

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN



PROYECTO FIN DE CARRERA

**Sistema de Control y Adquisición de
Datos para muestreo y análisis de líquido
BOP para las unidades 1 y 2 de la
Central de Energía Nuclear Lungmen**

Autor: Álvaro Sánchez Pérez
Tutor: Eduardo Fernández Camacho

*A mi familia que siempre me ha apoyado,
a mis amigos que siempre han estado cuando los he necesitado,
a mis compañeros de trabajo que siempre me han ayudado
y a mi jefe por haberme aguantado.*

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

	Página
Capítulo 1 Introducción y Objetivos del proyecto	1
1.1 Introducción y objetivos del proyecto	1
1.2 Breve introducción a la Energía Nuclear	8
Capítulo 2 Memoria Justificativa	18
2.1 Especificaciones	18
2.1.1 Leyes, normas y terminología utilizada	18
2.1.1.1 Leyes y normas utilizadas	18
2.1.1.2 Terminología utilizada	19
2.1.2 Descripción funcional	20
2.1.3 Características técnicas	22
2.1.3.1 Características generales	22
2.1.3.2 Unidades procesadoras	22
2.1.3.3 Entradas y salidas	23
2.1.3.4 Interfase hombre-máquina	26
2.1.3.5 Comunicaciones	28
2.1.3.5.1 Inmunidad ante interferencias	30
2.1.3.5.2 Redundancia	30
2.1.4 Características funcionales	31
2.1.4.1 Características del software	31
2.1.4.2 Representación en pantalla	34

2.1.4.3 Gestión de alarmas	35
2.2 Justificación SCD ABB	37
Capítulo 3 Descripción del Sistema	40
3.1 Introducción	40
3.2 Arquitectura del sistema	40
3.3 Descripción funcional	44
3.4 Descripción técnica	57
3.4.1 Descripción armarios de control	57
3.4.2 Descripción del hardware	66
Capítulo 4 Desarrollo del proyecto	79
4.1 Módulos programados	79
4.1.1 Introducción a Control Builder	79
4.1.2 Funciones creadas	84
4.1.3 Aplicaciones	112
4.1.4 Controladores	128
Capítulo 5 Interfaz hombre-máquina	144
5.1 Introducción a Process Portal A	144
5.2 Estructuras creadas	144
5.3 Herramienta para crear pantallas (Visual Basic)	154

Capítulo 6 Pantallas desarrolladas en el proyecto	158
6.1 Pantallas de operación	158
6.2 Elementos de las pantallas de operación	170
6.2.1 Otros elementos importantes que aparecen en las pantallas	183
6.2.2 Tendencias	186
6.2.3 Lista de alarmas	189
6.2.4 Lista de eventos	190
 Capítulo 7 Conclusiones y propuestas de mejora	 192
 Capítulo 8 Bibliografía	 194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Partes de un reactor BWR	11
Tabla 2.1 Señales	23

ÍNDICE DE PLANOS

Plano arquitectura del sistema	41
Plano funcional del área TSS 1/2	45
Plano funcional del área TSS 2/2	46
Plano funcional del área CDPSS 1/2	50
Plano funcional del área CDPSS 2/2	51
Plano funcional del área ABSS	53
Plano funcional del área CSS	55
Plano armario área TSS	59
Plano armario área CSS	62
Plano armario área CDSS	64
Plano armario área ABSS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Master Document Schedule	6
Figura 1.2 Reactor BWR	11
Figura 3.1 Módulo AC800MC	67
Figura 3.2 Foto AC800MC	67
Figura 3.3 Módulo AI810	68
Figura 3.4 Módulo DO810	69
Figura 3.5 Módulo DO820	70
Figura 3.6 Módulo DI810	71
Figura 3.7 Módulo TU830	72
Figura 3.8 Módulo TU831	73
Figura 3.9 Módulo TB840	74
Figura 3.10 Módulo TU841	75
Figura 3.11 Módulo SD822	76
Figura 3.12 Transceiver 100Base-TX/100Base-TX	77
Figura 3.13 Hub RH1-TP/FL	78
Figura 4.1 Pantalla principal CB	81
Figura 4.2 Librerías CB	82
Figura 4.3 Variables externas Alarmannuciator	85
Figura 4.4 Variables locales Alarmannuciator	86
Figura 4.5 Subfunciones Alarmannuciator	86
Figura 4.6 Secuencia HotWellPulses	92
Figura 4.7 AlarmCondM Analyzer	97

Figura 4.8 AlarmCondM Chiller	98
Figura 4.9 AlarmCondM IsothermalBath	99
Figura 4.10 AlarmCondM Panel	100
Figura 4.11 AlarmCondM Panel Temperature	101
Figura 4.12 AlarmCondM PLC Status	102
Figura 4.13 AlarmCondM Power	104
Figura 4.14 Código Run/Stop Command de Pump	105
Figura 4.15 Código Indication de Pump	106
Figura 4.16 AlarmCondM Pump	107
Figura 4.17 Código Start	109
Figura 4.18 Variables externas Start	109
Figura 4.19 AlarmCondM TemperatureSwicth	110
Figura 4.20 Código Manual Mode de Valve	110
Figura 4.21 Código Automatic Mode de Valve	111
Figura 4.22 Código Indication Mode de Valve	112
Figura 4.23 Control Modules CB	113
Figura 4.24 Definición de parámetros del Analyzer 2GG2-AE-5001K3	114
Figura 4.25 Definición de parámetros del Panel 2G62-SPL-5002	114
Figura 4.26 Definición de parámetros del TemperatureSwitch 2G62-TS-5001A	115
Figura 4.27 Definición de parámetros Isothermal Bath 2G62-CTB-5002	115
Figura 4.28 Definición de parámetros Chiller 2G62-CHU-5003	115
Figura 4.29 Definición de parámetros PLC Status	116
Figura 4.30 Definición de parámetros Panel Temperature 2G62-TS-5002	116
Figura 4.31 Definición de parámetros Power	116
Figura 4.32 Definición de parámetros Start	117

Figura 4.33 Definición de parámetros Valve 2G62-SBV-5295	117
Figura 4.34 Definición de parámetros Pump 2G62-P-5010A	117
Figura 4.35 Definición de parámetros Simple_ valve 2G62-SBV-5312	118
Figura 4.36 Programs CB	119
Figura 4.37 Programas con ejecución lenta	128
Figura 4.38 Controllers CB	129
Figura 4.39 Pantalla Controllers/Hardware AC800MC	130
Figura 4.40 Pestaña Settings de Hardware AC800MC	131
Figura 4.41 Pestaña Connections de Hardware AC800MC	131
Figura 4.42 Pestaña Unit Status de Hardware AC800MC	132
Figura 4.43 Pestaña Settings de PM861/TP860	132
Figura 4.44 Pestaña Connections de PM861/TP860	133
Figura 4.45 Pestaña Unit Status de PM861/TP860	133
Figura 4.46 Pestaña Settings de Ethernet	134
Figura 4.47 Pestaña Connections de Ethernet	134
Figura 4.48 Pestaña Unit Status de Ethernet	134
Figura 4.49 Pestaña Settings de AI810	136
Figura 4.50 Pestaña Connections de AI810	137
Figura 4.51 Pestaña Scaling de AI810	137
Figura 4.52 Pestaña Status de AI810	137
Figura 4.53 Pestaña Unit Status de AI810	138
Figura 4.54 Pestaña Settings de DI810	138
Figura 4.55 Pestaña Connections de DI810	139
Figura 4.56 Pestaña Status de DI810	139
Figura 4.57 Pestaña Unit Status de DI810	140

Figura 4.58 Pestaña Settings de DO810	142
Figura 4.59 Pestaña Connections de DO810	142
Figura 4.60 Pestaña Status de DO810	143
Figura 4.61 Pestaña Unit Status de DO810	143
Figura 5.1 Pantalla Library Structure	145
Figura 5.2 Pantalla Object Type Structure	147
Figura 5.3 Pantalla Control Structure	148
Figura 5.4 Pantalla Functional Structure	149
Figura 5.5 Pantalla Workplace Structure/Operador	150
Figura 5.6 Pantalla Workplace Structure/Plant Explorer	151
Figura 5.7 Pantalla Service Structure	152
Figura 5.8 Pantalla Service Structure/Services	153
Figura 5.9 Pantalla User Structure	154
Figura 5.10 Pantalla principal de Visual basic	155
Figura 5.11 Pantalla Element Browser de VB	156
Figura 5.12 Pantalla Expresión Builder de VB	157
Figura 6.1 Pantalla área TSS 1/2	159
Figura 6.2 Pantalla área TSS 2/2	161
Figura 6.3 Pantalla área CDPSS 1/2	163
Figura 6.4 Pantalla área CDPSS 2/2	165
Figura 6.5 Pantalla área ABSS	167
Figura 6.6 Pantalla área CSS	169
Figura 6.7 Elementos de la pantalla de operación 1/2	170
Figura 6.8 Elementos de la pantalla de operación 2/2	171
Figura 6.9 Faceplate del Analyzer	174

Figura 6.10 Faceplate del Analyzer en alarma	177
Figura 6.11 Faceplate del PLC Status	179
Figura 6.12 Faceplate del Power	181
Figura 6.13 Parte superior de la pantalla de operación	183
Figura 6.14 Tendencias del Analyzer	187
Figura 6.15 Tendencias por área	188
Figura 6.16 Lista de alarmas	189
Figura 6.17 Lista de eventos	190

CAPITULO 1

Introducción

1.1 Introducción y objetivos del proyecto

Este Proyecto Fin de Carrera tiene como objetivo el control y supervisión, mediante un SCADA, del análisis y muestreo del líquido BOP de una central nuclear. Para ello programaremos todas las aplicaciones necesarias para el correcto funcionamiento de la planta, ya sean válvulas, secuencias, muestra de señales digitales o analógicas, lazos de control, motores,... así como todo el conjunto de herramientas que nos servirán para monitorizar el proceso a controlar como alarmas, históricos, tendencias, etc.

Dicho proyecto ha sido desarrollado en colaboración con la empresa Telvent (Grupo Abengoa) y, como se ha comentado en el párrafo anterior, tiene como objetivo el control y supervisión del líquido BOP de una central de energía nuclear. Exactamente de dos reactores del tipo BWR que conformarán la unidad 1 y 2, respectivamente. La central está ubicada en Yenliao (Taiwán) y posee una capacidad de 1350 Mwe.

La empresa Inabensa es la encargada de suministrar los equipos para el muestreo y análisis de líquido BOP para las unidades 1 y 2 de la planta de energía nuclear Lungmen. Dicho suministro comprende 50 paneles para ocho sistemas de muestreos de vapor y agua (cuatro para la unidad 1 y cuatro para la unidad 2) distribuidos así:

- Sistema de Muestreo de Turbina: Para el muestreo continuo en varios sistemas de la central y obtención de vapor representativas. Debido a las largas distancias

entre los puntos de muestra y los paneles de estos sistemas, es necesario colocar equipos que condensen muestras de vapor en el lugar de toma para facilitar su transporte. Está formado por los paneles de Análisis, de Acondicionamiento de muestras, de Control y de registro, Enfriadores y de Enfriamiento de Muestra remota.

- Sistema de Limpieza por condensado de muestra: Para el muestreo continuo del sistema Limpieza por condensado de Muestra de la central, formado por los paneles de Análisis, de Acondicionamiento de muestras, de Control y de registro y Enfriadores.
- Sistema de Muestreo de la Caldera Auxiliar: Para muestreo continuo del vapor y entrada de agua de caldera auxiliar de la central, formado por los paneles de Análisis, de Acondicionamiento de muestras, de Control y Registro.
- Sistema de Muestreo del Condensador: Para muestreo continuo en los tubos de condensado y para el análisis de conductividad en los pozos calientes de condensado de la central. Este sistema está integrado por los paneles de Análisis, de Acondicionamiento de muestras, de Control y Registro.

La función principal de los paneles es permitir la recolección de muestras representativas, desde todos los puntos del sistema, para la realización de un análisis continuo o eventual.

Mi misión principal ha sido desarrollar el código referente al SCADA (motores, válvulas, secuencias, históricos, alarmas, etc) así como todo aquello relacionado con los controladores y periféricos (PLC, módulos de comunicaciones, entradas y salidas, redes, etc). Como tarea secundaria me he encargado de gestionar la documentación. Debido a las características especiales de nuestro cliente (TPC- Taiwan Power Company) y de nuestro proyecto (una central nuclear) la documentación debía seguir un protocolo muy estricto, además, teníamos en torno a 250 documentos lo que implicaba un gran volumen de información. Como ejemplo, indicar que cada modificación tenía que ser notificada a nuestro cliente. Esto implicaba hacer 12 copias en papel, 2 copias en formato electrónico (CD) y, la realización de una carta numerada explicando el motivo de la modificación. Este paquete de información tenía que viajar hasta Taipei, con el tiempo que implica. Posteriormente, esperar a que TPC respondiera. Y según la respuesta actuar en consecuencia. Todo este proceso daba lugar a una gran cantidad de correspondencia que era archivada y ordenada, además, de una lentitud en la ejecución del proyecto.

Como muestra, mostramos un fragmento del documento Master Document Schedule o MDS, el cual recoge la información necesaria para organizar el intercambio de información.

TELVENT Taiwan Power Company Lungmen Nuclear Power Project Units 1 and 2 Contract No. S: Status 1: Work can proceed 2: Revise and resubmit. Work can proceed subject to incorporation of comments 3: Revise and resubmit. Work can not proceed. 4: For information, no review required.										
Index List of Technical Documents / Drawings			Date : 03/14/2006			Doc. Nº 04360.MS039. 8-08001 rev 08				
Row#	Plant Unit No.	Document title	Project Document No.	Rev No	S	TPC Reply Date	TPC Reply Letter	Telvent Submit Date	Telvent Submit Letter	Remarks
		INDEX								NOTES:
0		1. General								PN = planned to be issued by Telvent
16		2. QA Program & Surveillance								RE = in review process by TPC
54		3. Test and Inspection								Action: pending action by TPC or Telvent
94		4. Technical Calculations and Reports								Planned / Due date: planned date to issue the document by Telvent or due date of comments/approval by TPC
156		5. Mechanical								N/A = not applicable
423		6. Electrical								
555		7. Instrumentation and Control								
712		8. Arrangement and Interface								
773		9. P&IDs								
852		10. Equipment Lists and Data Sheets								
963		11. Transportation, Storage and Installation								

971		12. Operation and Maintenance								
998		13. Manufacturer's Instructions and Technical Information								
0		1. General								
1	Unit 1/2	Index List of Technical Documents / Drawings Unit 1 and Unit 2	04360.MS039. 8-08001	0	2	11/04/02	SWT-SAI-0015	10/23/02	SAI-SWT-0004	
2			04360.MS039. 8-08001	1	4			01/17/03	email	
3			04360.MS039. 8-08001	2	4			04/04/03	email	
4			04360.MS039. 8-08001	3	4			12/10/04	SAI-SWT-0328	
5			04360.MS039. 8-08001	4	4	06/09/05	SWT-SAI-0256	05/06/05	SAI-SWT-0349	The rev 4 (Summary) has been sent to TPC/S&W attached in document 04360.MS039. 7-08600 rev 0
6			04360.MS039. 8-08001	5	4			08/17/05	email	
7			04360.MS039. 8-08001	6	4	12/16/05	SWT-SAI-0278	10/24/05	SAI-SWT-0370	The rev 6 (Summary) has been sent to TPC/S&W attached in document 04360.MS039. 7-08600 rev 1
8			04360.MS039. 8-08001	7	4			03/03/06	N/A	The rev 7 was reviewed during Factory Acceptance Tests
9			04360.MS039. 8-08001	8	4			03/24/06	SAI-SWT-0390	The rev 8 (Summary) has been sent to TPC/S&W attached in document 04360.MS039. 7-08600 rev 2
10										
11	Unit 1/2	Project Schedule	04360.MS039. 8-08002	0	2	11/25/02	SWT-SAI-0019	11/06/02	SAI-SWT-0007	
12			04360.MS039. 8-08002	1	1	01/02/03	SWT-SAI-0023	11/28/02	SAI-SWT-0010	
13										
14	Unit 1/2	Final List of Documents for Remote Sampling Cooler Panels and Analyzer Panels for Units 1 and 2	04360.MS039. 8-08010	0	4					Included in QA Record Package of First Delivery of panels
15										
16		2. QA Program & Surveillance								

17	Unit 1/2	Quality Assurance Program	04360.MS039. 4-00001	0	2	11/12/02 11/20/02	SWT-SAI-0016 SWT-SAI-0018	09/20/02	SAI-TPC-0008	
18			04360.MS039. 4-00001	1	1	02/26/03	SWT-SAI-0029	02/04/03	SAI-TPC-0025	
19			04360.MS039. 4-00001	2	1	05/26/03	SWT-SAI-0057	05/14/03 06/10/03	SAI-TPC-0029 SAI-TPC-0031	
20										
21	Unit 1/2	Quality Management Manual	SA-ED-4360-MGC-01	0	2	11/12/02 11/20/02 02/26/03	SWT-SAI-0016 SWT-SAI-0018 SWT-SAI-0029	10/17/02 11/14/02 02/04/03	SAI-TPC-0014 SAI-SWT-0009 SAI-TPC-0025	
22			SA-ED-4360-MGC-01	1	1	05/26/03	SWT-SAI-0057	05/14/03 06/10/03	SAI-TPC-0029 SAI-TPC-0031	

TABLA 1.1

En lo referente de este proyecto no haremos distinción entre la unidad 1 y 2 ya que son idénticas, en aquellos casos en que sea necesario hacerla se indicará adecuadamente. Cada unidad cuenta con 231 señales entrada/salida entre analógicas y digitales.

Gracias a la realización de este proyecto intentamos alcanzar los siguientes objetivos, que resumimos a continuación:

- Adquirir conocimientos sobre sistemas SCADA's existentes en el mercado, con el propósito de completar un vacío en mi formación como Ingeniero de Telecomunicación, especialidad Telecontrol y Robótica.
- Enfrentarse a los problemas que surgen en el mundo laboral, especialmente en el campo de la ingeniería.
- Aplicación a un caso real de los conocimientos adquiridos durante la carrera, así como de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del proyecto.
- Desarrollo de un proyecto entero de ingeniería incluyendo no solo la programación sino, además, temas como la documentación exigida por el cliente, pruebas (FAT y SAT), etc.

1.2 Breve introducción a la energía nuclear

¿Qué es un Reactor Nuclear?

Es una instalación física donde se produce, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena. Por lo tanto, en un reactor nuclear se utiliza un combustible adecuado que permita asegurar la normal producción de energía generada por las sucesivas fisiones. Algunos reactores pueden disipar el calor obtenido de las fisiones, otros, sin embargo, utilizan el calor para producir energía eléctrica.

El primer reactor construido en el mundo fue realizado en 1942, en dependencias de la Universidad de Chicago (USA), bajo la atenta dirección del famoso investigador Enrico Fermi. De ahí el nombre de "Pila de Fermi", como posteriormente se denominó a este reactor. Su estructura y composición eran básicas si se le compara con los reactores actuales existentes en el mundo, basando su confinamiento y seguridad en sólidas paredes de ladrillos de grafito.

Elementos de un Reactor Nuclear

El Combustible:

Material fisionable utilizado en cantidades específicas y dispuesto en forma tal, que permite extraer con rapidez y facilidad la energía generada. El combustible en un reactor se encuentra en forma sólida, siendo el más utilizado el Uranio bajo su forma isotópica de U-235. Sin embargo, hay elementos igualmente fisionables, como por ejemplo el Plutonio que es un subproducto de la fisión del Uranio.

En la naturaleza existe poca cantidad de Uranio fisionable, es alrededor del 0,7%, por lo que en la mayoría de los reactores se emplea combustible "enriquecido", es decir, combustible donde se aumenta la cantidad de Uranio 235.

Barras de Combustible:

Son el lugar físico donde se confina el Combustible Nuclear. Algunas Barras de Combustible contienen el Uranio mezclado en Aluminio bajo la forma de láminas planas separadas por una cierta distancia que permite la circulación de fluido para disipar el calor generado. Las láminas se ubican en una especie de caja que les sirve de soporte.

Núcleo del Reactor:

Está constituido por las Barras de Combustible. El núcleo posee una forma geométrica que le es característica, refrigerado por un fluido, generalmente agua. En algunos reactores el núcleo se ubica en el interior de una piscina con agua, a unos 10 a 12 metros de profundidad, o bien al interior de una vasija de presión construida en acero.

Barras de Control:

Todo reactor posee un sistema que permite iniciar o detener las fisiones nucleares en cadena. Este sistema lo constituyen las Barras de Control, capaces de capturar los neutrones que se encuentran en el medio circundante. La captura neutrónica evita que se produzcan nuevas fisiones de núcleos atómicos del Uranio. Generalmente, las Barras de Control se fabrican de Cadmio o Boro.

Moderador:

Los neutrones obtenidos de la fisión nuclear emergen con velocidades muy altas (neutrones rápidos). Para asegurar continuidad de la reacción en cadena, es decir, procurar que los "nuevos neutrones" sigan colisionando con los núcleos atómicos del combustible, es necesario disminuir la velocidad de estas partículas (neutrones lentos). Se disminuye la energía cinética de los neutrones rápidos mediante choques con átomos de otro material adecuado, llamado Moderador.

Se utiliza como Moderador el agua natural (agua ligera), el agua pesada (deuterada), el Carbono (grafito), etc.

Refrigerante:

El calor generado por las fisiones se debe extraer del núcleo del reactor. Para lograr este proceso se utilizan fluidos en los cuales se sumerge el núcleo. El fluido no debe ser corrosivo, debe poseer gran poder de absorción calorífico y tener pocas impurezas. Se puede utilizar de refrigerante el agua ligera, el agua pesada, el anhídrido carbónico, etc...

Blindaje:

En un reactor se produce gran cantidad de todo tipo de radiaciones, las cuales se distribuyen en todas direcciones. Para evitar que los operarios del reactor y el medio externo sean sometidos indebidamente a tales radiaciones, se utiliza un adecuado "Blindaje Biológico" que rodea al reactor. Los materiales más usados en la construcción

de blindajes para un reactor son el agua, el plomo y el hormigón de alta densidad, con a los menos 1,5 metros de espesor.

ESQUEMA DE UN REACTOR BWR

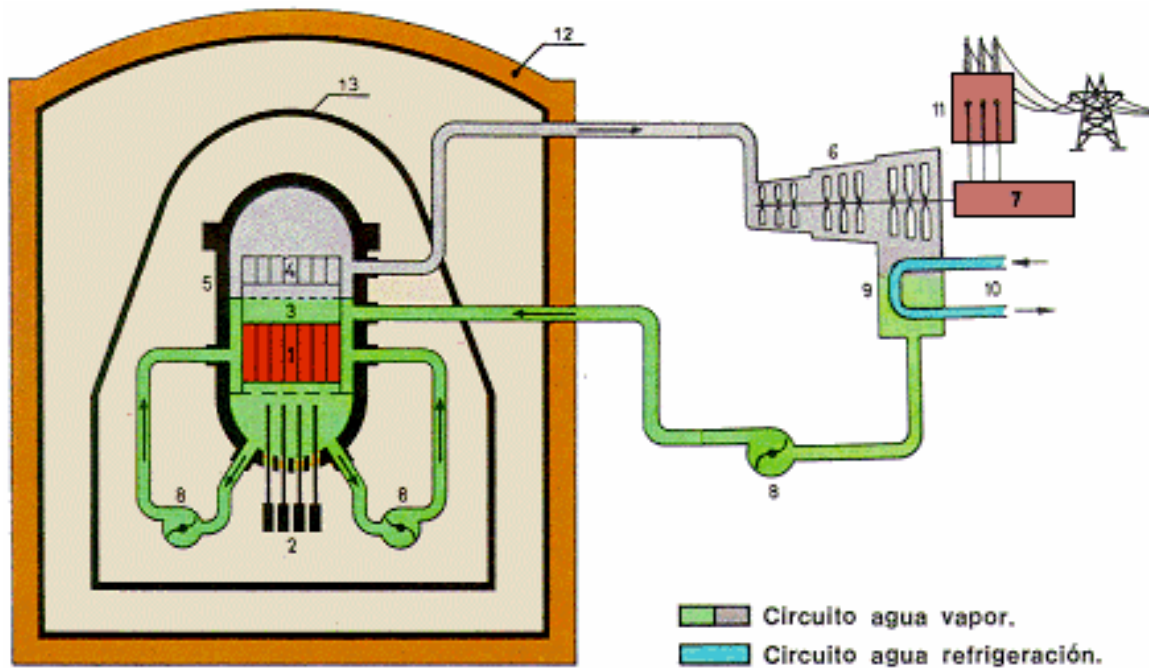


FIGURA 1.1

1. Núcleo del reactor.	4. Presionador.	7. Alternador.	10. Agua de refrigeración.	13. Contención primaria de acero
2. Barras de control.	5. Vasija.	8. Bomba	11. Transformador.	
3. Cambiador de calor (generador de vapor).	6. Turbina.	9. Condensador.	12. Recinto de contención de hormigón armado.	

TABLA 1.2

Tipos de reactores:

PWR:

Los reactores nucleares más utilizados en el mundo (alrededor de las tres cuartas partes) son del tipo PWR. El combustible utilizado es uranio enriquecido, y se emplea agua normal tanto para el moderador como para el refrigerante.

En una cuba con agua a alta presión se introduce el núcleo del reactor, que consta de dos placas metálicas donde se sujeta el soporte del combustible, consistente en varios cientos de varillas metálicas en cuyo interior se encuentra el uranio. Estas varillas son insertadas mediante unos motores por la parte superior. Todo el conjunto, incluido intercambiadores de calor y sistemas de control, se encuentra protegido por una cúpula de hormigón de notable grosor.

El agua del núcleo puede llegar a alcanzar 300 grados centígrados, por ese motivo se le mantiene a gran presión para evitar que se transforme en vapor de agua. Donde sí se forma vapor de agua es en el intercambiador de calor, por donde pasa el agua calentada, que posteriormente moverán las turbinas.

Los problemas más relevantes de estas centrales están referidos al cambio de combustible y el sistema del refrigerante. Reemplazar el combustible implica parar la central durante varias semanas, al ser necesario sustituir todo el bloque a la vez. Por su parte, el sistema de refrigerante precisa unos controles de seguridad muy importantes ante cualquier posible fuga de del líquido. Hay que tener en cuenta que una fuga del agua refrigerante, que se encuentra a alta presión, produciría su transformación en vapor

de agua en muy pocos segundos, y el núcleo se calentaría peligrosamente al perder refrigeración. Además, aunque el reactor se detendría al perder moderador (el agua refrigerante también actúa como tal), no impediría que siguiera calentándose. Como medida de seguridad en el caso de que se produjese una fuga, se dota al reactor de unos depósitos de agua complementarios, que inundarían el núcleo en el momento en que se produjera.

BWR:

Otro tipo de reactor muy similar al PWR es el BWR, que utiliza un sistema que genera un mayor rendimiento, aunque en su defecto existe también un mayor riesgo.

En los reactores BMR, el combustible es introducido en el tanque por su parte inferior, al contrario que en los PWR. Asimismo, y como elemento más significativo, en este tipo de centrales el refrigerante sí se convierte en vapor, con lo cual es innecesario utilizar intercambiadores de calor, generándose más rendimiento (los intercambiadores de calor siempre sufren pérdidas), además de que el agua puede trabajar a menor presión. El riesgo estriba en que ese vapor, que se encuentra altamente contaminado, se utiliza para mover directamente las palas de las turbinas, y por tanto a mayor cantidad de circuitos por donde circula, mayor riesgo de que se produzcan fugas.

Otro punto de atención en lo que respecta a seguridad, es el balance de agua y vapor de agua que debe mantener el reactor; existe un factor crítico que debe ser controlado para evitar un sobrecalentamiento. Recordemos que el refrigerante utilizado es agua, por tanto si aumenta el vapor de agua será a costa de reducirse el nivel del líquido, lo cual acarrearía un sobrecalentamiento del núcleo del reactor que podría

destruirlo. Para mantener el equilibrio se dispone dos cubas de agua; una bajo el reactor, la cual facilita que el vapor se condense; y otra sobre él que permitiría, en caso de necesidad, soltar agua en grandes cantidades.

AGR:

Las centrales con reactores nucleares tipo AGR son de diseño totalmente distinto a las PWR y BWR. Cuentan teóricamente con mejores características de seguridad.

Aunque el combustible utilizado es uranio enriquecido, se emplea sin embargo dióxido de carbono a alta presión como refrigerante, y grafito como moderador. Las varillas de combustible van insertadas en trescientos agujeros practicados en un gran bloque de grafito, lo cual implica que el moderador no pueda ser retirado como en otros tipos de reactor; este hecho es quizá el punto negativo de este tipo de central, pues si es necesario detener la reacción hay que extraer las varillas de combustible del núcleo. El dióxido de carbono utilizado como gas refrigerante, se mantiene a presión en el bloque de grafito, el cual absorbe el calor producido en la reacción.

Todo el conjunto descrito se encuentra protegido por una gran envoltura de hormigón totalmente hermética, de grosor muy superior al de otras centrales, lo que minimiza las posibilidades de fugas radiactivas. De todas formas, en el supuesto de producirse una pérdida de refrigerante, la gruesa estructura de hormigón es capaz de absorber el calor durante el tiempo suficiente para que los sistemas de control detengan la reacción.

Aunque el reactor suele ser parado para efectuar la sustitución de combustible, en realidad esta central posee la ventaja de que las varillas de combustible podrían ser extraídas e insertadas en el núcleo de forma individual, permitiendo mantener el reactor en funcionamiento.

CANDU:

Las centrales dotadas de reactores CANDU (de desarrollo canadiense), han competido con éxito con las centrales PWR y BWR.

La estructura de estas centrales consta de un tambor de acero denominado *calandria*, el cual acoge el moderador que consiste en agua pesada a baja presión. Todo este conjunto generador de energía se encuentra alojado dentro de una bóveda de hormigón.

Al igual que el moderador, el líquido refrigerante es agua pesada, que se le hace circular a través de unos tubos que atraviesan horizontalmente la *calandria*. Asimismo, dentro de los tubos se sitúan las varillas de combustible (uranio enriquecido). El líquido refrigerante que circula por el interior de los tubos, se encuentra sometida a una gran presión para evitar que se transforme en vapor de agua, incluso a temperaturas elevadas.

En el tambor se encuentran también otro tipo de conductos, mediante los cuales se pueden introducir varillas de control que absorben neutrones (los frenan), permitiendo actuar sobre la reacción en el supuesto de que se produjese una pérdida de líquido refrigerante. Al igual que en las centrales AGR, en este tipo de reactor la pérdida

de refrigerante no implica pérdida de moderador, por lo que el mantenimiento de la reacción llegaría a sobrecalentar el núcleo finalizando con su destrucción, motivo por el que se disponen las varillas de control de emergencia.

La gran ventaja de este tipo de central radica en el rendimiento útil que proporcionan (hasta un 78%), mejorando las de su mayor competidora, las de tipo PWR, que sólo llegan a un 75%.

Reactores de enriquecimiento:

Un reactor de enriquecimiento no se utiliza básicamente para generar energía con destino al consumo. El objetivo principal es el de producir combustible que pueda ser utilizado en otros reactores.

El combustible utilizado en estos reactores es uranio 238. Se trata de un isótopo del uranio no fisionable, al contrario del uranio 235 que sí se utiliza en los reactores convencionales.

El plutonio 239 es un material fisionable. Se obtiene bombardeando el átomo de uranio 238 con un neutrón, que al descomponerse (debido a su inestabilidad) se desprende de un electrón, transformándose en plutonio 239. A su vez, una parte del plutonio generado se fisiona al recibir el impacto de un neutrón, que a su vez origina otros tres neutrones. Una cantidad de ese plutonio es conservado como combustible para su utilización por otras centrales nucleares.

Estructuralmente, la central posee un núcleo de uranio y plutonio enriquecidos, que generan los neutrones para bombardear los átomos de uranio 238. Éste último se encuentra situado alrededor del núcleo del reactor en forma de varillas, y es el material que se enriquecerá absorbiendo neutrones, para posteriormente convertirse en el combustible útil.

Este tipo de reactores se denominan de *neutrones rápidos*, debido a que no disponen de moderador. Los neutrones a alta velocidad tienen mayor dificultad para producir fisiones, por este motivo es necesario concentrar mucha más cantidad de material para que se produzca la reacción, sin embargo tienen la ventaja de incrementar la producción de plutonio 239, que es la razón de funcionamiento de este tipo de reactores.

Un reactor de enriquecimiento produce temperaturas de funcionamiento de unos 500 grados centígrados, muy superior al de otras centrales nucleares, por ello precisa disponer de un sistema de absorción del calor, que a su vez no absorba neutrones, con objeto de no actuar como moderador (del que no dispone). Para ello se emplea sodio, que es sólido a temperatura ambiente, pero que se torna líquido a la temperatura de trabajo. En un tanque de sodio actuando como refrigerante se halla sumergido todo el bloque; el sodio cede su calor a un intercambiador de calor que también contiene sodio (el motivo de aislarlos es que el sodio explota con el agua) y de ahí se transfiere finalmente a un circuito de vapor de agua para su aprovechamiento.

CAPITULO 2

Memoria justificativa

2.1 Especificaciones

Esta especificación define las características que va a tener nuestro SCADA requerido para la adquisición, control, tratamiento de datos, etc... de todas las variables de proceso relacionadas en análisis y muestreo del líquido BOP.

Debido a las características intrínsecas de las centrales de energía nuclear, en el diseño del sistema de control se ha hecho hincapié en la seguridad y la fiabilidad (equipos redundantes, dobles anillos en comunicación, alarmas, normas, certificaciones,...)

2.1.1 Leyes, normas y terminología utilizada

2.1.1.1 Leyes y normas utilizadas

En el presente proyecto se aplicarán todas las Leyes, Normas y Reglamentos Oficiales de carácter nacional o internacional que rigen este tipo de centrales energéticas.

En caso de duda o discrepancia entre distintas leyes se aplicará la más restrictiva. Las normas básicas que se aplicará son las siguientes (sin que esto implique que se puedan aplicar más normativa):

- IEEE 829: Software Test Documentation.
- IEEE 730.1: Software Quality Assurance Plans.
- ISA S5.1: Symbols and Identification of Instruments.
- IEC 801/EC 1000: Electromagnetic compatibility.
- IEC-1131: Standard Graphical Programming.
- IEEE C37.90.1: Surge Withstand Capability.
- EN 3810: Electronical and electrical test, measuring and process control equipment
- UL 508: Industrial Control Equipment
- EN 50178: Electronic Equipment for use in Power Installations

2.1.1.2 Terminología utilizada

La siguiente terminología se aplica en este proyecto:

- BOP: Balance of process
- E/S: Entradas y salidas
- SCADA: Sistema de adquisición y control de datos
- CB: Control Builder 3.2
- PPA: Process Portal A
- C&RP: Control and Recorder Panel
- TSS: Turbine Sampling System
- CDPSS: Condensate Polishing Sampling System
- ABS: Auxiliar Boiler Sampling System
- CSS: Condeser Sampling System

- BBDD: Base de datos
- FO: Fibra óptica
- VB: Visual Basic
- HW: Hardware
- SF: Software

2.1.2 Descripción funcional

El Sistema de Control Distribuido esta basado en una arquitectura de tres niveles: nivel de Operación, nivel de Control y nivel de Campo o Local.

El nivel de Operación incluye las funciones de operación y supervisión de la planta mediante las cuales podremos hacer históricos, alarmas, tendencias,...Para ello se dispondrán de un Puesto de Operación, así como de un Puesto de Ingeniería (integradas en el mismo equipo). Desde el punto de vista del Puesto de Operación, el operador se encargará de monitorizar todos los datos de interés para nuestro proceso y así como de actuar sobre determinadas válvulas y motores. Desde el Puesto de Ingeniería, el ingeniero podrá configurar y modificar la aplicación creada cambiando códigos, direcciones IP, modificando variables, etc.

El nivel de Control corresponde a las funciones de control y regulación mediante señales analógicas o digitales. Para dicha función se han previsto varios PLC's o controladores discretos dedicados a subsistemas que estarán comunicados con el resto de los elementos del SCADA. A partir del Nivel de Operación, en el Puesto de Ingeniería, descargamos la aplicación creada para cada PLC y éstos son los que actúan

sobre los módulos de entradas y salidas y reciben los datos de dichos módulos. Una vez que reciben los datos, los procesan y envían la información necesaria al Nivel de Operación y/o al Nivel de Campo.

El nivel de Campo o Local corresponde a los módulos de Entrada / Salida de señales analógicas o digitales de campo repartidas por la planta unidos al nivel de Control mediante fibra óptica. Estos módulos reciben las señales directamente de los sensores o equipos terminales como, por ejemplo, sensores de temperaturas.

Para el enlace e integración de la información entre los niveles se han previsto unas redes de comunicación, básicamente, divididas en red de Operación-Control y red de Control-Campo.

Por otro lado todas las áreas (*TSS*, *CDPSS*, *ABSS* y *CSS*. Estas áreas serán descritas posteriormente) tendrán capacidad de supervisión pero solo el área *CSS* tendrá capacidad de control. Debido a la seguridad de este tipo de centrales en control final de las válvulas y motores se realizará manualmente a partir de pulsadores accionados por operarios, solo en el área *CSS* se tendrá cierta automatización del proceso.

El sistema de muestreo y análisis del líquido BOP forma un grupo estanco y no se comunica con otras zonas de la central, exceptuando el puesto de Operación que se comunica con un cliente OPC (no es más que otro equipo informático situado en otra parte de la central) para visualizar una serie de variables. Dicho cliente será conocido por Foxboro RMU y queda fuera de nuestro proyecto, de hecho, será realizado por otra empresa. Nuestro cometido será generar las variables que se van a transmitir. Dicho

cliente está situado a 350 metros, aproximadamente, y dicha comunicación se realizará mediante fibra óptica.

2.1.3 Características técnicas

2.1.3.1 Características generales

El SCADA estará basado en microprocesadores y se centrará en la seguridad y fiabilidad del proyecto. El SCADA será el encargado de realizar el control analógico y digital, secuencias, sistema adquisición de datos, operación y supervisión.

2.1.3.2 Unidades procesadoras

El sistema se divide en cuatro áreas y cada una tendrá una unidad procesadora:

- Área 1: TURBINE SAMPLING SYSTEM(TSS)
- Área 2: CONDENSATE POLISHING SAMPLING SYSTEM(CDPSS)
- Área 3: AUXILIAR BOILER SAMPLING SYSTEM(ABSS)
- Área 4: CONDENSER SAMPLING SYSTEM(CSS)

Todos los procesadores de control manejarán una Base de Datos independiente y sincronizada constituida por las señales de entrada/salida o valores internos elaborados en los programas, cada uno de ellos podrá gobernar de manera autónoma su zona de influencia aún en el supuesto de quedar fuera de servicio los restantes. De esta manera aumentamos en fiabilidad y formamos áreas estancas en la Base de Datos, aún así,

podemos definir variables globales que actúen sobre todas las áreas (en este proyecto no han sido utilizadas).

En cualquier caso, ante un fallo de tensión del sistema, la memoria de cada PLC no se verá afectada ya que disponen de una batería como alimentación secundaria con una capacidad de autonomía en torno a 600 horas facilitando así la rápida puesta en funcionamiento de la planta una vez que se halla repuesto del fallo de tensión. Esta característica nos da una gran seguridad en caso de problemas de alimentación.

2.1.3.3 Entradas y salidas

A continuación se muestra en números de entradas y salidas previstas en cada área (por unidad):

	Entrada analógica	Entrada digital	Salida. analógica	Salida digital	Total
Área 1	5	25	0	25	55
Área 2	12	21	0	21	54
Área 3	8	17	0	16	41
Área 4	3	43	0	35	81
Total	28	106	0	97	231

TABLA 2.1

Como vemos tenemos un total de 231 señales por unidad siendo un total de 462 para todo el conjunto (Unit1 y Unit2).

Vamos a definir las características generales de las tarjetas que utilizaremos:

Entradas analógicas:

- Rango de medida: 4...20 mA, 0...10V
- Sobrerango: -5% / +15%
- Impedancia de entrada(en entrada de tensión): 290 KOhm
- Impedancia de entrada(en entrada de intensidad): ≥ 230 KOhm ,
 ≤ 275 KOhm
- Máxima entrada de tensión no destructiva: 30Vdc
- Resolución: 12 Bits
- Ciclo de actualización: 5ms
- Consumo de intensidad a 24V: 40mA
- Consumo de intensidad a 5V: 70mA
- Potencia disipada: 1.5W
- Filtro de entrada: 75ms
- Nivel de protección: IP20

Entradas digitales:

- Rango voltaje: 24 Vdc (18 to 30 Vdc)
- Voltaje entrada “1”: 15V a 30V
- Voltaje entrada “0”: -30V a +5V
- Intensidad nominal de entrada: 6mA a 24Vdc
- Impedancia de entrada: 3.5KOhm
- Consumo de intensidad a 5V: 50mA
- Potencia disipada: 1.8W

- Nivel de protección: IP20

Salidas digitales:

- Rango voltaje: 12-32Vdc
- Máxima intensidad de carga: 0.5A
- Máxima intensidad de cortocircuito: 2.4A
- Impedancia de salida: <0.4Ohm
- Consumo de intensidad a 5V: 80mA
- Potencia disipada: 2.1W
- Nivel de protección: IP20

Salidas digitales a Relé (libre potencial):

- Tipo de salida: Relé normalmente abierto
- Rango voltaje: 5-250 V dc/ac
- Máxima carga de intensidad: 3A
- Mínima carga de intensidad: 5mA
- Máximo número de operaciones por hora: 2000
- Potencia disipada: 2.9W
- Máximo número de operaciones en tiempo de vida:
 - Mecánico> 20millones
 - Eléctrico> 1millón
- Nivel de protección: IP20

2.1.3.4 Interfase hombre-máquina

Como interfase hombre-máquina se ha optado por ordenadores como estaciones de operación, a partir de esta interfase el operador es capaz de monitorizar y controlar todo el sistema de muestreo y análisis.

Exactamente las funciones de estos puestos serán:

- Manejo de alarmas
- Tendencias de determinadas variables analógicas
- Almacenamiento de información a partir de históricos
- Presentación de estadísticas e informes
- Control global del proceso
- Monitorización del proceso

Un listado de los equipos por unidad (este proyecto está formado por 2 unidades idénticas) se detallan a continuación junto con sus características técnicas:

1 Ordenador PC (DELL)

Arquitectura PCI/ISA

Procesador Pentium IV, 2,66 GHz

Memoria RAM 1 Gb.

Unidad disquetes 3 ½ “, 1’44 MB

Disco duro IDE 20 Gb

Unidad CD/DVD x 32 interna.

Ranuras de expansión 4 4.2” PCI (3 de 11” y 1 de 9”), 1 8XAGP

Un puerto serie, un puerto paralelo, 2 USB

Monitor color SVGA 19"

4 Tarjetas comunicaciones ETHERNET 10/100 PCI

1 Impresora de Inyección de tinta (HP)

HP business inkjet 3000

En red, y con una entrada de hasta 1.100 páginas y una salida de 300 páginas, la impresora proporciona un buen soporte a grupos de trabajo.

Incorpora 2 procesadores que la convierten en una impresora capaz, ideal para grupos de trabajo

Velocidad de impresión (negro, calidad normal, A4): hasta 14 ppm

Velocidad de impresión (color, calidad normal, A4): hasta 10 ppm

Tecnología de impresión: Inyección térmica de tinta HP

Calidad de impresión (negro, calidad óptima): hasta 1.200 x 600 ppp

Calidad de impresión (color, calidad óptima): hasta 2.400 x 1.200 ppp

En la estación de operación están tanto el Puesto de Operación como Puesto de Ingeniería. Para acceder a cada puesto se tendrá que conocer tanto el nombre de usuario como el password. Cada perfil tiene definido una serie de permisos y características propios así, por ejemplo, en el modo Operario no podremos modificar el código ni variar la configuración del sistema y en modo Ingeniero sí. Es una medida de seguridad que nos garantiza que personas sin conocimientos necesarios puedan producir graves daños, fortuitos o no, a nuestro sistema.

2.1.3.5 Comunicaciones

Las comunicaciones deben basarse en la optimización de la capacidad de transmisión y en la fiabilidad. La capacidad en la transmisión de datos la conseguimos mediante el uso de medios de transmisión como la fibra óptica. Este medio será utilizado en aquellos puntos donde la distancia a recorrer sea grande, además, la fibra óptica es ideal para ambientes industriales donde las interferencias electromagnéticas son elevadas (EMI) ya que poseen inmunidad ante ellas. La fiabilidad la conseguimos mediante redundancia en los equipos. Así tenemos un doble anillo que nos garantiza que en caso de rotura de un enlace seguiremos teniendo comunicación. También poseemos dobles módulos remotos de FO que comunican las tarjetas de entrada y salida con los PLC, de tal forma, que en caso que fallase un módulo el otro garantizaría la continuidad de la comunicación.

Además de todo esto, cualquier tipo de fallo de comunicación activará inmediatamente una alarma tanto en la pantalla del puesto de operación como en el anunciador de alarmas (no es más que un conjunto de bombillas con un texto asociado) situados en un Panel de Control conocido como Control & Recorder Panel (C&RP).

En el diseño de la arquitectura de las comunicaciones se ha intentado establecer un criterio de separación de redes según las funciones y características de datos a transferir en cada caso.

Comunicaciones Nivel Campo-Nivel Control:

La comunicación entre PLC y las unidades de entrada/salida se realizará mediante fibra óptica multimodo utilizando el protocolo ModuleBus para ello

utilizamos un módulo especial para ModuleBus, gracias al cual, podemos conectar los distintos módulos de entradas y salidas y enviar la información mediante dicho protocolo. La distancia entre el PLC y el equipo remoto ModuleBus no supera los 5 metros.

Comunicaciones Nivel Control-Nivel Operación:

La comunicación entre PC y PLC se hará mediante fibra óptica utilizando Ethernet como protocolo. La distancia total del anillo es, aproximadamente, de 1000 metros.

Como hemos comentado anteriormente para garantizar la fiabilidad, las unidades remotas constan de una unidad de redundancia de tal forma que si cae una la otra se activa automáticamente, además se informa al nivel de operación para tomar las medidas necesarias. Igualmente la comunicación Ethernet forma un doble anillo garantizando la redundancia en comunicación.

Comunicación externa:

Es necesario que la estación de operación se comunique con el cliente OPC Foxboro RMU, esta comunicación se realiza mediante OPC siendo nosotros el servidor. El único objetivo de esta comunicación es enviar información a otra zona de la central para que la monitoricen y almacene, en ningún caso el cliente tendrá capacidad para actuar sobre nuestro sistema. Para dicha comunicación utilizaremos fibra óptica como medio de comunicación y se encuentra situado a 350 metros, aproximadamente, del Nivel de Operación.

2.1.3.5.1 Inmunidad ante interferencias

Tenemos que tener garantizado la inmunidad del SCADA, así el sistema será capaz de operar en la central nuclear en la cual no se pueden evitar la presencia EMI, campos impulsos eléctricos y diversos potenciales de redes de tierra.

El SCADA será diseñado para poder funcionar con plenas garantías ante EMI generado en sistemas móviles de comunicación por radio, por teléfono o por microondas.

2.1.3.5.2 Redundancia

Vamos a analizar más profundamente la redundancia ya que es una premisa en nuestro proyecto.

Para garantizar redundancia en las comunicaciones ya hemos visto que tenemos un doble anillo entre el Nivel Operación y Control, así nos aseguramos que si cae un anillo por rotura u otra causa el sistema sigue funcionando. Cada PC posee 4 tarjetas PCI para comunicación Ethernet: dos de ellas sirven para el doble anillo las otras dos son para comunicarse en redundancia con el cliente OPC.

También hemos visto que la comunicación entre el Nivel de Control- Nivel de Campo es redundante, esta duplicidad se consigue con un módulo especial que posee montados 2 equipos remotos para comunicación de tal forma que cada equipo está conectado a un PLC (maestro o redundante) y solo está activo el conectado al maestro. Si se rompe la comunicación con el módulo remoto maestro se conmutará

automáticamente al módulo remoto secundario dando también una señal de alarma, además, se activa el PLC redundante y el equipo remoto conmuta al segundo equipo que transmite la información de las unidades de entrada y salida al redundante.

A parte de todo esto cada área posee 2 PLC en redundancia, de tal forma que uno está de maestro y el otro como esclavo, en el momento que uno caiga el otro asume el papel de maestro, se informa al Nivel de Operación y se toman las medidas oportunas. Cada PLC está conectado a uno de los equipos remotos mencionado anteriormente. Solo estará activo aquel que esté conectado al PLC maestro.

Cada área posee su pareja PLC maestro- esclavo independiente a las demás. En realidad con el número de señales que tenemos no es necesario tantos PLC, el hecho de tener una pareja PLC por área, con el aumento de gasto por parte del cliente, es por motivos de seguridad así cada área es estanca a las demás.

Como ya se ha dicho cualquier fallo de comunicación es informado inmediatamente al Nivel de Operación enviando una alarma y cambiando el color de las variables afectadas en las pantallas del SCADA, sin embargo, no afecta al resto de las áreas que pueden seguir siendo monitorizadas por el operador.

2.1.4 Características funcionales del SW

2.1.4.1 Características del SW

La misión principal del SW se puede dividir en dos partes fundamentales:

- Capacidad de generar la lógica necesaria para el funcionamiento de válvulas, motores, analizadores, etc.
- Generar el interfaz gráfico hombre- máquina: alarmas, tendencias, faceplates, iconos de válvulas, etc.

Estos puntos se detallarán en apartados posteriores.

La base de datos será independiente para cada área siendo muy fácil su ampliación. De este modo aseguramos una BBDD estanca. Este hecho tiene la ventaja que si tenemos una gran cantidad de variables que funcionalmente realizan una misma labor en distintos bloques tan solo tenemos que copiar y pegar, sin conflictos de poner variables con el mismo nombre en distintas áreas. Además evita la creación de inmensas bases de datos donde es fácil perderse y confundirse.

Nuestro SW nos garantiza una gran cantidad de funciones para solucionar nuestros problemas, desde funciones típicas como contadores hasta completos PID con numerosas opciones así como la programación gráfica (mediante VB) siguiendo el estándar IEC 61131-3. Además, podemos crear nuestras propias funciones según nuestras necesidades.

Podremos generar funciones que se ejecuten a distintas velocidad según tengamos procesos que necesiten que refresquen sus variables más o menos rápidamente. Exactamente podemos tener funciones de ciclo lento, normal o rápido. En cada uno de estos ciclos, nosotros definimos el tiempo de ejecución. Por defecto el ciclo lento está puesto en 1000 ms; el ciclo normal en 250 ms y el rápido en 50 ms.

Podemos trabajar on-line u off- line , teniendo también la posibilidad de simular. Así primero probamos y si los resultados son satisfactorios descargar el código a los PLCs.

Nuestro código debe ser capaz de generar bloques funcionales (unidades que por si misma tengan sentido físico como, por ejemplo, una válvula o un motor), secuencias, enclavamientos, procesamiento de señales analógicas y digitales,...

A continuación se detallan las funciones básicas que debe realizar nuestro SW:

- Visualizar todas las variables necesarias
- Poder variar aquellas variables que nos exija el cliente
- Gestionar toda la información relacionada con las alarmas(anuncio, visualización, registro, almacenamiento, etc)
- Mostrar luces on-off de los equipos
- Acondicionamiento de la señal (filtrado, eliminación del ruido, linealización,...)
- Funciones lógicas(AND, OR, etc)
- Contadores
- Generador de pulsos
- Retrasos
- Cálculo y análisis estadístico
- Paso de modo manual a automático y viceversa de manera suave
- Generar los siguientes bloques funcionales:

- Motores
 - Válvulas
 - Analizadores
 - Etc...
-
- Capacidad para crear secuencias

2.1.4.2 Representación en pantalla

El método más rápido e intuitivo para interactuar el operador con el sistema es mediante una pantalla donde se muestren de manera gráfica todos los procesos.

Mediante una serie de pantallas divididas por áreas el operador puede fácil y rápidamente ver las distintas variables y controlar en todo momento el proceso.

Estas pantallas están diseñadas a partir de los P&IDs que nos han sido suministrados por la empresa A&C (Análisis y Control). Al ser nuestro trabajo parte de un proyecto mayor, tenemos que seguir una serie de normas en la representación de los distintos elementos, para homogeneizar el conjunto. Como ejemplo, los colores de los elementos de pantalla, fondo, alarmas,... Principalmente, se ha hecho especial hincapié en el significado de los colores.

A continuación mostramos las especificaciones de colores que nos facilitaron:

- Cyan: Color de relleno designado a los elementos dinámicos en condición de presente como bomba funcionando, válvula abierta, alimentación encendida, sistema en servicio, etc.
- Blanco: Color de relleno designado a los elementos dinámicos en condición de ausente como bomba parada, válvula cerrada, alimentación apagada, sistema en fuera de servicio, etc.
- Rojo: Color de relleno designado a los elementos dinámicos motor tripped o en condición anormal.
- Magenta: Color de fondo designado a señales que no llegan (fallo de comunicación) de campo. Los datos erróneos deben señalizarse con asteriscos negros en vez de dígitos.
- Amarillo: Designado para etiquetas que indiquen el estado auto/ manual o local/remoto

2.1.4.3 Gestión de alarmas

En este proyecto tenemos gran cantidad de alarmas debido al peligro intrínseco que tiene este tipo de centrales. Podemos tener alarmas por superación de un nivel analógico de seguridad, por válvulas abiertas sin tener que estarlo, por motores, falta de alimentación, fallos en el PLC,... Aunque tenemos la posibilidad de asignar un nivel de prioridad a cada alarma y definir una serie de características (color, sonido,...) según

dicho nivel, en este proyecto, todas las alarmas poseen en mismo nivel de prioridad y se actuará de la misma forma.

Las alarmas se mostrarán en la parte superior de la pantalla (independientemente del área en que esté en ese momento el operador) así como una variación en el color del elemento afectado (en la pantalla donde esté el elemento).

La secuencia de alarma será la siguiente:

Cuando se detecte una alarma se generará una señal audible en el C&RP, además se iluminará la bombilla (cada C&RP posee un anunciador de alarmas. No es más que una serie de bombillas con un texto asociado) correspondiente parpadeando de forma rápida y, al presionarse el botón de reconocimiento se silenciará la señal audible y la bombilla pasará a quedarse encendido sin parpadear.

Cuando la condición que ha hecho saltar la alarma vuelva a estado normal, la bombilla parpadeará de manera lenta y continuará así hasta que se pulse el botón de reset. Si la condición vuelve a normal antes que el botón de reconocimiento sea pulsado, la señal audible desaparecerá y la bombilla cambia directamente de rápido a lento parpadeo.

El operador dispondrá de páginas con resúmenes de alarmas, que le indicarán cuando han ocurrido (día y hora), tipo de alarma, etc.

2.2 Justificación de ABB

El SCADA de ABB es un sistema de control abierto, modular y escalable, su versatilidad nos proporciona un amplio campo de aplicación pudiendo ser utilizado en diversos tipos de plantas de control desde centrales térmicas hasta nucleares como es nuestro caso.

ABB es una de las grandes empresas de la ingeniería y, por lo cual, está presente en todos los sectores de la industria. En el sector eléctrico, está especializado en plantas de generación, cogeneraciones, biomasas, incineradoras y energías renovables, con amplia lista de referencias fundamentalmente en Europa y Norteamérica.

Las principales características del SCADA de ABB son:

- Arquitectura abierta, modular y escalable
- Control analógico y digital
- Control y supervisión
- Lenguajes de programación estándares IEC-61131-3.
- Completamente redundante tanto en HW como SW
- Conectividad con otros sistemas

Las principales características del Hardware de Control son:

- Puestos de operación sobre Windows.

- Red abierta que permite comunicar con PLC's, interfases OPC y con otros protocolos del mercado.
- Varios tipos de E/S:
 - I/O rack sobre Bus VME.
 - I/O Power integradas en campo.
 - I/O Integradas en campo.
 - Tarjetas de comunicaciones Profibus DP y Fieldbus

Las principales características del sistema ABB desde el punto de vista SW son:

- SW de programación
- SW de gestión
- SW de estadística
- Ingeniería y Mantenimiento
- Operación
- Históricos
- tendencias
- Emisión de Informes
- Procesos BackUp y Restore
- Comunicación OPC (nosotros seremos el servidor)

El SCADA de ABB, cumple con lo requerido en la especificación, descrito de forma general a continuación:

- Dispone de una amplia variedad de funciones para la creación de módulos de control así como para la programación gráfica que cumple con la Normativa IEC-61131-3.
- En el sistema podemos trabajar tanto en “on-line” como en “off-line”, además de poder simular el proceso. Esto nos permite probar nuestra aplicación antes de realizar la descarga a los PLCs.
- La modificación de un bloque funcional creado no implica grandes costes en tiempo ya que automáticamente se actualizan los cambios en todos los lugares donde se estén utilizando dicho bloque no teniendo que realizar la modificación uno a uno.
- La base de datos del SCADA incluye todos los datos necesarios sobre la adquisición de información de proceso, sobre el control del proceso, comunicación con el operador, etc.
- ABB nos proporciona toda la gestión de las alarmas para generar informes, tendencias, etc.

CAPITULO 3

Descripción del sistema

3.1 Introducción

En este capítulo vamos a describir nuestro proyecto, para ello primero vamos a hacer una breve introducción sobre la arquitectura del sistema ayudado por un plano general; posteriormente, analizaremos en profundidad los procesos involucrados en cada área para, finalmente, mostrar los armarios de control y equipos HW utilizados.

3.2 Arquitectura del sistema

En una primera aproximación, a grandes rasgos, podemos decir que nuestro proyecto se divide tres niveles (Nivel de Campo, Nivel de Control y Nivel de Operación). Estos niveles a su vez se comunican mediante dos redes (Red de comunicación Nivel de Operación-Nivel de Control y Red de Comunicación Nivel de Control-Nivel de campo). Además tenemos una comunicación externa a través de OPC con un cliente.

Observemos el siguiente plano, con detalle:

Plano arquitectura del sistema

El Nivel de Operación corresponde con el PC (1G62-OS-CLA), dicho PC se comunica tanto con el cliente OPC como con los niveles inferiores.

Para la comunicación con el cliente OPC utilizamos dos tarjetas Ethernet garantizando así la redundancia. Si nos fijamos la salida de dichas tarjetas instaladas en el PC se realiza en par trenzado por lo que necesitamos un equipo que pase de par trenzado a fibra óptica como medio de transmisión, estos equipos son los Transceiver 1x100 BaseT and 1x100 BaseFX (1G62-RT2TXFX-CLA y 1G62-RT2TXFX-CLB).

Para la comunicación con los niveles inferiores disponemos de dos tarjetas Ethernet, con dichas tarjetas creamos un doble anillo de tal forma que la seguridad y redundancia está asegurada. A la salida de las tarjetas instaladas en el PC se encuentra dos equipos Hub 3x10 BaseT + 2x10 BaseFL (1G62-RH1TPFL-CLA y 1G62-RH1TPFL-CLB) que son diferentes de los equipos anteriores Transceiver 1x100 BaseT and 1x100 BaseFX ya que ,además, de pasar de par trenzado a fibra óptica son los que gestionan el anillo. A cada equipo Hub 3x10 BaseT + 2x10 BaseFL le entra la salida de una tarjeta Ethernet y utilizamos dos salidas: una para el comienzo del anillo y la otra que lo cierra. El segundo equipo es redundante.

Una vez que llega la fibra óptica a su destino tenemos que volver a convertir a par trenzado y, además, seguir formando el anillo. Para ello utilizamos los equipos definidos como 1G62-RH1TPFL-5002A, 1G62-RH1TPFL-5002B, 1G62-RH1TPFL-5011A, 1G62-RH1TPFL-5011B, 1G62-RH1TPFL-5008A, 1G62-RH1TPFL-5008B, 1G62-RH1TPFL-5005A y 1G62-RH1TPFL-5005B (son idénticos equipos que los 1G62-RH1TPFL-CLA y 1G62-RH1TPFL-CLB). Utilizamos una de sus entradas de par

trenzado para el PLC maestro y otra para el redundante. Las salidas de FO se utilizan para continuar la comunicación en anillo y sirven para asegurar la redundancia. Si cae un PLC maestro, el secundario al pasar a activo recibe la misma información. Además de esta duplicidad de PLCs, los equipos comentados en este párrafo 1G62-RH1TPFL-5002A,... también están dobles (Poseemos dos por cada área, teniendo un total de ocho, como vemos en el plano). De esta forma, volvemos a garantizar la seguridad con un doble anillo.

Finalmente, tenemos los PLCs (Dos por cada área creando redundancia) definidos como 1G62-PM861-5002A, 1G62-PM861-5002B, 1G62-PM861-5011A, 1G62-PM861-5011B, 1G62-PM861-5008A, 1G62-PM861-5008B, 1G62-PM861-5005A y 1G62-PM861-5005B . Dichos PLCs se comunican mediante fibra óptica con el Nivel de Campo mediante el protocolo ModuleBus. Para esta comunicación poseemos los módulos remotos de fibra óptica(1G62-TU841-5002A, 1G62- TU841-5011A, 1G62-TU841-5008A y 1G62- TU841-5005A),nuevamente, estos módulos están dobles para garantizar, en caso de que fallo, que el otro pase a activo y lo sustituya.

Como estamos viendo en este apartado la redundancia es un punto crítico en este proyecto. Cada equipo está en duplicado y, además, la comunicación también posee duplicidad. Es prácticamente imposible que el sistema caiga si no es por un fallo general y simultáneo en toda la planta.

3.3 Descripción funcional

En este apartado vamos a describir con detalle el diagrama del proceso de muestreo y análisis del líquido BOP de la central nuclear. Para ello adjuntaremos los P&ID de las cuatro áreas que conforman nuestro proyecto. A partir de dichos P&ID nos será más fácil entender todo el sistema.

Plano funcional del área TSS 1/2

Plano funcional del área TSS 2/2

Por tanto, según lo comentado en los párrafos anteriores, vamos a comenzar con el área 1:

TURBINE:

Este área se encarga del muestreo continuo en varios sistemas de la central y obtención de vapor. Debido a las largas distancias entre los puntos de muestra y los paneles de estos sistemas, es necesario colocar equipos que condensen muestras de vapor en el lugar de toma para facilitar su transporte.

A primera vista vemos como llegan 12 líneas desde distintas partes de la turbina, estas líneas poseen agua. Como comentamos en el párrafo anterior este agua no es sino vapor a muy alta presión para convertirlo en agua ya que es mucho más fácil su transporte y análisis. Vemos que después cada conducto pasa por un sample cooler (1G62-CLR-5001A, 1G62-CLR-5001B, 1G62-CLR-5001C, 1G62-CLR-5001D, 1G62-CLR-5001E, 1G62-CLR-5001F, 1G62-CLR-5001G, 1G62-CLR-5001H, 1G62-CLR-5001J, 1G62-CLR-5001K y 1G62-CLR-5001L)excepto la última línea (“Condensate”) que no posee sample cooler. Gracias a este elemento conseguimos que se enfríe el líquido contenido en los conductos ya que la temperatura a la que nos llega es muy elevada (en torno a 250°), esta disminución de temperatura lo conseguimos con el agua que nos llega desde el CDPSS (posee una temperatura aproximada de 35°), este agua se calienta por intercambio de temperatura con el líquido de las líneas así que devuelto al CDPSS para que se enfríe nuevamente. La temperatura final del líquido después de haber pasado el sample cooler es en torno a 60°. La línea “Condensate” no necesita sample cooler ya que la temperatura del líquido que posee no es elevada.

Como medida de seguridad tenemos un sensor de temperatura por línea (excepto la última línea) dichos sensores son llamados: 1G62-TS-5001A, 1G62-TS-5001B, 1G62-TS-5001C, 1G62-TS-5001D, 1G62-TS-5001E, 1G62-TS-5001F, 1G62-TS-5001G, 1G62-TS-5001H, 1G62-TS-5001J, 1G62-TS-5001K y 1G62-TS-5001L. Si la temperatura en la línea es superior a un nivel de alarma se actúa sobre la válvula asociada al sensor, además se genera una señal de alarma. (Los tags asociados a dichas válvulas son : 1G62-SBV-5200, 1G62-SBV-5201, 1G62-SBV-5202, 1G62-SBV-5203, 1G62-SBV-5204, 1G62-SBV-5205, 1G62-SBV-5206, 1G62-SBV-5207, 1G62-SBV-5208, 1G62-SBV-5209 y 1G62-SBV-5210).

Mediante el isothermal bath conseguimos enfriar aún más el líquido ya que los analizadores y los equipos de medida que tenemos posteriormente no soportan temperaturas mayores de 40°. Gracias al chiller(no es más que un equipo que le llega agua a temperatura ambiente y la enfria) y al isothermal bath garantizamos que el líquido que sale posea una temperatura menor de 25°, suficiente para asegurarnos que no se producirán daños en los analizadores.

Una vez pasado el isothermal bath el líquido llega al punto donde se puede tomar la muestra físicamente (para un posterior análisis químico completo) llamado Grab Sample o realizar un análisis mediante analizadores que nos indican, en tiempo real, medidas específicas.

De las 12 líneas que tenemos 2 utilizan analizadores, dichas líneas son las llamadas “Feedwater” y “Condensate” que son respectivamente las líneas 10 y 12.

El primero de ellos (Línea 10) al igual que en el caso anterior pasan por un enfriador (sample cooler) (1G62-CLR-5001K) y, después, pasa por una válvula (1G62-SBV-5209) que posee un sensor de temperatura (1G62-TS-5001K); posteriormente, pasan por el isothermal bath, sin embargo, en vez de ir a la toma de muestra la línea se divide en dos: uno pasa a un filtro (1G62-FLT-5001K) para eliminar impurezas y suciedad que pueda haber y, finalmente, a un analizador (1G62-AE-5001K3). Este analizador da al operario información sobre la conductividad específica (se mide en uS/cm); el otro subconducto va directamente a otro analizador (1G62-AE-5001K2) que da información sobre el oxígeno disuelto en líquido (se mide en ppb -partes por billón).

La segunda (Línea 12) se divide en dos subconductos: uno pasa a un filtro (1G62-FLT-5001K) para eliminar impurezas y suciedad que pueda haber y, finalmente, a un analizador (1G62-AE-5001R3). Este analizador da al operario información sobre la conductividad específica; el otro subconducto va directamente a otro analizador (1G62-AE-5001R2) que da información sobre el oxígeno disuelto en líquido.

Estos analizadores tienen definidos unos niveles mínimos y máximos, además, de un nivel de alarma ajustable por el operador. Si se supera dicho nivel se produce una alarma.

Plano funcional del área CDPSS 1/2

Plano funcional del área CDPSS 2/2

CONDENSATE POLISHING:

Esta área se encarga del muestreo continuo del sistema limpieza por condensado de muestra de la central.

Básicamente en este área se realiza un análisis de las 14 líneas, para ello pasa primero por el isothermal bath (a diferencia del área anterior no poseen sample cooler ni sensores de temperatura, esto es debido a que la temperatura del líquido que nos llega no es elevada) y ,posteriormente, pasan a un filtro (1G62-FLT-5004A, 1G62-FLT-5004B, 1G62-FLT-5004C, 1G62-FLT-5004D, 1G62-FLT-5004E, 1G62-FLT-5004F, 1G62-FLT-5004G, 1G62-FLT-5004H, 1G62-FLT-5004J, 1G62-FLT-5004K) para, finalmente, ser captados por los analizadores. Se realizan muestras de oxígeno disuelto mediante el analizador 1G62-AE-5004A1 y muestras de conductividad específica con los analizadores 1G62-AE-5004A2, 1G62-AE-5004B, 1G62-AE-5004C, 1G62-AE-5004D, 1G62-AE-5004AE, 1G62-AE-5004F, 1G62-AE-5004G, 1G62-AE-5004H, 1G62-AE-5004J y 1G62-AE-5004K

La primera línea tiene una pequeña variación, después de pasar su filtro (1G62-FLT-5004A) se divide en dos subconductos. Cada uno posee un analizador: 1G62-AE-5004A1 y 1G62-AE-5004A2, comentados en el párrafo anterior.

Plano funcional del área ABSS

AUXILIAR BOILER:

Esta área se encarga del muestreo continuo del vapor y entrada de agua de caldera auxiliar de la central.

Posee dos líneas principales que se subdividen en 5 (3+2). Cada uno de los dos conductos principales pasa primero por un sample cooler(1G62-CLR-5007A1 y 1G62-AE-5007B1), también tenemos un sensor de temperatura (1G62-AE-5007A y 1G62-AE-5007B), cada uno asociado a una válvula (1G62-AE-5310 y 1G62-AE-5011).

A continuación describimos los subconductos. El primero de ellos llega hasta un analizador del nivel Sodio(se mide en ppb -partes por billón) (1G62-AE-5007A2); el segundo posee dos analizadores: un analizador de conductividad específica (1G62-AE-5007A3) y a un analizador de conductividad catiónica (1G62-AE-5007A5) colocados antes y después de la columna catiónica(estе equipo, al pasar el agua por una resina, nos permite calcular la conductividad catiónica) ; el tercero a un analizador del nivel de pH(se mide en pH) (1G62-AE-5007A4); el cuarto posee dos analizadores: un analizador de conductividad específica(1G62-AE-5007B1) y a un analizador de conductividad catiónica (1G62-AE-5007B2) colocados antes y después de la columna catiónica y el quinto a un analizador de oxígeno disuelto(se mide en ppb -partes por billón) (1G62-AE-5007B3).

Plano funcional del área CSS

CONDENSER:

Esta área se encarga del muestreo continuo en los tubos de condensado y para el análisis de conductividad en los pozos calientes de condensado de la central.

Es algo distinta a las demás áreas ya que tiene dos modos de operación: automático o manual. Para que funcionen estos modos hay que pulsar girar un selector ubicado en el C&RP. En el modo automático se activa una secuencia que va abriendo las válvulas siguiendo un orden. Va abriendo y cerrando las válvulas de izquierda a derecha, mantiene durante 5 segundos una válvula para después cerrarla y abrir la siguiente. Es decir para ser exactos la secuencia de válvulas es: 1G62-SBV-5295, 1G62-SBV-5297, 1G62-SBV-5299, 1G62-SBV-5301, 1G62-SBV-5303 y 1G62-SBV-5305; volviendo a la válvula 1G62-SBV-5295 nuevamente y continuando la secuencia. Para ello el sistema debe estar encendido (START), si está en modo apagado (STOP) las válvulas estarán cerradas. En el modo manual es un operario quien abre y cierra las válvulas a su elección. Si pasamos de modo automático a manual la válvula que estuviese abierta seguirá abierta aunque se parará la secuencia y ya el operario se encargará de gestionar las válvulas. Si pasamos de manual a automático se cerrarán todas las válvulas que ese momento estuviesen abiertas y se empezará la secuencia.

Posteriormente el líquido continuará su recorrido pasando por unas bombas. Exactamente tenemos 3 bombas (1G62-P-5010A, 1G62-P-5010B y 1G62-P-5010C), una de las cuales está de reserva por si falla alguna de las otras dos. Cada bomba tiene asociada dos válvulas(la bomba 1G62-P-5010A posee las válvulas 1G62-V-5007 y 1G62-V-5006; la bomba 1G62-P-5010B posee las válvulas 1G62-V-5015 y 1G62-V-5014 y la bomba 1G62-P-5010C posee las válvulas 1G62-V-5011 y 1G62-V-5010) que

deben estar abiertas ambas para que funcione el motor. En caso de que alguna de las dos no estuviese abierta cuando el motor funcionase se pararía el motor y se generaría una señal de alarma.

También podemos ver que tenemos dos válvulas(1G62-V-5012 y 1G62-V-5013) cuya misión es dejar paso o no a las bombas, en función de cuál esté abierta permite que el líquido pase por solo la bomba 1G62-P-5010C ; pase por las bombas 1G62-P-5010B y 1G62-P-5010C; las tres bombas a la vez 1G62-P-5010A, 1G62-P-5010B y 1G62-P-5010C o por ninguna.

Posteriormente, tenemos una válvula 1G62-SV-5010, asociada a un sensor de temperatura 1G62-TS-5010, que se cerrará en caso de una temperatura elevada en el conducto. Finalmente, tenemos dos analizadores colocados antes y después de una columna catiónica: el analizador 1G62-AE-5010A2 mide conductividad catiónica y el analizador 1G62-AE-5010A1 mide conductividad específica.

3.4 Descripción técnica

3.4.1 Descripción armarios de control

En este apartado vamos a describir los armarios que guardarán nuestros PLCs así como todo lo relacionado con ellos (alimentación, módulos de entrada y salidas, pulsadores, selectores, etc). Estos armarios han sido diseñados por Inabensa(Grupo Abengoa). Son un total de ocho armarios (cuatro para Unit 1 y cuatro para Unit 2).

Características generales:

- Son solo de acceso posterior
- Altura: 1950 mm
- Anchura: 1000 mm
- Profundidad: 600 mm
- Grosor: 30 mm
- Material: Acero carbonizado
- Peso: 300 Kg aproximadamente

Debido a la similitud entre los armarios analizaremos en profundidad el del TSS siendo los demás análogos. Solo el CSS posee ciertas diferencias que describiremos, posteriormente.

Plano armario área TSS

En la parte anterior todos los armarios poseen una serie de elementos comunes como son el Anunciador de alarmas (AlarmAnnuciator)[1], videorecorder[2] , los botones de reset[3], asentimiento(ack)[4] y test de lámparas(lamp test)[5]. El AlarmAnnuciator no es sino una serie de lámparas que se encienden cuando se produce una alarma iluminándose según el protocolo descrito en el apartado “2.1.4.3 Gestión de alarmas”. Cada lámpara posee un texto indicando su origen. Los botones de reset, ack y lamp test sirven para gestionar las alarmas que aparecen, al igual que en el caso anterior, siguen el protocolo. El videorecorder es un equipo que nos permite monitorizar directamente las señales analógicas de los armarios pudiendo ver tendencias, guardar históricos, generar mensajes en la pantalla, volcar la información sobre una tarjeta de memoria para, posteriormente, descargarla en un ordenador, etc... En definitiva en una forma fácil y rápida de visualizar nuestras variables analógicas.

La tensión que nos llega es de 110Va.c. con este voltaje suministramos energía a las fuentes de alimentación. Tenemos dos fuentes de 24Vd.c. (10A) [38 y 39] que a su vez alimenta a los demás equipos, excepto a los PLCs y al bus de comunicaciones que poseen sus propias fuentes de alimentación de 24Vd.c. (5A) [41 y 42]. Todas las fuentes, como vemos en el plano, están en redundancia, de tal forma, que si cae una de las dos el armario sigue funcionando sin problemas. Poseemos una serie de interruptores de AC [6-10,30-32 y 35] y DC [11-17], para separar los equipos y solo alimentar aquellos que deseemos. Los elementos 45-46 (Vary-Face) nos permite distribuir una señal a distintos puntos del armario. También tenemos una serie de aisladores galvánicos [47-50].

En cuanto al autómata en sí, tenemos todos los equipos relacionados en la parte central del armario (PLCs, Módulos de entradas y salidas, etc[18-28]). Además, están los Hubs[43 y 44] que formarán el doble anillo de comunicaciones.

Finalmente, también tenemos en el armario una serie de equipos auxiliares como una pareja de ventiladores[54 y 55], fluorescente para iluminar el armario[52], un sensor de puerta abierta [53], una caja de conexión de fibra óptica [51], un protector de interferencias para la alimentación [37], un relé[33] para la alimentación del C&RP, un termostato para configurar la temperatura a partir de la cual consideramos que se ha superado el nivel de alarma en el C&RP [34] y un claxon de alarmas[36].

Plano armario área CSS

Este armario posee ciertas diferencias respecto a los otros ya que posee el modo manual-automático, así que necesitamos pulsadores para encender y apagar motores y válvulas. Como vemos en el plano, en la parte anterior tenemos dichos pulsadores [51,52 ,24-29,31-33] así como el selector de manual-automático [30]. Los pulsadores a su vez tienen asociados unas lámparas [49,50 ,18-23.46-48] que se iluminan cuando se produce la acción seleccionada. Disponemos de relés para los motores de 480V que gestionarán las bombas [58-60] y una caja de alimentación [54] independiente para dichos motores.

A modo informativo mostramos los C&RP de las 2 áreas que no hemos comentado debido a la similitud con el área 1 (TSS).

Plano armario área CDPSS

Plano ármario área ABSS

3.4.2 Descripción HW

Las características de las estaciones de operación en la sala de control son:(no olvidar que el proyecto lo forman 2 unidades idénticas)

- Ordenador modelo Optiplex GX270 Pentium IV, 1 Gb RAM, IDE HDD, CD-ROM, 4 Tarjetas de Red, Teclado, Ratón, Windows 2000+ SP4, monitor 19”, todo ello marca Dell.
- Arquitectura de Red en doble anillos Ethernet sobre Hub Hirschmann modelo RH1-TP/FL
- Un conjunto completo de mobiliario para acomodar los equipos de control ofertados.
- Impresora de inyección de tinta modelo Business Inkjet 3000 de HP.

Las características de los módulos de control son las siguientes:

8 (4+4) Módulos procesadores ABB AC 800 M/C redundantes:

- Microprocesador MPC 860/48 Mhz
- 8MB de memoria RAM
- 2Mbyte de Flash PROM
- Controladores de ModuleBus ASIC y CEX-Bus
- La memoria guarda una versión ejecutable del Firware, la configuración del sistema del controlador y el programa de aplicación.
- Dos puertos Ethernet

- Puerto comunicación serie RS-232C con señales de control módem, los protocolos disponibles para ese puerto son: MODBUS, COMLI, Siemens 3964R o protocolos diseñados para la aplicación
- Un puerto especial para la conexión de la herramienta de configuración y que está aislado

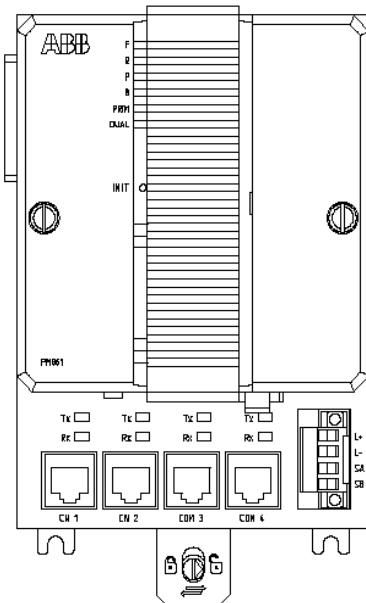


FIGURA 3.1



FIGURA 3.2

5 módulos de entradas analógicas AI810:

- 8 canales de 0...20 mA, 4...20 mA, 0...10 V o 2...10 V d.c.
- grupo de 8 canales aislado con tierra
- 12 Bits de resolución
- Protección para 30 V por PTC
- Entradas analógicas cortadas por circuitos de seguridad por ZP o +24 V
- Protección EMC
- Montado sobre rail normalizado DIN

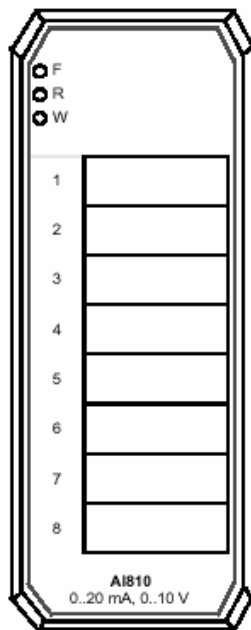


FIGURA 3.3

8 módulos de salidas digitales DO810:

- 16 canales de 24Vd.c. para salidas de intensidad
- 2 grupos aislados de 8 canales con supervisión de voltajes
- Indicadores del status de la salida

- Protección para cortocircuitos
- Protección para sobrevoltajes y sobretensiones
- Protección EMC
- Montado sobre rail normalizado DIN

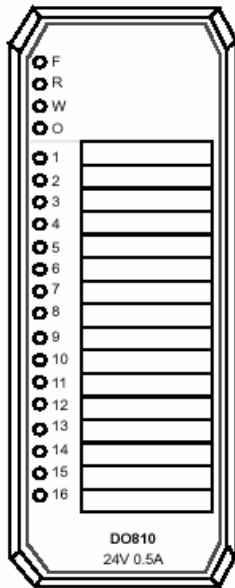


FIGURA 3.4

4 módulos de salidas digitales DO820:

- 8 canales de 230 V a.c. / d.c. para salidas de relé normalmente abierta
- 1 grupo aislado de 8 canales con supervisión de voltajes
- Indicadores del status de la salida
- Protección para cortocircuitos
- Protección para sobrevoltajes y sobretensiones
- Protección EMC
- Montado sobre rail normalizado DIN

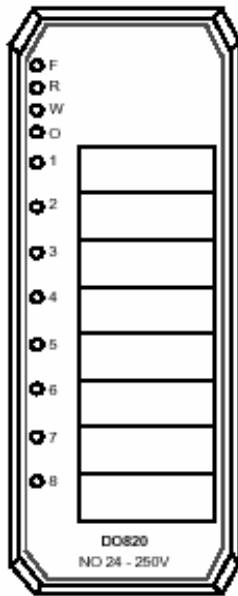


FIGURA 3.5

9 Módulos de entradas digitales **DI810**:

- 16 canales de 24Vd.c. para entradas digitales
- 2 grupos aislados de 8 con supervisión de voltajes
- Indicadores del status de la entrada
- Protección EMC
- Montado sobre rail normalizado DIN

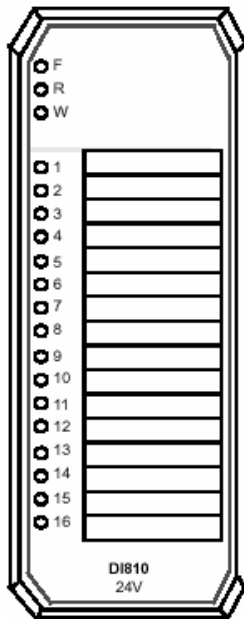


FIGURA 3.6

22 Bases para los módulos de entrada y salida (TU830):

Todas las unidades de entrada y salida se dividen en dos partes: la base a través de la cual se comunican en el carril DIN y que posee las bornas; y la unidad E/S en si misma que posee la circuitería para el procesamiento. Así conseguimos que si se rompe una Unidad E/S no se corta el bus de comunicación y además es rápida y fácilmente intercambiable.

- Para aplicaciones de hasta 50 voltios
- Puede ser usado por las unidades: AI810, AI820, AI830, AI835, AO810, AO820, DI810, DI811, DI814, DI830, DI831, DI885, DO810, DO814, DO815 y DP820
- Instalación completa de módulos de E/S usando conexiones de 3 hilos y fusibles
- Entrada para 16 señales de campo
- Conexión para MODBUS y módulos de E/S
- Prevención de inserción erróneas de otros módulos E/S

- Montado sobre rail normalizado DIN

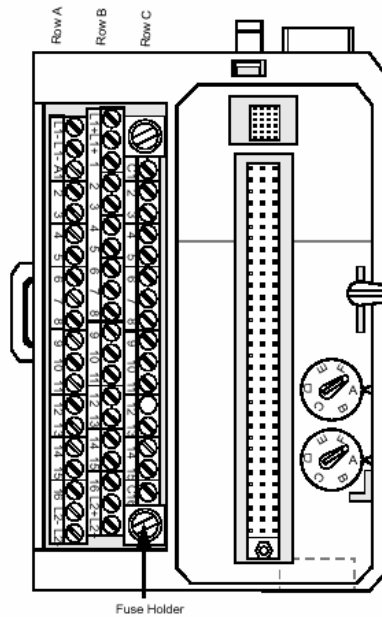


FIGURA 3.7

4 Bases para los módulos de salida digital DO820 (TU831):

- Para aplicaciones de 250 voltios
- Puede ser usado por las unidades: DI820, DI821, DO820 y DO821
- Instalación completa de módulos de E/S
- Entrada para 8 señales de campo
- Conexión para MODBUS y módulos de E/S
- Prevención de inserción erróneas de otros módulos E/S
- Montado sobre rail normalizado DIN

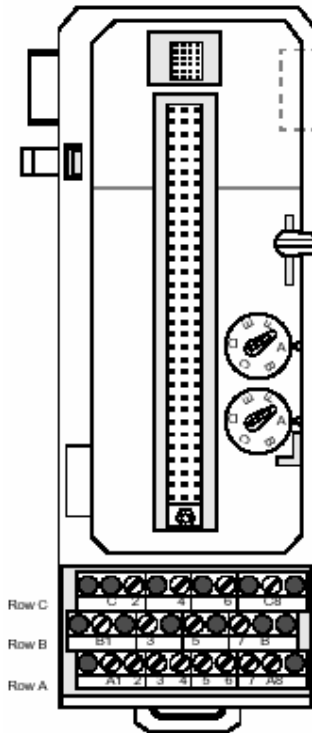


FIGURA 3.8

8 Módulos remotos de fibra óptica (TB840):

Este módulo se utiliza para comunicar la unidad procesadora AC 800 M/C con los módulos de E/S mediante fibra óptica.

Características:

- 2 puertos de fibra óptica para MODBUS
- MODBUS(electrical) para los módulos de E/S
- Funciones de supervisión de MODBUS E/S y suministro de energía
- Suministro independiente de energía para el módulo
- Fusibles

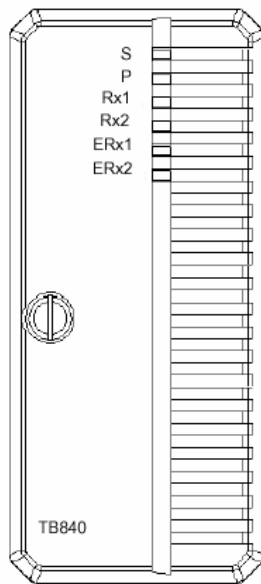


FIGURA 3.9

4 Bases para los módulos TB840 (TU841):

- Conexión de suministro de energía
- Switch para configuración de direcciones
- Conexión individual de MODBUS
- Prevención de inserción erróneas de otros módulos E/S
- Montado sobre rail normalizado DIN

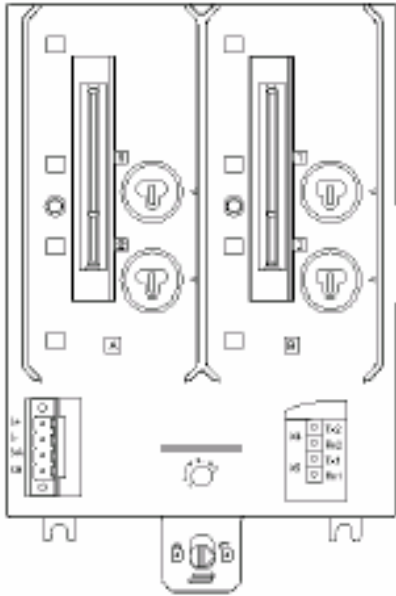


FIGURA 3.10

8 Fuentes de alimentación SD822:

Dichas fuentes de alimentación estarán en redundancia de tal forma que si cae una no hay problemas de alimentación.

- Montado sobre rail normalizado DIN
- Conexión paralela para permitir carga compartida
- Equipamiento Clase I, (cuando conecta a protección de tierra (PE))
- Separación de protección entre el circuito primario y el secundario
- Salidas secundarias: 24 Volts d.c. @ 5 A
- Aceptado para aplicaciones SELV y PELV

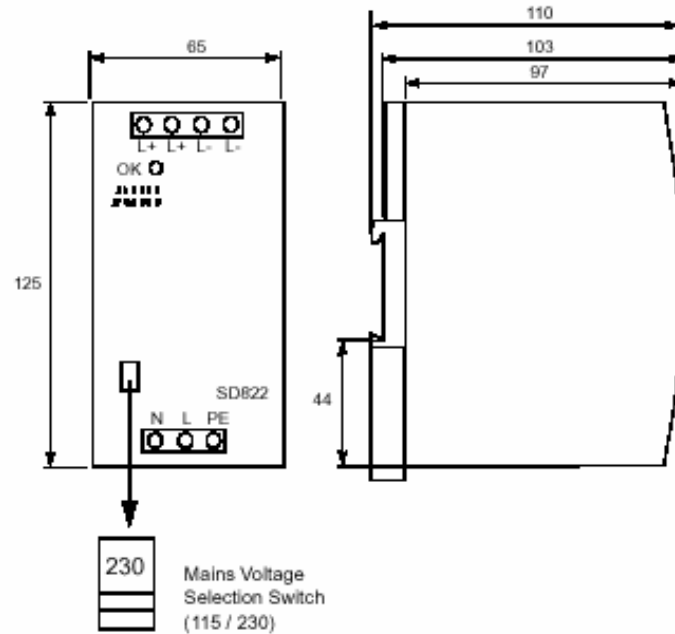


FIGURA 3.11

Además, las características de los módulos de comunicación son las siguientes:

2 Convertidores Rail Transceiver 100Base-TX/100Base-TX:

Nos permite pasar de un medio de transmisión de par trenzado a fibra óptica y viceversa.

- Montado sobre rail normalizado DIN
- 1 Tx para Fibra Óptica + 1 Tx para Par Trenzado
- Diseñado para áreas industriales
- Bajo consumo
- Construcción compacta
- Monitorización mediante LED's:
 - ✓ Alimentación,

- ✓ RxData,
- ✓ Estado del enlace,
- ✓ Fallos

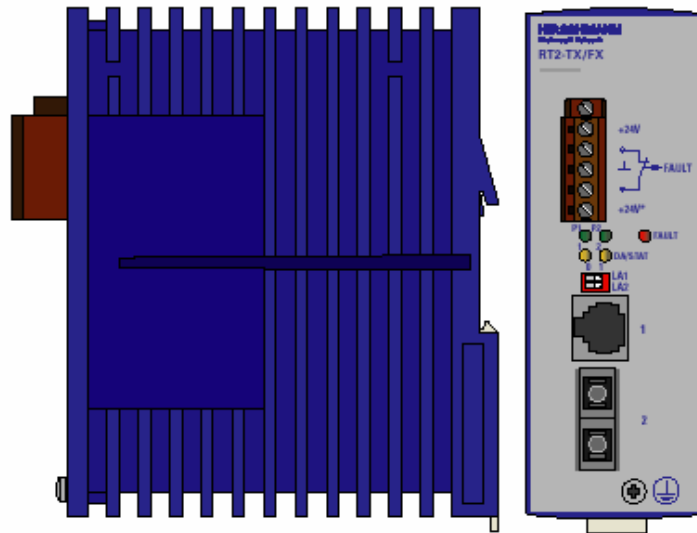


FIGURA 3.12

10 Hub RH1-TP/FL:

Estos equipos son Hubs industriales que realizan la comunicación en anillo.

- Montado sobre rail normalizado DIN
- 3 entradas de Par trenzado + 2 entradas de Fibra Óptica
- Módulo conforme a las especificaciones ISO/IEC estándar 8802-3
- Bajo consumo
- Monitorización mediante LED's:
 - ✓ Alimentación,
 - ✓ RxData,
 - ✓ Estado del enlace,
 - ✓ Fallos

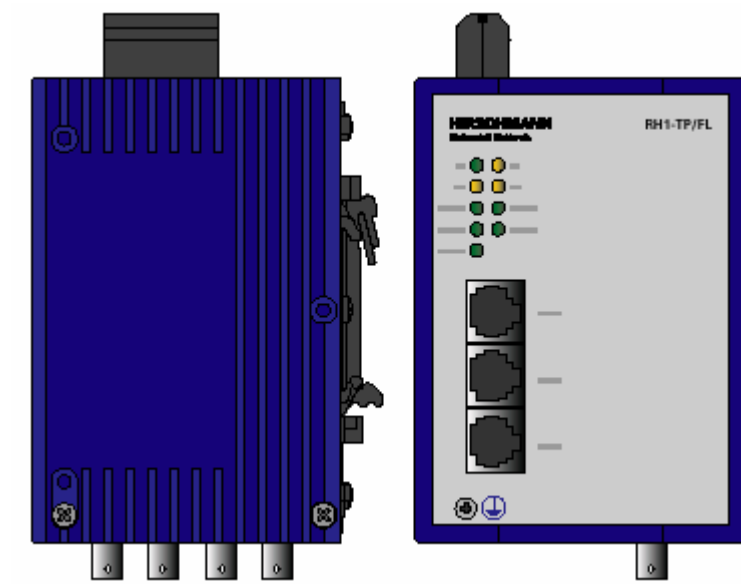


FIGURA 3.13

CAPITULO 4

Desarrollo del proyecto

4.1 Módulos programados

En este capítulo y el siguiente vamos a detallar el código desarrollado así como el SW utilizado para la programación del SCADA. Dichos SW ha sido Control Builder 3.2 (dedicamos este capítulo para hablar de él) y Process Portal A (tratado en el posterior capítulo). Control Builder 3.2 es la aplicación para Windows 2000 Professional para la programación y la configuración de los controladores de ABB mientras Process Portal A es la herramienta, mediante la cual, se lleva a cabo de creación, configuración y mantenimiento del sistema de control.

4.1.1 Introducción a Control Builder

Como hemos dicho en el párrafo anterior Control Builder es el programa utilizado para desarrollar el código que necesitamos para nuestro proyecto así como para la configuración. CB nos permite programar en distintos lenguajes: FBD (Function Block Diagram), ST (Structured Text), LD (Ladder Diagram), SFC (Secuential Function Charts) e IL (Instruction List). La elección del tipo de lenguaje de programación depende del ingeniero en última instancia aunque algunos lenguajes se adaptan mejor que otros a nuestras necesidades. Así, por ejemplo, para hacer una secuencia podemos usar ST pero parece más razonable utilizar un lenguaje creado específicamente para esta misión como el SFC.

En este proyecto hemos realizado códigos en ST, FBD y SFC. CB, además, nos da la posibilidad de mezclar en una misma función distintos tipos de lenguajes como veremos en los ejemplos.

CB también se encarga de la configuración de los controladores de ABB. Podemos configurar el PLC, los módulos de entradas y salidas digitales y analógicos y demás módulos que deseemos insertar a nuestro controlador. También podemos configurar la comunicación. Por ejemplo, en Ethernet definimos direcciones IP, máscara de subred, etc. Todo esto lo iremos viendo, poco a poco, a medida que desarrollemos el capítulo.

A continuación mostramos la pantalla inicial:

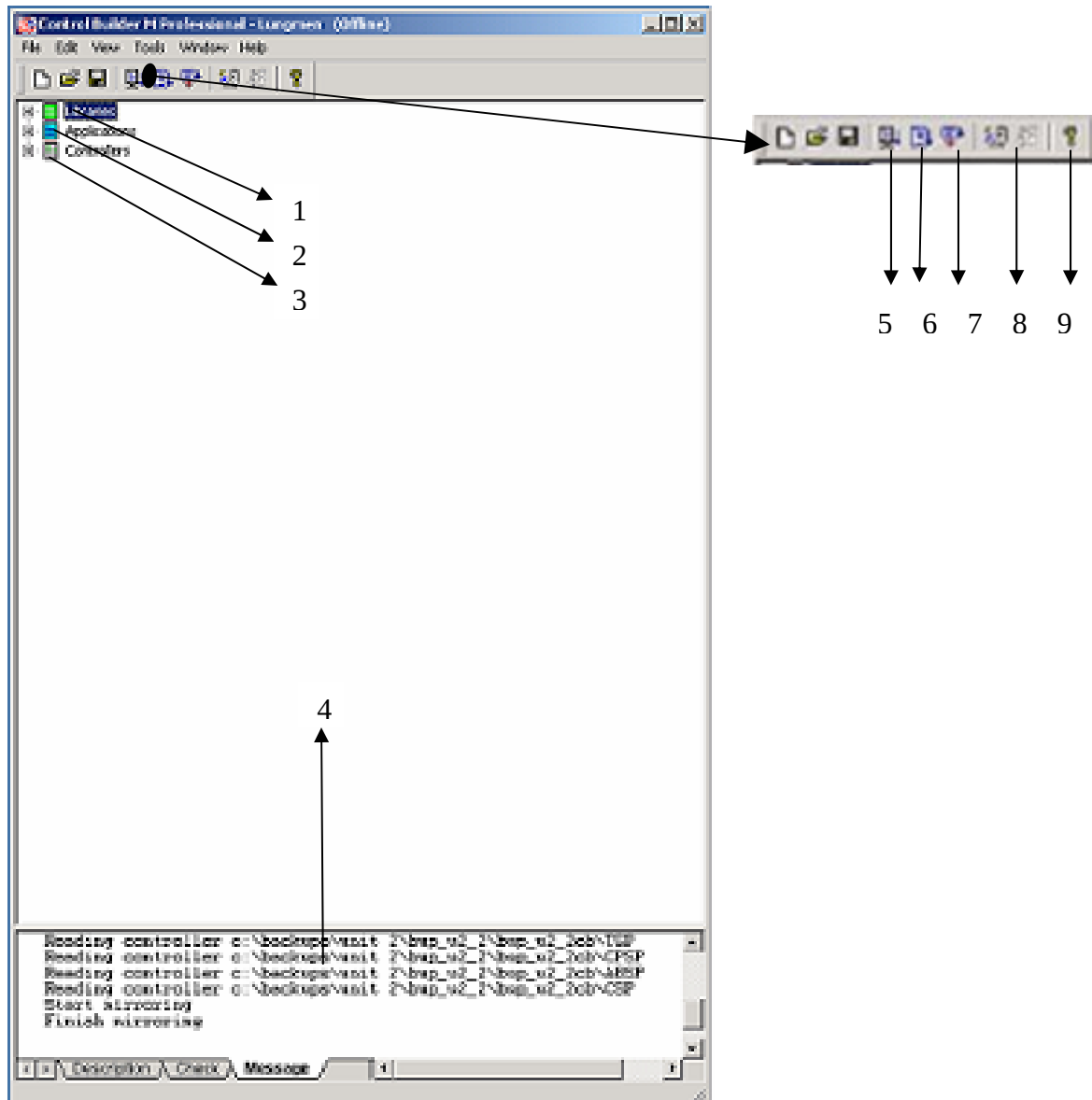


FIGURA 4.1

1. Libraries: Contiene las librerías que contienen los bloques básicos a partir de los cuáles generaremos todo la aplicación
2. Applications: Aplicaciones creadas
3. Controllers: Controladores configurados para ejecutar la aplicación
4. Console: Nos información general de los procesos que vamos realizando
5. Simulate: Activa el modo de simulación
6. On/Off: Se pone en modo on-line/ off-line

7. Download: Descarga el código en el PLC y se pone en modo on-line
8. Security: En caso de poner contraseña nos prohíbe realizar operaciones si no la conocemos
9. Help: ayuda

Si desplegamos Libraries podemos ver lo siguiente:

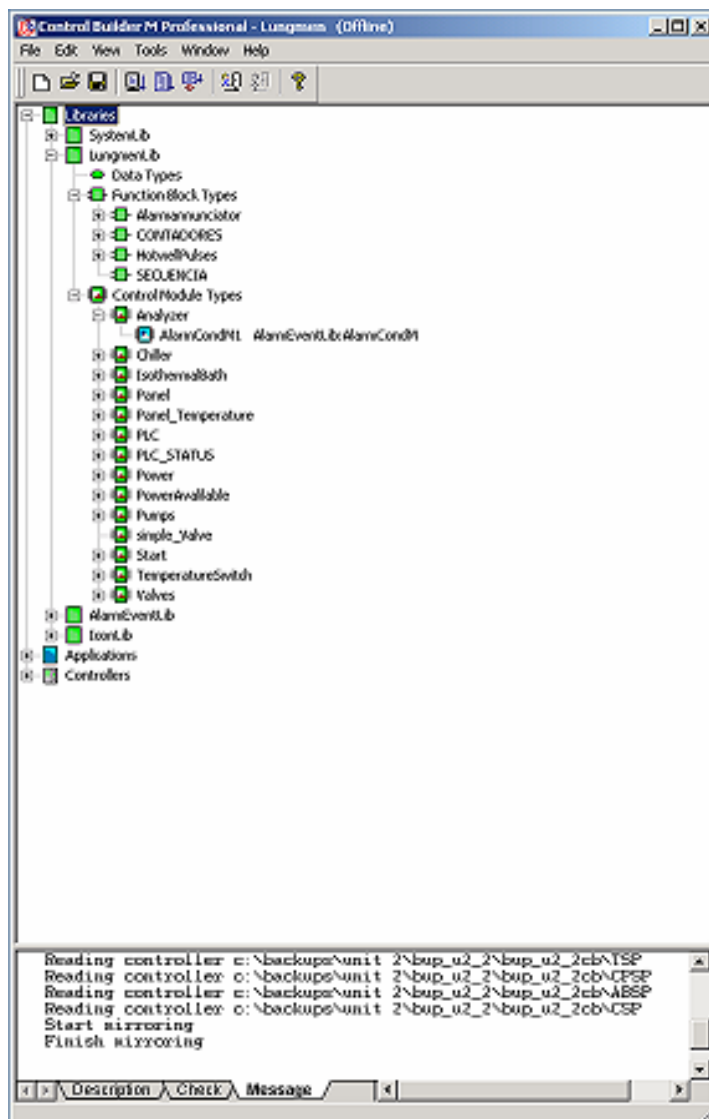


FIGURA 4.2

No son más que una serie de librerías, la mayoría añadidas por defecto cuando creamos un nuevo proyecto, como SystemLib, AlarmEvenLib e IconLib. La primera (SystemLib) contiene las funciones básicas del sistema como contadores, timers, etc; la segunda (AlarmEvenLib) posee toda función relacionada con la gestión de alarmas y, la tercera, (IconLib) lo relacionado con los iconos necesarios para hacer códigos. Todos ellos están especificados en el estándar IEC 61131-3.

Además, aquí también se añaden las librerías creadas por nosotros. Si nos fijamos la segunda carpeta se llama LungmenLib. Ésta contendrá las funciones básicas diseñadas por el programador como válvula, motor, analizador, etc... a partir de las cuales generaremos todas las válvulas, motores, analizadores, etc... que necesitemos para nuestro proyecto.

Como vemos la librería LungmenLib a su vez se divide en tres subcarpetas: Data Types, Function Block Types y Control Module Types.

Los “Data Types” son tipos de datos compuestos por agrupación de tipos básicos, lo cual presenta una agrupación de registros más útil para informar de un determinado elemento, por ejemplo, una válvula.

Los “Function Block Types” desarrollan una tarea cada vez que son llamados.

Los “Control Module Types” desarrollan una tarea de manera constante. Presentan características que le otorgan una funcionalidad diferente y más completa que la de un “Function Block Types”.

Si nos fijamos en la figura 4.2 vemos que el analizador tiene asociada una función llamada AlarmCondM. Esta función se encarga de gestionar todo el proceso de alarmas que es necesario para la interfaz hombre-máquina y nos da información que será utilizada en el PPA. La mayoría de las funciones básicas creada poseen la función AlarmCondM como iremos viendo.

4.1.2 Funciones creadas:

A continuación vamos a describir cada uno de los “Fuction Block Types” y “Control Module Types” utilizados, empezamos por los “Fuction Block Types” :

- **AlarmAnnuciator:**

Es la función encargada de generar las señales necesarias cuando se produce una alarma. Así en caso de que ésta ocurra se generará una indicación en el SCADA pero, además, activará una señal sonora y encenderá una bombilla en el C&RP. El protocolo a seguir por parte de la bombilla, en caso de alarma, es el siguiente:

Cuando se detecte una alarma se generará una señal audible en el C&RP, además se iluminará la bombilla correspondiente parpadeando de forma rápida y, al presionarse el botón de reconocimiento se silenciará la señal audible y la bombilla pasará a quedarse encendida sin parpadear.

Cuando la condición que ha hecho saltar la alarma vuelva a estado normal, la bombilla parpadeará de manera lenta y continuará así hasta que se pulse el botón de reset. Si la condición vuelve a normal antes que el botón de reconocimiento sea pulsado,

la señal audible desaparecerá y la bombilla cambia directamente de rápido a lento parpadeo.

Además de esta indicación, en la pantalla del Puesto de Operación (Ingeniería) aparecerá un texto de alarma que nos indicará cuando se ha producido la alarma, quien la ha producido y cual ha sido el motivo. También, al igual que en el caso anterior, sigue un protocolo:

Cuando ocurre una alarma aparece en rojo en el listado de alarmas, si reconocemos la alarma, el texto se vuelve amarillo. Si la alarma ha desaparecido estando reconocida (amarillo) desaparecerá el texto asociado. Si la alarma no está reconocida (rojo) y desaparece dicha alarma antes que la reconozcamos, la alarma desaparece al reconocerla (no se pone el amarillo).

Además, el operador dispondrá de páginas con resúmenes de alarmas, que le indicarán cuando han ocurrido (día y hora), tipo de alarma, etc.

Las variables externas utilizadas se muestran en la figura 4.3:

	Name	Data Type	Attributes	Direction	Initial Value	Description
1	Alarm_input	bool	retain	in		Alarm input
2	Alarm_Ack	bool	retain	in		Alarm Acknowledge button
3	Alarm_Reset	bool	retain	in		Alarm Reset button
4	Lamp_Test	bool	retain	in		Alarm test button
5	Alarm_output	bool	retain	out		Alarm output
6	Sound_output	bool	retain	out		Audible anunciation
7	AlarmCondMi	dint	retain	in		ack from Scada

FIGURA 4.3

Las variables locales son:

	Name	Data Type	Attributes	Initial Value	Description
1	ResetAck	bool	retain		Removed flag acknowledge
2	Acknowledge	bool	retain		Flag Acknowledge
3	quickly	bool	retain		Fast bright of alarm annunciator
4	slowly	bool	retain		Slow bright of alarm annunciator
5	brightness	bool	retain		Permanent bright of alarm annunciator
6	cycle	time	retain		Cycle time of alarm annunciator
7	t_quickly	time	retain	t#500ms	Cycle time for fast bright
8	t_slowly	time	retain	t#2s	Cycle time for slow bright
9	enable_trigger	bool	retain		It enables the trigger function block
10	blink_output	bool	retain		Output of blink function block
11	Alarm_Active	bool	retain		Alarm Active
12	AlarmCondBool	bool	retain		if AlarmCondMi==5-->AlarmCondBool=true
13	Gen_Ack	bool	retain		general ack

FIGURA 4.4

Las subfunciones utilizadas son:

	Name	Function Block Type	Task Connection	Description
1	R_trig1	R_Trig		
2	R_trig2	R_Trig		
3	R_trig3	R_Trig		
4	RS1	RS		
5	blink	Trigger		
6	RS2	SR		

FIGURA 4.5

Donde R_trig genera un pulso de duración un ciclo de reloj cuando la entrada conmuta de “0” a “1”; RS es un biestable RS; Trigger genera un tren de pulsos periódico (definido por el programador) cuando su entrada *Enable* está habilitada; y SR es un biestable SR.

A continuación mostramos el código desarrollado:

(* Pulses detection *)

R_trig1(Clk := Alarm_input);

R_trig2(Clk := Alarm_Ack);

R_trig3(Clk := Alarm_Reset);

(Acknowledge *)*

ResetAck := R_trig1.Q or (Alarm_Active and slowly and R_trig3.Q);

RS1(Set := (Alarm_Ack and Alarm_Active),

R1 := ResetAck,

Q1 => Acknowledge);

RS2(S1 := Alarm_input,

Reset := ResetAck,

Q1 => Alarm_Active);

(Quickly *)*

if Alarm_Active and not Acknowledge and Alarm_input then

quickly:=true;

else

quickly:=false;

end_if;

(Permanent brightness *)*

if Alarm_Active and Acknowledge and Alarm_input then

brightness:=true;

else

brightness:=false;

end_if;

(Slowly *)*

if Alarm_Active and not Alarm_input then

slowly:=true;

else

slowly:=false;

end_if;

(Outputs *)*

if not quickly and not slowly and not brightness and not Lamp_Test then

Alarm_output := false;

enable_trigger := false;

sound_output:=false;

elsif brightness then

Alarm_output := true;

enable_trigger := false;

sound_output:=false;

elsif quickly then

cycle := t_quickly;

enable_trigger := true;

sound_output:=true;

elsif slowly then

cycle := t_slowly;

enable_trigger := true;

sound_output:=false;

end_if;

```
blink( Request := enable_trigger,  
      Periodic := enable_trigger,  
      Period := cycle,  
      Out => blink_output );
```

```
if quickly or slowly then  
  Alarm_output := blink_output ;  
end_if;
```

```
if Lamp_Test then  
  Alarm_output := true;  
  sound_output := true;  
end_if;
```

- **Contadores:**

El objetivo de esta función es garantizar que existe comunicación con el cliente OPC. Para ello envía cada segundo el valor de un contador que va de 0 a 10000. Cuando llega a 10000 vuelve a empezar en 0. El cliente OPC comprueba que dicho valor le está llegando, en el momento que dicho contador no llegue se entenderá que las comunicaciones han caído y se seguirán las acciones necesarias de seguridad.

El código es el siguiente:

```
Pulse2seg( Enable := Enable,  
           PulseTime := PulseTime,  
           PeriodTime := PeriodTime,  
           Out => Pulse );  
  
Trigger(Clk := Pulse);  
  
if(trigger.Q) then  
  
    if(signalCounter = 10000) then  
        signalCounter := 0;  
    else  
        signalCounter := signalCounter + 1;  
    end_if;  
  
end_if;
```

Pulse2seg es una función que genera un tren de pulsos de periodo PeriodTime (2 segundos en nuestro caso) y duración del nivel de subida de PulseTime(1 segundo). Está siempre habilitada gracias a que el valor Enable está por defecto a “1” y la salida la guardamos en la variable Pulse.

- **Hotwellpulses:**

Esta función es la que tiene el control de la secuencia de apertura y cierre de las válvulas en el área CSS. Cuando se pasa a modo automático y se activa (START)

comienza la secuencia; la primera válvula se abre permaneciendo abierta 5 segundos; pasado ese tiempo pasa a la siguiente válvula cerrándose la anterior y así sucesivamente.

Este código ha sido realizado en un lenguaje llamado SFC (Sequential Function Charts) especialmente diseñado para este tipo de aplicaciones secuenciales.

Mostramos la secuencia:

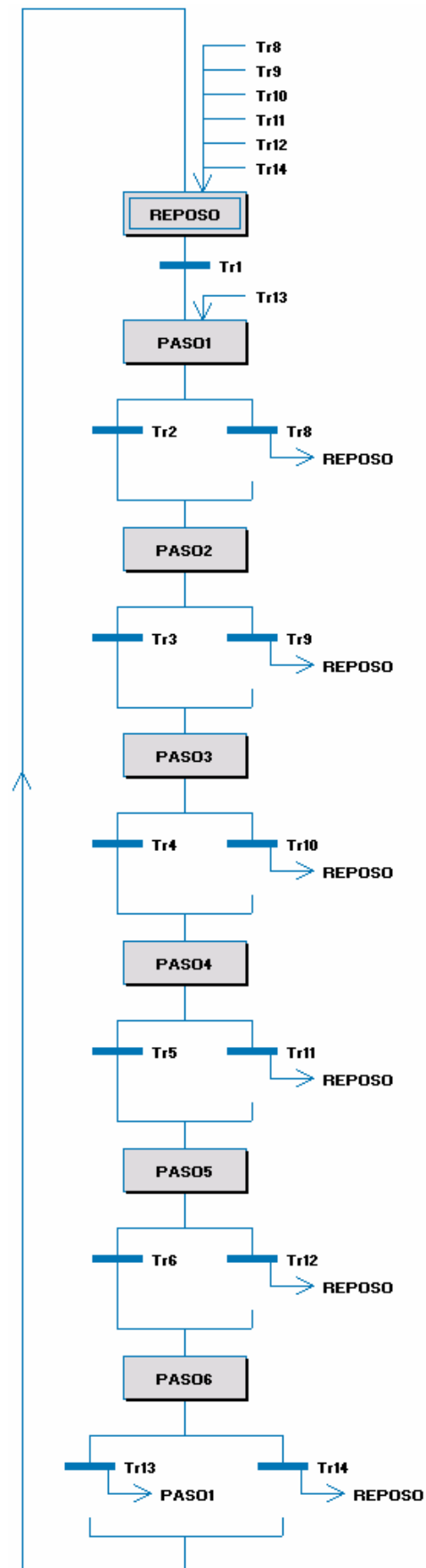


FIGURA 4.6

Reposo: (inicializamos las válvulas poniéndolas en estado cerrado. Sólo se ejecuta una vez cuando la condición **Tr1** es verdadera)

Output1 = false;

Output2 = false;

Output3 = false;

Output4 = false;

Output5 = false;

Output6 = false;

Tr1: (Hasta que esté en modo automático y todas las válvulas cerradas no pasamos al siguiente paso)

(AUTO) and (not(valve1 or Valve2 or valve3 or Valve4 or valve5 or Valve6))

Paso1: (Abre la primera válvula y cierra la última)

Output1 = true;

Output6 = false;

Tr2: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED (5 segundos) y la válvula 1 esté abierta y la 6 cerrada no continúa)

(PASO1.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve6 and valve1)

Tr8: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Paso2: (Abre la segunda válvula y cierra la primera)

Output2 = true;

Output1 = false;

Tr3: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED y la válvula 2 esté abierta y la 1 cerrada no continúa)

(PASO2.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve1 and valve2)

Tr9: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Paso3: (Abre la tercera válvula y cierra la segunda)

Output3 = true;

Output2 = false;

Tr4: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED y la válvula 3 esté abierta y la 2 cerrada no continúa)

(PASO3.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve2 and valve3)

Tr10: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Paso4: (Abre la cuarta válvula y cierra la tercera)

Output4 = true;

Output3 = false;

Tr5: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED y la válvula 4 esté abierta y la 3 cerrada no continúa)

(PASO4.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve3 and valve4)

Tr11: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Paso5: (Abre la quinta válvula y cierra la cuarta)

Output5 = true;

Output4 = false;

Tr6: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED y la válvula 5 esté abierta y la 4 cerrada no continúa)

(PASO5.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve4 and valve5)

Tr12: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Paso6: (Abre la sexta válvula y cierra la quinta)

Output6 = true;

Output5 = false;

Tr13: (Hasta que no pasa TIME_ELAPSED y la válvula 6 esté abierta y la 5 cerrada no continúa. Volvemos al PASO1 de la secuencia)

(PASO6.T >= TIME_ELAPSED) and (not valve5 and valve6)

Tr14: (Si pasamos a modo manual nos vamos al paso **REPOSO**)

Not(AUTO)

Una vez visto todos los “Fuction Block Types” vamos a ver los”Control Module Types”:

- **Analyzer:**

Contiene el código del analizador de medidas.

(Measure_output *)*

Measure_output := Measure_input;

(High concentration alarm *)*

if (Measure_input - AlarmValue) >= 0 then

MaxValueAlarm := true;

else

MaxValueAlarm := false;

end_if;

(Analizar Fault *)*

AnalyzerFault_Output := not AnalyzerFault_Input;

La primera parte del código sirve para volcar la entrada (Measure_Input) a la salida (Measure_Output). A continuación, comprobamos si el nivel de alarma (AlarmValue) es inferior a la medida tomada o no para que la variable MaxValueAlarm tome el valor deseado (dicho parámetro está asociado a una AlarmCondM que se explicará posteriormente).

Finalmente, invertimos la señal AnalizarFault_input obteniendo AnalizarFault_output que activará un Alarmannunciator.

Además, tiene asociado un AlarmCondM. A continuación vemos los parámetros que hay que insertar para funcione correctamente:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		MaxValueAlarm	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'CONCENTRATION TOO HIGH'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=No
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on po
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on po
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of t

FIGURA 4.7

Signal: Es la señal que monitoriza la alarma. Si es igual a "1" la activa si es "0" indica que no hay alarma. En nuestro caso la señal es MaxValueAlarm

Srcname: Nos mostrará en el PPA el nombre del equipo afectado. En este caso copiará lo que ponga en Name(parámetro definido en la función)

Message: Nos mostrará en el PPA una descripción del motivo de la alarma. En nuestro caso “CONCENTRATION TOO HIGH”.

- **Chiller:**

Esta función tan solo vuelca la entrada invertida (Trouble_input) a la salida (Trouble_output) y a otra salida(Trouble_output_H) pero, en este caso, sin invertir.

(* Chiller Trouble *)

Trouble_output := not Trouble_input;

Trouble_output_H := not Trouble_output;

La variable Trouble_output_H se utiliza para el cliente OPC (Foxboro RMU)

Tiene asociado un AlarmCondM. Vemos los parámetros que hay que insertar:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		Trouble_output	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'TROUBLE'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=Normal
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on positive
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on positive
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of the

FIGURA 4.8

- **IsothermalBath:**

Únicamente copia la entrada invertida (Lowlevel_input) a la salida (Lowlevel_output).

(* Low Level Isothermal Bath*)

Lowlevel_output := not Lowlevel_input;

Vemos su AlarmCondM:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		LowLevel_output	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'LOW LEVEL'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=No
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on po
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on po
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of t

FIGURA 4.9

- **Panel:**

Esta función se encarga de la gestión del C&RP. Así nos informa de la temperatura del C&RP (Temp_output = Temp_input) y si está la puerta abierta o no(Door_output = Door_input).

(* Control Panel temperatura *)

Temp_output := *Temp_input*;

(* Door Panel Open *)

Door_output = *Door_input*;

Vemos su AlarmCondM:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		Door_output	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored; True = SignalID is monitored with
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with external time stamp. Valid when E
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to get an init value. Valid when ExtTimeSt
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has to be unique together with the condi
6	Message	string[60]		'PANEL DOOR OPEN'	in_out	IN Description and/or information about the alarm condition
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition. From 1 (low) to 1000 (high)
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition belongs to. From 1 to 9999
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal is interpreted inverted
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=Normal ack. 2=No ack., 3=Ack. reset
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal shorter than this will not be noted
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently being checked
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition on positive edge
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on positive edge
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on positive edge
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of the last execution

FIGURA 4.10

- **Panel Temperature:**

Complementa la información del C&RP. Nos informa sobre un sensor de temperatura asociado a la temperatura de dicho C&RP. La salida (*TS_output*) está negada respecto a la entrada (*TS_input*).

(* TS activation *)

TS_output := not *TS_input*;

Vemos su AlarmCondM:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		TS_Output	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'TS ACTED'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=Normal
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on positive
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on positive
16	CondState	dint	Default	Ack_scada	in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of the

FIGURA 4.11

- **PLC Status:**

Nos da la información acerca del estado del PLC así como de las tarjetas asociadas a él. Si AllUnits es igual a "1" indica que todo es correcto y pondrá la variable PLC_Trouble a "1" y la variable PLC_Trouble_H a "0", en caso contrario, se invertirán las señales.

(* PLC Trouble *)

if (AllUnits = 1) then

 PLC_Trouble := true;

 PLC_Trouble_H := false;

else

```

    PLC_Trouble := false;

    PLC_Trouble_H := true;

end_if;

```

Donde la variable PLC_Trouble_H se utiliza para el cliente OPC (Foxboro RMU)

Vemos su AlarmCondM:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		PLC_Trouble	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'TROUBLE'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=Normal
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on positive
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on positive
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of the

FIGURA 4.12

- **Power:**

Esta función contiene todo el control y supervisión de la tensión de alimentación del PLC y las tarjetas de entrada y salida. Primero mediante el parámetro Powerout sabremos si alguna de las fuentes de alimentación ha caído (Analyzer Panel 120V, Sample Conditioning 120V, Sample Conditioning 480V y Control and Recorder panel 120V). Posteriormente, volcamos la entrada de cada fuente a una salida negada

(SRC120out = not SRC120in , SRC480out = not SRC480in , AP120out = not AP120in
y CRP120out = not CRP120in);

(Power *)*

Powerout := not (SRC120in and SRC480in and AP120in and CRP120in) ;

SRC120out := not SRC120in;

SRC480out := not SRC480in;

AP120out := not AP120in;

CRP120out := not CRP120in;

SRC120 := SRC120out;

SRC480 := SRC480out;

AP120 := AP120out;

CRP120 := CRP120out;

(Alarm *)*

Alarm1(Signal := AP120.

SrcName := Name,

Message := desc_AP120);

Alarm2(Signal := CRP120.

SrcName := Name,

Message := desc_CRP120);

Alarm3(Signal := SCR120.

SrcName := Name,

Message := desc_SCR120);

Alarm4(Signal := SCR480.

SrcName := Name,

Message := desc_SCR480);

La última parte del código gestiona las alarmas que se pasarán al PPA. El significado y la utilización es idéntica que en AlarmCondM, simplemente que aquí se pasa directamente en el propio código mediante “Function Blocks”.

	Name	Function Block Type	Task Connection	Description
1	alarm1	AlarmCond		
2	alarm2	AlarmCond		
3	alarm3	AlarmCond		
4	alarm4	AlarmCond		
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

Parameters Variables External Variables **Function Blocks**

FIGURA 4.13

- **Pump:**

Se encarga de la gestión de las bombas. Como vemos pasamos del texto estructurado (ST) a la programación en bloques (FBD). Este código posee dos ventanas:

En la primera ventana,

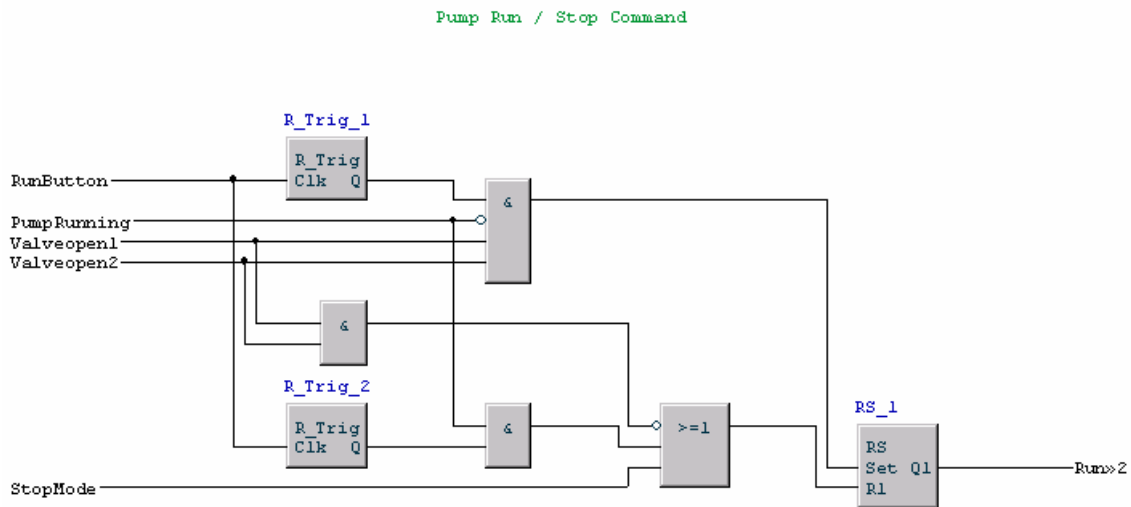


FIGURA 4.14

Si queremos encender los motores debemos seguir los siguientes pasos:

1. Dar la orden de encendido (Runbutton). Este parámetro significa tanto orden de encendido como apagado ,si está encendido y pulso apaga los motores y si está apagado y pulso los enciende,
2. una vez activada esta señal se genera un pulso,
3. si el motor esta parado y las válvulas de entrada (Valveopen1) y salida (Valveopen2) están abiertas se da orden de arrancar el motor (Run).

Para parar el motor se deben dar cualquiera de las siguientes causas:

- Que alguna de las válvulas esté cerrada
- Que este el sistema arrancado se dé la orden de apagado de motor

- Que el sistema esté parado en modo automático

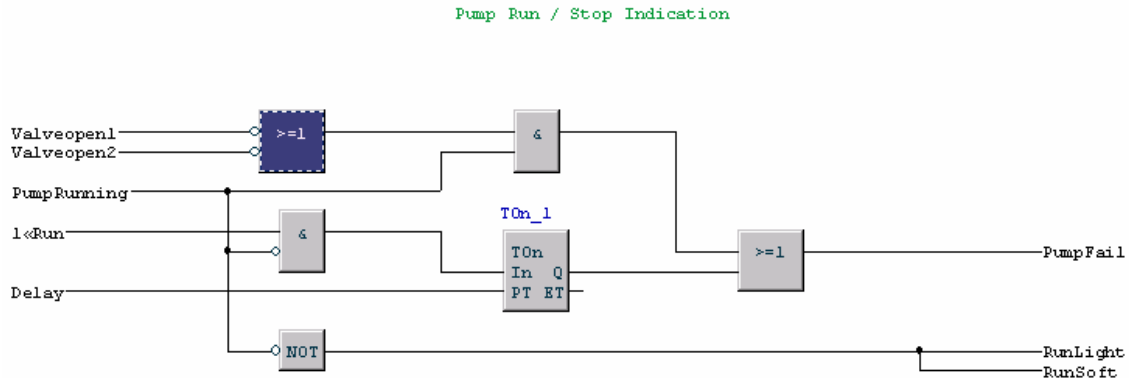


FIGURA 4.15

En la segunda pantalla, esperamos un tiempo una vez dada la orden de arranque (Run), si pasado ese tiempo no se ha arrancado el motor (PumpRunning) se da una alarma. Finalmente, tenemos dos parámetros que indican si está en funcionamiento en motor o no; uno es una señal visual en la pantalla del SCADA (Runlight) y otro mediante un parámetro que se utilizará en el PPA (RunSoft).

En este código usamos dos funciones (R_trig y TOn) que vamos a explicar más detalladamente. La primera, R_trig, genera un pulso a partir de un flanco de subida de la señal de entrada independientemente de la duración de ésta. La segunda, Ton, genera un “1” a la salida cuando ha pasado un tiempo (Delay) desde que se ha activado la entrada (In).

Comprobamos su AlarmCondM:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Signal	bool		PumpFail	in_out	IN Internal monitored Signal
2	ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored
3	SignalID	string[20]	"		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with
4	UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to generate
5	SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has
6	Message	string[60]		'PUMP FAIL'	in_out	IN Description and/or information
7	Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition
8	Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition
9	Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal
10	AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=No
11	FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal
12	EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently
13	AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition
14	DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on po
15	EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on po
16	CondState	dint	Default		in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17	Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18	Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of t

FIGURA 4.16

- **Simple_valve:**

Se utilizarán en las válvulas asociadas a los motores que poseen una lógica diferente a las válvulas que realizan la secuencia en el área CSS. Únicamente copian el valor de entrada (valvein) a la salida (valveout).

(* Valve *)

valveout := valvein;

- **Start:**

Esta función se encarga de la dinámica de arranque y parada de los motores y válvulas en el área CSS. Veamos el protocolo a seguir:

Cuando el sistema está encendido (apagado), la luz de encendido (apagado) se iluminará en el C&RP. Cuando el sistema esté apagado en modo automático, se abortará

la secuencia de muestreo y cerrará automáticamente todas las líneas. También se apagarán los motores.

Cuando el sistema esté encendido en modo automático, el sistema arrancará la secuencia de muestreo.

Si el sistema está en modo manual solo será posible accionar a mano las válvulas y motores desde el C&RP.

Cuando el modo automático este activo, las válvulas se abrirán y cerrarán secuencialmente por el PLC.

Cuando el selector pasa de automático a manual y el sistema está trabajando, la secuencia se abortará y la línea que esté siendo muestreada en ese momento continuará abierta hasta que el operario desee cerrarla.

Cuando el selector pase de manual a automático, el sistema de control cerrará todas las líneas y, posteriormente, comenzará la secuencia abriendo la primera línea a muestrear de la secuencia.

A continuación mostramos el código y los parámetros utilizados para realizar dicha función:

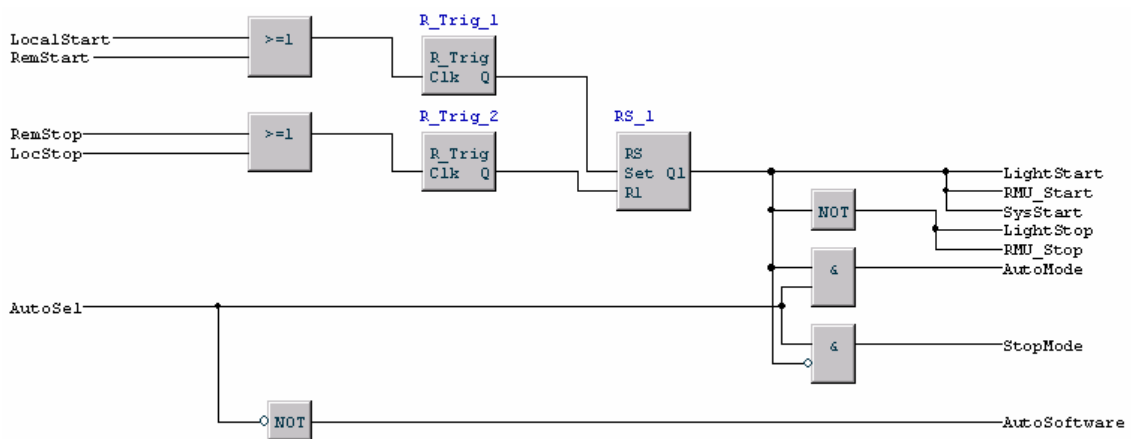


FIGURA 4.17

	Name	Data Type	Initial Value	Description
1	Name	string		
2	Description	string		
3	LocalStart	bool		Local System Start command
4	RemStart	bool		Remote System Start command
5	LocStop	bool		Local System Stop command
6	RemStop	bool		Remote System Stop command
7	LightStart	bool		System Start Light Indication
8	LightStop	bool		System Stop Light Indication
9	RMU_Start	bool		System Start wired to RMU Foxboro
10	RMU_Stop	bool		System Stop wired to RMU Foxboro
11	SysStart	bool		Software System Start signal
12	AutoSel	bool		Automatic / Manual Selector
13	AutoMode	bool		System started in Automatic Mode
14	StopMode	bool		System stoped in Automatic Mode
15	AutoSoftware	bool		Automatic software output

FIGURA 4.18

• TemperatureSwicth:

Su único cometido el activar una señal visual en la pantalla del SCADA en caso de que se exceda un límite de temperatura, generando a la vez una alarma. (TS_output= TS_input)

(* TS activation *)

TS_output := TS_input;

Veamos el AlarmCondM asociado al sensor:

Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1 Signal	bool		TS_Output	in_out	IN Internal monitored Signal
2 ExtTimeStamp	bool	false		in_out	IN EDIT False = Signal is monitored; True = SignalID is monitored with external time stamp
3 SignalID	string[20]	*		in_out	IN EDIT Identifier of the signal with external time stamp. Valid when ExtTimeStamp = True
4 UseSigToInit	bool	false		in_out	IN EDIT True = Use Signal to get an init value. Valid when ExtTimeStamp = True
5 SrcName	string[30]		Name	in_out	IN EDIT Name of the source has to be unique together with the condition name
6 Message	string[60]		TS ACTED'	in_out	IN Description and/or information about the alarm condition
7 Severity	dint	500		in_out	IN EDIT Severity of the alarm condition. From 1 (low) to 1000 (high)
8 Class	dint	1		in_out	IN EDIT Class this alarm condition belongs to. From 1 to 9999
9 Inverted	bool	false		in_out	IN EDIT Tells if monitored Signal is interpreted inverted
10 AckRule	dint	1		in_out	IN EDIT Acknowledge rule. 1=Normal ack. 2=No ack., 3=Ack. reset condition state
11 FilterTime	time	0s		in_out	IN EDIT Positive pulses on Signal shorter than this will not be noted (0-3600s). Valid when ExtTimeStamp = False
12 EnDetection	bool	true		in_out	IN If true, the Signal is currently being checked
13 AckCond	bool	false		in_out	IN Acknowledge alarm condition on positive edge
14 DisCond	bool	false		in_out	IN Disable alarm condition on positive edge
15 EnCond	bool	false		in_out	IN Enable alarm condition on positive edge
16 CondState	dint	Default	Ack_scada	in_out	OUT Alarm condition state (0-6)
17 Error	bool	Default		in_out	OUT Indicates an error with True
18 Status	dint	Default		in_out	OUT Shows the status code of the last execution

FIGURA 4.19

- **Valve:**

Estas válvulas son las que se utilizarán en el área CSS, deben poseer toda la gestión relacionada con los modos manual y automático. Observemos los bloques para luego explicarlos:

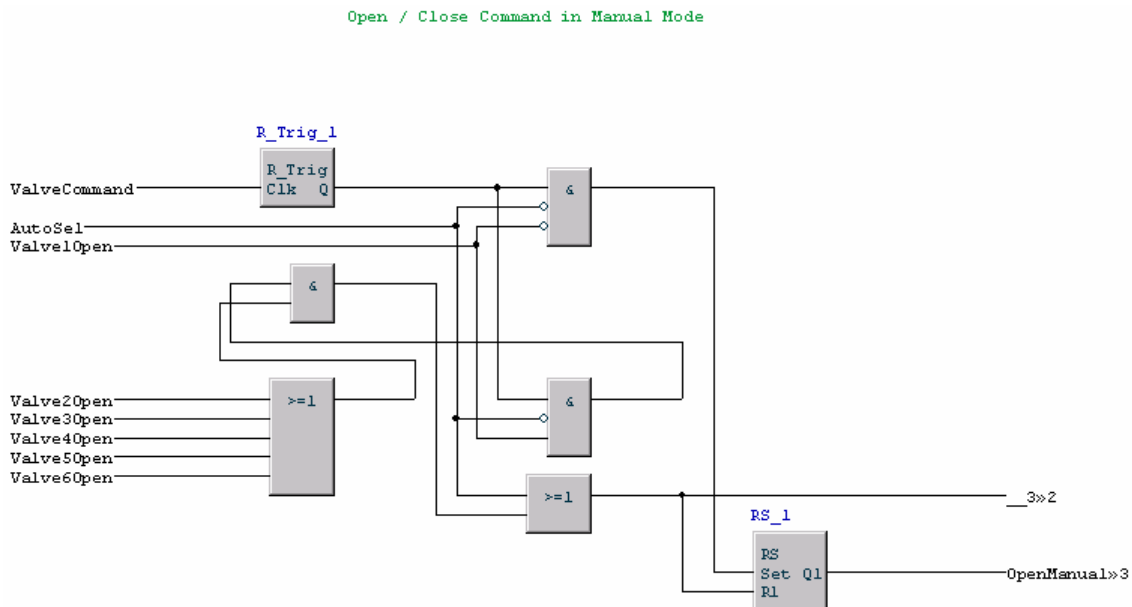


FIGURA 4.20

En esta figura vemos los comandos de apertura y cierre en modo manual. Para abrir la válvula debe estar el sistema en modo manual, la válvula cerrada y darse la

orden de apertura. Para cerrar la válvula es más complejo, puede deberse a dos condiciones: que el sistema esté en automático o que estando en modo manual se dé la orden de cerrar y esté abierta la válvula (hay que tener en cuenta que no se pueden tener cerradas todas las válvulas ya que aumentaría la presión en las líneas al seguir el flujo de líquido y no tener por donde continuar y, además, dañaría las bombas que existen después al no tener líquido que bombear)

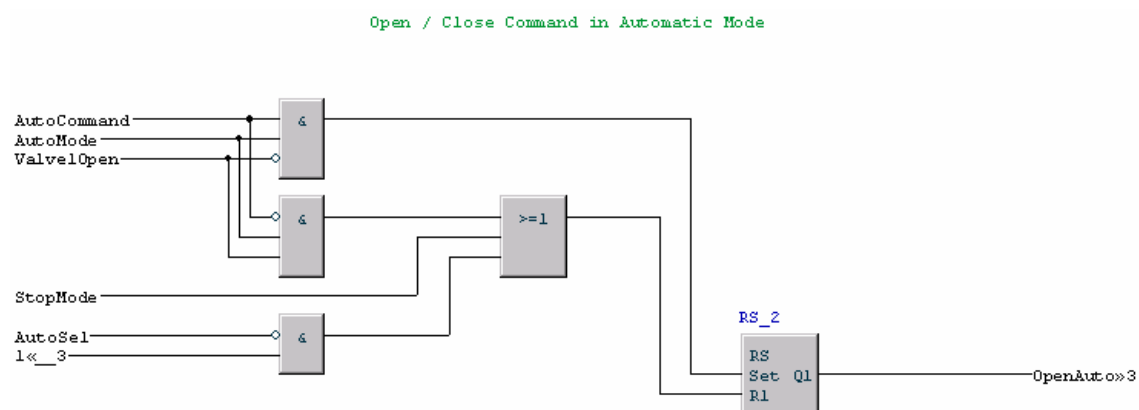


FIGURA 4.21

En esta figura vemos los comandos de apertura y cierre en modo automático. Si está en modo automático, la válvula está cerrada y se da el comando de apertura, se abre la válvula. Para cerrar la válvula es más complejo, puede deberse a tres condiciones: que el sistema esté apagado en modo automático; que estando en modo automático se dé la orden de cerrar y esté abierta la válvula o que estando en modo manual se haya dado la orden de cierre (este último caso se debe porque si estoy en modo automático y hay una válvula abierta, la orden de apertura automática se queda activada aún cuando pasa a manual y debo desactivarla, pero ya no puedo desde modo automático porque estoy en modo manual)

La última figura nos muestra el comando final de apertura o cierre así como las indicaciones que provoca.

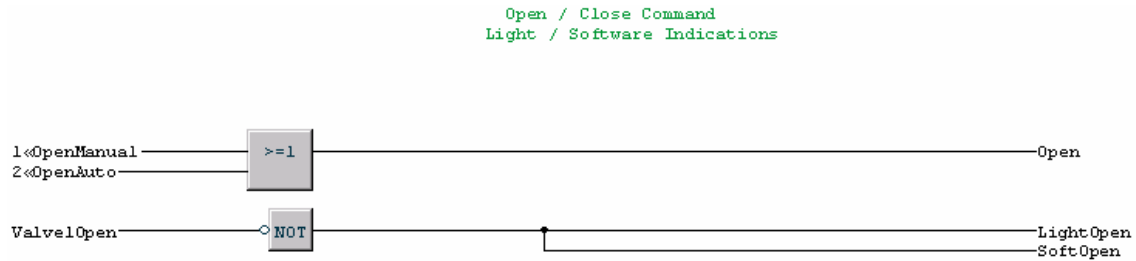


FIGURA 4.22

4.1.3 Aplicaciones

Ya hemos visto todos los bloques funcionales incluidos en nuestra librería LungmenLib. Estas funciones son genéricas, es decir, ahora hay que definirlas para cada una de las válvulas, motores, sensores de temperatura, etc. Tenemos que indicar cada una de las salidas y entradas asociadas que, posteriormente, irán a las bornas de los módulos de entrada y salida. Por lo que abandonamos la carpeta Libraries y nos adentramos en la carpeta Applications.

Para realizar esta tarea tenemos que irnos a *Applications/<TSP_Application>/Control Modules* (El texto situado entre < > define cada una de las áreas del proyecto. En nuestro caso TSP_Application, CPSP_Application, ABSP_Application y CSP_Application). En *Control Modules* vamos añadiendo los bloques que deseemos asociándoles un nombre específico.

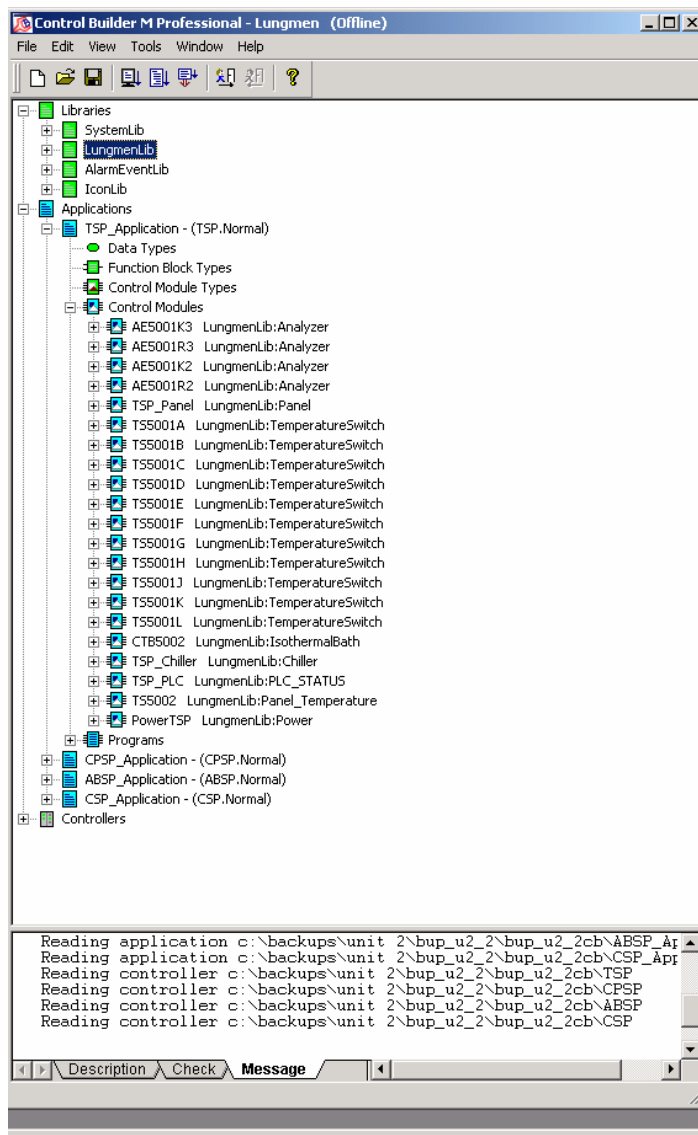


FIGURA 4.23

Para no cansar al lector, mostraremos de cada uno de los bloques funcionales solo un ejemplo.

➤ Analyzer 2GG2-AE-5001K3:

Observamos en la figura 4.24 que son una serie de columnas de las cuales solo la cuarta (*parámetros*) la podemos rellenar.

Describamos las seis columnas: la primera columna indica el nombre con que hemos definido las variables en los bloques funcionales descritos en los párrafos anteriores; la segunda nos dice el formato de las variables(cadena de caracteres, binarias, reales, etc.) ; la tercera nos informa si hemos dado valores iniciales a las variables; la cuarta y más importante es donde escribimos el parámetro de la base de datos asociado con la variable genérica del bloque funcional ; la quinta nos define si las variables son de entrada, salida o bidireccional y la sexta es una breve descripción de la variable.

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'2G62-AE5001K3'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP FEEDWATER SPECIFIC COND. ANALYZER'	in_out	
3	Measure_input	real		A2G62AE5001K3	in_out	Analyzer measure
4	AlarmValue	real		A2G62OS5001K3	in_out	Measure value which enables the alarm
5	Measure_output	real		P2G62AE5001K3A	in_out	Analyzer measure sent to the SCADA
6	MaxValueAlarm	bool		O2G62AE5001K3B	in_out	High concentration alarm
7	AnalyzerFault_In	bool		I2G62AE5001K3	in_out	Analyzer Fault Input
8	AnalyzerFault_O	bool		O2G62AE5001K3C	in_out	Analyzer Fault Output
9	Unit	string		'µS/cm'	in_out	Analyzer Unit
10	MaxRange	real		A2G62OS5001K3MX	in_out	Normal Range Max. Value
11	MinRange	real		A2G62OS5001K3MN	in_out	Normal Range Min. Value
12	mnHW	real		MND	in_out	
13	mxHW	real		MX19	in_out	

FIGURA 4.24

Las cadenas de caracteres o “strings” nos permiten describir el bloque o alguna variable y no tiene que estar asociada a la base de datos.

➤ Panel 2G62-SPL-5002:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'2G62-SPL-5002'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP CONTROL AND RECORDER PANEL TEMPERATURE'	in_out	
3	Temp_input	real		A2G62TT5002	in_out	Control Panel Temperature input
4	Temp_output	real		P2G62TT5002A	in_out	Control Panel Temperature output
5	Door_input	bool		I2G62FB5002	in_out	Door Panel open input
6	Door_output	bool		O2G62FB5002A	in_out	Door Panel open output

FIGURA 4.25

➤ **TemperatureSwitch 2G62-TS-5001A:**

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		2G62-TS-5001A'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP MSR 1 LOW PRESSURE TURBINE'	in_out	
3	TS_input	bool		I2G62TS5001A	in_out	TS activation Input
4	TS_Output	bool		O2G62TS5001AB	in_out	TS activation Output
5	Ack_scada	dint		P2G62TS5001A	in_out	

FIGURA 4.26

➤ **Isothermal Bath 2G62-CTB-5002:**

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		2G62-CTB-5002'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP ISOTHERMAL BATH'	in_out	
3	LowLevel_input	bool		I2G62CTB5002	in_out	Low Level Isothermal Bath Input
4	LowLevel_output	bool		O2G62CTB5002B	in_out	Low Level Isothermal Bath Output

FIGURA 4.27

➤ **Chiller 2G62-CHU-5003:**

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		2G62-CHU-5003'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP CHILLER TROUBLE'	in_out	
3	Trouble_input	bool		I2G62CHU5003	in_out	Chiller Trouble Input
4	Trouble_output	bool		O2G62CHU5003B	in_out	Chiller Trouble Output
5	Trouble_output_h	bool		O2G62CHU5003C	in_out	Hardware Foxboro RMU Chiller Trouble Output

FIGURA 4.28

➤ **PLC Status:**

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'PLC_STATUS'	in_out	
2	Description	string		'PLC_STATUS'	in_out	
3	trouble	bool		O2G62TSPTRBB	in_out	
4	estado	HwStatus		AllUnitStatus	in_out	
5	trouble_h	bool		O2G62TSPTRBC	in_out	
6	Card1	HwStatus		A1810_1	in_out	Card 1 Hardware Status
7	Card2	HwStatus		D1810_1	in_out	Card 2 Hardware Status
8	Card3	HwStatus		D1810_2	in_out	Card 3 Hardware Status
9	Card4	HwStatus		D0810_1	in_out	Card 4 Hardware Status
10	Card5	HwStatus		D0810_2	in_out	Card 5 Hardware Status
11	Card6	HwStatus		D0820_1	in_out	Card 6 Hardware Status
12	Card7	HwStatus		CardSpare	in_out	Card 7 Hardware Status
13	PLCStatus	HwStatus		PLCStatus	in_out	

FIGURA 4.29

➤ Panel Temperature 2G62-TS-5002:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		2G62-TS-5002'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 TSP CONTROL PANEL TEMPERATURE'	in_out	
3	TS_input	bool		I2G62TS5002	in_out	TS activation Input
4	TS_Output	bool		O2G62TS5002B	in_out	TS activation Output
5	Ack_scada	dint		P2G62TS5002	in_out	

FIGURA 4.30

➤ Power:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		TSP_POWER_AVAILABLE'	in_out	
2	Description	string		TSP_POWER AVAILABLE'	in_out	
3	SCR120in	bool		I2G62RELE5001A	in_out	Sample Conditioning Rack 120V fault
4	SCR480in	bool		boolsparein	in_out	Sample Conditioning Rack 480V fault
5	AP120in	bool		I2G62RELE5001B	in_out	Analyzer Panel 120V fault
6	CRP120in	bool		I2G62RELE5002	in_out	Control and Recorder panel 120V fault
7	Powerout	bool		PowerAvaTSP	in_out	Power Available
8	Powerout_h	bool		O2G62TSP*WRB	in_out	Power Available
9	SCR120out	bool		O2G62RELE5001A	in_out	Sample Conditioning Rack 120V fault
10	SCR480out	bool		boolspareout	in_out	Sample Conditioning Rack 480V fault
11	AP120out	bool		O2G62RELE5001B	in_out	Analyzer Panel 120V fault
12	CRP120out	bool		O2G62RELE5002	in_out	Control and Recorder panel 120V fault

FIGURA 4.31

➤ Start:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'UNIT2 CSP'	in_out	
2	Description	string		'SYSTEM OPERATION'	in_out	
3	LocalStart	bool		I2G62SSBS5011A	in_out	Local System Start command
4	RemStart	bool		I1FXRMUSTART	in_out	Remote System Start command
5	LocStop	bool		I2G62SSBS5011B	in_out	Local System Stop command
6	RemStop	bool		I1FXRMUSTOP	in_out	Remote System Stop command
7	LightStart	bool		O2G62SYSSTRA	in_out	System Start Light Indication
8	LightStop	bool		O2G62SYSSTPA	in_out	System Stop Light Indication
9	RMU_Start	bool		O2G62SYSSTRB	in_out	System Start wired to RMU Foxboro
10	RMU_Stop	bool		O2G62SYSSTPB	in_out	System Stop wired to RMU Foxboro
11	SysStart	bool		O2G62SYSSTRC	in_out	Software System Start signal
12	AutoSel	bool		I2G62MAS5011A	in_out	Automatic / Manual Selector
13	AutoMode	bool		AutomaticMode	in_out	System started in Automatic Mode
14	ManMode	bool		ManualMode	in_out	System started in Manual Mode
15	AutoSoftware	bool		O2G62MAS5011A	in_out	Automatic software output

FIGURA 4.32

➤ Valve 2G62-SBV-5295:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'2G62-SBV-5295'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 CSP COND HOTWELL SHELL A OUTLET WEST END FB'	in_out	
3	SystemStarted	bool		O2G62SYSSTRC	in_out	System Started
4	AutoMode	bool		AutomaticMode	in_out	System started in Automatic Mode
5	ManMode	bool		ManualMode	in_out	System started in Manual Mode
6	ValveCommand	bool		I2G62HOTB5011A	in_out	Open / Close valve command
7	AutoCommand	bool		PLS1	in_out	Open / Close Auto valve command
8	Valve1Open	bool		I2G62SBV5295	in_out	Valve to be controlled
9	Valve2Open	bool		I2G62SBV5297	in_out	Valve 2 open
10	Valve3Open	bool		I2G62SBV5299	in_out	Valve 3 open
11	Valve4Open	bool		I2G62SBV5301	in_out	Valve 4 open
12	Valve5Open	bool		I2G62SBV5303	in_out	Valve 5 open
13	Valve6Open	bool		I2G62SBV5305	in_out	Valve 6 open
14	LightOpen	bool		O2G62SBV5295A	in_out	Valve open Light indication
15	SoftOpen	bool		O2G62SBV5295B	in_out	Valve open Software indication
16	Open	bool		O2G62SBV5295	in_out	Valve Open command

FIGURA 4.33

➤ Pump 2G62-P-5010A:

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		'2G62-P-5010A'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 CSP PUMP'	in_out	
3	RunButton	bool		I2G62PSS5011A	in_out	Stop / Run button command
4	PumpRunning	bool		I2G62P5010A	in_out	Pump running
5	Valveopen1	bool		I2G62V5306	in_out	Valve 1 open
6	Valveopen2	bool		I2G62V5307	in_out	Valve 2 open
7	SysStart	bool		O2G62SYSSTRC	in_out	System Started
8	Run	bool		O2G62P5010AA	in_out	Pump run command
9	PumpFail	bool		O2G62P5011AFLB	in_out	Pump Fail. Software signal
10	RunLight	bool		O2G62PSL5011AA	in_out	Light run indication
11	RunSoft	bool		O2G62PSL5011AB	in_out	Run indication. Software signal

FIGURA 4.34

➤ **Simple_valve 2G62-SBV-5312:**

	Name	Data Type	Initial Value	Parameter	Direction	Description
1	Name	string		2G62-SBV-5312'	in_out	
2	Description	string		'UNIT2 CSP 2G62-P-5010B INPUT FB VLV OPEN'	in_out	
3	valvein	bool		I2G62V5312	in_out	valve in
4	valveout	bool		P2G62V5312	in_out	valve out

FIGURA 4.35

Finalmente, solo nos queda explicar de la carpeta *Applications*, la subcarpeta *Programs*. En *Programs* tenemos programas que se utilizan de manera diferente a los “Control Module”. Funcionan con “Function Block Types” y se suelen utilizar para tareas simples que se ejecutan solo cuando son llamadas. Tenemos tres subcarpetas como vemos en la siguiente figura 4.36:



FIGURA 4.36

La diferencia entre ellas es la velocidad de ejecución (fast, normal y slow).

Dichas velocidades pueden ser definidas por el programador. Nosotros hemos definido fast = 50 ms , normal = 250 ms y slow = 1000 ms.

En la ejecución normal hemos introducido la gestión de los AlarmAnnunciator, vemos el código:

(Alarm Annunciator alarms *)*

(2G62-TS-5001A *)*

```
AlarmAnnunciator1( Alarm_input := I2G62TS5001A ,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001AA,  
    Sound_output => SOUND1 );
```

(2G62-TS-5001B *)*

```
AlarmAnnunciator2( Alarm_input := I2G62TS5001B,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001BA,  
    Sound_output => SOUND2 );
```

(2G62-TS-5001C *)*

```
AlarmAnnunciator3( Alarm_input := I2G62TS5001C ,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,
```

```
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5001CA,  
Sound_output => SOUND3 );
```

(* 2G62-TS-5001D *)

```
AlarmAnnunciator4( Alarm_input := I2G62TS5001D,  
Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5001DA,  
Sound_output => SOUND4 );
```

(* 2G62-TS-5001E *)

```
AlarmAnnunciator5( Alarm_input := I2G62TS5001E,  
Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5001EA,  
Sound_output => SOUND5 );
```

(* 2G62-TS-5001F *)

```
AlarmAnnunciator6( Alarm_input := I2G62TS5001F,  
Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
```

```
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5001FA,  
Sound_output => SOUND6 );
```

(* 2G62-TS-5001G *)

```
AlarmAnnunciator7( Alarm_input := I2G62TS5001G,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001GA,  
    Sound_output => SOUND7 );
```

(* 2G62-TS-5001H *)

```
AlarmAnnunciator8( Alarm_input := I2G62TS5001H,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001HA,  
    Sound_output => SOUND8 );
```

(* 2G62-TS-5001J *)

```
AlarmAnnunciator9( Alarm_input := I2G62TS5001J,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
```

```
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5001JA,  
Sound_output => SOUND9 );
```

(* 2G62-TS-5001K *)

```
AlarmAnnunciator10( Alarm_input := I2G62TS5001K,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001KA,  
    Sound_output => SOUND10 );
```

(* 2G62-TS-5001L *)

```
AlarmAnnunciator11( Alarm_input := I2G62TS5001L,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TS5001LA,  
    Sound_output => SOUND11 );
```

(* 2G62-TS-5002 *)

```
AlarmAnnunciator12( Alarm_input := O2G62TS5002B,  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
```

```
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
Alarm_output => O2G62TS5002A,  
Sound_output => SOUND12 );
```

(* 2G62-CTB-5002 *)

```
AlarmAnnunciator13( Alarm_input := O2G62CTB5002B,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62CTB5002A,  
    Sound_output => SOUND13 );
```

(* PLC TROUBLE *)

```
AlarmAnnunciator14( Alarm_input := O2G62TSPTRBB,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,  
    Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,  
    Lamp_Test := I2G62BUT5002C,  
    Alarm_output => O2G62TSPTRBA,  
    Sound_output => SOUND14 );
```

(* TSP POWER AVAILABLE *)

```
AlarmAnnunciator22( Alarm_input :=PowerAvaTSP ,  
  
    Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,
```

Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,
Alarm_output => P2G62TSPPWRA,
Sound_output => SOUND22);

O2G62TSPPWRA:= not P2G62TSPPWRA;

(2G62-CHU-5003 *)*

AlarmAnnunciator15(Alarm_input := O2G62CHU5003B,
Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,
Alarm_output => O2G62CHU5003A,
Sound_output => SOUND15);

(Analyzers Fail *)*

AnalyzerFail := (not I2G62AE5001K3) or (not I2G62AE5001R3) or (not I2G62AE5001K2)
or (not I2G62AE5001R2);

AlarmAnnunciator16(Alarm_input := AnalyzerFail,
Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,
Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,
Lamp_Test := I2G62BUT5002C,
Alarm_output => O2G62AE5001FLA,
Sound_output => SOUND16);

(* Analyzer AE5001K3 High Concentration *)

AlarmAnnunciator18(Alarm_input := O2G62AE5001K3B,

Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,

Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,

Lamp_Test := I2G62BUT5002C,

Alarm_output => O2G62AE5001K3A,

Sound_output => SOUND18);

(* Analyzer AE5001R3 High Concentration *)

AlarmAnnunciator19(Alarm_input := O2G62AE5001R3B,

Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,

Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,

Lamp_Test := I2G62BUT5002C,

Alarm_output => O2G62AE5001R3A,

Sound_output => SOUND19);

(* Analyzer AE5001K2 High Concentration *)

AlarmAnnunciator20(Alarm_input := O2G62AE5001K2B,

Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,

Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,

Lamp_Test := I2G62BUT5002C,

Alarm_output => O2G62AE5001K2A,

Sound_output => SOUND20);

(Analyzer AE5001R2 High Concentration *)*

AlarmAnnunciator21(Alarm_input := O2G62AE5001R2B,

Alarm_Ack := I2G62BUT5002B,

Alarm_Reset := I2G62BUT5002A,

Lamp_Test := I2G62BUT5002C,

Alarm_output => O2G62AE5001R2A,

Sound_output => SOUND21);

(Audible Annunciation *)*

O2G62AA5002:= SOUND1 or SOUND2 or SOUND3 or SOUND4 or SOUND5 or SOUND6

or SOUND7 or SOUND8 or SOUND9 or SOUND10 or SOUND11 or SOUND12

or SOUND13 or SOUND14 or SOUND15 or SOUND16 or SOUND17 or SOUND18

or SOUND19 or SOUND20 or SOUND21 or SOUND22;

En la ejecución lenta se encuentran una serie de programas que están por defecto y sirven para el diagnóstico y definición parámetros internos. Se muestran en la figura 4.37 y en la ejecución rápida no tenemos ninguna aplicación insertada.

```
|(* System support *)  
  
PowerFailureInfos( NoOfPFSinceRst => NoOfPFSinceRst,  
                   DurOfPFSinceRst => DurOfPFSinceRst,  
                   OccOfRst => OccOfRst,  
                   NoOfPFAtLastOcc => NoOfPFAtLastOcc,  
                   DurOfPFAtLastOcc => DurOfPFAtLastOcc,  
                   OccOfLastPF => OccOfLastPF );  
  
SystemDiagnostics( QuotaExc => QuotaExc,  
                   DownLoadQuotaExc => DownLoadQuotaExc);  
  
SetTime( );  
  
SetTimeZone( );  
  
(* *);
```

FIGURA 4.37

4.1.4 Controladores

Con este último punto ya hemos descrito la segunda carpeta principal Applications, ahora tan solo nos queda explicar la tercera carpeta Controllers que contiene información de carácter HW como número de módulos que forman cada área, configuraciones de puertos, direcciones IP, etc.

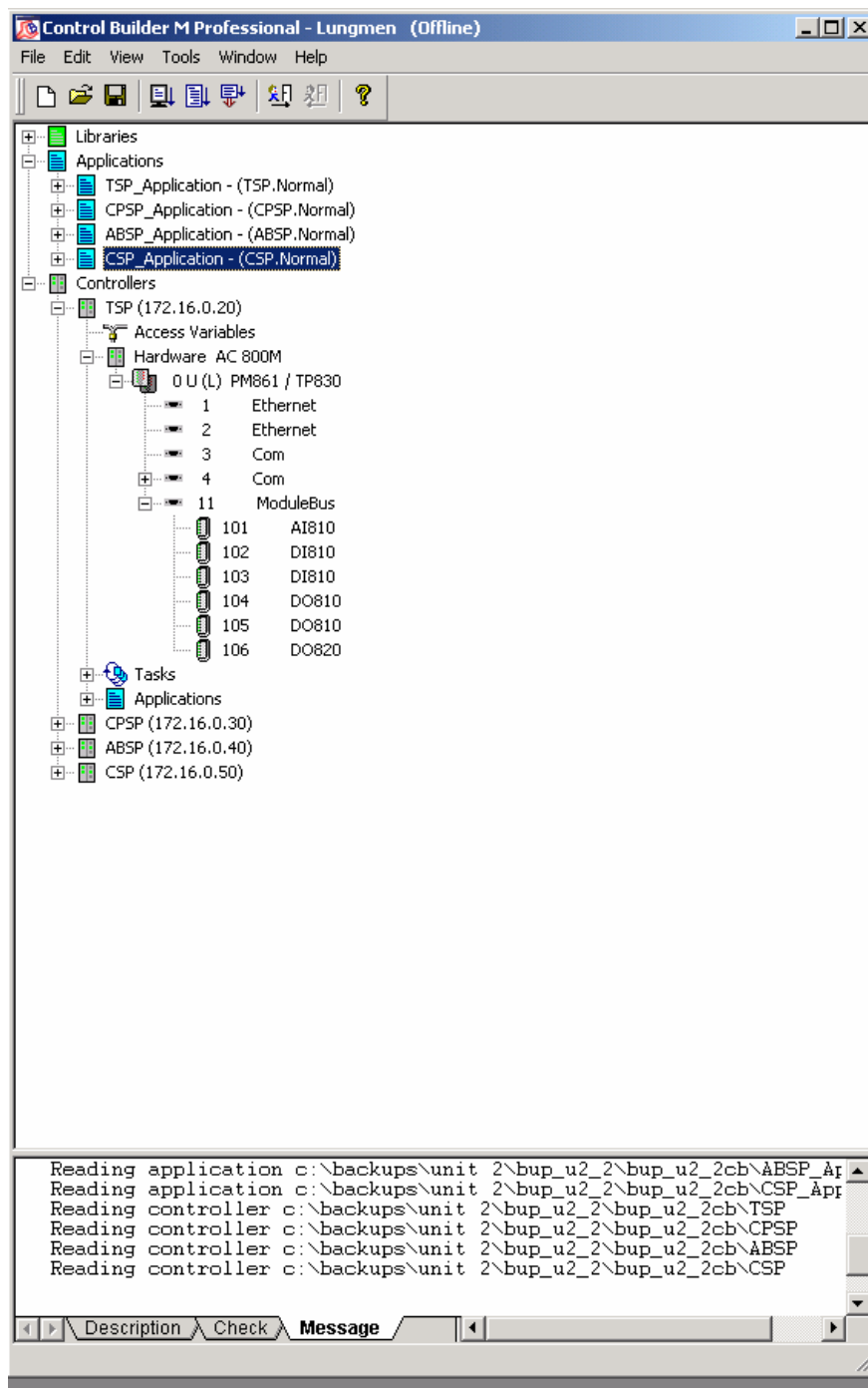


FIGURA 4.38

Como vemos cada área posee su propia carpeta (con su propia dirección IP), de entre las subcarpetas que posee cada área la más importante es HW AC 800M. Esta

carpeta tiene la arquitectura que posee cada área así como todos los parámetros que necesitemos configurar.

Como muestra estudiemos *Controllers/TSP(172.16.0.20)/Hardware AC 800M* ya que las demás áreas son exactamente iguales variando los módulos de entrada/salida que tienen y sus direcciones IP. Si pulsamos dos veces sobre el icono aparece la siguiente pantalla que posee dos partes importantes:

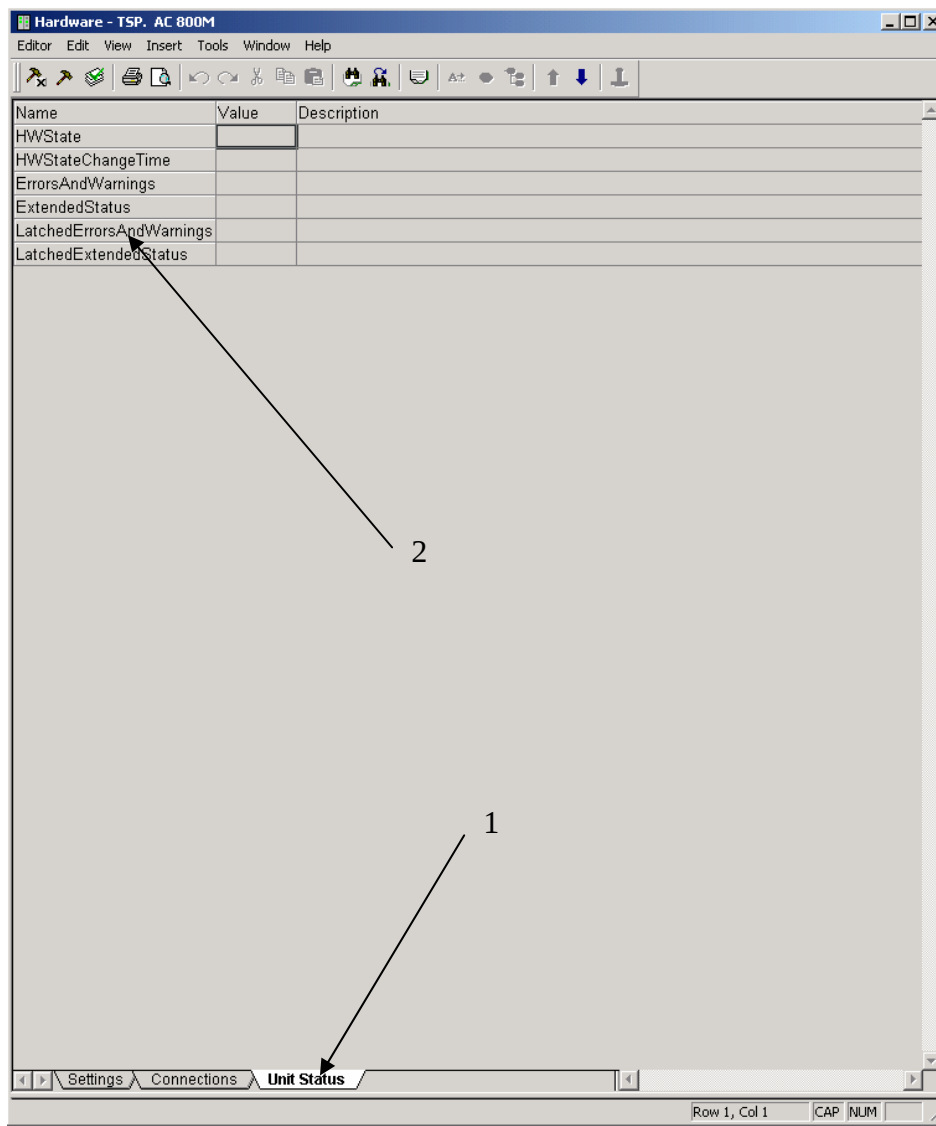


FIGURA 4.39

1.-Pestañas: Para acceder a las distintas páginas que forman esta pantalla (Setting, Connections, Unit Status)

2.-Parámetros: Son los parámetros a configurar o visualizar

En la pestaña Settings podemos configurar parámetros como el ciclo de tiempo de actualización de HwStatus(HwStatus contiene información sobre el conjunto del HW del área), habilitación de alarmas y eventos,...

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
Copy unconnected channels	None	enum			
Latched hardware state	Enabled	enum			
System alarms on hardware unit	Enabled	enum			
Simple events on hardware units	Enabled	enum			
HwStatus update cycle time	1000	dint	ms	500	30000

FIGURA 4.40

En la pestaña Connections asignamos una variable de la Base de Datos para guardar la información sobre el conjunto del HW del área.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IWD	AllUnitStatus	dint	TSP_Application.AllUnitStatus.HwState	

FIGURA 4.41

En la pestaña Unit Status podemos visualizar los parámetros más importantes relacionados con el estado y las alarmas cuando estemos en On-line, lo cual nos dará una información vital a la hora de depurar el código o detectar fallos HW.

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.42

Si continuamos desplegando carpetas la siguiente es

Controllers\TSP(172.16.0.20)\Hardware AC 800M\PM861/TP860. La pantalla principal posee tres pestañas: Setting, Connections y Unit Status.

En la pestaña Settings podemos configurar numerosos parámetros del PLC.

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
Enable SattBus on TCP/IP	false	bool			
Routing method	mrp	enum			
Default gateway		string			
System AE class	9950	dint		1	9999
System AE low severity	920	dint		1	1000
System AE medium severity	930	dint		1	1000
System AE high severity	940	dint		1	1000
System AE critical severity	950	dint		1	1000
System AE fatal severity	960	dint		1	1000
System events to controller log	Medium Severit	enum			
Event queue size	300	dint		10	3000
Max number of event queues	0	dint		0	5
Event subscription queue size	300	dint		200	3000
Max number of subscriptions	1	dint		0	5
Event subscription time out	360	dint	min	0	1440
Low level event buffer size	2	dint		2	4000
Ext undeclared event class	2	dint		1	9999
Ext undeclared event severity	200	dint		1	1000
RNRP Default network ID	172.16.0.0	string			
RNRP Number of own areas	2	dint		1	4
RNRP Number of remote areas	4	dint		0	8
RNRP Max Lost Messages	3	dint		1	10
RNRP Send Period	1	dint	s	1	60
RNRP Max no of hops	3	dint		1	3
Tool Routing	Disabled	enum			
Tool Routing max no of connecti	20	dint		5	50
CS CNCP ClockMaster Order No	0	dint		0	10
CS Protocol Type	CNCP	enum			
CS Time Set Enabled	True	enum			
CS Synch Interval	20	dint	s	1	240
CS SNTP ServerAddr 1		string			
CS SNTP ServerAddr 2		string			

FIGURA 4.43

En la pestaña Connections asignamos una variable de la Base de Datos para guardar la información sobre el HW del PLC.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IWD.0	UnitStatus	dint	TSP_Application.PLCStatus.HwState	

FIGURA 4.44

En la pestaña Unit Status podemos visualizar los parámetros más importantes relacionados con el estado y las alarmas cuando estemos en On-line.

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.45

Si continuamos desplegando la carpeta (ver figura 4.38) nos aparecen las comunicaciones. De todas ellas nos interesan Ethernet y ModuleBus. Con el primer protocolo comunicamos el Nivel de Operación con el Nivel de Control; con el segundo comunicamos el Nivel de Control con el Nivel de Campo.

Vemos en detalle la configuración Ethernet. La pantalla principal posee tres pestañas: Setting, Connections, Unit Status.

En la pestaña Settings podemos configurar parámetros como la dirección IP, máscara de subred, etc.

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
IP address	172.16.0.20	string			
IP subnet mask	255.255.252.0	string			
Network Area	0	dint		0	35
Path Number	0	dint		0	3
Node Number	20	dint		0	500
Network Area Local	false	bool			
Send Period	1	dint	s	1	60
Max Lost Messages	3	dint		1	10
Proxy router	0.0.0.0	string			
Target address	0.0.0.0	string			

FIGURA 4.46

En la pestaña Connections asignamos una variable de la Base de Datos para guardar la información sobre el HW del PLC.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IWD.1.0	UnitStatus	dint		

FIGURA 4.47

En la pestaña Unit Status podemos visualizar los parámetros más importantes relacionados con el estado y las alarmas cuando estemos en On-line.

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.48

Finalmente, solo nos queda describir los módulos que utilizan ModuleBus. En el área TSS que hemos tomado como ejemplo tenemos: 1 AI810 (Entradas analógicas), 2 DI810 (Entradas digitales), 2 DO810 (Salidas digitales) y 1 DO820 (Salidas digitales).

Cada uno posee su propia configuración que vamos a detallar a continuación, tomaremos un ejemplo de cada tipo.

❖ **Configuración ModuleBus de AI810:**

La pantalla principal posee cinco pestañas: Settings, Connections, Scaling, Status y Unit Status.

La pestaña Settings como hemos visto ya en los párrafos anteriores define una serie de parámetros. En este caso si el canal está activado, filtros, rango de señal, etc.

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
Activate channel 1	true	bool			
Activate channel 2	true	bool			
Activate channel 3	true	bool			
Activate channel 4	true	bool			
Activate channel 5	true	bool			
Activate channel 6	true	bool			
Activate channel 7	true	bool			
Activate channel 8	true	bool			
Filter time channel 1	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 2	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 3	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 4	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 5	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 6	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 7	0	dint	ms	0	65535
Filter time channel 8	0	dint	ms	0	65535
Linearization code channel 1	No Linearization	enum			
Linearization code channel 2	No Linearization	enum			
Linearization code channel 3	No Linearization	enum			
Linearization code channel 4	No Linearization	enum			
Linearization code channel 5	No Linearization	enum			
Linearization code channel 6	No Linearization	enum			
Linearization code channel 7	No Linearization	enum			
Linearization code channel 8	No Linearization	enum			
Signal range channel 1	4-20mA	enum			
Signal range channel 2	4-20mA	enum			
Signal range channel 3	4-20mA	enum			
Signal range channel 4	4-20mA	enum			
Signal range channel 5	4-20mA	enum			
Signal range channel 6	4-20mA	enum			
Signal range channel 7	4-20mA	enum			
Signal range channel 8	4-20mA	enum			
Deadband channel 1	Update every time	enum	%		
Deadband channel 2	Update every time	enum	%		
Deadband channel 3	Update every time	enum	%		
Deadband channel 4	Update every time	enum	%		
Deadband channel 5	Update every time	enum	%		
Deadband channel 6	Update every time	enum	%		
Deadband channel 7	Update every time	enum	%		
Deadband channel 8	Update every time	enum	%		

FIGURA 4.49

En la Pestaña Connections asignamos variables de la Base de Datos para guardar la información sobre las entradas analógicas del área.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IWD.11.101.1	Input 1	real	TSP_Application.A2G62AE5001K3	UNIT2 TSP FEEDWATER SPECIFIC COND. ANALYZER
IWD.11.101.2	Input 2	real	TSP_Application.A2G62AE5001R3	UNIT2 TSP CONDENSATE SPECIFIC COND. ANALYZER
IWD.11.101.3	Input 3	real	TSP_Application.A2G62AE5001K2	UNIT2 TSP FEEDWATER DISSOLVED O2 ANALYZER
IWD.11.101.4	Input 4	real	TSP_Application.A2G62AE5001R2	UNIT2 TSP CONDENSATE DISSOLVED O2 ANALYZER
IWD.11.101.5	Input 5	real	TSP_Application.A2G62TT5002	UNIT2 TSP CONTROL PANEL TEMPERATURE
IWD.11.101.6	Input 6	real	TSP_Application.SPARE_AI1	SPARE-AI1
IWD.11.101.7	Input 7	real	TSP_Application.SPARE_AI2	SPARE-AI2
IWD.11.101.8	Input 8	real	TSP_Application.SPARE_AI3	SPARE-AI3
IWD.11.101.9	UnitStatus	dint	TSP_Application.AIB10_1.HwState	

FIGURA 4.50

La pestaña Scaling nos permite definir el rango de la entrada analógica, en *Fraction* podemos decidir el número de decimales

Channel	Variable	Min	Max	Unit	Fraction	Reversed
IWD.11.101.1	TSP_Application.A2G62AE5001K3	0.0	1.999		3	false
IWD.11.101.2	TSP_Application.A2G62AE5001R3	0.0	1.999		3	false
IWD.11.101.3	TSP_Application.A2G62AE5001K2	10.0	30.0		1	false
IWD.11.101.4	TSP_Application.A2G62AE5001R2	10.0	30.0		1	false
IWD.11.101.5	TSP_Application.A2G62TT5002	0.0	100.0		1	false
IWD.11.101.6	TSP_Application.SPARE_AI1	0.0	100.0		1	false
IWD.11.101.7	TSP_Application.SPARE_AI2	0.0	100.0		1	false
IWD.11.101.8	TSP_Application.SPARE_AI3	0.0	100.0		1	false

FIGURA 4.51

Status nos permite simular las variables cuando estemos en on-line. Tan solo tenemos que marcar el check-box de la columna *Forced* y escribir el la columna *Variable Value* es valor deseado.

Channel	Channel Value	Forced	Variable Value	Variable
IWD.11.101.1		☐		TSP_Application.A2G62AE5001K3
IWD.11.101.2		☐		TSP_Application.A2G62AE5001R3
IWD.11.101.3		☐		TSP_Application.A2G62AE5001K2
IWD.11.101.4		☐		TSP_Application.A2G62AE5001R2
IWD.11.101.5		☐		TSP_Application.A2G62TT5002
IWD.11.101.6		☐		TSP_Application.SPARE_AI1
IWD.11.101.7		☐		TSP_Application.SPARE_AI2
IWD.11.101.8		☐		TSP_Application.SPARE_AI3

FIGURA 4.52

En Unit Status visualizamos los parámetros más importantes relacionados con el estado y las alarmas cuando estemos en On-line.

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.53

❖ Configuración ModuleBus de DI810:

En este caso la pantalla principal posee cuatro pestañas: Settings, Connections, Status y Unit Status.

Settings: Podemos definir si los canales están activos o no, filtros, etc.

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
Filter time	2	enum	ms		
Sensor power supervision	true	bool			
Activate channel 1	true	bool			
Activate channel 2	true	bool			
Activate channel 3	true	bool			
Activate channel 4	true	bool			
Activate channel 5	true	bool			
Activate channel 6	true	bool			
Activate channel 7	true	bool			
Activate channel 8	true	bool			
Activate channel 9	true	bool			
Activate channel 10	true	bool			
Activate channel 11	true	bool			
Activate channel 12	true	bool			
Activate channel 13	true	bool			
Activate channel 14	true	bool			
Activate channel 15	true	bool			
Activate channel 16	true	bool			

FIGURA 4.54

En la Pestaña Connections asignamos variables de la Base de Datos para guardar la información sobre las entradas digitales del área.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IXD.11.102.1	Input 1	bool	TSP_Application.I2G62TS5001A	UNIT2 TSP MSR 1 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.2	Input 2	bool	TSP_Application.I2G62TS5001B	UNIT2 TSP MSR 2 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.3	Input 3	bool	TSP_Application.I2G62TS5001C	UNIT2 TSP MSR 3 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.4	Input 4	bool	TSP_Application.I2G62TS5001D	UNIT2 TSP MSR A 1ST STAGE REHEATER DT A1,A2,B1,B2 TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.5	Input 5	bool	TSP_Application.I2G62TS5001E	UNIT2 TSP MSR A 2ND STAGE REHEATER DT A1,A2 TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.6	Input 6	bool	TSP_Application.I2G62TS5001F	UNIT2 TSP MSR A 2ND STAGE REHEATER DT B1,B2 TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.7	Input 7	bool	TSP_Application.I2G62TS5001G	UNIT2 TSP MSR A SEPARATOR DT TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.8	Input 8	bool	TSP_Application.I2G62TS5001H	UNIT2 TSP MSR B SEPARATOR DT TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.9	Input 9	bool	TSP_Application.I2G62TS5001J	UNIT2 TSP GLAND STEAM SUPPLY TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.10	Input 10	bool	TSP_Application.I2G62TS5001K	UNIT2 TSP FEEDWATER TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.11	Input 11	bool	TSP_Application.I2G62TS5001L	UNIT2 TSP MAIN STEAM SYSTEM TEMPERATURE HIGH
IXD.11.102.12	Input 12	bool	TSP_Application.I2G62CHU5003	UNIT2 TSP CHILLER TROUBLE
IXD.11.102.13	Input 13	bool	TSP_Application.I2G62RELE5001A	UNIT2 TSP SAMPLE CONDITIONING RACK 120V POWER AVAILABLE
IXD.11.102.14	Input 14	bool	TSP_Application.I2G62BUT5002B	UNIT2 TSP ALARM ACKNOWLEDGE
IXD.11.102.15	Input 15	bool	TSP_Application.I2G62BUT5002A	UNIT2 TSP ALARM RESET
IXD.11.102.16	Input 16	bool	TSP_Application.I2G62AE5001K3	UNIT2 TSP FEEDWATER SPECIFIC COND. ANALYZER FAULT
IWD.11.102.17	All Inputs	dword		
IWD.11.102.18	Channel status	dword		
IWD.11.102.19	UnitStatus	dint	TSP_Application.DIB10_1.HwState	

FIGURA 4.55

Status:

Channel	Channel Value	Forced	Variable Value	Variable
IXD.11.102.1		☐		TSP_Application.I2G62TS5001A
IXD.11.102.2		☐		TSP_Application.I2G62TS5001B
IXD.11.102.3		☐		TSP_Application.I2G62TS5001C
IXD.11.102.4		☐		TSP_Application.I2G62TS5001D
IXD.11.102.5		☐		TSP_Application.I2G62TS5001E
IXD.11.102.6		☐		TSP_Application.I2G62TS5001F
IXD.11.102.7		☐		TSP_Application.I2G62TS5001G
IXD.11.102.8		☐		TSP_Application.I2G62TS5001H
IXD.11.102.9		☐		TSP_Application.I2G62TS5001J
IXD.11.102.10		☐		TSP_Application.I2G62TS5001K
IXD.11.102.11		☐		TSP_Application.I2G62TS5001L
IXD.11.102.12		☐		TSP_Application.I2G62CHU5003
IXD.11.102.13		☐		TSP_Application.I2G62RELE5001A
IXD.11.102.14		☐		TSP_Application.I2G62BUT5002B
IXD.11.102.15		☐		TSP_Application.I2G62BUT5002A
IXD.11.102.16		☐		TSP_Application.I2G62AE5001K3
IWD.11.102.17		☐		
IWD.11.102.18		☐		

FIGURA 4.56

Unit Status:

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.57

❖ Configuración ModuleBus de DO810:

En este caso la pantalla principal posee cuatro pestañas: Settings, Connections, Status y Unit Status.

Settings: Podemos definir si los canales están activos o no, supervisión de alimentación exterior, etc.

Parameter	Value	Type	Unit	Min	Max
External power supervision	true	bool			
Activate channel 1	true	bool			
Activate channel 2	true	bool			
Activate channel 3	true	bool			
Activate channel 4	true	bool			
Activate channel 5	true	bool			
Activate channel 6	true	bool			
Activate channel 7	true	bool			
Activate channel 8	true	bool			
Activate channel 9	true	bool			
Activate channel 10	true	bool			
Activate channel 11	true	bool			
Activate channel 12	true	bool			
Activate channel 13	true	bool			
Activate channel 14	true	bool			
Activate channel 15	true	bool			
Activate channel 16	true	bool			
OSP control channel 1	Set OSP value	enum			
OSP control channel 2	Set OSP value	enum			
OSP control channel 3	Set OSP value	enum			
OSP control channel 4	Set OSP value	enum			
OSP control channel 5	Set OSP value	enum			
OSP control channel 6	Set OSP value	enum			
OSP control channel 7	Set OSP value	enum			
OSP control channel 8	Set OSP value	enum			
OSP control channel 9	Set OSP value	enum			
OSP control channel 10	Set OSP value	enum			
OSP control channel 11	Set OSP value	enum			
OSP control channel 12	Set OSP value	enum			
OSP control channel 13	Set OSP value	enum			
OSP control channel 14	Set OSP value	enum			
OSP control channel 15	Set OSP value	enum			
OSP control channel 16	Set OSP value	enum			
OSP value channel 1	false	bool			
OSP value channel 2	false	bool			
OSP value channel 3	false	bool			
OSP value channel 4	false	bool			
OSP value channel 5	false	bool			
OSP value channel 6	false	bool			
OSP value channel 7	false	bool			
OSP value channel 8	false	bool			
OSP value channel 9	false	bool			
OSP value channel 10	false	bool			
OSP value channel 11	false	bool			
OSP value channel 12	false	bool			

OSP value channel 13	false	bool			
OSP value channel 14	false	bool			
OSP value channel 15	false	bool			
OSP value channel 16	false	bool			

FIGURA 4.58

En la Pestaña Connections asignamos variables de la Base de Datos para guardar la información sobre las salidas digitales del área.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
QXD.11.104.1	Output 1	bool	TSP_Application.O2G62TS5001AA	UNIT2 TSP MSR 1 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.2	Output 2	bool	TSP_Application.O2G62TS5001BA	UNIT2 TSP MSR 2 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.3	Output 3	bool	TSP_Application.O2G62TS5001CA	UNIT2 TSP MSR 3 LOW PRESSURE TURBINE TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.4	Output 4	bool	TSP_Application.O2G62TS5001DA	UNIT2 TSP MSR A 1ST STAGE REHEATER DT A1,A2,B1,B2 TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.5	Output 5	bool	TSP_Application.O2G62TS5001EA	UNIT2 TSP MSR A 2ND STAGE REHEATER DT A1,A2 TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.6	Output 6	bool	TSP_Application.O2G62TS5001FA	UNIT2 TSP MSR A 2ND STAGE REHEATER DT B1,B2 TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.7	Output 7	bool	TSP_Application.O2G62TS5001GA	UNIT2 TSP MSR A SEPARATOR DT TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.8	Output 8	bool	TSP_Application.O2G62TS5001HA	UNIT2 TSP MSR B SEPARATOR DT TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.9	Output 9	bool	TSP_Application.O2G62TS5001JA	UNIT2 TSP GLAND STEAM SUPPLY TEMPERATURE ALARM HIGH
QXD.11.104.10	Output 10	bool	TSP_Application.O2G62TS5001KA	UNIT2 TSP FEEDWATER TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.11	Output 11	bool	TSP_Application.O2G62TS5001LA	UNIT2 TSP MAIN STEAM SYSTEM TEMPERATURE HIGH ALARM
QXD.11.104.12	Output 12	bool	TSP_Application.O2G62TS5002A	UNIT2 TSP CONTROL PANEL HIGH TEMP ALARM
QXD.11.104.13	Output 13	bool	TSP_Application.O2G62TSPTBBA	UNIT2 TSP PLC SYSTEM TROUBLE ALARM
QXD.11.104.14	Output 14	bool	TSP_Application.O2G62TSPPWRA	UNIT2 TSP POWER AVAILABLE ALARM
QXD.11.104.15	Output 15	bool	TSP_Application.O2G62CHU5003A	UNIT2 TSP CHILLER TROUBLE ALARM
QXD.11.104.16	Output 16	bool	TSP_Application.O2G62AE5001K3A	UNIT2 TSP FW SPEC COND. HIGH
QWD.11.104.17	All Outputs	dword		
IWD.11.104.18	Channel status	dword		
IWD.11.104.19	UnitStatus	dint	TSP_Application.DO810_1.HwState	

FIGURA 4.59

Status:

Channel	Channel Value	Forced	Variable Value	Variable
QXD.11.104.1		☐		TSP_Application.O2G62TS5001AA
QXD.11.104.2		☐		TSP_Application.O2G62TS5001BA
QXD.11.104.3		☐		TSP_Application.O2G62TS5001CA
QXD.11.104.4		☐		TSP_Application.O2G62TS5001DA
QXD.11.104.5		☐		TSP_Application.O2G62TS5001EA
QXD.11.104.6		☐		TSP_Application.O2G62TS5001FA
QXD.11.104.7		☐		TSP_Application.O2G62TS5001GA
QXD.11.104.8		☐		TSP_Application.O2G62TS5001HA
QXD.11.104.9		☐		TSP_Application.O2G62TS5001JA
QXD.11.104.10		☐		TSP_Application.O2G62TS5001KA
QXD.11.104.11		☐		TSP_Application.O2G62TS5001LA
QXD.11.104.12		☐		TSP_Application.O2G62TS5002A
QXD.11.104.13		☐		TSP_Application.O2G62TSPTRBA
QXD.11.104.14		☐		TSP_Application.O2G62TSPPWRA
QXD.11.104.15		☐		TSP_Application.O2G62CHU5003A
QXD.11.104.16		☐		TSP_Application.O2G62AE5001K3A
QWD.11.104.17		☐		
IWD.11.104.18		☐		

FIGURA 4.60

Unit Status:

Name	Value	Description
HWState		
HWStateChangeTime		
ErrorsAndWarnings		
ExtendedStatus		
LatchedErrorsAndWarnings		
LatchedExtendedStatus		

FIGURA 4.61

❖ Configuración ModuleBus de DO820:

La configuración es idéntica que en el módulo DO810, por lo que no vamos a aburrir al lector con más figuras semejantes al módulo anterior. Las únicas diferencias son que está pensado para aplicaciones con relé normalmente abierto y son 8 canales en vez de 16.

CAPITULO 5

Interfaz hombre-máquina

5.1 Introducción a Process Portal A

A continuación vamos a describir la herramienta Process Portal A, que sirve como complemento a CB. Process Portal A es la herramienta, mediante la cual, se lleva a cabo de creación, configuración y mantenimiento del sistema de control. Es decir, es la interfaz gráfica hombre-máquina que nos muestra por pantalla el estado del sistema. Entre las funciones del PPA destacan:

- Gestión de BBDD para elementos tales como tendencias, presentación de alarmas, eventos, etc.
- Gestión de la aplicación a través de la cual se controla la estación
- Definición de los elementos a representar en el panel de operación de la estación
- Configuración de usuarios
- Servicios del sistema:
 - o OPC
 - o BackUp
 - o Históricos

5.2 Estructuras creadas

El PPA se divide en una serie de estructuras cada una de ellas, a su vez, se dividen en objetos que, a su vez, se dividen en aspectos.

Aunque PPA posea un número estructuras mayor al aquí representado, las que se comentan a continuación son las más importantes:

➤ **Library Structure:**

- Contiene patrones de:
 - Alarmas y eventos
 - Históricos
 - Representación de tendencias
- Plantillas XML Workplace Panel

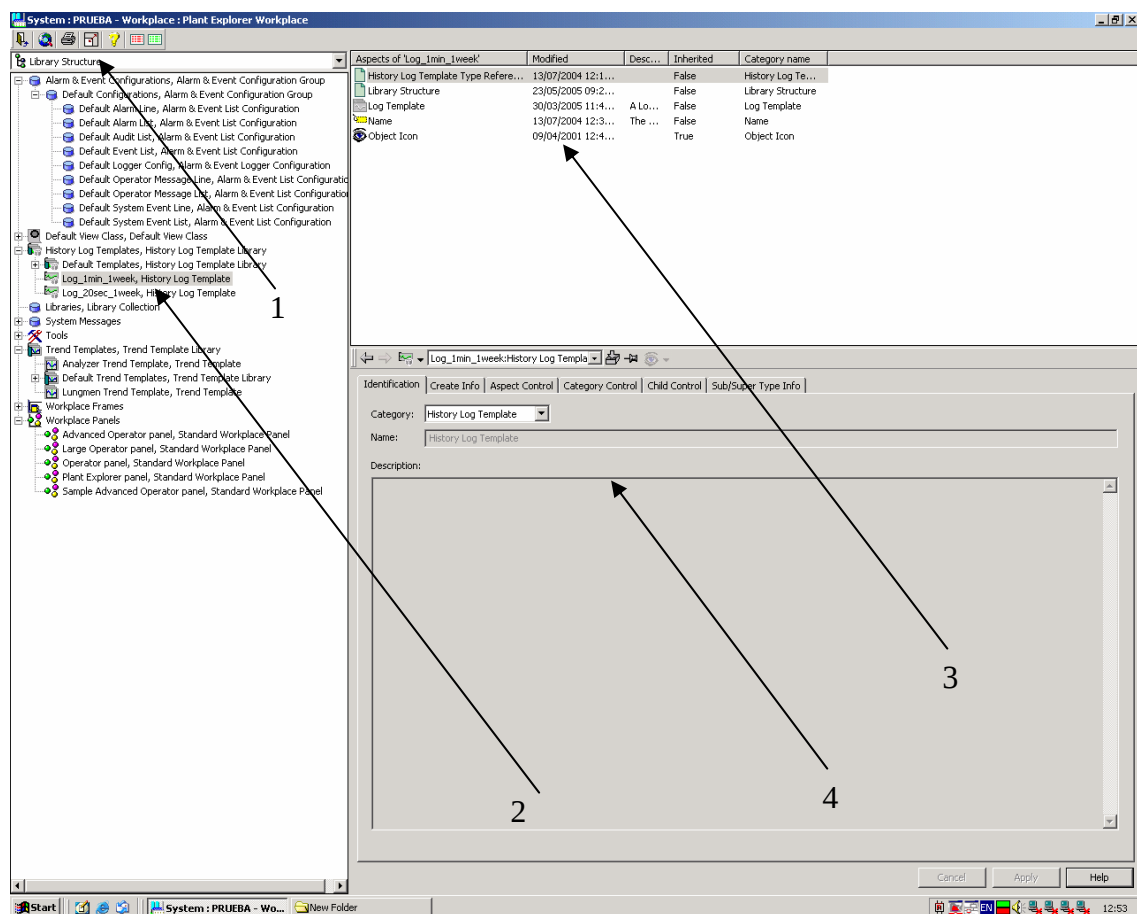


FIGURA 5.1

Como vemos se divide en cuatro bloques importantes:

1.-Podemos escoger entre las distintas estructuras. En este caso Library Structure.

2.-Tenemos el árbol de las carpetas que forman esta estructura, de entre ellos lo más importantes son:

- Alarm & Event Configurations: Podemos configurar todos los parámetros de las alarmas y eventos (lista de alarmas y eventos, línea de alarmas y eventos, lista de alarmas y eventos audibles, etc.).
- History Log Templates: Plantillas para generar Templates. Nosotros creamos dos: recoger datos cada minuto durante una semana y recoger datos cada 20 segundos durante una semana.
- Trend Templates: Nos permite crear las tendencias. Creamos dos: una para el analizador y otra para la pantalla general.
- Workplace Panels: Nos define las distintas formas en que se presenta la pantalla principal. En nuestro proyecto utilizamos Operator Panel para la configuración como Puesto de Operación y Plant Explorer Panel para el Puesto de Ingeniería.

3.-Nos muestra los aspectos que posee un elemento. En este caso los aspectos de Log_1min_1week.

4.-Nos enseña la información de un aspecto. En la figura se puede ver la información que tiene el aspecto History Log Template Type Reference

➤ Object Type Structure:

Contiene:

- Objetos sistema 800M
- Librerías
- Controladores y HW
- Estructura de aplicaciones

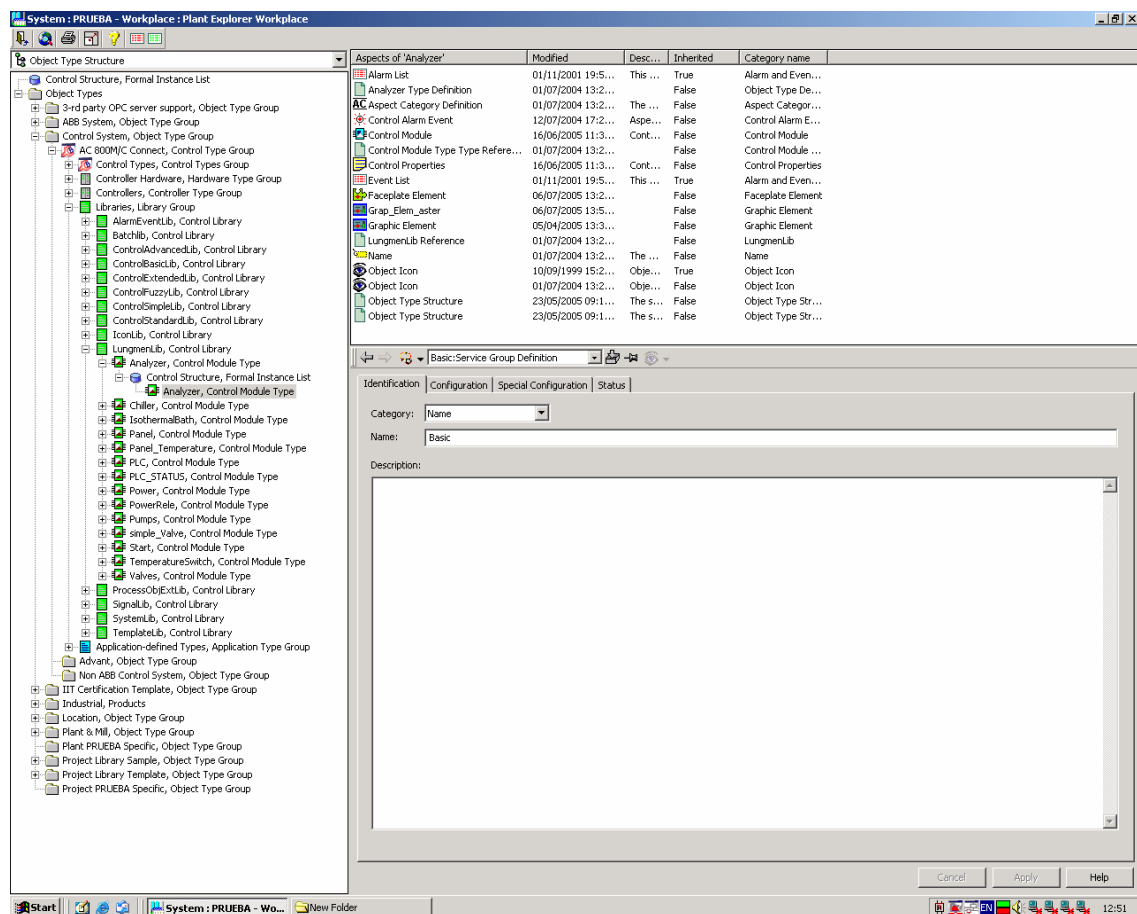


FIGURA 5.2

La carpeta más importante y que nos interesa explicar es Object Types/Control System/AC 800 M/C/ Libraries. Esta carpeta contiene todas las librerías utilizadas en CB. Posteriormente, podemos insertar en un Control Module Types los aspectos que deseemos como Faceplate, Trend, Graphic element, etc... y que serán exportados automáticamente a todos los Control Modules.

➤ Control Structure:

Contiene:

- Aplicación
- Definición de servidores OPC
- Para ello, recoge librerías
- Genera aplicaciones con patrones definidos
- Define estructura y configuración de controladores

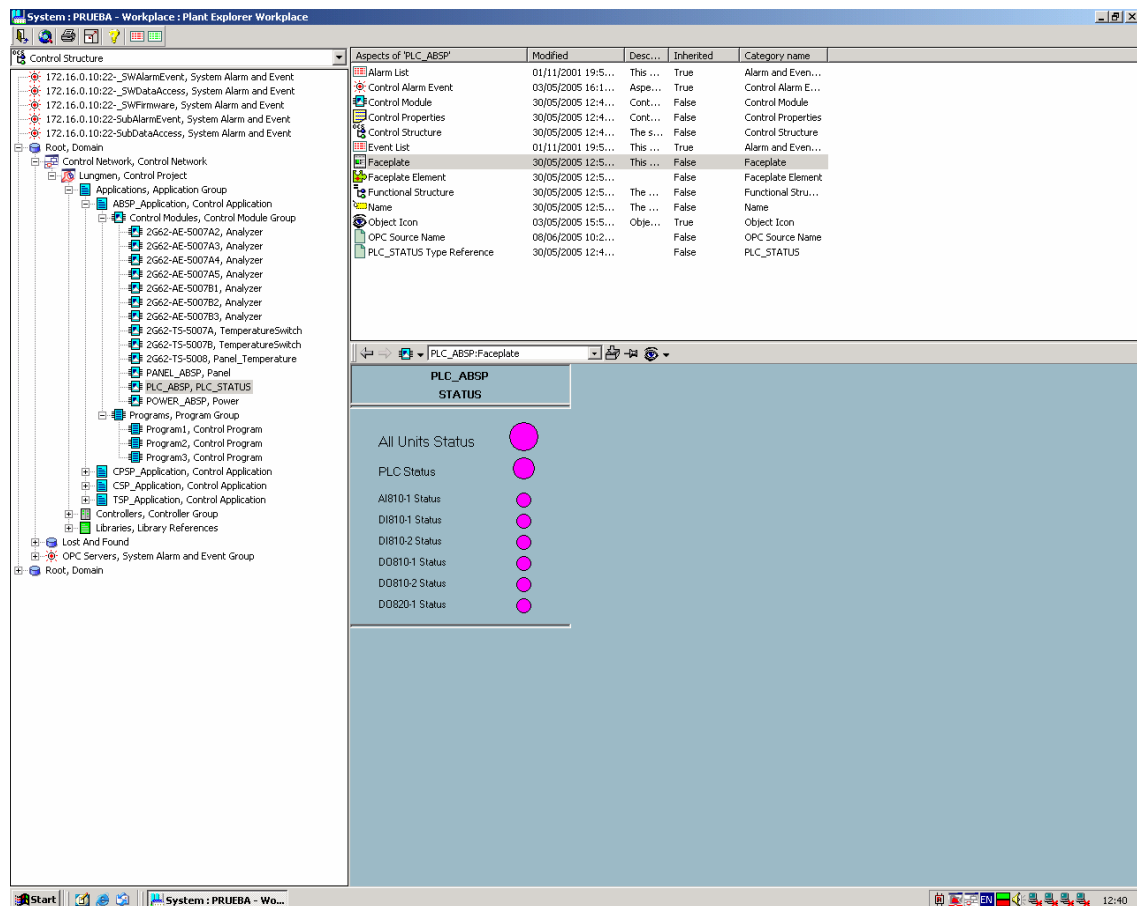


FIGURA 5.3

En esta estructura tenemos los Control Modules exportados de CB. Tenemos toda la información generada en CB y, además, podemos añadir los aspectos que necesitemos. En este ejemplo vemos que hemos insertado un faceplate que es específico para este Control Module (PLC_Status para el área ABSP). A diferencia de los aspectos de la estructura anterior (Object Type Structure) aquí solo afecta a un bloque funcional, mientras antes afectaban a todos los bloques funcionales que sean de un mismo Control Module Types.

➤ Functional Structure:

Representación gráfica de sinópticos de operación. Para ello inserta instancias de elementos de la aplicación que han de ser representados.

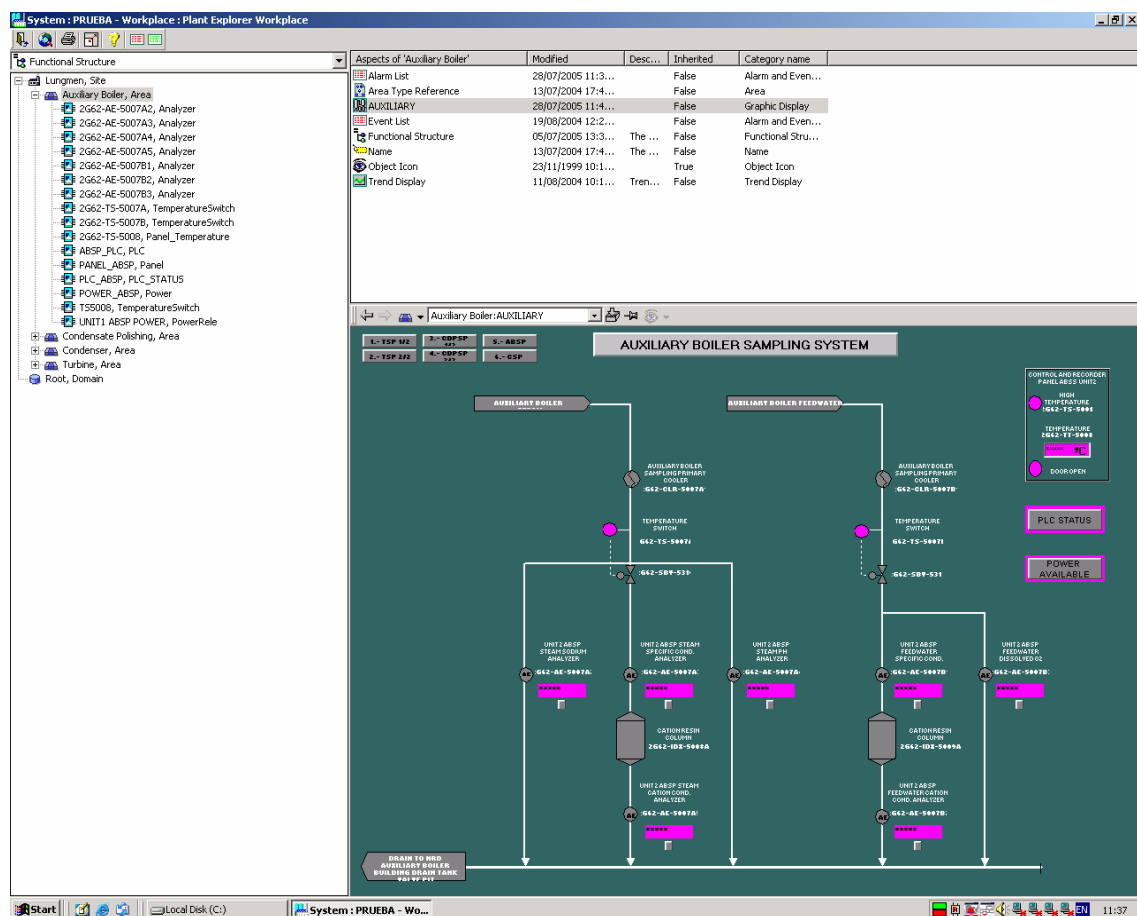


FIGURA 5.4

Como vemos, aquí creamos la estructura final en la que se dividirá el proyecto en la interfase hombre-máquina. Toda esta información nos permitirá dibujar las pantallas. Como vemos en la figura en el área Auxiliar Boiler(ABSS) están insertados todos los Control Modules que deseamos que aparezcan, de manera idéntica se actuará sobre las otras áreas.

➤ Workplace Structure:

Contiene la configuración de elementos que forman parte de la interfase de operación de planta para representar los sinópticos.

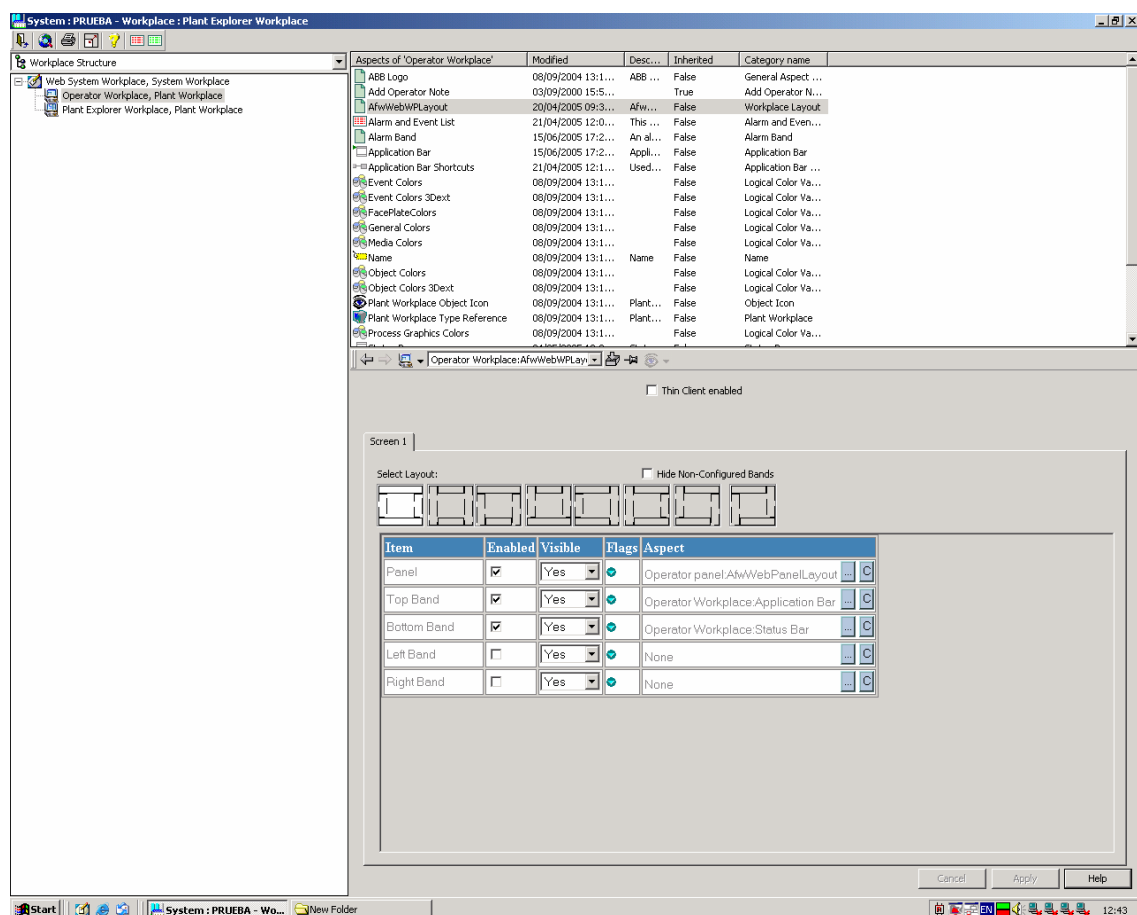


FIGURA 5.5

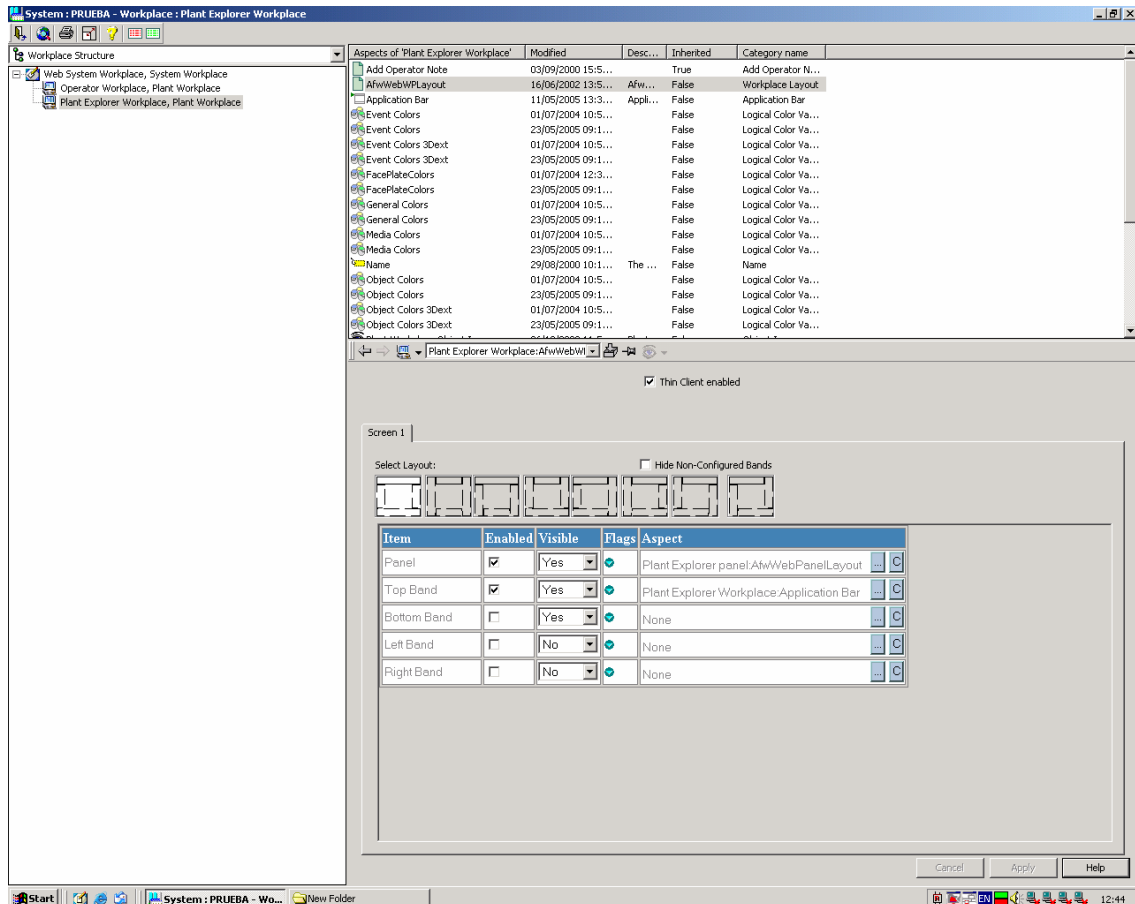


FIGURA 5.6

Como observamos en el árbol tenemos definidos dos Workplaces: Operador Workplace y Plant Explorer Workplace. El primero se utiliza para el Puesto de Operación y el segundo para el Puesto de Ingeniería. Si comparamos el aspecto AfwWebWPlayout entre la figura 5.5 y la figura 5.6 vemos que la última columna del aspecto difiere entre una y otra, además habilitamos distintos ítem (primera columna) según sea necesario en el Puesto de Operación o Ingeniería.

➤ Service Structure:

Contiene configuración de los servicios:

- Alarmas y eventos
- OPC

- Servidor de aspectos
- Servidor de archivos
- Impresión de alarmas

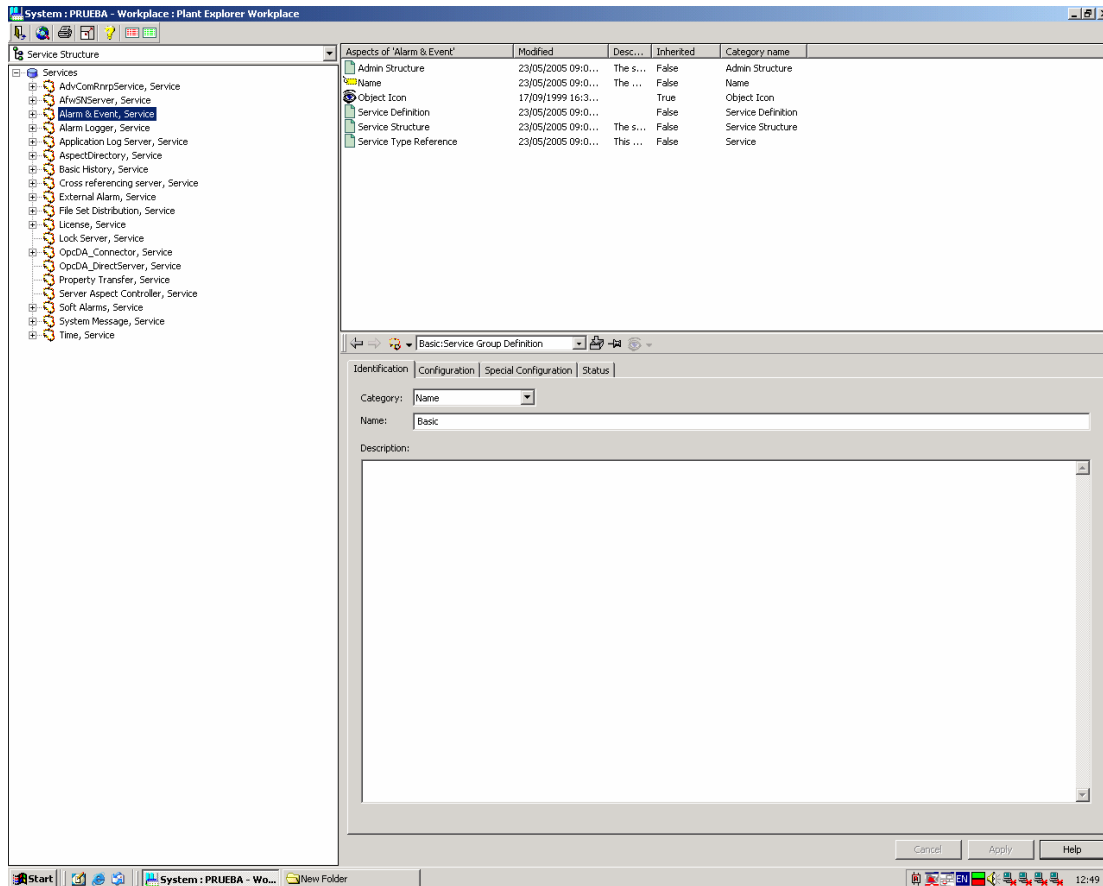


FIGURA 5.7

Una gran utilidad que tiene esta estructura es el aspecto System Status Viewer que se encuentra en la carpeta principal Services. Con este aspecto podemos ver si existe algún tipo de problemas en los servicios activos que tenemos como Alarmas y Eventos, Históricos, OPC, etc.

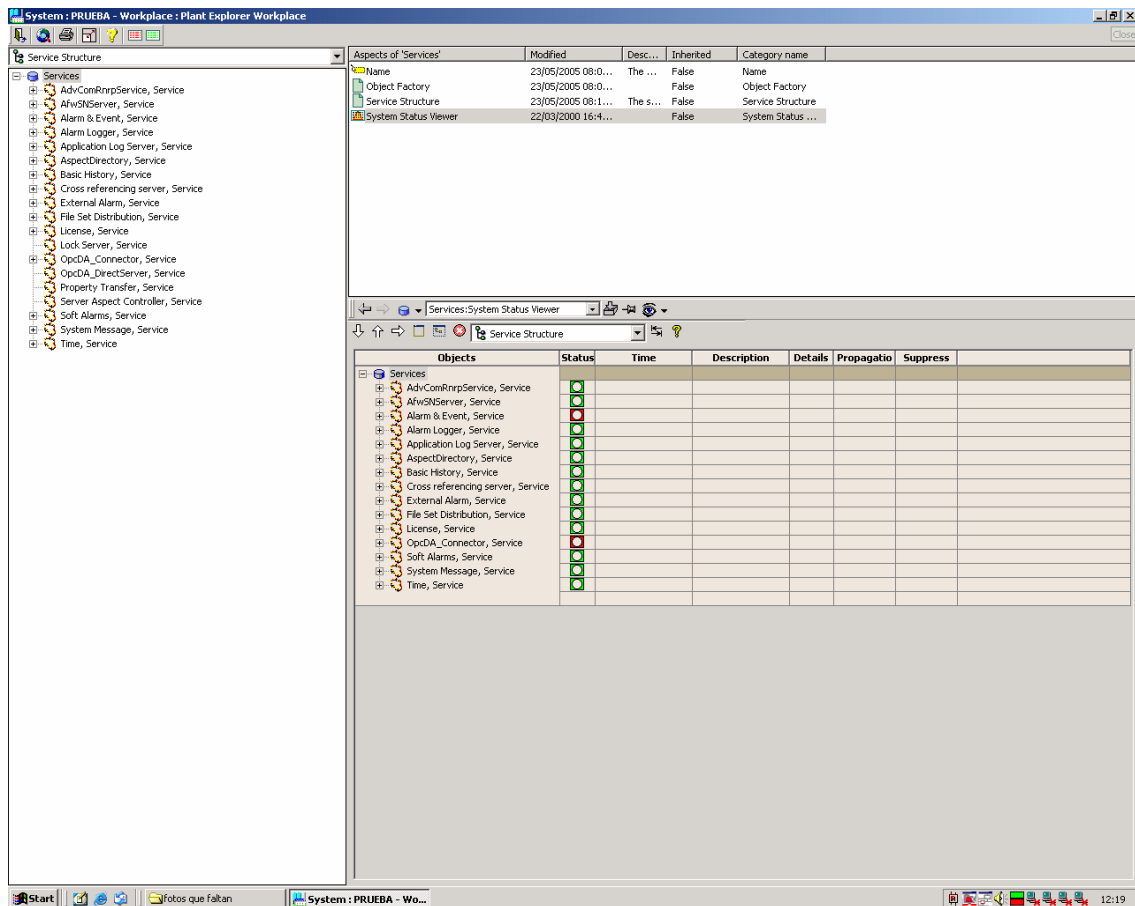


FIGURA 5.8

➤ User Structure:

Contiene configuración de los usuarios:

- Modos de pantalla
- Derechos
- Pantalla inicial

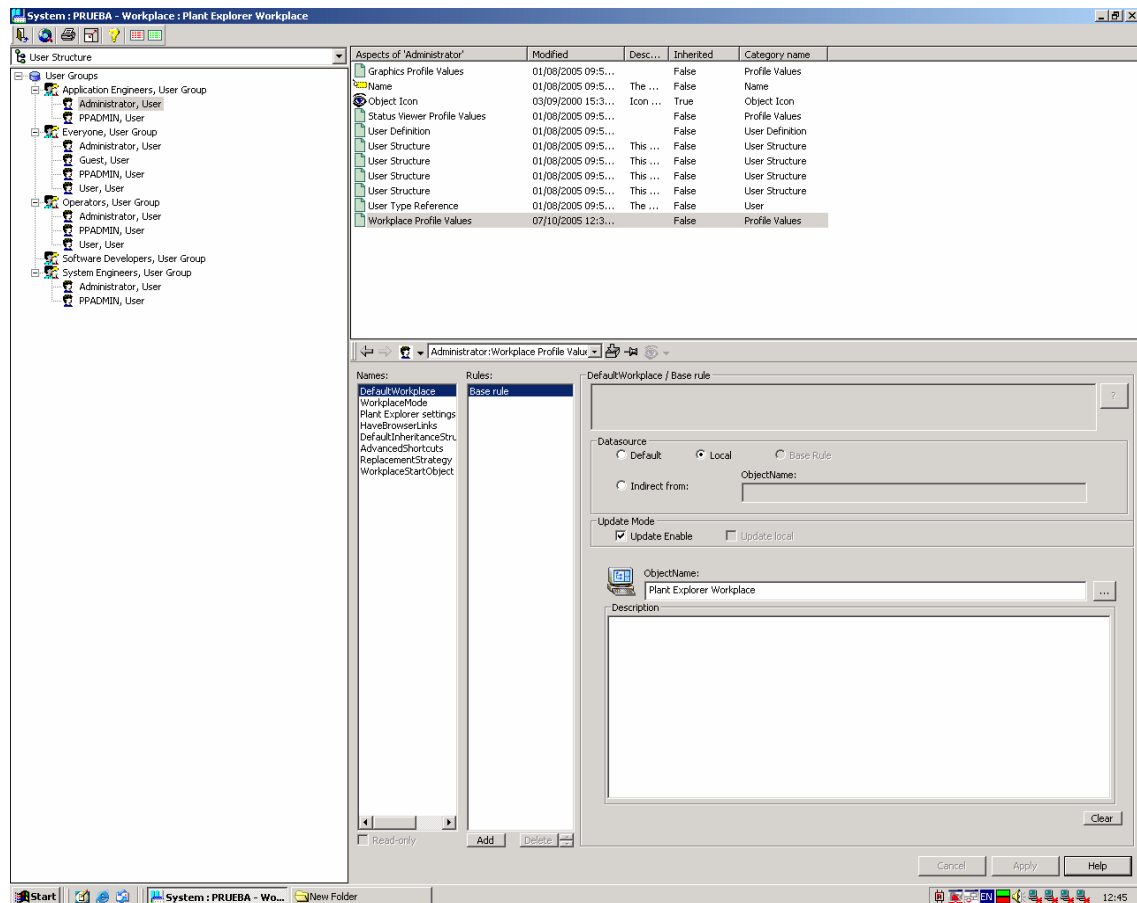


FIGURA 5.9

En este caso tenemos dos usuarios importantes configurados: Administrador y User. El primero será el utilizado para el Puesto de Ingeniería y el segundo para el Puesto de Operación. Si nos fijamos atentamente vemos que Administrador posee licencia en aplicaciones de ingeniería, Everyone(Windows), operador y sistemas de ingeniería, sin embargo, User solo tiene licencia para Everyone(Windows) y operador.

5.3 Herramienta para crear pantallas (Visual Basic)

Para generar las pantallas (Graphic display), Faceplate, Graphic Element, etc... utilizaremos el Visual Basic Net 6.0.

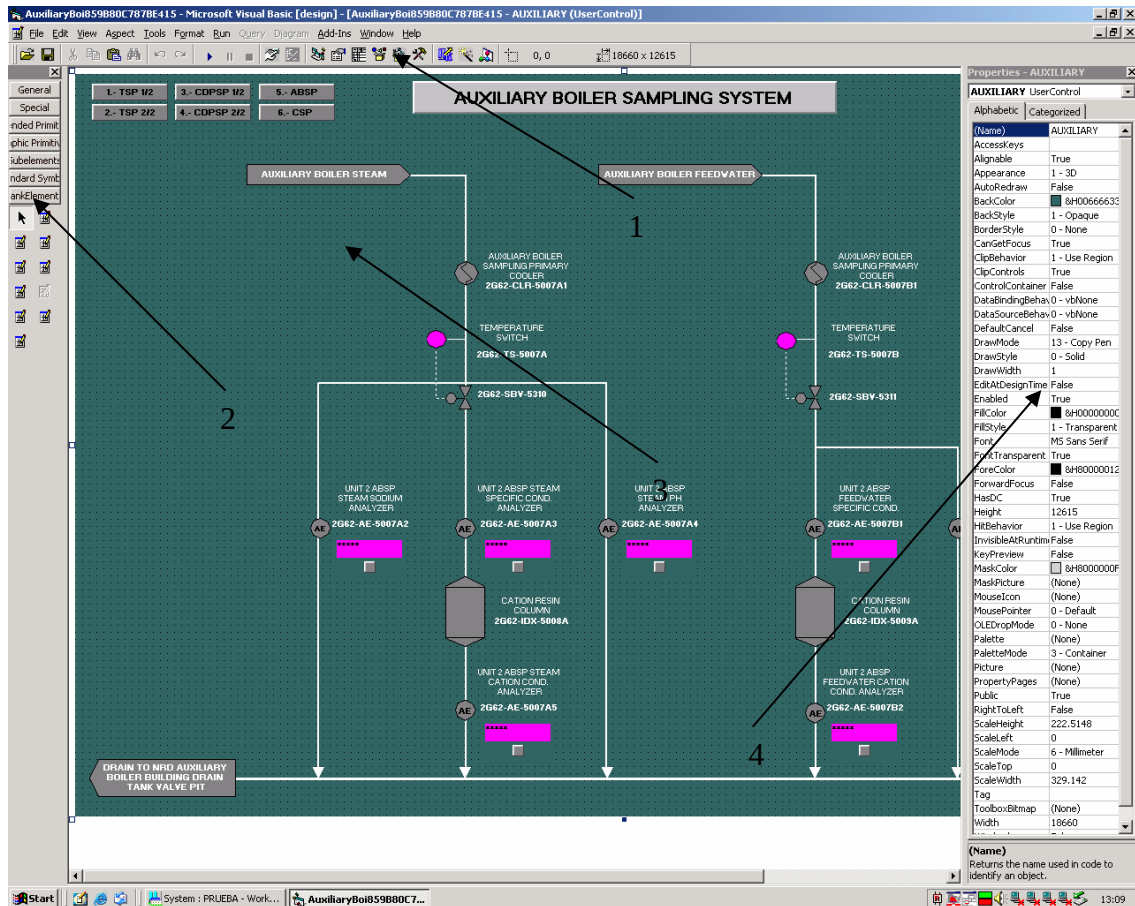


FIGURA 5.10

Esta es la pantalla principal de VB:

- 1.- Contiene las principales herramientas: compilar, propiedades del objeto, árbol de elementos que se pueden insertar, etc.
- 2.- Son las librerías que se pueden utilizar: insertar texto, elementos (válvulas, motores, tuberías, etc) ya diseñados, etc.
- 3.- Pantalla principal donde dibujamos
- 4.- Propiedades del objeto seleccionado

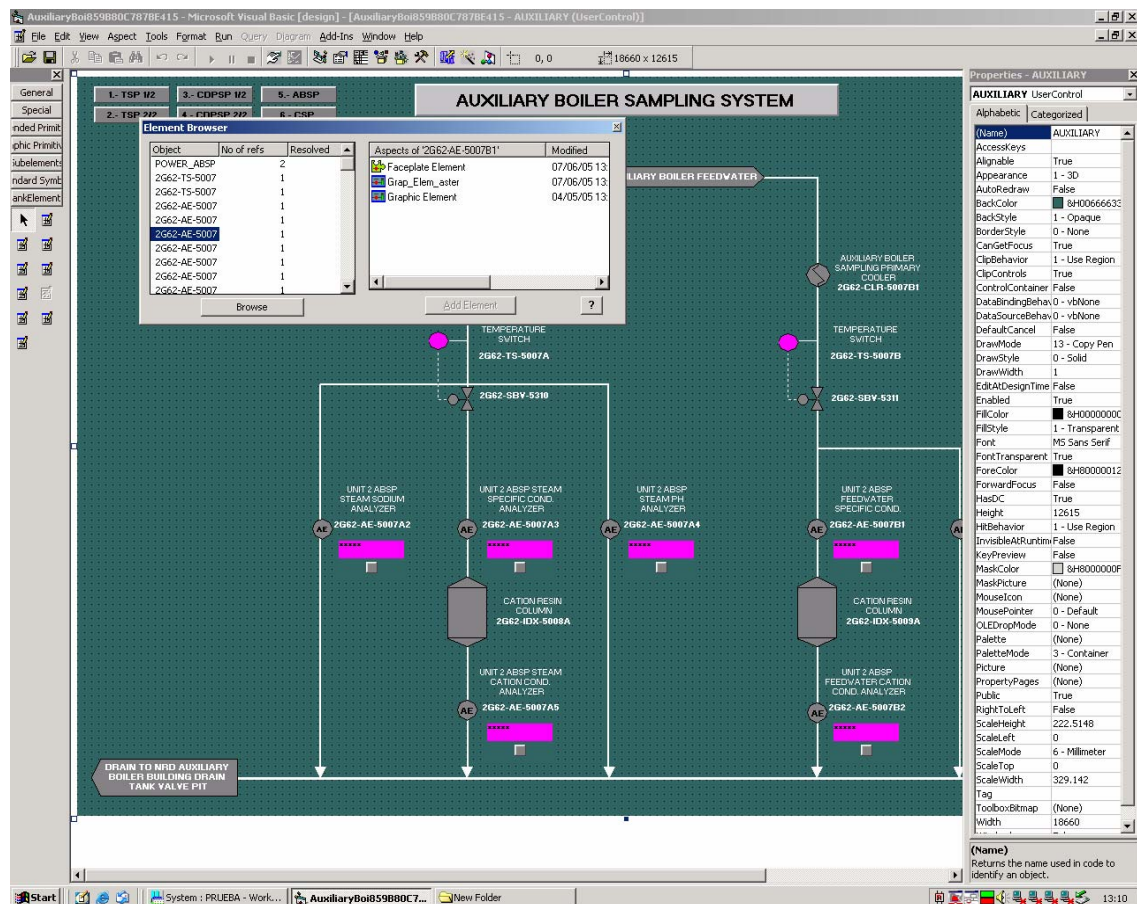


FIGURA 5.11

En esta otra pantalla podemos ver, el árbol de elementos que se pueden insertar (Element Browser). Este árbol se genera a partir de los Control Modules incluidos, en este caso, en la carpeta Auxiliar Boiler de la estructura Fuctional Structure.

En la figura 5.12 vemos la herramienta Expresión Builder que nos permite generar el código necesario en los objetos incluidos. En este caso estamos diciéndole al recuadro que rodea al botón PLC Status, las condiciones para que cambie de color y para que sea visible o no.

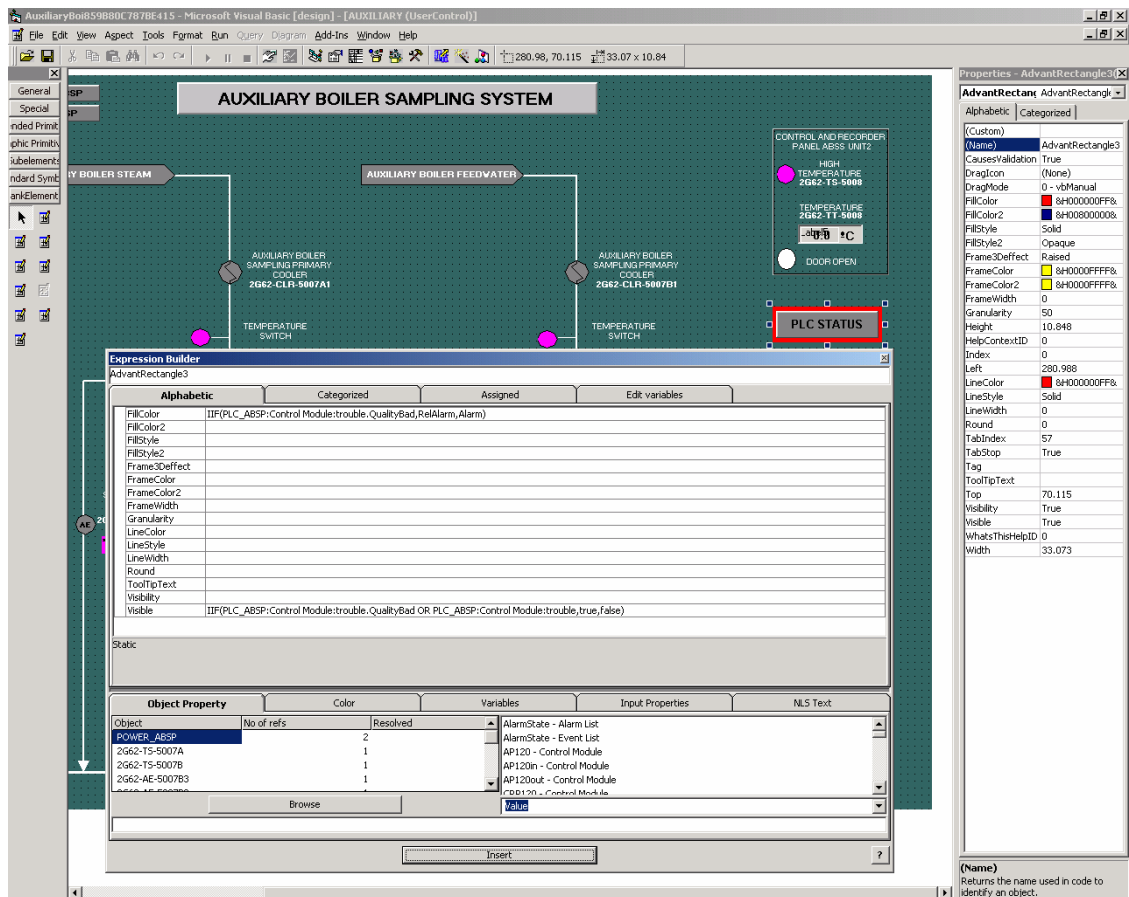


FIGURA 5.12

CAPITULO 6

Pantallas desarrolladas en el proyecto

6.1 Pantallas de operación

Vamos a mostrar las pantallas diseñadas para este proyecto, explicando como las hemos dibujado y, finalmente, entraremos con más detalles en los distintos elementos que las conforman.

Son un total de 6 pantallas que representan las cuatro áreas: 2 para el área 1(TSS), 2 para el área 2(CDPSS), 1 para el área 3(ABSS) y 1 para el área 4(CSS).

❖ Área 1: (pantalla 1/2)

Esta es la primera de las dos pantallas del área 1 llamada TURBINE SAMPLING SYSTEM 1/2, en ella están representadas la mitad de los conductos que pertenecen a esta área (6/12) además arriba a la izquierda tenemos accesos directos a las otras pantallas.

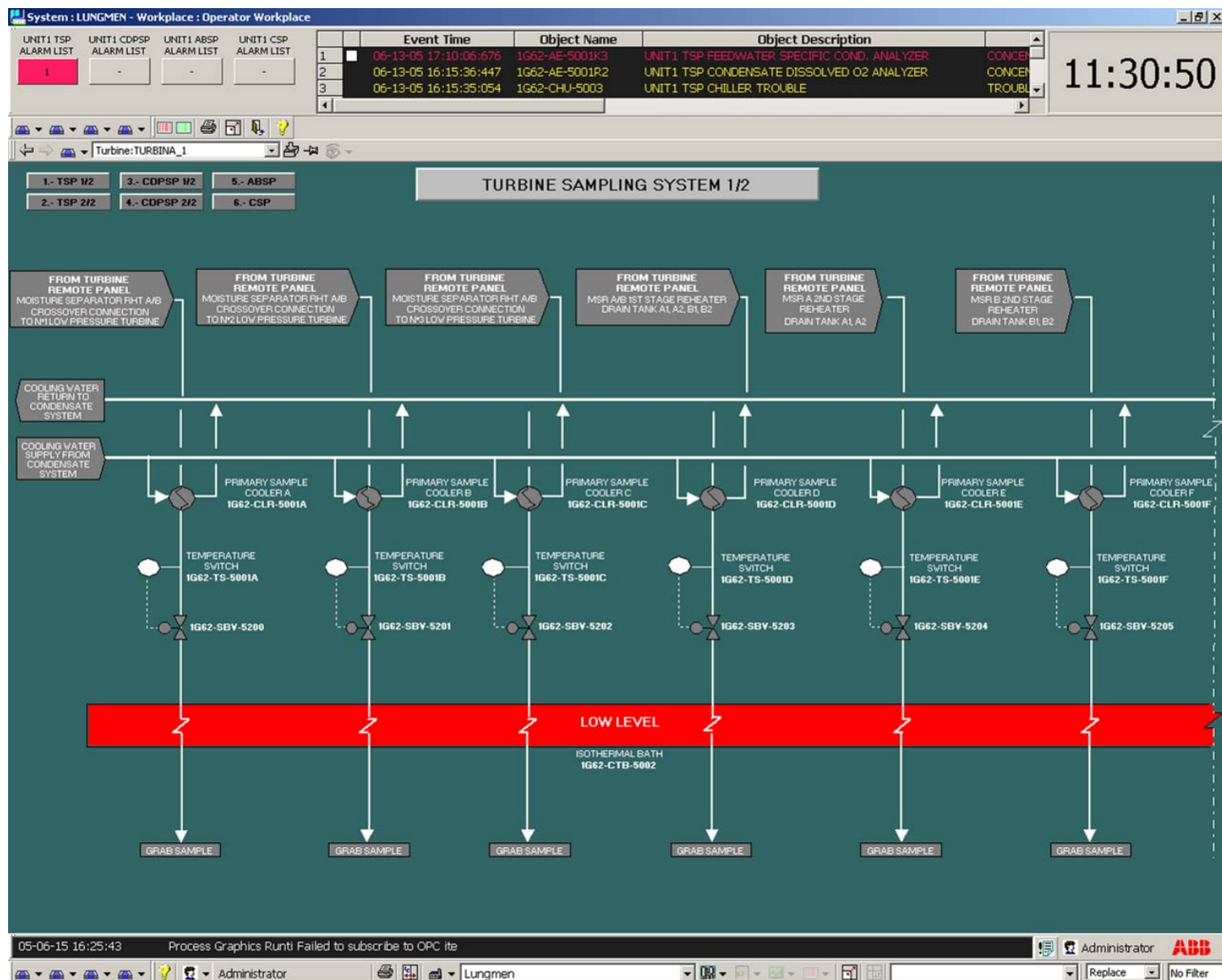


FIGURA 6.1

❖ **Área 1: (pantalla 2/2)**

Esta es la segunda de las dos pantallas del área 1 llamada TURBINE SAMPLING SYSTEM 2/2, en ella están representadas la otra mitad de los conductos que pertenecen a esta área (6/12) además a la derecha tenemos información sobre el C&RP, básicamente el valor de temperatura y el estado de la puerta (abierta o cerrada); el status del PLC y de la alimentación que comentaremos con más detalle posteriormente. Arriba a la izquierda tenemos accesos directos a las otras pantallas.

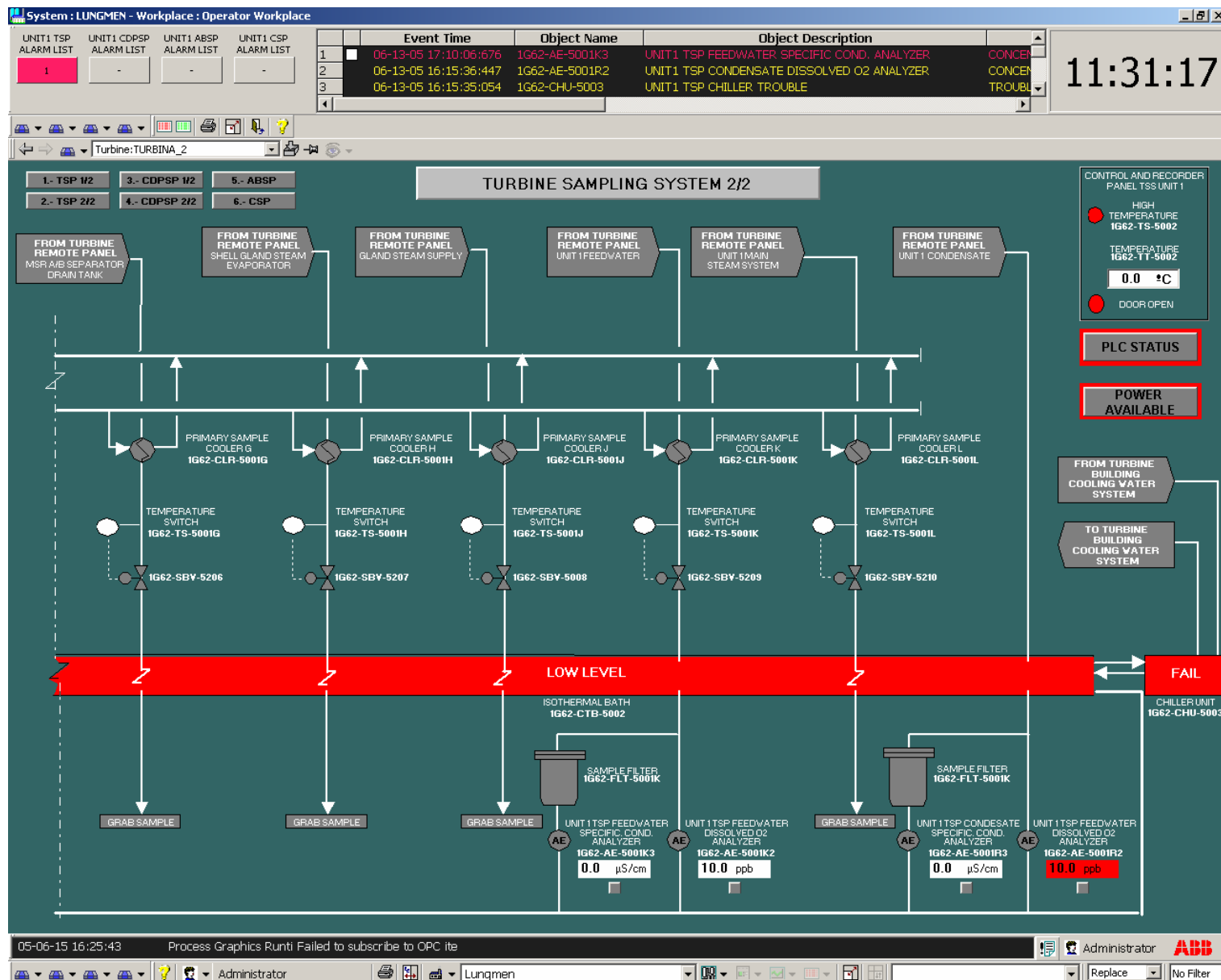


FIGURA 6.2

❖ **Área 2: (pantalla 1/2)**

Esta es la primera de las dos pantallas del área 2 llamada CONDENSATE POLISHING SAMPLING SYSTEM 1/2, en ella están representadas algunos de los conductos que pertenecen a esta área (6/10), además arriba a la izquierda tenemos accesos directos a las otras pantallas.

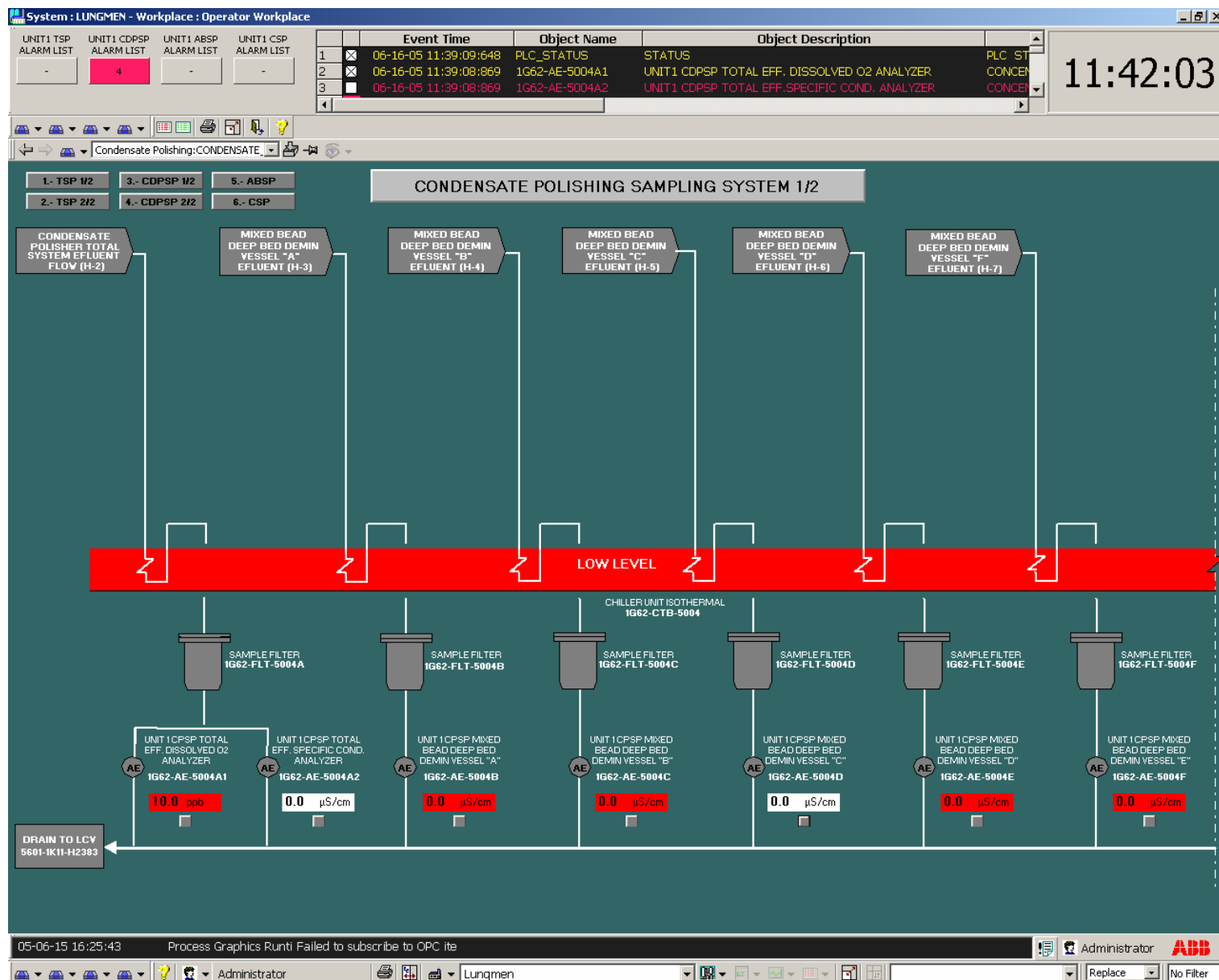


FIGURA 6.3

❖ **Área 2: (pantalla 2/2)**

Esta es la segunda de las dos pantallas del área 2 llamada CONDENSATE POLISHING SAMPLING SYSTEM 2/2, en ella están representadas los restantes conductos que pertenecen a esta área (4/10) además a la derecha tenemos información sobre el C&RP, con datos sobre la temperatura y apertura o no de la puerta; el estatus del PLC y de la alimentación. Arriba a la izquierda tenemos accesos directos a las otras pantallas.

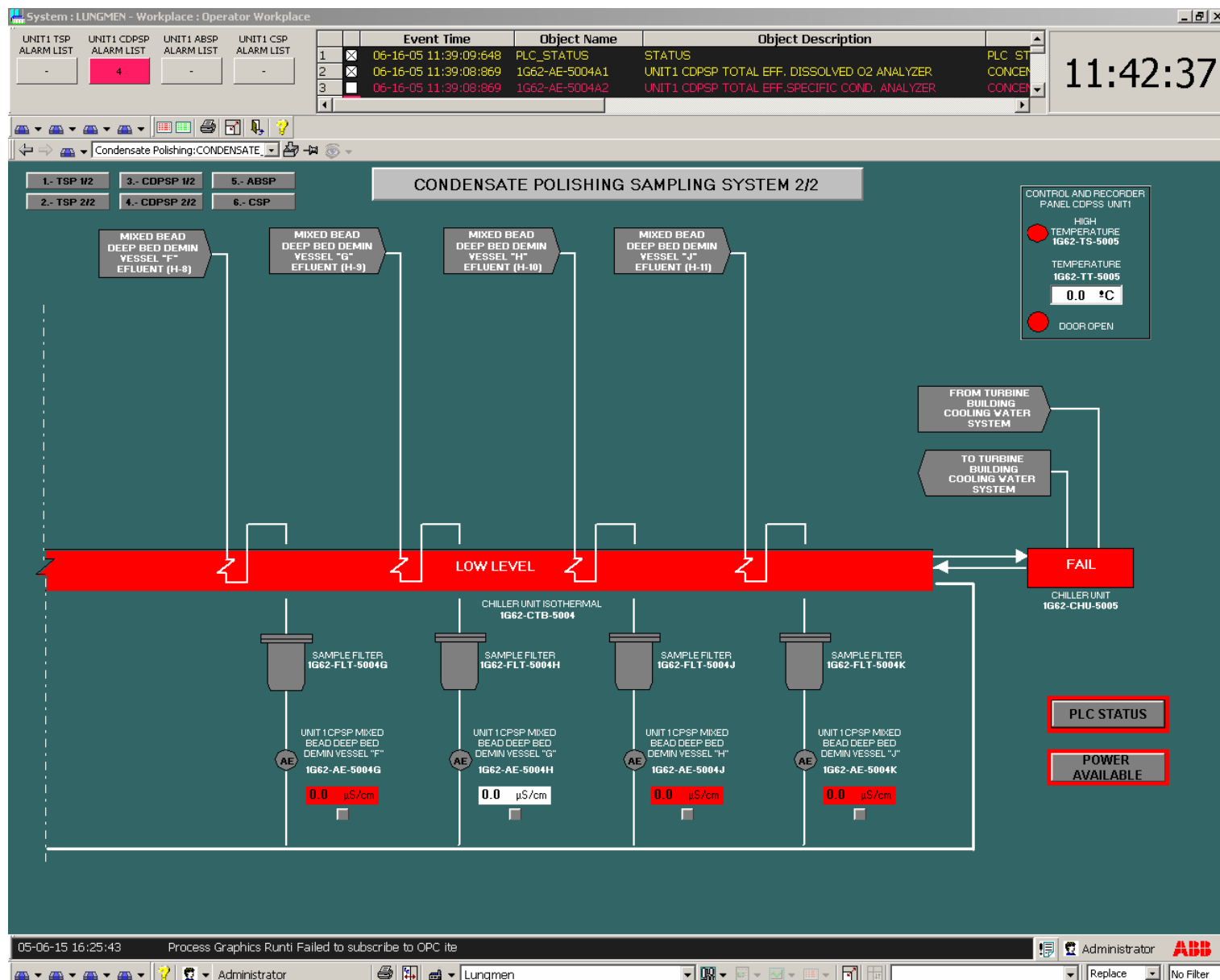


FIGURA 6.4

❖ **Área 3: (pantalla 1/1):**

Esta es la pantalla del área 3 llamada AUXILIAR BOILER SAMPLING SYSTEM, en ella están representadas todos conductos que pertenecen a este área además a la derecha tenemos información sobre el C&RP(datos de temperatura y apertura o no de la puerta); el estatus del PLC y de la alimentación que comentaremos con más detalle posteriormente. Además, arriba a la izquierda tenemos accesos directos a las otras pantallas.

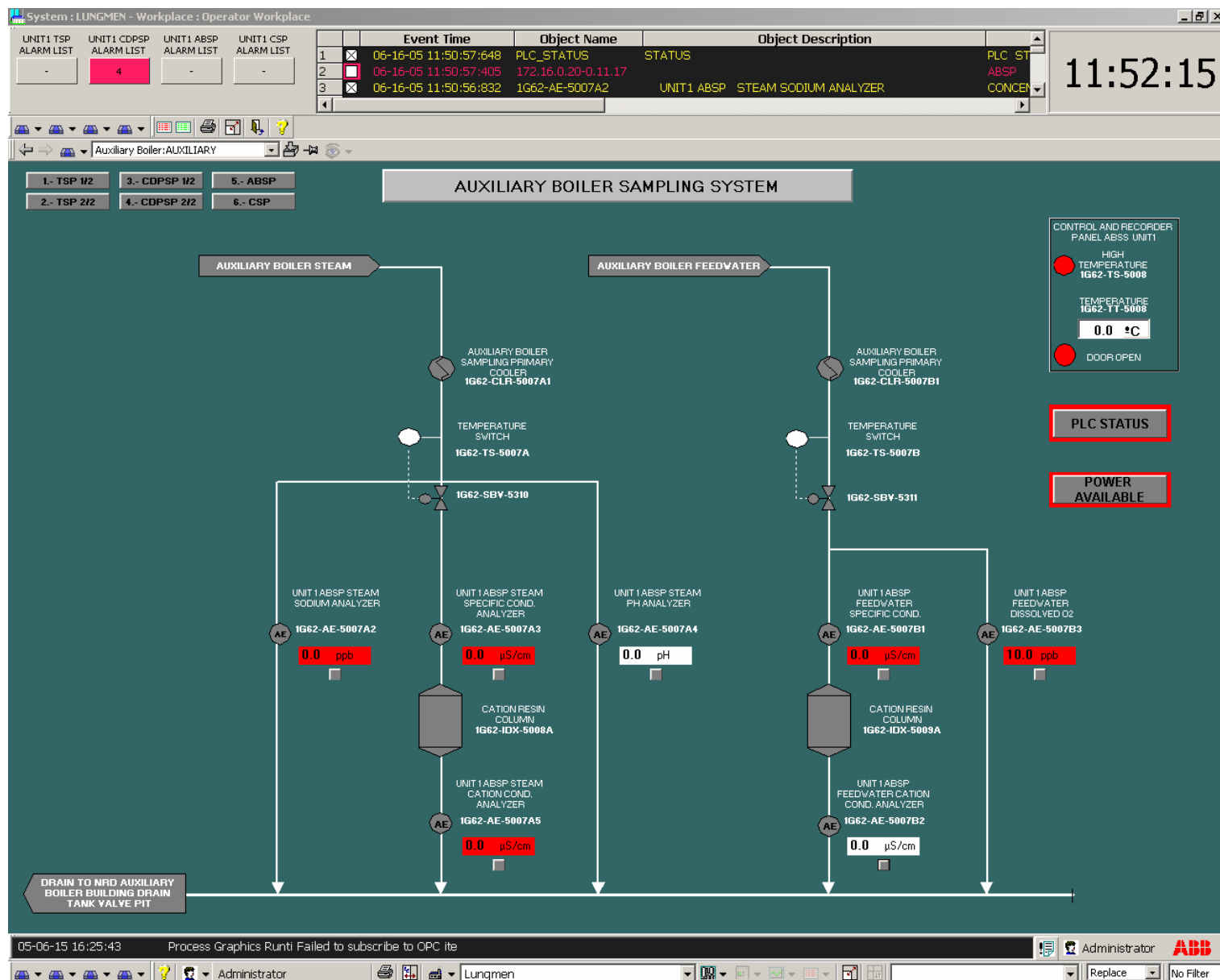


FIGURA 6.5

❖ **Área 4: (pantalla 1/1)**

Esta es la pantalla del área 4 llamada CONDENSER SAMPLING SYSTEM, en ella están representadas todos conductos que pertenecen a esta área, además, abajo a la izquierda tenemos información sobre el C&RP(temperatura y apertura o no de la puerta); el estatus del PLC y de la alimentación. Arriba a la izquierda tenemos, también, accesos directos a las otras pantallas.

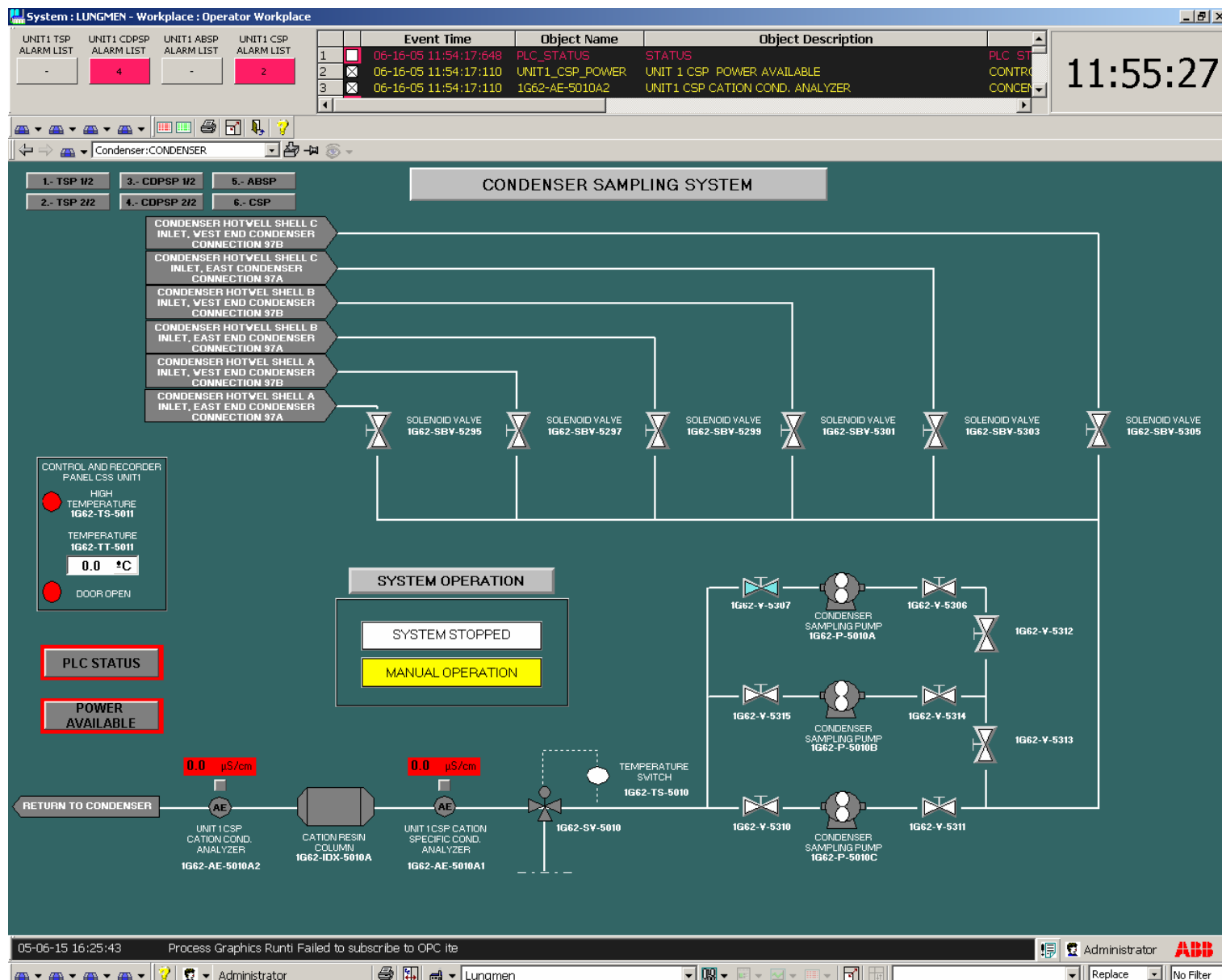


FIGURA 6.6

Esto ha sido solo una breve explicación de las pantallas, a continuación, vamos a describir con detalle cada uno de los elementos que conforman estas pantallas.

6.2 Elementos de las pantallas de operación

En las siguientes figuras señalamos los diversos elementos que componen nuestras pantallas para, a continuación, explicar su comportamiento según los procesos que se produzcan.

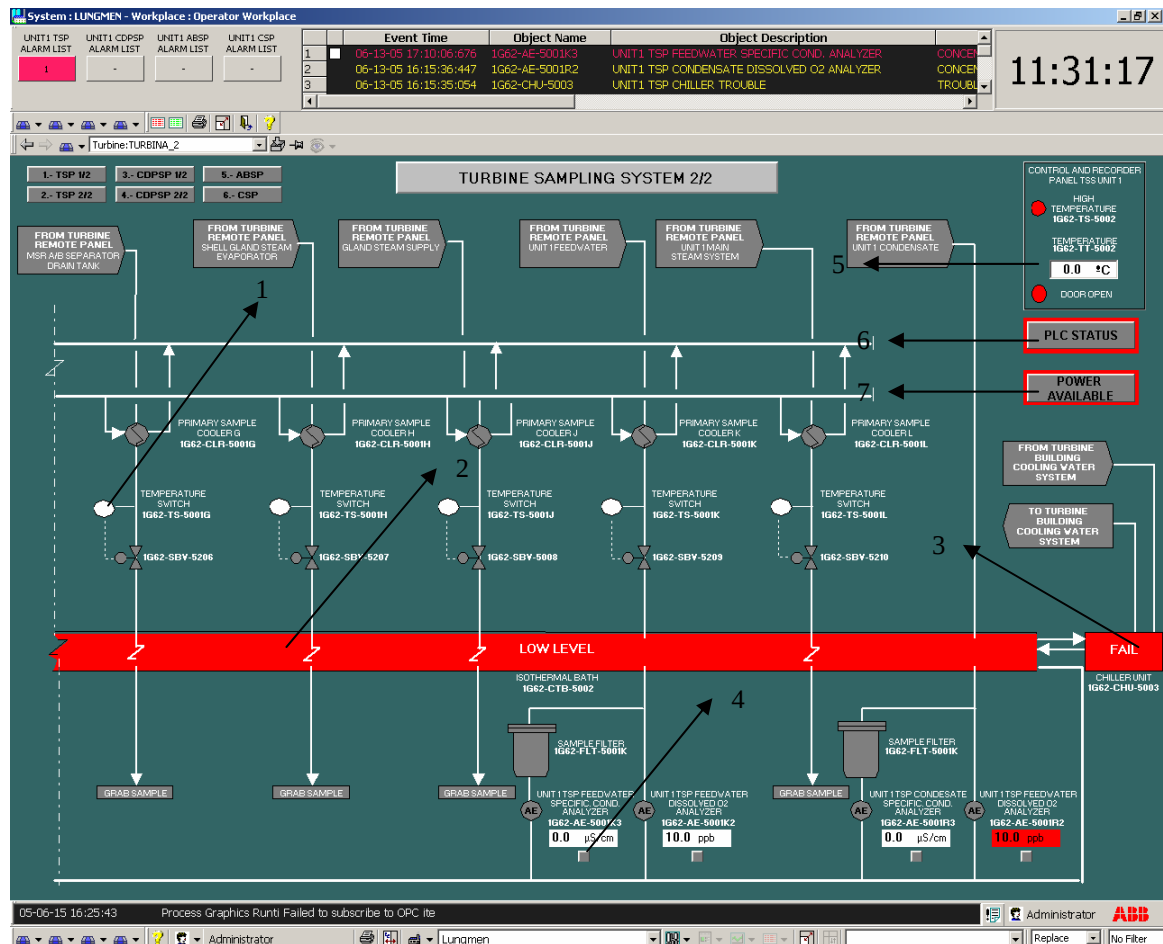


FIGURA 6.7

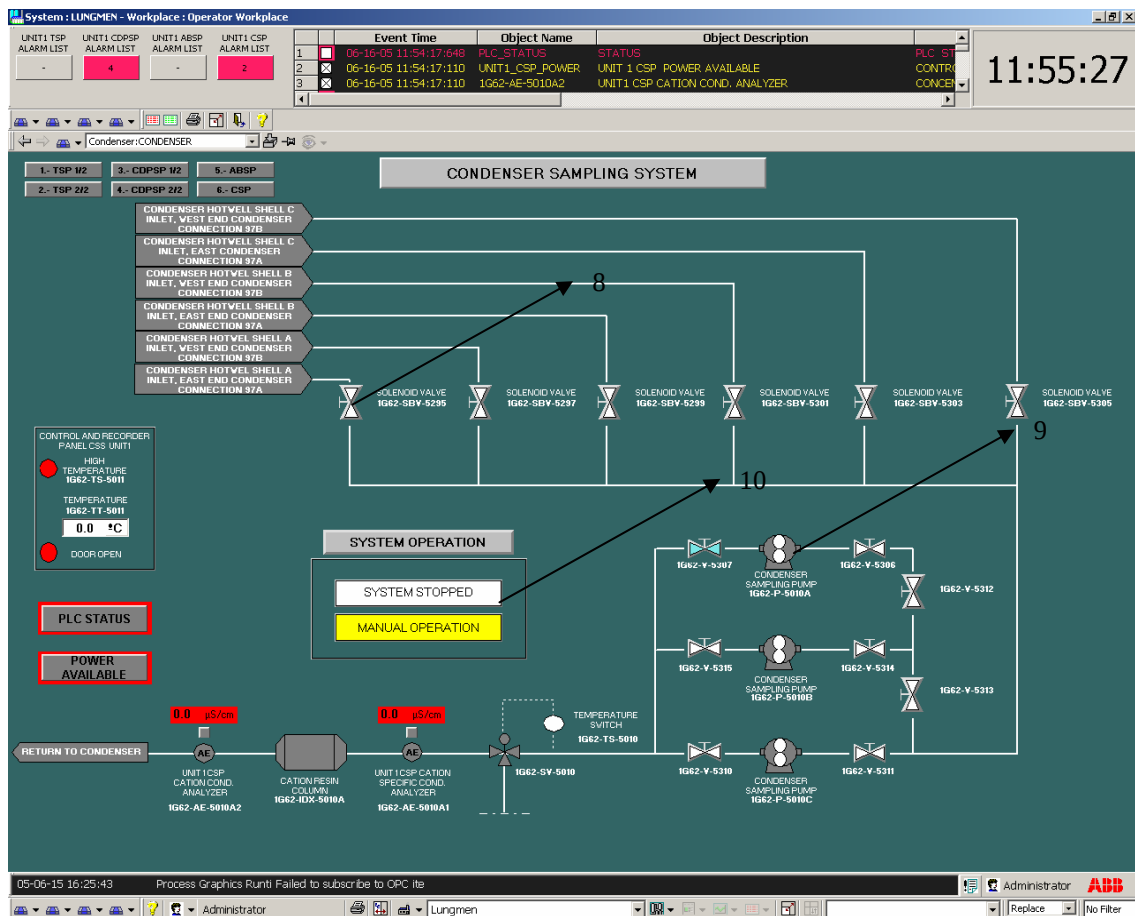


FIGURA 6.8

✓ TEMPERATURE SWITCH:[1]

Este elemento aparece múltiples veces en las distintas áreas, consiste en una señal visual que cambia de color cuando una entrada digital se lo indica.

- Rojo: Temperatura muy alta
- Blanco: Temperatura normal
- Magenta: Fallo de comunicación

Estos elementos actúan sobre unas válvulas de seguridad que cierran los conductos en caso de emergencia al superarse cierto nivel de temperatura.

✓ ISOTHERMAL BATH: [2]

Nos permite garantizar una temperatura máxima de seguridad a la salida de estos equipos de tal forma que no dañe los analizadores.

- Rojo: Bajo nivel. El texto “Low level” se muestra
- Blanco: La señal de bajo nivel no está activa. El texto “Low level” no se muestra.
- Magenta: Fallo de comunicación

✓ CHILLER:[3]

Se encarga de enfriar las muestras para ello toma agua y la enfría. Mediante intercambio de temperatura entre el agua que ha enfriado y la muestra consigue disminuir la temperatura de ésta última antes de pasar por los analizadores. El estado de su color indica:

- Rojo: La señal de fallo está activa. El texto “Fail” se muestra
- Cyan: La señal de fallo no está activa, está en estado normal. El texto “Fail” no se muestra
- Magenta: Fallo de comunicación

✓ ANALYZER:[4]

Este elemento nos da valores analógicos y digitales sobre las medidas que estamos tomando. Tenemos un color de fondo detrás del botón, el significado de los colores es el siguiente:

- Rojo: La medida es mayor que el nivel de alarma configurado para el analizador
- Blanco: La medida es menor que el nivel de alarma configurado para el analizador
- Magenta con asteriscos negros: Fallo de comunicación

Si el operador presiona sobre el botón aparece un faceplate donde se muestra distintos valores sobre la medida:

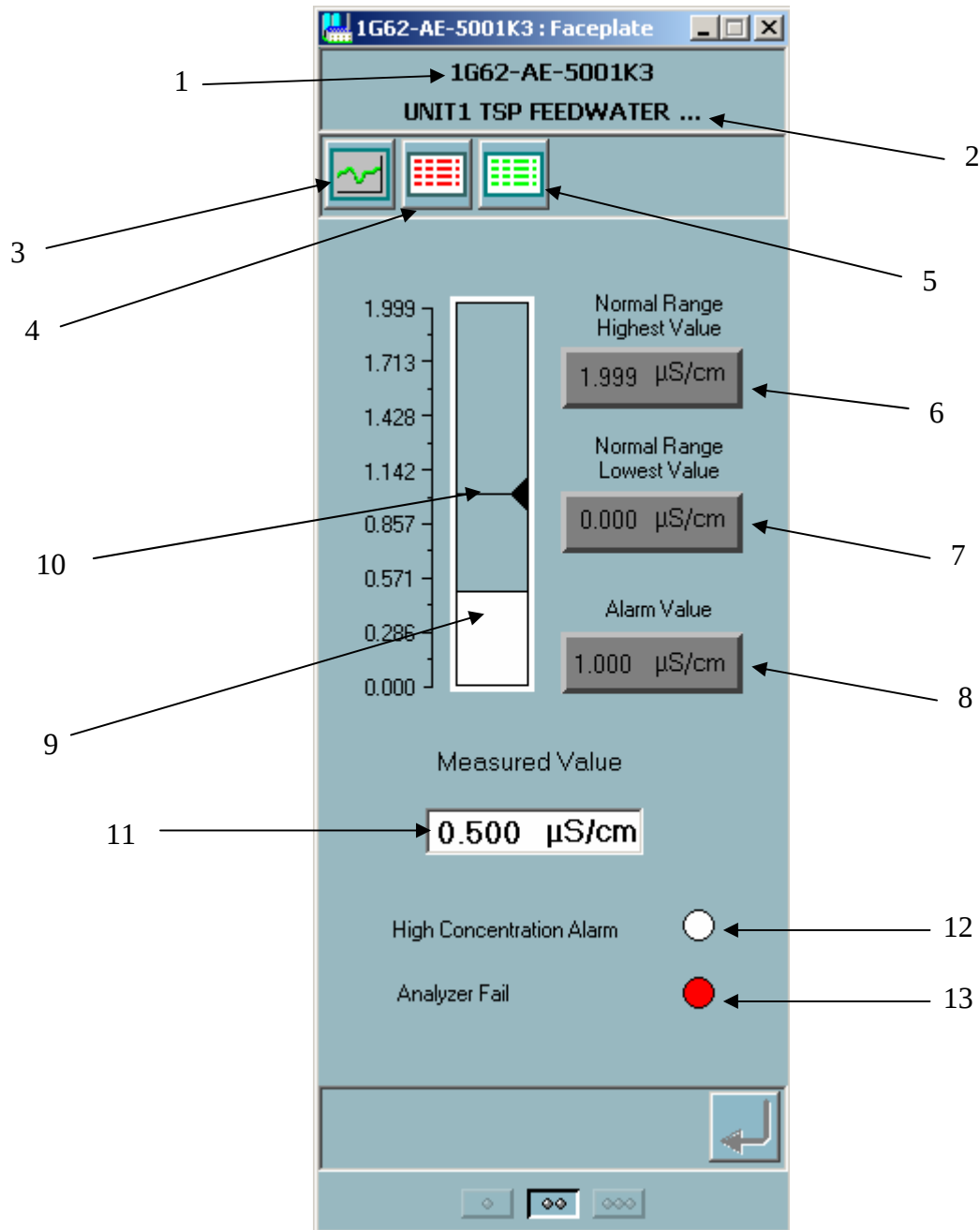


FIGURA 6.9

Explicamos a continuación la función de cada parte del faceplate:

1. Tag del analizador
2. Descripción del analizador

3. Botón de tendencias del analizador. Presionando este botón veremos la tendencia referida a este analizador. Las tendencias se explicarán más tarde (6.2.2 Tendencias).
4. Botón de lista de alarmas. Presionando este botón veremos el listado de alarmas referida a este analizador. Las alarmas se explicarán más tarde (6.2.3 Lista de alarmas)
5. Botón de lista de eventos. Presionando este botón veremos el listado de eventos referida a este analizador. Las eventos se explicarán más tarde (6.2.4 Lista de eventos)
6. Nos muestra el valor máximo que puede tomar esta variable. Tanto este valor como el mínimo valor vienen referenciados en los documentos pertinentes y definen el rango de operación.
7. Nos muestra el valor mínimo que puede tomar esta variable.
8. Valor de alarma. Este valor puede ser modificado por el operador sin más que presionar sobre el recuadro donde está dicho valor. Este valor es enviado al PLC.
9. Barra de medida. Nos muestra una representación gráfica de la medida. El mínimo valor de la barra representa en menor valor que puede tener la medida en el rango de operación, coincide con el valor dado en el punto 7. El máximo valor de la barra

representa en mayor valor que puede tener la medida en el rango de operación, coincide con el valor dado en el punto 6.

La barra se rellenará de acuerdo con el valor de medida y el valor de alarma. Si la medida es menor que el nivel de alarma, el color de la parte rellena será blanco. Sin embargo, si la medida es mayor que el nivel de alarma, el color será rojo.

10. Representación del valor de alarma. Tendrá el mismo valor que la alarma.

11. Valor medido. Muestra el valor numérico de la medida tomada por el analizador.

12. Alarma: El código de color es:

- Blanco: La medida es menor que el valor de alarma configurado
- Rojo: La medida es mayor que el valor de alarma configurado
- Magenta: Fallo de comunicación

13. Fallo analizador : El código de color es:

- Blanco: La señal de fallo del analizador no está activa
- Rojo: La señal de fallo del analizador está activa
- Magenta: Fallo de comunicación

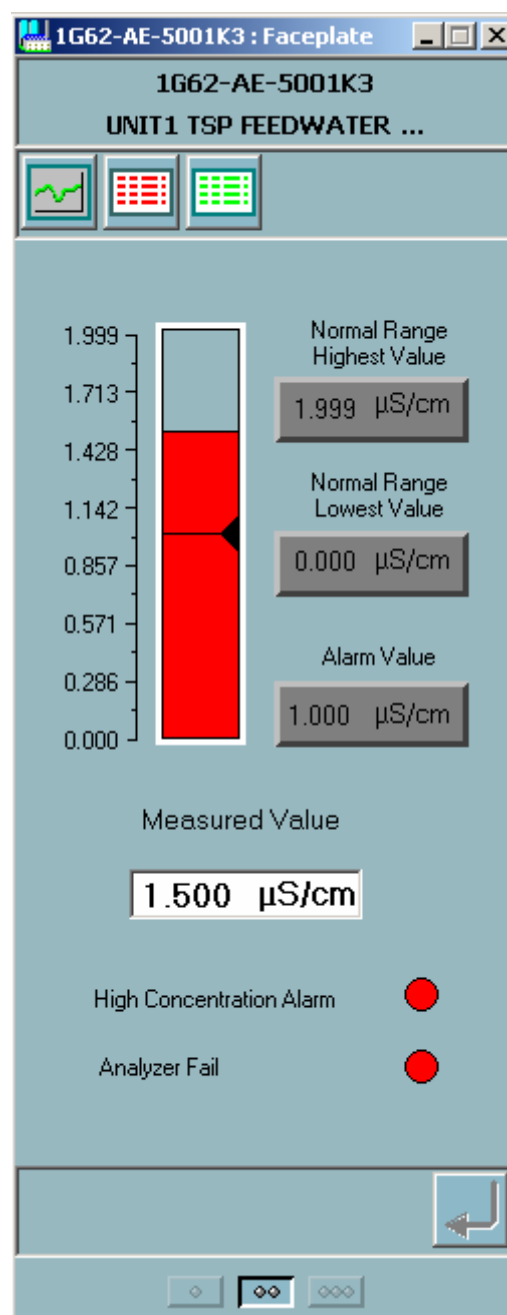


FIGURA 6.10

✓ PANEL DE CONTROL Y GRABACIÓN(C&RP):[5]

Nos muestra el estado de dicho panel. Posee una señal visual de alarma de temperatura, la medida de temperatura y nos indica si la puerta del panel está abierta o cerrada.

SEÑAL DE ALARMA:

- Rojo: Temperatura muy alta
- Blanco: Temperatura normal
- Magenta: Fallo de comunicación

MEDIDA:

- Color de fondo blanco: Comunicación correcta
- Color de fondo magenta con asteriscos: Fallo comunicación

PUERTA DEL C&RP:

- Rojo: Puerta abierta
- Blanco: Puerta cerrada
- Magenta: Fallo de comunicación

✓ PLC STATUS:[6]

Este botón nos muestra información acerca del estado del PLC. El botón está rodeado de un recuadro que color que nos indica:

- Borde rojo alrededor del botón: Alguna tarjeta electrónica o el PLC tienen problemas
- Borde magenta alrededor del botón: Fallo comunicación

Si el operador presiona el botón un faceplate aparece con información detallada de cada una de las tarjetas y del propio PLC. El código de color es:

- Cyan: La tarjeta está correcta
- Amarillo: Peligro. Este peligro puede ser provocado por diversas causas como falta de batería de reserva, overflow en alguna medida, valor forzado,...
- Rojo: La tarjeta falla
- Magenta: Fallo comunicación

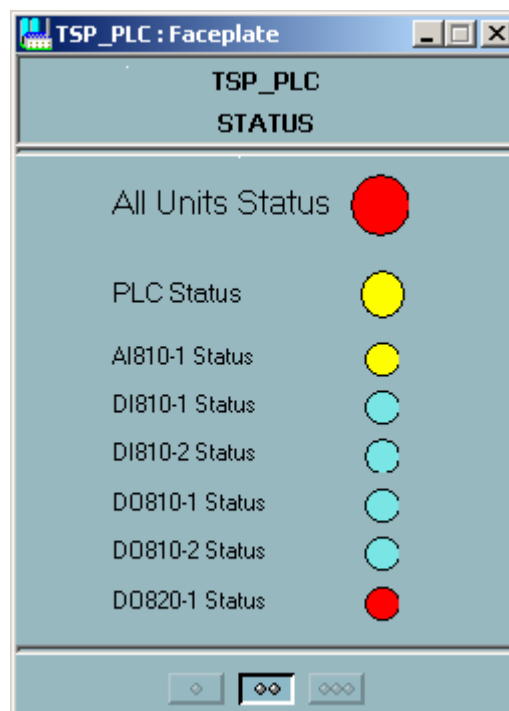


FIGURA 6.11

✓ POWER: [7]

Este botón nos muestra información acerca del estado del suministro eléctrico de los C&RP. El botón está rodeado de un recuadro que color que nos indica:

- Borde rojo alrededor del botón: Hay problemas con el suministro eléctrico en algunos de los C&RP de un área.
- Borde magenta alrededor del botón: Fallo comunicación

Si el operador presiona el botón un faceplate aparece con información detallada de del suministro eléctrico de cada C&RP. El código de color es:

- Cyan: El suministro eléctrico es correcto
- Rojo: Hay un problema con el suministro eléctrico
- Magenta: Fallo comunicación

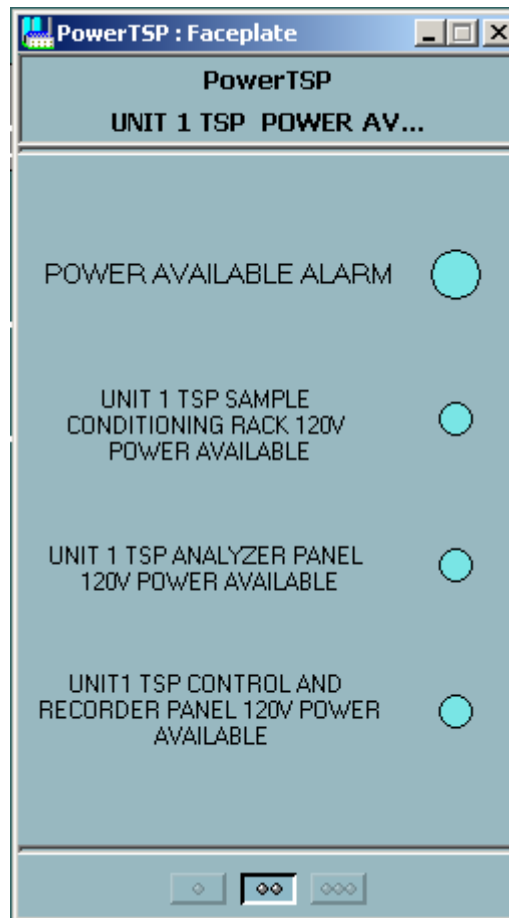


FIGURA 6.12

✓ VALVE:[8]

Muestra el estado abierto o cerrado de cada válvula. El código de color es:

- Blanco: La válvula está cerrada
- Cyan: La válvula está abierta
- Magenta: Fallo comunicación

✓ PUMP:[9]

Nos indica el estado de las bombas: funcionando, parada o fallo. El código color es:

- Blanco: La bomba está parada
- Cyan: La bomba está funcionando
- Rojo: La bomba falla
- Magenta: Fallo comunicación

✓ OPERACIONES DEL SISTEMA:[10]

Nos enseña si el sistema está parado o funcionando y el modo de control del sistema (manual o automático). La información del código de color, sobre si el sistema está parado o encendido, es:

- Color de fondo blanco, letras negras y texto “ Stopped”: El sistema está parado
- Color de fondo cyan , letras blancas y texto “Started”: El sistema está funcionando.
- Color de fondo Magenta: Fallo de comunicación

La información del código de color, sobre si el sistema está en modo manual o automático, es:

- Color de fondo amarillo, letras negras y texto “Manual Operation”: El sistema está en manual.
- Color de fondo amarillo, letras negras y texto “Automatic Operation”: El sistema está en modo automático.
- Color de fondo Magenta: Fallo de comunicación.

6.2.1 Otros elementos importantes que aparecen en las pantallas

Además de la zona central de la pantalla donde se representa cada área con sus elementos, el interfaz gráfico muestra mucha más información común a todas las áreas.

En la parte superior de la pantalla tenemos la siguiente figura:

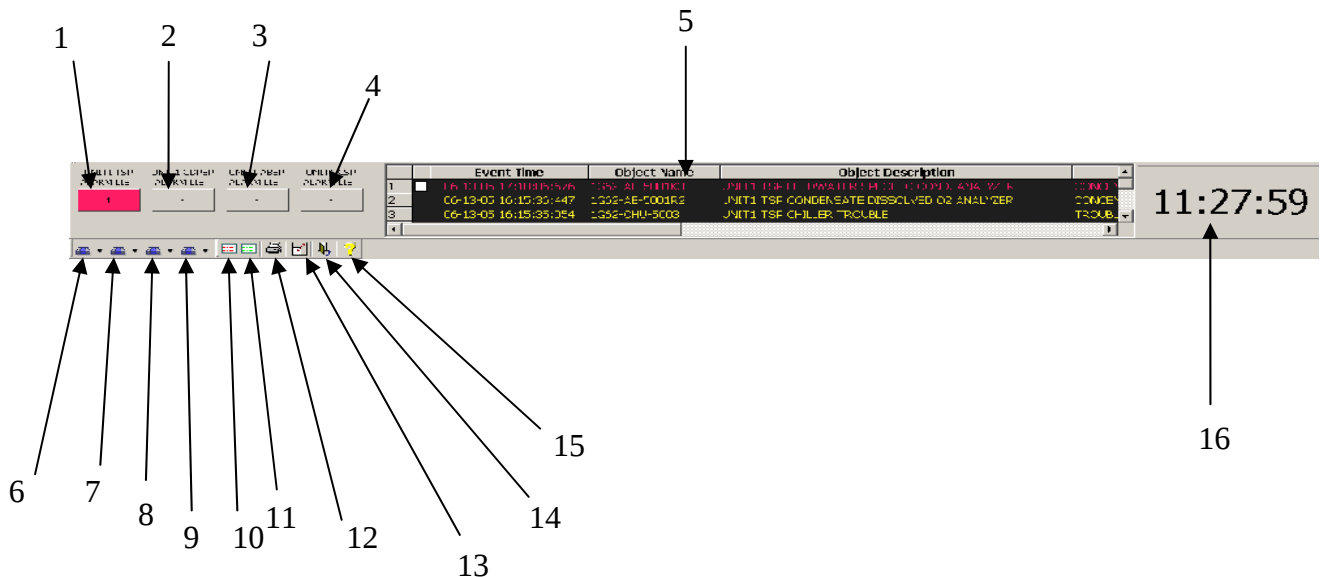


FIGURA 6.13

1. UNIT1 TSS LISTA DE ALARMAS: Si presionamos este botón la lista de alarmas del TSS se mostrará. Cuando una alarma del TSS no ha sido asentida, el botón cambiará de color y parpadeará rojo, además, enseñará el número de alarmas no reconocidas en TSS

2. UNIT1 CDPSS LISTA DE ALARMAS: Si presionamos este botón la lista de alarmas del CDPSS se mostrará. Cuando una alarma del CDPSS no ha sido asentida, el botón cambiará de color y parpadeará rojo, además, enseñará el número de alarmas no reconocidas en CDPSS
3. UNIT1 ABSS LISTA DE ALARMAS: Si presionamos este botón la lista de alarmas del ABSS se mostrará. Cuando una alarma del ABSS no ha sido asentida, el botón cambiará de color y parpadeará rojo, además, enseñará el número de alarmas no reconocidas en ABSS
4. UNIT1 CSS LISTA DE ALARMAS: Si presionamos este botón la lista de alarmas del CSS se mostrará. Cuando una alarma del CSS no ha sido asentida, el botón cambiará de color y parpadeará rojo, además, enseñará el número de alarmas no reconocidas en CSS
5. Ésta es la banda de alarmas. La banda de alarmas mostrará las alarmas activas en cualquiera de las áreas(TSS, CDPSS, ABSS y CSS)
6. Si presionamos este botón, el display principal del TSS será mostrado. Presionando en cualquiera de las columnas que aparecen en el display se accederá directamente a más información como lista de alarmas del TSS, lista de eventos del TSS, tendencias del TSS, etc.

7. Si presionamos este botón, el display principal del CDPSS será mostrado. Presionando en cualquiera de las columnas que aparecen en el display se accederá directamente a más información como lista de alarmas del CDPSS, lista de eventos del CDPSS, tendencias del CDPSS, etc.
8. Si presionamos este botón, el display principal del ABSS será mostrado. Presionando en cualquiera de las columnas que aparecen en el display se accederá directamente a más información como lista de alarmas del ABSS, lista de eventos del ABSS, tendencias del ABSS, etc.
9. Si presionamos este botón, el display principal del CSS será mostrado. Presionando en cualquiera de las columnas que aparecen en el display se accederá directamente a más información como lista de alarmas del CSS, lista de eventos del CSS, tendencias del CSS, etc.
10. Presionando este botón nos muestra la lista completa de todas las alarmas del sistema
11. Presionando este botón nos muestra la lista completa de todos los eventos del sistema
12. Presionando este botón es posible imprimir una pantalla
13. Presionando este botón podemos cambiar entre ver en pantalla completa o pantalla windows

14. Presionando este botón podemos salir del SCADA

15. Este botón abre la ayuda

16. Nos muestra la hora del sistema

6.2.2 Tendencias

Cada analizador tiene un faceplate asociado como ya hemos comentado anteriormente. Desde de este faceplate podemos acceder a la tendencia del analizador.

La gráfica siguiente es un ejemplo del analizador 1G62-AE-5010A1.

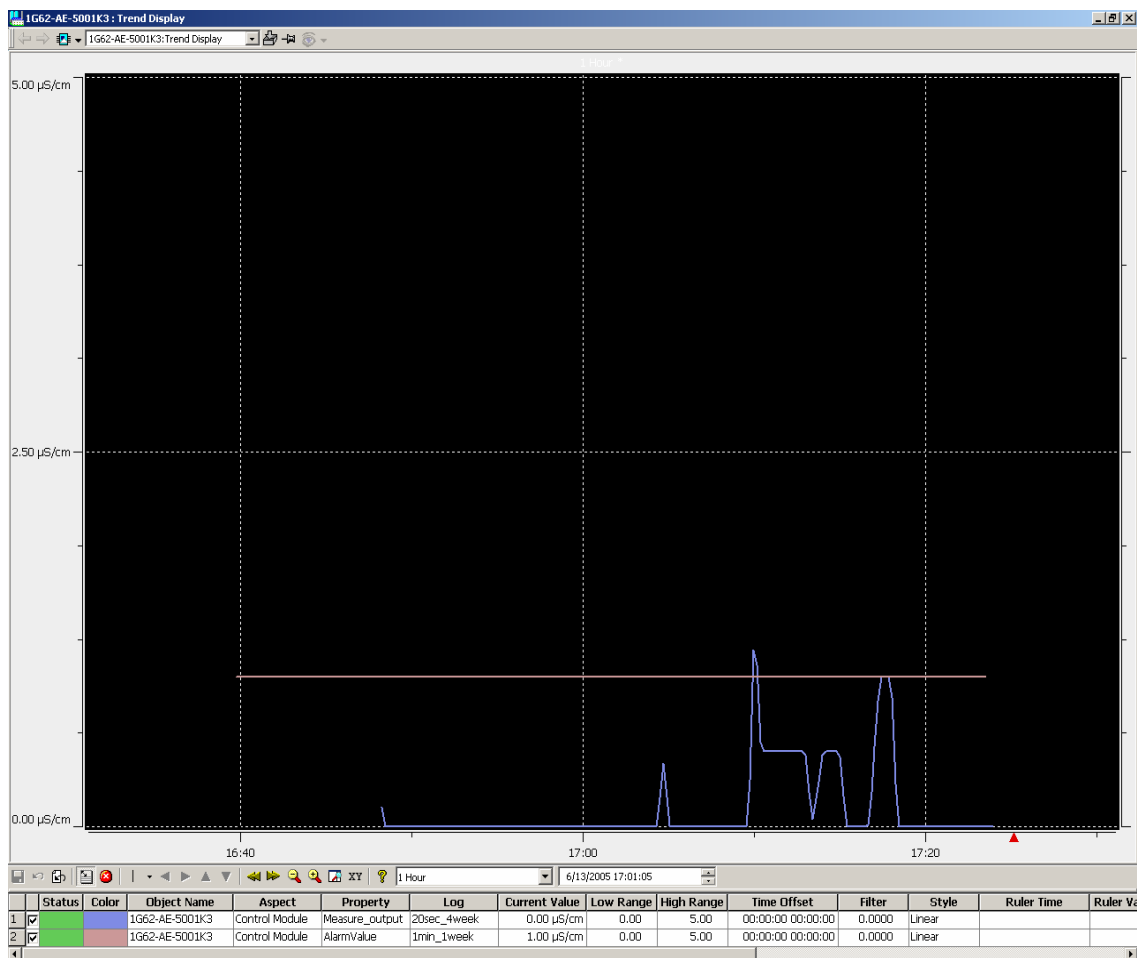


FIGURA 6.14

En la gráfica de tendencias está representado en tiempo real el valor de la medida del analizador de un determinado periodo y el valor de la alarma configurado para la medida de dicho analizador.

Las filas 1 y 2 de la tabla nos dan la información acerca de la configuración de la tendencia (color de la curva, tag, nombre de la medida, actual valor, etc). Esta información puede ser modificada por el programador.

Existe otra clase de curvas de tendencias que muestran las medidas de todos los analizadores contenidos en un área. Por ejemplo en la figura 6.15 podemos ver los analizadores del TSS.

Para seleccionar la tendencia del área deseado tan solo tenemos que pulsar el botón de menú desplegable situado en la parte superior izquierda de la pantalla (también la parte inferior izquierda) y escoger trend display.(iconos 6 a 9 de la figura 6.13) . Hay cuatro tendencias de área, una por sistema, configuradas en el SCADA.

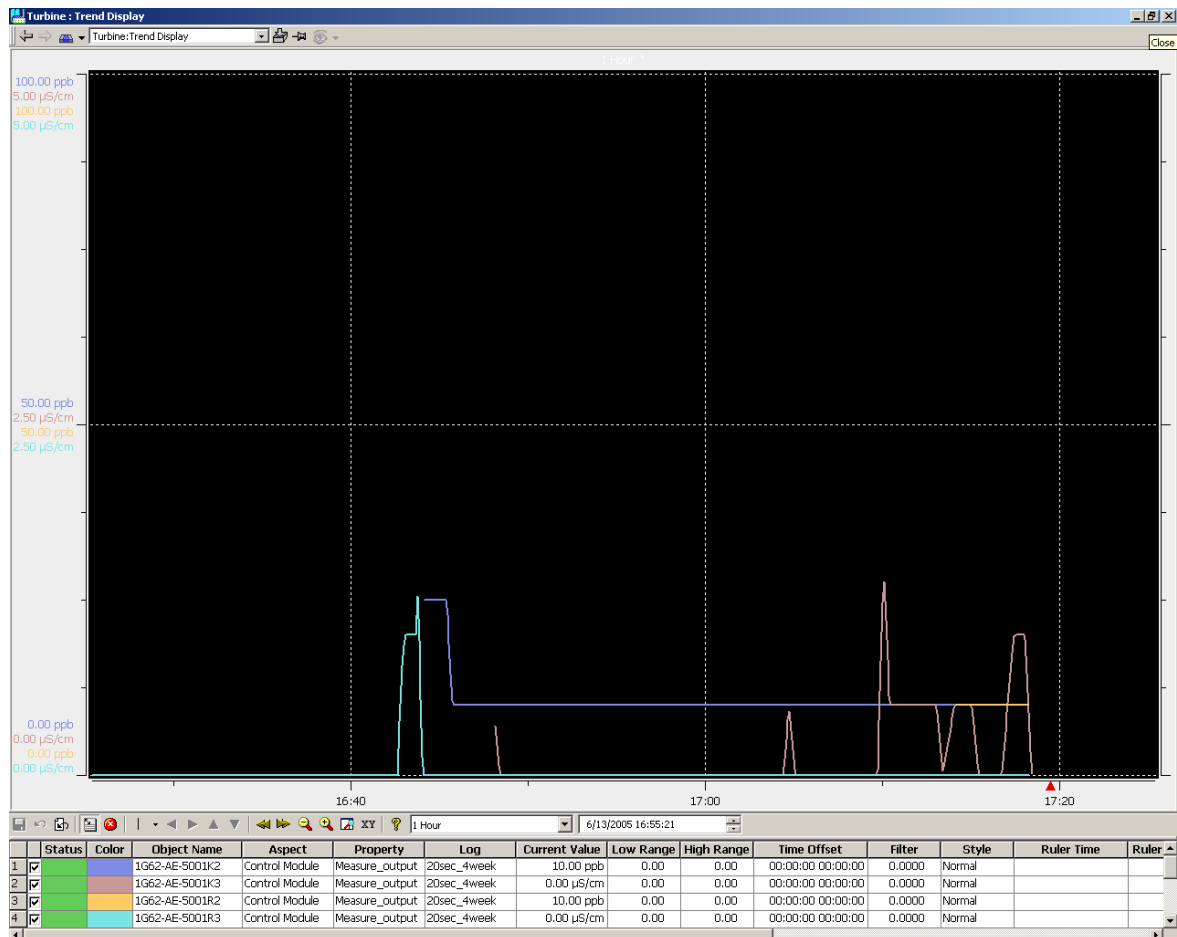
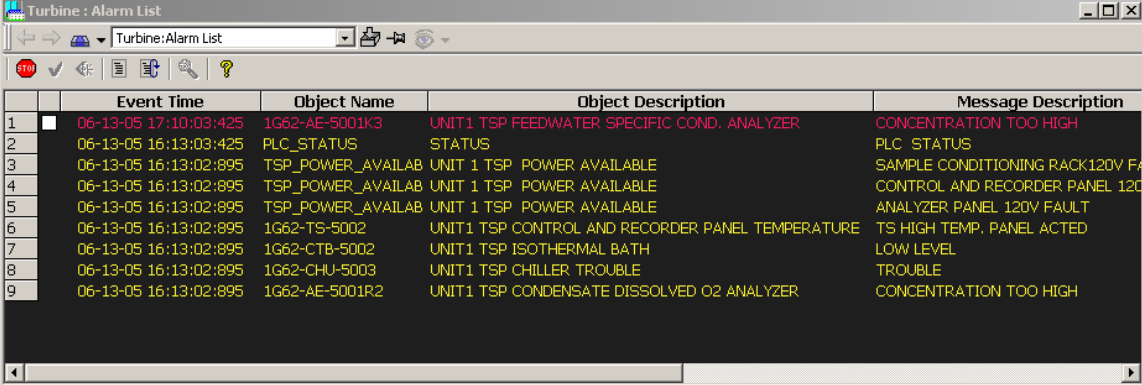


FIGURA 6.15

6.2.3 Lista de alarmas



	Event Time	Object Name	Object Description	Message Description
1	06-13-05 17:10:03:425	1G62-AE-5001K3	UNIT1 TSP FEEDWATER SPECIFIC COND. ANALYZER	CONCENTRATION TOO HIGH
2	06-13-05 16:13:03:425	PLC_STATUS	STATUS	PLC STATUS
3	06-13-05 16:13:02:895	TSP_POWER_AVAILAB	UNIT 1 TSP POWER AVAILABLE	SAMPLE CONDITIONING RACK120V FAULT
4	06-13-05 16:13:02:895	TSP_POWER_AVAILAB	UNIT 1 TSP POWER AVAILABLE	CONTROL AND RECORDER PANEL 120V FAULT
5	06-13-05 16:13:02:895	TSP_POWER_AVAILAB	UNIT 1 TSP POWER AVAILABLE	ANALYZER PANEL 120V FAULT
6	06-13-05 16:13:02:895	1G62-TS-5002	UNIT1 TSP CONTROL AND RECORDER PANEL TEMPERATURE	TS HIGH TEMP. PANEL ACTED
7	06-13-05 16:13:02:895	1G62-CTB-5002	UNIT1 TSP ISOTHERMAL BATH	LOW LEVEL
8	06-13-05 16:13:02:895	1G62-CHU-5003	UNIT1 TSP CHILLER TROUBLE	TROUBLE
9	06-13-05 16:13:02:895	1G62-AE-5001R2	UNIT1 TSP CONDENSATE DISSOLVED O2 ANALYZER	CONCENTRATION TOO HIGH

FIGURA 6.16

Hay una lista de alarmas por analizador, una lista de alarmas por área y una lista de alarmas que incluye todo el sistema.

Una lista de alarmas de un analizador puede ser seleccionado presionando sobre el botón localizado en el faceplate (véase figura 6.9). Una lista de alarmas de un área puede ser seleccionado pulsando el botón de menú desplegable situado en la parte superior izquierda de la pantalla (también la parte inferior izquierda) y escoger Alarm List (iconos 6 a 9 de la figura 6.13). También presionando sobre el icono 10 de la figura 6.13 accedemos a la lista de alarmas del sistema.

Si una alarma está activa, se verá en la lista de alarmas, si la alarma no está activa no se verá en la lista de alarmas.

Si una alarma está activa y no ha sido reconocida, el texto estará de color rojo. La alarma de la primera columna en la figura 6.16 es un ejemplo de activo y no reconocida.

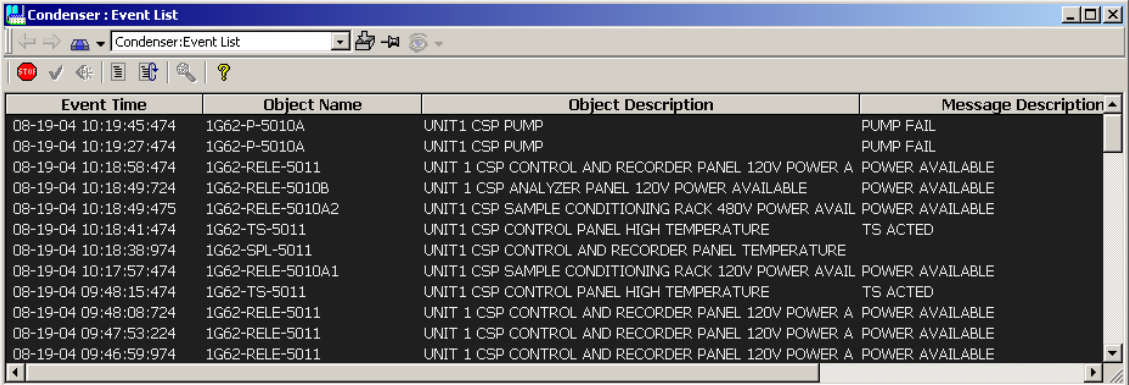
Si la alarma está activa y ha sido reconocida, el texto estará de color amarillo. La alarma de la segunda columna en la figura 6.16 es un ejemplo de activo y reconocida.

Cuando una alarma activa y reconocida cambia a no activa o cuando una no activa y no reconocida es reconocida, la alarma desaparecerá de la lista automáticamente.

El operador puede reconocer las alarmas presionando sobre el cuadro situado a la izquierda del texto de la alarma.

6.2.4 Lista de eventos

Esta lista incluye, en orden cronológico, todos los cambios del estado de los equipos y del sistema así como de los fallos de comunicación.



Event Time	Object Name	Object Description	Message Description
08-19-04 10:19:45:474	1G62-P-5010A	UNIT1 CSP PUMP	PUMP FAIL
08-19-04 10:19:27:474	1G62-P-5010A	UNIT1 CSP PUMP	PUMP FAIL
08-19-04 10:18:58:474	1G62-RELE-5011	UNIT 1 CSP CONTROL AND RECORDER PANEL 120V POWER A	POWER AVAILABLE
08-19-04 10:18:49:724	1G62-RELE-5010B	UNIT 1 CSP ANALYZER PANEL 120V POWER AVAILABLE	POWER AVAILABLE
08-19-04 10:18:49:475	1G62-RELE-5010A2	UNIT1 CSP SAMPLE CONDITIONING RACK 480V POWER AVAIL	POWER AVAILABLE
08-19-04 10:18:41:474	1G62-TS-5011	UNIT1 CSP CONTROL PANEL HIGH TEMPERATURE	TS ACTED
08-19-04 10:18:38:974	1G62-SPL-5011	UNIT1 CSP CONTROL AND RECORDER PANEL TEMPERATURE	
08-19-04 10:17:57:474	1G62-RELE-5010A1	UNIT1 CSP SAMPLE CONDITIONING RACK 120V POWER AVAIL	POWER AVAILABLE
08-19-04 09:48:15:474	1G62-TS-5011	UNIT1 CSP CONTROL PANEL HIGH TEMPERATURE	TS ACTED
08-19-04 09:48:08:724	1G62-RELE-5011	UNIT 1 CSP CONTROL AND RECORDER PANEL 120V POWER A	POWER AVAILABLE
08-19-04 09:47:53:224	1G62-RELE-5011	UNIT 1 CSP CONTROL AND RECORDER PANEL 120V POWER A	POWER AVAILABLE
08-19-04 09:46:59:974	1G62-RELE-5011	UNIT 1 CSP CONTROL AND RECORDER PANEL 120V POWER A	POWER AVAILABLE

FIGURA 6.17

Hay una lista de eventos por analizador, una lista de eventos por área y una lista de eventos del sistema completo.

Una lista de eventos de un analizador puede ser seleccionado presionando sobre el botón localizado en el faceplate (véase figura 6.9). Una lista de eventos de un área puede ser seleccionado pulsando el botón de menú desplegable situado en la parte superior izquierda de la pantalla (también la parte inferior izquierda) y escoger Event List (iconos 6 a 9 de la figura 6.13). También presionando sobre el icono 11 de la figura 6.13 accedemos a la lista de eventos del sistema.

CAPITULO 7

Conclusiones y propuestas de mejora

En nuestro proyecto hemos conseguido realizar un sistema de control y adquisición del análisis y muestreo del líquido BOP de una central nuclear. Dicho proyecto es real y está realizado con una de las mayores empresas del mundo especializada en el control en Tiempo Real.

Debido a la peligrosidad de este tipo de centrales así como de las características del cliente, la documentación del proyecto ha sido un gran handicap a superar. Como ejemplo, indicar que cada modificación, por pequeña que fuera, tenía que ser notificada a nuestro cliente “Taiwan Power Company” (TPC). Esto implicaba hacer 12 copias en papel, 2 copias en formato electrónico (CD) y, la realización de una carta numerada explicando el motivo de la modificación. Este paquete de información tenía que viajar hasta Taipei, con el tiempo que implica. Posteriormente, esperar a que TPC respondiera afirmativamente o no. Y según la respuesta actuar en consecuencia. Todo este proceso daba lugar a una gran cantidad de correspondencia que era archivada y ordenada, además, de una lentitud en la ejecución del proyecto.

Este proyecto ha servido para la asimilación de conocimientos de la Ingeniería Industrial y, en especial, en el campo de la Ingeniería Nuclear no muy típicos entre los ingenieros de Telecomunicación. También, como se indica en el párrafo anterior, se han desarrollado amplios conocimientos en la gestión de documentación.

Debido a los plazos exigidos y a las estrictas características del proyecto, caben gran cantidad de mejores, entre las cuales destacamos:

- Actualización del SW utilizado ya que la versión utilizada para el desarrollo del SCADA (Control Builder 3.2 y Procces Portal A) ya están muy anticuadas, existiendo en la actualidad en el mercado versiones mucho más potente.
- Realizar el cliente OPC Foxboro que aunque pertenece a otra empresa deberíamos haberlo desarrollado, ya que el servidor OPC y el resto del SCADA ha sido programado por nosotros y, por lo cual, tenemos más conocimientos.
- Mejorar el intercambio de información entre nosotros y el cliente que, numerosas veces, entorpecía y retrasaba nuestro trabajo.

En resumen, este proyecto nos ha servido para completar nuestros conocimientos en ciertos vacíos existentes en la ingeniería de Telecomunicación (Especialidad de Telecontrol y Robótica) necesarios para nuestra vida laboral.

CAPITULO 8

Bibliografía

Libros de consulta:

- Creus Solé, Antonio. **Instrumentación Industrial**. Ed. Marcombo Boixareu, 1997
- Rodríguez Mata, Antonio. **Sistemas de Medida y Regulación**. Ed. Paraninfo, 2000
- Piedrafita Moreno, Ramón. **Ingeniería de la Automatización Industrial**. Ed. RA-MA, 2004

Material complementario:

- **Automatismos**. Apuntes de clase, 5º curso Ing. Telecomunicación
- **Control por Computador**. Apuntes de clase, 4º curso Ing. Telecomunicación
- Mycle Schneider y Anthony Froggatt. **La industria nuclear en el mundo. Informe de situación**, 2004
- **Manual de AC800MC de ABB**

Página web:

- **Industrias avanzadas ENUSA**.
<http://www.enusa.es/pub/ciclocombustible.htm>
- **Fuentes de Energías no convencionales**
<http://personales.mundivia.es/papi/energia.html>

- **Naturaleza Educativa**

http://www.natureduca.com/energ_indice.htm

- **FisicaNet**

http://www.fisicanet.com.ar/energias/en_nuclear.php