



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



E.U.I.T.I.Z

PROYECTO FIN DE CARRERA

**CONTROL DE UNA PLANTA
EXPERIMENTAL DE GASIFICACIÓN**

MEMORIA

Autor: DANIEL VALENZUELA HERMOSILLA

Directores: SUSANA MARTINEZ LERA
JAVIER PALLARÉS RANZ

SEPTIEMBRE 2011



1. CONTEXTO Y OBJETIVOS	4
2. INSTALACIÓN Y OBJETIVOS DE CONTROL	5
2.1 INTRODUCCIÓN:.....	5
2.2 INSTALACIÓN:.....	6
2.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	6
2.2.2 COMPONENTES DE MEDIDA	8
2.2.3 COMPONENTES DE REGULACIÓN.....	13
2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	15
2.3.1 OPERACIONES PREVIAS	15
2.3.2 PRECALENTAMIENTO	16
2.3.3 GASIFICACIÓN.....	17
2.3.4 CONTROL DE LA SEGURIDAD	18
3. DISPOSITIVOS DE CONTROL	18
3.1 AUTÓMATA PROGRAMABLE	18
3.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	20
3.1.2 PROCESADOR.....	21
3.1.3 MÓDULO BMX AMI 0410	22
3.1.3 MÓDULO BMX ART 0814.....	24
3.1.3 MÓDULO BMX DRA 0805	25
3.2 REDES DE COMUNICACIÓN	26
3.2.1 RED CANOPEN	26
3.2.2 RED ETHERNET	27
3.3 CONTROL DE MOTORES	28
3.3.1 VARIADOR DE VELOCIDAD.....	28
4 PROGRAMACIÓN	29
4.1 PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA.....	29
4.2 DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	30
4.3 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	31
4.3.1 SECCIÓN “ACOMODACIÓN”	32
4.3.2 CONTROL DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD	32
4.3.3 SECCIONES DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA.....	33

4.3.4 SECCIÓN “RESISTENCIAS”	34
4.3.5 SECCIÓN “ALARMAS”	35
4.3.6 SECCIÓN “PARADA_EMERGENCIA”	35
5 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	36
5.1 ADQUISICIÓN DE VARIABLES.....	36
5.2 APLICACIÓN SCADA.....	37
5.2.1 GENIOS	38
5.2.2 SUPER GENIOS	39
5.3 CREACIÓN DE PÁGINAS	40
5.3.1 PANTALLA INICIAL	41
5.3.2 PANTALLA PRINCIPAL	41
5.3.2 ALARMAS	42
5.3.3 GENERACIÓN DE TENDENCIAS	43
5.3.4 BASE DE DATOS	44
6 CONCLUSIONES	45
7 BIBLIOGRAFIA	46

APÉNDICES:

ANEXO I: Variables

ANEXO II: Programación

ANEXO III: Manual

1. CONTEXTO Y OBJETIVOS

El desarrollo de la planta de gasificación se enmarca dentro del proyecto PROQUIPOL, que tiene como objetivo desarrollar, optimizar y adaptar tecnologías de reciclado químico para la conversión de rechazos industriales y residuos post-consumo poliméricos en recursos y ofrecer alternativas a corrientes que en la actualidad no admiten reciclado mecánico. El objetivo particular que la Fundación CIRCE ha asumido dentro de este proyecto es el estudio experimental de la gasificación de plásticos y otros materiales como demostración de reciclado químico de dichos residuos. Para ello, se ha construido una planta de gasificación en lecho fluido burbujeante con la cual se llevarán a cabo los experimentos del proyecto, así como de eventuales líneas de investigación futuras.

El objetivo de este proyecto es realizar la regulación, control y monitorización de todo el proceso mediante programas de control. Para ello se ha partido de la planta de gasificación existente de la fundación CIRCE y se han llevado a cabo las siguientes tareas

- Analizar el proceso, identificando las variables y las necesidades de control de la planta
- Programar el autómata mediante el programa de control Unity Pro V5.0
- Programar la interfaz del control de la planta usando para ello el programa Vijeo CITECT 7.20
- Crear un manual de usuario de la interfaz del control de la planta

El resultado del trabajo realizado es un programa de control fácil e intuitivo mediante una pantalla con el esquema de la planta de gasificación, en el que aparecen todos los datos recogidos por los sensores que se encuentran por toda la instalación. Las funciones de dicho programa comprenden el control de las distintas partes automatizadas de la planta, garantizar la seguridad de la planta mediante alertas y secuencias de parada de emergencia para los casos más críticos y el almacenamiento de la información en bases de datos entre otras funciones. .

2. INSTALACIÓN Y OBJETIVOS DE CONTROL

2.1 INTRODUCCIÓN:

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso, plástico en nuestro caso, es transformado en un gas combustible de bajo poder calorífico mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua), siendo aire el agente gasificante de nuestra planta. Se trata de un proceso de oxidación parcial, es decir, la cantidad empleada de oxidante es inferior a la de un proceso de combustión completa. El gas resultante está compuesto por monóxido de carbono y otros gases inertes. Este gas se puede utilizar para una combustión directa en motores o turbinas de gas, los cuales poseen eficiencias eléctricas mejores que los ciclos de vapor convencionales.

Para llevar a cabo el proceso de gasificación, la planta dispone de un lecho fluido. Se trata de un tipo de gasificador en el que el sólido es mantenido en suspensión mediante el gas. Sus principales ventajas son una elevada velocidad de reacción y una excelente mezcla. Estas ventajas hacen que los perfiles de temperatura y conversión sean uniformes a lo largo del reactor, permitiendo un control muy preciso de las condiciones de operación. Para ello es necesario regular las presiones dentro del reactor para que el lecho fluidice y la gasificación se realice correctamente.



2.2 INSTALACIÓN:

2.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

La planta está compuesta por los siguientes equipos:

- 1-Lecho fluido burbujeante
- 2-Precalentador, del aire de entrada al lecho
- 3-Resistencias del lecho fluido
- 4-Tornillos alimentadores





Fig. 2.1 Componentes de la instalación 1

5-Ciclones

6-Condensador de agua

7-Tolva de combustible

8-Motores de alimentación



Fig. 2.2 Componentes de la instalación 2

2.2.2 COMPONENTES DE MEDIDA

En la planta encontramos múltiples puntos de medida, cuya nomenclatura responde a una clasificación en función de lo que estén midiendo, Temperatura (T), Presión (P), Diferencia de Presiones (Px-Py), o Caudal (Q). También se dividen dependiendo de la sustancia de la que estén midiendo dicha propiedad, las cuales pueden ser Aire (A), Gas (G) Agua (W) o la Temperatura de una Resistencia (TR)

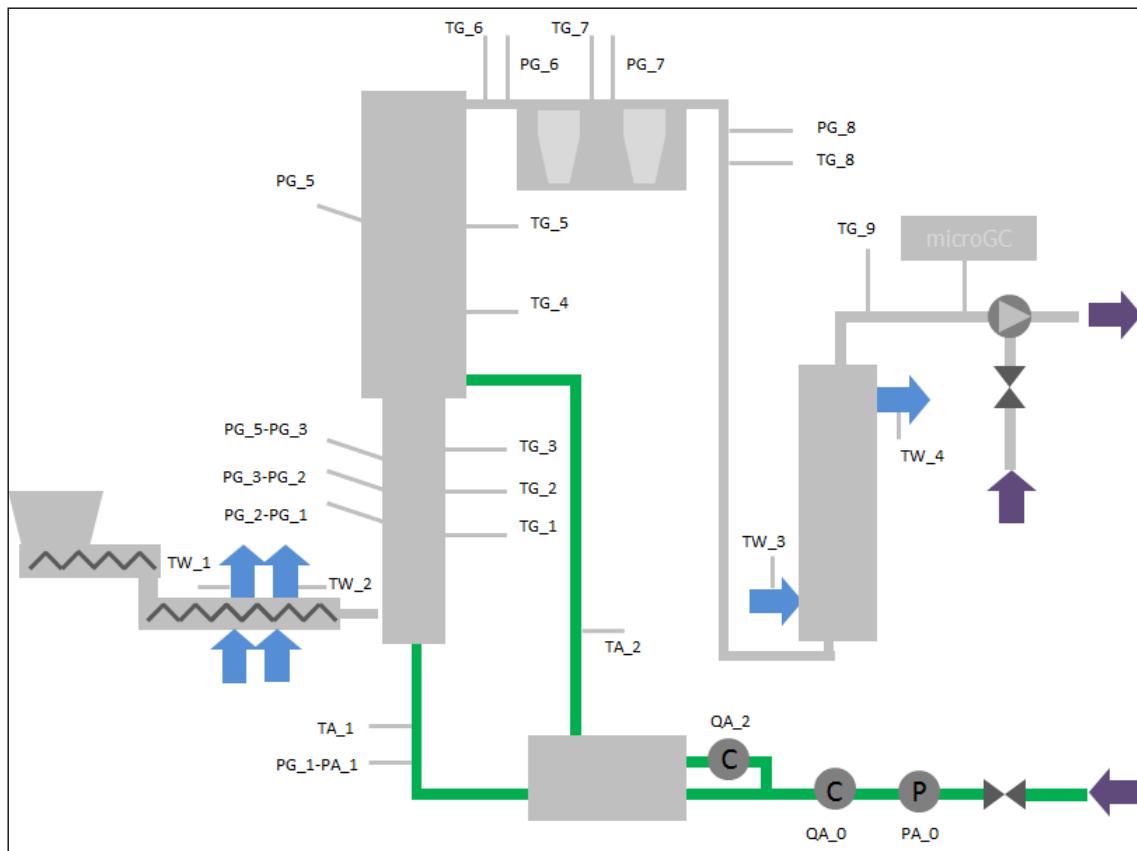


Fig. 2.3 Puntos de medida

Así podemos dividir toda la instalación en tres circuitos:

- Circuito de Aire (Línea verde), con 4 puntos de medida:
 - Punto 0: Del que medimos la Presión (PA_0) y el Caudal (QA_0) del aire de entrada.

- Punto 1: Del que medimos la diferencia de Presiones entre PG_1 y PA_1 (PG_1-PA_1) y la Temperatura (TA_1) del aire primario.
 - Punto 2: Del que medimos la Presión (PA_2) y el Caudal (QA_2) del aire secundario.
 - Precalentador (R3): Del que medimos la Temperatura de las resistencias del mismo (TR_3)
 - Circuito de Gases (Lecho fluido y Línea gris), con 9 puntos de medida:
 - Punto 1: Del que medimos la diferencia de Presiones entre PG_2 y PG_1 (PG_2-PG_1) y la Temperatura (TG_1) del reactor.
 - Punto 2: Del que medimos la diferencia de Presiones entre PG_3 y PG_2 (PG_3-PG_2) y la Temperatura (TG_2) del reactor.
 - Punto 3: Del que medimos la diferencia de Presiones entre PG_5 y PG_3 (PG_5-PG_3) y la Temperatura (TG_3) del reactor.
 - Punto 4: Del que medimos la Temperatura (TG_4) de la parte superior del reactor.
 - Punto 5: Del que medimos Presión (PG_5) y la Temperatura (TG_5) de la parte superior del reactor.
 - Punto 8: Del que medimos la Presión (PG_8) y la Temperatura (TG_8) de los gases a la salida de los ciclones.
 - Punto 9: Del que medimos la Temperatura (TG_9) de los gases a la salida del intercambiador de calor y antes de que entren en el analizador de gases.
 - Resistencia 1 (R1): Del que medimos la Temperatura de las resistencias (TR_1)
 - Resistencia 2 (R2): Del que medimos la Temperatura de las resistencias (TR_2)
- Circuito de Agua (Líneas azules)

- Punto 1: Del que medimos la Temperatura (TW_1) del agua a la salida de una de las camisas de refrigeración que posee el tornillo de alimentación.
- Punto 2: Del que medimos la Temperatura (TW_2) del agua a la salida de una de las camisas de refrigeración que posee el tornillo de alimentación.
- Punto 3: Del que medimos la Temperatura (TW_3) del agua a la entrada de las camisas de refrigeración del tornillo de alimentación y de la entrada del condensador de agua.
- Punto 4: Del que medimos la Temperatura (TW_4) del agua a la salida del condensador de agua.

A continuación se describirán los dispositivos empleados para la correcta medición de todas estas propiedades.

2.2.2.1 TERMOPARES

En la planta se usan dos tipos de termopares para medir las temperaturas de la planta, los termopares tipo K para gases y aire caliente y los tipo T para agua y gas frío a la salida. La mayor diferencia entre los tipo K y T es el rango de medida que poseen, los tipo K sirven para valores de temperatura de hasta 1100°C mientras que los tipo T aguantan hasta 400°C.

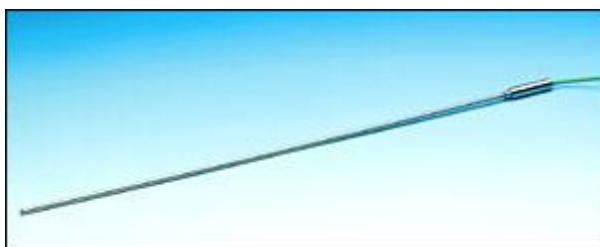


Fig. 2.4 Termopar

Para que dichos termopares proporcionen una medida correcta, se necesita de otro sensor de temperatura para tener una medida de referencia, mediante lo que se conoce como compensación de junta fría. El motivo es que siempre que se conecta un termopar a un sistema de adquisición de datos, la temperatura de la conexión debe ser conocida para poder calcular la temperatura verdadera que el termopar está

midiendo. Estos sensores son termoresistencias tipo PT100 cuyo rango de funcionamiento esta entre -25°C y 200°C.

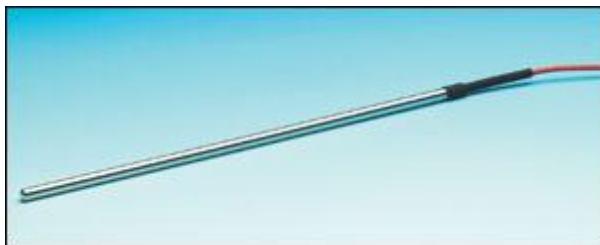


Fig. 2.5 Termopar PT100

2.2.2.2 SENSOR DE PRESIÓN

En la instalación podemos encontrar 2 tipos de sensores de presión, 8 sensores de presión diferencial, y un presostato digital. Todos ellos conectados al autómata.

Hay instalados 8 sensores de presión diferencial modelo Testo 6321 de diferentes rangos de presión. Algunos de ellos miden la presión de un punto, mientras que otros miden la diferencia de presión entre dos puntos, como anteriormente se ha comentado.



Fig. 2.6 Sensores de presión

También hay instalado un presostato digital en el punto 0 del aire, para poder controlar la presión que se desea al usar el regulador de presión conectado a la entrada de aire. Es un presostato ZSE40 de la marca SMC.



Fig. 2.7 Presostato

2.2.2.3 FLUJOSTATO

Al inicio de la instalación hay un caudalímetro para medir el caudal de aire que entra en la planta. Es un flujostato de la serie PF2A5 que permite la medición del caudal de aire y está conectado al autómata.



Fig. 2.8 Flujostato

2.2.2.4 MICRO-CROMATÓGRAFO DE GASES

El micro-cromatógrafo de gases permite medir la composición del gas resultante de la gasificación. Está conectado al final de la instalación, a la salida de los gases. Es el modelo 490-GC Micro-GC de Varian, el cual permite obtener la

composición del gas cada 3 minutos. Para su correcto funcionamiento es necesario el software Galaxie de Varian. Además es necesario que el gas a analizar no supere los 100ºC, así como la calibración del cromatógrafo, la cual se realiza mediante el análisis de dos gases específicos para la calibración, los cuales pueden ser Helio, Hidrógeno, Argón y Nitrógeno.



Fig. 2.9 Micro-Cromatógrafo

2.2.3 COMPONENTES DE REGULACIÓN

Los componentes de regulación de presión y caudal que podemos encontrar en la instalación son todos ellos manuales. Para la presión se utiliza un eyector de vacío situado al final de la instalación, para bajar en gran medida la presión del reactor, y se complementa con un regulador de presión situado a la entrada del aire a la instalación, para afinar la presión del interior del reactor. Para el caudal de aire entrante usamos un regulador de caudal de precisión, el cual está colocado a la entrada del aire de la instalación.

2.2.3.1 EYECTOR DE VACÍO

El eyector de vacío está conectado al final de la instalación, generando una depresión en toda la instalación. Es un eyector de vacío de la serie ZH20DL de SMC el cual permite generar una depresión máxima de -48KPa. Debido a la fuerte depresión



que puede generar, se necesita de un regulador de presión más preciso para poder alcanzar la depresión deseada en toda la instalación. Funciona inyectando una corriente de aire a presión por uno de sus conductos (que también se controla mediante un regulador manual), lo cual induce un efecto de succión en el segundo de ellos.



Fig. 2.10 Eyector de vacío

2.2.3.2 REGULADOR DE PRESIÓN

Como se ha comentado anteriormente, es necesario un regulador de presión más preciso para obtener la presión deseada dentro de la instalación. Dicho eyector de presión es del modelo IR3010 de SMC cuyo campo de regulación esta entre 0.01 a 0.4 MPa. Este regulador se encuentra a la entrada del aire a la instalación y su regulación es manual.



Fig. 2.11 Regulador de Presión



2.2.3.3 REGULADOR DE CAUDAL DE PRECISIÓN AS1001

El regulador de caudal de precisión, permite regular la cantidad de aire que entra a la instalación. El regulador de caudal es del modelo AS1001 de la marca SMC. Dicho regulador de caudal permite variar el caudal de aire entre 7 l/min de mínimo, hasta un máximo de 100 l/min. Este regulador es manual.



Fig. 2.12 Regulador de Caudal

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para diseñar el control de la planta, es preciso conocer a fondo el procedimiento experimental que la rige. En este apartado se describe la secuencia de operaciones que se siguen en el funcionamiento de la planta y que determinará las necesidades de control del proceso.

2.3.1 OPERACIONES PREVIAS

Para la puesta en marcha de la instalación, se realizan una serie de operaciones previas cuyas misiones consisten en fijar las condiciones de caudal y presión del aire que circulará por la planta, y activar los circuitos de refrigeración. Todas las operaciones que aquí se describen son manuales, por lo que la función del software de control es solo de monitorización y verificación de la ejecución de dichas operaciones. Sin embargo, ello no les resta importancia, sino que es fundamental recordar al iniciar el programa las operaciones previas necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación. Por ejemplo, el agua de refrigeración se usa para enfriar el tornillo, impidiendo que los plásticos alcancen altas temperaturas y se fundan, ocasionando



atascos en la dosificación. También se usa para enfriar los gases a la salida del reactor y así prevenir cualquier daño en el analizador de gases.

Para iniciar el proceso de gasificación, primero hay que abrir todas las válvulas de aire y abrir los circuitos de refrigeración por agua, ya que estas válvulas son manuales.

Una vez abiertas todas las válvulas y los circuitos de agua, se regula mediante un regulador de caudal manual la entrada de aire a la instalación. Posteriormente se regula la presión de todo el sistema mediante la acción conjunta de un variador de presión situado a la entrada y un tubo de Venturi situado al final de la instalación. El regulador de caudal permitirá afinar el caudal y la presión finales en los valores deseados. También es posible dividir el caudal de aire al reactor entre el primario y el secundario mediante las válvulas manuales que se encuentran a la salida del aire primario y secundario del precalentador de aire. El aire primario es introducido al reactor por la parte inferior a través de la placa distribuidora, mientras que el aire secundario es introducido en la parte inferior del *freeboard* para remover parte de los alquitranes generados.

2.3.2 PRECALENTAMIENTO

Una vez que se ha obtenido los caudales y la presión deseada dentro del reactor, se encienden las tres resistencias mediante el programa de control, la del precalentador y las dos situadas en el reactor, y se espera a que la temperatura del aire primario y la del reactor alcancen la temperatura de operación deseada para empezar la alimentación con combustible. Esta temperatura tiene que ser lo más uniforme posible, algo que se consigue gracias a que se ha seleccionado un reactor de lecho fluido, que mantiene una temperatura uniforme en todo el reactor. Es preciso tener cuidado con la temperatura máxima que pueden alcanzar las resistencias, ya que pueden sufrir daños si llegan a temperaturas superiores a 1000°C. Para el correcto funcionamiento de dichas resistencias es necesaria la creación de un apartado en la programación.

2.3.3 GASIFICACIÓN

Para que se produzca una correcta gasificación la proporción entre aire y combustible debe estar en cierto porcentaje con respecto al que se tendría en condiciones estequiométricas. Esto se consigue con los reguladores de velocidad conectados a los motores de alimentación, y regulando el aire de entrada al reactor. Uno de los objetivos es que el reactor genere el calor necesario para la gasificación, quemando parte del combustible sin necesidad de que las resistencias intervengan una vez iniciada la gasificación. Otro de los objetivos es que el combustible no se funda y se quede pegado en el tornillo de alimentación, lo que podría provocar daños el motor. Para ello existen dos camisas de agua alrededor del tornillo de alimentación del reactor, las cuales refrigeran el tornillo mediante una corriente de agua. Esto hace necesario el seguimiento de la temperatura del agua a la salida del tornillo mediante la inclusión de alarmas en el programa de control de la planta.

Una vez encendidos los motores de alimentación, el combustible pasa al reactor y allí se quema parcialmente, mientras que la falta de oxígeno y la elevada temperatura provocan que el resto se gasifique. Es importante controlar la diferencia de presión existente entre los distintos puntos del lecho fluido, para mantener la fluidización, así como controlar la temperatura a la que se produce la reacción. El combustible ya gasificado sale del reactor, teniendo que pasar por dos ciclones en serie para minimizar el numero de partícula que puedan provocar daños en el resto de la instalación.

Una vez pasados los ciclones, el gas pasa por un condensador refrigerado por agua para condensar los alquitranes y el vapor de agua, seguido de un filtro de fibra de vidrio para retener la posible neblina de alquitranes que no hayan condensado. Es importante que la temperatura a la salida del condensador no exceda nunca de 100°C, ya que el analizador de gases no soporta una temperatura mayor de 100°C y podría sufrir daños si la sobrepasara. Además, el agua de refrigeración podría evaporarse y provocar daños en la instalación, de manera que se incluye esta restricción en la programación del autómata. Posteriormente, el gas de síntesis es expulsado a la atmósfera.

Una vez analizado el gas y obtenidos los resultados, es posible variar la relación combustible/aire mediante los variadores de velocidad de los tornillos de



alimentación, para intentar obtener con la misma cantidad de aire la mejor composición del gas final.

2.3.4 CONTROL DE LA SEGURIDAD

Como se ha comentado en los apartados anteriores, es necesario tener un control de seguridad para que la planta funcione correctamente y que ningún equipo de la planta sufra daños. Para ello es necesario tener en cuenta las condiciones anteriormente citadas, las cuales son:

- Abrir las válvulas de aire, y del circuito de agua
- Controlar la Temperatura del circuito de agua del tornillo de alimentación
- Controlar la diferencia de Presiones en el lecho fluido para que en todo momento esté fluidizado
- Controlar la Temperatura máxima de las resistencias, así como la temperatura del lecho fluido
- Controlar la Temperatura del agua de refrigeración y de los gases a la salida del condensador

Cuando alguno de estos valores se acerque un valor límite, el programa avisará al usuario de la planta mediante una alarma, especificando el problema y el punto donde se ha producido. Si alguno sobrepasa dicho valor y llega a un valor crítico, se iniciará la parada de emergencia, la cual para inmediatamente las resistencias y los motores, dejando de suministrar calor y combustible a la planta para que los componentes de la planta sufran el menor daño posible.

3. DISPOSITIVOS DE CONTROL

El sistema de control está compuesto por los siguientes dispositivo:

3.1 AUTÓMATA PROGRAMABLE

Se trata de un equipo electrónico que permite controlar procesos en tiempo real ejecutando tareas de captación, supervisión, control y comunicación, todo ello a

través de una avanzada interfaz hombre-máquina que hace más simples este tipo de tareas.

El autómata programable o PLC (Programmable Logic Controller) de la planta de gasificación es el modelo M340 de Schneider. Para poder recibir los datos y poder controlar las resistencias y motores de la instalación se cuenta con los siguientes módulos:

- Fuente de alimentación BMX CPS 2000 (1)
- CPU BMX P34 20302 (2)
- 3 módulos BMX AMI 0410 de 4 entradas analógicas cada uno (3), para recibir los datos de Presión y Caudal de los distintos instrumentos de medición.
- 2 módulos BMX ART 0814 de 8 entradas TC/RTD cada uno (4), para recibir los datos de Temperatura de los termopares instalados en la planta
- Módulo BMX DRA 0805 de relés de 8 salidas digitales (5), para poder controlar las resistencias de la instalación.

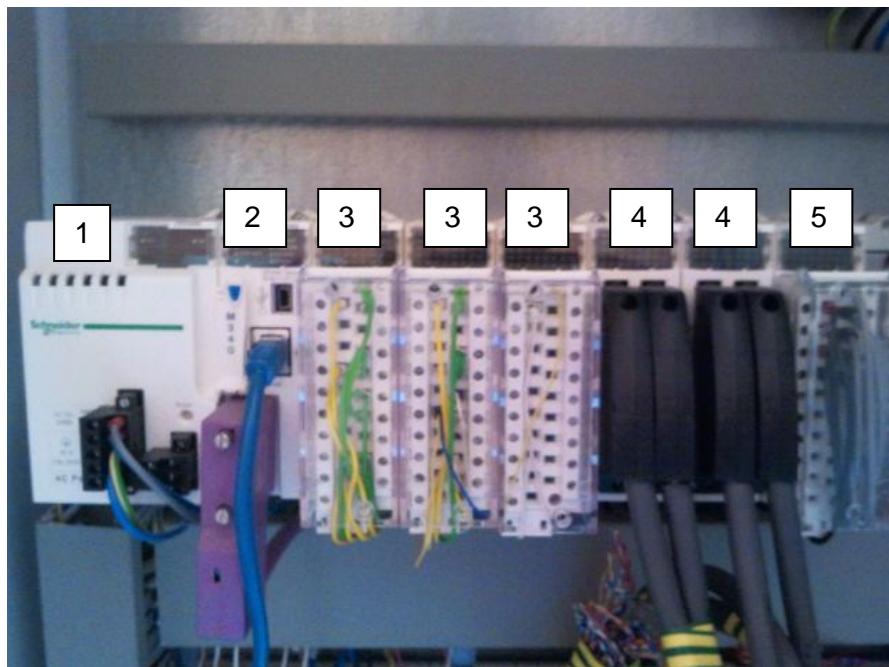


Fig. 3.1 Autómata Progamable

3.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación es el modelo BMX CPS 2000, cuyas características son:



Fig. 3.2 Fuente de alimentación

Un bloque de visualización, que incluye:

- Un piloto OK (verde), encendido si hay tensión en los racks y es correcta.
- Un piloto de 24 V (verde), encendido cuando la tensión del captador este presente
- (Únicamente para los módulos de alimentación de red de corriente alterna
- BMX CPS 2000 / 3500).

Un pulsador RESET de punta de lápiz que provoca un arranque en frío de la aplicación.

Un conector de 2 contactos que recibe un bornero desenchufable (con tornillo o con

Resortes) para la conexión del relé de alarma.

Un conector de 5 contactos que recibe un bornero desenchufable (con tornillo o con resortes) para la conexión:

- De la red de alimentación c o a.
- De la toma de tierra para la protección.
- A c 24 V para la alimentación de los captadores de entradas (únicamente con módulos de alimentación de corriente alterna BMX CPS 2000 / 3500).



3.1.2 PROCESADOR

El procesador es un CPU BMX P34 20302, el cual incluye:



Fig. 3.3 Procesador

Tornillo de seguridad para la fijación del módulo en su emplazamiento (referencia 0) del rack.

Un bloque de visualización que dispone, según el modelo de 8 o 10 pilotos:

- Piloto RUN (verde): procesador en funcionamiento (ejecución del programa).
- Piloto ERR (rojo): fallo del procesador o fallo del sistema.
- Piloto E / S (rojo): fallo procedente de los módulos de entradas / salidas.
- Piloto SER COM (amarillo): actividad en el enlace serie Modbus.
- Piloto CARD ERR (rojo): ausencia o fallo de la tarjeta de memoria.
- Piloto ETH ACT (verde): actividad en la red Ethernet TCP / IP.
- Piloto ETH STS (verde): estado de la red Ethernet TCP / IP.
- Piloto ETH 100 (rojo): caudal binario en la red Ethernet TCP / IP (10 o 100 Mbit/s).

Además, para el modelo **BMX P34 2030**:

- Piloto CAN RUN (verde): bus maquina / instalación integrado operativo.
- Piloto CAN ERR (rojo): fallo del bus maquina / instalación integrado.

Un conector tipo USB mini B para la conexión de un terminal de programación (o de un terminal de dialogo de operario Magelis XBT GT).

Un emplazamiento equipado con una tarjeta de memoria Flash para la copia de seguridad de la aplicación. Un piloto, situado por encima de este emplazamiento indica el reconocimiento o el acceso a la tarjeta de memoria.

Un conector tipo RJ45 para la conexión a la red Ethernet TCP / IP 10BASE-T / 100BASE-TX.

Procesador **BMX P 34 2030**: un conector de tipo SUB-D 9 contactos para el bus de máquinas e instalaciones CAN open maestro.

En la parte posterior: 2 conmutadores giratorios para la asignación de la dirección IP. Esta asignación se define según 3 modos:

- Dirección fijada por la posición de los 2 conmutadores.
- Dirección fijada por los para metros de la aplicación.
- Dirección fijada por el servidor BOOTP de la red Ethernet TCP / IP.

3.1.3 MÓDULO BMX AMI 0410

Para poder recibir las medidas de Presión y Caudal de toda la planta, existen 3 módulos BMX AMI 0410 de 4 entradas analógicas cada uno, cuyas características son:



Fig. 3.3 Módulo BMX AMI 0410

El módulo **BMX AMI 0410** es un módulo analógico de altas prestaciones con 4 entradas aisladas de 16 bits.

Cuando está asociado a captadores o transmisores, permiten realizar tareas de control, de medida y de regulación de procesos continuos.

El módulo **BMX AMI 0410** ofrece para cada una de las entradas los rangos:

- De tensión de ± 10 V, ± 5 V, 0...10 V, 0...5 V y 1...5 V.
- De corriente de 0...20 mA, 4...20 mA y ± 20 mA, según la elección realizada mediante la configuración.

El modulo funciona con entradas de tensión. Integra cuatro resistencias para la lectura De las entradas de corriente conectadas a nivel del bornero.

También posee las siguientes funciones:

- Adaptación y multiplexado.
- Conexión física a los procesos.
- Protección del módulo contra sobretensiones.
- Protección de las resistencias de lectura de corriente.
- Adaptación de las señales de entradas mediante filtrado analógico.
- Escaneo de las vías de entradas, con multiplexado estático, mediante optoconmutadores.
- Adaptación a las señales de entradas: selección de la ganancia, compensación de derivas.
- Conversión: convertidor analógico / digital de 24 bits.
- Transformación de las medidas de entradas en una unidad apropiada para el usuario:
- Consideración de los coeficientes de recalibracion y de alimentación que se aplican en las medidas, así como los coeficientes de autocalibracion del módulo.
- Filtrado de medidas, en función de los parámetros de configuración.
- Puesta a escala de las medidas, en función de los parámetros de configuración.
- Interacción y comunicación con la aplicación:
- Recepción de los parámetros de configuración del módulo y de las vías.
- Envío a la aplicación de los valores medidos, así como el estado del módulo.
- Alimentación del módulo.



- Control del módulo e indicación de los posibles fallos de la aplicación:
- Test de circuito de conversión.
- Test de rebasamiento de rango en las vías y test del perro de guardia.

3.1.3 MÓDULO BMX ART 0814

Para poder recibir las medidas de Temperatura de toda la planta, existen 2 módulos BMX ART 0814 de 8 entradas analógicas cada uno, cuyas características son



Fig. 3.4 Módulo BMX ART 0814

El módulo BMX ART 0814 es un dispositivo de adquisición multirango con ocho entradas aisladas entre ellas.

Este módulo ofrece el siguiente rango para cada entrada, según la selección hecha en la configuración:

- Pt100/Pt1000 en 2,3 o 4 cables
- US/JIS Pt100/Pt1000 en 2, 3 o 4 cables
- Cu10, Ni100/Ni1000 en 2, 3 o 4 cables
- termopar B, E, J, K, L, N, R, S, T, U
- Tensión +/- 40 mV a +/- 1.28 V.



3.1.3 MÓDULO BMX DRA 0805

Para poder controlar las resistencias de la instalación, existe un módulo BMX DRA 0805 de relés de 8 salidas digitales



Fig. 3.5 Módulo BMX DRA 0805

El módulo BMX DRA 0805 es un dispositivo de salida digitales de datos para un PLC, cuyas características son:

- 8 Canales, relés aislados
- 2 contactos/canal
- 24...240 Vac 3 Amp
- 20 bornes bloque terminal



3.2 REDES DE COMUNICACIÓN

3.2.1 RED CANOPEN

Se emplea la red CANopen para obtener una correcta comunicación entre el autómata y los variadores de velocidad que dispone la planta, para poder variar la velocidad de los motores de alimentación.

El autómata incorpora en el procesador una tarjeta de comunicación para bus CANopen. Con una arquitectura maestro/esclavo el maestro se encarga de llevar a cabo la tarea de comunicación con cada esclavo que compone la red, con diferentes tareas que incluyen inicialización, estado y errores de comunicación. En nuestro sistema el autómata hace las veces de maestro y los variadores de frecuencia son los esclavos.

Las principales características de la red CANopen son:

- Se trata de un estándar abierto.
- Permite operar con dispositivos de diferentes proveedores.
- Este tipo de redes admite varios maestros, lo que puede ser muy útil de cara a futuras ampliaciones de la instalación.
- Pueden conectarse hasta un total de 127 dispositivos, lo que resulta más que suficiente en este caso.
- La longitud de red depende de la velocidad de transmisión, se estima que para mantener en la red una velocidad de 1 Mbit/s la longitud práctica de red es de aproximadamente 20 metros.
- La carga máxima de trama es de 8 bytes.
- Cuenta con un sistema de detección de errores.
- Muy flexible.
- Gran fiabilidad.

La derivación a cada uno de los variadores de velocidad se realiza mediante la caja de derivación CANTAP2 .

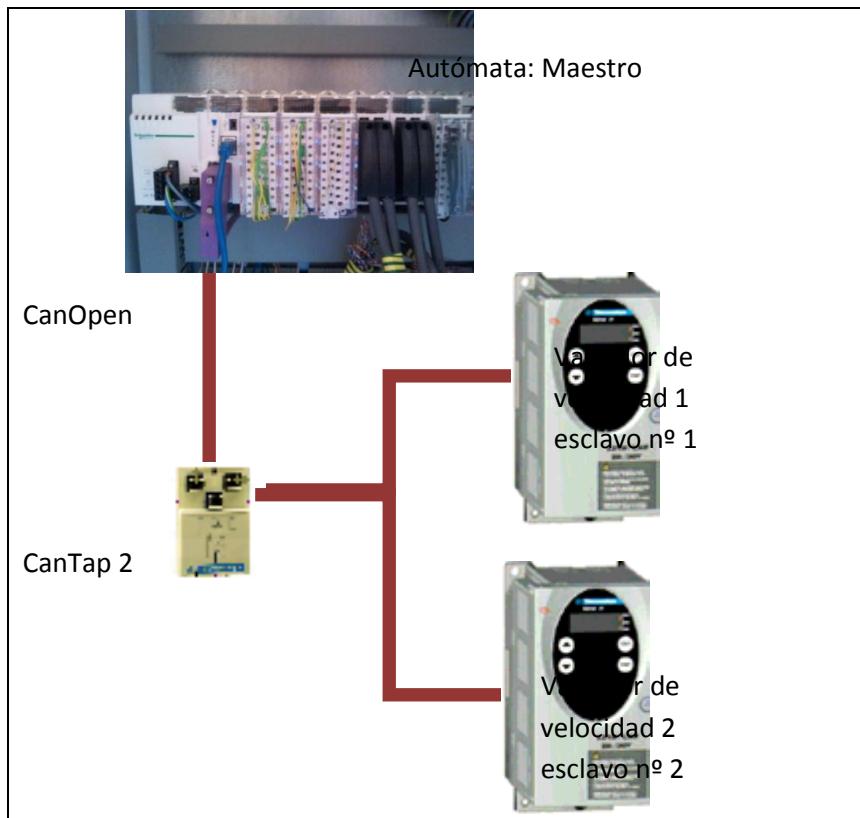


Fig. 3.6 Arquitectura Maestro/Esclavo

3.2.2 RED ETHERNET

El procesador del autómata integra un puerto Ethernet TCP/IP accesible en el panel frontal que será utilizado para llevar a cabo la comunicación con el ordenador, y los programas de control UNITY y SCADA.

Entre las principales características de la red Ethernet destacar:

- Es un protocolo ampliamente utilizado y por lo tanto común en todo tipo de dispositivos.
- Existen diferentes tecnologías dependiendo de la velocidad de transmisión y la distancia máxima soportada entre dos nodos.
- Ofrece un buen equilibrio entre velocidad y coste.
- Facilidad de instalación.

3.3 CONTROL DE MOTORES

3.3.1 VARIADOR DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad es un equipo que permite realizar un completo control del arranque y parada de un motor y por medio del cual puede controlarse la velocidad de giro de motores de corriente alterna variando su frecuencia de alimentación. Éste actúa también como un dispositivo de seguridad ya que incorpora protección contra cortocircuitos que garantiza la continuidad del servicio y asegura además la protección térmica del motor. En la instalación experimental que se trata aquí, se tienen variadores de velocidad en los motores asociados a los tornillos de alimentación y dosificación.

El variador utilizado en la planta experimental de gasificación es un Altivar 31 de Telemecanique, el cual integra el protocolo de comunicación CANopen, necesario para la correcta comunicación con el autómata.



Fig. 3.7 Variador de velocidad altivar 31

4 PROGRAMACIÓN

4.1 PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA

La tarea de programación del autómata se ha realizado empleando el software Unity Pro XL, el cual admite todas las plataformas de la marca Telemecanique.

Antes de comenzar a programar es importante entender cómo funciona internamente un autómata. La ejecución de programa es bajo un punto de vista global de tipo cíclico, lo que significa que la tarea maestra es ejecutada una vez tras otra. Al comienzo de cada ciclo se realiza la lectura del estado de las variables de entrada, que son guardadas en memoria y ya no son actualizadas hasta el comienzo del siguiente ciclo de programa. A continuación el código de programa es ejecutado de forma secuencial siguiendo el orden de tareas establecido. Durante la ejecución del programa el valor de las variables de salida es el correspondiente al que quedó guardado al final del ciclo anterior. Finalmente, cuando concluye cada ciclo de programa se actualizan las variables de salida con el último valor que se les fue asignado y transmiten su estado a los equipos correspondientes.

Cuando se trata de proyectos con un número más o menos elevado de equipos y señales a controlar es importante realizar un planteamiento preliminar en el que se decida cómo llevar a cabo el control y las especificaciones que ha de tener el programa. De este modo la tarea de programación se simplifica y se ahorra tiempo en la detección de errores o futuras modificaciones.

Para ello dividimos la programación en 4 partes:

- La primera es la asignación de los valores de entrada de los sistemas de medición, a variables creadas para su modificación en nuestro programa de control, y también la asignación de los valores de las variables creadas en el programa de control para el control de las resistencias y de los motores, a las salidas digitales del autómata.
- La segunda es el control de los motores de alimentación y de las resistencias.

- La tercera es la creación de alarmas que avisen de algún cambio importante durante la gasificación, e indiquen cuando está la planta a punto para un correcto uso de la misma.
- La cuarta es la creación de una parada de emergencia, que se active cuando algún valor medido en la planta supere unos límites impuestos, o cuando por alguna emergencia sea activada la parada de emergencia, por medio de la implementación de una seta de emergencia en la pantalla de control.

4.2 DECLARACIÓN DE VARIABLES

La declaración de variables es un primer paso muy importante. Definir desde el inicio un conjunto apropiado de variables de proceso y control con una nomenclatura clara y sencilla facilita en gran medida la programación, puede reducir considerablemente el tiempo invertido en la depuración de programa y detección de errores y hará más sencillo el seguimiento del programa en un futuro por otra persona ajena a este proyecto.

Principalmente se distinguen dos tipos de variables: elementales y derivadas. Las primeras se utilizan con gran frecuencia y muy diferentes objetivos, por ejemplo como pulsadores, variables de proceso de programa o como entrada/salidas de equipos. Las segundas son variables estructuradas que permiten agrupar un conjunto de variables elementales con algún tipo de relación entre ellas, como por ejemplo pertenecer a un mismo equipo o un sensor, desempeñar la misma función de control u ofrecer información acerca de estados o configuraciones del proceso. Pueden utilizarse tantas veces como se quiera a modo de plantilla, lo que hará mucho más fácil y rápidas las posibles ampliaciones en un futuro de la instalación.

Los tipos de variables estructuradas creadas para una programación más sencilla, son:

- “Medida”: es utilizada en los valores proporcionados por los sensores, además permite imponer valores límite tanto inferiores y superiores, para una programación más avanzada.



- “Resistencia”: es utilizada para el control de las resistencias de la planta, permite encender y apagar la resistencia, indicar la temperatura de operación deseada, y también comunica la temperatura de la resistencia.
- “Variador”: es utilizada para el control de los dos variadores de velocidad de los que dispone la planta, con estas variables podemos controlar la velocidad, el encendido o apagado de los motores. Y también informa de posibles errores que pudieran sufrir los motores.

Todas las variables se encuentran en el Anexo “Variables”.

4.3 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

Al plantear la estructura de programa se ha tratado de subdividir el problema y crear distintas secciones dentro de la tarea maestra. Estas secciones están interrelacionadas unas con otras y se ocupan de aspectos concretos de la programación. Se debe asegurar la habilitación e inicialización de cada uno de los equipos de la instalación, realizar una adecuada acomodación de las señales procedentes de los sensores, así como configurar y controlar demás aspectos relacionados con el control de proceso, por ejemplo contadores, temporizadores o reguladores de control.

Una característica que comparten todas las versiones del software Unity es la posibilidad de utilizar diferentes lenguajes de programación dentro de un mismo proyecto, es decir, en cada una de las secciones de las que conste el programa de usuario. Los lenguajes de programación disponibles son:

- **ST** - Texto estructurado
- **IL** - Lista de instrucciones
- **FBD** - Diagrama de bloques de funciones
- **SFC** - Gráfica de función secuencial
- **LD** - Diagrama de contactos

En este proyecto se han utilizado los lenguajes SFC, ST y FBD. A continuación se describen las secciones en las que está subdividido el programa y el lenguaje de programación empleado en cada caso:



- Acomodación (ST)
- M_1_CM (FBD)
- M_2_CM (FBD)
- VFC_M_1op (SFC)
- VFC_M_2op (SFC)
- Resistencias (ST)
- Alarmas (ST)
- Parada_Emergencia(ST)

A continuación una breve descripción de cada uno de las secciones programadas, para ver las secuencias completas paso a paso ver el Anexo “Programación”.

4.3.1 SECCIÓN “ACOMODACIÓN”

La sección de acomodación se ha creado para reunir todos aquellos aspectos del programa relacionados con:

- Adquisición de entradas.
- Tratamiento de señales.
- Asignación de variables.
- Configuración de parámetros

Se realizan acciones tan importantes como son definir la temperatura de marcha en las resistencias, convertir la señal recibida de los sensores en una medida del sistema internacional y la asignación de variables para su ejecución en el autómata.

4.3.2 CONTROL DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Las secciones *M1_CM (FBD)*, *M2_CM (FBD)* forman parte de la programación de los variadores de frecuencia. Estas secciones se obtienen a través de un software complementario a Unity: *SGStudio*.

SGStudio es un programa que permite realizar íntegramente la programación de una serie de dispositivos Schneider, reduciendo el tiempo de programación. Además, mediante este software es posible acceder a una serie de datos del estado del

motor, como pueden ser: intensidad consumida, tensión en bornes, temperatura,..., por lo que sus beneficios se hacen patentes.

4.3.3 SECCIONES DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Cada variador de frecuencia se ha programado en una sección diferente que efectúa su control únicamente en función del estado de sus entradas y salidas, es decir, se ha mantenido independiente de las condiciones de proceso. De esta forma se evita generar código para una misma operación en distintas partes del programa, lo que a posteriori sería problemático tanto para posibles modificaciones y ampliaciones.

El siguiente grafico muestra el GRAFCET de control de los motores de la planta:

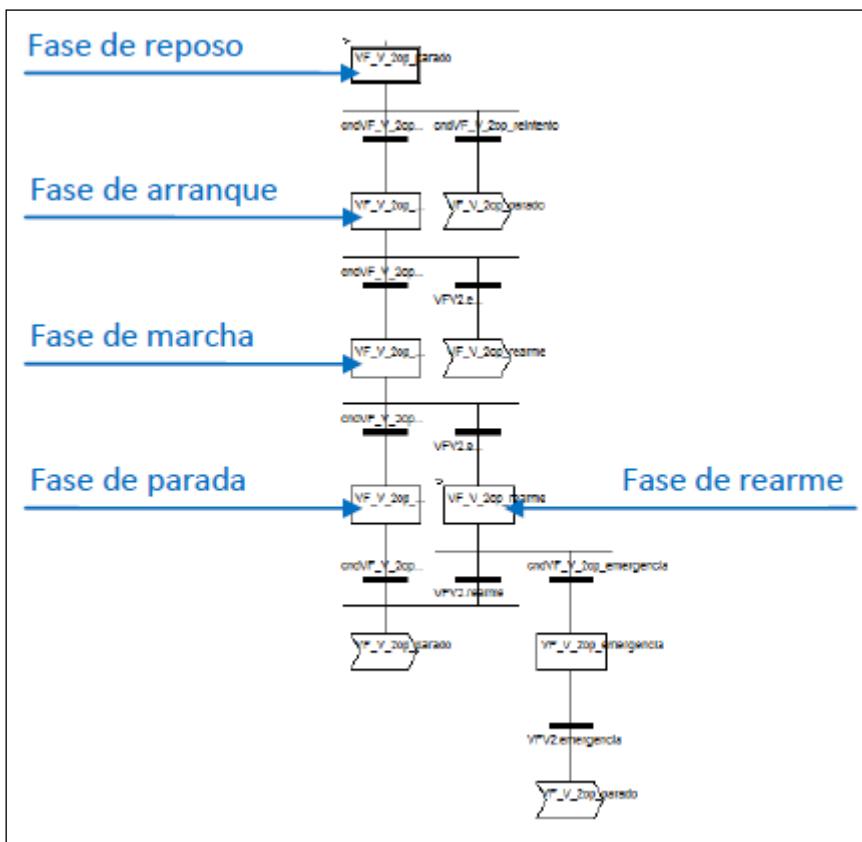


Fig. 4.1 GRAFTEC de control de los motores

En la fase de reposo se gestiona la habilitación o deshabilitación del variador dependiendo de su estado y se establecen las condiciones iniciales para su arranque. Si

se da la orden de arrancar o el equipo se recupera de un rearme y se da además la condición de que no existe ningún error o alarma entonces el GRAFCET evoluciona a la fase de arranque. En esta fase se desactivan sus entradas de control y se establece como consigna de velocidad el valor de velocidad mínima configurada para ese variador. Cuando esta velocidad es alcanzada el GRAFCET evoluciona nuevamente ahora hacia la fase de marcha, donde se actualiza la consigna de velocidad. Esta consigna depende de si el equipo trabaja en modo automático o manual. En el primer caso es determinada por el regulador PIDFF si se trata de una variable controlada de proceso o por el valor de forzado si no lo es, y en el segundo es fijada por el usuario a través del valor de forzado de la consigna. Cuando se da la orden de parar el GRAFCET evoluciona hacia la fase de parada, en la que desactiva las entradas de control y permanece a la espera hasta que el equipo se detiene completamente. Cuando ello sucede el GRAFCET retorna al estado de reposo y comienza de nuevo la secuencia. Si durante la ejecución de cualquiera de las fases anteriores se produjese un error, el GRAFCET evoluciona hacia un nuevo estado que controla el rearme del equipo.

4.3.4 SECCIÓN “RESISTENCIAS”

El objetivo principal de esta sección es que las resistencias se acomoden a una temperatura de consigna dada por el controlador de la planta. Se trata de un control sencillo de tipo on/off, que hace que la resistencia se encienda si no se ha llegado a la temperatura de consigna o se apague si la temperatura del aire o del gas que calientan las resistencias supera a la de consigna impuesta por el usuario.

En las primeras pruebas experimentales de la instalación se dio un sobrecalentamiento en las resistencias que produjo el accionamiento de la seguridad de la planta de gasificación, cortando el suministro eléctrico hacia todos sus aparatos. Por ello, se tuvo que incluir en esta sección de la programación un límite máximo posible de temperatura de la propia resistencia (independientemente de si se ha alcanzado o no la consigna en el punto controlado) para evitar daños en las resistencias y en la propia planta.

Para evitar que las resistencias se enciendan y apaguen repetidamente cuando se alcanza la temperatura de consigna, se ha programado un ciclo de histéresis con 30º de diferencia entre los límites de encendido y apagado.



4.3.5 SECCIÓN “ALARMAS”

En la sección de alarmas se han programado aquellas situaciones que por su relevancia en el proceso deban ser detectadas y atendidas convenientemente. Cada alarma es identificada y visualizada en tiempo real en el sistema SCADA, que además genera un informe con todas las alarmas acontecidas. Según su naturaleza pueden ser de dos tipos fundamentalmente:

1. **Condiciones de operación:** comprueba los datos registrados por los sensores y advierte de situaciones peligrosas. La actuación que se lleva a cabo depende de cada caso concreto. Por ejemplo, si la temperatura de salida de los gases se acerca a los 100°C, el analizador de gases podría verse dañado al no soportar temperaturas superiores a 100°C.
2. **Supervisión de equipos:** comprueba que no exista ningún error en los equipos que pueda interferir en el proceso. En caso de detectar un error se genera una señal de emergencia y el equipo es detenido de inmediato. Como por ejemplo si la intensidad suministrada al motor de alimentación supera una cantidad determinada, ya que significaría que se ha producido un atasco en el tornillo que podría dañar el motor de alimentación.

4.3.6 SECCIÓN “PARADA_EMERGENCIA”

La sección “PARADA_EMERGENCIA” se ha creado para parar todos los motores y resistencias de la planta de gasificación, cuando sucedan determinados eventos como:

- El accionamiento manual de la seta de emergencia programada en SCADA.
- Si el valor de la Intensidad que llega al motor de alimentación es mayor que la intensidad crítica del mismo impuesta anteriormente.
- Si el valor de la Temperatura del agua es mayor que la Temperatura crítica del agua programada anteriormente.
- Si el valor de la Temperatura de los gases a la salida de la instalación es mayor que la Temperatura crítica de los gases programada anteriormente en dicho punto.



5 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Un sistema SCADA es un sistema orientado a la supervisión, control y adquisición de datos de una instalación desde un PC. Entre sus principales características cabe destacar las siguientes:

- Puede ser controlado desde un lugar remoto.
- Simplifica las labores de control.
- Permite monitorizar en tiempo real el proceso, el estado de los equipos y los datos registrados por los sensores.
- Informa de las alarmas y emergencias.
- Tratamiento de la información obtenida del sistema: gráficos de tendencia, bases de datos, etc.

El software utilizado para la programación es Vijeo Citect 7.20 de Schneider Electric. A continuación se explica cuáles han sido los puntos más importantes en este aspecto.

5.1 ADQUISICIÓN DE VARIABLES

Los variables utilizadas en el SCADA para el control de la instalación son las empleadas en Unity. También pueden crearse nuevos *tags* (etiquetas) de variables en Vijeo Citect que sirvan para el control del entorno de usuario.

La exportación de variables desde Unity a Vijeo Citect se ha realizado mediante comunicación con OFS (OPC Factory Server). El bus OPC es un estándar de comunicación en este tipo de aplicaciones que facilita el envío de datos a un mismo servidor desde diferentes fuentes. El software OFS actúa como pasarela en este caso entre el PLC y el software Vijeo Citect, que trata de leer y escribir datos permitiendo acceder en tiempo real a cualquier tipo de variable de proceso ya sea direccional, indirecta o estructurada.

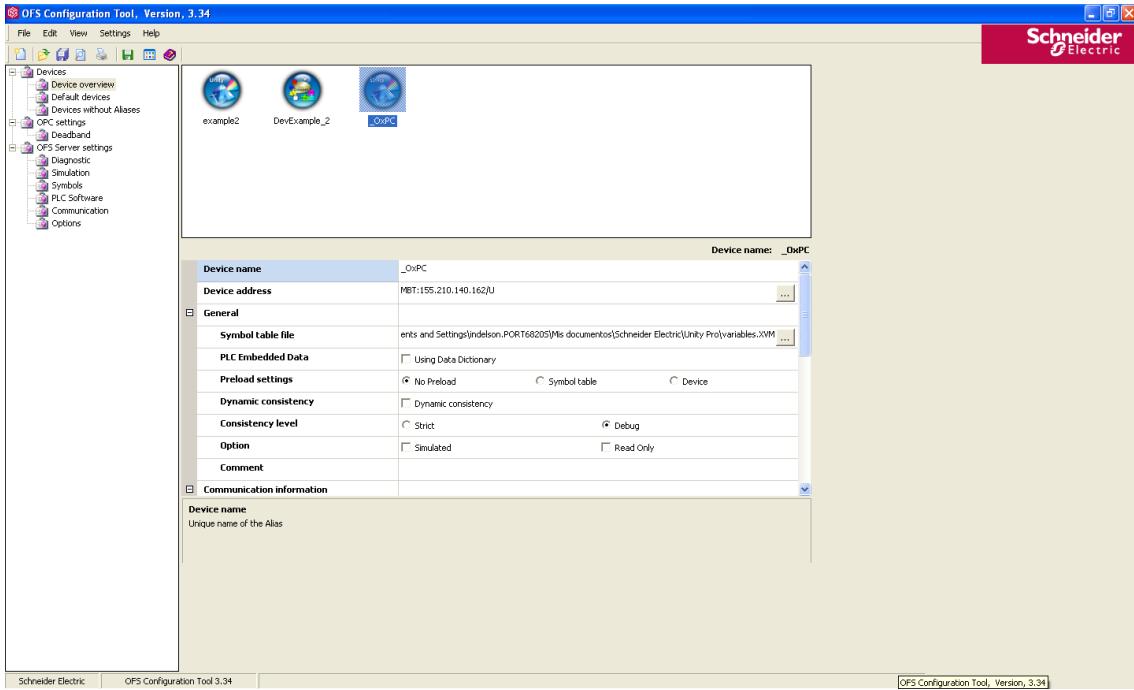


Fig. 5.1 Pantalla Exportación variables OFS

5.2 APLICACIÓN SCADA

La finalidad de un sistema SCADA es controlar y supervisar desde un PC todo el proceso en tiempo real. El software utilizado para este fin es *Vijeo Citect 7.2*.

El editor gráfico permite la creación de símbolos y objetos gráficos parametrizables que serán utilizados para el control y supervisión de los equipos. En Vijeo Citect este último tipo de elementos reciben el nombre de Genios y Súper Genios.

A continuación se explican brevemente cada uno de los apartados de la interfaz creada para el control de la planta, en el anexo “Manual de usuario” se puede encontrar información más detallada de las características de cada pantalla.

5.2.1 GENIOS

Un Genio es un grupo de objetos constituyendo un único elemento que tiene características propias de animación. Se utilizan para representar los motores y las resistencias de la instalación, así como los sensores de temperatura, presión y caudal. Pueden crearse de forma genérica utilizando cadenas de sustitución de modo que un mismo Genio puede emplearse tantas veces como se quiera dentro del proyecto o incluso en otro diferente. De esta forma, al definir en Unity variables de tipo estructurado para los equipos y sensores se evita el tener que crear un Genio por equipo o sensor, indicando tan solo su nombre identificativo. Cada variable es representada por este nombre más un sufijo que identifica el dato contenido en él y que es común a todos.

En la siguiente imagen se muestra a modo de ejemplo el Genio creado para un motor. Los dos campos a completar son las cadenas de sustitución que contiene y que sirven para identificar el equipo.

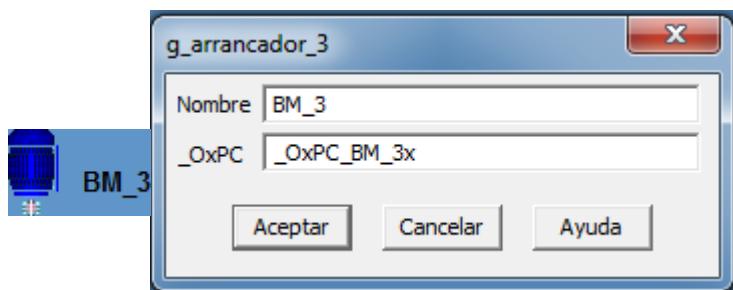


Fig. 5.2 Ejemplo de un Genio creado para un motor en Vijeo Citect

- **Nombre:** es el nombre identificativo del equipo en la instalación. Se visualiza junto al Genio.
- **_OxPC:** es el nombre identificativo en el SCADA. Todas las variables importadas de Unity incluyen este prefijo para diferenciarlas.

En la siguiente tabla se muestran los Genios empleados

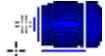
EQUIPO	GENIO
Motor	
Resistencia	
Precalentador	
Sensor de Temperatura	
Sensor de Presión	
Sensor de Caudal	

Tabla 5.3 Genios creados en Vijeo Citect

Existen más genios, pero usan todos como base los expuestos en la tabla 5.1, ya que las diferencias pueden ser simplemente, el color del fondo, o la orientación del mismo.

5.2.2 SUPER GENIOS

Cada Genio ha sido asociado a un Súper Genio, que es una ventana emergente que se utiliza como pantalla de operador para configurar y controlar los diferentes equipos. Del mismo modo que sucedía con los Genios se emplean cadenas de sustitución, por lo que pueden emplearse las veces que se quiera.

En las siguientes imágenes se muestran los supergenios asociados a un motor, a una resistencia (o precalentador, ya que estos dos genios tienen asociados el mismo supergenio), y un sensor respectivamente.



Fig. 5.4 Super Genios creados Vijeo Citect

5.3 CREACIÓN DE PÁGINAS

Con el editor gráfico se crean también las páginas, es decir, las pantallas de visualización orientadas al usuario. Se ha utilizado una plantilla que incluye una barra de herramientas, localizada en la parte superior de la página, incluye botones de navegación y accesos directos a las partes importantes del programa, como la pantalla principal y gráficas de tendencias. Una barra de estado, localizada en la parte inferior de la pantalla, muestra en tiempo real las alarmas producidas en la instalación y contiene accesos directos a los históricos.

5.3.1 PANTALLA INICIAL

Esta pantalla es la primera que aparece al ejecutar el programa, y es una pantalla creada para asegurarnos que las válvulas de los circuitos tanto de aire como de agua de refrigeración están abiertas. El programa no nos permite pasar de pantalla hasta que se haya pulsado los dos botones, confirmando que se han abierto todas las válvulas.



Fig. 5.5 Pantalla Inicial en Vijeo Citect

5.3.2 PANTALLA PRINCIPAL

La pantalla principal muestra un esquema animado de la instalación que ofrece información del estado de los equipos y de los datos instantáneos registrados por los sensores, ambos representados por los Genios explicados anteriormente. Al hacer clic sobre ellos aparece la pantalla del supergenio asociada a cada elemento. Es la pantalla desde la que puede realizar su control o modificar ciertos parámetros de configuración.

Contienen además:

- Una pantalla de visualización del estado de la instalación, con las alarmas.
- Seta de emergencia para parar el proceso de forma inmediata.
- Botones para cambiar de pantalla y para abrir las pantallas de tendencia.

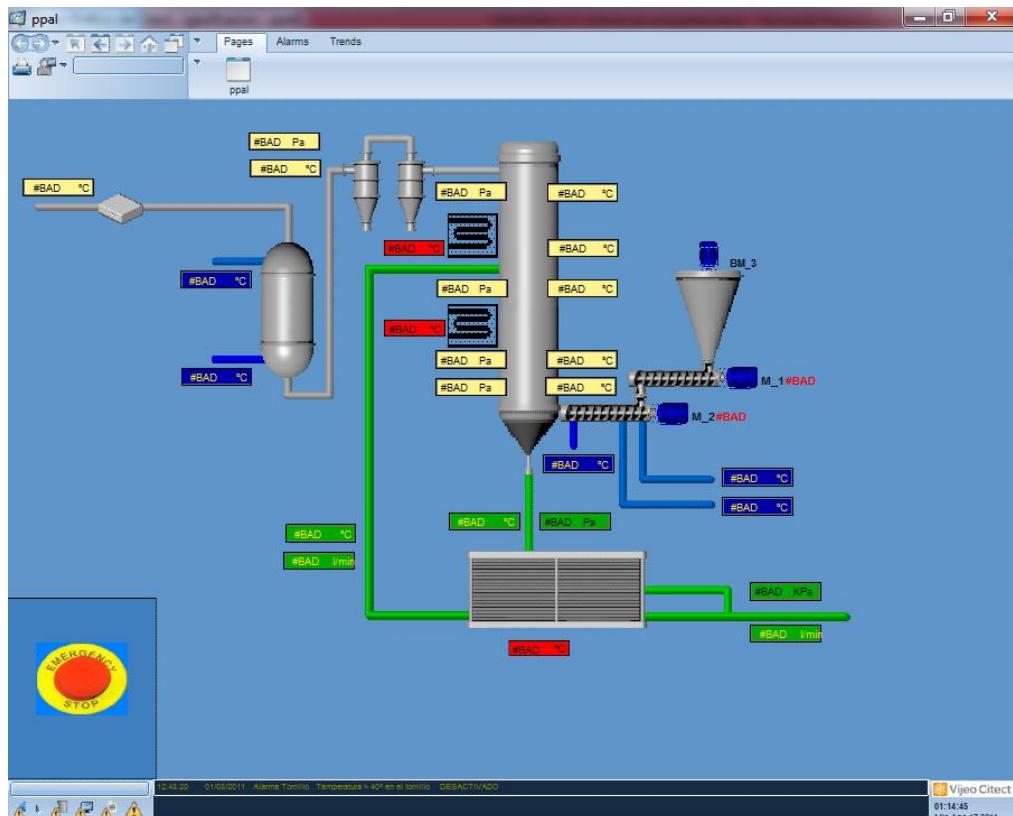


Fig. 5.6 Pantalla Principal en Vijeo Citect

5.3.2 ALARMAS

Una de las principales funciones de un sistema SCADA es poder conocer en tiempo real los fallos ocurridos en la instalación.

La pantalla de alarmas utilizada, además de indicar el error ocurrido, ofrece información sobre la hora de activación y un histórico de alarmas que han estado presentes.

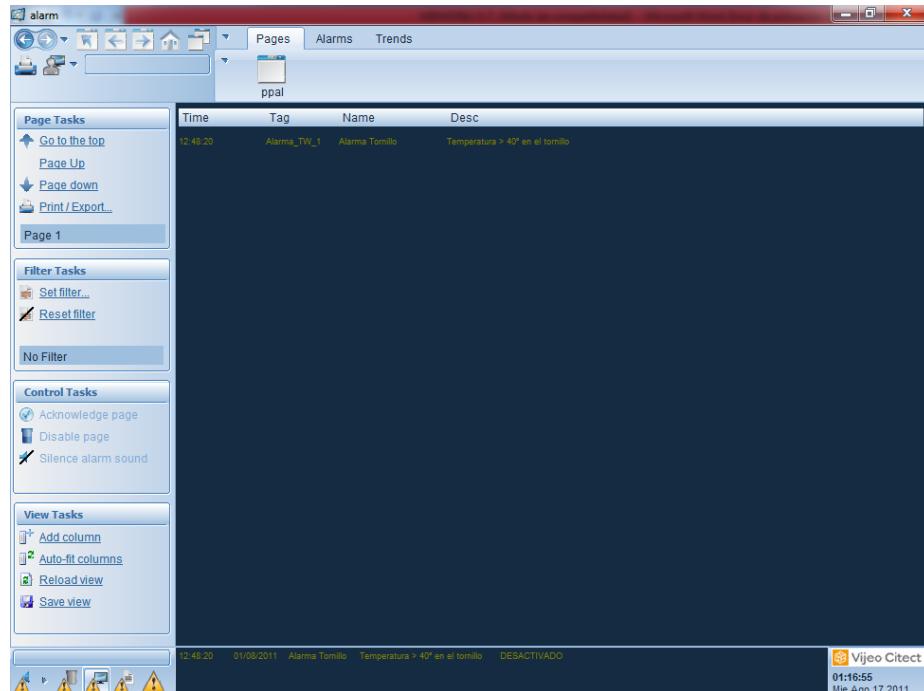


Fig. 5.7 Pantalla Alarmas en Vijeo Citect

5.3.3 GENERACIÓN DE TENDENCIAS

La herramienta Process Analyst permite visualizar la evolución de las variables de tendencia creadas a partir de variables analógicas y digitales. Se pueden crear tendencias para mostrar por ejemplo la lectura de los sensores, la puesta en marcha y velocidad de los equipos o la frecuencia de aparición de ciertas alarmas. De esta forma es posible realizar un completo seguimiento del proceso en tiempo de ejecución o, entre otras opciones, guardar los datos en una hoja de cálculo para su posterior análisis.

En este caso se han creado 3 pantallas de tendencias. En una de ellas aparecen las temperaturas en toda la instalación de los gases, en otra aparecen las temperaturas del aire y del agua, y en la última aparecen todas las presiones de la instalación

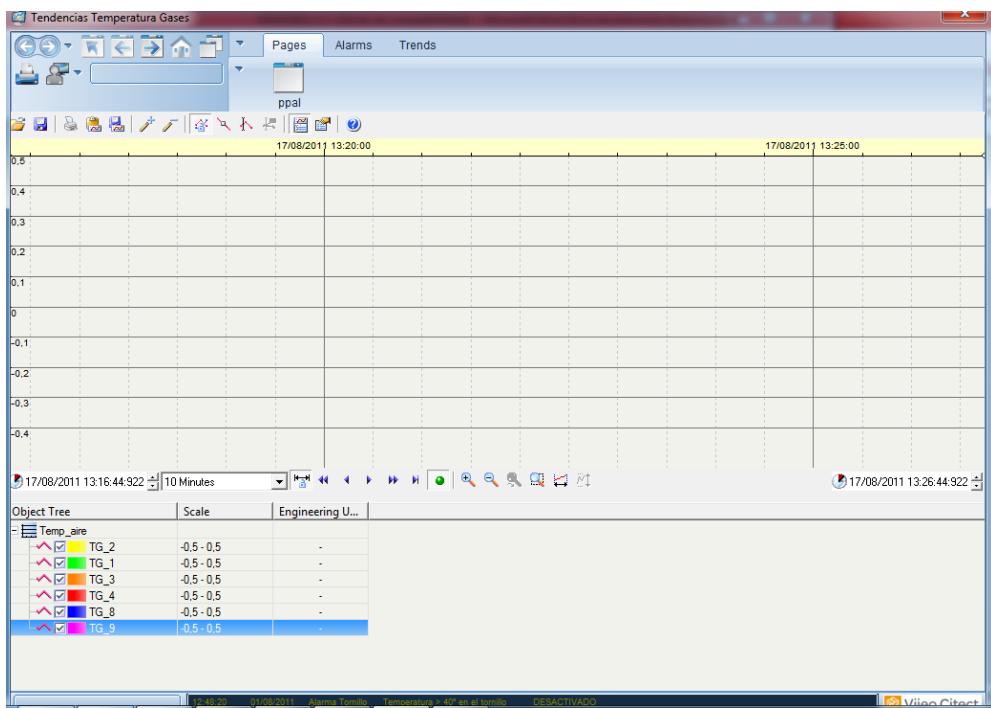


Fig. 5.8 Pantalla de Tendencias en Vijeo Citect

5.3.4 BASE DE DATOS

Por último se han creado dos bases de datos independientes, para guardar todos los datos de los sensores instalados en la planta, así como velocidades de los motores y temperaturas de las resistencias. Estos datos se recogen en dos archivos Excel que se crean al entrar en la pantalla de generación de tendencias. Esta recogida de datos sirve para realizar un análisis más detenidamente.

6 CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto ha sido la implementación con éxito del sistema de adquisición de datos y el control de toda la planta de gasificación.

La automatización del proceso permite tener un mayor control sobre las etapas, reconociendo y gestionando de forma inmediata diferentes tipos de alarmas o emergencias y regulando automáticamente las principales variables del proceso. Además simplifica la operación de la instalación facilitando su mantenimiento y permitiendo realizar en un futuro modificaciones o ampliaciones más sencillas.

Para llevar a cabo dichos objetivos, primero se analizó la planta y todos los procesos que se realizan, para poder realizar un mejor control de la misma. Posteriormente se identificaron todos los sensores y todos los datos que estos recogen, así como los motores y resistencias, para asociar cada uno de ellos a distintas variables en el autómata otorgándoles una dirección del autómata.

Una vez creadas todas las variables se llevó a cabo la programación en el autómata mediante Unity. Esta programación fue cambiando, al ir constatando mientras se comprobaba el funcionamiento de la planta que las resistencias alcanzaban valores muy altos de temperatura. Por lo que se tuvo imponer un límite inferior de temperatura.

Después de realizar la programación de los controles de los motores y las resistencias, se pasaron todas las variables mediante el programa OFS al programa Viejo Citect, para la creación de la interfaz.

Por último, se crearon todas las alarmas y se implementaron en el programa Viejo Citect, ya que hasta que no estuviera la planta completamente operativa, la mayoría de las alarmas saltarían mientras se realizaban pruebas en la planta.

Toda esta programación sirve para el control de la planta, y además sirve como base para futuras ampliaciones de la planta, o para una automatización completa de la planta, como la apertura de válvulas del circuito de aire y de agua, o la implementación de la comunicación entre el software del analizador de gases y Viejo Citect.

7 BIBLIOGRAFIA

➤ *Documentación acerca de los procesos de gasificación:*

- Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory. Prabir Basu. Editorial Elsevier. 2010.
- Gasification Technologies. John Rezaiyan, Nicholas P. Editorial Taylos & Francis. 2005.
- Gasification. Christopher Higman, Maarten van der Burgt. Editorial Elsevier. 2003.
- Informes internos sobre planta pilotos de Gasificación den lecho fluido (Fundación CIRCE)

➤ *Manuales sobre los programas a utilizar para la programación del autómata y la creación de la interfaz:*

- Manual Unity Pro lenguajes y estructuras de programación.
- Manuales de Vjero Citect, del Instituto Schneider Electric de formación
- Manual configuración CanOpen de Schneider

La documentación acerca de la instrumentación se ha obtenido de los manuales del fabricante descargados de la web oficial, <http://www.schneider-electric.es>. Y de cada uno de los fabricantes de los sensores.

➤ *Proyectos fin de carrera:*

- Automatización de la dosificación de combustible a un quemador de premezcla. Carlos Aguarón Carcas. 2007
- Control y adquisición de datos en una planta experimental de pretratamientos de biomasa. Carlos Plaza García. 2009



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



E.U.I.T.I.Z

PROYECTO FIN DE CARRERA

CONTROL DE UNA PLANTA EXPERIMENTAL DE GASIFICACIÓN

ANEXO I

variables

Autor: DANIEL VALENZUELA HERMOSILLA

Directores: SUSANA MARTINEZ LERA
JAVIER PALLARÉS RANZ

SEPTIEMBRE 2011

Los tipos de variables utilizadas en la programación del autómata mediante Unity son:

EBool: Una variable de tipo EBOOL proporciona un valor (0 [FALSO] ó 1 [VERDADERO]), así como flancos ascendentes o descendentes y capacidades de forzado.

INT: INT es la abreviatura del formato de entero simple, que está codificado en 16 bits. Sólo puede registrar números enteros.

REAL: El tipo REAL es un tipo codificado en 32 bits. Puede registrar números reales.

Bool: Una variable de tipo Bool tiene un valor: 0 (FALSO) o 1 (VERDADERO), las variables de tipo Bool usadas en el programa son:

Agua: Indica si el circuito de agua esta abierto(1) o cerrado(0)

Alarma_crit_M_1: Indica si la intensidad del motor 1 excede el límite permitido

Alarma_crit_M_2: Indica si la intensidad del motor 2 excede el límite permitido

AlarmaTW_1: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto W1

AlarmaTW_2: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto W2

AlarmaTW_4: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto W4

Alarma_crit_TW_1: Indica si la Temperatura de TW_1 excede el límite permitido

Alarma_crit_TW_2: Indica si la Temperatura de TW_2 excede el límite permitido

Alarma_crit_TW_4: Indica si la Temperatura de TW_4 excede el límite permitido

AlarmaPA_1: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto A1

AlarmaPG_1: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto G1

AlarmaPG_2: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto G2

AlarmaPG_3: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto G3

AlarmaPG_5: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto G5

AlarmaPG_8: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Presión en el punto G8

AlarmaTA_1: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto A1

AlarmaTA_2: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto A2

AlarmaTG_1: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G1

AlarmaTG_2: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G2

AlarmaTG_3: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G3

AlarmaTG_4: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G4

AlarmaTG_5: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G5

AlarmaTG_8: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G8

AlarmaTG_9: Indica si se sobrepasa un valor prefijado de Temperatura en el punto G9

BM_3x: Enciende (1) o apaga (0) el motor removedor de la tolva

BR_1x: Enciende (1) o apaga (0) la resistencia superior del reactor

BR_2x: Enciende (1) o apaga (0) la resistencia inferior del reactor

BR_3x: Enciende (1) o apaga (0) el precalentador



SetaEmerg: Indica si la seta de emergencia esta pulsada (1) o no (0)

Valvulas: Indica si las válvulas están abiertas (1) o cerradas (0)

Medida: Es un tipo de variable creada para, como su nombre indica usarla con las variables proporcionadas por los sensores de medida. Esta se compone de otras variables como:

Valor: es el valor que mide el sensor. (REAL)

Min: Es el valor que corresponde al 0 proporcionado por el sensor. (REAL)

LL: Es el límite inferior severo. (REAL)

L: Es el límite inferior. (REAL)

Sp: Es el SetPoint, se usa cuando la variable está regulada. (REAL)

F: Es el valor forzado por si el sensor falla. (REAL)

H: Es el límite superior. (REAL)

HH: Es el límite superior severo. (REAL)

Max: Es el valor que corresponde a la máxima señal proporcionada por el sensor. (REAL)

Mm: Es la media móvil. (REAL)

Todos los datos recogidos por los sensores se almacenan en variables de tipo medida. Todas las variables que usan este tipo son:

PG_1_PG_2x: Delta Presión reactor base (G1) y (G2)

PG_2_PG_3x: Delta Presión reactor (G2) y (G3)

PG_3_PG_5x: Delta Presión reactor (G3) y (G5)

PG_5x: Presión reactor (G5)

PG_8x: Presión tras ciclones (G8)

PA_0x: Presión de aire de entrada (A0)

PA_1_PG_1x: Delta Presión aire primario (A1) y Presión base del reactor (G1)

TG_1x: Temperatura reactor (G1)

TG_2x: Temperatura reactor (G2)

TG_3x: Temperatura reactor (G3)

TG_4x: Temperatura reactor (G4)

TG_5x: Temperatura reactor arriba (G5)

TG_8x: Temperatura tras ciclones (G8)

TG_9x: Temperatura gases tras condensador (G9)

TA_1x: Temperatura aire primario (A1)

TA_2x: Temperatura aire secundario (A2)

TW_1x: Temperatura agua tornillo camisa 1 (W1)

TW_2x: Temperatura agua tornillo camisa 2 (W2)

TW_3x: Temperatura agua entrada condensador (W3)

TW_4x: Temperatura agua salida condensador (W4)

QA_Ox: Caudal de aire (A0)

QA_2x: Caudal aire secundario (A2)

Resistencia: Es un tipo de variable creada para controlar las resistencias de la instalación. Está compuesta de las siguientes variables:

Encendido: Enciende (1) o apaga (0) la resistencia. (BOOL)

Temp: Indica la Temperatura de operación asignada por el usuario. (REAL)

TR: Indica la Temperatura a la que se encuentra la resistencia. (REAL)

Las variables de este tipo son:

BR_1C: Controla la resistencia superior del reactor

BR_2C: Controla la resistencia inferior del reactor

BR_3C: Controla el precalentador

Variador: Es un tipo de variable creada para controlar los variadores de frecuencia. SgStudio proporciona variables para el control de los variadores, pero se crea esta variable para localizar todas las variables importantes de los variadores en solo una. Está compuesta de las siguientes variables:

Auto: Indica si el variador funciona en automático o en manual. (BOOL)

PIDauto: Indica si el equipo tiene un lazo de control. (BOOL)

Arrancar: Da la orden de arrancar al variador. (BOOL)

Parar: Da la orden de parar al variador. (BOOL)

Emergencia: Da la orden de parar por emergencia. (BOOL)

Error: Indica si existe algún error en el variador. (BOOL)

Alarma: Indica si existe alguna alarma en el variador. (INT)

Rearme: Da la orden de volver a operar tras un fallo. (BOOL)

Timeout: Es el plazo para rearmar. (INT)

L: Límite inferior de velocidad del motor. (INT)

Sp: Velocidad del motor si funciona en automático. (REAL)

F: Velocidad del motor impuesta por el usuario. (INT)

H: Límite superior de velocidad del motor. (INT)

Vel: Velocidad actual que posee el motor. (INT)

Las variables de este tipo son:

VFM1: Controla el variador de velocidad 1.

VFM2: Controla el variador de velocidad 2.

El resto de variables empleadas, son variables dadas por el autómata, las cuales no han sido utilizadas, y la información aportadas por ellas ha sido trasladada a las variables anteriormente explicadas para una programación más fácil y sencilla. Algunas de los tipo de variables dadas por el autómata son:

T_ANA_IN_BMX: Es una variable proporcionada por el autómata para recibir la información de los sensores de presión y caudal de la planta.

T_ANA_IN_GEN: Es una variable proporcionada por el autómata para recibir la información de los sensores de temperatura de la planta.

T_ATV: Es una variable para el control de los variadores de velocidad de la planta.

T_DIS_OUT_GEN: Es una variable para el control de las resistencias y de los motores que no poseen variador de velocidad de la planta.



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



E.U.I.T.I.Z

PROYECTO FIN DE CARRERA

**CONTROL DE UNA PLANTA
EXPERIMENTAL DE GASIFICACIÓN**

ANEXO II

Programación

Autor: DANIEL VALENZUELA HERMOSILLA

Directores: SUSANA MARTINEZ LERA
JAVIER PALLARÉS RANZ

SEPTIEMBRE 2011

“ACOMODACIÓN”

(*Acomodacion variables variador de frecuencia*)

```
IF VFM1.PIDauto THEN
    VFM1.F:=REAL_TO_INT(VFM1.sp);
ELSE
    VFM1.sp:=INT_TO_REAL(VFM1.F);
END_IF;
M_1_SetPoint:=INT_TO_REAL(VFM1.F);
VFM1.vel:=REAL_TO_INT(M_1_PresentSpeed);

IF VFM2.PIDauto THEN
    VFM2.F:=REAL_TO_INT(VFM2.sp);
ELSE
    VFM2.sp:=INT_TO_REAL(VFM2.F);
END_IF;
M_2_SetPoint:=INT_TO_REAL(VFM2.F);
VFM2.vel:=REAL_TO_INT(M_2_PresentSpeed);
```

(*PRESIÓN*)

```
PG_1_PG_2x.valor:=INT_TO_REAL(PG_1_PG_2.VALUE);
PG_2_PG_3x.valor:=INT_TO_REAL(PG_2_PG_3.VALUE);
PG_3_PG_5x.valor:=INT_TO_REAL(PG_3_PG_5.VALUE);
PG_5x.valor:=INT_TO_REAL(PG_5.VALUE);
PG_8x.valor:=INT_TO_REAL(PG_8.VALUE);
PA_0x.valor:=INT_TO_REAL(PA_0.VALUE);
PA_1_PG_1x.valor:=INT_TO_REAL(PA_1_PG_1.VALUE);
```

(*TEMPERATURA*)

```
TG_1x.valor :=INT_TO_REAL(TG_1.VALUE)/10.0;
TG_2x.valor :=INT_TO_REAL(TG_2.VALUE)/10.0;
TG_3x.valor :=INT_TO_REAL(TG_3.VALUE)/10.0;
TG_4x.valor :=INT_TO_REAL(TG_4.VALUE)/10.0;
TG_5x.valor :=INT_TO_REAL(TG_5.VALUE)/10.0;
TG_8x.valor :=INT_TO_REAL(TG_8.VALUE)/10.0;
```

```
TG_9x.valor :=INT_TO_REAL(TG_9.VALUE)/10.0;  
TA_1x.valor :=INT_TO_REAL(TA_1.VALUE)/10.0;  
TA_2x.valor :=INT_TO_REAL(TA_2.VALUE)/10.0;  
TW_1x.valor :=INT_TO_REAL(TW_1.VALUE)/10.0;  
TW_2x.valor :=INT_TO_REAL(TW_2.VALUE)/10.0;  
TW_4x.valor :=INT_TO_REAL(TW_4.VALUE)/10.0;
```

```
BR_1C.TR:=INT_TO_REAL(TR_1.VALUE)/10.0;  
BR_3C.TR:=INT_TO_REAL(TR_3.VALUE)/10.0;  
BR_2C.TR:=INT_TO_REAL(TR_2.VALUE)/10.0;
```

(*CAUDALES*)

```
QA_0x.valor :=INT_TO_REAL(QA_0.VALUE);  
QA_2x.valor :=INT_TO_REAL(QA_2.VALUE);  
QA_1x.valor :=QA_0x.valor-QA_2x.valor;
```

(*SALIDAS DIGITALES*)

```
BM_3.VALUE:=BM_3x;  
BM_2.VALUE:=BM_2x;  
BR_1.VALUE:=BR_1x;  
BR_2.VALUE:=BR_2x;  
BR_2.VALUE:=BR_2x;
```

“RESISTENCIAS”

(*Control de la resistencia superior del reactor*)

```
IF BR_1C.encendido then  
  IF BR_1C.Tr > 900.00 Then  
    RESET(BR_1x);  
  ELSE  
    IF TG_4x.valor > BR_1C.Temp then  
      RESET(BR_1x);  
    END_IF;
```

```
IF (BR_1C.Temp-30.0) > (TG_4x.valor) then
    SET (BR_1x);
END_IF;
END_IF;
ELSE
    RESET(BR_1x);
END_IF;
```

(*Control de la resistencia inferior del reactor*)

```
IF BR_2C.encendido then
    IF BR_2C.Tr > 900.00 Then
        RESET(BR_2x);
    ELSE
        IF TG_2x.valor > BR_2C.Temp then
            RESET(BR_2x);
        END_IF;
```

```
IF (BR_2C.Temp-30.0) > (TG_2x.valor) then
    SET (BR_2x);
END_IF;
END_IF;
ELSE
    RESET(BR_2x);
END_IF;
```

(*Control del precalentador*)

```
IF BR_3C.encendido then
    IF BR_3C.Tr > 900.00 Then
        RESET(BR_3x);
    ELSE
        IF TA_1x.valor > BR_3C.Temp then
            RESET(BR_3x);
        END_IF;
```

```
IF (BR_3C.Temp - 30.00) > TA_1x.valor AND BR_3C.Tr < (900.00 - 50.00) then
    SET (BR_3x);
END_IF;
END_IF;
ELSE
    RESET(BR_3x);
END_IF;
```

“ALARMAS”

(*ALARMAS DE TEMPERATURA*)
(*Temperatura Aire*)

```
IF TA_1x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaTA_1);
Else
    RESET(alarmaTA_1);
END_IF;
```

```
IF TA_2x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaTA_2);
Else
    RESET(alarmaTA_2);
END_IF;
```

(*Temperatura Gases*)

```
IF TG_1x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaTG_1);
Else
    RESET(alarmaTG_1);
END_IF;
```

```
IF TG_2x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaTG_2);
Else
```



```
RESET(alarmaTG_2);
```

```
END_IF;
```

```
IF TG_3x.valor > 600.00 Then
```

```
SET (alarmaTG_3);
```

```
Else
```

```
RESET(alarmaTG_3);
```

```
END_IF;
```

```
IF TG_4x.valor > 600.00 Then
```

```
SET (alarmaTG_4);
```

```
Else
```

```
RESET(alarmaTG_4);
```

```
END_IF;
```

```
IF TG_5x.valor > 600.00 Then
```

```
SET (alarmaTG_5);
```

```
Else
```

```
RESET(alarmaTG_5);
```

```
END_IF;
```

```
IF TG_8x.valor > 600.00 Then
```

```
SET (alarmaTG_8);
```

```
Else
```

```
RESET(alarmaTG_8);
```

```
END_IF;
```

```
IF TG_9x.valor > 60.00 Then
```

```
SET (alarmaTG_9);
```

```
Else
```

```
RESET(alarmaTG_9);
```

```
END_IF;
```

(*Temperaturas agua*)

```
IF TW_1x.valor > 40.00 Then
```

```
SET (alarmaTW_1);
```



```
Else
    RESET(alarmaTW_1);
END_IF;

IF TW_2x.valor > 40.00 Then
    SET (alarmaTW_2);
Else
    RESET(alarmaTW_2);
END_IF;

IF TW_4x.valor > 40.00 Then
    SET (alarmaTW_4);
Else
    RESET(alarmaTW_4);
END_IF;

(*ALARMAS DE PRESIONES*)
(*Presiones de aire*)

IF PA_1_PG_1x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPA_1);
Else
    RESET(alarmaPA_1);
END_IF;

(*Presiones gases*)

IF PG_1_PG_2x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPG_1);
Else
    RESET(alarmaPG_1);
END_IF;

IF PG_2_PG_3x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPG_2);
Else
    RESET(alarmaPG_2);
```



END_IF;

```
IF PG_3_PG_5x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPG_3);
Else
    RESET(alarmaPG_3);
END_IF;
```

```
IF PG_5x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPG_5);
Else
    RESET(alarmaPG_5);
END_IF;
```

```
IF PG_8x.valor > 600.00 Then
    SET (alarmaPG_8);
Else
    RESET(alarmaPG_8);
END_IF;
```

(*Alarmas criticas*) (*Situaciones por las que se detiene la planta*)

(*Temperatura Gases*)

```
IF TG_9x.valor > 80.00 Then
    SET (alarma_crit_TG_9);
Else
    RESET(alarma_crit_TG_9);
END_IF;
```

(*Temperatura Agua*)

```
IF TW_1x.valor > 60.00 Then
    SET (alarma_crit_TW_1);
Else
    RESET(alarma_crit_TW_1);
```

END_IF;

```
IF TW_2x.valor > 60.00 Then
    SET (alarma_crit_TW_2);
Else
    RESET(alarma_crit_TW_2);
END_IF;
```

```
IF TW_4x.valor > 60.00 Then
    SET (alarma_crit_TW_4);
Else
    RESET(alarma_crit_TW_4);
END_IF;
```

(*Intensidad Motores*)

```
IF M_2_Current > 80.00 Then
    SET (alarma_crit_M_2);
Else
    RESET(alarma_crit_M_2);
END_IF;
```

```
IF M_1_Current > 80.00 Then
    SET (alarma_crit_M_1);
Else
    RESET(alarma_crit_M_1);
END_IF;
```

“PARADA_EMERGENCIA”

(*parada de emergencia al activar la seta de emergencia o al activarse alguna alarma crítica*)

```
If SetaEmerg or alarma_crit_M_1 or alarma_crit_M_2 or alarma_crit_TW_4 or
    alarma_crit_TW_2 or alarma_crit_TW_1 or alarma_crit_TG_9 Then
```

```
    RESET(BR_1C.encendido);
```

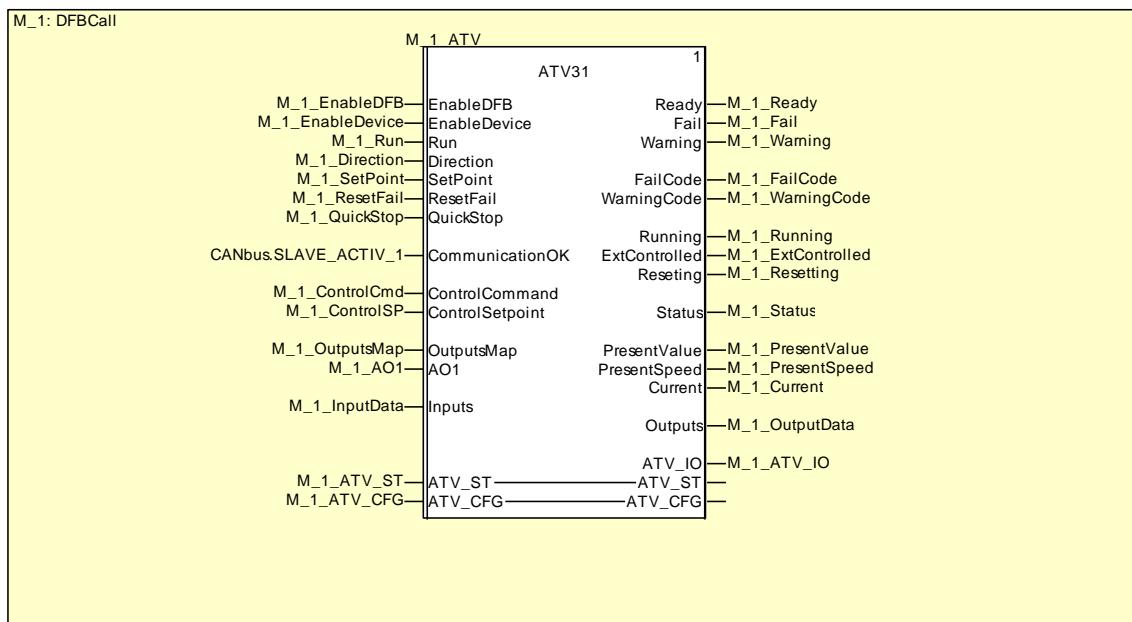
```

RESET(BR_2C.encendido);
RESET(BR_3C.encendido);
RESET(BM_2x);
RESET(BM_3x);
SET(VFM1.parar);

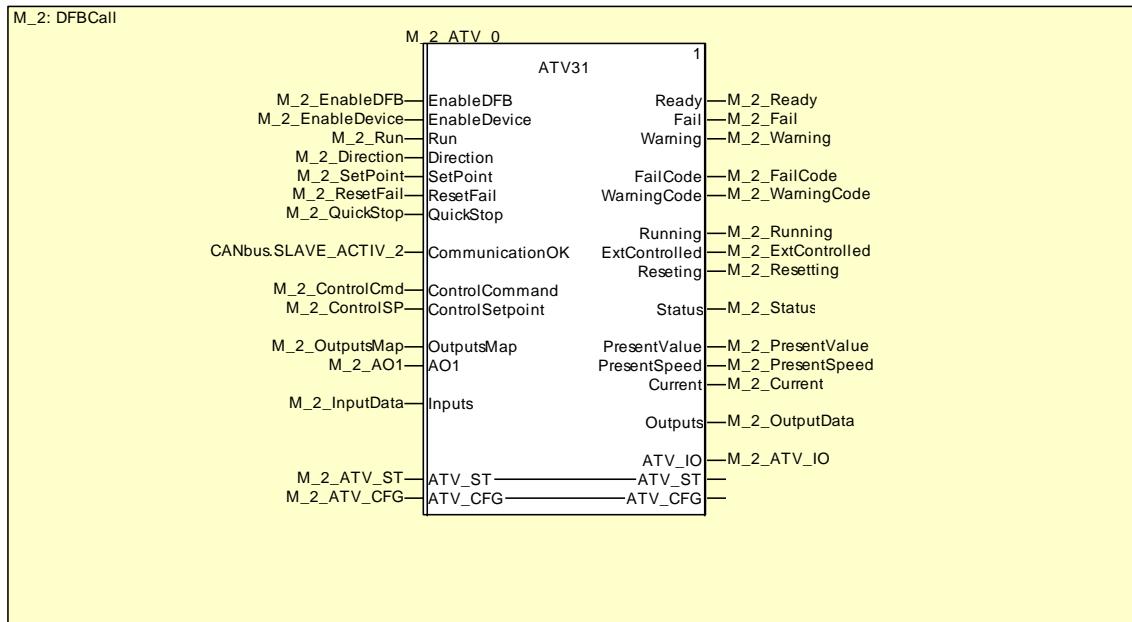
END_IF;

```

“M1_CM”

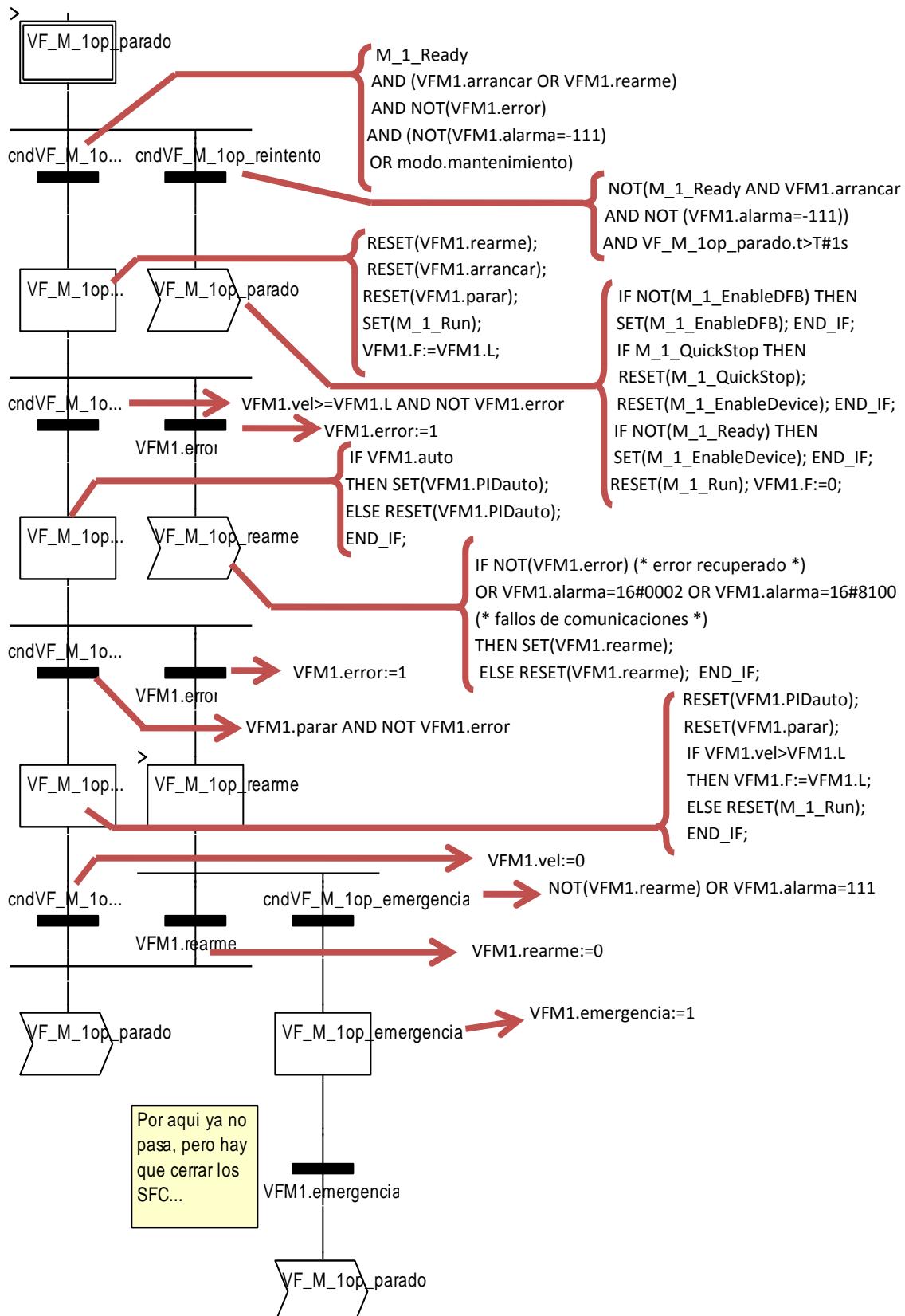


“M2_CM”



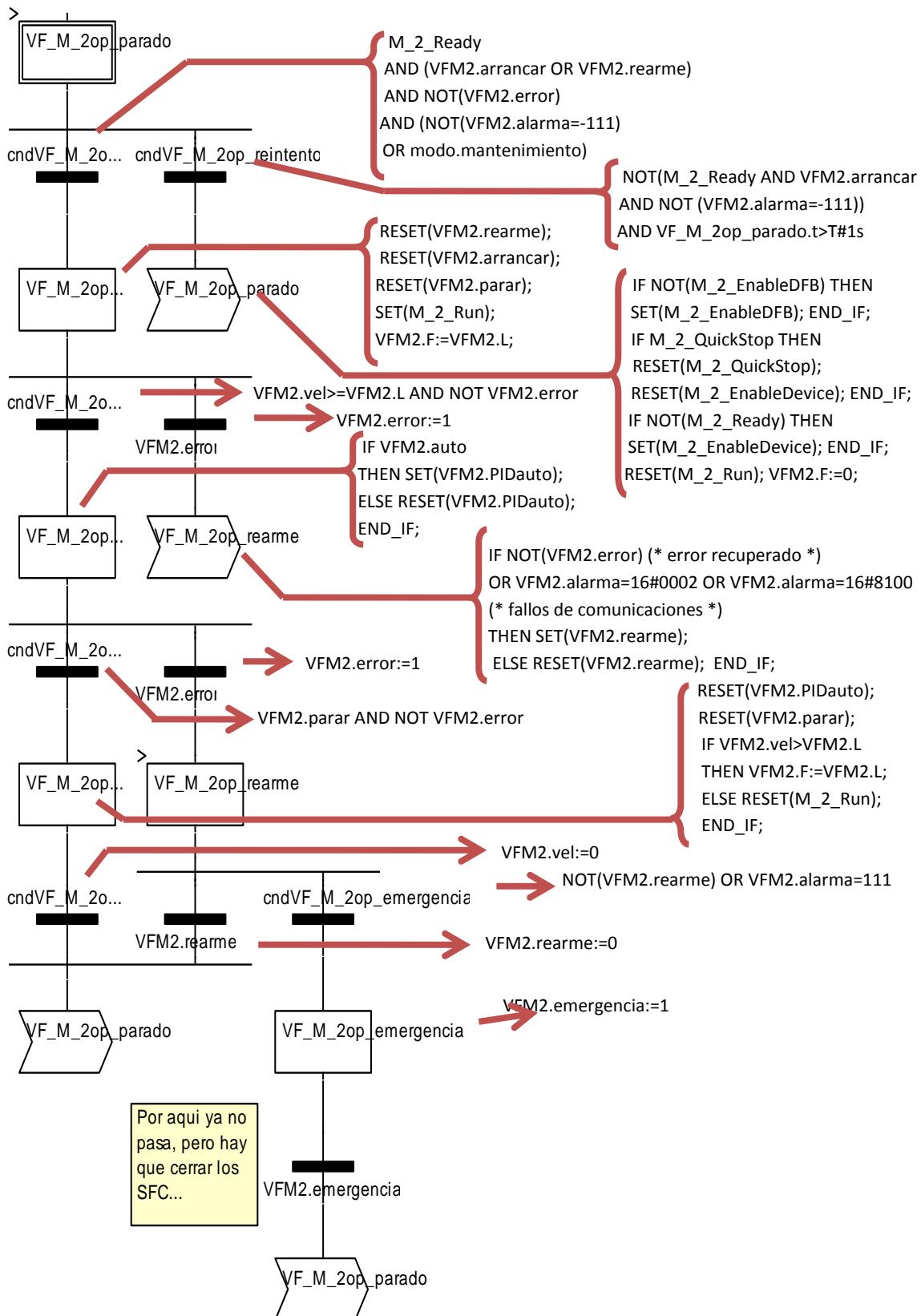


"VF_M_1op"





“VF_M_2op”





UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



E.U.I.T.I.Z.

PROYECTO FIN DE CARRERA

CONTROL DE UNA PLANTA EXPERIMENTAL DE GASIFICACIÓN

ANEXO III

Manual

Autor: DANIEL VALENZUELA HERMOSILLA

Directores: SUSANA MARTINEZ LERA
JAVIER PALLARÉS RANZ

SEPTIEMBRE 2011

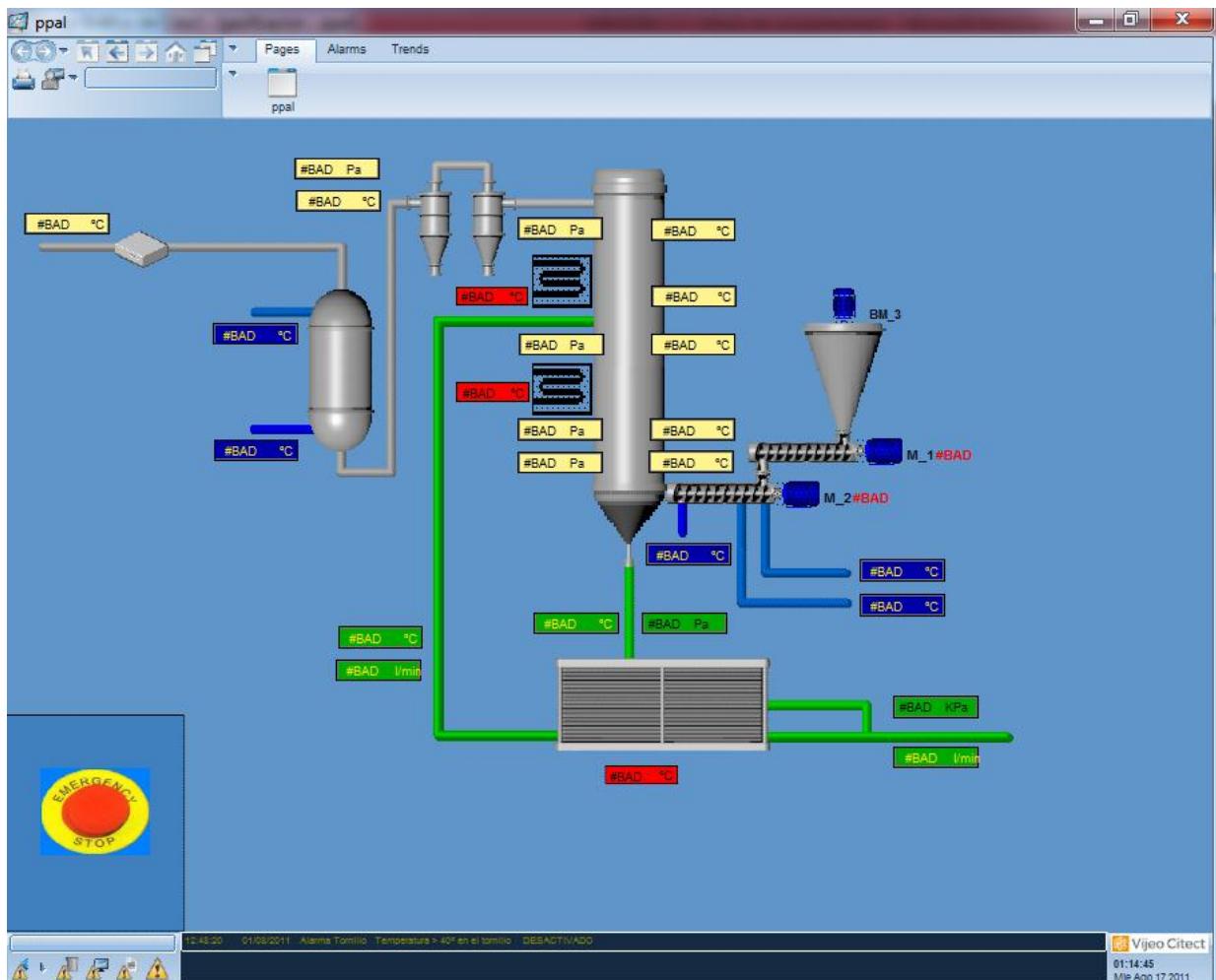
Para iniciar el programa de control de la planta, haremos doble click en “Explorador de Vijeo Citect”. Si este no se encontrara en el escritorio podemos encontrarlo en Inicio -> Programas -> Schneider Electric -> SoCollaborative -> Vijeo Citect 7.20

Una vez abierto el programa vamos a Archivo-> Ejecutar, o pulsamos directamente la tecla F5.

Al iniciar el programa nos aparecerá esta pantalla:



Para comenzar tendremos que asegurarnos de que el circuito de agua y las válvulas están abiertas. Una vez abiertas pulsamos los dos botones, e introducimos (no es obligatorio) la temperatura del agua de condensación. Una vez hecho esto, aparece un nuevo botón debajo que pondrá continuar, presionamos y pasamos a la pantalla principal.



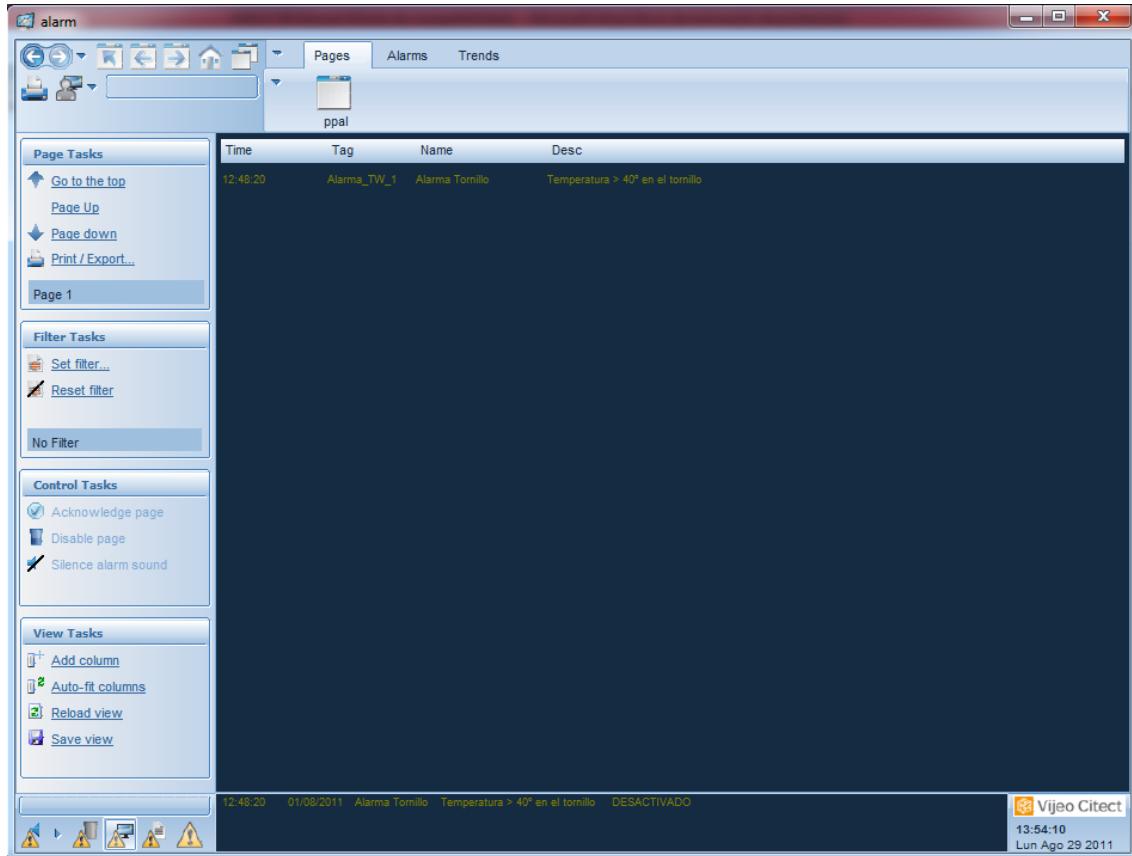
Esta pantalla la podemos dividir en 4 zonas distintas:

La primera la seta de emergencia, la cual se encuentra abajo a la izquierda, y nos permite parar todos los elementos de la instalación con solo pulsarla.

La segunda la zona de avisos de emergencias, que se situa en toda la zona de debajo de la pantalla. Es esta pantalla podemos encontrar una zona en la que aparece un registro de las alarmas anteriormente programadas.



A la derecha nos encontramos varios botones, los cuales nos llevan a una nueva página, en la que aparece un resumen de todas las alarmas que han ido activándose en la instalación.

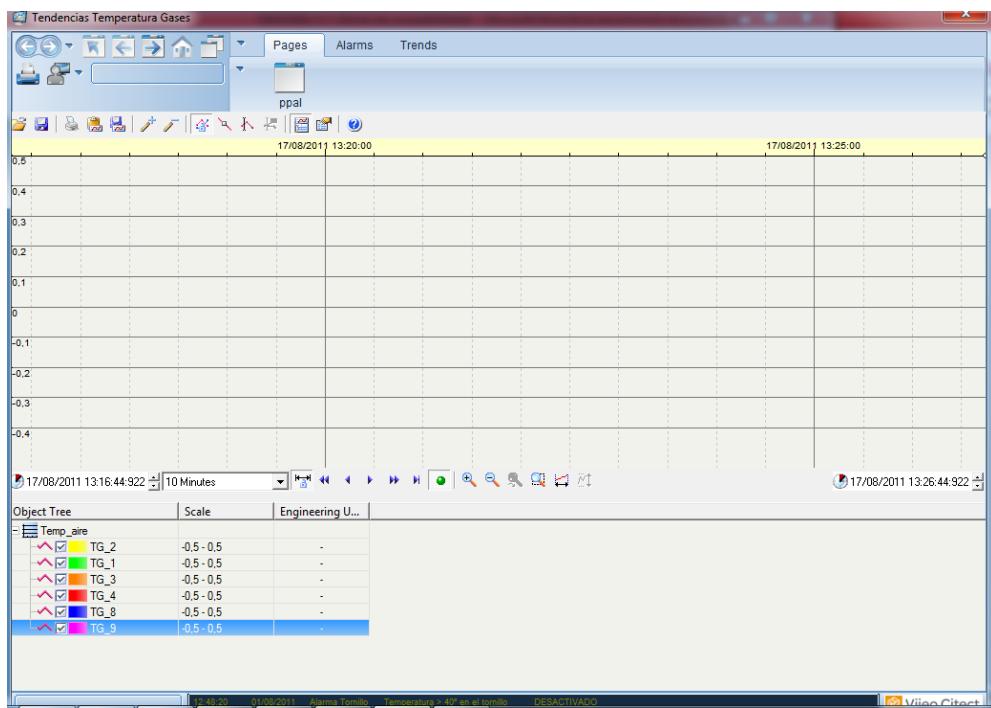


En esta página, nos encontramos con un resumen de todas las alarmas acontecidas, además nos permite la opción de guardar este resumen en un archivo aparte. Así como cambiar la apariencia de estas.

La tercera zona, es la zona que nos permite navegar entre las diferentes páginas del programa.

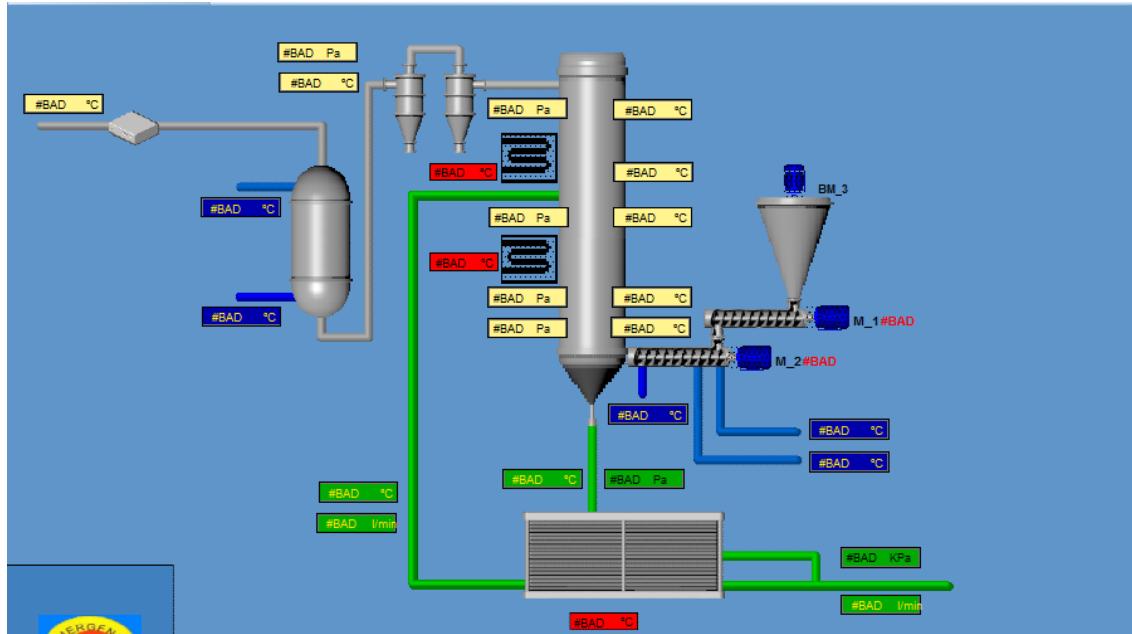


En ella encontramos flechas para pasar de página, además de las opciones Pages, Alarms y Trends. Pages nos muestra todas las páginas disponibles para visitarlas con un solo click, como ppal que aparece en la imagen, la cual es la pantalla principal. Alarms nos permite pasar a la pantalla anteriormente mostrada, que nos muestra un resumen de todas las alarmas. Y Trends nos lleva hasta las páginas de tendencias, de las cuales esta activada Pop-up Trend, dándole a esta aparecerá una nueva ventana con la ventana de tendencias, además al darle se inicia la recogida de datos en un fichero Excel, externo al programa.



En esta pantalla de tendencias, podemos seleccionar, los datos que queremos que se grafiquen, así como la longitud y la altura de la gráfica. También se puede elegir, el intervalo de tiempo que queremos graficar así como pararlo o revobinarlo. Esta pantalla de tendencias tambien da la opción de guardar las gráficas creadas y de abrir otras ya guardadas. Para salir de esta pagina, solo hay que cerrarla o navegar por medio de las flechas o páginas comentadas anteriormente.

La cuarta zona de la pantalla principal, es la compuesta por el esquema de la planta, con las medidas de los sensores y los accionadores de las resistencias y de los motores.



Si le damos a cualquiera de las medidas que aparecen, nos aparece otra pantalla mas pequeña como esta:



En esta podemos ver el valor actual y también se puede configurar las alarmas para que salten a unos valores impuestos. Esta ultima configuración de las alarmas no

se puede utilizar, ya que esta puesta en la programación del autómata, pero puede servir para una mayor automatización de la planta en un futuro.

Si queremos controlar una resistencia o el precalentador, solo tenemos que hacer doble click sobre sus dibujos, y nos aparecerá esta página para poder controlar la resistencia.



En esta página podemos poner la temperatura de operación a la que deseamos que opere la resistencia seleccionada, y después pulsando Marcha se encenderá, si es así, el dibujo de la resistencia se volverá rojo. Si deseamos apagarla basta con pulsar el botón Paro y la resistencia se apagará. También nos informa a la que se encuentra la resistencia, ya que la temperatura de operación es la temperatura a la que deseamos que se encuentre el aire.

Para controlar un motor con variador de velocidad, al hacer doble click sobre uno de ellos nos aparecerá la siguiente pantalla:



Para poner en marcha el motor, solo es necesario incluir una velocidad, en forzado y darle al botón de Marcha, si lo queremos parar al presionar Paro se parará. La tecla Auto/Man esta creada por si en un futuro se desea automatizar aún más la planta, sándole a dicho botón el motor llegará a la velocidad impuesta en la programación. Al lado de donde pone ERROR se mostrará en un número el error que se ha producido en caso de que existiera alguno, además por si acaso existe una seta de emergencia que para inmediatamente el motor. Para controlar el motor BM_3 que es el único sin variador de frecuencia al hacer doble click aparece una pantalla como la anterior pero solo con las opciones Marcha y Paro.

Para cerrar la aplicación apague todos los equipos y pulse X arriba a la derecha, con eso se cerrará la aplicación.