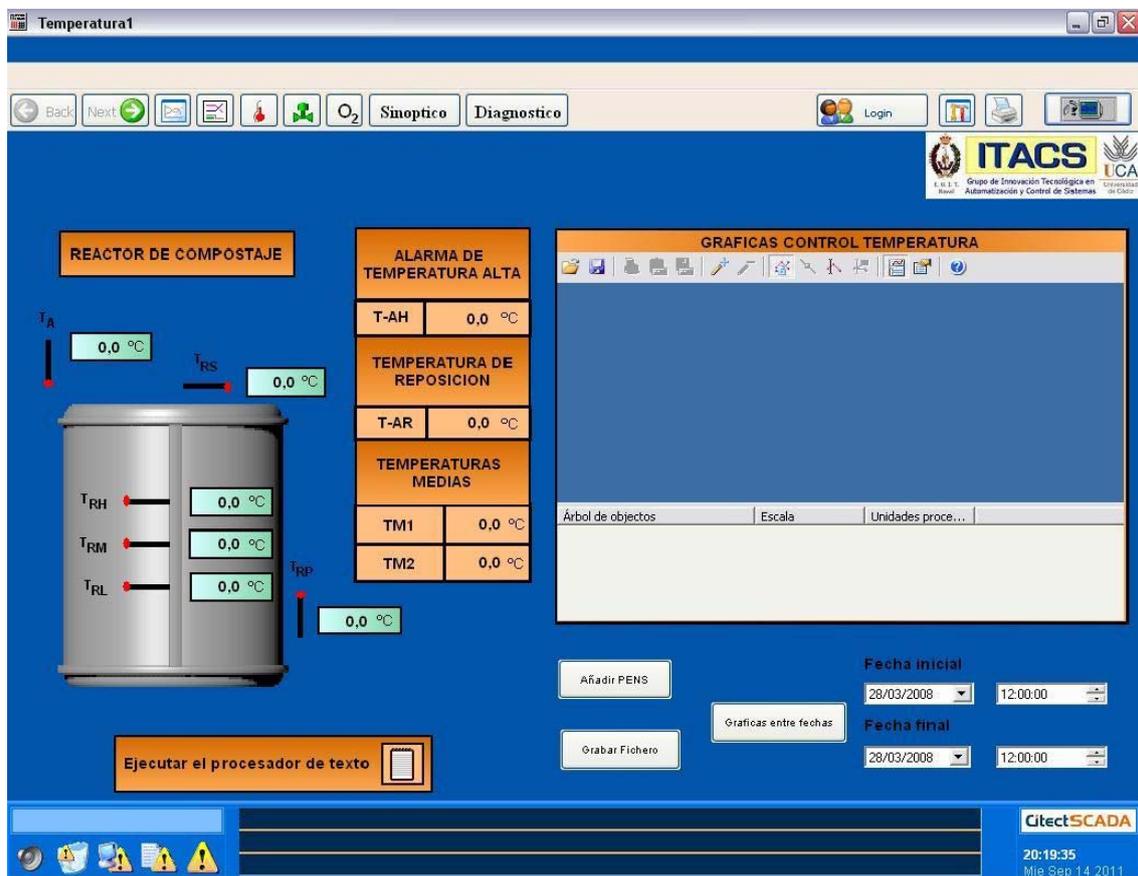


Fig. 6.12. Página de control de Temperatura.

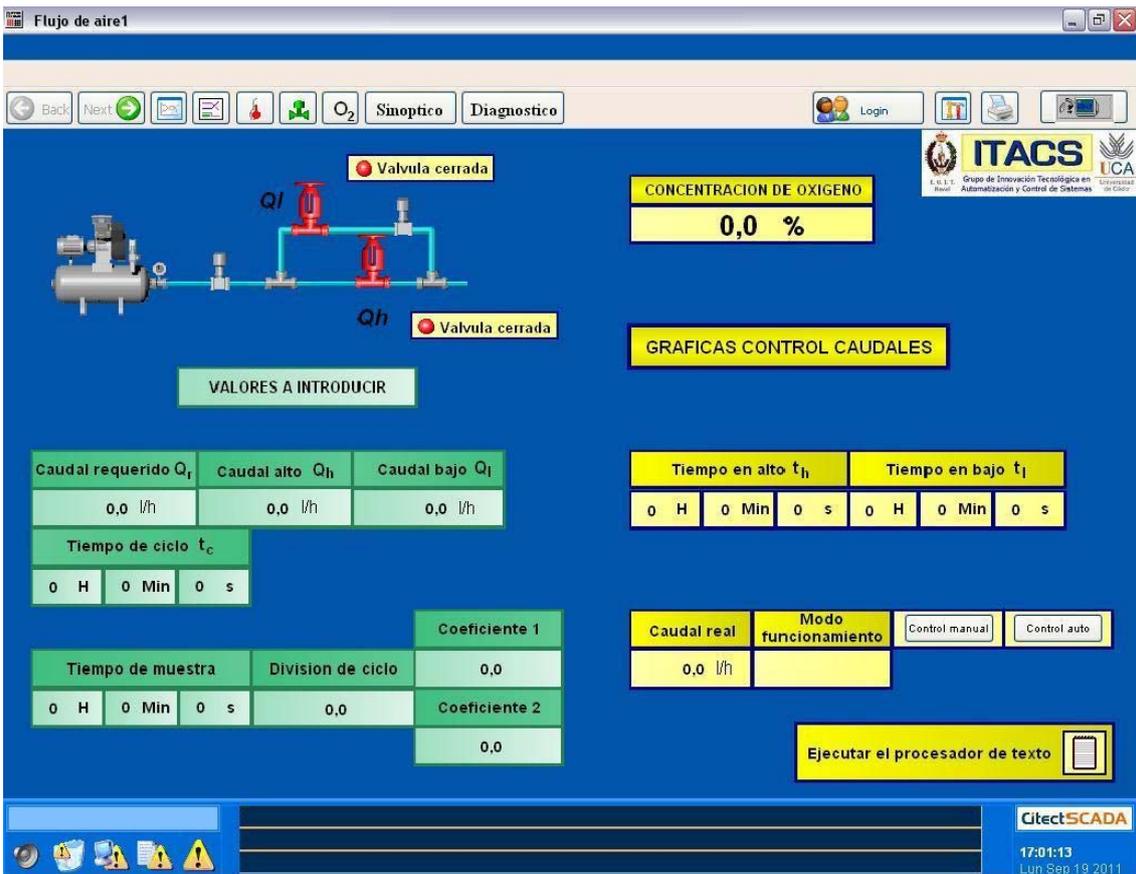
En la imagen podemos observar, que también se dispone de una ventana que grafica las temperaturas en tiempo real y en modo histórico, así como su exportación a un fichero en formato .xls

### 6.2.6.2 Pagina de control de Válvulas – Caudal.

En esta página es donde se controla el caudal a la entrada del reactor de compostaje, el operador tiene 2 posibilidades para su control, puede elegir entre el modo de funcionamiento automático o manual, en caso de seleccionar el modo manual, el operador deberá introducir todos los parámetros que se muestran en la zona izquierda de la pantalla para el control del caudal, si por el contrario el operador selecciona el modo automático, el PLC se encargará de regular el caudal en función del caudal requerido y los valores de concentración de oxígeno.

Por supuesto para realizar todas estas operaciones el operador debe haberse logeado como superusuario.

En esta pagina también se reflejan los estados de las válvulas y el valor de la concentración de oxígeno.



Flujo de aire1

Back Next O<sub>2</sub> Sinoptico Diagnostico Login

Valvula cerrada

Valvula cerrada

CONCENTRACION DE OXIGENO

0,0 %

GRAFICAS CONTROL CAUDALES

VALORES A INTRODUCIR

Caudal requerido $Q_r$	Caudal alto $Q_h$	Caudal bajo $Q_l$
0,0 l/h	0,0 l/h	0,0 l/h

Tiempo de ciclo $t_c$		
0 H	0 Min	0 s

Tiempo de muestra		Division de ciclo	Coficiente 1
0 H	0 Min	0 s	0,0
			Coficiente 2
			0,0

Tiempo en alto $t_h$			Tiempo en bajo $t_l$		
0 H	0 Min	0 s	0 H	0 Min	0 s

Caudal real: 0,0 l/h

Modo funcionamiento: Control manual | Control auto

Ejecutar el procesador de texto

CitectSCADA

17:01:13  
Lun Sep 19, 2011

Fig. 6.13. Página de control de Válvulas.

Como en el resto de las páginas, el operador dispone tanto de un acceso directo al procesador de texto como a una grafica para el control del caudal. La cual graficará los valores deseados tanto en modo real como histórico y su exportación a formato .xls

### *6.2.6.3 Pagina de control de Oxígeno.*

En esta página el operador tiene una información detallada de la concentración de oxigeno facilitado por el sensor correspondiente.

Además de la visualización de los datos, el operador, logeado como superusuario, tiene la posibilidad de configurar las alarmas tanto de alta concentración de oxígeno como la de baja, así como el rango de concentración de oxígeno de funcionamiento normal mediante las concentraciones de reposición.

El sentido de incorporar una concentración de reposición se entiende mejor con el siguiente ejemplo:

Si salta una alarma de alta concentración de oxigeno, el sistema de control de nuestro PLC dará orden de cierre de las válvulas, para que cese el flujo de aire en el interior del reactor provocando un descenso del oxigeno en el mismo, esta acción si no se cortará provocaría un descenso excesivo del nivel de oxigeno, por lo que se establece el valor de reposición al cual entendemos que el sistema ya no está en unas condiciones perjudiciales y por tanto se abortaría la medida para paliar la alarma inicial.

De manera semejante pasaría con la alarma de baja con la salvedad de que la acción a tomar sería la apertura de las válvulas para la entrada de aire y por tanto el aumento de los niveles de oxigeno en el interior del reactor, una vez llegado a un nivel de oxigeno normal se abortaría la medida realizada a causa de la alarma y el sistema seguiría trabajando con normalidad.

Esta acción nos hace ver la posibilidad de que puedan entrar en conflicto varias alarmas como pueden ser, la alta temperatura y la alta concentración de oxigeno, si hay alta temperatura el sistema abre las válvulas y puede llegar al valor de alarma de la concentración de oxigeno, que daría orden de cierra a las válvulas. En nuestro sistema de control daremos prioridad a la resolución de la alarma de alta temperatura, pues frente a las 2 alarmas la mas perjudicial es esta.

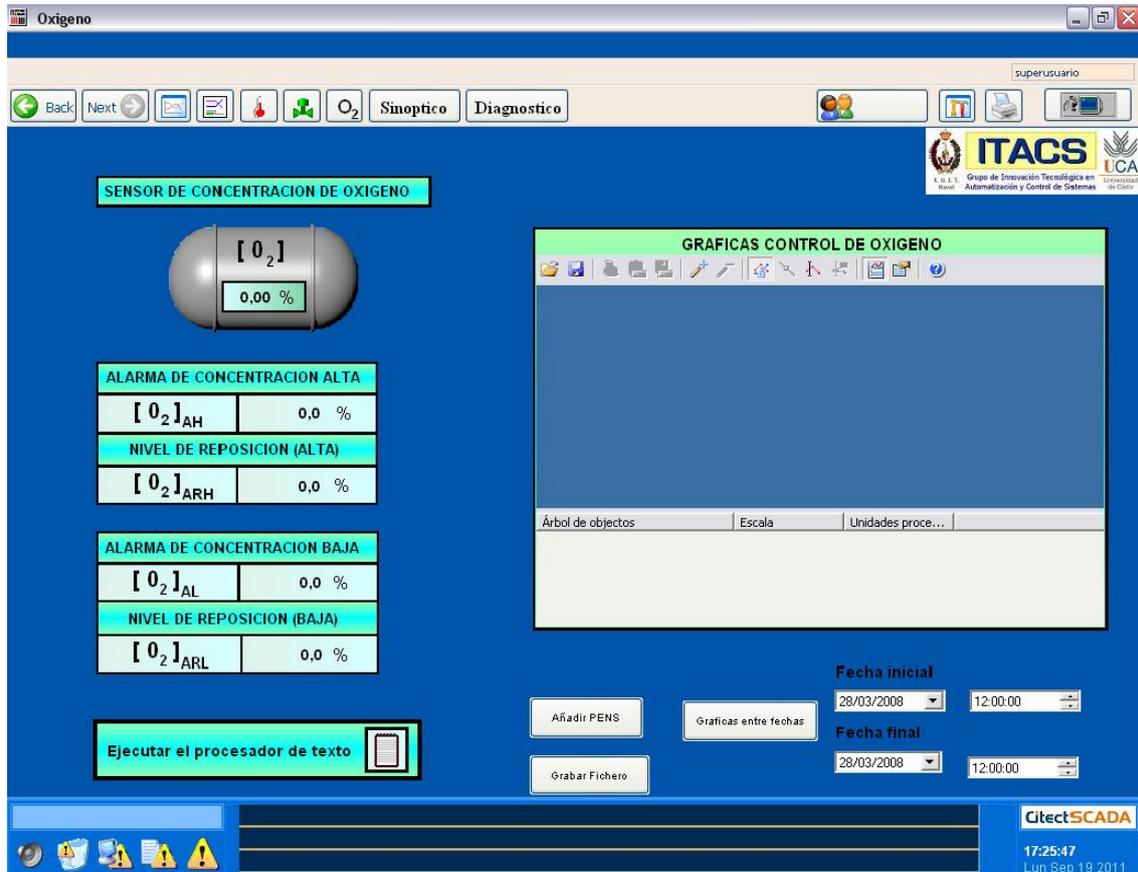


Fig. 6.14. Página de control de Oxigeno.

En la imagen podemos observar, que al igual que en el resto de las pantallas, se dispone de una ventana que grafica la concentración de oxigeno en tiempo real y en modo histórico, así como su exportación a un fichero en formato .xls y la posibilidad de acceder al bloc de notas.

### 6.2.7 Página de diagnóstico del sistema

En esta pantalla representamos la arquitectura de comunicaciones, el estado de los diferentes sensores contemplados en el sistema y el estado del PLC haciendo un diagnóstico de los siguientes módulos:

- Módulo de CPU.
- Puerto Ethernet del autómatas.
- Módulo de E/S digitales.
- Módulo de Entradas Analógicas. (Sensor O<sub>2</sub>)
- Módulo de Entradas Analógicas. (Sensores Temperaturas)

- Módulo de Entradas Analógicas. (Sensores Temperaturas)
- Bastidor PLC.

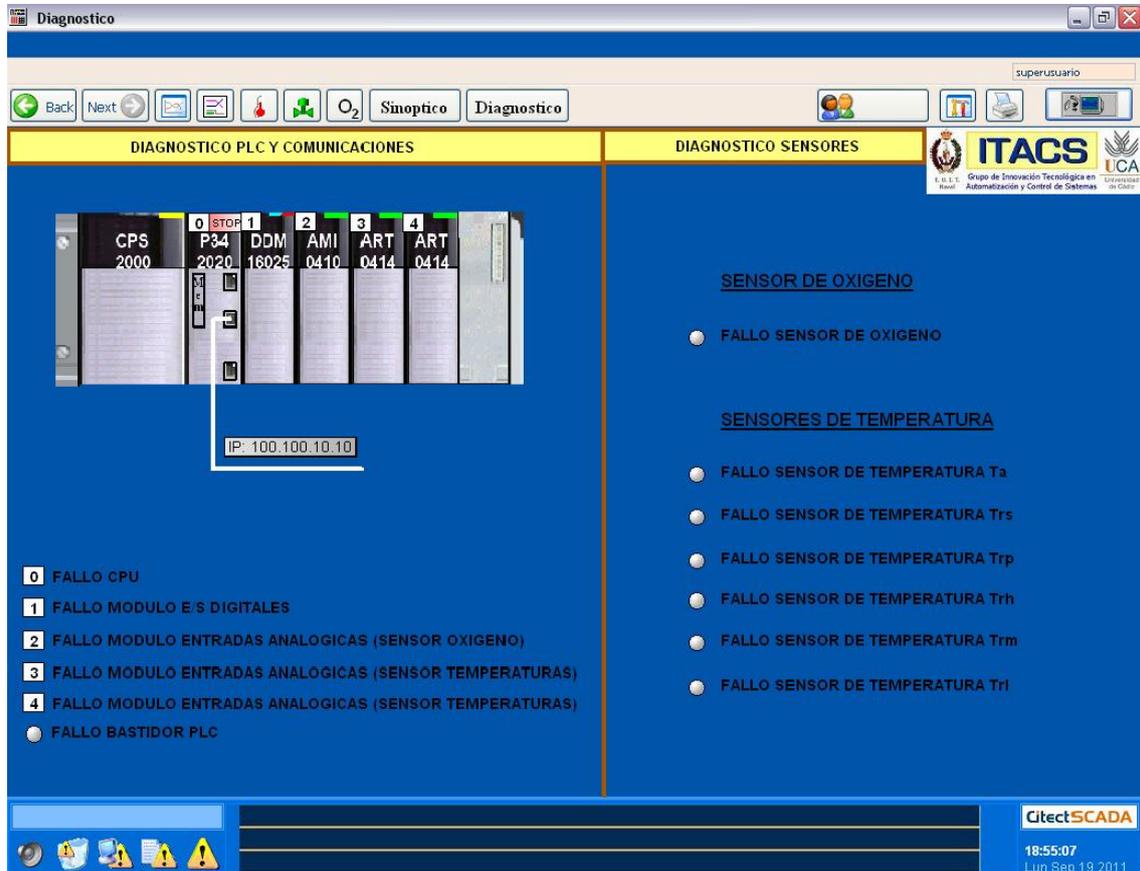


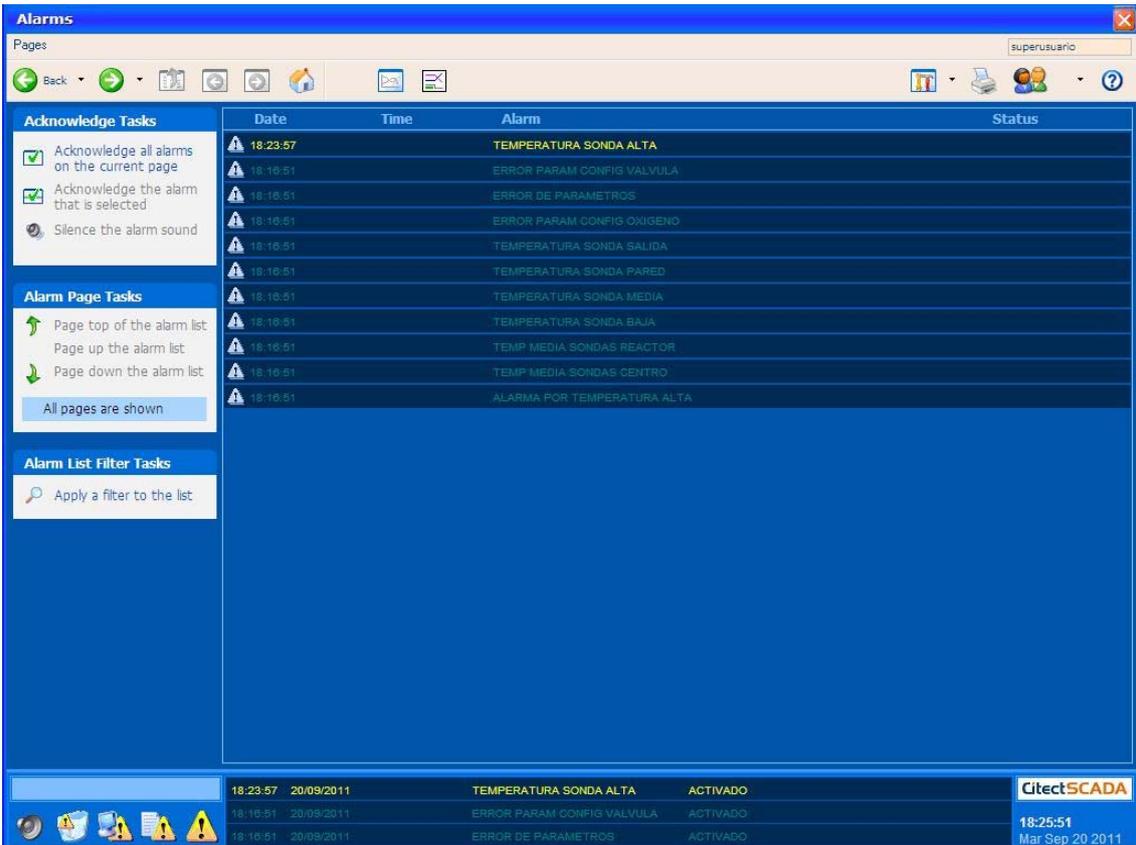
Fig. 6.15. Página de diagnóstico

Para completar la información de esta pantalla incluimos el diagnóstico de todos los sensores, oxígeno y temperaturas, para poder supervisar su correcto funcionamiento.

## 6.2.8 Página de alarmas

Con esta página conseguimos tener un histórico de todas las alarmas producidas en el sistema. Para ello existe un código de colores que determina la naturaleza de la alarma. Dicho código es el siguiente:

- Color **amarillo**: Alarma activa no reconocida.
- Color **amarillo apagado**: Alarma activa reconocida.



Date	Time	Alarm	Status
18:23:57		TEMPERATURA Sonda ALTA	
18:18:51		ERROR PARAM CONFIG VALVULA	
18:18:51		ERROR DE PARAMETROS	
18:18:51		ERROR PARAM CONFIG OXIGENO	
18:18:51		TEMPERATURA Sonda SALIDA	
18:18:51		TEMPERATURA Sonda PARED	
18:18:51		TEMPERATURA Sonda MEDIA	
18:18:51		TEMPERATURA Sonda BAJA	
18:18:51		TEMP MEDIA SONDAS REACTOR	
18:18:51		TEMP MEDIA SONDAS CENTRO	
18:18:51		ALARMA POR TEMPERATURA ALTA	

18:23:57	20/09/2011	TEMPERATURA Sonda ALTA	ACTIVADO	CitectSCADA 18:25:51 Mar Sep 20 2011
18:18:51	20/09/2011	ERROR PARAM CONFIG VALVULA	ACTIVADO	
18:18:51	20/09/2011	ERROR DE PARAMETROS	ACTIVADO	

Fig. 6.16. Página de alarmas

En esta pantalla podemos ver de forma detallada el estado de todas las alarmas activas, reconocidas o no, que se dan lugar en nuestro sistema.

En el banner de alarma solo se muestran las 3 últimas alarmas que se han producido y estas se van actualizando a medida que se produzcan.



18:23:57	20/09/2011	TEMPERATURA Sonda ALTA	ACTIVADO	CitectSCADA 18:24:28 Mar Sep 20 2011
18:18:51	20/09/2011	ERROR PARAM CONFIG VALVULA	ACTIVADO	
18:18:51	20/09/2011	ERROR DE PARAMETROS	ACTIVADO	

Fig. 6.17. Banner de alarmas

Una vez que la alarma desaparece bien haya sido reconocida o no, dicha alarma desaparece tanto de la lista de alarmas como del banner de alarmas.

# Documento 7

## *INTEGRACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE EN EL SICP*



## **Documento 7. Integración del Sistema de Control de la Planta de Compostaje en el SICP**

En el presente documento se abordará la integración de la planta de compostaje en el sistema integrado de control de plataforma SICP que FABA Sistemas de Control – Navantia implementa en los buques tipo patrullera, en un primer paso definiremos que es el SICP, más adelante definiremos los protocolos de comunicaciones usados por este para poder definir el bus a usar en la integración de la planta de compostaje y finalmente el desarrollo software necesario para poder realizar el traspaso de información desde nuestro sistema de control al SICP.

### **7.1 Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP)**

El SICP es un Sistema Distribuido a lo largo del Buque, que integra los distintos Sistemas que forman parte de la Plataforma del Buque y tiene por objeto el Control y Vigilancia de los equipos que forman parte de la misma.

Básicamente está formado por Consolas de Operador, Subestaciones Locales y Red de Transmisión de datos.

- Consolas Operador:

Constituyen la Interface con el Operador. Permiten el Control y Vigilancia de los Equipos de la Plataforma.

- Red de Transmisión de Datos

Interconectan todos los equipos del SICP, y asegura que la Información es compartida y usada por todos los Elementos del SICP.

- Subestaciones Locales (LSS)

Hacen de Interface entre los distintos Sistemas que forman la Plataforma y el SICP. Es donde reside la lógica de Control del SICP. Todos los sensores y actuadores se conectan a LSS.

Son por tanto las LSS's los equipos que interconexionan el SICP con los distintos sistemas del buque y en nuestro caso con la planta de compostaje.

## 7.2 Protocolos de Comunicaciones usados por el SICP

Como hemos mencionado en el apartado anterior, los equipos encargados de hacer de interface entre los distintos sistemas del buque y el SICP son las LSS's por lo que es necesario saber los protocolos de comunicaciones admitidos y usados por las mismas.

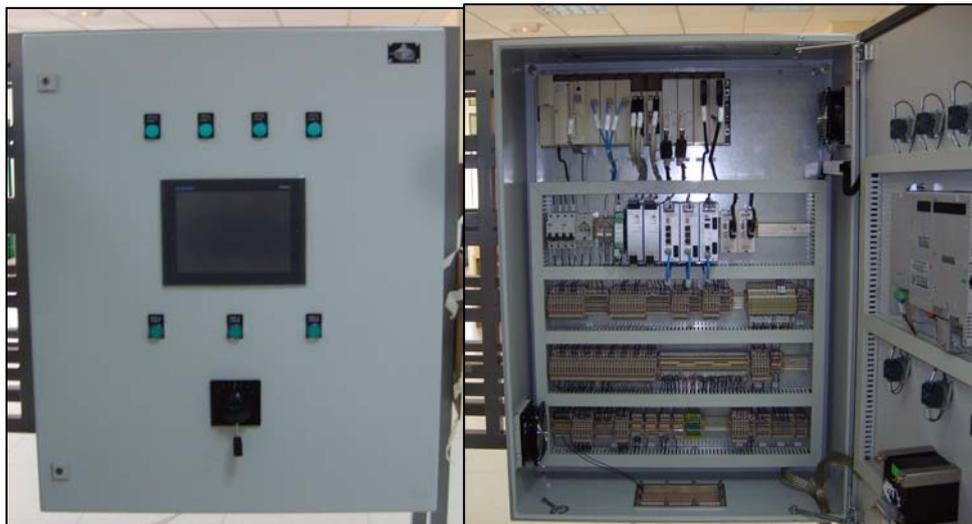


Fig. 7.1. Subestación Local LSS

En primer lugar deberemos notar que la LSS es un armario dotado principalmente de un PLC TSX57 3634M de Schneider Electric, este tipo de autómatas permite tanto la comunicación Serie (Modbus) como Profibus.

Para las comunicaciones con los diferentes equipos del buque, el SICP usa ambas indistintamente.

Dicho esto, podemos ver que la elección del tipo de bus de comunicación, dependerá en gran medida del equipo que deseamos integrar en el SICP.

A continuación pasamos a valorar el tipo de Bus necesario para la correcta integración de nuestro sistema.

## **7.3 Elección del Bus de Comunicación para la integración de la Planta de Compostaje en el SICP**

En primer lugar tenemos que valorar los diferentes Buses de comunicación admitidos por el SICP que son Profibus y Modbus.

### **Opción 1 - Profibus DP:**

En esta opción nuestro sistema de control de la planta de compostaje comunicaría en Profibus DP. Esta comunicación estaría gestionada por un autómatas programable denominado 'Maestro del bus' que sería la subestación local del SICP (LSS).

Ventajas:

- Es un estándar de comunicaciones muy conocido e implementado en la industria.
- La mayoría de los fabricantes no tienen ningún problema en implementar este bus de comunicaciones en sus equipos de control.
- Soporta velocidades de transmisión de datos relativamente altas.
- Distancias altas entre equipos de control.
- Es un bus determinista (evita colisiones en la red).

Inconvenientes:

- Para este bus se necesita de una electrónica dedicada.
- Para el Modicon M340 se debe de incluir unas tarjetas de comunicación para que puedan conectarse a la red.

### **Opción 2 – MODBUS:**

Para esta opción el bus elegido es Modbus. El sistema se integraría dentro de la filosofía maestro-esclavo fácilmente configurable al ser autómatas del mismo fabricante.

#### Ventajas:

- Es un estándar de comunicaciones muy conocido.
- Su protocolo de comunicaciones se puede implementar en cualquier dispositivo de control que tenga salida RS 485. En caso contrario se puede instalar una tarjeta auxiliar.
- Es un bus determinista, es decir, no tendríamos problemas con las colisiones en la red.

#### Inconvenientes:

- Velocidades de transmisión pequeñas.
- Distancias del bus de comunicaciones pequeñas.

Finalmente, tras analizar las ventajas y los inconvenientes de cada bus, concluyo lo siguiente:

- Se descarta la opción Profibus básicamente por la inexistencia de una tarjeta de comunicación Profibus DP para nuestro autómatas Modicon M340.

Por tanto, se llega a la conclusión de que el bus de comunicaciones más adecuado para la integración de nuestro sistema con el SICP es el **Modbus**, no solo porque es fácilmente implementable, sino porque además es un bus determinista.

Elegimos RS485 debido a que en el buque las distancias son considerables y esta cumple perfectamente con este requisito, en este protocolo se utilizan 2 hilos para establecer la comunicación usadas tanto para transmisión como recepción.

Una vez elegido el bus de comunicación pasaremos a realizar una nueva sección en nuestro programa de PLC en el cual configuraremos las señales a escribir en el autómatas del SICP, además de las configuraciones Hardware pertinentes.

## 7.4 Desarrollo del Software PLC para la comunicación Modbus RS485 con el SICP

El protocolo elegido como hemos visto en el apartado anterior es Modbus RS485, mediante un protocolo “maestro-esclavo”, es por tanto, que en primer lugar debemos configurar nuestro autómatas Modicon M340 como maestro del bus, siendo la LSS correspondiente el esclavo del bus.

Para ello debemos habilitar en nuestro programa PLC el bus de comunicación serie, configurándolo como maestro, habilitando el tipo de línea física, la velocidad de transmisión, bit de parada, tipo de datos y la paridad.

Estos son los parámetros básicos a configurar en nuestro PLC maestro, en la siguiente imagen se pueden observar como quedan configurados todos estos parámetros.

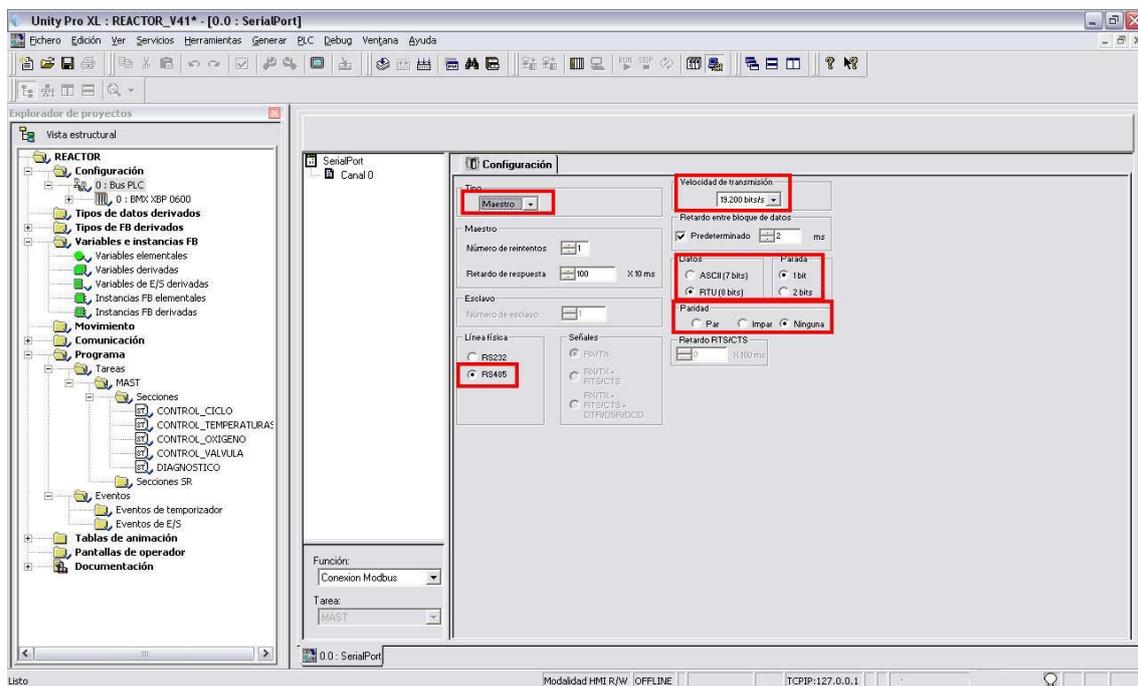


Fig. 7.2. Configuración HW del PLC maestro

Una vez realizada la configuración Hardware de nuestro PLC maestro del bus, debemos proceder a la implementación de una nueva sección en nuestra tarea principal dedicada única y exclusivamente a la comunicación serie.

Esta nueva sección la nombraremos como “*COMM\_SERIE\_SICP*”, en ella programaremos el modulo necesario para que el PLC maestro escriba en el esclavo (LSS) las áreas de memoria definidas.

Estas áreas de memoria se definen en un documento llamado *IDD (Interface Document Design)* en el cual se especifica al SICP las señales que se van a usar en el intercambio de información entre ambas partes, así como las direcciones de las mismas para su correcto mapeado.

En el Anexo 3 se adjunta el IDD creado para la integración del sistema de control del reactor de compostaje en el SICP.

En la sección “*COMM\_SERIE\_SICP*” se crea un modulo específico para la comunicación que se define en Unity Pro XL como *WRITE\_VAR* así como las tablas de datos necesarias.

En este módulo es necesario definir los siguientes parámetros, dirección, tipo de objetos, dirección del primer objeto a leer, números consecutivos de objetos a leer, datos para escribir y la tabla de gestión de intercambio.



Fig. 7.4. Configuración WRITE\_VAR

Unos de los parámetros que tenemos que declarar es la tabla de envío de datos, en nuestro caso esta tabla será un array de 12 enteros, en ella irán incluidas todas las señales documentadas en el *IDD*.

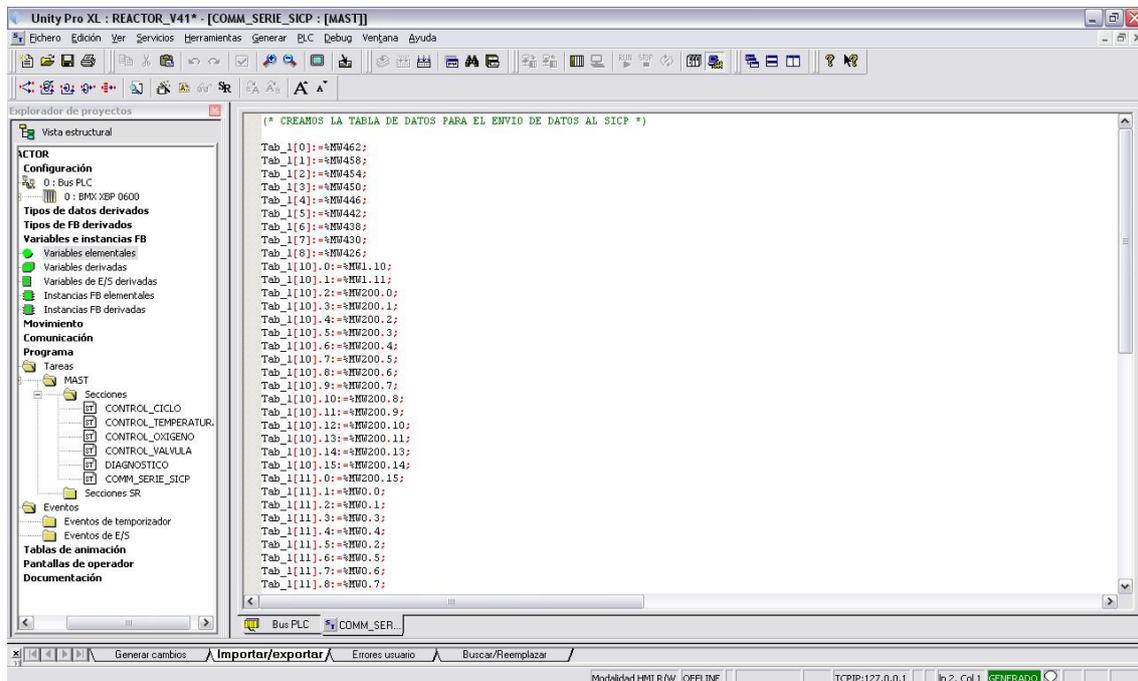


Fig. 7.5. Tabla envío de datos

Tras haber configurado la tabla de envío, tenemos que configurar 2 parámetros de la tabla de gestión de intercambio, esta tabla es un array de 4 enteros, centrándonos en los enteros numero 2 y 3, timeout y longitud.

```
(* CREAMOS LA TABLA DE GESTION DE INTERCAMBIO*)
Management_Parameter[2]:=10; (* Timeout en base 100ms *)
Management_Parameter[3]:=24; (* Longitud del mensaje en bytes *)
```

Fig. 7.6. Tabla gestión de intercambio

El timeout se expresa en base 100ms por lo que realmente nuestro timeout es de 1 segundo, mientras que la longitud expresa el numero de bytes que se van a enviar durante la transmisión.

Finalmente en la función *WRITE\_VAR* se configura, como se muestra en la siguiente captura, el valor de la dirección, el tipo de objetos a escribir, comienzo de la trama y longitud de la misma.

```
(* POR ULTIMO DAMOS DE ALTA LA FUNCION WRITE_VAR PARA EL ENVIO DE DATOS AL SICP *)  
  
PULSO := %S6;  
  
IF RE (PULSO) AND NOT Management_Parameter[0].0 THEN  
  
WRITE_VAR (ADR := ADDM ('0.0.0.1') (*ANY_ARRAY_INT*),  
          OBJ := '%MW' (*STRING*),  
          NUM := 0 (*DINT*),  
          NB := 15 (*INT*),  
          EMIS := Tab_1 (*ANY_ARRAY_INT*),  
          GEST := Management_Parameter (*ANY_ARRAY_INT*));  
  
END_IF;
```

Fig. 7.7. Función *WRITE\_VAR*

La dirección queda definida con la función *ADDM* (Necesaria por el modelo de PLC), el resto de dirección se debe a:

- 0: número de bastidor del procesador igual a 0.
- 0: número de slot del procesador dentro del bastidor, igual a 0 ya que el número de slot de un procesador Modicon M340 es siempre 0.
- 0: número de canal, igual a 0, ya que la conexión serie de un procesador Modicon M340 es siempre el canal 0.
- 1: el número de esclavo configurado es 1 para la LSS del SICP.

Podemos observar que el tipo de objetos a escribir son de tipo “%MW” que son definidos como objetos de palabras internas del PLC.

Estas comenzarán en el registro 0 por lo que el esclavo leerá en su primer área de memoria nuestra primera señal escrita y así sucesivamente de forma consecutiva durante los siguiente 15 registros.

En este caso los registros que se escriben en el esclavo son todos los referentes a las señales de alarmas de temperatura y oxígeno, así como todas las medidas de las mismas, el estado de las válvulas y todas las señales de diagnóstico. Todo ello se detalla con más profundidad en el Anexo 3.

## 7.5 Arquitectura Final

Una vez concluido todo el proceso de programación es hora de hacer frente al medio físico (cableado), en nuestro caso seleccionamos RS485 por lo que la lista de cableados se reduce a 3 posibles.

REFERENCIA	DESGINACION	LONGUITUD	CARACTERISTICAS
TSX CSA 100	Cable de par doble trenzado y blindado RS 485 de dos conductores	100 m	Dos extremos sin revestimiento
TSX CSA 200	Cable de par doble trenzado y blindado RS 485 de dos conductores	200 m	Dos extremos sin revestimiento
TSX CSA 500	Cable de par doble trenzado y blindado RS 485 de dos conductores	500 m	Dos extremos sin revestimiento

Tabla 7.1. Características cables serie RS485.

Como podemos observar la única diferencia entre estos tres cables es la longitud, por lo que elegiremos el cable TSX CSA 500 ya que satisface en mayor medida el requisito en cuando a distancia nos referimos.

Por tanto, la arquitectura final de la comunicación entre la planta de compostaje y el SICP lo podemos mostrar en el siguiente esquema.

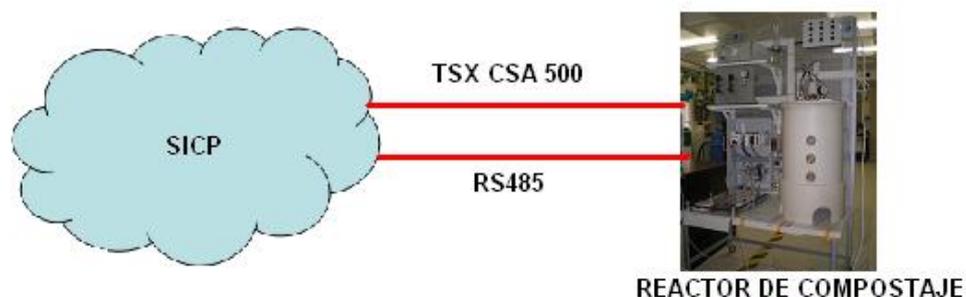


Fig. 7.8. Arquitectura Final

# Documento 8

## *PRESUPUESTO*



## Documento 8. Presupuesto

El presupuesto total de la implantación del sistema de control para el reactor de compostaje se deberá dividir en tres conceptos:

- Coste de los equipos.
- Coste de instalación de los equipos.
- Coste de la programación.

Tan sólo efectúo el cálculo del coste de los equipos, con valores referidos a las tarifas actuales y vigentes (octubre 2011), y teniendo en cuenta que los componentes que no forman parte del sistema de control no van incluidos en el presupuesto, al referirnos únicamente a los equipos necesarios para la automatización de la planta de compostaje.

EQUIPO	REFERENCIA	Unid.	Precio Unidad	Precio Total
Bastidor PLC	BMX XBP 0600	1	104,00 €	104,00€
Fuente Alimentación	BMX CPS 2000	1	216,00 €	216,00 €
CPU	BMX P34 2020	1	1.082,00 €	1.082,00 €
Módulo E/S Digitales	BMX DDM 16025	1	222,00 €	222,00 €
Módulo Entradas Analógicas	BMX ART 0414	2	436,00 €	872,00 €
Módulo Entradas Analógicas	BMX AMI 0410	1	309,00 €	309,00 €
Bornero E/S Digital	BMX FTB 2000	2	20,50 €	41,00 €
Bornero Entrada Analógica	<b>BMX FCW 301S</b>	2	48,48 €	96,96 €
Cable USB	<b>BMX XCAUSBH018</b>	1	94,50 €	94,50 €
Relé eléctrico	<b>C10-A10x</b>	3	2,45 €	7,35 €
Zocalo Relé eléctrico	<b>S-10</b>	3	2,45 €	7,35 €
Fuente Alimentación	<b>TSL 030-124</b>	1	67,70 €	67,70 €

*Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres*

**PRESUPUESTO**

Switch	499NOS17100	1	430,00 €	430,00
Vijeo Citect	Licencia VJC 1011 12	1	1.796,00 €	1.796,00 €
Unity Pro XL V4.1	Licencia	1	1586,6 €	1586,6 €
PC gestión taller	PC clónico	1	581,65 €	581,65 €
			<b>TOTAL</b>	<b>7514,11</b>

*Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres*

**PRESUPUESTO**

# Anexos



## **Anexo 1. MARPOL – Anexo V**

### **REGLAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR BASURAS DE LOS BUQUES**

#### **REGLA 1**

#### **DEFINICIONES**

A los efectos del presente Anexo:

1. Por "basuras" se entiende toda clase de restos de víveres salvo el pescado fresco y cualesquiera porciones del mismo- así como los residuos resultantes de las faunas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente; este término no incluye las sustancias definidas o enumeradas en otros Anexos del presente Convenio.

2. "Tierra más próxima". La expresión "de la tierra más próxima" significa desde la línea de base a partir de la cual queda establecido en el mar territorial del territorio de que se trate, de conformidad con el derecho internacional, con la salvedad de que, a los efectos del presente Convenio, "de la tierra más próxima" significar , a lo largo de la costa nordeste de Australia, desde una línea trazada a partir de un punto de la costa australiana situado en latitud 11° Sur, longitud 142° 08' Este, hasta un punto de latitud 10° 35' Sur, longitud 141° 55' Este; desde allí a un punto de latitud 10° 00' Sur, longitud 142o 00' Este; y luego sucesivamente, a: Latitud 9° 10' Sur, longitud 143° 52' Este. Latitud 9° 00' Sur, longitud 144° 30' Este. Latitud 13° 00' Sur, longitud 144° 00' Este. Latitud 15° 00' Sur, longitud 146° 00' Este. Latitud 18° 00' Sur, longitud 147° 00' Este. Latitud 21° 00' Sur, longitud 153° 00'Este. Y, finalmente, desde esta posición hasta un punto de la costa de Australia en latitud 24° 42' Sur, longitud 153° 15' Este.

3. Por "zona especial" se entiende cualquier extensión de mar en la que, por razones técnicas reconocidas en relación con sus condiciones oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo, se hace necesario adoptar procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar por las basuras. Son zonas especiales las enumeradas en la Regla 5 del presente Anexo.

## **REGLA 2**

### **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

A menos que se prescriba expresamente otra cosa, las disposiciones del presente anexo se aplicarán a todos los buques.

## **REGLA 3**

### **DESCARGA DE BASURAS FUERA DE LAS ZONAS ESPECIALES**

1. A reserva de lo dispuesto en las Reglas 4, 5 y 6 del presente Anexo:

a) Se prohíbe echar al mar toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la caballería y redes de pesca de fibras sintéticas y las bolsas de plástico para la basura.

b) Las basuras indicadas a continuación se echarán tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, prohibiéndose en todo caso hacerlo si la tierra más próxima se encuentra a menos de:

i) 25 millas marinas, cuando se trate de tablas y forros de estiba y materiales de embalaje que puedan flotar.

ii) 12 millas marinas, cuando se trate de los restos de comidas y todas las demás basuras, incluidos productos de papel, trapos, vidrios, metales, botellas, loza doméstica y cualquier otro desecho por el estilo.

c) Las basuras indicadas en el inciso ii), del apartado b), de la presente Regla podrán ser echadas al mar siempre que hayan pasado previamente por un desmenuzador o triturador, y ello se efectúe tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, prohibiéndose en todo caso hacerlo si la tierra más próxima se encuentra a menos de 3 millas marinas. Dichas basuras estarán lo bastante desmenuzadas o trituradas como para pasar por acribas con mallas no mayores de 25 milímetros.

2. Cuando las basuras estén mezcladas por otros residuos para los que rijan distintas prescripciones de eliminación o descarga se aplicarán las prescripciones más rigurosas.

## **REGLA 4**

### **PRESCRIPCIONES ESPECIALES PARA LA ELIMINACIÓN DE BASURAS**

1. A reserva de lo dispuesto en el párrafo 2 de este Regla se prohíbe echar al mar cualesquiera materias reguladas por el presente Anexo desde las plataformas, fijas o flotantes, dedicadas a la exploración, explotación y consiguiente tratamiento, en instalaciones mar adentro, de los recursos minerales de los fondos marinos, y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o este a menos de 500 metros de distancia de las mismas.

2. Los restos de comida previamente pasados por un desmenuzador o triturador podrán echarse al mar desde tales plataformas, fijas o flotantes, cuando estén situadas a más de 12 millas de tierra y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o estén a menos de 500 metros de las mismas. Dichos restos de comida estarán lo bastante desmenuzados o triturados como para pasar por cribas con mallas no mayores de 25 milímetros.

## **REGLA 5**

### **ELIMINACIÓN DE BASURAS EN LAS ZONAS ESPECIALES**

1. A los efectos del presente Anexo las zonas especiales son la zona del Mar Mediterráneo, la zona del Mar Báltico, la zona del Mar Negro, la zona del Mar Rojo, la "zona de los Golfos", la zona del Mar del Norte, la zona del Antártico y la región del Gran Caribe, incluidos el Golfo de México y el Mar Caribe, según se definen a continuación:

a) Por zona del mar Mediterráneo se entiende este mar propiamente dicho, con sus golfos y mares interiores, situándose la divisoria con el mar Negro en el paralelo 41° N y el límite occidental en el meridiano 5° 36' W que pasa por el estrecho de Gibraltar.

b) Por zona del mar Báltico se entiende este mar propiamente dicho, con los golfos de Botnia y de Finlandia y la entrada al Báltico hasta el paralelo que pasa por Skagen, en el Skagerrak, a 57° 44' 8 N.

c) Por zona del mar Negro se entiende este mar propiamente dicho, separado del Mediterráneo por la divisoria establecida en el paralelo 41° N.

d) Por zona del mar Rojo se entiende este mar propiamente dicho, con los golfos de Suez y Aqaba, limitado al sur por la línea loxodrómica entre Ras si Ane (12° 8' 5 N, 43° 19' 6 E) y Husn Murad (12° 40' 4 N, 43° 30' 2 E).

e) Por "zona de los Golfos" se entiende la extensión de mar situada al noroeste de la línea loxodrómica entre Ras al Hadd (22° 30' N, 59° 48' E) y Ras al Fasteh (25° 4' N, 61° 25' E).

f)... g) Por zona del Antártico se entiende la extensión de mar situada al sur de los 60° de latitud sur.

h) Por región del Gran Caribe, según se define en el párrafo 1 del artículo 2 del Convenio para la protección y mejora del medio marino de la región del Gran Caribe (Cartagena de Indias, 1983), se entiende el Golfo de México y el Mar Caribe propiamente dichos, con sus bahías y mares interiores y la parte del océano Atlántico limitada por el paralelo 30° N, desde la Florida hacia el este hasta el meridiano 77° 30' W; de ahí, una línea loxodrómica hasta la intersección del paralelo 20° N con el meridiano 59° W; de ahí, una línea loxodrómica hasta la intersección del paralelo 7° 20' N, con el meridiano 50° W, y de ahí una línea loxodrómica trazada hacia el sudoeste hasta el límite oriental de la Guyana Francesa.

2) A reserva de lo dispuesto en la Regla 6 del presente Anexo:

a) Se prohíbe echar al mar:

i) Toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la caballería y redes de pesca de fibras sintéticas y las bolsas de plástico para la basura; y

ii) Todas las demás basuras, incluidos productos de papel, trapos, vidrios, metales, botellas, loza doméstica, tablas y forros de estiba, y materiales de embalaje,

b) A excepción de lo dispuesto en el apartado c) del presente párrafo, la evacuación en el mar de restos de comida se efectuar tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero en ningún caso a distancia menor de 12 millas marinas de la tierra más próxima.

c) La evacuación en la zona del Gran Caribe de restos de comida que hayan pasado previamente por un desmenuzador o triturador se efectuará tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero en ningún caso, a reserva de lo dispuesto en la Regla 4, a distancia menor de 3 millas marinas de la tierra más próxima. Dichos restos de comida estarán lo bastante desmenuzados o triturados como para pasar por cribas con mallas no mayores de 25 milímetros.

3. Cuando las basuras estén mezcladas con otros residuos para los que rijan distintas prescripciones de eliminación o descarga se aplicarán las prescripciones más rigurosas.

4. Instalaciones y servicios de recepción en las zonas especiales:

a) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio que sean ribereñas de una zona especial se comprometen a garantizar que en todos los puertos de la zona especial se establezcan lo antes posible instalaciones y servicios adecuados de recepción, de conformidad con la Regla 7 del presente Anexo, teniendo en cuenta las necesidades especiales de los buques que operen en esas zonas.

b) Los Gobiernos de las Partes interesadas notificarán a la Organización las medidas que adopten en cumplimiento del apartado a) de esta Regla. Una vez recibidas suficientes notificaciones, la Organización fijará la fecha en que empezarán a regir las prescripciones de esta Regla para la zona en cuestión. La Organización notificará a todas las Partes la fecha fijada con no menos de doce meses de antelación.

c) A partir de esa fecha, todo buque que toque también en puertos de dichas zonas especiales en los cuales no se disponga todavía de las citadas instalaciones cumplirá plenamente con las prescripciones de esta Regla.

5. No obstante lo dispuesto en el párrafo 4) de la presente Regla, en la zona del Antártico se aplicarán las siguientes normas:

a) Los gobiernos de las Partes en el Convenio cuyos puertos sean utilizados por buques en viajes de ida y vuelta a la zona del Antártico se comprometen a garantizar que, tan pronto como sea factible, se provean instalaciones adecuadas para la recepción de todas las basuras procedentes de todos los buques, sin causar demoras innecesarias, y de acuerdo con las necesidades de los buques que las utilicen.

b) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio comprobar en que todos los buques que tengan derecho a enarbolar su pabellón, antes de entrar en la zona del Antártico, tienen capacidad suficiente para retener a bordo todas las basuras mientras operen en la zona, y han concertado acuerdos para descargar dichas basuras en una instalación de recepción después de salir de la zona.

## **REGLA 6**

### **EXCEPCIONES**

Las Reglas 3, 4 y 5 del presente Anexo no se aplicarán:

a) A la eliminación, echándolas por la borda, de las basuras de un buque cuando ello sea necesario para proteger la seguridad del buque y de las personas que lleve a bordo o para salvar vidas en el mar.

b) Al derrame de basuras resultante de averías sufridas por un buque o por sus equipos siempre que antes y después de producirse la avería se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para atajar o reducir a un mínimo tal derrame.

c) A la pérdida accidental de redes de pesca de fibras sintéticas o de materiales sintéticos utilizados para reparar dichas redes, siempre que se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para impedir tal pérdida.

## **REGLA 7**

### **INSTALACIONES Y SERVICIOS DE RECEPCIÓN**

1. Los Gobiernos de las Partes en el Convenio se comprometen a garantizar que en los puertos y terminales se establezcan instalaciones y servicios de recepción de basuras con capacidad adecuada para que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias.

2. Los Gobiernos de las Partes notificarán a la Organización, para que ésta lo comunique a las Partes interesadas, todos los casos en que las instalaciones y servicios establecidos en cumplimiento de esta Regla les parezcan inadecuados.

## **REGLA 8**

### **SUPERVISIÓN DE LA PRESCRIPCIONES OPERACIONALES POR EL ESTADO RECTOR DEL PUERTO**

1) Un buque que esté en un puerto de otra Parte está sujeto a inspección por funcionarios, debidamente autorizados por dicha Parte, en lo que concierne a las prescripciones operacionales, en virtud del presente anexo, cuando existan claros indicios para suponer que el capitán y la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales de a bordo, relativos a la prevención de la contaminación por basuras.

2) Si se dan las circunstancias mencionadas en el párrafo 1) de la presente regla, la Parte tomará las medidas necesarias para que el buque no zarpe, hasta que se haya resuelto la situación, de conformidad con lo prescrito en el presente anexo.

3) Los procedimientos relacionados con la supervisión por el Estado rector del puerto, estipulados en el artículo 5 del presente Convenio, se aplicarán a la presente regla.

4) Ninguna disposición de la presente regla se interpretará de manera que se limiten los derechos y obligaciones de una Parte, que lleve a cabo la supervisión de las prescripciones operacionales a que se hace referencia, concretamente, en el presente Convenio.

## **REGLA 9**

### **RÓTULOS, PLANES DE GESTIÓN DE BASURAS Y MANTENIMIENTO DE REGISTROS DE BASURAS.**

1) a) En todo buque de eslora igual o superior a 12 metros, se colocarán rótulos en los que se notifiquen a la tripulación y a los pasajeros las prescripciones sobre eliminación de basuras que figuran en las reglas 3 y 5 del presente anexo, según proceda;

b) los rótulos estarán redactados en el idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar, y, en el caso de que los buques que realicen viajes a puertos o terminales mar adentro que estén bajo la jurisdicción de otras partes en el Convenio, en francés o inglés.

2) Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más tendrá un plan de gestión de basuras que la tripulación deberá cumplir.

Dicho plan incluirá procedimientos escritos para la recogida, almacenamiento, el tratamiento y la evacuación de basuras, incluida la manera de utilizar el equipo de a bordo. También se designará en él a la persona encargada de su cumplimiento.

Dicho plan se ajustará a las directrices que elabore la organización y estará escrito en el idioma de trabajo de la tripulación.

3) Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más, que realice viajes a puertos o terminales mar adentro que estén bajo la jurisdicción de otras partes en el Convenio, y toda plataforma fija o flotante empleada en la exploración y explotación del fondo marino llevará un libro registro de basuras. Este libro, sea o no sea parte del diario oficial de navegación, se ajustará al modelo especificado en el apéndice del presente anexo;

a) todas las operaciones de descarga o incineración que se hayan llevado a término se anotarán en el libro registro de basuras y llevarán la firma de un oficial del buque en la fecha en que se realizó la incineración o descarga.

Cuando se complete una página del libro registro de basuras, el capitán del buque la firmará. Las anotaciones en el libro registro de basuras se harán en un idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar, y en inglés o francés.

Las anotaciones en un idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar prevalecerán en caso de controversia o discrepancia;

b) cada anotación de incineración o descarga incluirá la fecha, la hora, la situación del buque, la descripción de las basuras y la cantidad estimada de basuras incineradas o descargas;

c) el libro registro de basuras se conservará a bordo del buque en un lugar que permita su inspección en un tiempo razonable. Dicho documento se conservará durante un período de dos años después de que se haya hecho la última anotación en el registro;

d) en los casos de eliminación, derrame o pérdida accidental a los que se hace referencia en la regla 6 de este anexo, se anotarán en el libro registro de basuras las circunstancias y motivos de la descarga.

4) La Administración podrá eximir de las prescripciones relativas al libro registro de basuras:

i) a los buques que realicen viajes de una hora como máximo y que estén autorizados a transportar 15 personas o más, o

ii) las plataformas fijas o flotantes que estén dedicadas a la exploración y explotación del fondo marino.

5) La autoridad competente del Gobierno de una Parte en el Convenio podrá inspeccionar el libro registro de basuras a bordo de cualquier buque al que se aplique el presente anexo mientras el buque esté en uno de sus puertos o terminales mar adentro y podrá sacar copia de cualquier anotación que figure en dicho libro y exigir al capitán del buque que certifique que es una copia auténtica.

Toda copia que haya sido certificada por el capitán del buque como copia auténtica de una anotación del libro registro de basuras será admisible en cualquier procedimiento judicial como prueba de los hechos consignados en la misma. La inspección del libro registro de basuras y la extracción de copias certificadas por la autoridad competente con arreglo a lo dispuesto en este párrafo se harán con toda la diligencia posible y sin causar demoras innecesarias al buque.

6) En el caso de los buques construidos antes del 1 de julio de 1997, esta regla se aplicará a partir del de julio de 1998.

## Anexo 2. Presentación de la norma IEC 1131-3

La Norma IEC 1131-3 es el primer esfuerzo real para normalizar los lenguajes de programación usados en automatización industrial.

Esta norma describe dos lenguajes textuales, IL (Instruction List) y ST (Structured Text), dos lenguajes gráficos, LD (Ladder Diagram) y FBD (Function Block Diagram), y un formalismo gráfico, SFC (Sequential Function Chart), que permite estructurar la organización interna de una secuencia programada.

La aplicación de programación Unity Pro XL permite programar un autómatas programable conforme a la norma IEC. El Unity Pro XL implementa un subconjunto de elementos de lenguaje definidos en la norma y determina las extensiones permitidas en el marco de esta norma.

La norma IEC 1131-3 no define las reglas de interactividad del programa suministrado por un fabricante que se define conforme a la norma, lo que permite una gran flexibilidad para la presentación e introducción de los elementos de programación con el fin de hacer la tarea más cómoda para el usuario. Los elementos de la norma aplicados en Unity Pro XL, la información específica de implementación y los casos de detección de errores se sintetizan en tablas de conformidad.

### 2.1 Generalidades comunes a todos los lenguajes

En la siguiente tabla se enumeran, las implementaciones realizadas en los lenguajes Unity Pro XL, según las características comunes a todos estos lenguajes.

<b>Tabla nº</b>	<b>Característica nº</b>	<b>Descripción de las características</b>
1	1	<b>Juego de caracteres necesario (véase el apartado 2.1.1 de 1131-3)</b>
1	2	<b>Caracteres en minúsculas</b>
1	3	<b>Signo del número (#)</b>
1	4	<b>Signo del dólar (\$)</b>
1	5	<b>Barra vertical ( )</b>
1	6	<b>Delimitadores de índices: Corchetes izquierdo y derecho "[ ]"</b>



<b>Tabla nº</b>	<b>Característica nº</b>	<b>Descripción de las características</b>
2	1	Mayúsculas y números
2	2	Mayúsculas, minúsculas, números, caracteres de guión bajo integrados
3	1	Comentarios
4	1	Literales enteros (nota 1)
4	2	Literales reales (nota 1)
4	3	Literales reales con exponentes
4	4	Literales en base 2 (nota 1)
4	6	Literales en base 16 (nota 1)
4	7	Booleanos cero y uno
4	8	Booleanos TRUE y FALSE
5	1	Características de los literales de cadenas de caracteres
6	2	\$\$ Signo del dólar
6	3	\$' Apóstrofe
6	4	\$L o \$l Cambio de línea
6	5	\$N o \$n Línea nueva
6	6	\$P o \$p Cambio de página
6	7	\$R o \$r Retorno de cursor
6	8	\$T o \$t Tabulación
7	1	Literales de duración con prefijo corto ## (nota 2)
10	1	BOOL -1 bit-
10	10	REAL -32 bits-
10	12	TIME -32 bits- (nota 3)
10	13	DATE -32 bits- (nota 3)
10	14	TIME_OF_DAY -32 bits- (nota 3)
10	15	DATE_AND_TIME -64 bits- (nota 3)
10	16	STRING
10	17	BYTE -8 bits-
10	18	WORD -16 bits-
10	19	DWORD -32 bits-
15	1	Prefijo I para Input
15	2	Prefijo Q para Output
15	3	Prefijo M para Memory
15	4	Prefijo X, tamaño de un bit
15	5	Ningún prefijo, tamaño de un bit
15	6	Prefijo B, tamaño de un byte (8 bits)
15	7	Prefijo W, tamaño de una palabra (16 bits)
15	8	Prefijo D, tamaño de una palabra doble (32 bits)
17	2	Declaración de variables no volátiles directamente representadas (variables) (nota 4)
17	3	Declaración de emplazamientos de variables simbólicas (símbolos o variables) (nota 4)
17	5	Asignación automática en la memoria de variables simbólicas (variables de bloques de función) (nota 4)



<b>Tabla nº</b>	<b>Característica nº</b>	<b>Descripción de las características</b>
		<b>4)</b>
18	2	<b>Inicialización de variables no volátiles directamente representadas (variables) (nota 4)</b>
18	3	<b>Asignación de emplazamientos y valores iniciales de variables simbólicas (símbolos en variables) (nota 4)</b>
18	5	<b>Inicialización de variables simbólicas (variables de bloques de función) (nota 4)</b>
21	1	<b>A continuación se indican las funciones sobrecargadas de UNITY PRO XL: ABS, EQUAL, ROL, ROR, SHL, SHR, SQRT, SUM</b>
21	2	<b>Por lo general, las funciones de Unity Pro XL pertenecen a esta categoría.</b>
22	3	<b>Función de conversión BCD_TO_INT (nota 6)</b>
22	4	<b>Función de conversión INT_TO_BCD (nota 6)</b>
23	1	<b>Función ABS: Valor absoluto</b>
23	2	<b>Función SQRT: Raíz cuadrada</b>
23	3	<b>Función LN: Logaritmo neperiano</b>
23	4	<b>Función LOG: Logaritmo en base 10</b>
23	5	<b>Función EXP: Exponencial natural</b>
23	6	<b>Función SIN: Seno en radianes</b>
23	7	<b>Función COS: Coseno en radianes</b>
23	8	<b>Función TAN: Tangente en radianes</b>
23	9	<b>Función ASIN: Arco seno</b>
23	10	<b>Función ACOS: Arco coseno</b>
23	11	<b>Función ATAN: Arco tangente</b>
25	1	<b>Función SHL: Desplazamiento a la izquierda</b>
25	2	<b>Función SHR: Desplazamiento a la derecha</b>
25	3	<b>Función ROR: Rotación a la derecha</b>
25	4	<b>Función ROL: Rotación a la izquierda</b>
29	1	<b>Función LEN: Longitud de cadena</b>
29	2	<b>Función LEFT: N caracteres situados más a la izquierda</b>
29	3	<b>Función RIGHT: N caracteres situados más a la derecha</b>
29	4	<b>Función MID: N caracteres a partir de una posición determinada</b>
29	5	<b>Función CONCAT: Concatenación de cadenas (nota 7)</b>
29	6	<b>Función INSERT: Insertar una cadena en otra</b>
29	7	<b>Función DELETE: Eliminar caracteres</b>
29	8	<b>Función REPLACE: Sustituir otros caracteres</b>
29	9	<b>Función FIND: Buscar una cadena en otra</b>
33	1	<b>Calificativo RETAIN para las variables internas de los bloques de función.) (nota 9) (nota 4)</b>



<b>Tabla nº</b>	<b>Característica nº</b>	<b>Descripción de las características</b>
33	2	Calificativo <b>RETAIN</b> para las salidas de los bloques de función (nota 9) (nota 4)
33	4a	Declaración de entradas/salidas de bloques de función (literal). (nota 4)
37	1	Temporizador de impulso: <b>TP</b> (nota 10)
37	2a	Temporizador en la conexión: <b>TON</b> (nota 10)
37	3a	Temporizador en la desconexión: <b>TOF</b> (nota 10)
38	Esquemas temporales	<b>TP, TON, TOF</b>
39	19	Utilización de variables representadas directamente (variables)
40	1	Etapa, forma gráfica. Nota: un número de etapa sustituye a un identificador de etapa.
40	2	Etapa, forma textual utilizada en la forma fuente del Grafcet únicamente.
41	1	Condición de transición en lenguaje <b>ST</b>
41	2	Condición de transición en lenguaje <b>LD</b>
42	2l	Declaración de las acciones en lenguaje <b>LD</b>
43	1	Bloque de acción
2	Bloques de acción concatenados	
45	2	Calificativo de acción <b>N</b> (sin almacenar)
45	11	Calificativo de acción <b>P1</b> (Pulse rising edge)
45	12	Calificativo de acción <b>P0</b> (Pulse falling edge)
46	1	Secuencia simple, alternancia etapa/transición
46	2c	Divergencia de "o": el usuario debe asegurarse de que todas las condiciones de las transiciones se excluyen mutuamente
46	4	Divergencia de "y", convergencia de "y"
46	5c	Salto de secuencia en una divergencia de "o"
46	6c	Bucle de secuencia: retorno a una etapa anterior
46	7	Flechas de dirección. Nota: las flechas de dirección son ascendentes y descendentes
48	40/41/42/43/44/45/46	El lenguaje Grafcet reúne las condiciones para contar con el nivel mínimo de conformidad con <b>SFC 1131-3</b> Representación gráfica
49	3	Construcción <b>RESOURCE...ON...END_RESOURCE</b>
49	5a	Construcción <b>TASK</b> periódica en <b>RESOURCE</b>
49	6a	Declaración <b>PROGRAM</b> con asociación <b>PROGRAM-to-TASK</b>
49	7	Declaración de variables directamente representadas en <b>VAR_GLOBAL</b>
50	5b	Orden preventivo en el modelo multitarea

Tabla A-2.1. Características comunes de los lenguajes Unity Pro XL

Notas:

- Nota 1: Los guiones bajos (\_) insertados entre las cifras de un literal numérico no se admiten.
- Nota 2: Estos literales sólo son visibles en la aplicación fuente, para expresar el tiempo de las tareas configuradas.
- Nota 3: Este tipo de datos aún no está implantado de forma visible para el usuario. La tabla indica no obstante la ocupación de memoria de su representación interna.
- Nota 4: Estas palabras clave sólo se utilizan en las fuentes generadas por UNITY PRO XL y por las herramientas de conversión de aplicaciones PL7
- Nota 5: Efectos de conversión con los límites:

- DINT\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 13 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- INT\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 7 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- STRING\_TO\_DINT y STRING\_TO\_INT: si la cadena no se puede convertir en entero, el resultado es indeterminado y se coloca %S18.

- DATE\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 11 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- DT\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 20 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- TIME\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 15 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- TOD\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 9 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- REAL\_TO\_STRING: si la cadena que recibe el resultado es inferior a 15 caracteres, se trunca y se coloca %S15.

- STRING\_TO\_REAL: si la cadena no se puede convertir en real, el resultado es «1.#NAN» (16#FFC0\_0000) y se coloca %S18.

- REAL\_TO\_INT: si el real no se puede convertir en los límites [-32768, +32767], el resultado es -32768 y se colocan %S18 y %SW17:X0.

- REAL\_TO\_DINT: si el real no se puede convertir en los límites [-2147483648, +2147483647], el resultado es -2147483648 y se colocan %S18 y %SW17:X0.

- INT\_TO\_REAL: la conversión siempre es posible.

-DINT\_TO\_REAL: la conversión siempre es posible.

- Nota 6: Al no estar formalmente implementado el tipo INT (aunque se utiliza), estas funciones permiten cambiar el formato de codificación de WORD.
- Nota 7: Limitación de la función CONCAT a la concatenación de 2 cadenas.
- Nota 8: Este párrafo se aplica a los bloques de función predefinidos Unity Pro XL.
- Nota 9: El calificativo RETAIN es implícito.
- Nota 10: Los temporizadores TP, TON y TOF respetan los diagramas temporales de la tabla 38, pero presentan una interfaz de E/S diferente de 1131-3.

## 2.2 Generalidades del lenguaje IL

En la siguiente tabla se enumeran, respecto a las tablas de características descritas en la norma IEC 1131-3, las implementaciones realizadas en el lenguaje de programación IL (lista de instrucciones):

Tabla nº	Característica nº	Descripción de las características
51	Campos de instrucción	<i>Etiqueta, operador, operando, comentario</i>
52	1	<i>LD</i>
52	2	<i>ST</i>
52	3	<i>S y R</i>
52	456	<i>ANDORXOR</i>
52	18	<i>JMP</i>
52	20	<i>RET</i>
52	21	<i>Uso de paréntesis</i>
53	3	<i>Utilización de operadores de entrada para lanzar bloques de función en lenguaje IL</i>
54	11	<i>IN (véase la nota)</i>
54	12	<i>IN (véase la nota)</i>
54	13	<i>IN (véase la nota)</i>

Tabla A-2.2. Características de los elementos de lenguaje IL

Nota: el operador PT no está implementado.

## 2.3 Generalidades del lenguaje ST

En la siguiente tabla se enumeran, respecto a las tablas de características descritas en la norma IEC 1131-3, las implementaciones realizadas en el lenguaje de programación ST (estructurado). Este lenguaje se utiliza

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANEXO. PRESENTACIÓN DE LA NORMA IEC 1131-3</b></p>
--	--

íntegramente en los módulos ST. También se utiliza un subconjunto ST en los bloques OPERATION y COMPARE de los lenguajes IL y LD.

Tabla nº	Característica nº	Descripción de las características
55	1	<i>Escritura entre paréntesis</i>
55	2	<i>Evaluación de función</i>
55	3	<i>- Negación</i>
55	4	<i>NOT Complemento</i>
55	5	<i>JMP</i>
55	67	<i>* Multiplicación/ División</i>
55	910	<i>+ Suma- Resta</i>
55	11	<i>&lt;, &gt;, &lt;=, &gt;= Comparación</i>
55	12	<i>= Igualdad</i>
55	13	<i>&lt;&gt; Desigualdad</i>
55	15	<i>AND para el "y" booleano</i>
55	16	<i>XOR para el "o exclusivo" booleano</i>
55	17	<i>OR para el "o" booleano</i>
56	1	<i>:= Asignación</i>
56	3	<i>Estructura RETURN</i>
56	4	<i>Estructura IF «if... then... elsif... then... else... end_if»</i>
56	6	<i>Estructura FOR «for... to... do... end_for» (véase la nota)</i>
56	7	<i>Estructura WHILE «while... do... end_while»</i>
56	8	<i>Estructura REPEAT «repeat ... until... end_repeat»</i>
56	9	<i>Estructura EXIT</i>

Tabla A-2.3. Características de los elementos del lenguaje ST

Nota: Implementación del bucle FOR con un paso implícito de 1 (por 1).

## 2.4 Generalidades de los elementos gráficos comunes

En la siguiente tabla se enumeran, respecto a las tablas de características descritas en la norma IEC 1131-3, las implementaciones realizadas en los lenguajes gráficos comunes.

Tabla nº	Característica nº	Descripción de las características
57	2	<i>Líneas horizontales gráficas</i>
57	4	<i>Líneas verticales gráficas</i>
57	6	<i>Unión línea horizontal / línea vertical gráfica</i>
57	8	<i>Intersección gráfica de líneas sin conexión</i>
57	10	<i>Esquinas gráficas conectadas y sin conectar</i>
57	12	<i>Bloques con líneas conectadas gráficas</i>
58	2	<i>Salto incondicional en lenguaje LD</i>
58	4	<i>Salto condicional en lenguaje LD incondicional</i>

58	5	<b>Retorno condicional en lenguaje LD</b>
58	8	<b>Retorno incondicional en lenguaje LD</b>

Tabla A-2.4. Características de los elementos gráficos comunes.

## 2.5 Generalidades del lenguaje LD

Descripción de las características de los elementos del lenguaje LD conformes a la norma IEC 1131-3. En la siguiente tabla se enumeran, respecto a las tablas de características descritas en la norma IEC 1131-3, las implementaciones realizadas en el lenguaje LD (ladder, o escalera):

Tabla nº	Característica nº	Descripción de las características
59	1	Barra de alimentación izquierda
59	2	Barra de alimentación derecha
60	1	Enlace horizontal
60	2	Enlace vertical
61	1	Contacto abierto
61	3	Contacto cerrado
61	5	Contacto de detección de transición positiva
61	7	Contacto de detección de transición negativa
62	1	Bobina
62	2	Bobina negativa
62	3	Bobina SET
62	4	Bobina RESET

Tabla A-2.5. Características de los elementos del lenguaje LD.

## 2.6 Generalidades de los parámetros dependientes de la implementación

Descripción de los parámetros de Unity Pro XL que dependen de la implementación efectuada. En las siguientes tablas se enumeran, respecto a las tablas de características descritas en la norma IEC 1131-3, las implementaciones realizadas en los lenguajes Unity Pro XL.

<b>Procedimiento de tratamiento de errores</b>	Numerosos errores se indican en la ejecución mediante posicionamiento de bits y palabras de sistema
<b>Caracteres nacionales utilizados</b>	ÀÁÂÃÄÅÆÇÈÉÊËÌÍÎÏÑÓÔ ÕÖØÙÚÛÜàáâãäåæçèéêëì íîïñòóôõöùúÿ#,\$,
<b>Longitud máxima de los identificadores</b>	32

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres	<b>ANEXO. PRESENTACIÓN DE LA NORMA IEC 1131-3</b>
--	---



<b>Longitud máxima de los comentarios</b>	<b>222</b>
<b>Margen de los valores de duración</b>	<b>Nota 1</b>
<b>Margen de los valores de tipo TIME</b> <b>Precisión de la representación de los segundos en los tipos TIME_OF_DAY y DATE_AND_TIME</b>	<b>Nota 2</b>
<b>Número máximo de índices de tabla</b>	<b>Tamaño máximo de las tablas 1 (Nota 3) en función de la zona indexada (nota 3)</b>
<b>Longitud máxima por defecto de las variables STRING</b>	<b>no se aplica</b>
<b>Longitud máxima permitida para las variables STRING</b>	<b>255</b>
<b>Número máximo de niveles jerárquicos</b>	<b>3</b>
<b>Configuración lógica o física</b>	<b>Configuración lógica</b>
<b>Intervalo máximo de los valores de índices en función de la zona indexada</b>	<b>(nota 3)</b>
<b>Inicialización de las entradas del sistema</b>	<b>El sistema inicializa las variables: al valor inicial especificado por el usuario, en su caso de lo contrario, a cero</b>
<b>Efectos de la conversión de tipos sobre la precisión</b>	<b>véase la tabla 22, característica 1</b>
<b>Número máximo de tipos e instancias de bloques de función</b>	<b>Sin número máximo (los límites están relacionados con el volumen de la aplicación)</b>
<b>Límite del tamaño de los programas</b>	<b>Volumen máximo del código de un programa = 64 Kbytes</b>
<b>Precisión sobre el tiempo transcurrido asociado a una etapa</b>	<b>100ms</b>
<b>Número máximo de etapas por gráfico</b>	<b>96 en autómatas 3710 128 en autómatas 3720 1024 en autómatas 57xx V3.0</b>

Tabla A-2.6. Implementaciones realizadas en los lenguajes Unity Pro XL

Notas:

- **Nota 1:** Este tipo de datos aún no está implantado de forma visible para el usuario. La tabla indica no obstante sus márgenes de valores en el formato IEC 1131-3.

TIME: de T#0 a T#429496729.5s

<i>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez</i> <i>Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</i>	<b>ANEXO. PRESENTACIÓN DE LA NORMA IEC 1131-3</b>
--	---

TIME\_OF\_DAY: de TOD#0:0:0 a TOD#23:59:59

DATE\_AND\_TIME: de DT#1990-01-01:0:0:0 a DT#2099-12-31:23:59:59

DATE: de D#1990-01-01 a D#2099-12-31DT#2099-12-3

- Nota 2: Los redondeos se efectúan como sigue: de x.0 s a x.4 s, se redondea a x s y de x.5 s a x.9 s se redondea a x+1 s.
- Nota 3: Es posible indexar positiva y negativamente cualquier tipo de variable directamente representada en el límite del número máximo respectivo definido en la configuración.

Situaciones de error	Limitación y comportamiento de Unity Pro XL
Errores de conversión de tipo	Indicado en la ejecución colocando un bit de sistema: véase la tabla Elementos comunes: tabla 22, característica 1
El resultado numérico supera el margen para el tipo de datos	Indicado en la ejecución del tipo de datos colocando el bit de sistema %S18
Posición de caracteres especificada no válida	Indicado en la ejecución colocando el bit de sistema %S18
El resultado supera la longitud máxima de la cadena	Indicado en la ejecución de la cadena colocando el bit de sistema %S15
Efectos de borde durante la evaluación de una transición	Detectado durante la programación
Tiempos de ejecución no respetados Otros conflictos de orden de tareas	Indicado en la ejecución colocando el bit de sistema %S19 Detectado durante la configuración
División por cero Tipo de dato no válido para una operación	Detectado si es posible durante la programación, de lo contrario se indica en la ejecución colocando el bit de sistema %S18
Error de iteración FOR o WHILE para terminar	El autómata pasa a fallo de rebasamiento de watchdog y se indica la unidad de programación correspondiente

Tabla A-2.7. Situaciones de error

<p>Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres</p>	<p><b>ANEXO. PRESENTACIÓN DE LA NORMA IEC 1131-3</b></p>
--	--

## Anexo 3. IDD (Interface Design Document)

En el presente anexo se realiza el documento de diseño de interfaz, conocido como IDD, en el se establecen las señales que se envían al SICP desde el PLC maestro del sistema de control de la planta de compostaje.

Este documento recoge el protocolo de comunicación, los parámetros (velocidad, paridad, etc.), descripción detalla de las señales y sus direcciones.

Dirección del Esclvo: 1

Velocidad de transmisión: 19200 bits/s

Línea Física: RS485

Datos: 8 bits (RTU)

Parada: 1bit

Paridad: Ninguna

<b>DIRECCION</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
%MW0	ANALOGICA	TEMPERATURA SONDA SALIDA REFRESCO SCADA
%MW1	ANALOGICA	TEMPERATURA SONDA PARED REFRESCO SCADA
%MW2	ANALOGICA	TEMPERATURA SONDA MEDIA REFRESCO SCADA
%MW3	ANALOGICA	TEMPERATURA SONDA BAJA REFRESCO SCADA
%MW4	ANALOGICA	TEMPERATURA SONDA ALTA REFRESCO SCADA
%MW5	ANALOGICA	TEMPERATURA MEDIA DE TODAS LAS SONDAS DEL REACTOR REFRESCO SCADA
%MW6	ANALOGICA	TEMPERATURA MEDIA DEL CENTRO DEL REACTOR REFRESCO SCADA
%MW7	ANALOGICA	TEMPERATURA AMBIENTE REFRESCO SCADA
%MW8	ANALOGICA	MEDIDA DEL SENSOR DE OXIGENO PARA REFRESCO

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**ANEXO. IDD (INTERFACE DESIGN DOCUMENT)**

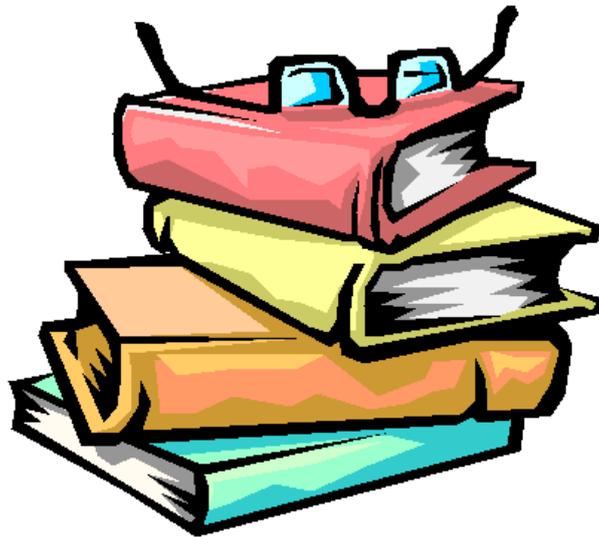
		SCADA
%MW10.0	DIGITAL	INDICACION VALVULA ACTIVA QH
%MW10.1	DIGITAL	INDICACION VALVULA ACTIVA QL
%MW10.2	DIGITAL	FALLO MODULO DE ENTRADAS ANALOGICAS Nº4
%MW10.3	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TA
%MW10.4	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TRS
%MW10.5	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TRP
%MW10.6	DIGITAL	FALLO MODULO DE ENTRADAS ANALOGICAS Nº3
%MW10.7	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TRH
%MW10.8	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TRM
%MW10.9	DIGITAL	FALLO SENSOR DE TEMPERATURA TRL
%MW10.10	DIGITAL	FALLO MODULO DE ENTRADAS ANALOGICAS Nº2
%MW10.11	DIGITAL	FALLO SENSOR DE OXIGENO
%MW10.12	DIGITAL	FALLO MODULO DE ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES Nº1
%MW10.13	DIGITAL	FALLO BASTIDOR
%MW10.14	DIGITAL	PLC_RUN 1:RUN 0:STOP
%MW10.15	DIGITAL	FALLO MODULO CPU
%MW11.0	DIGITAL	FALLO DE LA COMUNICACION ETHERNET
%MW11.1	DIGITAL	ALARMA ALTO NIVEL DE OXIGENO
%MW11.2	DIGITAL	ALARMA BAJO NIVEL DE OXIGENO
%MW11.3	DIGITAL	ALARMA TEMPERATURA MEDIA 1
%MW11.4	DIGITAL	ALARMA TEMPERATURA

Tutor: D. Juan José Asencio Rodríguez  
Alumno: D. Francisco Rodríguez Torres

**ANEXO. IDD (INTERFACE DESIGN DOCUMENT)**

		<b>MEDIA 2</b>
<b>%MW11.5</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA</b>
<b>%MW11.6</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA SONDA ALTA</b>
<b>%MW11.7</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA SONDA BAJA</b>
<b>%MW11.8</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA SONDA MEDIA</b>
<b>%MW11.9</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA SONDA PARED</b>
<b>%MW11.10</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ALARMA TEMPERATURA SONDA SALIDA</b>

# Bibliografía



## **BIBLIOGRAFÍA**

### ***Comunicaciones***

- Schneider Electric – Protocolo del Esclavo Modbus
- Enlace Serie Unity v4.1
- PROFIBUS – Documentación General Schneider
- Comunicación Ethernet – Modicom M340

### ***PLC – Control***

- Autómatas programables, Josep Balcells. Editorial Marcombo
- Introducción a la programación de PLC Modicom M340.
- Guía de automatización y control 2010 de productos Telemecanique
- Documentación técnica para Unity Pro XL v4.1
- Cuadernos técnicos Schneider Electrics

### ***SCADA***

- Curso de nivel medio para Vijeo Citect v6.10

### ***Páginas webs de interés***

<http://www.schneiderelectric.es/>

<http://www.rs-online.es>

<http://www.automatas.org/>

<http://www.marpol.net/>

