

**DOSSIER DE LA PLANTA TÉRMICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**DIEGO ARMANDO CASTILLO MORALES  
DIEGO FERNANDO SEPÚLVEDA ROJAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**DOSSIER DE LA PLANTA TÉRMICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**DIEGO ARMANDO CASTILLO MORALES**

**DIEGO FERNANDO SEPÚLVEDA ROJAS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título  
de  
Ingeniero Electrónico**

**Director de Tesis**

**JESSICA LORENA ARIZA DURAN, ESP.**

**Ingeniera Electrónica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**BUCARMANGA**

**2014**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Bucaramanga, Febrero del 2014**

Agradezco a Dios por estar presente en cada paso que doy, por darme sabiduría para culminar este proyecto. A mis padres quienes han velado por mi educación y bienestar a lo largo de mi vida. A mi hermana y a mi novia por el apoyo incondicional. A mis Compañeros que me ayudaron y que me acompañaron durante todo mi proceso de formación universitaria.

Diego Armando Castillo Morales



A Dios por darme inteligencia y protegerme durante este camino, a mis padres, hermanos y compañeros que me acompañaron durante el tiempo de formación universitaria.

Diego Fernando Sepúlveda Rojas

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por brindar una educación integral y hacernos crecer como profesionales y personas con sentido humano.

A la ingeniera Jessica Lorena Ariza Duran y a la ingeniera Leidy Johanna Olarte por brindarnos su apoyo y conocimiento en el desarrollo de este trabajo.

A los profesores, amigos y demás que de alguna forma aportaron para nuestra formación profesional a lo largo de estos años.

## GLOSARIO

**CICLO RANKINE:** tiene como fin convertir calor en trabajo. Es un proceso cíclico mediante el cual en las plantas termoeléctricas se sobrecalienta el vapor saturado que sale de la caldera con ayuda de un sobrecalentador elevando su temperatura pero no alterando la presión haciendo que se aumente la energía para mover los álabes de la turbina y así generar energía eléctrica. [1]

**DOSSIER:** es un conjunto de documentos o informes acerca de un determinado asunto o persona, recopilación de información referente a un tema específico.

**ENTALPÍA:** es la medida del calor absorbido o suministrado a un sistema. Esta variable es calculada a partir de la temperatura y presión presentes en el sistema por medio de interpolaciones, tomando valores de las tablas correspondientes a la termodinámica del sistema, de acuerdo con el estado del fluido ya sea líquido saturado, vapor saturado, o vapor sobrecalentado. [2]

**INSTRUMENTACIÓN:** conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo. [25]

**PLANTA TÉRMICA:** instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica. [2]

**P&ID:** (Piping and instrumentation diagram) diagrama de tuberías e instrumentación es el encargado de mostrar el flujo del proceso de las tuberías así como los instrumentos instalados en una planta. Un diagrama que muestra la interconexión de equipos de proceso e instrumentos utilizados para controlar el proceso. [25]

**SCADA:** (Supervisory Control And Data Acquisition) Supervisión, control y adquisición de datos. Son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos. [25]

**SETPOINT:** valor al que se desea mantener de una variable en un sistema de control. [29]

**SERPENTÍN:** tubo metálico por el cual pasa el vapor para sobrecalentarlo.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1 PLANTA TÉRMICA UPB</b>	<b>19</b>
<b>1.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD</b>	<b>20</b>
1.1.1 Golpes.	20
1.1.2 Quemaduras.	21
1.1.3 Electrocuición.	21
1.1.4 Encendido.	21
1.1.5 Explosión.	22
1.1.6 Clasificación de los extintores.	22
1.1.7 Medidas de seguridad para encendido del tablero eléctrico principal	24
<b>1.2 PROCESO</b>	<b>27</b>
1.2.1 Caldera.	32
1.2.2 Sobrecalentador (F-200).	35
1.2.3 Turbina-Generador.	36
1.2.4 Condensación.	40
<b>1.3 NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN</b>	<b>43</b>
1.3.1 Sensores.	44
1.3.2 Válvulas.	51
1.3.3 Interruptores.	56
1.3.4 Indicadores.	57
1.3.4 Controlador de Seguridad de FLAMA compacto FIREYE.	58
1.3.5 Manómetros.	59
1.3.6 Indicadores de temperatura analógicos.	59
<b>1.4 NIVEL DE CONTROL</b>	<b>60</b>
1.4.1 Gabinete principal.	61
1.4.2 Gabinete de Cargas.	78
<b>1.5 NIVEL SCADA</b>	<b>85</b>
1.5.1 Arquitectura Hardware.	86
1.5.2 Arquitectura Software.	88
1.5.3 Interfaz humano-maquina (HMI).	94
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>121</b>
<b>Anexos</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 1. Planos eléctricos y P&amp;ID</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 2. Datos técnicos de la instrumentación del proceso</b>	<b>127</b>
<b>Anexo 3. Datos técnicos Equipo de control</b>	<b>139</b>

<b>Anexo 4. Manejo de la HMI</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 5. Configuración de los equipos de control mediante STEP 7</b>	<b>176</b>
<b>Anexo 6. Guías de laboratorio</b>	<b>189</b>

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura1. Planta Térmica UPB_____	19
Figura 2. Implementos de seguridad _____	20
Figura 3. Ropa de Trabajo _____	21
Figura 4. Extintor clase A _____	22
Figura 5 Extintor clase B _____	22
Figura 6. Extintor clase C _____	23
Figura 7. Extintor clase D _____	23
Figura 8. Conexión de Alimentación del tablero eléctrico de control _____	24
Figura 9. Parado de emergencia del tablero de control de la planta térmica ____	25
Figura 10. Totalizador del tablero electrico _____	25
Figura 11. Interruptores Automáticos (brakers) C60N _____	26
Figura 12. Interruptor de encendido de la fuente PS-307_____	26
Figura 13. Llave selectora para iniciar toma de datos. _____	27
Figura 14. Filtro del agua _____	32
Figura 15. Bomba centrífuga P-100 _____	33
Figura 16. Caldera _____	34
Figura 17. Distribuidor _____	34
Figura 18. Sobrecalentador _____	35
Figura 19. Turbina _____	36
Figura 20. Generador _____	37
Figura 21. By-pass _____	38
Figura 22. Diagrama de funcionamiento del gobernador _____	39
Figura 23. Gobernador y Actuador _____	39
Figura 24. Tablero de mando del gobernador _____	40
Figura 25. Intercambiadores de calor _____	41

Figura 26. Torre de enfriamiento _____	41
Figura 27. Bomba centrífuga verde _____	42
Figura 28. Bomba centrífuga azul _____	42
Figura 29. Pirámide Modelo CIM _____	43
Figura 30. RTD-PT100 _____	44
Figura 31. Sensor de Presión Vegabar 14 (PT) _____	46
Figura 32. Sensor Vortex Proline Prowirl 72F (P72F) _____	47
Figura 33. Sensor Vortex Proline Prowirl 73F (P73F) _____	48
Figura 34. Sensores en Tubería de gas _____	49
Figura 35. Cerabar M PMP51 _____	49
Figura 36. Sensor de velocidad magnético Pickup _____	50
Figura 37. Válvula de Bola _____	52
Figura 38. Válvula de compuerta _____	53
Figura 39. Válvula de tres vías con actuador eléctrico _____	54
Figura 40. Válvula de regulación de presión _____	54
Figura 41. Válvula de alivio _____	55
Figura 42. Interruptor de nivel magnetico _____	57
Figura 43. Indicador de estado _____	57
Figura 44. Controlador de Seguridad de FLAMA FIREYE _____	58
Figura 45. Manómetro _____	59
Figura 46. Indicador de Temperatura analógico _____	60
Figura 47. Gabinete eléctrico de control de la planta térmica UPB _____	61
Figura 48. PLC planta térmica UPB _____	62
Figura 49. Fuente PS 307-5A _____	63
Figura 50. CPU del PLC de la planta térmica UPB _____	64
Figura 51. Módulo 1 y 2 del PLC de la planta térmica UPB _____	64
Figura 52. Módulo 3 del PLC de la planta térmica UPB _____	66
Figura 53. Módulos 4 y 5 del PLC de la planta térmica UPB _____	68
Figura 54. X005 SCALANCE 005-0BA00-1AA3 del PLC de la planta térmica UPB _____	69

Figura 55. Totalizador de la planta térmica UPB _____	70
Figura 56. Interruptores automáticos termo-magnéticos del tablero eléctrico principal de la planta térmica UPB _____	71
Figura 57. Relés electromecánicos de estado sólido planta térmica UPB _____	72
Figura 58. IFMA de la planta térmica UPB _____	74
Figura 59. Bornas Universales _____	74
Figura 60. Bornas Portafusibles _____	75
Figura 61. Bornas de tierra _____	76
Figura 62. Marcaciones _____	77
Figura 63. Canaletas Ranuradas del tablero eléctrico de la planta térmica _____	78
Figura 64. Gabinete de cargas _____	78
Figura 65. Cargas _____	79
Figura 66. Totalizador _____	79
Figura 67. Transformador de corriente _____	80
Figura 68. SENTRON PAC 3200 _____	82
Figura 69. Interruptor ON-OFF _____	82
Figura 70. Interruptor estrella-delta _____	83
Figura 71. Medidor analógico amperímetro _____	84
Figura 72. Medidor analógico voltímetro _____	84
Figura 73. Medidor analógico vatímetro _____	84
Figura 74. Arquitectura hardware _____	87
Figura 75. Ventana Windows-Maker _____	90
Figura 76. Ventana Windos-Maker _____	91
Figura 77. Diagrama Wonderware _____	92
Figura 78. Áreas del sistema SCADA de la planta térmica _____	100
Figura 79. Ventana Inicio HMI _____	101
Figura 80. Ventana Balance HMI _____	103
Figura 81. Disponibilidad _____	104
Figura 82. Disponibilidad de la caldera _____	104
Figura 83. Disponibilidad del Sobrecalentador _____	106



Figura 84. Disponibilidad de la Turbina _____	107
Figura 85. Ventana Indicadores HMI _____	108
Figura 86. Ventana Planta HMI _____	108
Figura 87. Ventana P&ID HMI _____	109
Figura 88. Ventana Caldera HMI _____	109
Figura 89. Ventana Condensación HMI _____	110
Figura 90. Ventana Sobrecalentador HMI _____	111
Figura 91. Ventana Turbina y Generador HMI _____	111
Figura 92. Ventana Turbina y Generador HMI _____	112
Figura 93. Ventana Alarmas HMI _____	112
Figura 94. Ventana de Almacenamiento de datos históricos HMI _____	115
Figura 95. Ventana de Históricos para variables HIM _____	115
Figura 96. Ventana Ayuda, Botones de acceso HMI _____	116
Figura 97. Ventana Ayuda, Convenciones A HMI _____	117
Figura 98. Ventana Ayuda, Convenciones B HMI _____	117
Figura 99. Ventana Ayuda, Ventanas A HMI _____	118
Figura 100. Ventana Ayuda, Ventanas B HMI _____	118
Figura 101. Ventana Ayuda, Ventanas C HMI _____	119

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación Sensores _____	51
Tabla 2. Ubicación de las válvulas en el área de condensación _____	56
Tabla 3. Dispositivos del Rack _____	62
Tabla 4. Señales de entrada MODULO 1 323-1BL00-0AA0 _____	65
Tabla 5. Señales de entrada MODULO 2 323-1BL00-0AA0 _____	65
Tabla 6. Señales de entrada MODULO 3 331-1KF02-0AB0 _____	67
Tabla 7. Señales de entrada MODULO 4 334-0CE01-0AA0 _____	68
Tabla 8. Señales de entrada MODULO 5 334-0CE01-0AA0 _____	69
Tabla 9. Señales de los relés de estado solido _____	72
Tabla 10. Color del cableado en el gabinete principal _____	76
Tabla 11. Nomenclatura marcaciones gabinete principal de la planta térmica UPB _____	77
Tabla 12. Medidores de corriente gabinete de cargas _____	81
Tabla 13. Tabla de señales del sistema _____	95
Tabla 14. Convenciones y Simbología _____	99

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TITULO: DOSSIER DE LA PLANTA TÉRMICA DE LA  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA

AUTOR(ES): DIEGO ARMANDO CASTILLO MORALES  
DIEGO FERNANDO SEPULVEDA ROJAS

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): JESSICA LORENA ARIZA DURAN, ING. ESP.

### RESUMEN

Este proyecto consiste en la elaboración del dossier de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se documentó el proceso de cada una de las áreas de la planta, la instrumentación, los dispositivos, la filosofía de control, y el manejo de las aplicaciones implementadas.

Durante el desarrollo del proyecto se actualizaron los planos eléctricos y planos P&ID de la planta térmica, además se elaboraron unas guías de laboratorio, con el fin de que los estudiantes de Ingeniería Electrónica se informen, interactúen, y conozcan de una manera académica como es el proceso de las grandes termoeléctricas a nivel mundial.

PALABRAS CLAVES:

Dossier, Planta Térmica, Instrumentación, P&ID, SCADA.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## SUMMARY

TITLE: THERMICAL PLANT'S DOSSIER OF THE PONTIFICIA BOLIVARIANA UNIVERSITY OF BUCARAMANGA

AUTHOR(S): DIEGO ARMANDO CASTILLO MORALES  
DIEGO FERNANDO SEPULVEDA ROJAS

FACULTY: Faculty of Electronic Engineering

DIRECTOR (A): JESSICA LORENA ARIZA DURAN ING.ESP.

## ABSTRACT

This project is about the creation of a dossier for the thermal power plant located at Pontificia Bolivariana University. We want to highlight the instrumentation, devices, control philosophy and applications implemented for an easy orientation and knowledge of the plant. In order to achieve this we updated the electrical plans and piping and Instrumentation Diagrams (P&ID), and we developed some laboratory guides. The objective is that electronic engineering students interact, know and learn about the processes in a thermoelectric power plant.

## KEYWORDS:

Dossier, Thermal Power Plant, Instrumentation, P&ID, SCADA.

**Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

Una planta térmica es una instalación que realiza un proceso generalmente cíclico para generación de energía eléctrica por medio del vapor. Se inicia el proceso con el calentamiento de una cantidad de agua hasta que esta alcanza la fase gaseosa, y finaliza con la transferencia de energía acumulada a una turbina que se encuentra acoplada a un generador eléctrico, encargado de la alimentación de un conjunto de cargas. Este proceso se realiza hasta que la demanda de energía eléctrica se detiene.

La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga cuenta con una planta térmica, una termoeléctrica que usa gas natural como combustible principal para la generación de energía eléctrica por medio de vapor. Esto con la finalidad de que la comunidad estudiantil interactúe y comprenda completamente los procesos termodinámicos y electrónicos que realizan estas instalaciones.

La finalidad del Dossier, es complementar la información de cada una de las áreas que conforman la planta térmica, incluyendo los dispositivos que componen cada una de éstas. Es de vital importancia tener la documentación detallada de toda la parte eléctrica, instrumentación y los dispositivos electrónicos que conforman el proceso, además de las variables de proceso, señales arrojadas por los sensores, y precauciones para manejar y estar en el proceso cuando este esté activo, con el fin de que el personal estudiantil tenga una información clara sencilla y fácil de comprender.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Realizar el dossier de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Reconocer y estudiar los diferentes equipos, instrumentos, filosofías de control y aplicaciones software que forman parte de la Planta Térmica UPB.
- Realizar un instructivo de procedimientos a seguir por el usuario, para la identificación del estado de funcionamiento y conexión de los equipos e instrumentos del proceso.
- Adecuar el gabinete de control del proceso en cuanto al cableado, marcaciones e instalación del parado de emergencia.
- Realizar el diagrama de flujo del proceso
- Actualizar los planos P&ID y eléctricos del proceso.
  
- Elaborar guías de laboratorio relacionadas con el proceso, enfocadas a cumplir con objetivos del programa de Ingeniería electrónica.
  
- Realizar la documentación del proyecto.

## 1 PLANTA TÉRMICA UPB

Una central termoeléctrica o planta térmica es aquella que produce energía eléctrica por medio del ciclo Rankine, un procedimiento en el cual un fluido, (generalmente agua) es calentado a través del uso combustibles tales como carbón o gas, hasta ser convertido en vapor y así ser utilizado como la alimentación de una turbina cuya energía mecánica es convertida en eléctrica a través de un generador acoplado a su eje, finalmente se revierte el proceso al realizar la condensación del vapor hasta volver a su estado original en fase líquida para reiniciar el ciclo. [1]<sup>1</sup>

La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga cuenta dentro de su campus con la instalación del laboratorio de plantas térmicas UPB ubicado en el edificio I-104, para uso académico en la formación de estudiantes de ingeniería mecánica, electrónica e industrial. Allí se lleva a cabo un proceso termodinámico cuya finalidad consiste en transformar agua en energía eléctrica por medio del ciclo Rankine,

En la figura 1 Se observa la imagen del laboratorio de plantas térmicas UPB.

Figura1. Planta Térmica UPB



Fuente: Autor

---

<sup>1</sup> Fontecha Dulcey Gilberto Carlos, Abril Alvarez José Dario, Cuéllar Carreño Víctor Hugo, Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Antes de realizar una descripción detallada del proceso, el personal o usuarios del laboratorio deben conocer las medidas de seguridad y precaución que forman parte del protocolo de operación.

## 1.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es importante tener en cuenta que para poder interactuar con la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana o con cualquier otra planta térmica, se debe conocer y seguir unas normas de seguridad para evitar lesiones o pérdidas humanas.

A continuación se nombrará las medidas de seguridad para el ingreso a la planta de la Universidad Pontificia Bolivariana.

La información de las medidas de seguridad de la planta térmica de la UPB se basa en el Manual de Laboratorio de Plantas Térmicas creado por los ingenieros Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Darío Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuellar Carreño de la facultad de Ingeniería Mecánica. [2]

### 1.1.1 Golpes.

Figura 2. Implementos de seguridad



Fuente: <http://segypro.cl/category/productos/proteccion-cabeza/>

Es importante tener los implementos de seguridad que evitan golpes, machucones, o caídas. Por esta razón se debe utilizar guantes, botas o zapatos que tengan punta de acero, y el casco es obligatorio (Ver figura 2).

Siempre que se esté realizando labores de mantenimiento ubicar las piezas grandes en cajas y en sitios a baja altura para evitar caídas. [1]<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fontecha Dulcey Gilberto Carlos, Abril Alvarez José Dario, Cuéllar Carreño Víctor Hugo, Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica, pp 20-24.



### 1.1.2 Quemaduras.

Figura 3. Ropa de Trabajo



Fuente: <http://www.totaloffice.com.ve/productos/33-bragas-industriales>.

En la planta térmica existen zonas o áreas en donde es posible que haya aumento de temperatura, especialmente en tramos de tubería en donde alcanzan temperaturas externas de hasta 140 °C lo que puede generar quemaduras de hasta segundo grado, por estas razones es obligatorio el uso de pantalón, bata manga larga de tela gruesa y guantes de vaqueta o de carnaza, para evitar amenazas contra la salud del personal (Ver figura 3). [1]

### 1.1.3 Electrocción.

La planta térmica U.P.B. cuenta con 3 tableros (gabinete principal, Gabinete de cargas y gabinete en el área de condensación) de control eléctrico los cuales manejan voltajes de 110 y 220 voltios monofásicos con hasta 5 Amperios de corriente; suficientes para causar lesiones leves, graves y hasta la muerte. Se recomienda desenergizar totalmente un tablero de control antes de realizar cualquier reparación eléctrica en ellos. [1]

### 1.1.4 Encendido.

Antes de poner en marcha el proceso de la planta, es necesario revisar unos ítems que sirven de precaución para que no haya algún tipo de inconvenientes a la hora del encendido de la planta [1], estos ítems son:

- a) Limpiar las áreas de líquidos combustibles como aceite, thinner, gasolina, acpm, entre otros.

- b) mantener todas las zonas aledañas al laboratorio libres de llamas, chispas o cigarrillos.
- c) Los extintores tienen una clasificación que indica su potencia. Las letras A, B, C o D indican la clase de fuego que pueden apagar y el N° señala la magnitud de éste que es capaz de extinguir eficazmente. [1]

#### 1.1.5 Explosión.

La planta térmica de la UPB cuenta con áreas en las que se manejan altas presiones, utilizan combustibles altamente inflamables (gas, ACPM), etc., por estas razones es debe estar supervisando estos niveles de riesgo a la hora de poner la planta térmica en marcha, y así evitar peligros.

#### 1.1.6 Clasificación de los extintores.

Figura 4. Extintor clase A



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase A: Pueden apagar fuegos producidos en materiales combustibles comunes en estado sólido. Ej. Madera, cartón, papel, telas, goma, plástico, etc. Y está simbolizado (Figura 4). [1]

Figura 5 Extintor clase B



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase B: Pueden apagar fuegos ocasionados por combustibles líquidos inflamables (petróleo, bencina); se incluyen gas licuado y algunas grasas utilizadas para lubricaciones, pinturas, aceites, ceras. Y está simbolizado (Figura 5). [1]

Figura 6. Extintor clase C



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase C: Estos extintores se usan para apagar incendios que ocurren en equipos o instalaciones con carga eléctrica, es decir, que se encuentran energizadas. Y está simbolizado (Figura 6). [1]

Figura 7. Extintor clase D



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase D: Sirven para apagar incendios de metales combustibles en forma de polvo o virutas de aleaciones de metales livianos, como el aluminio, el magnesio, titanio, potasio, sodio. Y está simbolizado (Figura 7). [1]

Se debe tener en cuenta:

- Los extintores deben ubicarse en lugares en donde hay mayor riesgo de alguna conflagración, con la precaución que no queden obstruidos o imposibilitados de usar a la hora de una emergencia.

- Si son instalados en zonas abiertas o intemperie, es necesario protegerlos contra agentes de la naturaleza que pueden deteriorar el óptimo desempeño de este.
- Instalarse o colgarse donde no puedan ser averiados por maquinarias, grúas u otros equipos de operación.

Revisar periódicamente la presión y contenido de cada uno de los extintores, para evitar problemas a la hora de emergencias.

#### 1.1.7 Medidas de seguridad para encendido del tablero eléctrico principal

El tablero eléctrico principal de la planta térmica de la universidad pontificia bolivariana es el encargado de la alimentación de instrumentos de supervisión, transformadores de señal, acoplamiento de señal y de la recolección y envío de datos al servidor del salón de automatización para su respectiva supervisión.

Por esto la manipulación y encendido de este tablero debe seguir una serie de pasos para evitar daños de equipos o el mal funcionamiento de los instrumentos conectados a este tablero.

- Revisar la conexión exterior de alimentación del tablero de control.

Figura 8. Conexión de Alimentación del tablero eléctrico de control



Fuente: Autor.

- Cerciorarse de que el paro de emergencia se encuentre deshabilitado (botón afuera).

Figura 9. Parado de emergencia del tablero de control de la planta térmica



Fuente: Autor.

- Encender el Totalizador cerciorándose anteriormente que los brakers C60N se encuentran en la posición off (interruptor abajo).

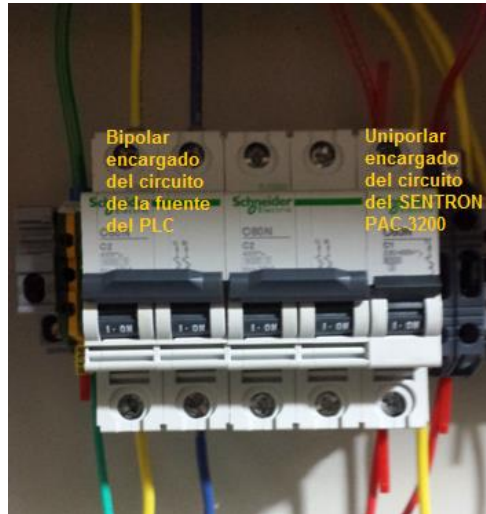
Figura 10. Totalizador del tablero electrico



Fuente: Autor.

- Encendedor los brakers C60N los cuales encienden los circuitos independientes del PLC y del PAC 3200 revisando previamente que el interruptor de la fuente del PLC se encuentre en off.

Figura 11. Interruptores Automáticos (brakers) C60N



Fuente: Autor.

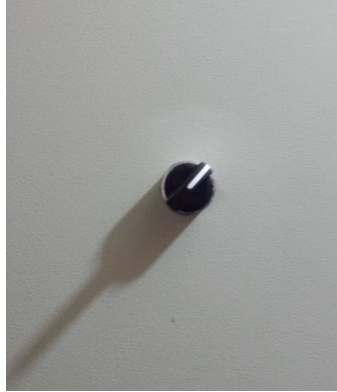
- Encender la fuente PS-307 del PLC (Figura 12).
- Para que la transferencia de datos inicie se debe colocar en la posición ON la llave ubicada en la puerta del tablero (figura 13), la posición ON es hacia la derecha.

Figura 12. Interruptor de encendido de la fuente PS-307



Fuente: Autor

Figura 13. Llave selectora para iniciar toma de datos.



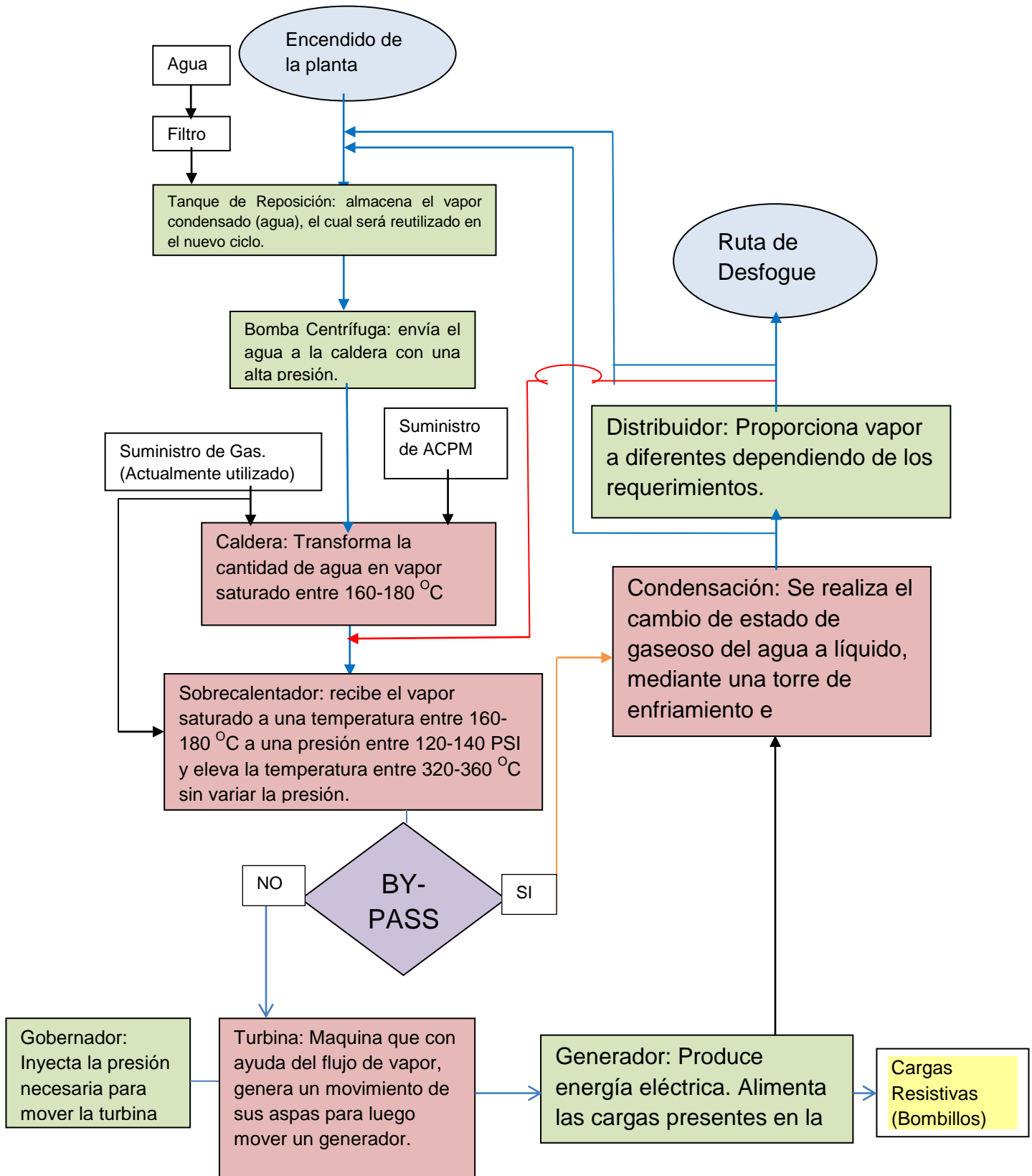
Fuente: Autor

Estos instrumentos están instalados en el tablero para cumplir con las normas de seguridad recomendadas por la RETEI para evitar accidentes de corto-circuitos, sobretensiones y demás accidentes eléctricos.

## 1.2 PROCESO

Una planta térmica tiene un proceso complejo el cual consta de etapas y en cada una de estas se llevan a cabo unas actividades necesarias para la generación de energía eléctrica. A continuación se dará una explicación de cada una de las etapas y procedimientos que se llevan a cabo en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga

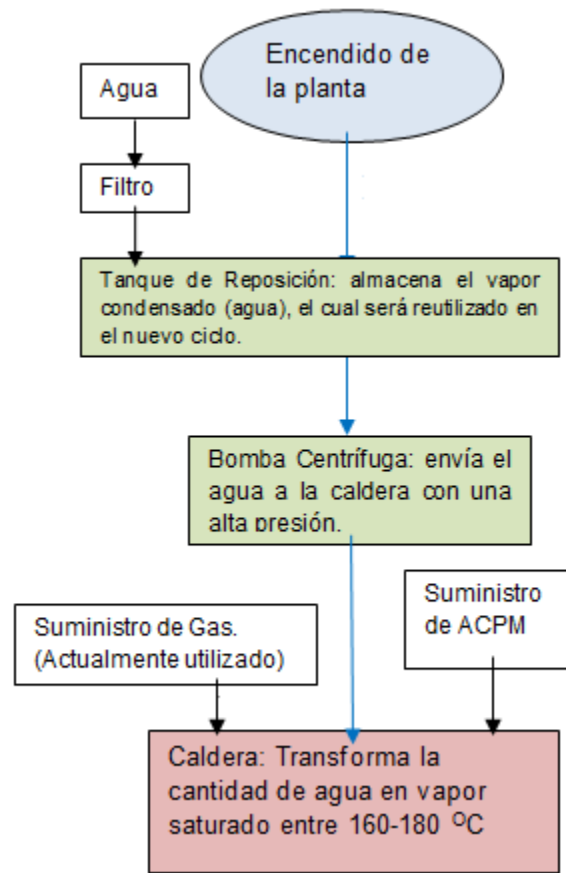
Diagrama de flujo del proceso de la Planta Térmica UPB:





La siguiente es una breve descripción del proceso descrito en el diagrama anterior:

- Se suministra agua previamente filtrada por un cilindro vertical cuyo interior contiene tres capas: una de gravilla de tamaño mediano, otra de gravilla de tamaño pequeño y una última de arena con gel sílice., desde el tanque de reposición pasa el agua filtrada a la caldera gracias a una bomba centrífuga a alta presión. Con la ayuda de combustión de gas, sube la temperatura de la caldera con el fin de generar vapor saturado hasta un rango de control de 160 a 182.5°C y 689.5 y 965.3Kpa (o 100 y 140psi) aproximadamente.[2]<sup>3</sup>



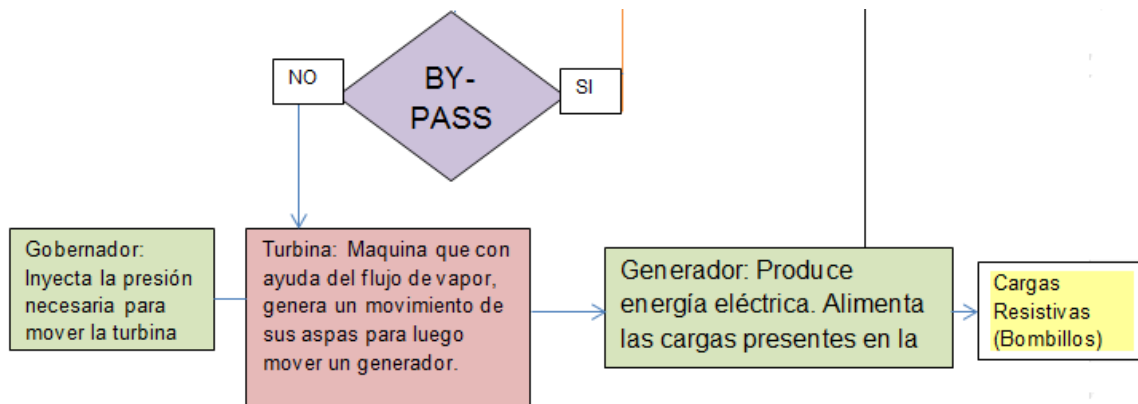
- El vapor saturado es transferido a través del distribuidor hacia el sobrecalentador, una especie de serpentín que es calentado por una llama y cuya función es aumentar la temperatura dentro de un rango de control en el que esta debe ser mayor a la temperatura de la caldera y menor a 360°C para obtener vapor sobrecalentado o seco. Dado que este dispositivo no represa el fluido la presión de este último no se altera. El vapor sobrecalentado tiene una

<sup>3</sup> [2] Jessica Lorena Ariza Duran, Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Universidad Pontificia Bolivariana - seccional Bucaramanga, facultad de ingeniería electrónica, industrial y mecánica, laboratorio de automatización, marzo 2012, pp 26-37

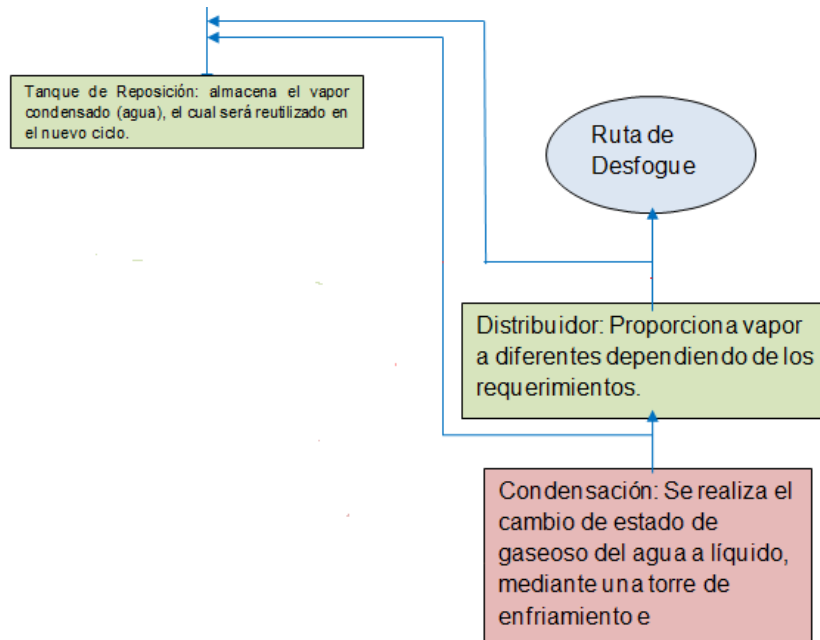
energía superior al saturado por lo que aporta mejores resultados al proceso.  
[2]

**Sobrecalentador:** recibe el vapor saturado a una temperatura entre 160-180 °C a una presión entre 120-140 PSI y eleva la temperatura entre 320-360 °C sin variar la presión.

- Se abre una válvula manual de tres vías que a través de una de las vías de descarga permite el paso de vapor sobrecalentado hacia una turbina por medio de una tobera o boquilla provocando en ella movimiento a alta velocidad, es decir energía mecánica, y por la otra vía permite el paso del mismo hacia un camino opcional conocido como By pass, que contiene varias válvulas de accionamiento manual para uso en caso de mantenimiento de la turbina o para mantener precalentada la tubería en caso de emergencia, se debe tener en cuenta que si este es habilitado, a pesar de que el vapor no pase por la turbina, debe salir a las mismas condiciones como si lo hubiera hecho, para ello se calibra una válvula de expansión que realiza esta función.[2]



- Finalmente, se produce un cambio de fase del residuo del vapor de agua generado a agua líquida con una temperatura superior a la atmosférica para el ahorro de energía calorífica que debería consumir la caldera. este proceso se realiza por medio de dos intercambiadores de calor de casco y tubos que junto a una torre de enfriamiento pertenecen a un sistema de condensación. Mientras que el vapor pasa por la carcasa sin tocarse con el agua la torre de enfriamiento baja la temperatura del agua que pasa por los tubos internos del intercambiador a 10°C; al salir este vapor de agua se ha transformado en líquida entre 40 y 60 °C que se almacena en el tanque de reposición condensado a la espera de ser requerida por el proceso y reiniciando así el ciclo.



Cuenta con una serie de instrumentos y la instalación de un PLC (controlador lógico programable) mediante los cuales se realiza la adquisición de los datos relevantes al comportamiento de las variables de proceso en cada una de las áreas que conforman la planta. Los dispositivos se encuentran interconectados a través de un switch dentro de una red Ethernet a través de la cual son transmitidos de forma digital a un ordenador donde se encuentra instalada la plataforma Wonderware, en la cual a través de la integración de Archestra IDE e Intouch se desarrolló el sistema SCADA de esta.

A continuación se realizará una división del proceso en cuatro áreas, cada una identificada de acuerdo al elemento principal que la conforma: caldera, sobrecalentador, turbina-generator y condensación para garantizar y facilitar la explicación del mismo, se describirá la funcionalidad y los equipos que la conforman indicando su nombre y nomenclatura.

La planta térmica de la universidad pontificia bolivariana seccional Bucaramanga cuenta con cuatro etapas en el proceso de generación de energía, la nomenclatura utilizada después de cada nombre de los equipos es la usada en el plano P&ID.

*La nomenclatura que está entre paréntesis () al lado de los dispositivos del proceso, hace referencia a la ubicaciones de los instrumentos en el plano P&ID de la planta térmica de la UPB, ver planos en el anexo 1.*

### 1.2.1 Caldera.

El área de la caldera está conformada por el suministro de agua, el filtro, el tanque de reposición, la bomba centrífuga, la caldera y el distribuidor tiene como finalidad producir vapor saturado a partir del suministro de agua por medio del calentamiento de la misma. A continuación se describe cada una de las partes de esta área.

- Suministro de agua: el suministro de agua es realizado por un tanque externo que lleva el agua hasta el filtro (FIL-100) (Ver figura 14), al agua se le hace un tratamiento especial para eliminarle las sales minerales y con eso retardar considerablemente el tiempo de corrosión de la tubería y las paredes metálicas de los recipientes. El filtro contiene un cilindro vertical cuyo interior contiene tres capas: una de gravilla de tamaño mediano, otra de gravilla de tamaño pequeño y una última de arena con gel sílice. [2]

Figura 14. Filtro del agua



Fuente: Autor

- Bomba centrífuga (P-100): en el ciclo Rankine que cumple la planta térmica, se manejan dos presiones, la alta (entre 120 y 140 PSI o 827.76 Kpa a 965.272 Kpa) y la baja (entre 0 y 5 PSI o 0Kpa a 34.47 Kpa).

Se requiere de un elemento capaz de inyectar agua desde el tanque de reposición hacia la caldera pero a alta presión, esto para que la temperatura

del agua sea más fácil de elevar, función que desempeña la bomba centrífuga (Ver figura 15).

En la entrada de la caldera hay una válvula anti-retorno para evitar que el fluido a alta presión se devuelva.

El voltaje de funcionamiento es de 110V a 60 hz, una corriente máxima de 6.9 A y una fuerza de 0.75 HP. [2]

Figura 15. Bomba centrífuga P-100



Fuente: Autor

- Caldera (B-100): una caldera es un aparato a presión, donde el calor procedente de un combustible o de otra fuente de energía se transforma en energía térmica utilizable a través de un fluido caloportador en fase líquida o vapor.

En las calderas se calienta agua para convertirla en vapor, el cual se utiliza para mover una turbina de vapor o como fluido caloportador que aporta calor a alguna fase del proceso industrial, éstos son el elemento de unión entre la generación de electricidad y la generación de calor útil.

La planta térmica UPB recibe el líquido (agua) comprimido enviado por la bomba centrífuga y con la ayuda de combustión de gas, sube la temperatura de la caldera con el fin de generar vapor saturado hasta un rango de control de 160°C a 182.5°C y 689.5Kpa y 965.3Kpa (o 100psi y 140psi) aproximadamente.

La caldera usada de la UPB es de tipo piro-tubular (vapor por los tubos y agua por la coraza), tiene un capacidad de 340lt, y una capacidad de generación de 15BHP (figura 16). [2]

Figura 16. Caldera



Fuente: Autor

- Distribuidor (V-100): es un tanque que tiene la función de proporcionar vapor a diferentes puntos de la planta térmica UPB, entre las rutas posibles se destaca el paso hacia el sobrecalentador, la retroalimentación hacia los intercambiadores de calor, recalentamiento del tanque de reposición, ruta de desfogue y una salida auxiliar. Físicamente es un cilindro con un volumen aproximado de  $0,014 \text{ m}^3$  y equipado con válvulas en cada salida, además cuenta con indicadores como un manómetro y un termómetro (figura 17). [2]

Figura 17. Distribuidor





### 1.2.2 Sobrecalentador (F-200).

Esta área del proceso de la planta térmica UPB no tiene más equipos como la caldera, a esta solo pertenece el sobrecalentador.

La caldera entrega vapor saturado entre 120 y 140 psi a una temperatura entre 160°C y 180 °C (es la temperatura de vapor saturado necesario para que mueva los alabes de la turbina de vapor), a estas condiciones según las tablas de termodinámica se tiene una entalpía de 2778.2 joules que se manejan en la planta térmica de la UPB, sin embargo es posible mejorar la entalpía (3178.9 joules a 360°C) aumentando la temperatura a la misma presión sin necesidad de incurrir en riesgos de resistencia de materiales.

El sobrecalentador (figura 18), es una especie de serpentín que es calentado por una llama pero que al no represar el fluido no se altera su presión, pero es capaz de elevar su temperatura hasta un valor entre 300 y 360 °C correspondientes a la zona de vapor sobrecalentado, con ello el valor de la entalpía se incrementa considerablemente, lo que se refleja en más energía para impulsar la turbina, con estas condiciones de vapor se ha llegado a una eficiencia térmica de un 16% en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana teniendo como ejemplo a nivel mundial un 35% la mayor eficiencia térmica, la planta térmica UPB tiene un buen desempeño. [2]

Figura 18. Sobrecalentador



### 1.2.3 Turbina-Generador.

Es el área encargada de recibir el vapor sobrecalentado, este vapor se hace pasar por una turbina y un generador que están conectados por un mismo eje produciendo energía eléctrica.

A la salida del sobrecalentador esta una válvula de tres vías de accionamiento manual, por una de sus vías se encuentra la tubería hacia la turbina y por la otra vía está el camino hacia una serie de válvulas con una válvula de expansión para dar alivio en caso de no usar el generador (by-pass).

- Turbina (S-300): es una máquina en la que el fluido que pasa a través de ella transmite su energía a un eje produciendo una disminución de energía al fluido en la salida y un movimiento mecánico que a su vez es transmitido a un generador conectado al mismo eje para producir la energía eléctrica.

En esta etapa el vapor sobrecalentado entra a la turbina por medio de la tobera que es como una boquilla que aumenta su velocidad e impulsa la turbina al chocar con los álabes, haciendo girar la turbina y esta a su vez el eje (figura 19). [2]

Figura 19. Turbina



Fuente: Autor



- Generador (G-300): es un dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre sus polos transformando la energía mecánica recibida en corriente eléctrica, la turbina comparte el mismo eje con un generador que al realizar un movimiento de giro simultaneo, excita sus bobinas generando electricidad.

Según los estándares de generación de energía en el continente americano la señal de energía eléctrica debe contar con una frecuencia de 60 Hz por lo que se aplica un mando a través de un dispositivo de control conocido como gobernador que mantiene la velocidad de giro en un valor correspondiente de 3600 rpm, este dispositivo recibe continuamente una señal de un sensor de velocidad ubicado en la turbina que le indica cuanto debe abrir o cerrar la válvula manual para que la cantidad de vapor sea la adecuada.

El rango aceptable de la velocidad para el manejo de alarmas está dado por valores entre 3550 a 3650 RPM correspondientes a 59.2 y 60.8 Hz, Valores comprendidos entre el rango de 3651 a 4000rpm generan una alarma de precaución y valores superiores a 4000 generan una alarma de peligro. El generador es de tres fases a 120V, con una corriente máxima de 46.6A, que genera una potencia de 5000W (figura 20). [2]

Figura 20. Generador



Fuente: Autor

- By-pass: así es llamado la tubería alterna que posee una serie de válvulas y una válvula de expansión usadas como alivio para reducir la presión y temperatura del vapor como si pasara por la turbina, esta tubería es usada cuando la turbina está en mantenimiento o por alguna razón no puede hacerse el ciclo normal, la válvula de expansión es configurada para reducir la presión y temperatura del vapor a presión de baja y temperaturas alrededor de los 110° C (figura 21). [2]

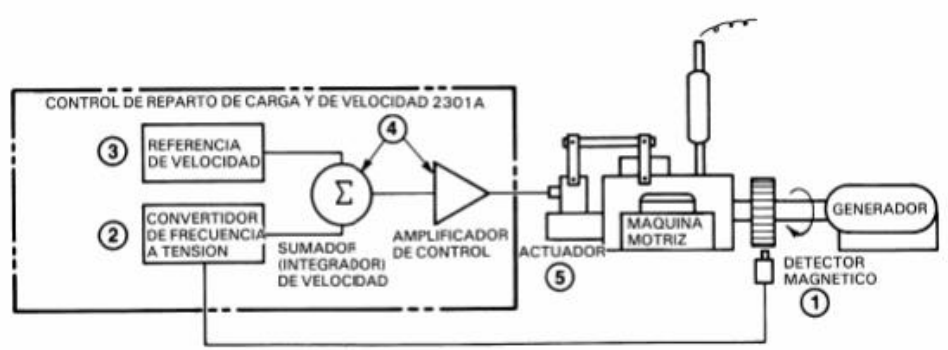
Figura 21. By-pass



Fuente: Autor

- Gobernador (MC-300): es un controlador mecánico-electrónico encargado de permitir el paso de vapor a la turbina a través de la tobera controlando la apertura de un tipo de válvula de agujeros para alcanzar la cantidad de rpm establecidas como referencia de velocidad en el tablero del gobernador (figura 24), no tiene un comportamiento lineal, utiliza la señal de velocidad del rotor medida por el detector magnético(1 en la figura 22) como señal de retroalimentación que se compara con la referencia de velocidad (3 en la figura 22) para controlar el actuador (5 en la figura 22), permitiendo el paso de la cantidad necesaria de vapor para alcanzar la referencia de velocidad. (figura 23) .[2]

Figura 22. Diagrama de funcionamiento del gobernador



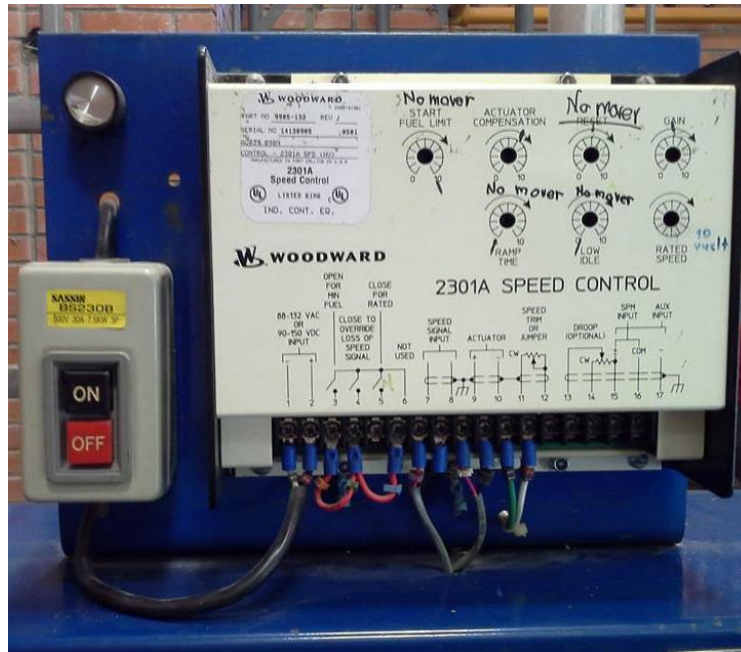
Fuente: [http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/perez\\_oyarzun\\_2010.pdf](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/perez_oyarzun_2010.pdf)

Figura 23. Gobernador y Actuador



Fuente: Autor.

Figura 24. Tablero de mando del gobernador



Fuente: Autor

#### 1.2.4 Condensación.

Esta etapa es la encargada de transformar el vapor que sale de la turbina después del trabajo realizado para mover el eje que genera energía eléctrica y convertirlo en líquido a una temperatura superior a la del ambiente para evitar gasto de energía en recalentarla nuevamente, consta de los intercambiadores de calor, la torre de enfriamiento y la bomba centrífuga.

- Intercambiadores de calor (E-400\_A y E-400-B): son dos intercambiadores de calor (Ver figura 25) de casco y tubo que junto a una torre de enfriamiento pertenecen a un sistema de condensación. Mientras que el vapor pasa por la carcasa sin tocarse con el agua la torre de enfriamiento baja la temperatura del agua que pasa por los tubos internos del intercambiador a 10°C; al salir este vapor de agua se ha transformado en líquida entre 40 y 60 °C que se almacena en el tanque de reposición condensado a la espera de ser requerida por el proceso y reiniciando así el ciclo.

Figura 25. Intercambiadores de calor



Fuente: Autor.

- Torre de enfriamiento (TK-500): es la encargada de enfriar el agua que pasa por los tubos internos de los intercambiadores de calor, haciendo circular el agua y aireándola para bajar la temperatura a unos  $10^{\circ}\text{C}$ , esto sucede al dejar caer el agua desde el domo o techo de la torre hacia el depósito y hacer chocar el agua caliente con una corriente de aire en contracorriente repitiendo este proceso hasta alcanzar la temperatura deseada (figura 26). [2]

Figura 26. Torre de enfriamiento



Fuente: Autor

- Bomba centrífuga verde (P-400): es la encargada de impulsar el agua que pasa por los tubos internos de los intercambiadores de calor hacia la torre de enfriamiento para luego de ser enfriada sea depositada en el tanque de





### 1.3 NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación, es la base o el primer nivel de la pirámide de automatización CIM (Manufactura Integrada por Computador) (Ver figura 29) que es un modelo en el cual se integran todas las funciones de una empresa. Se pueden identificar dentro del proceso industrial diferentes niveles:

Figura 29. Pirámide Modelo CIM



Fuente: [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,32665677&\\_dad=portal](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32665677&_dad=portal)

- Nivel 1: es la base de la pirámide, y es donde se encuentra toda la parte de instrumentación y accionamientos de terreno (Sensores, Actuadores, válvulas, etc.) [34]
- Nivel 2: Nivel de control. Se encuentra los PLC y controladores, que son los encargados de la regulación, el control de secuencias y los enclavamientos de seguridad y operaciones del proceso. Estos dispositivos recogen la información del nivel inferior (Nivel 1) a través de comunicaciones de red o vía inalámbrica. [34]
- Nivel 3: nivel de supervisión y adquisición de datos. En este nivel se recoge toda la información del nivel de control en tiempo real y tiene la función de supervisar el proceso, hacer mantenimiento preventivo y optimizar del proceso. [34]
- Nivel 4: Nivel de administración de la producción. En este nivel se encarga de la planificación del proceso productivo, además se pueden identificar

falencias o fortalezas de las etapas del proceso. Este nivel está conectado al nivel 3, su comunicación es vía red y la información es en tiempo real. [34]

- Nivel 5: nivel de manejo corporativo. Es donde se optimizan las finanzas, se hace la planificación corporativa y la administración de los recursos. El nivel se comunica con el nivel 5 vía red, y la información es en tiempo real de lo que está pasando globalmente en el proceso. [34]

A continuación se explicará la instrumentación (transmisores de temperatura, sensores de nivel, sensores de presión, sensores de flujo, variadores de velocidad, válvulas, bombas, etc.) instalada en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

A continuación se expondrán las características de la instrumentación presente en la planta térmica de la UPB

### 1.3.1 Sensores.

Son instrumentos de gran importancia para la industria, ya que estos permiten indicar y mantener monitoreada las variables que están presentes en el proceso, además se encargan de convertir las variables de instrumentación (magnitudes físicas o químicas) en señales eléctricas para su posterior lectura.

*La nomenclatura que está entre paréntesis () al lado de los dispositivos en la etapa de instrumentación, hace referencia a la ubicaciones de los instrumentos en el plano P&ID de la planta térmica de la UPB, ver planos en el anexo 1.*

- Transmisores de temperatura: son sensores utilizados en la industria para medir temperaturas en lugares específicos del proceso.

Figura 30. RTD-PT100





La planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana utiliza transmisores de temperatura resistivos RTD-PT100 sensores de platino basados en la variación de la resistencia de dicho conductor con la temperatura (Ver Figura 30).

Se encuentran 6 Transmisores de Temperatura distribuidos en las diferentes áreas del proceso.

- Área de caldera: Dos transmisores de temperatura ubicados a la entrada y salida de la caldera.
- Área de sobrecalentador: Un transmisor de temperatura a la salida del sobrecalentador.
- Área de condensación: Dos transmisores de temperatura ubicados a la entrada y salida de la etapa de condensación.
- Área de turbina-generator: Un transmisor de temperatura que mide la temperatura de vapor a la salida de la turbina.

Las señales arrojadas por los transmisores de temperatura son de tipo analógicas y son llevadas a un PLC para visualizar y supervisar su lectura en una interfaz humano-maquina (HMI).

Para mayor información ver anexo 2.

- Sensor de Presión: son instrumentos que se encargan de transformar la magnitud de presión por unidad de superficie a una señal eléctrica.[26]<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [26]Sensing, Transductores de presión, [Citado el 4 de noviembre del 2013], disponible en: [http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_presion\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_presion_Cm.htm)

Figura 31. Sensor de Presión Vegabar 14 (PT)



Fuente: Autor

La planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con 4 sensores de presión Vegabar 14 (Ver figura 31) distribuidos en las siguientes áreas.

- Área de caldera: Un transmisor de presión para la toma de la presión de vapor en la caldera (PT3).
- Área de sobrecalentador: Un transmisor de presión para la toma de la presión en el sobrecalentador (PT1).
- Área de turbina-generador: Un transmisor de presión a la entrada turbina-generador (PT2).
- Área de condensación: Un transmisor de presión a la entrada de la etapa de condensación (PT4).

Las señales arrojadas por los sensores de presión son de tipo analógicas y son llevadas a un PLC para visualizar y supervisar su lectura en una interfaz humano-maquina (HMI).

Para mayor información del sensor de Presión VEGABAR 14 ver anexo 2.

- Sensor de flujo: es un instrumento que mide la cantidad de fluido que pasa por la sección transversal de una tubería por unidad de tiempo, estas mediciones pueden ser volumétricas o mediciones máscas esto depende para el fin de lo que desee el usuario.

La planta térmica Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con un sensor de flujo Vortex Proline Prowirl 72F (P72F) de Endress + Hauser. (Ver figura 32)

Figura 32. Sensor Vortex Proline Prowirl 72F (P72F)



Fuente: Autor.

El sensor de flujo Vortex Proline 72F (P72F) se encuentra ubicado entre el sobrecalentador y la turbina-generator y se encarga de hacer la lectura y medición de flujo de vapor volumétrico que está pasando por la tubería cuando está activo el proceso.

La señal arrojada por el sensor de flujo es de tipo analógica y es llevada a un PLC para visualizar y supervisar su lectura en una interfaz humano-maquina (HMI).

Para mayor información del sensor de Flujo Vortex Proline Prowirl 72F ver anexo 2.

- Sensor de flujo: Sensor de flujo Vortex Proline Prowirl 73F (P73F) de Endress +Hauser. (Ver figura 33)

Figura 33. Sensor Vortex Proline Prowirl 73F (P73F)



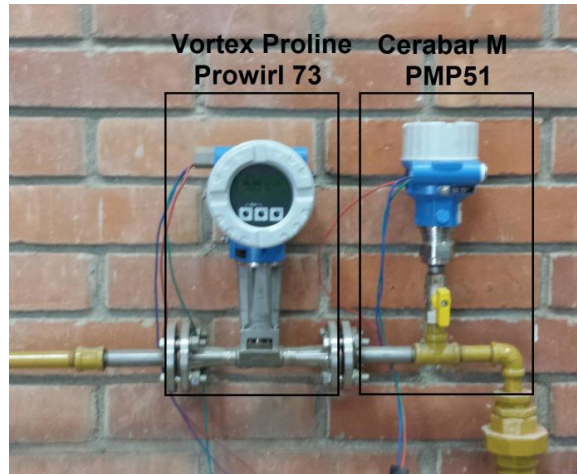
Fuente: Autor

La planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con un sensor de flujo Vortex Proline Prowirl 73F (P73F) de Endress + Hauser ubicado en la tubería después de gas (Ver figura 34), y se encarga de hacer la medición flujo volumétrico de gas que consume la planta térmica (caldera y sobrecalentador).

La señal arrojada por el sensor de flujo es de tipo analógica y es llevada a un PLC para visualizar y supervisar su lectura en una interfaz humano-maquina (HMI).

(Para mayor información del sensor de Flujo Vortex Proline Prowirl 73F (P73F ver anexo 2

Figura 34. Sensores en Tubería de gas



Fuente: Autor

- Sensor de Presión: son instrumentos que se encargan de transformar la magnitud de presión por unidad de superficie a una señal eléctrica. [3]

Figura 35. Cerabar M PMP51



Fuente: Autor

El sensor de presión Cerabar M PMP51 de Endress + Hauser (PMP51) (Ver figura 35) está ubicado en la tubería de gas después del sensor de flujo Vortex Proline Prowirl 73F (Ver figura 34) en la planta térmica de la UPB, y es el encargado de medir la presión de gas que pasa por la tubería

La señal arrojada por el sensor de presión es de tipo analógica y es llevada a un PLC para visualizar y supervisar su lectura en la interfaz humano-maquina (HMI).

Para mayor información del sensor de presión Cerabar M PMP51 ver anexo 2.

- Sensor de velocidad magnético: Los sensores de velocidad magnéticos Pickup son utilizados para detectar revoluciones de motor, proporcionando información en tiempo real para el gobernador de velocidad electrónico. También se utiliza para proporcionar datos de paro de motor de arranque o protección por sobre velocidad en los controles de arranque automático. [4]<sup>5</sup>

Figura 36. Sensor de velocidad magnético Pickup



Fuente: Autor

El sensor de velocidad magnético Pickup (Ver figura 36) marca RED LION LMPC ubicado a la salida de la turbina, es utilizado en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana para medir a qué frecuencia está girando la turbina, la señal es transmitida a un convertidor de señal IFMA del mismo fabricante, que se encarga de transformarla en una señal de corriente 4-20mA para la correcta lectura a través de un módulo de entrada del PLC que forma parte del sistema de control instalado en el gabinete principal. (Mayor información de la IFMA ver capítulo 1.4 NIVEL DE CONTROL). [5]<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> [4] Electro Generación, Sensores de velocidad Magnéticos, [En línea]. [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.electrogeneracion.com.mx/electrogeneracion/Productos\\_files/sensores%20de%20velocidad.pdf](http://www.electrogeneracion.com.mx/electrogeneracion/Productos_files/sensores%20de%20velocidad.pdf).

<sup>6</sup> [5] Robots Argentina, Sensor de Magnetismo, [En línea], [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

Tabla 1. Ubicación Sensores

SENSORES	AREA			
	CALDERA	SOBRECALENTADOR	TURBINA GENERADOR	CONDENSACION
RTD PT-100	Una a la entrada y otra a la salida de la caldera	Una a la salida del sobrecalentador	Una a la salida de la turbina	Una a la entrada de los intercambiadores de calor y otra a la salida
VEGABAR -14	Uno en la caldera	Uno a la salida del sobrecalentador	Uno a la entrada de la turbina	Uno a la entrada de los intercambiadores de calor
SENSOR DE FLUJO PROLINE PROWIRL 72F		Se encuentra entre estas dos áreas después del sobrecalentador y antes de la turbina para medir la cantidad de vapor que ingresa		
SENSOR DE FLUJO PROLINE PROWIRL 73F	Está en la entrada de la tubería de gas al aula de la planta térmica para medir el gas consumido por el proceso.			
SENSOR DE PRESION PMP 51C	Se encuentra después del sensor de flujo PROLINE PROWIRL 73F y mide la presión del gas que entra a la planta.			
SENSOR ELECTROMAGNETICO DE FRECUENCIA	Se encuentra ubicado en la turbina midiendo la cantidad de revoluciones por minuto de esta misma.			

Fuente: Autor

### 1.3.2 Válvulas.

Las válvulas tienen la función de detener, regular o dar paso de un flujo (líquido o gas) mediante una pieza móvil la cual funciona para obstruir, abrir o dar un paso parcial del flujo a controlar. Es necesario saber las características del flujo a manejar para así poder escoger el tipo de válvula más apropiada y evitar daños o fugas en el proceso industrial.

A continuación se nombrará las características y la ubicación de los tipos de válvulas presentes en las diferentes áreas de la planta térmica de la UPB.

- Válvula de Bola: Las válvulas de bola o esfera (Ver figura 37), son un tipo de válvula muy versátil en el manejo de fluidos. Su cierre rápido de  $\frac{1}{4}$  de vuelta ordinariamente con una palanca permite que su operación sea muy sencilla para quien la ópera, son utilizadas para dejar o no pasar un fluido (ON-OFF). [6]<sup>7</sup>

<sup>7</sup> [6] ESPECIALISTAS TÉCNICOS EN FLUIDOS DE OCCIDENTE SA, Válvulas y medidores de flujo, [En línea], [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.valvulasymedidores.com/valvulas\\_de\\_bola.html](http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_bola.html)

Figura 37. Válvula de Bola



Fuente: Autor

La válvula de bola se encuentra en diferentes áreas de la planta de la Universidad Pontificia Bolivariana, las más importantes están ubicadas en:

- Área de caldera: Una válvula de bola ubicada en la caldera que interrumpe el paso de gas.
- Área de condensación: Cuatro válvulas de bola distribuidas en los intercambiadores de calor.
- Válvula de compuerta: Es utilizada para el flujo de fluidos limpios y sin interrupción.

Es una válvula se abre gracias al levantamiento de una compuerta o cuchilla, y tiene la ventaja de ser hermética. Este tipo de válvula cuando está totalmente abierta todo el flujo que pasa por ella, coincide con el diámetro nominal de la tubería.

La operación de este tipo de válvulas es muy lenta. Debido al desgaste producido por la fricción, no se recomienda en instalaciones donde su uso sea frecuente, (Ver figura 38). [7]<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> [7] Valvias, Válvula de compuerta, [En línea], [Citado el 10 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-compuerta.php>



Figura 38. Válvula de compuerta



Fuente: Autor

Las válvulas de compuerta están en gran cantidad en todas las áreas de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana, a continuación se nombrarán las importantes:

- Área sobrecalentador y turbina-generador: Cuatro válvulas de compuertas distribuidas entre el sobrecalentador y la turbina-generador.
  - Área de caldera: Tres válvulas de compuerta.
  - Área de condensación: Dos válvulas de compuerta.
  - Distribuidor: Cuatro válvulas de compuerta en el distribuidor para cerrar o dar paso al vapor que viene de las diferentes áreas de la planta térmica.
- 
- Válvula de control proporcional con actuador eléctrico de tres vías: está diseñada para el paso de flujo hacia dos direcciones y proporciona un control inteligente del paso de vapor o líquidos. (Ver figura 39)

Figura 39. Válvula de tres vías con actuador eléctrico



Fuente: Autor

La válvula de tres vías con actuador electrónica marca Ari Armaturen schubetrieb 2,2 kn, recibe el vapor que sale del sobrecalentador para distribuirlo hacia la turbina generando el movimiento y así con ayuda de un generador generar energía, o, para enviar el vapor a una válvula de regulación de presión la cual cumple la función de bajar la presión del vapor sobre-calentado y luego enviarlo a la etapa de condensación.

- Válvula de regulación de presión: es un instrumento que sirve para bajar la presión de manera precisa y fiable. (Ver figura 40)

Figura 40. Válvula de regulación de presión



Fuente: Autor

La válvula de regulación de presión marca Armstrong GP-2000, está ubicada después de la válvula de tres vías con actuador eléctrica, recibiendo el vapor sobre-calentado que sale del sobrecalentador para así bajar la presión de vapor para su posterior uso.

- Válvula de alivio: cumplen la función de liberar el fluido cuando la presión de un sistema sobrepasa el límite establecido, esto con el fin de evitar explosiones o fallas en tuberías a causa de un exceso en la presión. (Ver figura 41)

Figura 41. Válvula de alivio



Fuente: <http://www.fullcontrolperu.com/valvula-seguridad.html>

Hay tres válvulas de alivio o seguridad en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana ubicadas en:

- Área caldera: Una válvula de alivio en la caldera que libera vapor cuando sobrepasa su límite de presión.
- Área de condensación: Dos válvulas de alivio.

Dentro de los procesos industriales se hace necesario alertar los cambios que se pueden presentar cuando un proceso está activo, por esto es importante contar con la instrumentación adecuada que a través de indicadores señalicen y alerten a los operarios de alguna posible falla en algún instrumento o área del proceso, para así poder ser solucionado.

A continuación se nombrará los interruptores e indicadores presentes en la planta térmica de la UPB.

Tabla 2. Ubicación de las válvulas en el área de condensación

CONDENSACIÓN	AREA			CONDENSACIÓN
	CALDERA	SOBRECALENTADOR	TURBINA GENERADOR	
DE BOLA	Una válvula de bola ubicada en la caldera que interrumpe el paso de gas			Cuatro válvulas de bola distribuidas en los intercambiadores de calor.
DE COMPUERTA	Tres válvulas de compuerta.	Cuatro válvulas de compuertas distribuidas entre el sobrecalentador y la turbina-generador.		Dos válvulas de compuerta
DE CONTROL PROPORCIONAL CON ACTUADOR ELÉCTRICO DE TRES VÍAS		Una válvula que recibe el vapor que sale del sobrecalentador para distribuirlo hacia la turbina generando		
DE REGULACIÓN DE PRESIÓN		Una válvula de regulación de presión que recibe el vapor sobre-calentado que sale del sobrecalentador para así bajar la presión de vapor para su posterior uso.		
DE ALIVIO	Una válvula de alivio en la caldera que libera vapor cuando sobrepasa su límite de presión.			Dos válvulas de alivio.

Fuente: Autor

### 1.3.3 Interruptores.

Los interruptores son dispositivos que tienen como fin cortar, dirigir o producir el paso de corriente eléctrica al instrumento que se está manipulando.

- Interruptor de nivel magnético: Los interruptores de nivel tipo magnético (Ver figura 42) constan de un flotador con imán y una barra guía que contiene interruptores magnéticos. Éstos cierran el circuito con la presencia del campo magnético generado por el imán del flotador. [8]<sup>9</sup>

<sup>9</sup> [8] Nevél, Interruptor de nivel tipo magnético, [En línea], [Citado el 10 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.nevel.com.mx/index.php?IDPagina=producto&nc=&idc=23>.

Figura 42. Interruptor de nivel magnetico



Fuente: <http://es.aliexpress.com/item/Liquid-Water-Level-Sensor-Magnetic-Float-Level-Switch-Horizontal-Float-Switch/675207431.html>

Dentro de la caldera se implementó un interruptor de nivel Magnético para verificar los niveles alto y bajo de agua dentro del tanque de condensación y la caldera, la señal que arroja por el dispositivo es de tipo digital y es llevada al gabinete de control principal para su monitoreo. (Mayor información ver tabla variables de proceso)

#### 1.3.4 Indicadores.

Los indicadores son los encargados de proporcionar información visual del rendimiento, estado de un instrumento o del área, en proceso industrial.

- Indicadores de estado: tienen como finalidad de advertir al operario el estado de funcionamiento del proceso. (Ver figura 43)

Figura 43. Indicador de estado



Fuente: Autor

Algunas de las áreas de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana cuentan con pequeños gabinetes eléctricos.

El gabinete de la caldera posee indicadores de nivel bajo de agua, nivel de agua alto, demanda activa, llama apagada, señal del ventilador.

En la parte de condensación el gabinete cuenta con indicadores de nivel de agua bajo y alto, y el indicador del ventilador de la torre de enfriamiento.

Estas señales son de tipo digital y se llevan al gabinete principal de control de la planta térmica para su monitoreo.

Mayor información ver tabla variables de proceso.

#### 1.3.4 Controlador de Seguridad de FLAMA compacto FIREYE.

Este controlador Proporciona Ignición Automática y Monitoreo Continuo de Flama por medio de un sensor; el cual, manda la señal al amplificador, permitiendo la Apertura de Válvulas de Seguridad. [27]<sup>10</sup> (Ver figura 44)

Figura 44. Controlador de Seguridad de FLAMA FIREYE



Fuente: <http://www.dienterprise.com.mx/consoles-de-flama-serie-micro-microm-p-145.html>

---

<sup>10</sup> [27] Dienterprise, Controlador Industrialde seguridad de flama [En línea], [citado en diciembre 2013] disponible en: <http://www.dienterprise.com.mx/consoles-de-flama-serie-micro-microm-p-145.html>

El controlador de seguridad de Flama marca Fireye Derry NH, está ubicado en la caldera, las señales arrojadas son de tipo digital y son llevadas al gabinete de control principal para su posterior monitoreo y visualización en la interfaz humano-maquina (HMI). (Mayor información ver tabla variables del proceso).

### 1.3.5 Manómetros.

Son instrumentos indicadores de presión utilizados en la industria para la medición de fluidos contenidos en recipientes cerrados, para el caso de la planta térmica de la UPB, están ubicados en diferentes áreas del proceso para indicar las diferentes presiones a lo largo de las tuberías (Ver figura 45).

Figura 45. Manómetro



Fuente: Autor

### 1.3.6 Indicadores de temperatura analógicos.

Son instrumento indicadores utilizados en la industria para la medición de temperatura en tuberías, tanques, calderas, etc., en forma analógica. En el proceso de la planta térmica están ubicados en diferentes partes para la respectiva medición de temperatura. (Ver figura 46)

Figura 46. Indicador de Temperatura analógico



Fuente: Autor

Nota: El plano P&ID de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana se encuentra en el anexo 1.

#### 1.4 NIVEL DE CONTROL

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación de estos debe cumplir con normas internacionales (IEC 60364) para mantener la seguridad de operarios y de las instalaciones.

Además existen diferentes tipos de tableros de acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Caja o gabinete individual de medidor: es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
- Tablero Principal de distribución: es aquel que se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
- Tablero o gabinete colectivo de medidores: es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso, los cubiles o gabinetes que albergan a los interruptores principales se comportan como tableros principales.



- Tablero secundario de distribución: se conecta al tablero principal, comprenden una vasta categoría.

La planta térmica de la UPB tiene un tablero eléctrico principal que cuenta con un PLC encargado de recolectar los datos de las señales eléctricas, elementos de seguridad y acondicionadores de señal. Además está el tablero eléctrico de cargas en el cual se indican los valores de tensión, corriente, frecuencia y tipo de conexión de las cargas alimentadas por la energía producida en el proceso. Esta información es recolectada y procesada para el monitoreo del proceso para evitar fallas graves, crear históricos de datos, mostrar al público interesado sin acceso a la planta el comportamiento de la planta por medio de gráficos remotos.

#### 1.4.1 Gabinete principal.

El gabinete eléctrico principal de la planta térmica UPB (Ver figura 47) es de tipo tablero principal de distribución ya que está conectado a la línea principal y de él se derivan circuitos secundarios y tiene los principales equipos de medición, control y acondicionamiento de señal de la planta, cuenta con la etapa de control, potencia y acondicionamiento de señal.

Figura 47. Gabinete eléctrico de control de la planta térmica UPB



Fuente: Autor.

A. Etapa de control: En este nivel se encuentran elementos tales como los autómatas programables (PLC) o equipos de aplicación específica basados en microprocesador, capaces de controlar el proceso a través de actuadores o elementos finales de control, al adquirir información de él por medio de sensores. Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de acción/sensado poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de interconexión para ser enlazados con el nivel superior (SCADA).

- RACK: Es un soporte metálica donde se aloja el equipamiento electrónico en un gabinete eléctrico. El rack tiene una medida estandarizada universal para que sea compatible con cualquier dispositivo de cualquier fabricante.

En la parte inferior el RACK del gabinete principal de la Universidad Pontificia Bolivariana soporta los siguientes dispositivos:

Tabla 3. Dispositivos del Rack

Espacio del Rack	Dispositivo
Primer espacio del Rack	Fuente PS 307-5A
Segundo espacio del Rack	CPU 315F-2PN/DP
Tercer espacio del Rack	Módulo SM 323 6ES7323-1BL00-0AA0
Cuarto espacio del Rack	Módulo SM 323 6ES7323-1BL00-0AA0
Quinto espacio del Rack	Módulo SM 331 6ES7331-1KF02-0AB0
Sexto espacio del Rack	Módulo SM 334 6ES7334-0CE01-0AA0
Séptimo espacio del Rack	Módulo SM 334 6ES7334-0CE01-0AA0
Octavo espacio del Rack	X005 SCALANCE 005-0BA001AA3

Fuente: Autor

Figura 48. PLC planta térmica UPB



Fuente: Autor

- Fuente PS 307-5A: para la alimentación del S7-300 y de los actuadores y sensores con 24V DC siemens provee fuentes de alimentación que cumplen con los requisitos eléctricos necesarios para el buen funcionamiento del PLC. La fuente PS 307-5A tiene una intensidad de salida de 5A, genera una tensión de salida 24V DC estabilizada a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío, acometida de entrada monofásica (120/230 V a 60HZ) y separación eléctrica segura según NE 60 950 (figura 49), (para más información dirigirse al anexo 3). [9]<sup>11</sup>

Figura 49. Fuente PS 307-5A



Fuente: <http://support.automation.siemens.com/>

<sup>11</sup> [9] SIEMENS, Sistema de automatización S7-300, Datos de los Módulos, [Actualizado 02 del 2013], pp 55-61.

- CPU 315F-2PN/DP: la CPU cuenta con una unidad central de procesamiento de 512Kbyte, 2 puerto Ethernet/Profinet, tarjeta de memoria micro SIMATIC necesaria para su funcionamiento su voltaje de entrada es de 24V DC suministrados por la fuente. La principal función del CPU es comandar y gobernar la actividad del PLC. Ésta recibe señales de información de los sensores del proceso, ejecuta un programa de control previamente almacenado en su memoria y suministra el resultado de la ejecución de las instrucciones del programa a los actuadores o dispositivos de salida. Este proceso se realiza de una manera continua y cíclica. (figura 50), (para mayor información técnica mirar el anexo 3).[9]

Figura 50. CPU del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://www.inaserv.com/artikel,en,6ES7315-2FJ14-0AB0,content.php>

- Módulo 1 y 2, SM 323 6ES7323-1BL00-0AA0: módulo de 16 entradas con aislamiento galvánico en grupo de 16 y 16 salidas con aislamiento galvánico en grupos de 8, trabaja con una tensión nominal de 24V DC tanto de entrada como de carga suministrada por la fuente del PLC. En el módulo 1 y módulo 2 del PLC (figura 51) de la planta térmica UPB solo se están usando las entradas y las señales que están conectadas a estos módulos serán descritas a continuación, (para mayor información dirigirse al anexo 3) en las tablas de señales del módulo 1 y 2 (Tabla 4 y Tabla 35 respectivamente) del PLC las entradas se encuentran a la izquierda numeradas de 0-7 arriba y abajo y así aparecen en la tabla. [9]

Figura 51. Módulo 1 y 2 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://www.tienphat-automation.com/p44726-c1056-261-PLC-S7-300-6ES7331-1KF02-0AB0.aspx>

Tabla 4. Señales de entrada MODULO 1 323-1BL00-0AA0

Numero de entrada	Señal
Pin 0	NSH-100 Interruptor de Combustión Principal (Caldera)
Pin 1	BSL-100 Interruptor de señal de llama apagada (Caldera)
Pin2	YSH-100 Interruptor de señal de demanda (Caldera)
Pin 3	LSL-100 Interruptor de Nivel de agua bajo (Caldera)
Pin4	EM-100 Interruptor de señal del ventilador (Caldera)
Pin 5	P-1Bomba Centrífuga
Pin 6	LSL-400 Interruptor Nivel de agua alto
Pin 7	LSH-400 Interruptor Nivel de agua alto
Pin 0 inferior	P-2Bomba Centrífuga
Pin 1 inferior	P-3Bomba Centrífuga
Pin 2 inferior	EM-400Interruptor Ventilador de la torre de enfriamiento
Pin 3 inferior	On-Off Gabinete de control

Fuente: Autor

Tabla 5. Señales de entrada MODULO 2 323-1BL00-0AA0

Numero de entrada	Señal
Pin 0	1NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 1	2NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin2	3NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 3	4NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin4	5NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 5	6NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 6	7NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 7	8NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 0 inferior	9NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 1 inferior	10NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin2 inferior	11NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 3 inferior	12NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin4 inferior	13NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 5inferior	14NL Neutro de la luz (Bombillo)
Pin 6 inferior	15NL Neutro de la luz (Bombillo)

Fuente: Autor

- Módulo 3, SM 331 6ES7331-1KF02-0AB0: es un módulo analógico, posee 8 entradas en 8 grupos de canales, resolución ajustable por grupo de canales (12 bits + signo), diferentes tipos de medición (tensión, corriente, temperatura, resistencia) (Ver figura 52), en este módulo se encuentran conectadas las señales de alimentación e información de las 6 RTD PT-100 del proceso de la planta térmica el módulo 3 tiene numeradas las entradas de 0-7 arriba a la izquierda y abajo a la izquierda igual en la parte derecha en la tabla se encuentra escrito de esa manera. (para mayor información ver anexo 3)

Figura 52. Módulo 3 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: [http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334\\_p8294.html](http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334_p8294.html)

Tabla 6. Señales de entrada MODULO 3 331-1KF02-0AB0

Numero de entrada	Señal
Pin 0 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100) S-
Pin 1 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100) M-
Pin 2 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100) M+
Pin 5 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100-A) S-
Pin 6 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100-A) M-
Pin 7 superior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-100-A) M+
Pin 0 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-200-A) S-
Pin 1 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-200-A) M-
Pin 2 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-200-A) M+
Pin 5 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-300-B) S-
Pin 6 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-300-B) M-
Pin 7 inferior derecho	Transmisor de Temperatura (TT-300-B) M+
Pin 0 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-A) S-
Pin 1 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-A) M-
Pin 2 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-A) M+
Pin 5 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-B) S-
Pin 6 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-B) M-
Pin 7 superior izq	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)

	M+
Pin 4 inferior izq	Señal 4-20mA del sensor de caudal Proline Prowirl 72F
Pin 7 inferior izq	Señal 4-20mA del convertidor frecuencia voltaje IFMA

Fuente: Autor

- Módulo 4 y 5, SM 334 6ES7334-0CE01-0AA0: este módulo tiene 4 entradas en un grupo y 2 salidas en un grupo, tiene una resolución de 8 bits, pueden medir tensión o corriente (Ver figura 53), al módulo 4 están conectadas las señales que generan los sensores de presión Vegabar 14 y al módulo 5 (Tabla 7) está conectado la señal del sensor de caudal Proline Prowirl 73F y la señal del sensor de presión Cerabar M PMP51 (tabla 8), cabe resaltar que la alimentación de estos sensores no se encuentra en estos módulos, está ubicada en las borneras de alimentación para mayor información mirar el plano eléctrico del gabinete principal.[9] (mayor información técnica del módulo ver anexo 3)

Figura 53. Módulos 4 y 5 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: [http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334\\_p8294.html](http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334_p8294.html)

Tabla 7. Señales de entrada MODULO 4 334-0CE01-0AA0



Numero de entrada	Señal
Entrada 4	PT-100-A Transmisor de Presión VEGABAR de la caldera
Entrada 7	PT-200 Transmisor de Presión VEGABAR del sobrecalentador
Entrada 10	PT-300 Transmisor de Presión VEGABAR del generador
Entrada 13	PT-300-B Transmisor de Presión VEGABAR de la entrada a la etapa de condensación

Fuente: Autor

Tabla 8. Señales de entrada MODULO 5 334-0CE01-0AA0

Numero de entrada	Señal
Entrada 4	Señal 4-20 mA del sensor de caudal Proline Prowirl 73F
Entrada 7	Señal 4-20 mA del sensor de presión Cerabar M PMP51

Fuente: Autor

- X005 SCALANCE 005-0BA001AA3: switch Industrial Ethernet SCALANCE X (Ver figura 54), dispone de un sistema de conexión rápida para RJ45, M12 o fibra óptica. Estos dispositivos deponen de diversas interfaces, ópticas o eléctricas, son compatibles con numerosos estándares de las tecnologías de la información. En el caso del modelo usado en la planta térmica de la universidad pontificia bolivariana cuenta con 5 puertos RJ45, tiene una alimentación de 24V DC, no es administrable ( no existe necesidad de configuración, ya que no es permitida ,se debe conectar directamente para realizar el trabajo deseado), este switch tiene la posibilidad de brindar varios canales de conexión a la red para que no se pierda la conexión.[9] (mayor información ver anexo 3)

Figura 54. X005 SCALANCE 005-0BA00-1AA3 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://in.rsdelivers.com/product/siemens/6gk50050ba001aa3/scalance-x005-ie-entry-level-switch/6140659.aspx>

- B. Etapa de potencia: es la etapa en la que se encuentran los elementos de alta potencia y seguridad del tablero de control, en esta etapa en el tablero principal de control de la planta térmica UPB se encuentran los elementos como el totalizador (interruptor automática para protección de distribución), interruptores automáticos termomagnéticos, relés de estado sólido.
- Totalizador: también llamado interruptor automático para protección de distribución. Se utiliza para distribuir la energía eléctrica en la red de suministro, y ser sobrecargado para proteger los equipos contra cortocircuitos de alimentación entre sus principales características que tiene 3 polos, cuenta con protección termomagnética (tiene un electroimán por el cual circula una corriente la cual genera un campo magnético que trata de abrir un contacto el cual se abrirá solo al alcanzar la corriente tope establecida en el dispositivo, la parte térmica consta de una lámina bimetálica que al sobrepasar una temperatura establecida se deforma abriendo el mismo contacto y cortando la circulación de corriente del circuito) (figura 55). [10]<sup>12</sup>

Figura 55. Totalizador de la planta térmica UPB

---

<sup>12</sup> [10] Schneider Electric, Interruptor automático para protección de distribución, [En línea], [Citado el 11 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap2.pdf>.

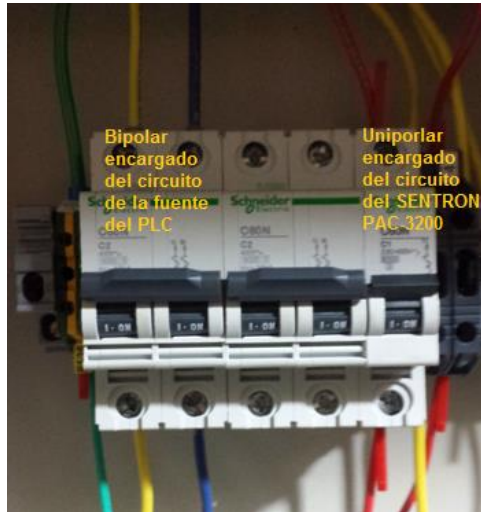


Fuente: Autor.

- Interruptores automáticos termo-magnéticos: como función principal está el mando y la protección contra sobrecargas y cortocircuitos en distribuciones de circuitos pequeños de un tablero industrial, cuenta con la capacidad de cerrar los contactos de forma veloz y simultánea sin importar la velocidad de maniobra del operador. Permite resistir mejor la operación frente a corrientes elevadas en la planta térmica UPB están ubicados dos interruptores de dos polos de los cuales el primero es el encargado del circuito de la fuente del PLC y uno unipolar (Schneider C60N referencia de los tres interruptores) el cual controla el circuito del SENTRON PAC 3200 (para mayor información dirigirse al gabinete de cargas) y el restante bipolar está instalado sin utilizar. (Ver figura 56). [11]<sup>13</sup>

Figura 56. Interruptores automáticos termo-magnéticos del tablero eléctrico principal de la planta térmica UPB

<sup>13</sup> [11] Schneider Electric, Interruptor automático termo-magnético, [En línea], [Citado el 11 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap1.pdf>.



Fuente: Autor.

- Relés: instrumento electromecánico en el cual una bobina y un electroimán actúa como un interruptor controlado por la excitación de un circuito eléctrico, cuando se acciona uno o varios contactos el relé permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. En la Planta Térmica UPB se utilizan relés de estado sólido del fabricante Allen Bradley (700-tbr60). A estos relés se encuentran conectadas las señales de las cargas, las bombas centrifugas, los pilotos de la caldera (sensor de nivel bajo, sensor de llama encendida, interruptor de nivel bajo de agua, interruptor de señal de demanda activa,) y la señal del ventilador de la caldera. (Ver figura 57).

Figura 57. Relés electromecánicos de estado sólido planta térmica UPB



Fuente: Autor.

Tabla 9. Señales de los relés de estado solido

Relé de estado solido	Señal
1RA1	NSH-100 Interruptor de Combustión Principal (Caldera)
2RA1	BSL-100 Interruptor de señal de llama apagada (Caldera)
3RA1	YSH-100 Interruptor de señal de demanda (Caldera)
4RA1	LSL-100 Interruptor de Nivel de agua bajo (Caldera)
5RA1	EM-100 Interruptor de señal del ventilador (Caldera)
6RA1	P-1Bomba Centrífuga
7RA1	LSL-400 Interruptor Nivel de agua alto
8RA1	LSH-400 Interruptor Nivel de agua alto
9RA1	P-2Bomba Centrífuga
10RA1	P-3Bomba Centrífuga
11RA1	EM-400Interruptor Ventilador de la torre de enfriamiento
12RA1	1NL Neutro de la luz (Bombillo)
13RA1	2NL Neutro de la luz (Bombillo)
14RA1	3NL Neutro de la luz (Bombillo)
15RA1	4NL Neutro de la luz (Bombillo)
16RA1	5NL Neutro de la luz (Bombillo)
17RA1	6NL Neutro de la luz (Bombillo)
18RA1	7NL Neutro de la luz (Bombillo)
19RA1	8NL Neutro de la luz (Bombillo)
20RA1	9NL Neutro de la luz (Bombillo)
21RA1	10NL Neutro de la luz (Bombillo)
22RA1	11NL Neutro de la luz (Bombillo)
23RA1	12NL Neutro de la luz (Bombillo)
24RA1	13NL Neutro de la luz (Bombillo)
25RA1	14NL Neutro de la luz (Bombillo)
26RA1	15NL Neutro de la luz (Bombillo)

Fuente: Autor

C. Acondicionamiento de señal: es la etapa a la que pertenecen los dispositivos que transforman señales como convertidores voltaje corriente, voltaje frecuencia o viceversa, necesarios para los procesos industriales ya que los equipos que leen las señales como los PLC tienen señales definidas de lectura como voltaje o corriente entonces las señales diferentes a estas deben ser convertidas., la planta térmica UPB cuenta con un convertidor frecuencia a señal análoga.

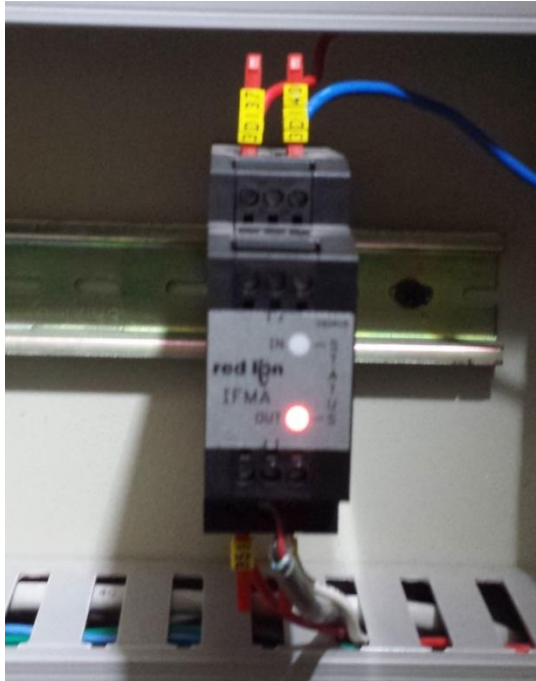
- IFMA: Dispositivo para transformar una señal de frecuencia (señal de entrada) en una señal normalizada analógica (la señal de salida que se puede elegir: 0 – 5 V, 0 – 10 V, 0 – 20 mA o 4 – 20 mA), (Ver figura 58).

Los IFMA transforman una frecuencia de entrada de 0...1 Hz a 0... 25 kHz en una señal analógica.

Este dispositivo cuenta con el complemento del sensor de velocidad magnético LMPC red lion que está instalado en la turbina para hacer la medición de rpms que el dispositivo arroja cuando está activo, este envía una señal de frecuencia al IFMA que la convierte en señal de voltaje para

enviar al PLC y además enviarla al gobernador para que la use como señal de retroalimentación para obtener el setpoint deseado.

Figura 58. IFMA de la planta térmica UPB



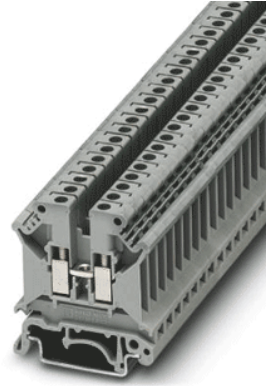
Fuente: Autor.

D. Otros dispositivos del gabinete eléctrico de control: además de los elementos nombrados en las etapas de control, potencia y acondicionamiento de señal, los tableros eléctricos de control cuentan con otros elementos que ayudan al buen funcionamiento y a la facilidad de instalación de los dispositivos y a la identificación de estos tales como marcaciones, cableado, bornas, etc.

- Bornas: en el cableado del gabinete principal se utilizaron borneras para la conexión de los instrumentos presentes en la planta.

Bornas universales: botones metálicos al que se encuentra unido un cable o hilo conductor para unir o conectar otro dispositivo (figura 59).

Figura 59. Bornas Universales



Fuente:

[http://stevenengineering.com/ord\\_center/featured\\_items/phoenix\\_contact\\_terminal\\_block\\_3004362.html](http://stevenengineering.com/ord_center/featured_items/phoenix_contact_terminal_block_3004362.html).

- Bornas porta-fusibles: las bornas porta-fusibles a diferencia de las bornas universales, tienen un fusible que se funde e impide que se sostenga la conexión eléctrica a casusa de algún tipo de sobre carga en el circuito (figura 60).

Figura 60. Bornas Portafusibles



Fuente:

[http://www.promelsa.com.pe/productos\\_list.asp?id\\_marca=LEGRAN&id\\_linea=004&id\\_sublinea=9&id\\_familia=01&saldos=&pm\\_list=M](http://www.promelsa.com.pe/productos_list.asp?id_marca=LEGRAN&id_linea=004&id_sublinea=9&id_familia=01&saldos=&pm_list=M)

- Bornas de tierra: las bornas de tierra (Ver figura 61) están conectadas a un circuito independiente de tierra para brindar protección a los elementos que necesiten estar aislados como los sensores además busca conseguir una correcta puesta a tierra de la instalación eléctrica garantizando la seguridad de las personas ante posibles derivaciones.[12]<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> [12] Ministerio de minas y energía, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, [En línea], [Citado el 12 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/OLGA%20BAQUERO/Reglamento%20Tecnico%20RETIE.pdf>.

Figura 61. Bornas de tierra



Fuente: <http://www.mgi.com.uy/Borneras-de-Tierra-para-Riel-Din/Bornera-de-tierra-para-Riel-Din-2.5/4mm-amarillo-verde/flypage.tpl.html>

- Cableado: para la identificación del cableado se deberán instalar marcaciones en el extremo del cable para cada uno de los cables la marcación debe ser de tipo indeleble resistente al calor, la humedad. El cableado debe ser identificado de la siguiente manera (tabla 10).[12]

Tabla 10. Color del cableado en el gabinete principal

Rojo, Azul y Amarillo	Conexión para las fases R,S,T respectivamente.
Blanco	Conexión para neutro aterrizado
Verde o Desnudo	Conexión a tierra
Rojo	Alimentación
Azul	Señal

Fuente: Autor.

Esta tabla y recomendaciones están basadas en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETEI en la resolución 180195 de febrero del 2009 avalado por el ministerio de minas y energía. [12]

- Marcaciones: son marcadores ovalados marca Schneider disponibles en color amarillo en números del 0-9 y letras de la A-Z son insertadas en pestañas puestas en los finales de los cables de color rojo la pestaña después de insertada no permite fácilmente la salida de las marcaciones ovaladas, impresas en ink-jet (impresión sin contacto con el papel),



indeleble son autoextinguibles e indeformables dando larga durabilidad y permitiendo al operario crear su propio texto. También son usados marcadores tipo anillo que sin insertables en el cable redondo y más grandes que los anteriores son usados en cables de mayor diámetro (cables de potencia), también es usada la libreta de marcaciones son adhesivos del mismo tipo que sirven para marcar las borneras (figura 62).

Figura 62. Marcaciones



Fuente: <http://www.conectividad.com.gt/userContent/50ec9c2108b9f.pdf>

Tabla 11. Nomenclatura marcaciones gabinete principal de la planta térmica UPB

Marcación	Descripción
B46	Bornera y su respectivo numero
1RA1	Relé de estado sólido y su respectivo número
12LN	Neutro de las cargas y su respectivo número
1DI00	Número del módulo del PLC, Digital o analógico, entrada o salida, número de entrada
TT1	Transmisor de temperatura y su respectivo número
PT3	Transmisor de presión y su respectivo número
IFMA	Convertidor Frecuencia - corriente

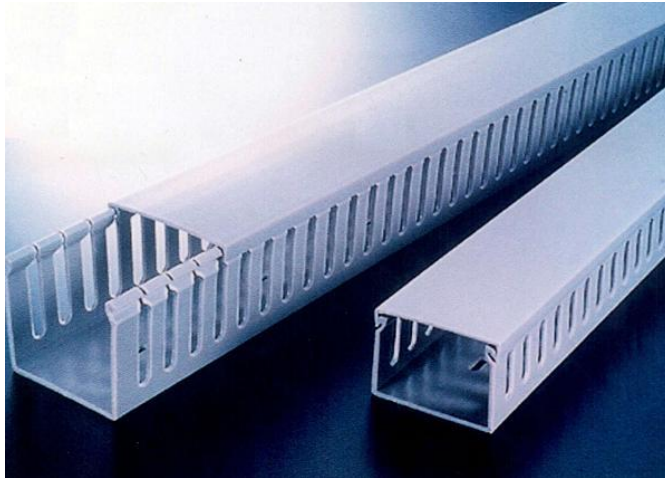
Fuente: Autor

Las demás marcaciones utilizadas ya han sido nombradas en las tablas anteriores y han sido descritas.

- Canaletas Ranuradas: son canaletas que facilitan la extensión y organización del cableado en un tablero eléctrico, en la Planta Térmica UPB se usan canaletas marca Schneider usada para dar mayor organización al cable usado en el tablero eléctrico de control principal, hay de tipo horizontal y vertical

permitiendo la salida de los cables a las borneras y diferente dispositivos del tablero (figura 63). [13]<sup>15</sup>

Figura 63. Canaletas Ranuradas del tablero eléctrico de la planta térmica



Fuente: <http://www.inet.com.pe/admin/detalle.php?idf=20908>

Nota: El plano de las conexiones eléctricas del gabinete de control principal se encuentran en el anexo 1.

#### 1.4.2 Gabinete de Cargas.

La planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con un Gabinete de cargas (Ver figura 64), el cual tiene la función de medir el consumo de corriente, potencia, voltaje, etc., de las cargas (ver figura 65).

Figura 64. Gabinete de cargas

---

<sup>15</sup> [13] Schneider Electric, Canalizacion gama Dexon, [En línea], [Citado el 13 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap2.pdf>.



Fuente: Autor

El gabinete de carga es alimentado por el generador presente en el proceso de la planta térmica U.P.B.

Figura 65. Cargas



Fuente: Autor

El gabinete cuenta con una serie de dispositivos los cuales tienen la función de medir la corriente y voltaje de las cargas que están encendidas o que se van a encender cuando el proceso está activo.

A continuación se nombrará los dispositivos presentes en el gabinete de cargas:

- Totalizador o interruptor automático para protección de distribución: Se utiliza para distribuir la energía eléctrica en la red de suministro, y ser sobrecargado para proteger los equipos contra cortocircuitos de alimentación. (Ver figura 66) [14]<sup>16</sup>

Figura 66. Totalizador

---

<sup>16</sup> [14] Electricos Willians, Totalizadores, [En línea], [Citado el 13 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.electricoswilliam.com/index.php?id\\_product=84&controller=product](http://www.electricoswilliam.com/index.php?id_product=84&controller=product).



Fuente: Autor

El totalizador (Schneider) presente en el gabinete de cargas de la UPB tiene la función de distribuir la energía que recibe del generador, además protege de cualquier sobrecarga en la red a los equipos que están dentro del gabinete.

- Transformadores de corriente: Un transformador de corriente es un instrumento que sirve para hacer las mediciones de los circuitos cuando la corriente es demasiado alta para aplicar directamente a los instrumentos de medición. (Ver Figura 67). [15]<sup>17</sup>

Figura 67. Transformador de corriente

---

<sup>17</sup> [15] Alibaba, Transformador de corriente BH-0.66, [En línea], [Citado el 2 de septiembre del 2013], disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/bh-0-66-series-bh-type-current-transformer-ct-bh-lmk-0-66-bh-0-66kv-transformer-tester-1195206330.html>.



Fuente: <http://www.emertecno.com/bh.html>

En el gabinete de cargas de la planta térmica de la UPB se encuentran cinco transformadores de corriente BH-0.66 en total:

Tres transformadores de corriente BH-0.66 (Blancos) los cuales tienen la función de hacer las mediciones de corriente de las tres líneas de energía y enviar estas mediciones al SENTRON PAC 3200.

Dos transformadores de corriente (Azules) los cuales tienen la función de medir la corriente en dos fases. Esta medición es vista en los medidores de corriente, voltaje y potencia que se encuentran en la puerta del gabinete de cargas.

Tabla 12. Medidores de corriente gabinete de cargas

Cantidad	Lugar	Dispositivo
3	Gabinete de cargas	transformadores de corriente BH-0.66 (Blancos)
2	Gabinete de cargas	transformadores de corriente BH-0.66 (Azules)

Fuente: Autor

- **SETRON PAC 3200:** es un dispositivo que actúa como multímetro para la medición y la visualización de los parámetros de la red eléctrica. Hace mediciones de tipo monofásica, bifásica y trifásica. El dispositivo ofrece gran variedad de opciones y funciones de monitoreo, diagnóstico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

Dispone de una entrada y una salida digitales multifuncionales. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de una interfaz de comunicación. (Ver figura 68) [16]<sup>18</sup>

Figura 68. SENTRON PAC 3200



Fuente: Autor

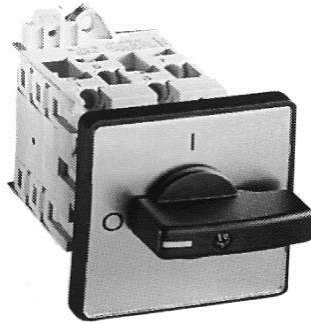
El SENTRON PAC 3200 tiene la función de medir la corriente, voltaje y potencia de cada una de las tres fases en el gabinete de cargas, además tiene comunicación con el módulo del PLC X005 SCALANCE por medio del puerto RJ-45 para comunicarse a través de la red (los parámetros de configuración de red Ethernet son fijados por el administrador, la id del equipo es: 10.150.76.12), y son enviados hacia el servidor de datos.

- Interruptor ON-OFF: Interruptor de dos posiciones usado para conectar o desconectar una variedad de cargas inductivas. [17] (Ver figura 69)

Figura 69. Interruptor ON-OFF

---

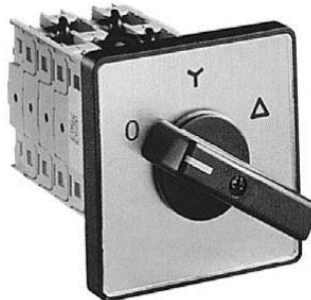
<sup>18</sup> [16] SIEMENS, SENTRON PAC 3200, [En línea], [Citado el 3 de septiembre del 2013], disponible en: [http://cache.automation.siemens.com/dnl/DA/DAzNjkzNQAA\\_26504150\\_HB/sentron\\_pac3200\\_manuel\\_es\\_02.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/DA/DAzNjkzNQAA_26504150_HB/sentron_pac3200_manuel_es_02.pdf).



Fuente: <http://epub1.rockwellautomation.com/images/web-proof-large/GL/1244776.jpg>

- Interruptor en estrella-triángula (estrella-delta): este dispositivo la tiene la función de cambiar automáticamente la conexión de estrella a delta o viceversa cuando el operario lo desee. (Ver figura 70). [17]<sup>19</sup>

Figura 70. Interruptor estrella-delta



Fuente: <http://epub1.rockwellautomation.com/images/web-proof-large/GL/1244776.jpg>

El interruptor estrella-delta tiene la función en la planta térmica de la UPB de cambiar la configuración de encendido de las cargas cuando el proceso lo requiera y como lo desee el operario. [17]

- Indicador analógico: en un multímetro analógico la información se presenta como una desviación de una aguja a través de un dial con una escala. La lectura corresponde a los números en el dial ubicado detrás de la aguja.

---

<sup>19</sup> [17] Rockwell Automation, Interruptores de control y carga, [en línea], [Citado el 6 de septiembre del 2013], disponible en: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229254/3170945/229537/print.html>.

El gabinete de carga posee tres indicadores analógicos un vatímetro (Ver figura 73), un voltímetro (Ver figura 72), un amperímetro (Ver figura 71) y un medidor de frecuencia.

Figura 71. Medidor analógico amperímetro



Fuente: <http://www.chinaenergymeters.es/5-1-analog-panel-meter.html>

Figura 72. Medidor analógico voltímetro



Fuente: <http://www.chinaenergymeters.es/5-1-analog-panel-meter.html>

Figura 73. Medidor analógico vatímetro



Fuente: <http://www.chinaenergymeters.es/5-1-analog-panel-meter.html>



Estos indicadores toman la medida gracias a los transformadores de corriente BH-0.66 (Azules) que se encuentra dentro del gabinete de cargas. Nota: El plano de las conexiones eléctricas del gabinete de cargas se encuentran en el anexo 1.

## 1.5 NIVEL SCADA

SCADA es una aplicación software de control de producción, que se comunica con el nivel de instrumentación y controla el proceso de forma automática desde la pantalla de un ordenador. Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. [32]<sup>20</sup>

Su función es facilitar la toma de datos en tiempo real con sensores y actuadores que se encuentran presentes en campo, además integra y da información de variables generales del proceso productivo.

En la planta térmica de la UPB la comunicación se hace a través de una red Profinet que es un estándar para la automatización industrial utilizando una red de ordenadores. Profinet utiliza estándares como TCP / IP y Ethernet, la estructura modular de Profinet permite a los usuarios seleccionar sólo las funciones necesarias para diferentes necesidades.

Se debe tener una base de datos de toda la información que arrojan los dispositivos de la planta térmica. Se utiliza un servidor llamado 'Garrapata' ubicado en el edificio K214 que cuenta con 32 GB de RAM, 4 discos duros de 500 GB, un procesador de 2.20Hz de velocidad tipo RACK marca DELL, en donde se guarda la información, y el usuario encargado tiene la posibilidad de hacer las configuraciones que necesite el proceso.

'Garrapata' es administrado por un Data-center el cual es un salón de gran tamaño en donde se encuentra un gran equipamiento electrónico (servidores, equipos de comunicación, sistemas de almacenamiento de datos), cumple la función de mantener el servidor en servicio, dispone de una fuente con control redundante que garantiza mantener el funcionamiento de la red sin tiempo de inactividad,

---

<sup>20</sup> [32] Nivel SCADA, UCO, [En línea], [citado el 26 de noviembre], disponible en: [<http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihtm/download/scada.pdf>]

además el Data-Center debe estar a disposición y en capacidad de hacer cualquier actualización pertinente. [18]<sup>21</sup>

Un sistema SCADA se conforma de una arquitectura Hardware, es decir equipos y dispositivos físicos, y una arquitectura Software, correspondiente a redes de comunicación, programas y aplicaciones.

#### 1.5.1 Arquitectura Hardware.

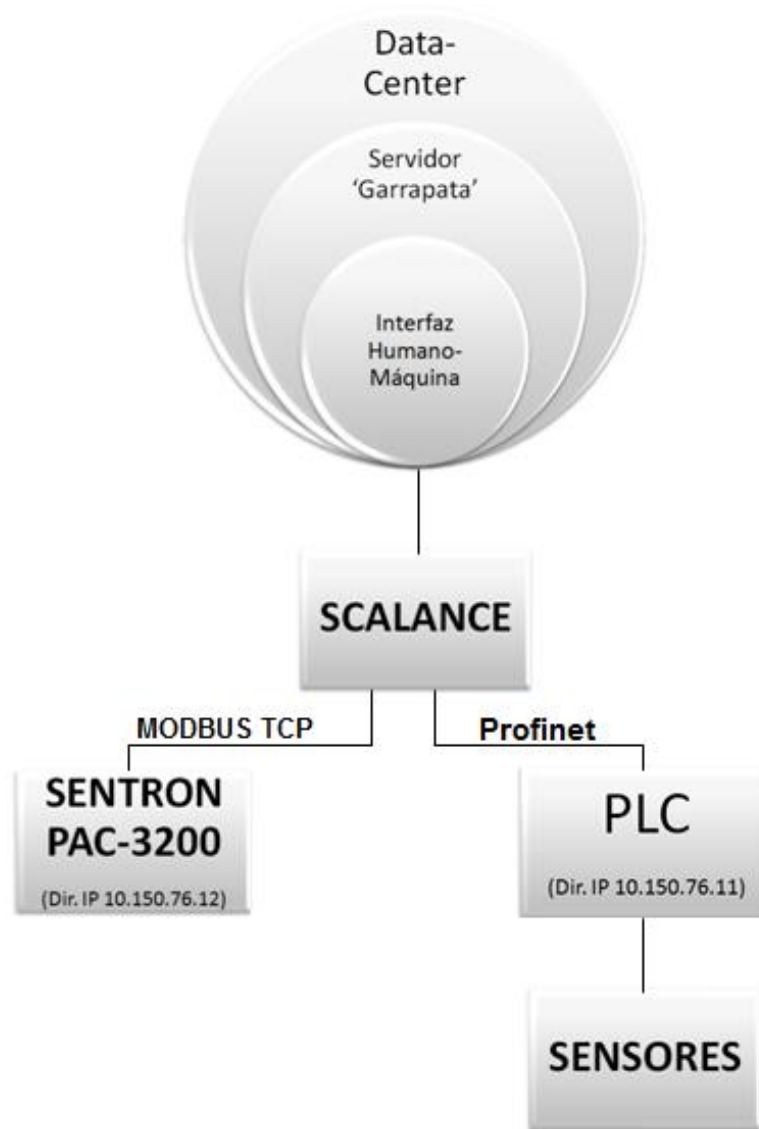
Los componentes hardware del SCADA están conformados por ordenadores centrales, ordenadores remotos, red de comunicación, Switches, instrumentación de campo, etc.

- Servidor: el servidor 'Garrapata' almacena todos los históricos de los instrumentos de la planta térmica.
- Canal de comunicación: la comunicación se hace a través de Profinet. Profinet es un estándar para la automatización industrial utilizando una red de ordenadores.
- PLC: Controlador Lógico Programable (PLC) Simatic S7-300. Más información ver capítulo 1.4.1 Gabinete principal)

---

<sup>21</sup> [18] Universidad Nacional del este, Facultad politécnica, Análisis de sistema, Data-center, [En línea], [Citado el 8 de septiembre del 2013], disponible en: <http://www.slideshare.net/aldoariel/datacenters>.

Figura 74. Arquitectura hardware



Fuente: Autor

La comunicación de los dispositivos de los dispositivos (PLC, SENTRON PAC-3200, etc.) se hacen por medio de una red de comunicaciones (Profinet). Los dispositivos que se encuentra de la misma red interconectados manejan un protocolo IP de identificación único.

A continuación se explicará que es una dirección IP y una mascada de Subred.

- Protocolo de internet IP: La configuración IP (Protocolo de internet) es el número que identifica un dispositivo en una red, el número de cada equipo es único. La dirección IP está formada por 4 números de hasta 3 cifras separados por "." (Punto). Los valores que pueden tomar estos números varían entre 0 y 255. [30]<sup>22</sup>

En el proceso de la planta térmica de la UPB la IP que maneja el SENTRON PAC-3200 es 10.150.76.12, la IP del PLC es 10.150.76.11., y la del servidor 'Garrapata' es 10.145.9.49.

- Máscara de red: La máscara de red es una combinación de bits que sirven para delimitar el ámbito de una red de computadores. su función es indicar a los dispositivos que parte de la dirección IP es en número de la red, incluyendo la subred, y que parte es la correspondiente al host (computador conectado a la red).

La máscara de subred utilizada en la red del proceso de la planta térmica de la UPB es 255.255.255.0

### 1.5.2 Arquitectura Software.

La Arquitectura software de un sistema SCADA se refiere a la configuración, Interfaz gráfica del operador, módulos del proceso, gestión de archivo de datos, comunicación, etc., del proceso industrial del cual forma parte.

A continuación se nombrará el software utilizado para establecer la comunicación del dispositivo (PLC) y el software utilizado para diseñar la Interfaz Humano-máquina.

Para realizar la programación del PLC de SIEMENS, SIMATIC S7-300 que se utiliza en la planta térmica de la UPB, se hace uso del software STEP 7.

- STEP 7: es un programa estándar de SIEMENS para programar y configurar los dispositivos de automatización SIMATIC.

Dentro de él se hace la programación en Ladder (lenguaje de contactos), en texto estructurado, diagrama de funciones o en gráficos programables, y se realiza la configuración del PLC para que lea los módulos que son conectados físicamente, funcionen correctamente y además realizar modificaciones a la programación de los módulos para futuros proyectos.

En la planta térmica se utiliza STEP7 Versión 5.4 con un Service Pack 5 para programar PLC SIMATIC S7-300 el cual cumple la función de recibir

---

<sup>22</sup> [30] Dirección IP, [En línea], [Citado el 25 de noviembre del 2013], Disponible en: <http://blog.vermiip.es/2008/03/11/que-es-el-numero-ip-que-significa-ip/>

y capturar las señales que arrojan cada uno de los sensores de la planta térmica para su posterior monitoreo en una interfaz humano-máquina.

Para mayor información de configuración del PLC con STEP 7 ver Anexo 4.

La Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con una plataforma de desarrollo Wonderware para la creación de las aplicaciones SCADA del proceso de la planta térmica.

- Plataforma de desarrollo Wonderware

Invensys es una compañía de tecnología mundial que trabaja en asociación con una amplia gama de clientes comerciales e industriales para diseñar y ofrecer tecnologías avanzadas que optimicen la rentabilidad y rendimiento operacional de las industrias. [19]<sup>23</sup>

Wonderware es una empresa manejada por Invensys, y es una plataforma de desarrollo para la gestión de operaciones en tiempo real que permite sincronizar la producción y operaciones industriales para mejorar el rendimiento de la industria o planta. [19]

La plataforma de desarrollo Wonderware (Ver diagrama figura 71) cuenta con una lista de programas que complementan y ayudan a optimizar el rendimiento de la planta o industria, que son:

- HISTORIAN: Wonderware Historian es la base de datos de alto rendimiento en tiempo real, capaz de manejar las enormes cantidades de datos de procesos generados por las instalaciones industriales. [19]
- INTOUCH: Intouch Wonderware HMI es el software en el cual se crea de la interfaz gráfica para la HMI. Permite crear de forma rápida, aplicaciones de visualización reutilizables estandarizadas y luego implementarlos en toda la planta o industria. [19]

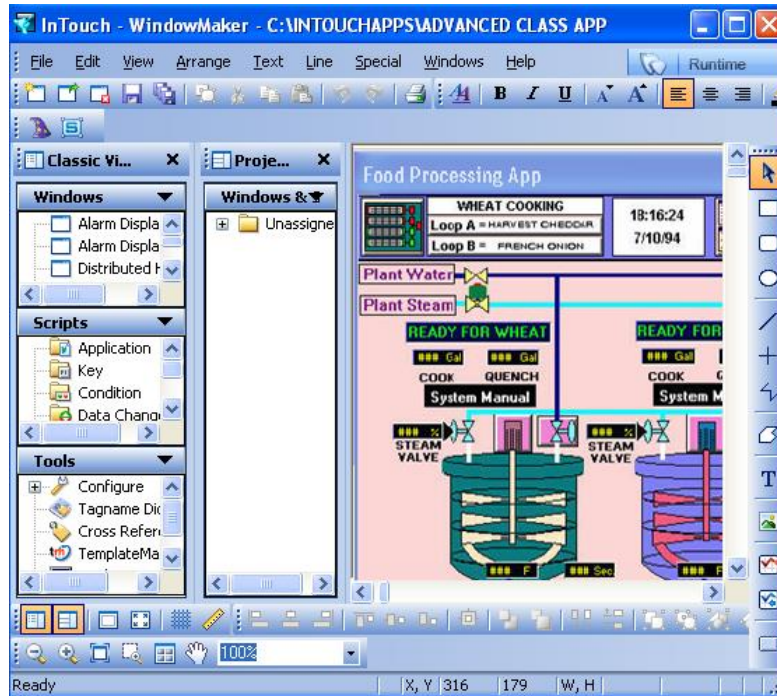
INTOUCH cuenta con dos partes Windows-Maker y Windos-Viewer

- Windows-Maker es el entorno de desarrollo, es donde se crean los gráficos orientados a objetos, los objetos creados son animados y pueden ser manipulados con un 'click'. Los elementos que se muestran en estas ventanas pueden ser actualizados con los sistemas de E / S industrial y otras aplicaciones de Microsoft Windows (Ver figura 75). [35]

---

<sup>23</sup> [19] Wonderware. [En línea], [citado el 9 de diciembre del 2013], disponible en: <http://global.wonderware.com/EN/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>.

Figura 75. Ventana Windows-Maker

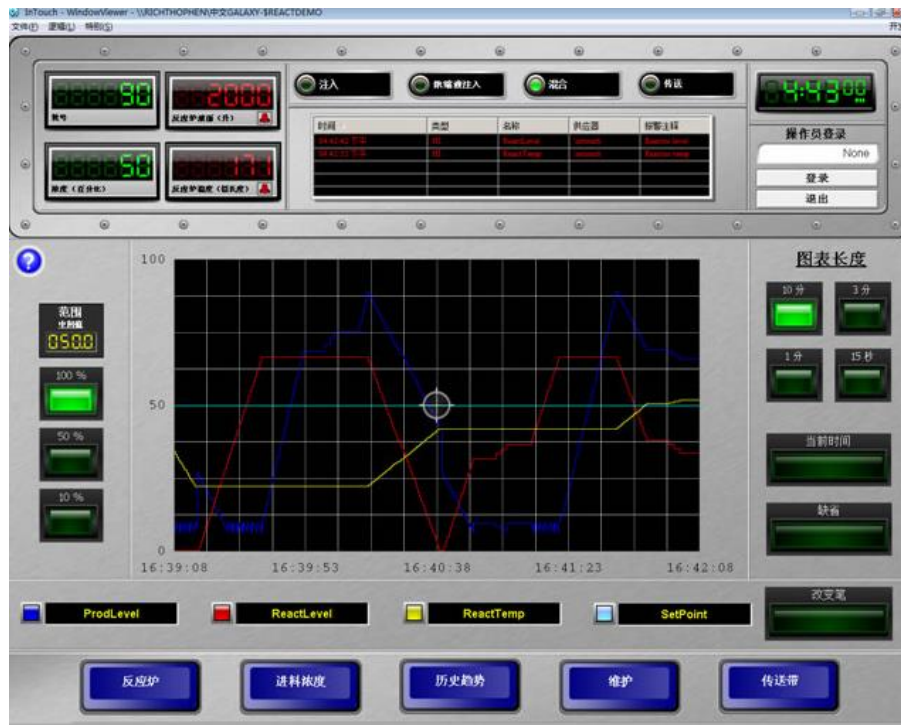


Fuente: <http://ctp.wonderware.com/GetStartIT10/InTouchPages/clnTouchOverview02.htm>

- Windows-Viewer es el entorno del tiempo de ejecución, se utiliza para mostrar las ventanas gráficas creadas en Windows-Maker (Ver figura 76):

Realiza los informes y el registro de los datos históricos, ejecuta InTouch QuickScripts (Secuencia de comandos rápidos, instrucciones que dirigen una aplicación), da el reporte de alarmas en el proceso. [35]

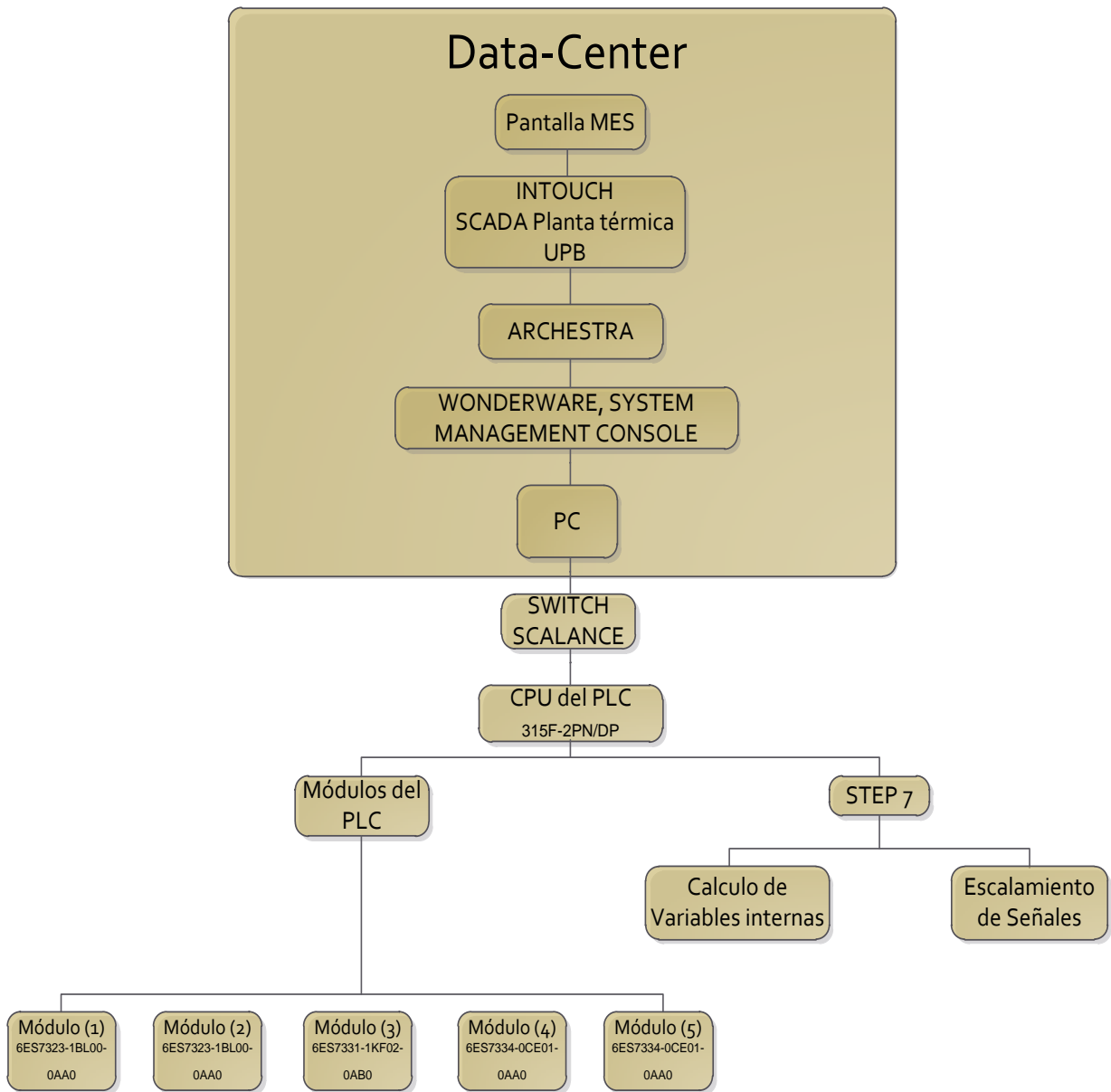
Figura 76. Ventana Windos-Maker



Fuente: <http://ctp.wonderware.com/GetStartIT10/InTouchPages/clnTouchOverview03.htm>

- OPERATION: Mejora la eficiencia de operación del proceso industrial, además documenta, gestiona y ejecuta las operaciones gracias a la captura de la información de los dispositivos (Transmisores, sensores, etc.) de la industria. [19]
- PERFORMANCE: Proporciona información del tiempo crítico de inactividad y eficiencia de los equipos para que el operario puede tomar la mejor decisión y así mejorar el rendimiento de la planta. [28]

Figura 77. Diagrama Wonderware



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Universidad Pontificia Bolivariana

- Componentes usados para la creación de la interfaz Humano-Máquina y sus funciones:
  - Daserver Manager (DAS Manger): proporciona la interfaz de usuario necesaria para la activación, configuración y diagnóstico de la Daserver.



- Data Access Server (Daserver): es el ejecutable del servidor que se encarga de todas las comunicaciones entre los dispositivos de campo y las aplicaciones cliente. Similar en función a los servidores de entrada y salida (E / S), con capacidades avanzadas.
- Galaxia: es toda la aplicación. El sistema ArchestrA completo que consta de un solo espacio de nombres lógico (definido por el Galaxy de base de datos) y una colección de plataformas, motores y objetos. Uno o más ordenadores en red de que constituyen un sistema de automatización.

Para ver configuración de una galaxia ver anexo 4.

- ArchestrA: es la arquitectura distribuida de control de supervisión y los sistemas de información de fabricación. Se trata de una tecnología abierta y extensible basado en un diseño distribuido, basado en objetos.
- System Management Console (SMC): es la interfaz de usuario de tiempo de ejecución del sistema central de administración / gestión, en el que todas las funciones de administración de tiempo de ejecución necesarios se puede lograr.
- DI Device Object: es un objeto que representa el dispositivo externo real (por ejemplo, un PLC o RTU) que se asocia con un objeto. DINetwork Proporciona la capacidad de diagnosticar y examinar los registros de datos de los DAGroups para ese dispositivo.
- DINetwork Objeto: es un objeto que representa el puerto de interfaz de red al dispositivo a través del servidor de datos de Access o el objeto que representa la vía de comunicación a otra aplicación de software. Proporciona diagnóstico y configuración de la tarjeta de red específica.

La interfaz humana-maquina implementada en la planta térmica de la UPB tiene un proceso lógico para la adquisición de los datos y el transporte de estos hasta la ya nombrada interfaz vista por el cliente final. Los sensores toman los datos del proceso y son guardados en los registros del PLC, establecidos por el programa creado en STEP 7, luego como es explicado en el anexo 4 (configuración de Wonderware), la interfaz es conectada por medio del OPCclient y cada una de las señales es apareada con su correspondiente en la interfaz de la HMI (ArchestrA IDE), así la interfaz y el PLC han sido comunicados. La interfaz se encuentra dentro de un servidor

llamado 'Garrapata' y este a su vez ubicado dentro del Data-Center de la UPB los datos del PLC son enviados al data center por medio de PROFINET. Algunas señales son transformadas dentro del programa del PLC y otras como la de frecuencia del rotor de la turbina son transformadas por instrumentos físicos como el IFMA luego de ser leídas la interfaz son mostradas al cliente en la interfaz visual creada.

Wonderware tiene un modelo único de planta en el cual se hace la representación lógica de los procesos físicos que se controlan y supervisan con el software de aplicaciones Wonderware y se encuentra en el centro System Platform. [33]

El modelo de planta único provee una definición de los equipos físicos, cómo se obtienen los datos, cómo se definen las alarmas y quién tiene acceso a ellas, en términos significativos y organizados como plantillas reutilizables. [33]

A través de un modelo jerárquico de operaciones industriales, el modelo de planta presenta una conveniente abstracción de su equipamiento físico y sistemas, dentro de un entorno de desarrollo de aplicaciones más poderoso y productivo, incluyendo equipamiento, áreas, procesos de trabajo, KPIs, cálculos, interfaces, computadoras, controladores, bases de datos o cualquier cosa que pueda ser modelada en forma de plantilla. [33]

El modelo de planta asiste al diagnóstico y la resolución de problemas, además hace la documentación durante la puesta en servicio a través del ciclo de vida del sistema. [33]

Para mayor información de configuración de Wonderware, ver anexo 4 (Configuración de Wonderware).

### 1.5.3 Interfaz humano-maquina (HMI).

La interfaz humano-Maquina es la interacción persona-computador para supervisar y controlar el estado de un proceso industrial desde una sala de cómputo u oficina, con el fin de mejorar la eficiencia, minimizar errores, y hacer más productiva las tareas de la planta o industria. En la interfaz se puede visualizar la simbología e instrumentación del proceso haciendo seguimiento de su actividad en tiempo real.

- Variables de proceso

Son las señales tomadas de cada uno de los instrumentos que están ubicados en las diferentes áreas del proceso industrial.

Dentro del proceso de la planta térmica UPB se realizó la adquisición de dos tipos de señales. Señales analógicas, variantes en el tiempo tales como presión, temperatura entre otras, y señales digitales que indican el estado activo o inactivo de interruptores o encendido y apagado de dispositivos eléctricos a través de representación lógica de 1 y 0 respectivamente.

En cuanto a las señales analógicas, Se realizaron dos tipos de medición, de forma directa a través de la instalación de sensores y de forma indirecta a partir cálculos matemáticos. Ver Tabla 13. [2]<sup>24</sup>

Tabla 13. Tabla de señales del sistema

ÁREA	SEÑAL	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VARIABLE	CANAL, MODULO DE MEDICIÓN	RANGO DE SEÑAL	RANGO DE MEDICIÓN
Caldera SG-100	Calor Especifico	Calor específico de la caldera	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	BSL-100	Interruptor de señal de llama apagada durante el proceso de combustión	Discreta	I0.1, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	EM-100	Interruptor de señal del ventilador	Discreta	I0.4, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	Entalpía Entrada	Entalpía Entrada de la caldera	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	Entalpía Salida	Entalpía Salida de la caldera	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	LSL-100	Interruptor de Nivel de agua bajo en la caldera	Discreta	I0.3, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	NSH-100	Interruptor de Combustión Principal en la caldera	Discreta	I0.0, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	P-100	Bomba	Discreta	I0.5, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	PT-100	Transmisor de Presión Caldera, Vegabar 14	Analógica	PW288, SM334-OCE01-0AA0	4 a 20 ma	-100 a 6000Kpa
	TT-100A	Transmisor de temperatura, RTD-PT100	Analógica	PW272, 334-OCE01-0AA0	RTD PT100 est.	-200 a 800°C
	TT-100B	Transmisor de temperatura, RTD-PT100	Analógica	PW274, 334-OCE01-0AA0	RTD PT100 est.	-200 a 800°C
	YSH-100	Interruptor de señal de demanda activa	Discreta	I0.2, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico

<sup>24</sup> [2] Jessica Lorena Ariza Duran, Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Universidad Pontificia Bolivariana - seccional Bucaramanga, facultad de ingeniería electrónica, industrial y mecánica, laboratorio de automatización, marzo 2012, pp 82-113

Turbina S-300	Calor Específico	Calor específico de la Turbina	Analógica	Calculada	N/A	N/A	
	Entalpía Salida	Entalpía Salida de la Turbina	Analógica	Calculada	N/A	N/A	
	FT-300	Transmisor de flujo, Proviril 72F	Analógica	PIW284, 334-0CE01-0AA0	4 a 20 ma	0 a 400m³/h	
	PT-300A	Transmisor de Presión de entrada	Analógica	PIW292, SM334-0CE01-0AA0	4 a 20 ma	-100 a 6000Kpa	
	PT-300B	Transmisor de Presión de salida	Analógica	PIW294, SM334-0CE01-0AA0	4 a 20 ma	-100 a 6000Kpa	
	ST-300	Transmisor de velocidad	Analógica	PIW286, SM334-0CE01-0AA0	4 a 20 ma	0-4200RPM	
	TT-300A	Transmisor de temperatura de salida RTD-PT100	Analógica	PIW278, SM331-1KF02-0AB0	RTD PT100 est.	-200 a 800°C	
	UT-300 Transmisor multivariable PAC -3200	EL1-N	Tensión entre la Linea1 y Neutro	Analógica	4000002, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ 289 V (+ 20 %)
		EL2-N	Tensión entre la Linea2 y Neutro	Analógica	4000004, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ 289 V (+ 20 %)
		EL3-N	Tensión entre la Linea3 y Neutro	Analógica	4000006, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ 289 V (+ 20 %)
		IL1	Corriente Linea1	Analógica	40000014, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ x / 1 A (+ 20 %, máx. 300 V) ó
		IL2	Corriente Linea2	Analógica	40000016, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ x / 1 A (+ 20 %, máx. 300 V) ó
		IL3	Corriente Linea3	Analógica	40000018, PAC -3200	Trama de datos TCP	AC 3~ x / 1 A (+ 20 %, máx. 300 V) ó
		JPL1	Potencia activa Linea1	Analógica	40000026, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)
		JPL2	Potencia activa Linea2	Analógica	40000028, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)
		JPL3	Potencia activa Linea3	Analógica	40000030, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)
		EL-N	Tensión media	Analógica	40000058, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)
I	Corriente media	Analógica	40000062, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)		
JP	Potencia activa total	Analógica	40000066, PAC -3200	Trama de datos TCP	A partir de los parámetros de medición (E,I)		

Condensación	Calor Específico	Calor específico de la torre de enfriamiento	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	EM-400	Interruptor Ventilador de la torre de enfriamiento	Discreta	I1.2, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	Entalpía Entrada	Entalpía Entrada de la torre de enfriamiento	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	Entalpía Salida	Entalpía Salida de la torre de enfriamiento	Analógica	Calculada	N/A	N/A
	LSH-400	Interruptor Nivel de agua alto	Discreta	I0.7, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	LSL-400	Interruptor Nivel de agua bajo	Discreta	I0.6, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	P-400A	Bomba	Discreta	I1.1, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	P-400B	Bomba	Discreta	I1.0, SM323-1BL00-0AA0	0/1 Lógico	0/1 Lógico
	TT-400A	Transmisor de Temperatura de entrada a la torre de enfriamiento, RTD-PT100	Analógica	PW282, SM331-1KF02-0AB0	RTD PT100 est.	-200 a 800°C
	TT-400B	Transmisor de Temperatura de salida a la torre de enfriamiento, RTD-PT100	Analógica	PW280, SM331-1KF02-0AB0	RTD PT100 est.	-200 a 800°C

Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Universidad Pontificia Bolivariana

- **Calor específico (kj/kg):** Cantidad de calor que se debe suministrar a una masa para elevar su temperatura en una unidad. Esta variable es calculada como la diferencia de entalpías entre la salida y entrada de cada área.
- **Entalpía (kj/kg):** Es la medida del calor absorbido o suministrado a un sistema. Esta variable es calculada a partir de la temperatura y presión presentes en el sistema por medio de interpolaciones, tomando valores de las tablas correspondientes a la termodinámica del sistema, de acuerdo con el estado del fluido ya sea líquido saturado, vapor saturado, o vapor sobrecalentado.
- **Flujo de Gas (m3/h):** cantidad de gas suministrado a la caldera y el sobrecalentador por unidad de tiempo. Variable medida a través de un sensor.
- **Flujo de vapor (m3/h):** cantidad de vapor por unidad de tiempo que pasa a través de un punto. Variable medida a través de instrumentación.
- **Presión (kpa):** magnitud escalar que describe la fuerza aplicada de forma perpendicular por unidad de superficie. Variable medida a través de instrumentación.
- **Temperatura (°C):** magnitud escalar que mide la energía térmica de un cuerpo. Variable medida a través de instrumentación.
- **Voltaje (v):** magnitud física que representa la fuerza necesaria para impulsar la carga eléctrica a lo largo de un conductor dentro de un circuito electrónico. Variable medida a través de instrumentación.

- **Corriente (a):** flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un conductor. Variable medida a través de instrumentación.
  - **Potencia Activa (w):** producto del voltaje y la corriente en un circuito, representa la rapidez con que se realiza un trabajo. Variable medida a través de instrumentación.
  - **Frecuencia (Hz):** cantidad de ciclos completos de la corriente eléctrica que ocurren en una unidad de tiempo. Variable medida a través de instrumentación.
- Convenciones y Simbología

Para la señalización de la planta, se usó normas y estándares internacionales para la representación de los instrumentos y señales utilizadas en la interfaz gráfica. La instrumentación está basada en la Norma ANSI/ISA 5.1 de 1984 (R1992), y la Norma ASME (ANSI) A13.1-2007 que hace referencia al el tipo de tubería que se usa para transportar un fluido determinado.









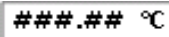
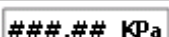
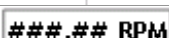
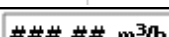














En la tabla (Tabla 14) se hace la representación simbólica de la, tubería y señales utilizadas en la planta térmica.

En la siguiente tabla se muéstrala nomenclatura para fluidos y purga del sistema.

Nomenclatura	Fluido
AS	Aire
GS	Gas
SS	Vapor
WS	Agua
ES	Eléctrico

Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

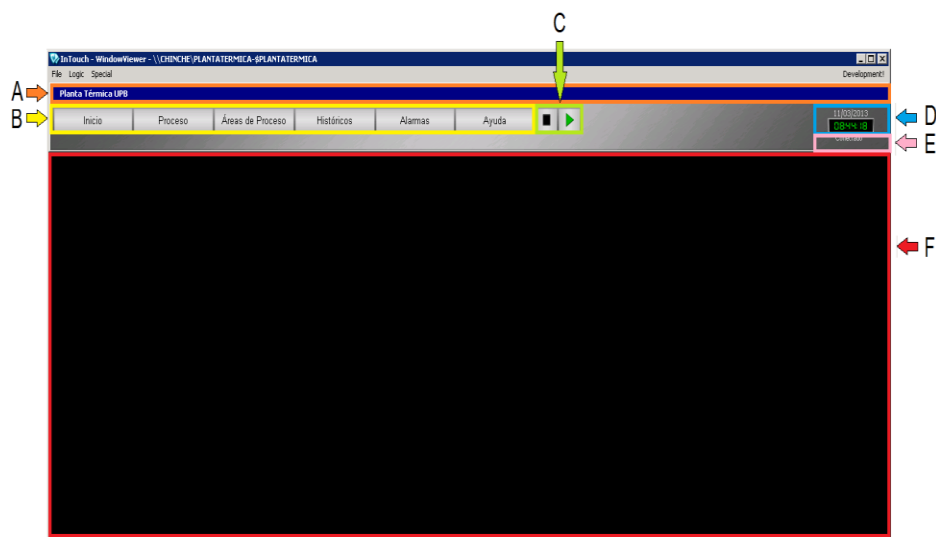
Tabla 14. Convenciones y Simbología

CATEGORÍA	OBJETO	DESCRIPCIÓN
Tuberías		Tubería de transporte de Agua
		Tubería de transporte de Vapor
		Tubería de transporte de Combustible
		Tubería de transporte de Energía Eléctrica
		Dirección de flujo de Agua
		Dirección de flujo de Vapor
		Dirección de flujo de Combustible
		Dirección de Flujo de Electrónes
Sensores		Señal de Temperatura
		Señal de Presión
		Señal de Velocidad
		Señal de Flujo
		Multimedidor de energía
Botones de acción		Siguiente
		Anterior
		Abrir el archivo .csv creado al exportar los datos asociados al gráfico histórico
Elementos finales de control		Bomba, cambia su color de acuerdo con el estado Encendido/Apagado
		Ventilador, cambia su color de acuerdo con el estado Encendido/Apagado
Indicadores de Estado		Sin conexión a la señal asociada, error.
		Inicializando dato
		Dato incierto
		Activo, Conectado
		Conectando, Alarma de Precacución
		Inactivo, Alarma de Peligro
		Alarma desactivada
		Variable en alarma retorna a su valor normal

Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

- En la Figura 78 se presenta la estructura general de la interfaz, esta se encuentra siempre visible independientemente de los datos mostrados en el área de información

Figura 78. Áreas del sistema SCADA de la planta térmica



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

## Estructura

- A. Barra de título:** contiene el nombre de la aplicación, PLANTA VÁLVULA UPB
- B. Menú:** accesos que permiten al usuario navegar a través de los diferentes submenús o desplegar las ventanas que forman parte del sistema SCADA sobre el área de información.
  - Inicio: accede a la ventana inicio.
  - Proceso: despliega un submenú de botones de navegación que permiten acceder a ventanas relacionadas con la información del proceso, tal como Balance, Indicadores, Planta y P&ID.
  - Áreas: despliega un submenú de botones de navegación que permiten acceder a las diferentes áreas de la planta como: Caldera, Condensación, Sobrecalentador y Turbina y Generador.
  - Alarmas: permite ingresar a la ventana de información de alarmas.
  - Históricos: accede al submenú de los botones de navegación para ingresar a las ventanas de históricos de variables e indicadores.
  - Ayuda: presenta información acerca de los elementos que forman parte de la interface.
- C. Botones de comunicación:** cuenta con dos botones para establecer el estado de la adquisición de señales dentro de la interface:
  - Conectar: representado por un triángulo que realiza un cambio de color para indicar el estado conectado (verde), conectando (amarillo) y desconectado (rojo) de la adquisición de señales en la planta.
  - Desconectar: representado por un cuadrado de color negro.
- D. Fecha y Reloj:** se indica la fecha actual. El reloj indica la hora, los minutos y los segundos actuales. Dependen de la fecha y hora configurada en el sistema.



**E. Estado:** indica el estado de la comunicación, sea CONECTADO, CONECTANDO o DESCONECTADO con la adquisición de señales.

**F. Área de ventanas:** muestra la información de la ventana correspondiente a la selección realizada por el usuario.

## Ventanas

Los botones de navegación permiten tener acceso a las ventanas que forman parte de la aplicación. Cada ventana contiene información asociada al nombre del botón de acceso a ella.

La aplicación cuenta con dos tipos de ventanas, las de información que presentan datos asociados a las áreas y acciones importantes y las de opciones que siempre se ubican a la izquierda del área de ventanas y cuentan con un menú de botones de navegación.

### Ventana de inicio

- Inicio: en la ventana de inicio se puede encontrar toda la información requerida de las áreas de la planta ya mencionadas anteriormente, además las todas las variables que se manejan en la planta. En la parte inferior de la pantalla de inicio de usuario se encuentra unos hipervínculos en donde se puede encontrar archivos de video que nos muestra el funcionamiento del proceso. (Ver figura 79 )

Figura 79. Ventana Inicio HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

## Balance

Se hace una relación entre el costo generado al consumir el agua, gas y energía necesaria por el proceso para producir la energía eléctrica y la remuneración económica que representaría el uso de dicha energía.

El usuario debe utilizar los botones de control para dar inicio, finalizar, restaurar o utilizar los datos de costo unitario de las energías consumidas.

En la tabla de consumo de energía eléctrica se encuentra la información de consumo total de esta energía a partir del tiempo de uso de los dispositivos eléctricos de la planta y la potencia de cada uno de ellos.

En la tabla de consumo de energías, el usuario debe ingresar el costo unitario de cada una de las energías consumidas en el proceso, agua, gas y energía eléctrica para determinar la información acerca del costo total de consumo, al igual que la cantidad en metros cúbicos de agua consumida, ya que no hay ningún dispositivo que permita realizar esta medición. Puede hacer uso del botón de control Utilizar datos para que sean ingresados los datos de la tabla con los costos unitarios preestablecidos.

Por otra parte la tabla energía eléctrica producida se muestra la producción total de energía a partir la potencia de cada una de las líneas asociadas a las cargas eléctricas (Bombillos) y el tiempo de producción. Al tener en cuenta el costo unitario de cada kw/h se presenta el valor de producción total.

Finalmente se realiza el balance de beneficio costo, a partir del valor de producción y el costo de consumo.

Los cálculos de consumo o producción económica son realizados al multiplicar el tiempo de uso o producción por el costo.

Estos cálculos se hacen para los dispositivos que consumen energía presentes en la planta Térmica. (X1, X2,..., Xn., Dispositivos), así se harán los cálculos:

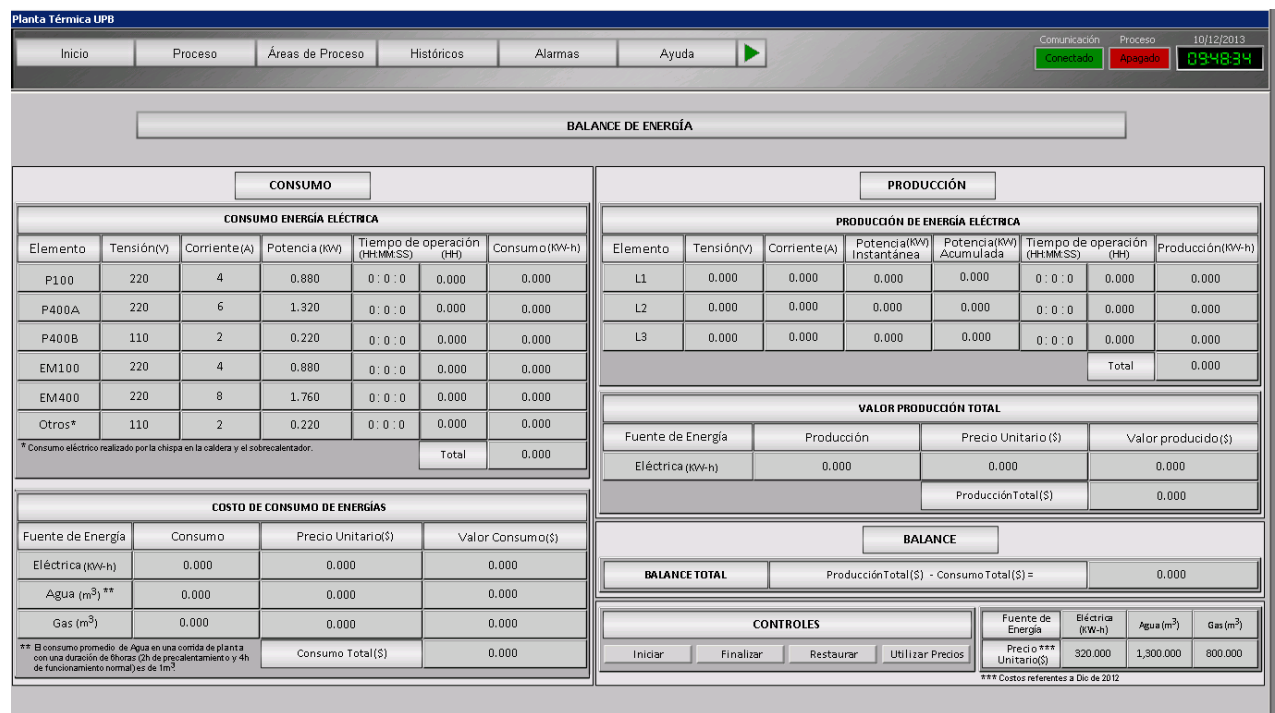
DISPOSITIVO	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia(KW)	Tiempo (Horas)	Consumo promedio(KW/H)
-------------	-------------	---------------	--------------	----------------	------------------------

X1	V	I	$P=(V*I)/1000$	T	$P*T(1)$
X2	V	I	$P=(V*I)/1000$	T	$P*T(2)$
				TOTAL	$CT=P*T(1)+P*T(2)$

Costo del consumo eléctrico total=CT\*Precio Unitario.

Cabe resaltar que para el cálculo económico de producción se tiene en cuenta que la potencia de cada línea (L1, L2, L3) es variable por lo que se realiza un vector de acumulación, en el que se actualiza el valor cada segundo.

Figura 80. Ventana Balance HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

## Indicadores

Presenta información de una pantalla mes, en la que se indica la Utilidad de cada una de las máquinas importantes dentro de cada área es decir, la caldera, el sobrecalentador y la turbina, el Performance y Calidad del proceso.

Disponibilidad: está relacionada con el tiempo disponible, de funcionamiento y de fallas de las maquinas principales del proceso, caldera, sobrecalentador y

turbina para los cuales es importante tener en cuenta cada uno de los estados que describen su comportamiento.

Figura 81. Disponibilidad



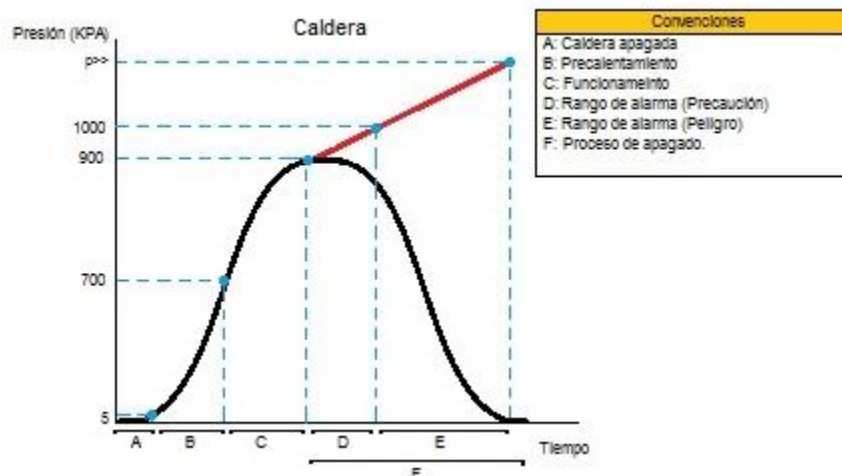
Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Caldera: es considerada a partir de la finalización del tiempo de precalentamiento de referencia=1.5horas. Se toma como tiempo de funcionamiento aquel en el que las condiciones de presión de la caldera se encuentran entre 500 y 900kpa.

El tiempo de fallas, es medido a partir de la condición de llama apagada, el tiempo en el que el precalentamiento supera el rango de tiempo de precalentamiento preestablecido, el tiempo en el que se encuentra en alarma.

En la Figura 82 se presenta un ejemplo ilustrativo bajo el supuesto del comportamiento de la presión en la caldera que explica el cálculo de la utilidad.

Figura 82. Disponibilidad de la caldera



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Tiempo Funcionamiento: corresponde al tiempo aquel en el que las condiciones de presión de la caldera se encuentran entre 500 y 900kpa está funcionando, ver segmento C de la figura 82.

Tiempo de Fallas: depende de los siguientes eventos o condiciones de la caldera.

- Llama apagada= el tiempo que dure encendida la alarma de llama apagada es considerado como un tiempo de fallas.
- Nivel de agua bajo= el tiempo que dure encendida la alarma de Nivel de agua bajo es considerado como un tiempo de fallas.
- Tiempo de precalentamiento>Tiempo de precalentamiento referencia= si el tiempo que tarda en precalentar la caldera es mayor a la condición de referencia (1.5horas), ese tiempo adicional se toma como un tiempo de fallas.
- Tiempo en rango de alarmas=corresponde al tiempo en el que la variable se encuentra dentro del segmento D o E de la figura 82.

Sobrecalentador: al tener en cuenta la función del sobrecalentador de mantener la presión de salida de la caldera y elevar la temperatura del fluido, la medida de su disponibilidad es calculada a partir de una comparación con la caldera.

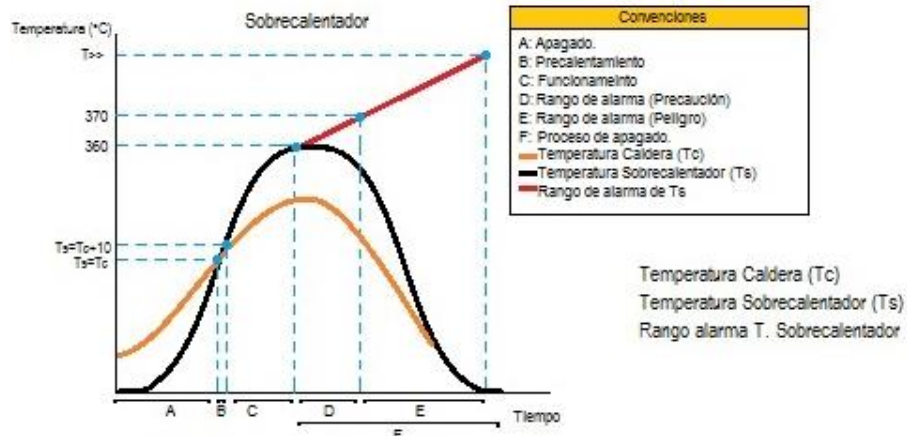
El tiempo de funcionamiento se mide a partir de la condición en la que su temperatura supera en 10 unidades la temperatura de la caldera y se encuentra por debajo de la condición de alarma preestablecida de 360°C a la misma presión de salida de la caldera.

Una vez se encuentra a la misma temperatura de la caldera, el sobrecalentador debe ser capaz de elevar su temperatura en 10 unidades respecto a esta en un tiempo de máximo 10minutos.

El tiempo de fallas, es medido a partir de la condición de alarma y el tiempo superior a 10minutos que tarde el sobrecalentador en elevar en 10 unidades su temperatura respecto a la de la caldera.

En la Figura 83 se presenta un ejemplo ilustrativo bajo el supuesto del comportamiento de la temperatura del sobrecalentador respecto a la de la caldera que explica el cálculo de la disponibilidad de este equipo.

Figura 83. Disponibilidad del Sobrecalentador



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Tiempo disponible= se mide a partir de la condición en la que su temperatura supera en 10 unidades la temperatura de la caldera y se encuentra por debajo de la condición de alarma preestablecida de 360°C a la misma presión de salida de la caldera corresponde al segmento C de la Figura 83.

Tiempo de Fallas: depende de los siguientes eventos o condiciones del sobrecalentador.

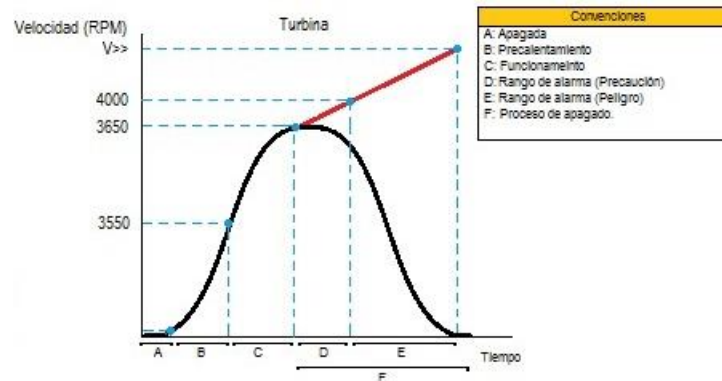
- Tiempo de elevación de temperatura > 10 min = si el tiempo que tarda el sobrecalentador en elevar en 10 unidades su la temperatura respecto a la de la caldera una vez estas se encuentran iguales, es superior a 10 min, este tiempo adicional es sumado como un tiempo de fallas. Segmento B de la Figura 83.
- Tiempo en rango de alarmas = corresponde al tiempo que dure el dispositivo dentro del segmento D o E de la figura 83.

Turbina: el tiempo disponible se mide a partir de que este dispositivo cumple el rango de velocidad de operación de 3550rpm a 3650rpm, ya que en ese periodo se encuentra capaz de generar la frecuencia necesaria para que el generador alimente las cargas eléctricas (Bombillos).

El tiempo de fallas se toma como, el tiempo en el que la turbina tarda más del tiempo de preparación preestablecido para llegar al rango de operación después de ser encendida más el tiempo a partir de la condición de alarma.

En la Figura 84 se presenta un ejemplo ilustrativo bajo el supuesto del comportamiento de la velocidad de la turbina que explica el cálculo de la utilidad.

Figura 84. Disponibilidad de la Turbina



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Tiempo disponible= se mide a partir de que este dispositivo cumple el rango de velocidad de operación de 3550rpm a 3650rpm, corresponde al segmento C de la Figura 84.

Tiempo de fallas:

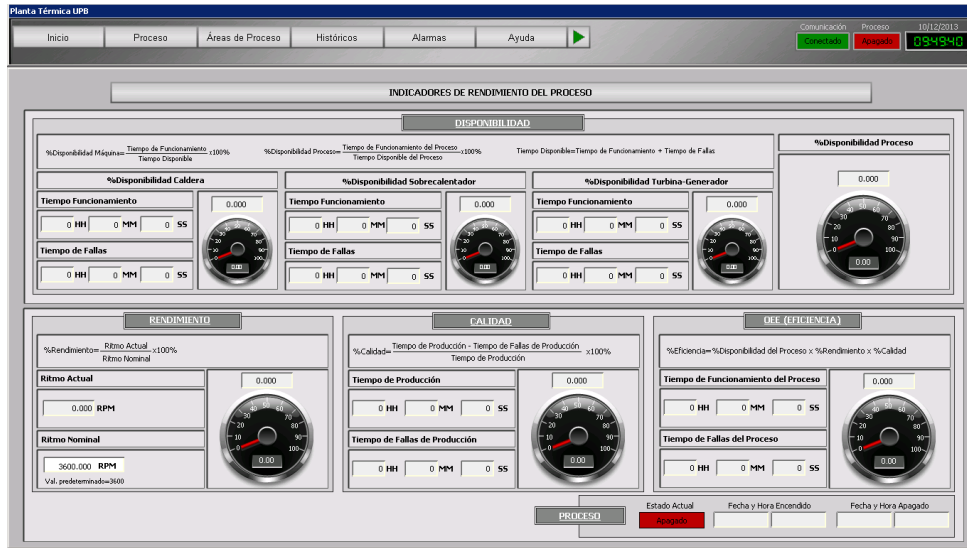
Tiempo de preparación > 10min= si el tiempo que tarda la turbina en elevar su velocidad desde su encendido hasta 3550RPM, es superior a 10 min, este tiempo adicional es sumado a las fallas.

Rendimiento se calcula a partir de:

Al tener en cuenta que el proceso llevado a cabo es un proceso secuencial, el rendimiento es medido en la que se podría considerar la etapa de producción, es decir el área de la turbina, por lo que se mide a partir del ritmo de la turbina, es decir la velocidad a la que se encuentra trabajando respecto a la velocidad nominal de esta preestablecida como 3600rpm.

Al tener en cuenta que no es un producto de manufactura, se mide la calidad de este a partir del tiempo en el que se puede producir energía, es decir cuando las condiciones de la caldera, el sobrecalentador y la turbina ofrecen las condiciones para que la turbina sea capaz de producir la frecuencia que se necesita para la alimentación de las cargas. Se toma como el tiempo en el que el proceso es capaz de producir vs el tiempo en el que se producen fallas dentro del mismo.

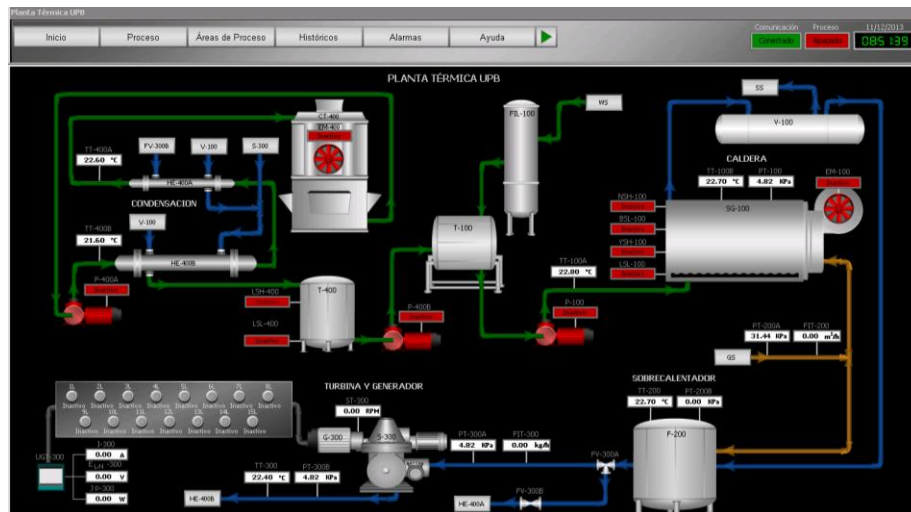
Figura 85. Ventana Indicadores HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Planta: muestra una vista general de la planta térmica, donde se incluyen todos los elementos que la conforman (bombas, tanques, indicadores, tubería, sobrecalentador, turbina, torre de enfriamiento, intercambiadores de calor entre otros). Los elementos asociados a señales de tipo digital presentan un cambio de color (rojo, inactivo y verde, activo) para representar el estado de cada uno y la combustión encendida se representa por medio de la presencia de llama dentro de la caldera. Los medidores en la parte superior indican el valor de la variable monitoreada. Cada elemento es reconocido con su nombre dentro de la planta.

Figura 86. Ventana Planta HMI

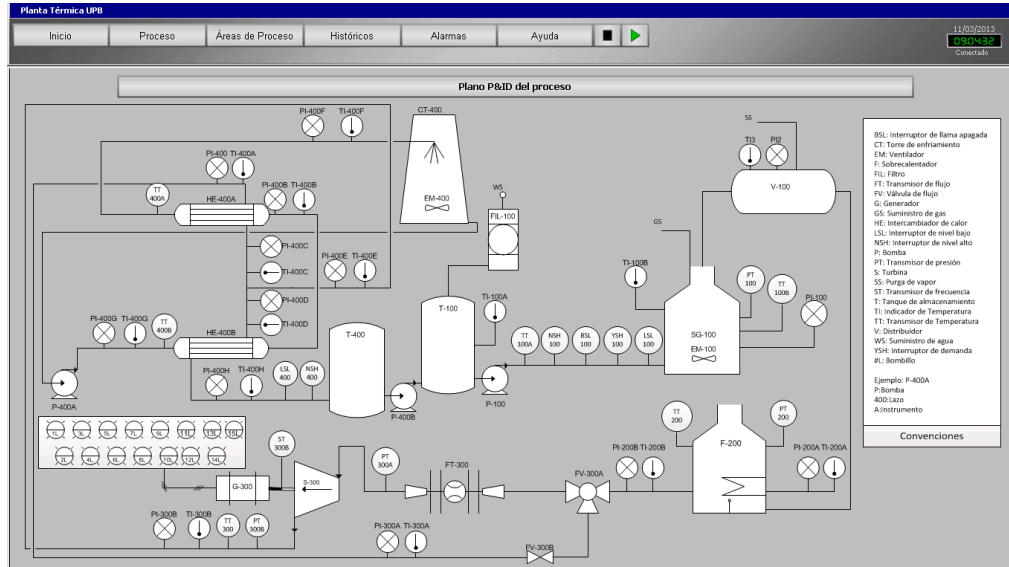


Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB



P&ID: muestra el plano P&ID del proceso con su respectiva leyenda.

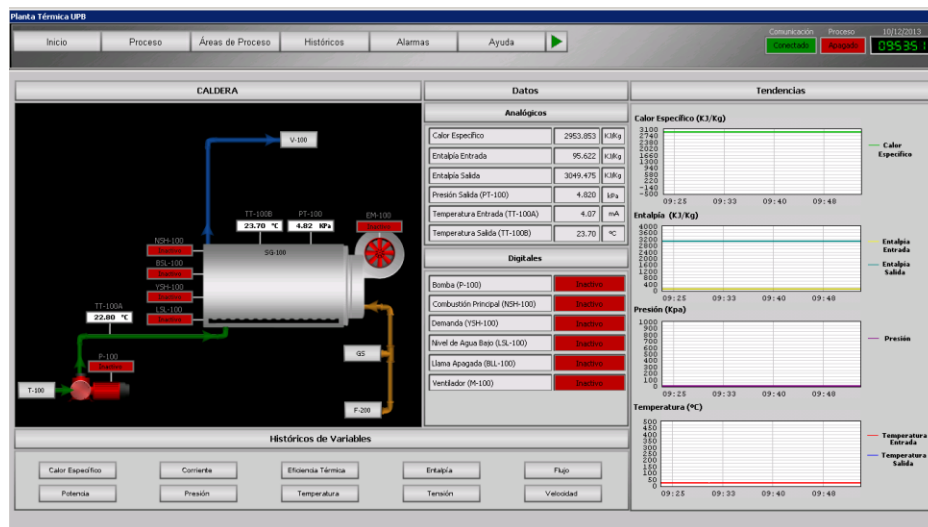
Figura 87. Ventana P&ID HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Caldera: muestra información detallada del área de caldera de la planta. A continuación se visualiza la estructura de esta ventana, que se conserva para las áreas de turbina, condensación y sobrecalentador.

Figura 88. Ventana Caldera HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Área de la planta: presenta una imagen ampliada del área con los dispositivos e indicadores que forman parte de esta.

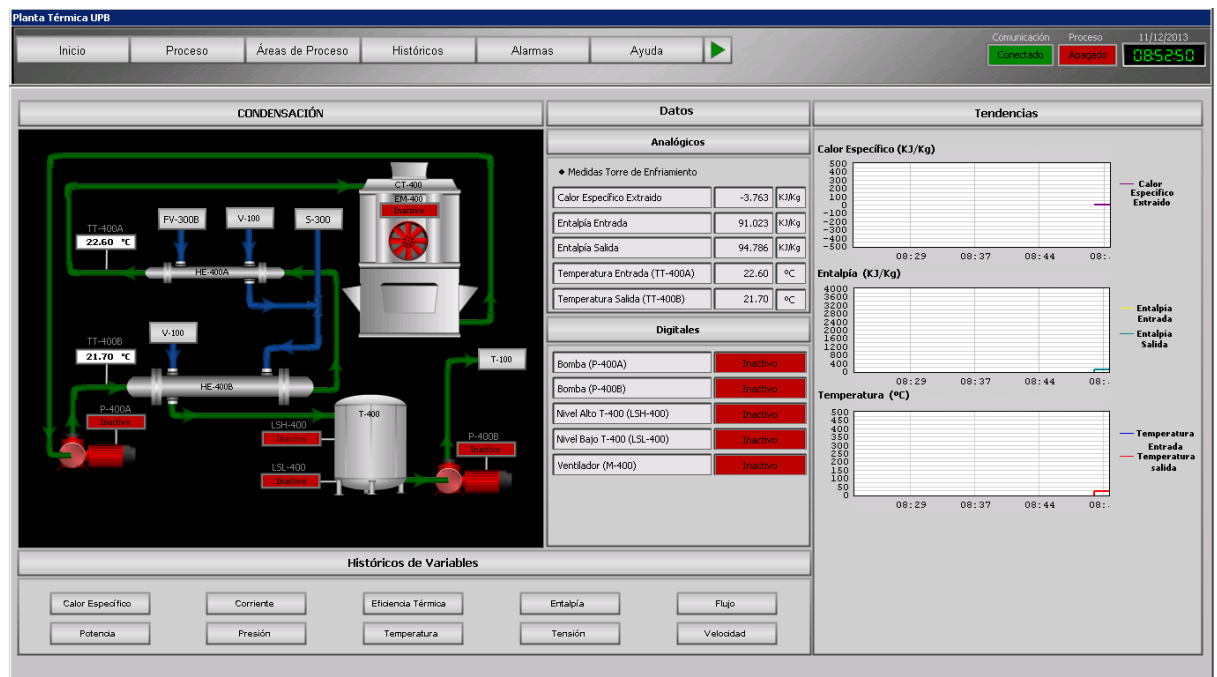
Datos: presenta los datos tanto analógicos como digitales medidos de forma directa, o calculados a partir de estos.

Tendencias: muestran la tendencia en tiempo real de las variables de proceso que forman parte del área.

Históricos: presenta botones de acceso a los gráficos de variables históricas.

Condensación: contiene información detallada del área de Condensación dentro de la planta en cuanto a los datos de tipo analógico y digital, tendencias de variables y acceso a los gráficos históricos de las mismas.

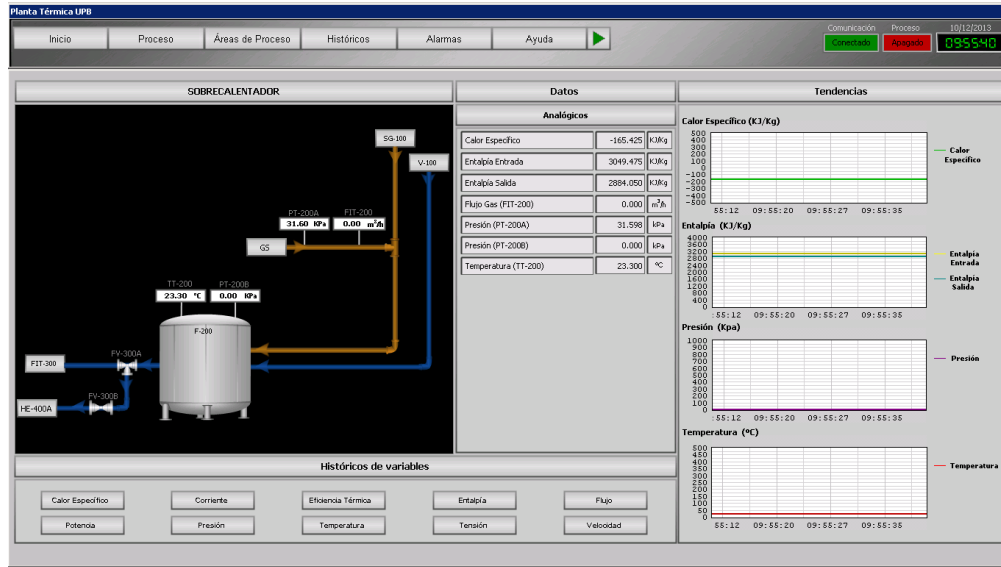
Figura 89. Ventana Condensación HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

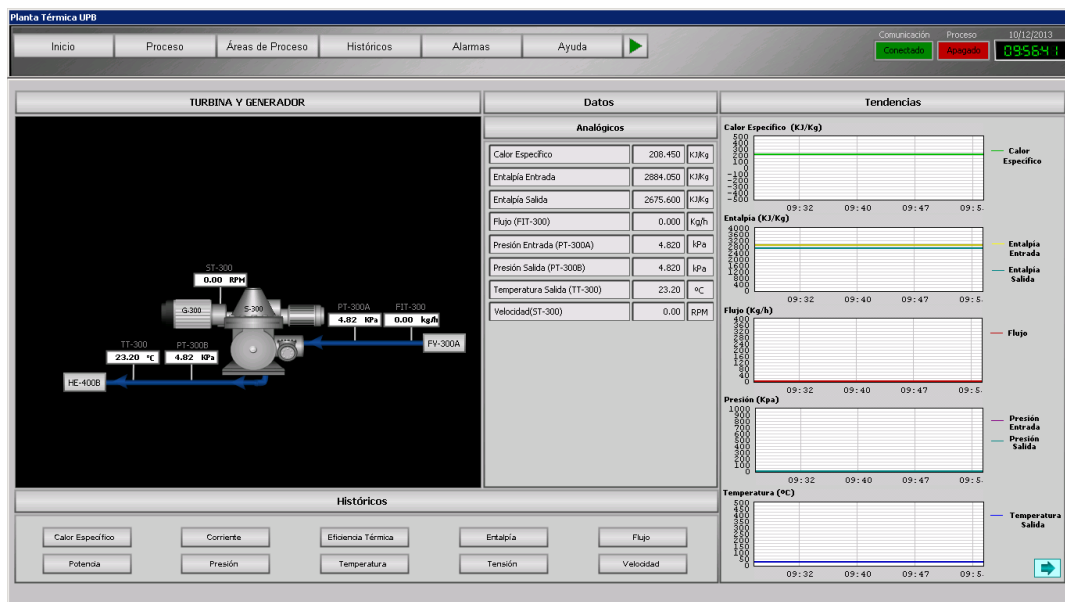
Sobrecalentador: muestra información detallada del área de Sobrecalentador dentro de la planta en cuanto a los datos de tipo analógico y digital, tendencias de variables y acceso a los gráficos históricos de las mismas.

Figura 90. Ventana Sobrecalentador HMI



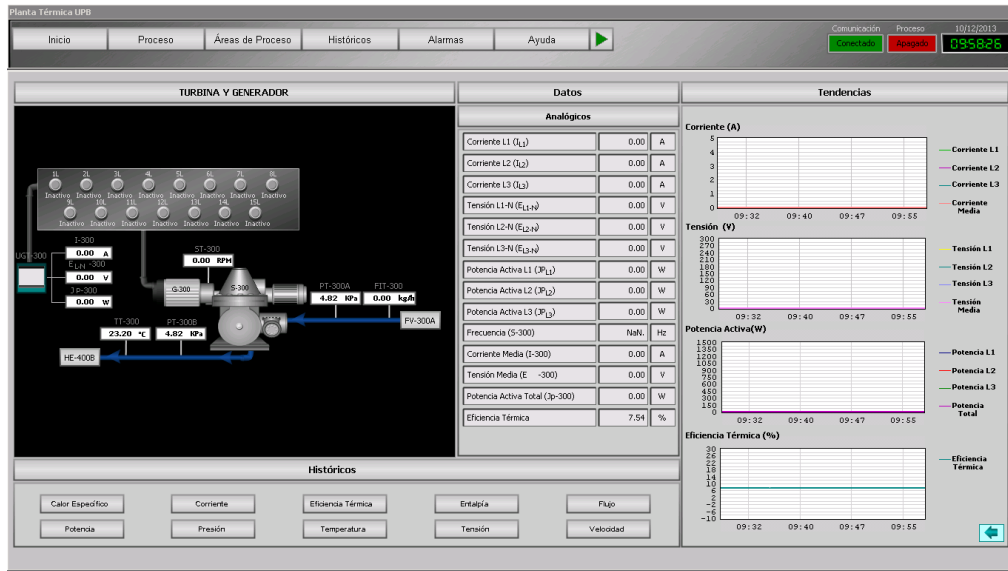
Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Turbina y Generador: muestra información detallada del área de Turbina dentro de la planta en cuanto a los datos de tipo analógico y digital, tendencias de variables y acceso a los gráficos históricos de las mismas. Tiene una segunda ventana asociada que contiene toda la información eléctrica, a la cual se tiene acceso a través de la flecha (siguiente) ubicada en la parte inferior.

Figura 91. Ventana Turbina y Generador HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

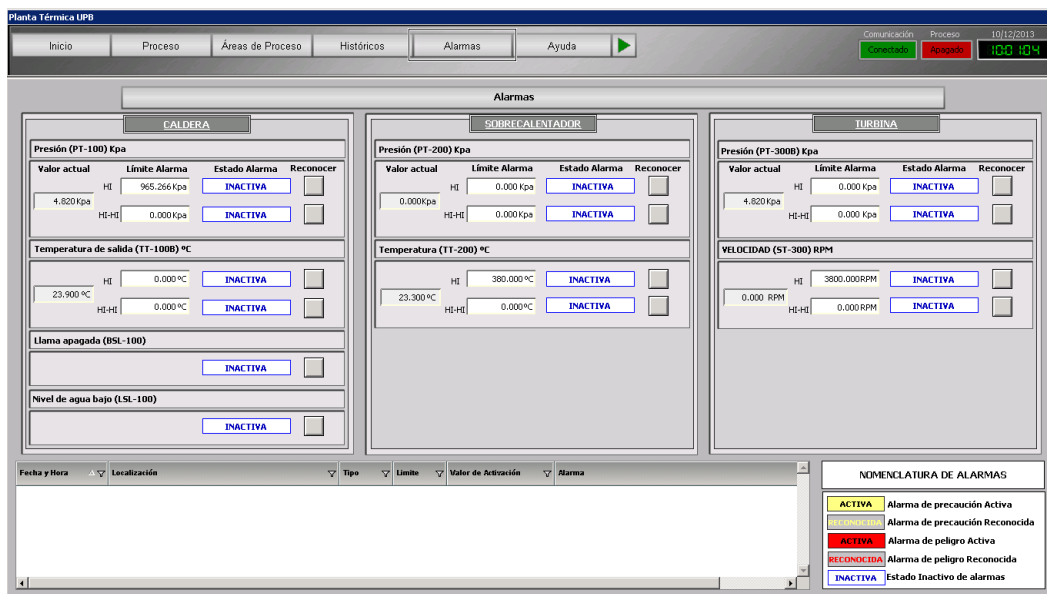
Figura 92. Ventana Turbina y Generador HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Alarmas: visualiza las alarmas recientes e históricas. Esta ventana se despliega en caso de que alguna de las variables de proceso se encuentre dentro de un rango o un valor que represente una situación de precaución o peligro dentro de la planta. Cada alarma presenta un botón de reconocimiento a través del cual el usuario puede realizar la simulación de su reconocimiento.

Figura 93. Ventana Alarmas HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

La ventana de alarmas presenta la siguiente información:

Áreas: Tres recuadros ubicados en la parte superior de la ventana en los que se indica el área de proceso en la que se van a presentar las variables en alarma.

Valor actual: indica el valor actual de la variable medida.

Límite Alarma: se presentan dos tipos de límite:

- Hi: valor preestablecido de la variable de proceso cercano a producir una situación de riesgo dentro de la planta.
- HiHi: valor preestablecido de la variable de proceso que puede causar daños o una situación de peligro dentro de la planta.

Estado Alarma: indica el estado de la alarma, sea activa, reconocida o inactiva de acuerdo con la tabla de colores de la leyenda o nomenclatura indicada en la parte inferior derecha.

Reconocer: incluye un botón de reconocimiento para cada variable. Al dar clic sobre este se realiza una simulación del reconocimiento de la alarma correspondiente.

Tabla de Histórico de alarmas:

Fecha y hora: indica la fecha y hora en la que se generó la alarma.

Localización: indica el área y la variable de proceso en de la planta en la que se produce la alarma.

Tipo: se presentan dos tipos de alarmas.

- Hi: se produce cuando el calor de la variable supera el límite Hi dentro del proceso. se visualiza un mensaje de precaución para señalar al operador una situación en la que la variable de proceso se encuentra en un valor cercano a producir daños o un nivel de riesgo en la planta.
- HiHi: se produce cuando el valor de la variable de proceso supera el límite HiHi dentro del proceso. Se visualiza un mensaje de peligro para indicar al operador una situación en la que se debe realizar alguna acción correctiva.

Valor de activación: valor de la variable de proceso que sobrepasa el límite permitido y se activa la alarma.

Límite: se presentan dos tipos de límite:

- Hi: valor de la variable de proceso cercano a producir una situación de riesgo dentro de la planta.

- **HiHi:** valor de la variable de proceso que puede causar daños y una situación de peligro dentro de la planta.

**Alarmas:** mensaje que indica al operador la situación por la cual se produce la alarma y el estado de la variable de proceso dentro de la planta.

**Reconocimiento de alarma:** para cada alarma se debe realizar un reconocimiento, es decir el usuario u operario debe indicar que tiene conocimiento de la situación dentro de la planta, en caso de que una alarma se encuentre activa y el usuario no realice su reconocimiento se presentará la ventana alarmas de forma continua en el área de información, es decir se niega el acceso a cualquier otra área o ventana.

**Almacenamiento de Históricos:** acceder al menú histórico y dar clic sobre el botón de acceso a Almacenamiento de históricos, se abrirá una ventana donde el usuario debe introducir la siguiente información:

**Fecha:** fecha de los datos que desea almacenar usuario, debe ser introducida en formato DD/MM/AAAA.

**Hora:** el usuario debe indicar la hora de inicio de los datos que desea almacenar, debe ser introducida en formato militar HH:MM:SS.

**Duración:** corresponde al rango de tiempo en que se realizará el almacenamiento de datos a partir de la hora de inicio indicada, el usuario debe hacer uso de las siguientes convenciones para indicar esta información: w=semana, d=día, h=hora, m=minutos, s=segundos, 0=una muestra.

**Dirección de almacenamiento:** ruta de direccionamiento de los datos, el usuario debe indicar la ruta de carpetas en la que la aplicación realizará el almacenamiento de datos, esta ruta debe incluir el nombre del archivo y su extensión .csv.

**Lista de variables:** el usuario cuenta con toda una lista de las variables del proceso que puede almacenar, al dar clic sobre cada una de ellas, estas van cambiando de color y son agregadas al espacio de almacenamiento indicando así que formaran parte del archivo de almacenamiento.

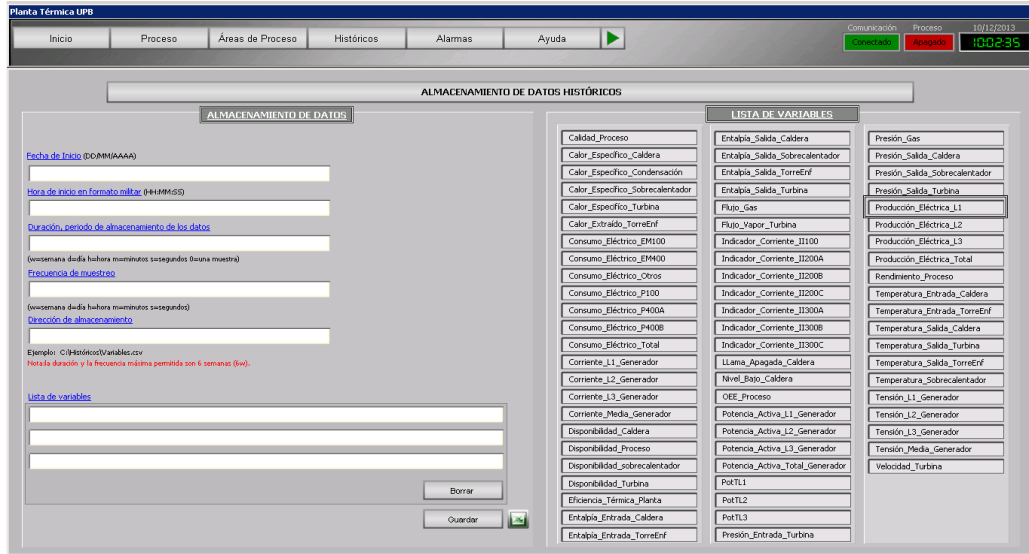
**Frecuencia de muestreo:** tiempo constante que tarda el sistema entre la captura de información de una muestra y otra de la variable a almacenar.

El botón de “borrar” se encarga de eliminar todas las variables de la lista.

El botón “guardar” es activado al dar doble clic sobre él.

El botón de acceso al archivo de Excel, permite abrir el archivo de extensión.csv que fue creado.

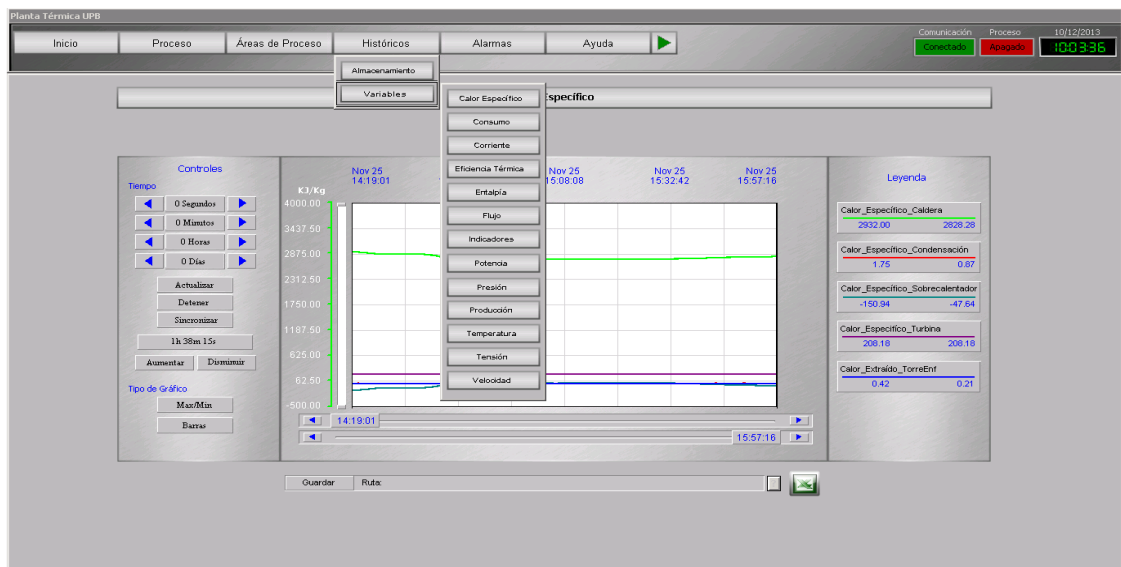
Figura 94. Ventana de Almacenamiento de datos históricos HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Histórico de Variables: al acceder al menú históricos y dar clic sobre alguna de las variables de submenú, se accede a la ventana del gráficos históricos de dicha variable.

Figura 95. Ventana de Históricos para variables HIM

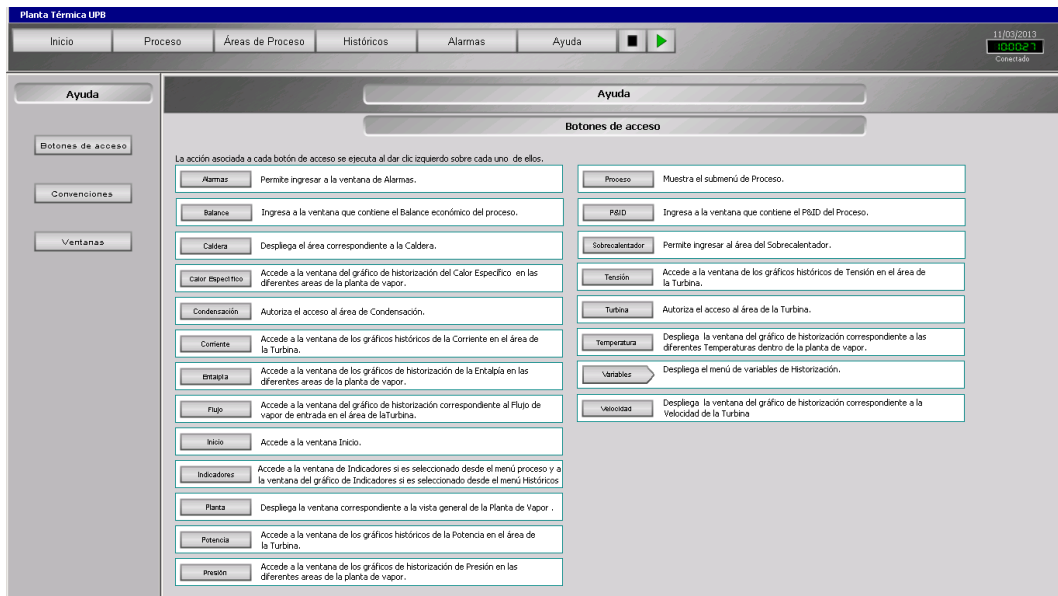


Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Ayuda: presenta información acerca de los elementos que forman parte de la interface. En la parte lateral izquierda cuenta con una ventana de opciones conformada por botones asociados a los temas que cuentan con información de ayuda, Botones de navegación, Convenciones y Ventanas.

Botones de acceso: en esta sección se indica las acciones asociadas a cada botón de navegación que forma parte de la aplicación.

Figura 96. Ventana Ayuda, Botones de acceso HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Convenciones: presenta la información acerca de la simbología e identificación utilizada para la representación gráfica de los instrumentos dentro de la planta térmica.



Figura 97. Ventana Ayuda, Convenciones A HMI

Planta Térmica UPB

Inicio Proceso Áreas de Proceso Históricos Alarmas Ayuda 11/03/2013 100 12.1 Conectado

**Ayuda**

El sistema SCADA Planta de Vapor UPB cuenta con las siguientes convenciones:

**Convenciones**

ÁREA	NOMENCLATURA DE DISPOSITIVOS E INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN	TIPO	TIPO DE VARIABLE	
Caldera SG-100	BSL-100	Interruptor de señal de llama apagada durante el proceso de combustión	Instrumento de medición	Discreta	
	EM-100	Interruptor de señal del ventilador	Instrumento de medición	Discreta	
	FL-100	Filtro	Dispositivo	No aplica	
	LSL-100	Interruptor de Nivel de agua bajo	Instrumento de medición	Análogica	
	LSH-100	Interruptor de Nivel de agua alto	Instrumento de medición	Análogica	
	P-100	Bomba	Dispositivo	No aplica	
	PT-100	Transmisor de Presión	Instrumento de medición	Análogica	
	T-100	Tanque de almacenamiento de agua	Dispositivo	No aplica	
	TT-100A	Transmisor de temperatura	Instrumento de medición	Discreta	
	TT-100B	Transmisor de temperatura	Instrumento de medición	Análogica	
Condensación	V-100	Distribuidor	Dispositivo	No aplica	
	YSH-100	Interruptor de señal de demanda activa	Instrumento de medición	Discreta	
	CT-400	torre de enfriamiento	Dispositivo	No aplica	
	EM-400	Interruptor Ventilador de la torre de enfriamiento	Instrumento de medición	Discreta	
	HE-400A	Intercambiador de Calor	Dispositivo	No aplica	
	HE-400B	Intercambiador de Calor	Dispositivo	No aplica	
	LSH-400	Interruptor Nivel de agua alto	Instrumento de medición	Discreta	
	LSL-400	Interruptor Nivel de agua bajo	Instrumento de medición	Discreta	
	P-400A	Bomba	Instrumento de medición	Discreta	
	P-400B	Bomba	Instrumento de medición	Discreta	
Sobrecalentador F-200	T-400	Tanque de almacenamiento de agua	Dispositivo	No aplica	
	TT-400A	Transmisor de Temperatura de entrada a la torre de enfriamiento	Instrumento de medición	Análogica	
	TT-400B	Transmisor de Temperatura de salida a la torre de enfriamiento	Instrumento de medición	Análogica	
	TT-400C	Transmisor de Temperatura de salida a la torre de enfriamiento	Instrumento de medición	Análogica	
	FT-200	Transmisor de Flujo	Instrumento de medición	Análogica	
	PT-200A	Transmisor de Presión	Instrumento de medición	Análogica	
	PT-200B	Transmisor de Presión	Instrumento de medición	Análogica	
	TT-200	Transmisor de Temperatura	Instrumento de medición	Análogica	
	FT-300	Transmisor de flujo	Instrumento de medición	Análogica	
	G-300	Generador	Dispositivo	No aplica	
Turbina S-300	PT-300A	Transmisor de Presión de Transmisor de entrada	Instrumento de medición	Análogica	
	PT-300B	Transmisor de Presión de Transmisor de salida	Instrumento de medición	Análogica	
	ST-300	Transmisor de velocidad	Instrumento de medición	Análogica	
	TT-300	Transmisor de temperatura	Instrumento de medición	Análogica	
	UT-300 Transmisor multivariable PAC-3200	EL1-N	Tensión entre la Línea1 y Neutro	Instrumento de medición	Análogica
		EL2-N	Tensión entre la Línea2 y Neutro	Instrumento de medición	Análogica
		EL3-N	Tensión entre la Línea3 y Neutro	Instrumento de medición	Análogica
		L1	Corriente Línea1	Instrumento de medición	Análogica
		L2	Corriente Línea2	Instrumento de medición	Análogica
		L3	Corriente Línea3	Instrumento de medición	Análogica
JPL1		Potencia activa Línea1	Instrumento de medición	Análogica	
JPL2		Potencia activa Línea2	Instrumento de medición	Análogica	
JPL3		Potencia activa Línea3	Instrumento de medición	Análogica	
EL-N		Tensión media	Instrumento de medición	Análogica	
I	Corriente media	Instrumento de medición	Análogica		
JP	Potencia activa total	Instrumento de medición	Análogica		

Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Figura 98. Ventana Ayuda, Convenciones B HMI

Planta Térmica UPB

Inicio Proceso Áreas de Proceso Históricos Alarmas Ayuda 11/03/2013 100 15.3 Conectado

**Ayuda**

El sistema SCADA Planta de Vapor UPB cuenta con las siguientes convenciones:

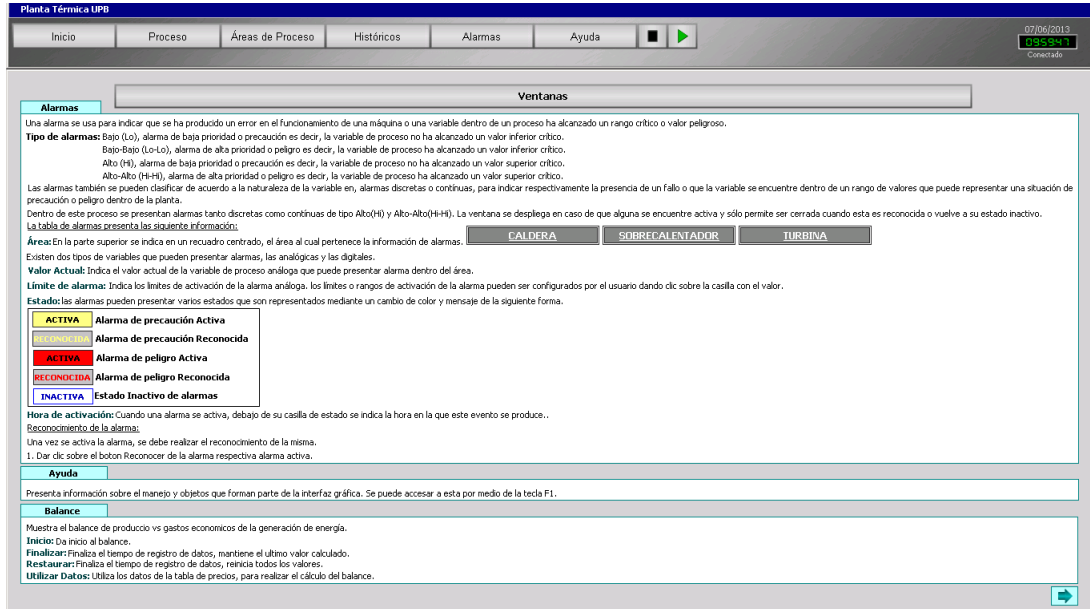
**Convenciones**

CATEGORÍA	OBJETO	DESCRIPCIÓN
Tuberías		Tubería de transporte de Agua
		Tubería de transporte de Vapor
		Tubería de transporte de Combustible
		Tubería de transporte de Energía Eléctrica
		Dirección de flujo de Agua
Sensores		Dirección de flujo de Vapor
		Dirección de flujo de Combustible
		Dirección de flujo de Electrónes
		Señal de Temperatura
Elementos finales de control		Señal de Presión
		Señal de Velocidad
		Señal de Flujo
		Multimedidor de energía
Indicadores de Estado		Sin conexión a la señal asociada, error.
		Inicializando dato
		Dato incierto
		Activo, Conectado
		Conectando, Alarma de Precaución
Botones de acción		Inactivo, Alarma de Peligro
		Alarma desactivada
		Variable en alarma retornas a su valor normal
ESTÁNDAR		Siguiente
		Anterior
DESCRIPCIÓN		Abrir el archivo .csv creado al exportar los datos asociados al gráfico histórico
ANSI/ASME A 13.1 - 2007		Estándar para la marcación de tuberías
ANSI/ISA 5.1 - 1984 (R1992)		Simbología e identificación para la instrumentación
NOMENCLATURA	FLUIDO	
AS	AIRE	
SS	VAPOR	
WS	AGUA	
ES	ELECTRICO	
ATAJO	DESCRIPCIÓN	
F1	Despliega la ventana Ayuda	
Inicio	Despliega la ventana Inicio	

Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

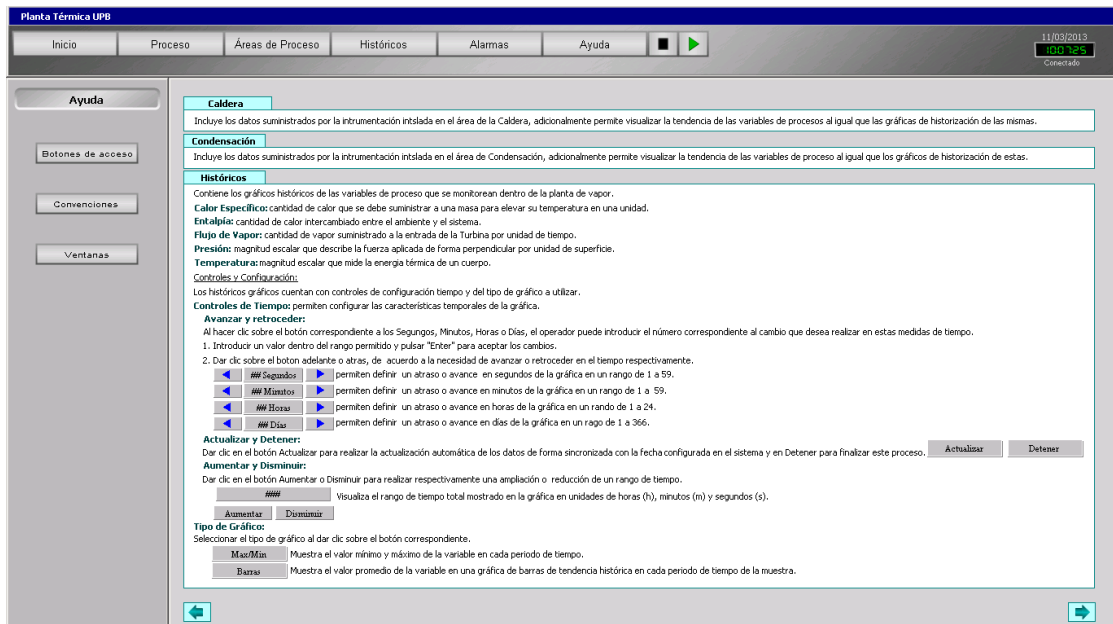
Ventanas: indica el contenido de cada ventana y las acciones asociadas a cada una de ellas.

Figura 99. Ventana Ayuda, Ventanas A HMI



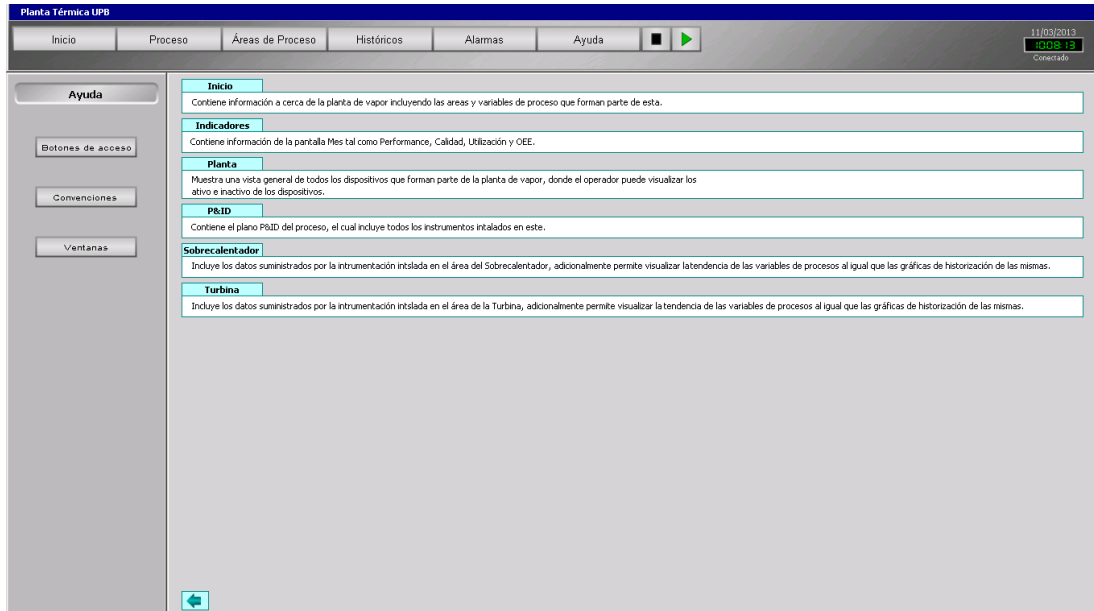
Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Figura 100. Ventana Ayuda, Ventanas B HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Figura 101. Ventana Ayuda, Ventanas C HMI



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

*Para configuración de Wonderware y pasos para el manejo de la Interfaz Humano-Maquina ver anexo 4.*

## CONCLUSIONES

- Los procesos mecánicos y electrónicos desarrollados en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga son diversos y valiosos, por lo que se hizo necesario consignar la información de estos de una manera clara, práctica y sencilla, por medio de investigación de documentos anteriores, complementando y actualizando esta información, haciendo parte de las corridas de planta dirigidas por el personal encargado. Para que la persona interesada en conocer la planta térmica UPB, al leer el dossier desarrollado obtenga un conocimiento a fondo de las áreas del proceso y los instrumentos que tiene cada una de estas, su función dentro del proceso, los instrumentos electrónicos involucrados, su conexión, fabricante, referencia, señales monitoreadas, modo de comunicación de los datos obtenidos con la central remota, etc.
- Para facilitar el intercambio de piezas o instrumentos electrónicos, brindar herramientas prácticas al operario, estudiante y demás personal interesado, a la hora de facilitar la ubicación de los instrumentos en la planta, la manera correcta de conectar cada uno de los instrumentos, la búsqueda de posibles fallos y errores. Actualizar la información de las partes del proceso, los tableros eléctricos de control y futuros cambios en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga se realizaron los planos eléctricos del gabinete principal, el gabinete eléctrico de cargas y plano P&ID de la planta térmica UPB.
- La mejor manera de aprovechar toda la información consignada en el Dossier de la planta térmica de la UPB es con el desarrollo de unas guías de trabajo para los estudiantes de ingeniería electrónica en las cuales interactuaran con la planta, su proceso, instrumentos y función de cada uno de estos para de una manera práctica fortalecer la información obtenida y consignada en el documento.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fontecha Dulcey Gilberto Carlos, Abril Álvarez José Darío, Cuéllar Carreño Víctor Hugo, Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- [2] Jessica Lorena Ariza Duran, Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB Universidad Pontificia Bolivariana - seccional Bucaramanga, facultad de ingeniería electrónica, industrial y mecánica, laboratorio de automatización, marzo 2012.
- [3] Transductores de presión, [En línea], [Citado el 8 de agosto del 2013] disponible en: [http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_presion\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_presion_Cm.htm).
- [4] Electro Generación, Sensores de velocidad Magnéticos, [En línea]. [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.electrogeneracion.com.mx/electrogeneracion/Productos\\_files/sensores%20de%20velocidad.pdf](http://www.electrogeneracion.com.mx/electrogeneracion/Productos_files/sensores%20de%20velocidad.pdf).
- [5] Robots Argentina, Sensor de Magnetismo, [En línea], [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm).
- [6] ESPECIALISTAS TÉCNICOS EN FLUIDOS DE OCCIDENTE SA, Válvulas y medidores de flujo, [En línea], [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.valvulasymedidores.com/valvulas\\_de\\_bola.html](http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_bola.html).
- [7] Valvias, Válvula de compuerta, [En línea], [Citado el 10 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-compuerta.php>.
- [8] Nevél, Interruptor de nivel tipo magnético, [En línea], [Citado el 10 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.nevel.com.mx/index.php?IDPagina=producto&nc=&idc=23>.
- [9] SIEMENS, Sistema de automatización S7-300, Datos de los Modulas, [Actualizado 02 del 2013].
- [10] Schneider Electric, Interruptor automático para protección de distribución, [En línea], [Citado el 11 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap2.pdf>.
- [11] Schneider Electric, Interruptor automático termo-magnético, [En línea], [Citado el 11 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap1.pdf>.
- [12] Ministerio de minas y energía, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, [En línea], [Citado el 12 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/OLGA%20BAQUERO/Reglamento%20Tecnico%20RETIE.pdf>.

[13] Schneider Electric, Canalizacion gama Dexon, [En línea], [Citado el 13 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap2.pdf>.

[14] Electricos Willians, Totalizadores, [En línea], [Citado el 13 de agosto del 2013], disponible en: [http://www.electricoswilliam.com/index.php?id\\_product=84&controller=product](http://www.electricoswilliam.com/index.php?id_product=84&controller=product).

[15] Alibaba, Transformador de corriente BH-0.66, [En línea], [Citado el 2 de septiembre del 2013], disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/bh-0-66-series-bh-type-current-transformer-ct-bh-lmk-0-66-bh-0-66kv-transformer-tester-1195206330.html>.

[16] SIEMENS, SENTRON PAC 3200, [En línea], [Citado el 3 de septiembre del 2013], disponible en: [http://cache.automation.siemens.com/dnl/DA/DAzNjkzNQAA\\_26504150\\_HB/sentron\\_pac3200\\_manuel\\_es\\_02.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/DA/DAzNjkzNQAA_26504150_HB/sentron_pac3200_manuel_es_02.pdf).

[17] Rockwell Automation, Interruptores de control y carga, [en línea], [Citado el 6 de septiembre del 2013], disponible en: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229254/3170945/229537/print.html>.

[18] Universidad Nacional del este, Facultad politécnica, Análisis de sistema, Data-center, [En línea], [Citado el 8 de septiembre del 2013], disponible en: <http://www.slideshare.net/aldoariel/datacenters>.

[19] Wonderware. [En línea], [citado el 9 de diciembre del 2013], disponible en: <http://global.wonderware.com/EN/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>.

[20] Vega Instrumentos S.A. Transmisor de Presión (Vegabar 14), [Citado el 6 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.vega.com/es/1523.htm>].

[21] Vega Instrumentos S.A. Hojas de datos (Vegabar 14), [Citado el 6 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.vega.com/downloads/PD/ES/34715-ES.PDF>>.

[22] ENDRESS + HAUSER. Sensor de flujo PROWIRL 73F, [Citado el 9 de agosto del 2013], disponible en: <http://www.ii.endress.com/#product/73F?open>>

[23] ENDRESS + HAUSER. Sensor de flujo PROWIRL 73F, [Citado el 9 de agosto, del 2013], dispobible en: <http://www.ii.endress.com/#product/73F?open>>.

[24] Wonderware. Glosario de palabras en Wonderware. [Citado el 10 de septiembre del 2013], disponible en: <[http://ctp.wonderware.com/GetStartIAS/\\_Terms.htm#top](http://ctp.wonderware.com/GetStartIAS/_Terms.htm#top)>.

[25] Villajulca Juan Carlos, Introducción a la instrumentación industrial para el control de procesos industriales, (actualizado 24 de abril de 2010), [En línea], [citado el 15 de agosto de 2013], disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/curso-completo-instrumentacion-industrial/item/213-introducci%C3%B3n-a-la-instrumentaci%C3%B3n-industrial-para-el-control-de-procesos.html>

[26] Sensing, Transductores de presión, [Citado el 4 de noviembre del 2013], disponible en: [http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_presion\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_presion_Cm.htm)

[27] Dienterprise, Controlador Industrial de seguridad de flama [En línea], [citado en diciembre 2013] disponible en: <http://www.dienterprise.com.mx/controles-de-flama-serie-micro-microm-p-145.html>

[28] Wonderware PacWest, Performance, [Citado el 10 de noviembre del 2013], disponible en: <http://wonderwarepacwest.com/solutions/performance>.

[29] Vignoni José Roberto, Control de procesos, 2002, [Citado el 20 de noviembre del 2013], disponible en: [http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Control\\_de\\_Procesos.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Control_de_Procesos.pdf)

[30] Dirección IP, [En línea], [Citado el 25 de noviembre del 2013], Disponible en: <http://blog.vermiip.es/2008/03/11/que-es-el-numero-ip-que-significa-ip/>

[31] Orella Laura Nazareth, SUBRED, [En línea], [Citado el 26 de noviembre del 2013], disponible en: [http://www.slideshare.net/Lara\\_Bunbury/mascara-de-subred-y-subredes](http://www.slideshare.net/Lara_Bunbury/mascara-de-subred-y-subredes)

[32] Nivel SCADA, UCO, [En línea], [citado el 26 de noviembre], disponible en: <http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf>

[33] Wonderware, Wonderware System Platform, [Citado el 16 de enero del 2014], disponible en: <http://www.meditecna.com/pdfs/Wonderware%20System%20Platform%2030.pdf>

[34] CIM El computador en el modelo en la automatización de la producción, Modelo CIM, [Citado el 28 de enero del 2014], disponible en: [http://books.google.com.co/books?id=Ook9Ec9n2ZcC&pg=PA18&lpg=PA18&dq=que+es+piramide+cim&source=bl&ots=KowrqiVF\\_Y&sig=dqjsun-k1C9T-DzeScWtITphMxg&hl=es&sa=X&ei=dIQVU4umGlq8kQe\\_0IDIDw&ved=0CEkQ6AEwBA#v=onepage&q=que%20es%20piramide%20cim&f=false](http://books.google.com.co/books?id=Ook9Ec9n2ZcC&pg=PA18&lpg=PA18&dq=que+es+piramide+cim&source=bl&ots=KowrqiVF_Y&sig=dqjsun-k1C9T-DzeScWtITphMxg&hl=es&sa=X&ei=dIQVU4umGlq8kQe_0IDIDw&ved=0CEkQ6AEwBA#v=onepage&q=que%20es%20piramide%20cim&f=false)

[35] Introduction to Wonderware InTouch HMI, INTOUH, [Citado el 17 de enero del 2014], disponible en: <http://ctp.wonderware.com/GetStartIT10/index.htm>

## **Anexos**

### **Anexo 1. Planos eléctricos y P&ID**

#### **Plano Gabinete eléctrico principal**

Plano del Gabinete eléctrico principal de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se observa todo el cableado de los sensores, PLC, Bombas Centrífugas, etc., presentes en la planta térmica. Se utilizó MICROSOFT VISIO para la creación del plano.



### **Plano Gabinete de cargas**

Plano del Gabinete de Cargas de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se observa el cableado de las cargas (bombillos) con sus respectivas líneas de energía, además los instrumentos utilizados para la medición de corriente. Se utilizó MICROSOFT VISIO para la creación del plano.

## **Plano P&ID Planta Térmica UPB**

Plano P&ID de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el cual se visualiza toda la instrumentación, sensores, tuberías, señales eléctricas, neumáticas, PLC, etc., presentes en la planta térmica. Se utilizó AUTOCAD P&ID 2012 para la creación del plano.

## Anexo 2. Datos técnicos de la instrumentación del proceso

### Conexiones Sensores Planta Térmica

#### INSTRUCCIONES PARA LA VERIFICACION DE LA CONEXIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE LA PLANTA TERMICA UPB BUCARMANGA.

Los dispositivos de medición en la planta térmica son necesarios para la supervisión y el análisis del comportamiento de esta.

#### 1 RTD PT100:

RTD (*resistance temperature detector*) detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. (Ver figura 1)

Cuando se calienta un metal habrá una mayor agitación térmica, esto causa que se dispersen más los electrones y reduciéndose su velocidad media, aumentando la resistencia. A mayor temperatura, mayor agitación, y mayor resistencia.

Figura 1. RTD-PT100

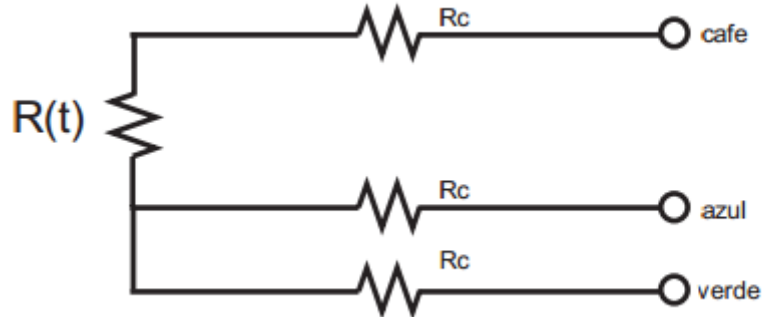


Fuente: <http://www.ecvv.com/product/3083655.html>

los transmisores de temperatura descritos en la tabla 1 se encuentran a la entrada y salida de la caldera para medir la temperatura del agua a la entrada y del vapor a la salida de esta misma. El siguiente se encuentra en el sobrecalentador para medir la temperatura de salida del vapor sobrecalentado, la siguiente se encuentra a la turbina para medir la temperatura del vapor en esta y los dos restantes a la salida de cada uno de los intercambiadores de calor.

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

Figura 2. Hilos de la RTD PT-100



El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

Se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide  $2R_c$ . Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle  $2R_c$  al valor medido y obtener  $R(t)$ .

El módulo 331 al que se encuentran conectados los cables de salida de la RTD PT-100 debe seguir la topología de conexión mostrada en la figura 3.

Descripción de la figura 3.

1. Conexión a 2 hilos. Entre M- y S- es preciso insertar un puente (sin compensación de las resistencias de hilos).
2. Conexión a 3 hilos
3. Conexión a 4 hilos. No está permitido conectar el cuarto hilo (no se utiliza)
4. Conexión a 4 hilos. El cuarto hilo se conduce hasta la regleta de bornes en el armario, pero no se conecta.
5. Alimentación interna
6. + 5V del bus de fondo
7. Lógica e interfaz con el bus de fondo
8. Aislamiento galvánico
9. Multiplexor
10. Convertidor analógico/digital (CAD)
11. Fuente de corriente

Figura 3. Conexión de dispositivos PTC de dos, tres y cuatro hilos al módulo analógico

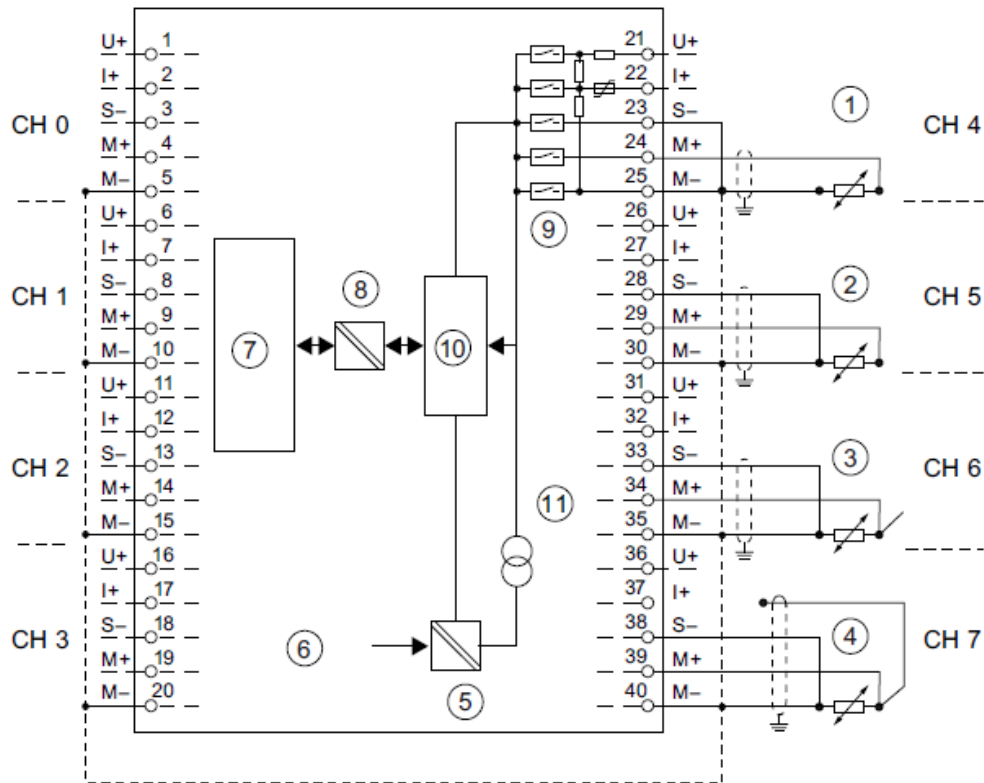


Tabla 1. Señales de entrada MODULO 3 331-1KF02-0AB0

Numero de entrada	Tipo de señal
Pin 3	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 4	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 5	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 8	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 9	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 10	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 13	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 14	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 15	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 18	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 19	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 20	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 23	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)
Pin 24	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)
Pin 25	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)
Pin 28	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)

Pin 29	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)
Pin 30	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)

## 2 Sensor VEGABAR 14

VEGABAR 14 es un transmisor de presión de uso universal para la medición de gases, vapores y líquidos. El transmisor de presión pequeño ofrece máxima fiabilidad y seguridad operativa (Ver figura 4). Este instrumento se encuentra en 4 lugares de la planta térmica: en la caldera, sobrecalentador, a la salida de la turbina y en la etapa de condensación para medir la presión en cada una estas.

Figura 4. Sensor de Presión



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

- **Funcionamiento**

El corazón del transmisor de presión es la celda de medida, que transforma la presión aplicada en una señal eléctrica. Esa señal en función de la presión es evaluada por la electrónica integrada y convertida en una señal de salida normalizada.

El elemento sensor es la celda de medida CERTEC® con excelente estabilidad a largo plazo elevada resistencia a la sobrecarga.

Figura 5. Conector macho del Vegabar 14.



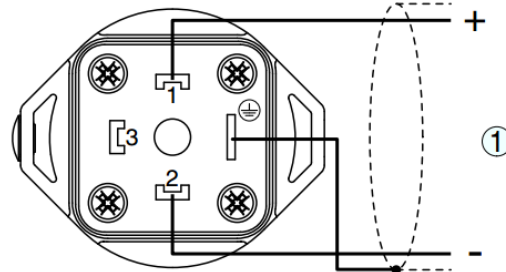
Figura 6. Conector hembra del Vegabar 14.



Fuente: Autor

El vegabar 14 tiene 3 hilos de salida los cuales deben ir conectados a un módulo analógico ref 334-0CE01-0AA0 del PLC S7-300 en el módulo está especificado los pines allí llegan los cables del pin 3 que es el que transmite la señal 4-20mA la alimentación va directa a las borneras I esta señal puede ser visualizada en la HMI vale resaltar que como el sistema no está en vacío siempre debe existir una presión mínima de 5Psi. Usa un conector angular según la norma iso 4400 que es el mostrado en la figura 7 siendo el 1 positivo 2 negativo 3 señal del dispositivo y el restante tierra.

Figura 7. Salida de cables del conector



### 3 Sensor PROWIRL 72F

El instrumento Vortex Proline Prowirl 72F (Ver figura 6) es un sistema de medición de flujo y medición de caudal, gas, vapor y líquidos fiable. La función de este equipo es medir el flujo volumétrico de vapor que sale del sobrecalentador.

Figura 6. Vortex Proline Prowirl 72F



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

Descripción del producto:

El instrumento Vortex Proline Prowirl 72F (Ver figura) es un sistema de medición de flujo y medición de caudal, gas, vapor y líquidos fiable. Su función principal es hacer la medición de vapor volumétrico que salde del sobrecalentador.

- Sus beneficios:
  - Alta resistividad a vibraciones (más de 1 g en todos los ejes)
  - Alta resistividad a Choques de temperatura ( $> 150 \text{ K / s}$ )
  - Alta resistividad a Medios contaminados



- Alta resistividad a Golpe de ariete
- Aprobaciones para áreas peligrosas:
  - ATEX, FM, CSA, TIIS, NEPSI, IEC
  - De conexión a todos los sistemas de control de procesos comunes:
  - HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus
  - Los aspectos de seguridad pertinentes:
  - Directiva de Equipos a Presión
  - SIL 2

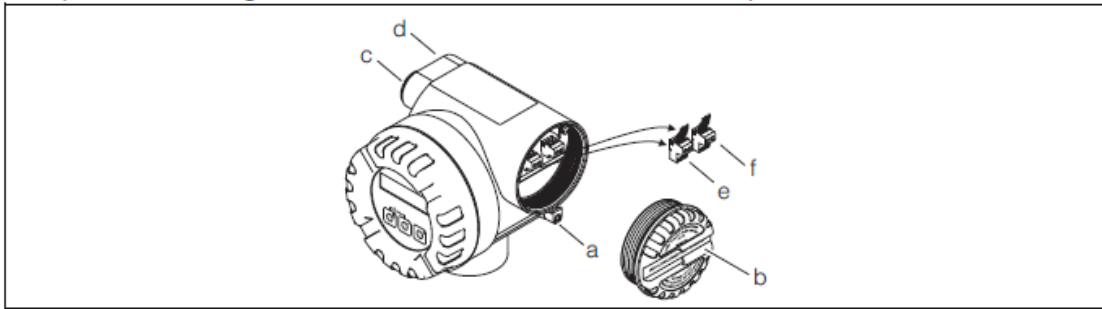
La conexión del equipo en la planta es de 4-20mA.

- Procedimiento para conectar el transmisor:

#### Conexiones

1. Abra la abrazadera (a) que aseguran la tapa del compartimento de conexión.
2. Desenrosque la tapa (b) de la cámara de conexiones de la caja del transmisor.
3. Empuje el cable de la fuente de alimentación / salida de corriente a través del prensaestopas (e).
4. Opcional: introduzca el cable de la salida de impulsos a través de la glándula de cable (f).
5. Apriete el prensaestopas (e / f).
6. Tire del conector terminal (g) de la carcasa del transmisor y conecte el cable para el suministro / corriente de salida de potencia.
7. Conector de terminal de extracción (h) de la carcasa del transmisor y conecte:
8. Opcional cable para la salida de impulsos, enchufe el conector del terminal (g / h) en el alojamiento del transmisor.
9. Sólo versión remota: Fije el cable de tierra al terminal de tierra.
10. Enroscar la tapa (b) del compartimento de conexión en la carcasa del transmisor.
11. Enganche la abrazadera (a) para mantener la cubierta del compartimento de conexión (b) en posicionar y apretar el elemento de sujeción roscado de la pinza.

Figura 7. Conexión del Transmisor



Fuente: Endress+Hauser, Operating Instructions ProlineProwirl 72F, Vortex flow measuring system.BA00094D/06/EN/14.11 71154517.

*Procedimiento para conectar el transmisor*

*a -Pinza que sujeta la tapa del compartimento de conexión*

*b- Tapa del compartimento de conexión*

*c -glándula de cable para cable de salida de alimentación / corriente de energía*

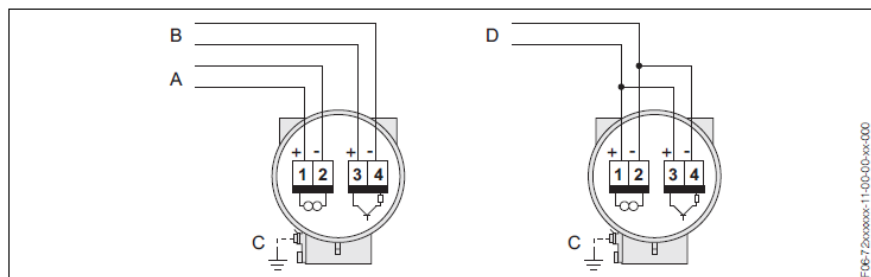
*d- glándula para cable de salida de pulsos (opcional)*

*e - Conector de terminales para alimentación / corriente de salida de potencia*

*f- conector de terminales para salida de pulsos (opcional)*

Esquema de conexiones eléctricas:

Figura 8. Conexiones Vortex Proline Prowirl 72F



Fuente: Endress+Hauser, Operating Instructions ProlineProwirl 72F, Vortex flow measuring system.BA00094D/06/EN/14.11 71154517.

*Asignación de terminales*

*A = Fuente de alimentación / salida de corriente*

*Salida B de salida / estado = pulso opcional*

*C = Terminal de tierra (de interés sólo en versión remota)*

*D = PFM cableado (pulso de frecuencia modulada)*

#### **4 Sensor Prowirl 73F**

##### **4 Proline Prowirl 73F**

El instrumento Vortex Proline Prowirl 73F (Ver figura 33) es un sistema de medición de flujo y medición de caudal, gas, vapor y líquidos fiable. Este instrumento se encuentra en la parte de la medición de gas que pasa hacia la caldera.

Se creó una guía de laboratorio que incluye procedimientos que permiten determinar la linealidad, repetibilidad del instrumento.

Figura 9. Sensor Proline Prowirl 73F



Fuente: Manual de usuario del sistema SCADA de la planta térmica de la UPB

##### **Sus beneficios**

- El sensor Prowirl robusta, probado en más de 100 000 aplicaciones ofrece:
  - Alta resistencia a:
    - Vibraciones (más de 1 g en todos los ejes)
    - Choques de temperatura ( $> 150 \text{ K / s}$ )
    - Medios contaminados
    - Golpe de ariete
  - Sin mantenimiento, sin partes móviles, no deriva del punto cero (calibración "de por vida")
  - Configuración inicial del software ahorra tiempo y costos.

- Los dispositivos Prowirl ofrecen las siguientes posibilidades:
  - Vapor saturado completa o punto de medición de líquidos en masa en un solo dispositivo
  - Cálculo del caudal másico de las variables de medida de caudal y temperatura en el computador de flujo integrado
  - Valor de la presión externa leer-in para aplicaciones de gas (opcional) vapor sobrecalentado
  - Valor de la temperatura externa de lectura en la medición de calor delta (opcional)

#### Campo de aplicación:

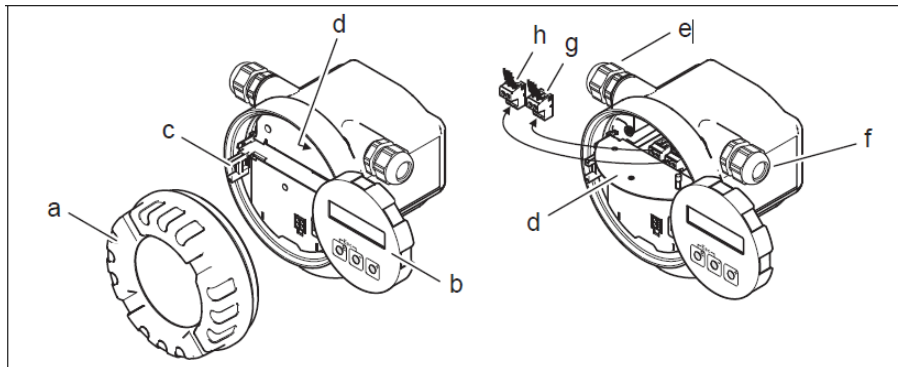
- Para la medición universal del flujo de volumen de los gases, vapor de agua y líquidos:
  - El flujo de masa de vapor de agua.
  - el agua (según IAPWS-IF97 ASME).
  - gas natural (según AGA NX-19/AGA8-DC92 detallada method/AGA8 Método bruto 1/SGERG-88)
  - aire comprimido.
  - otros gases y los líquidos pueden ser medido a través de la medición de temperatura integrado y entrada de los valores de presión externa (opcional).
  
- El rango máximo de las aplicaciones gracias a:
  - Rango de temperatura del fluido -200 a 400 ° C (-328 a 752 ° F)
  - Los rangos de presión hasta PN 40/Clase 300 (niveles de presión más altas a petición)
  - Cuerpo del medidor opcional con reducción integrada de tamaño de línea (R Style = 1 paso, S Style = 2 pasos).
  - Versión Dualsens (opcional) para las mediciones redundantes con dos sensores y la electrónica
  
- Aprobaciones para áreas peligrosas:
  - ATEX, FM, CSA, TIIS, NEPSI, IEC
  - Conexión a todos los sistemas de control de procesos comunes:
  - HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus
  - Los aspectos de seguridad pertinentes:
  - Directiva de Equipos a Presión
  - SIL 1

#### Procedimiento para conectar el transmisor:

Conexiones:

1. Desenrosque la tapa (a) de la cámara de la electrónica del alojamiento del transmisor.
2. Extraiga el módulo de visualización (b) de los rieles de fijación (c) y vuelva a colocar en el perfil soporte de retención derecha con la izquierda. Esto asegura el módulo de visualización.
3. Afloje los tornillos de la tapa del compartimento de conexión (d) y abata la tapa.
4. Empuje el cable de la fuente de alimentación / salida de corriente a través del prensaestopas (e).
5. Apriete el prensaestopas (e / f).
6. Tire del conector terminal (g) de la carcasa del transmisor y conecte el cable de la fuente de alimentación / salida.
7. Enchufe el conector del terminal (g / h) en el alojamiento del transmisor.
8. Doble hacia arriba la tapa del compartimento de conexión y apriete los tornillos (d).
9. Extraiga el módulo de visualización (b) y montar en los rieles de fijación (c).
10. Atornille la tapa del compartimento de la electrónica (a) en la carcasa del transmisor.
11. Sólo versión remota: Fije el cable de tierra al terminal de tierra (terminal de semillas).

Figura 36. Conexión del Transmisor Proline Prowirl 73F

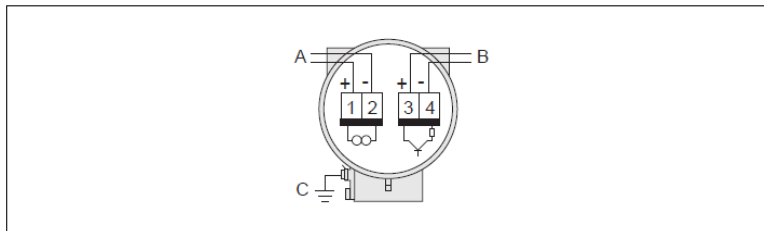


Fuente: Endress+Hauser, Operating Instructions ProlineProwirl 73, Vortex flow measuring system.BA00094D/06/EN/14.11 71154517.

- a* cubierta del compartimiento de la electrónica
- b* módulo de visualización
- c* retención ferrocarril para el módulo de visualización
- d* Cubierta del compartimiento de conexión
- e* Prensaestopas para cable de salida de alimentación / corriente de energía
- f* glándula de cable para cable de salida de frecuencia (opcional)
- g* conector de terminales para alimentación / corriente de salida de potencia
- h* conector de terminales para salida de frecuencia (opcional)

### Conexiones Eléctricas

Figura 37. Conexiones eléctricas Proline Prowirl 73F



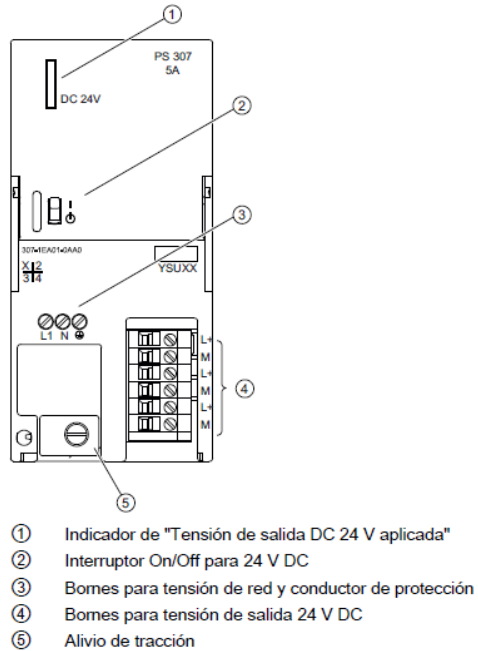
Fuente: Endress+Hauser, Operating Instructions ProlineProwirl 73, Vortex flow measuring system.BA00094D/06/EN/14.11 71154517.

### Anexo 3. Datos técnicos Equipo de control

Aquí se encontrara información completa de las características eléctricas y demás de los módulos del PLC S7-300 usado en el tablero eléctrico de la planta térmica UPB para la toma de datos y transferencia de los mismos.

Fuente PS307 5A

Figura 1. Descripción de las partes de la fuente.



Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/.../S7300-GETTINGSTARTER.PDF>

Datos técnicos.

Figura 2. Datos técnicos de la fuente PS 307

Datos técnicos	
<b>Dimensiones, peso</b>	
Dimensiones A x A x P (mm)	60 x 125 x 120
Peso	aprox. 600 g
<b>Magnitudes de entrada</b>	
Tensión de entrada	120/230 V AC (conmutación automática)
• Valor nominal	
Frecuencia de red	50 Hz o 60 Hz de 47 Hz a 63 Hz
• Valor nominal	
• Rango admisible	
Intensidad de entrada, valor nominal	2,3 A 1,2 A
• a 120 V	
• a 230 V	
Extracorrente de conexión (a 25 °C)	20 A
I <sup>2</sup> t (con pico de intensidad al conectar)	1,2 A <sup>2</sup> s
<b>Magnitudes de salida</b>	
Tensión de salida	DC 24 V 24 V ± 3 %, soporta funcionamiento en vacío
• Valor nominal	
• Rango admisible	máx. 2,5 s
• Duración del arranque	
Intensidad de salida	5 A, conectable en paralelo
• Valor nominal	
Protección contra cortocircuitos	electrónica, no precisa rearme de 1,1 a 1,3 x I <sub>N</sub>
Rizado residual	máx. 150 mV <sub>pp</sub>

Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/.../S7300-GETTINGSTARTER.PDF>

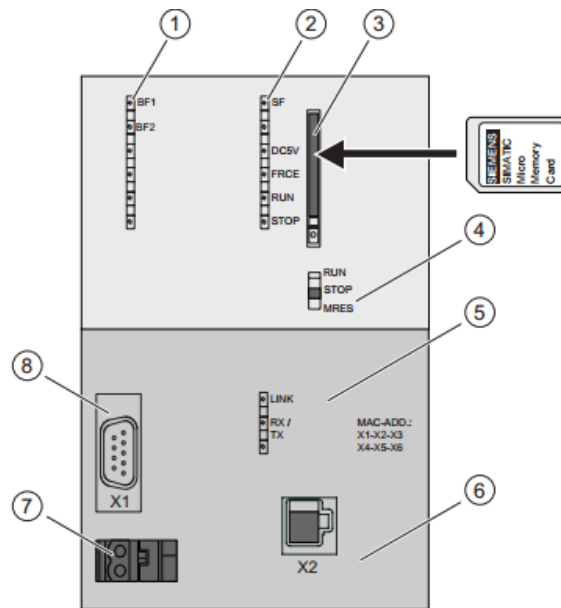
Figura 3. Valores característicos de la fuente PS 307

Valores característicos	
Clase de protección según IEC 536 (DIN VDE 0106, parte 1)	I, con conductor de protección
Dimensionamiento del aislamiento	250 V AC
• Tensión nominal de aislamiento (24 V resp. L1)	
• Ensayado con	DC 4200 V
Separación eléctrica segura	Circuito SELV
Compensación de cortes de red (para 93 V ó 187 V)	mín. 20 ms
• Tasa de repetición	mín. 1 s
Rendimiento	87 %
Potencia absorbida	138 W
Potencia disipada	típ. 18 W
<b>Diagnóstico</b>	
Indicador "Tensión de salida aplicada"	Sí, LED verde

Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/.../S7300-GETTINGSTARTER.PDF>



Figura 4. Partes de la CPU del PLC de la planta térmica UPB



- | Cifra | Descripción   |
|-------|---|
| ①     | Indicador de error de bus                           |
| ②     | Indicadores de estado y error                       |
| ③     | Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor |
| ④     | Selector de modo                                    |
| ⑤     | Indicador de estado de la 2ª interfaz (X2)          |
| ⑥     | 2. interfaz X2 (PN)                                 |
| ⑦     | Conexión para la fuente de alimentación             |

Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/.../S7300-GETTINGSTARTER.PDF>

Tabla 2. Datos técnicos de la CPU 315F 2DP/PN

Tensión de alimentación	
Tensión asignada	24 V DC
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección externa para líneas de alimentación (recomendación)	
	mín. 2 A
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	650 mA
Consumo (en marcha en vacío), típ.	100 mA
Pérdidas	
	Pérdidas, típ. 3,5 W
Tipo de interfaz	PROFINET
Dimensiones	

Anchura 80 mm
Altura 125 mm
Profundidad 130 mm
Peso, aprox. 460 g

Fuente: Autor

Tabla 2. Especificaciones MODULO 1 y 2 SM323 6ES7323-1BL00-0AA0

Tensión de carga L +	
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28.8V
corriente de entrada	
La tensión de carga L + (sin carga), máx.	80 mA
De bus de fondo 5 V DC, máx.	80 mA
entradas digitales	
Número de entradas digitales	16
Característica de entrada según IEC 61131 , tipo 1	Sí
Número de entradas simultaneas controlables	
En todas las posiciones de montaje	
Hasta 40 ° C, máx.	16
Hasta 60 ° C, máx.	8
voltaje de entrada	
Tipo de tensión de entrada	DC
Valor nominal	24V
para señal " 0 "	-30 a +5 V
para señal " 1 "	13 a 30 V
corriente de entrada	
para señal " 1 " valor nominal	0,5 A
Para señal " 1 " rango admisible para 0 a 60 ° C , min .	5 mA
Para señal " 1 " rango admisible para 0 a 60 ° C, máx.	0.6 A
Para la señal de corriente de carga mínima " 1 "	5 mA
Para señal " 0 " Intensidad residual, máx.	0,5 mA
Número de salidas digitales	16
protección contra cortocircuitos	Sí
Señalizador de diagnóstico LED	
Salida digital Indicador de estado ( verde)	Sí
Entrada digital Indicador de estado ( verde)	Sí

Fuente: Autor

Tabla 3. Especificaciones MODULO 3 SM 331-1KF02-0AB0

Corriente de entrada	
Bus de fondo 5V, Máxima	90mA
Pérdida de potencia	
Pérdidas.	0.4W
Entradas analógicas	
Número de entradas Analógicas	8
Número de entradas Analógicas para la medición de la resistencia	8
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máxima	30 V; 12 V en continua, 30 V para máx.
Corriente de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máxima	40mA
Rangos de entrada	
Voltaje	Si
Corriente	Si
Termocupla	No
Termoresistencia	Si
Resistencia	Si
Rangos de entrada nominales de tensión	
De 0 a + 10V	Si
Resistencia de entrada de 0 a 10V	100KW
De 1 a 5V	Si
Resistencia de entrada de 1 a 5V	100KW
De 1 a 10 V	Si
De -1 V a 1V	Si
Resistencia entres -1 a 1 V	100KW
De -10V a 10V	Si
Resistencia de entrada de -10V a 10V	100KW
De -5V a 5V	Si
Resistencia entres -5V a 5V	100KW
De -50V a 50V	Si
Resistencia entres -50V a 50V	100KW
De -500mV A 500mV	Si
Resistencia entre -500mV a 500mV	100KW
Rangos de entradas nominales de corriente	

De 0 a 20mA	SI
Resistencia de entrada entre 0 a 20mA	100 $\Omega$
De -20 <sup>a</sup> a 20mA	Si
Resistencia de entrada entra - 20 <sup>a</sup> a 20mA	100 $\Omega$

Fuente: Autor

Tabla 4. Módulo 4 y 5 SM 334-0CE01-0AA0

La tensión de alimentación	
Tensión de carga L +	
Valor nominal ( DC)	24 V
corriente de entrada	
La tensión de carga L + (sin carga), máx.	110 mA
De bus de fondo 5 V DC, máx.	55 mA
pérdidas de potencia	
Pérdidas, típ .	3 W
entradas analógicas	
Número de entradas analógicas	4
N ° de entradas analógicas para la medición de tensión	4
Tensión de entrada admisible (límite de destrucción), máx.	20 V
Intensidad de entrada admisible (límite de destrucción), máx.	40 mA
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	5 ms
rangos de entrada	
Voltaje	Si
Corriente	Si
Termómetro de resistencia	No
Resistencia	No
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
0 a +10 V	Sí
Resistencia de entrada ( 0 a 10 V )	100 kW
Rangos de entrada (valores nominales), las corrientes	
0 a 20 mA	Sí
Resistencia de entrada ( 0 a 20 mA )	50 $\Omega$
salidas analógicas	
N ° de salidas analógicas	2

Salida de tensión , protección contra cortocircuito	Sí
Salida de tensión, intensidad de cortocircuito, máx.	11 mA
Salida de corriente, tensión en vacío, máx.	15 V
Rangos de salida , tensión	
0 a 10 V	Sí
Rangos de salida , corriente	
0 a 20 mA	Sí
Resistencia de carga ( en rango nominal de la salida)	
Salidas de tensión , mín.	5 kW
Salidas de tensión, carga capacitiva, máx.	1 mF
Salidas de corriente, máx.	300 Ω
Salidas de corriente, carga inductiva, máx.	1 mH

Fuete: Autor

Tabla 5. Características X005 SCALANCE 005-0BA00-1AA3

Velocidad de Transferencia	
Tasa de transmisión 1	10Mbit/s
Tasa de transmisión 2	100Mbit/s
Interfaces	
Número de conexiones eléctricas	
Número de conexiones eléctricas/ópticas / para componentes de red o equipos terminales / máximo	5
Número de conexiones eléctricas	5
Componentes de red o equipos terminales	1
alimentación de tensión 1	Puertos RJ45
Versión de la conexión eléctrica	
Componentes de red y equipos terminales	DC
Tensión de alimentación, consumo, pérdidas	
Tipo de tensión / de la tensión de alimentación	
Tensión de alimentación / externa	
Tensión de alimentación Externa	24V
Tensión Mínima	18V
Tensión Máxima	32V

Puerto RJ45

DC

## Anexo 4. Manejo de la HMI

- Configuración WONDERWARE

Para la realización de la interfaz humano maquina wonderware intouch que es el software que presta este servicio tiene tres programas principales los cuales se utilizaron para la construcción y análisis de la HMI, el sistema SCADA se encuentra en el servidor llamado Garrapata.

- Es importante conocer la terminología y sus definiciones para trabajar con Wonderware:

- **Daserver Manager (DAS Manger):** proporciona la interfaz de usuario necesaria para la activación, configuración y diagnóstico de la Daserver.
- **Data Access Server (Daserver):** es el ejecutable del servidor que se encarga de todas las comunicaciones entre los dispositivos de campo y las aplicaciones cliente. Similar en función a los servidores de entrada y salida (E / S), con capacidades avanzadas.
- **Galaxia:** es toda la aplicación. El sistema ArchestrA completo que consta de un solo espacio de nombres lógico (definido por el Galaxy de base de datos) y una colección de plataformas, motores y objetos. Uno o más ordenadores en red de que constituyen un sistema de automatización.
- **ArchestrA:** es la arquitectura distribuida de control de supervisión y los sistemas de información de fabricación. Se trata de una tecnología abierta y extensible basado en un diseño distribuido, basado en objetos.
- **System Management Console (SMC):** es la interfaz de usuario de tiempo de ejecución del sistema central de administración / gestión en el que todas las funciones de administración de tiempo de ejecución necesarios se puede lograr.
- **Dispositivo objeto de integración (DIObjects):** DIObjects ejecutan en un motor de aplicación e incluyen DINetwork y 146odr146s DIDevice.
- **DIDevice Object:** es un objeto que representa el dispositivo externo real (por ejemplo, un PLC o RTU) que se asocia con un objeto

DINetwork. Proporciona la capacidad de diagnosticar y examinar los registros de datos de los DAGroups para ese dispositivo.

- **DINetwork Objeto:** es un objeto que representa el puerto de interfaz de red al dispositivo a través del servidor de datos de Access o el objeto que representa la vía de comunicación a otra aplicación de software. Proporciona diagnóstico y configuración de la tarjeta de red específica.

Programas para la HMI:

- Intouch Application Manager: es el encargado de administrar el nuevo proyecto que se va a realizar en Wonderware..
- WindowMaker: encargado de todo lo referente a graficas del nuevo proyecto.
- WindowViewer: encargado de la visualización, compilación y puesta en marcha del proyecto.

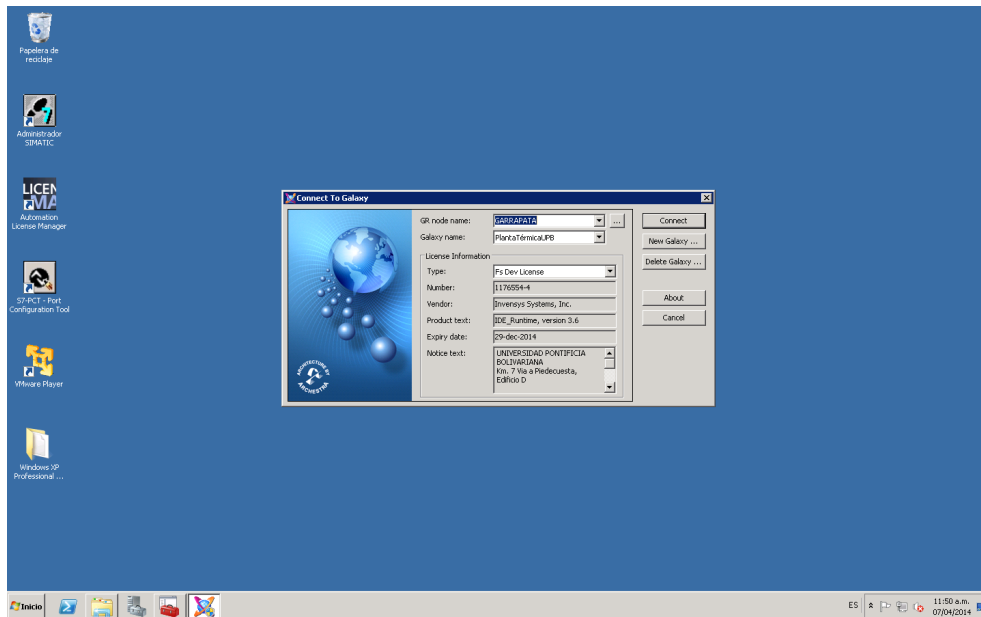
Las aplicaciones en intouch pueden ser de tres tipos:

- Aplicaciones administradas: son creadas en un entorno Archestra IDE y pueden ser desarrolladas sobre una galaxia la cual permite el desarrollo de graficos y creación de HMI.
- Aplicaciones publicadas: también son creadas con el entorno Archetra IDE pero para ser lanzadas o abiertas se usa el programa Intouch Application Manager.
- Aplicaciones independientes: son aplicaciones creadas y lanzadas con el programa Intouch Application Manager y en ellas no puede ser utilizado ningún elemento de Archestra como graficos, etc.
- Archestra IDE permite crear aplicaciones de Intouch administradas.

➤ Procedimiento:

Para iniciar con la creación de una nueva galaxia abrimos el programa Archestra IDE y luego damos click en el botón conectar a galaxia existente o crear una nueva galaxia (Figura1), en el caso de la Planta Térmica de la universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga el nodo es el servidor garrapata y la galaxia se llama PlantaTérmica.

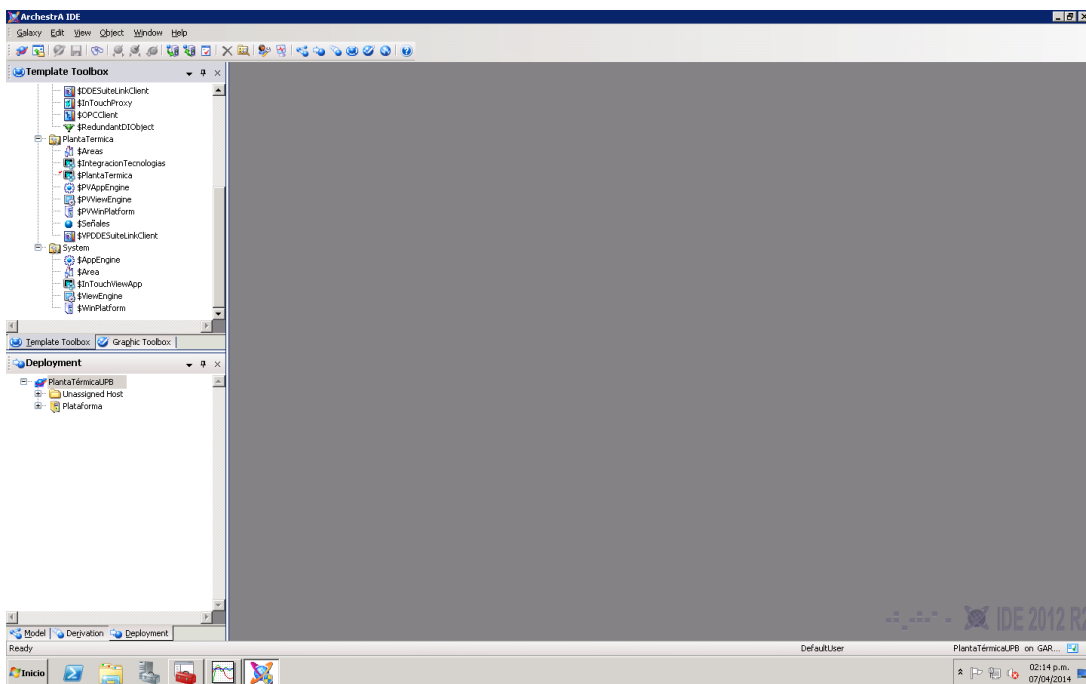
Figura 1



Fuente: Autor

Luego damos crear, allí tarda unos segundos creando la galaxia y nos lleva a la pantalla principal de archestra IDE (figura 2).

Figura 2

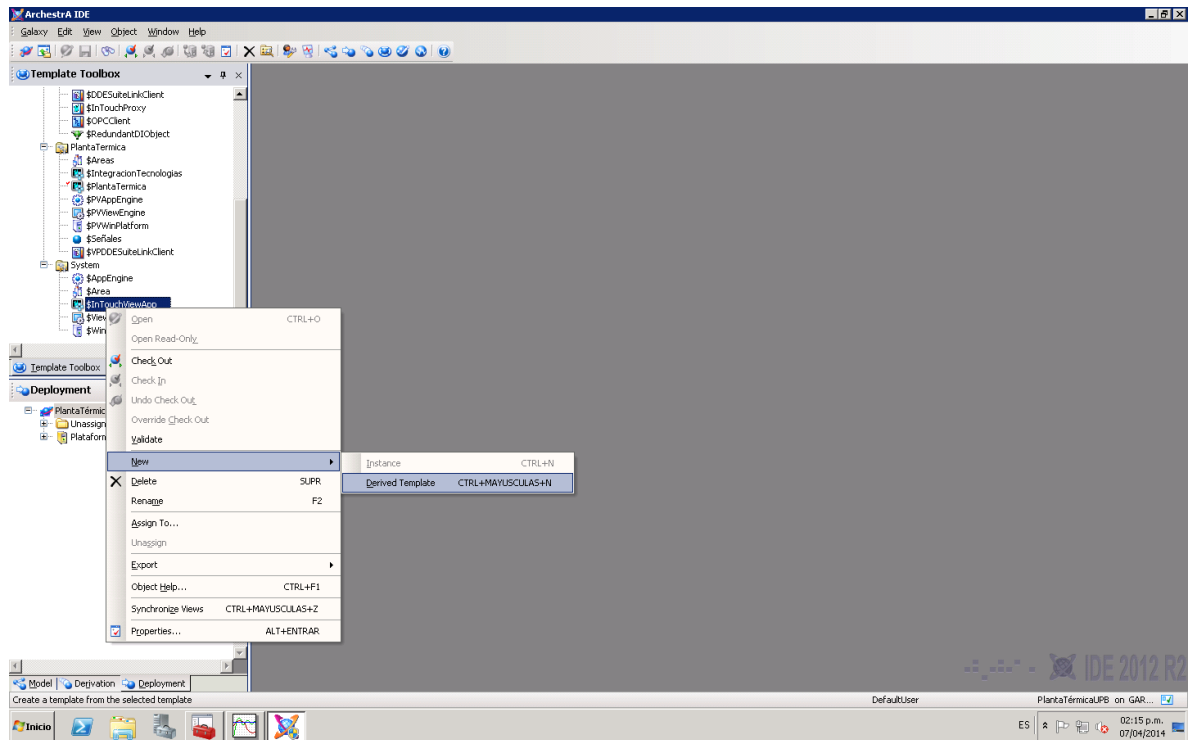


Fuente: Autor



Luego del submenú systems se va a crear un plantilla derivada de cada uno de los componentes, es de resaltar que la tecnología usada para esta programación cada una de las plantillas si es modificada los cambios se heredan para otra plantilla (figura 3).

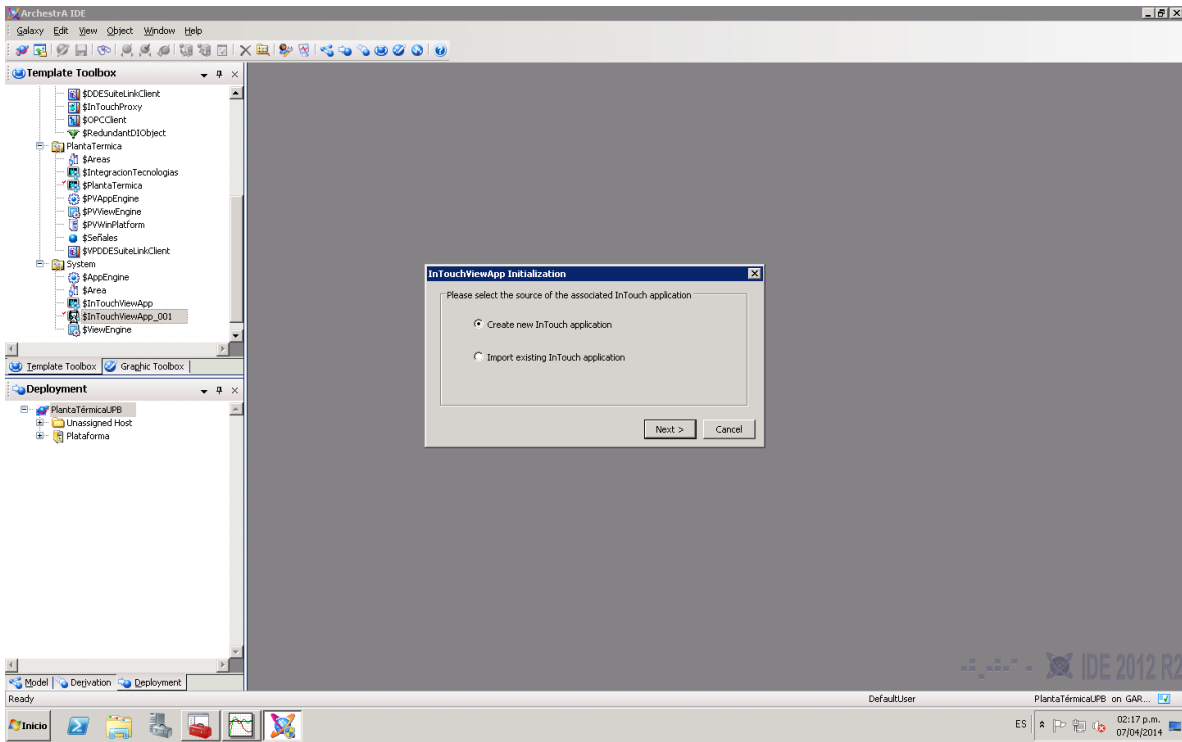
Figura 3



Fuente. Autor

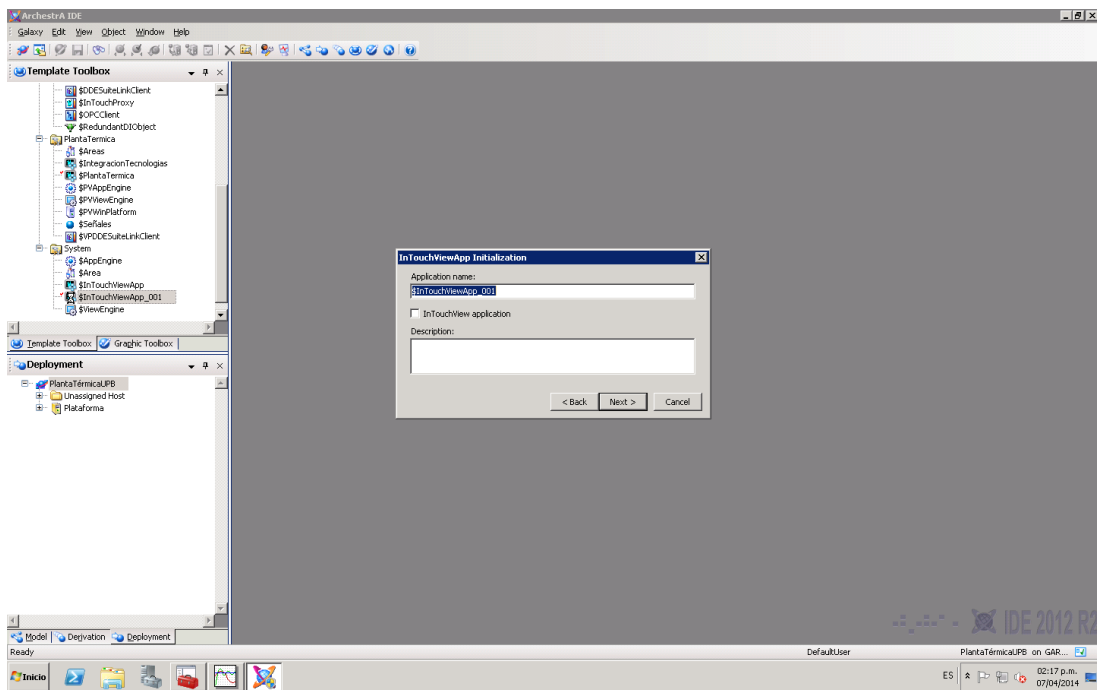
Luego a cada una de las plantillas se da click derecho y derivate template, se muestra una ventan en la cual se escoge créate new intouch application para que sean creadas las nuevas plantillas a estas se les puede cambiar el nombre (figura 5) por el que el usuario desee.

Figura 4



Fuente: Autor

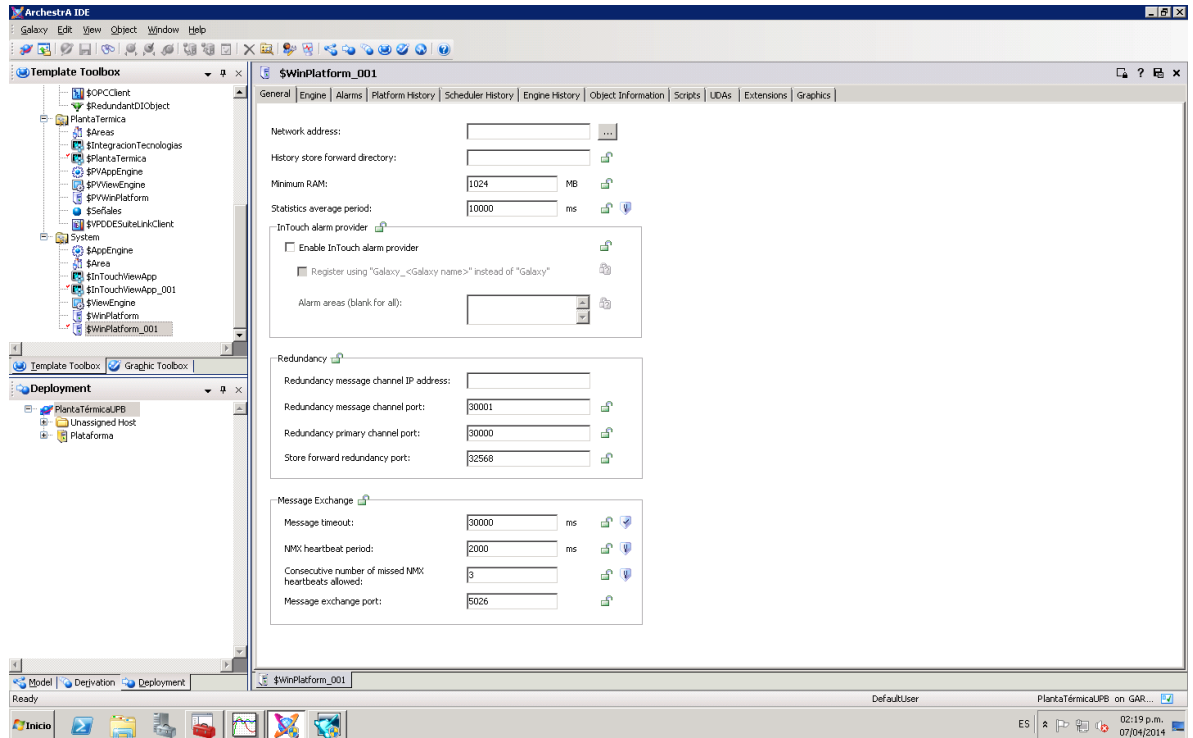
Figura 5



Fuente: Autor

A continuación damos doble click sobre la plantilla derivada de WinPlatform y se va a establecer el nodo o el PC sobre el cual se desarrollara la aplicación (figura 6) y toda la configuración referente a este tópico.

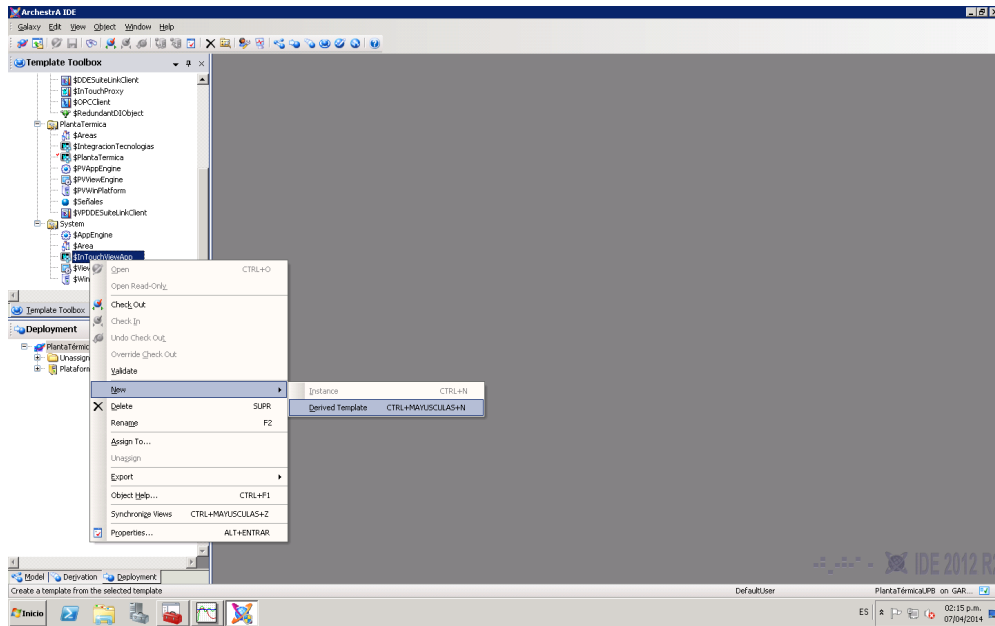
Figura 6



Fuente: Autor

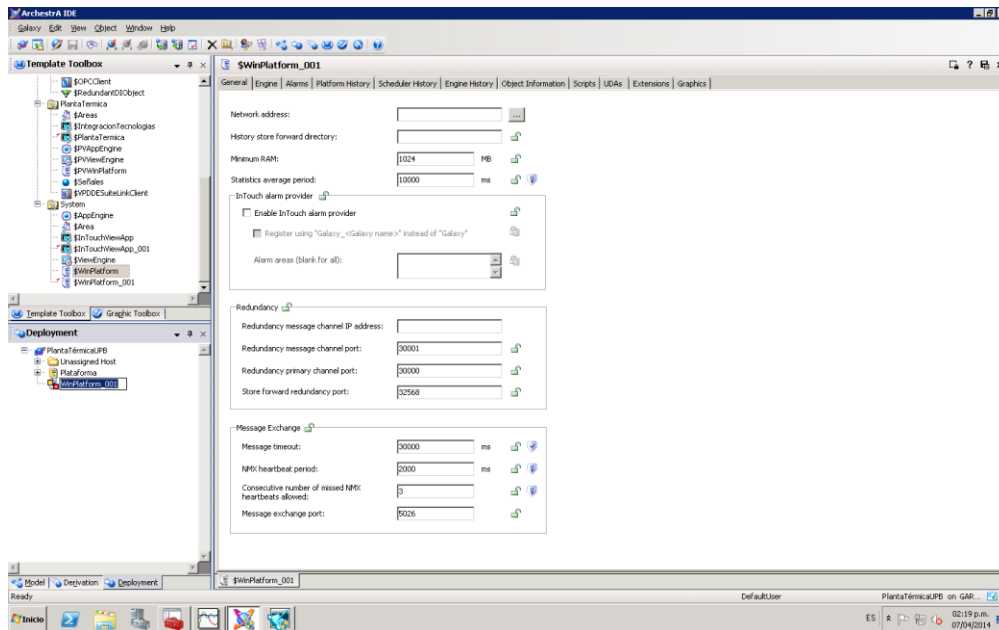
El siguiente paso es instanciar cada una de las plantillas derivadas, damos click derecho sobre cada una y en vez de dar derivate template damos new instance (figura 7), cada vez que hacemos esto en la parte de abajo donde dice model aparece una nueva plantilla dentro del directorio unassigned área (figura 8). Como las nuevas pestañas están sin área asignada allí mismo debajo de todo se crea una pestaña Plataforma allí deben ser arrastradas todas las plantillas instanceadas que acabamos de crear (figura 9)

Figura 7



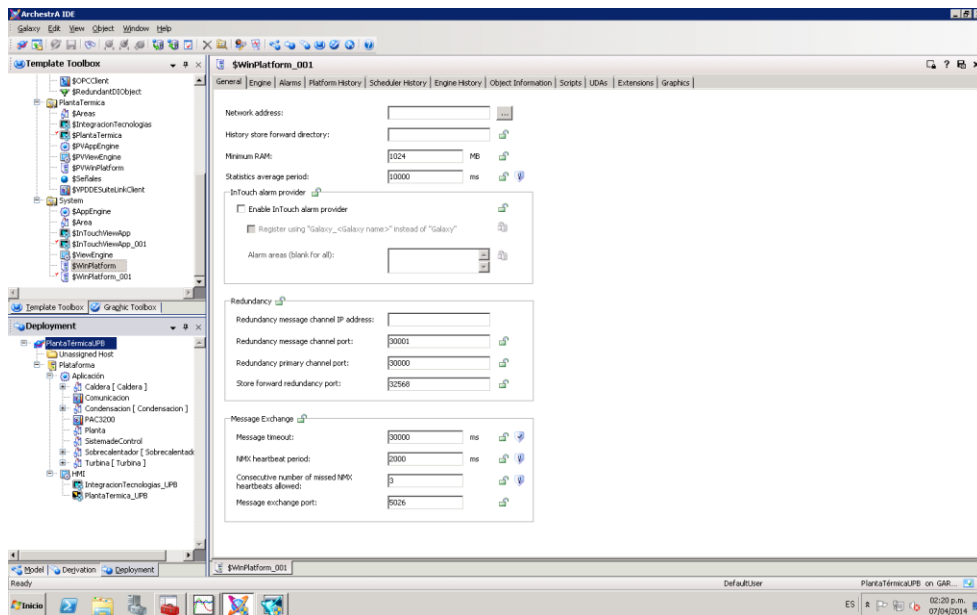
Fuente: Autor

Figura 8



Fuente: Autor

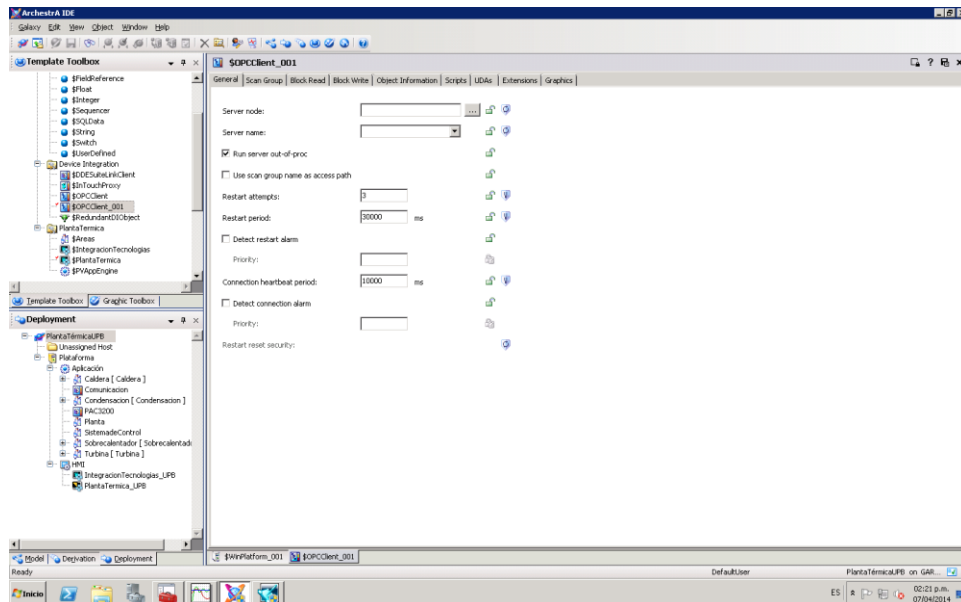
Figura 9



Fuente: Autor

Par confirmar la comunicación de la galaxia, se crea un nuevo Derivado de OPC. Se crea el nuevo Derivado de la misma manera como se crearon anteriormente, lo pasamos a nuestro directorio, se hace la configuración que se desea. (Ver figura 10)

Figura 10

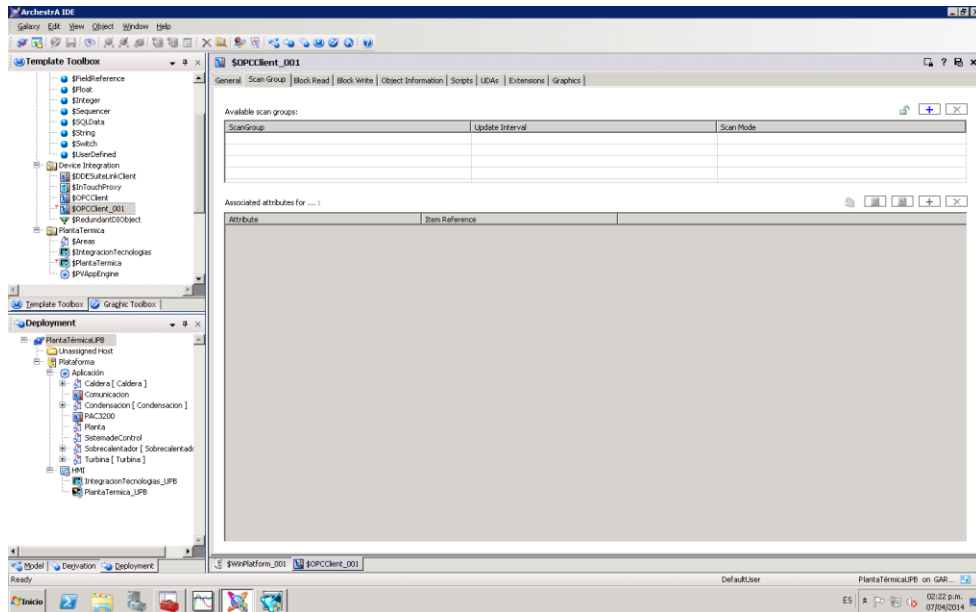


Fuente: Autor

A continuación se abre el nuevo Template, se configura en el campo Server Node (si se deja en blanco se asumirá que el servidor está en el mismo PC), que hace referencia al host local.

Se pulsa en el icono de búsqueda, aparecerá una ventana emergente donde están todos los PC que están conectados en la misma red.

Figura 11



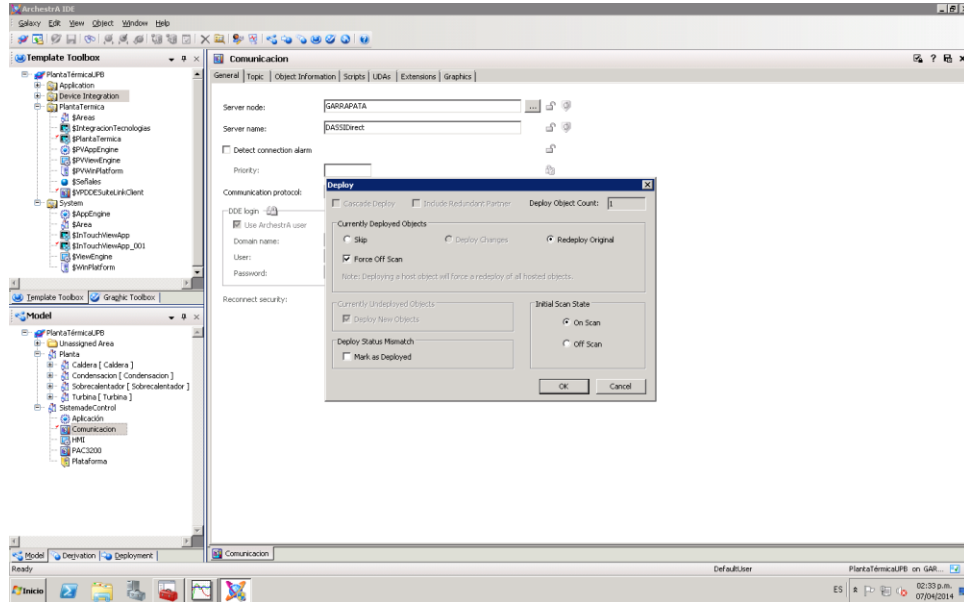
Fuente: Autor

Luego de hacer click en Server Name aparecerá una lista en los cuales se pueden observar los servidores instalados actualmente. (Ver figura 12)



Para comprobar la comunicación con el OPC, le damos click en Object-Deploy, Deploy es el botón para correr el programa (Runtime), activa todos los servicios y funcionalidades. (Ver figura 14)

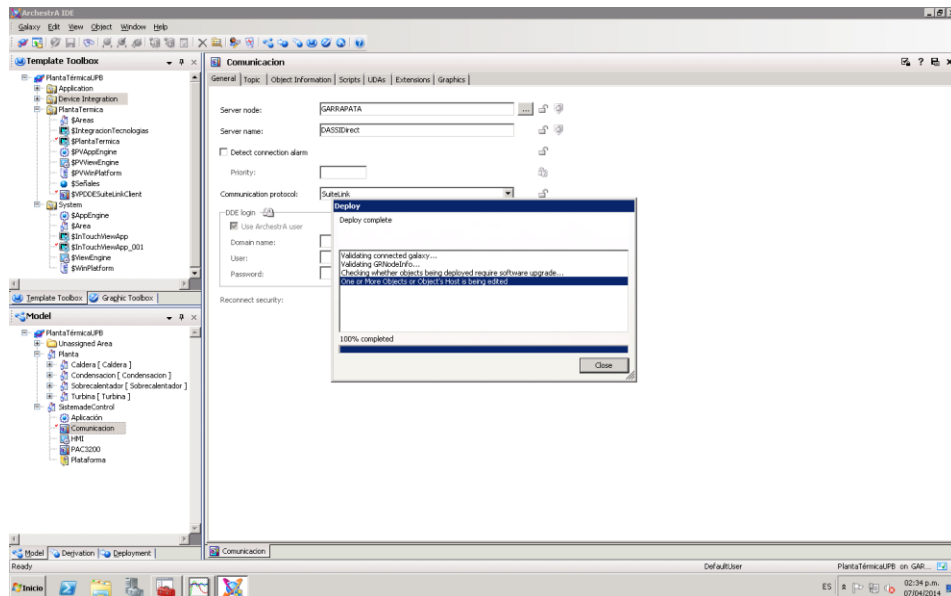
Figura 14



Fuente: Autor

La siguiente ventana aparece para ver si en la recopilación hay errores. (Ver figura 15)

Figura 15.

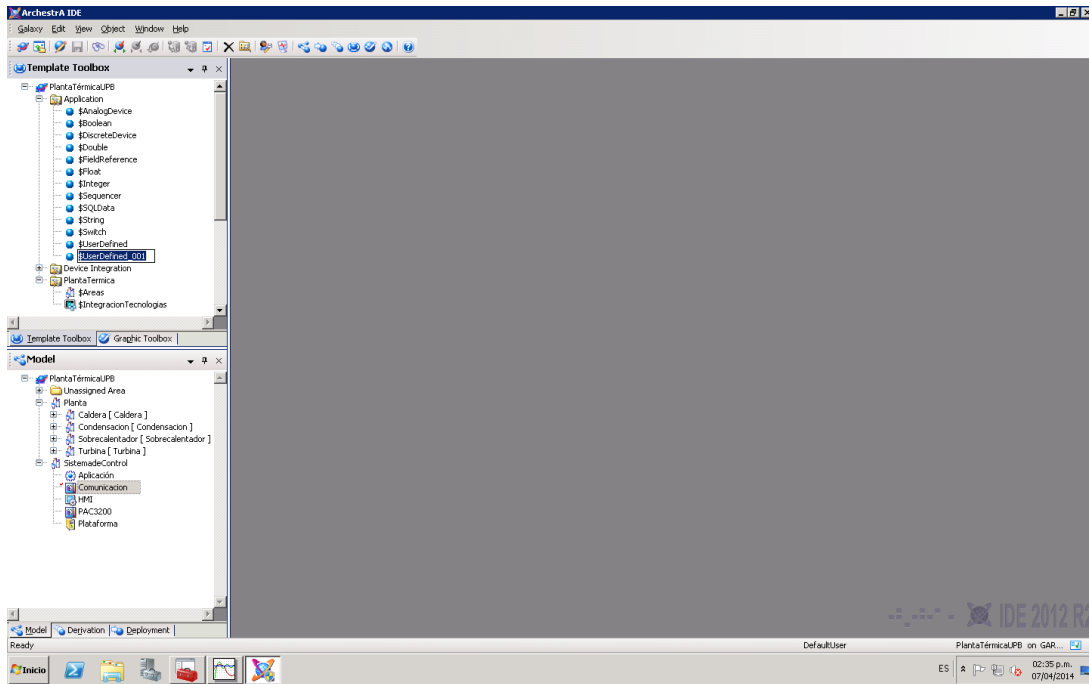


Fuente: Autor



Para configurar un objeto primero escoger el tipo de objeto que va a ser, como nosotros vamos a definir el objeto escogemos en el submenú Application \$UserDefined (figura 16) y crear una plantilla derivada de este a la cual le se le dará un nombre y será llevada a al directorio creado anteriormente.

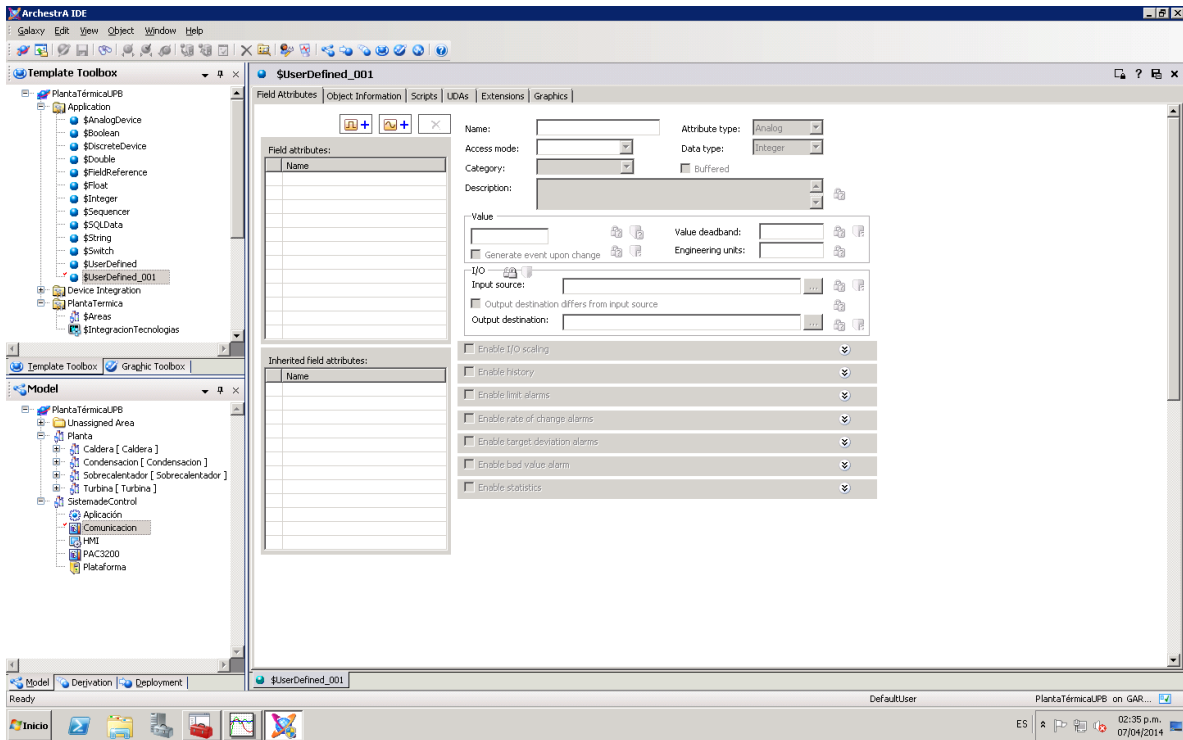
Figura 16.



Fuente: Autor

Damos doble click sobre el objeto creado y abre una ventana en la cual definiremos los diferentes aspectos del objeto creado (figura 17).

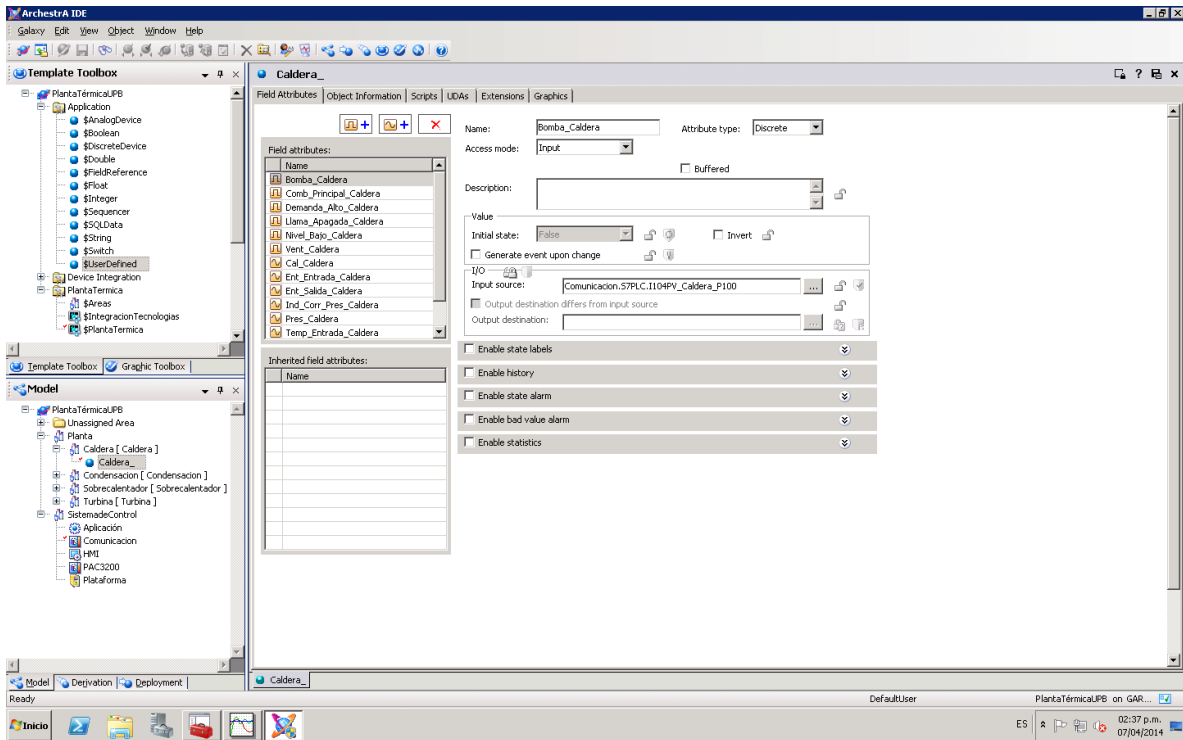
Figura 17.



Fuente: Autor

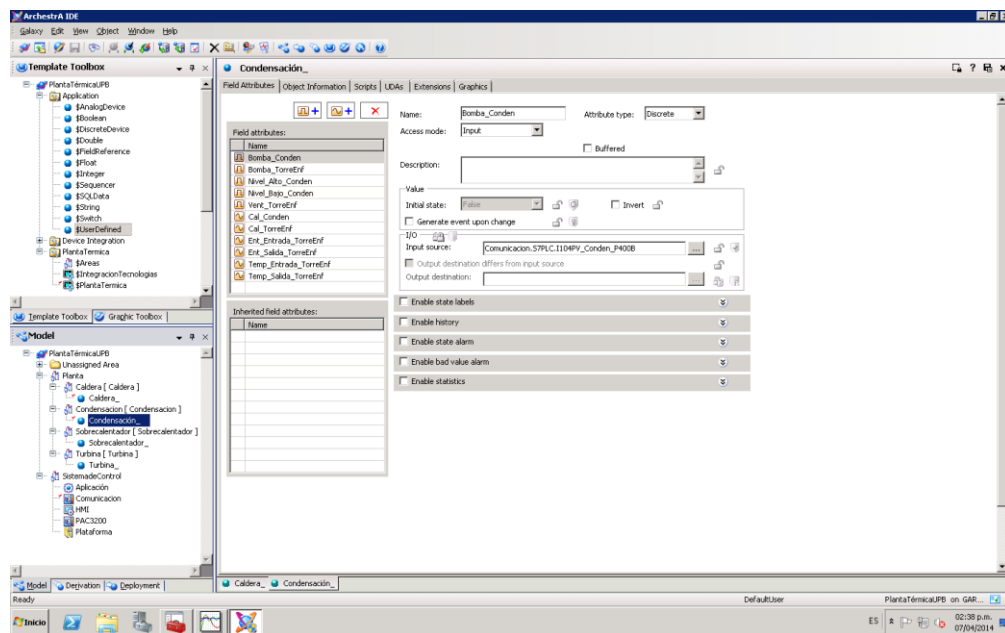
En esta ventana se podrá crear los detectores del objeto sean discretos o analógicos en las pestañas con + de color azul, allí se da el nombre y el tipo de señal del detector o sensor, al crear un tag podemos darle nombre, modo de acceso, atributos y demás características (figura 24). Luego de haber creado el objeto con sus características se asigna un gráfico, estos pueden ser importados de la librería predeterminada de Archestra o creados por el usuario (figura 18).

Figura 18.



Fuente: Autor

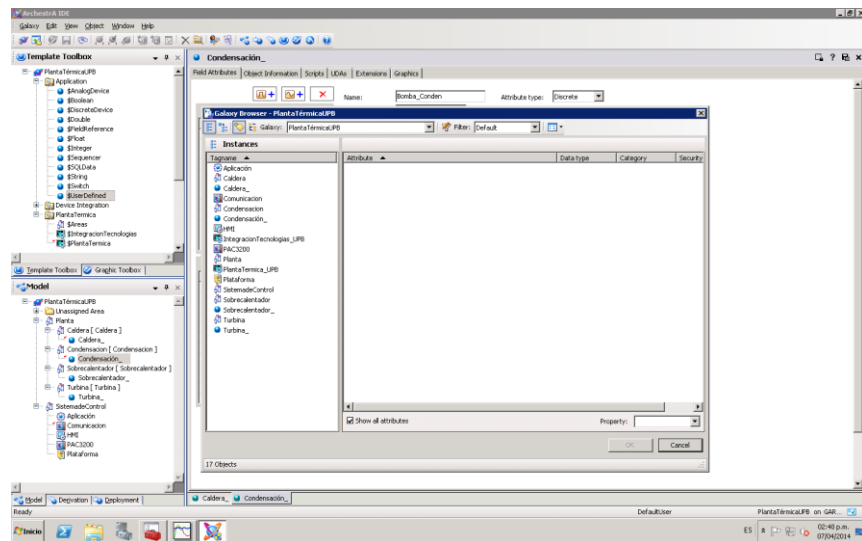
Figura 19.



Fuente: Autor

Ahora damos click derecho sobre el objeto y se crea una nueva instancia, como esta programación hereda las características de la plantilla creada, abajo en modelo se observa (figura 20) dar doble click sobre Deposito\_001, en esta nueva pestaña se puede asignar la señal a algún tag de los creados, si algún tag no va a ser utilizado se debe dar --- para que no salga una advertencia o borrarlo.

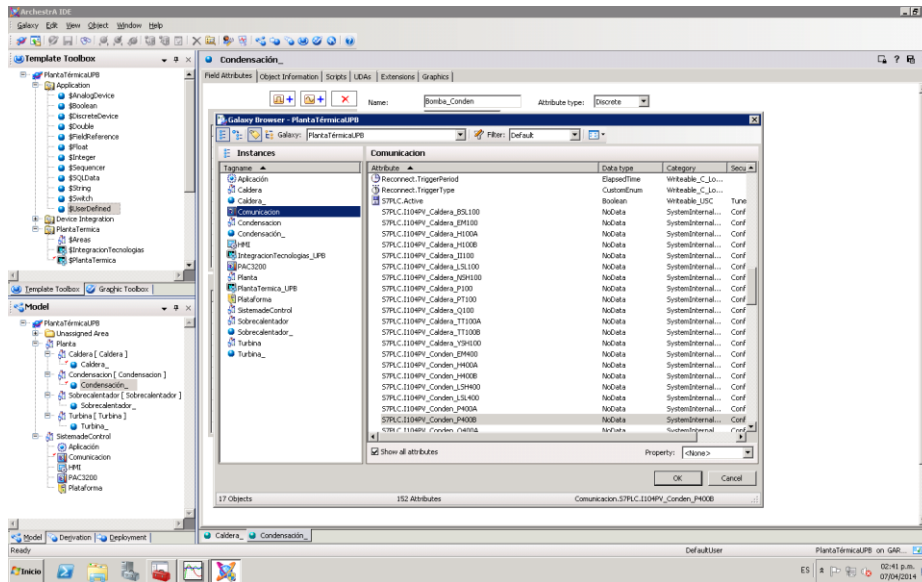
Figura 20.



Fuente: Autor

Al dar click sobre el botón examinar aparece la lista de señales del PLC y aquí escogeremos la que esté de acuerdo al tag creado (figura 21).

Figura 21.

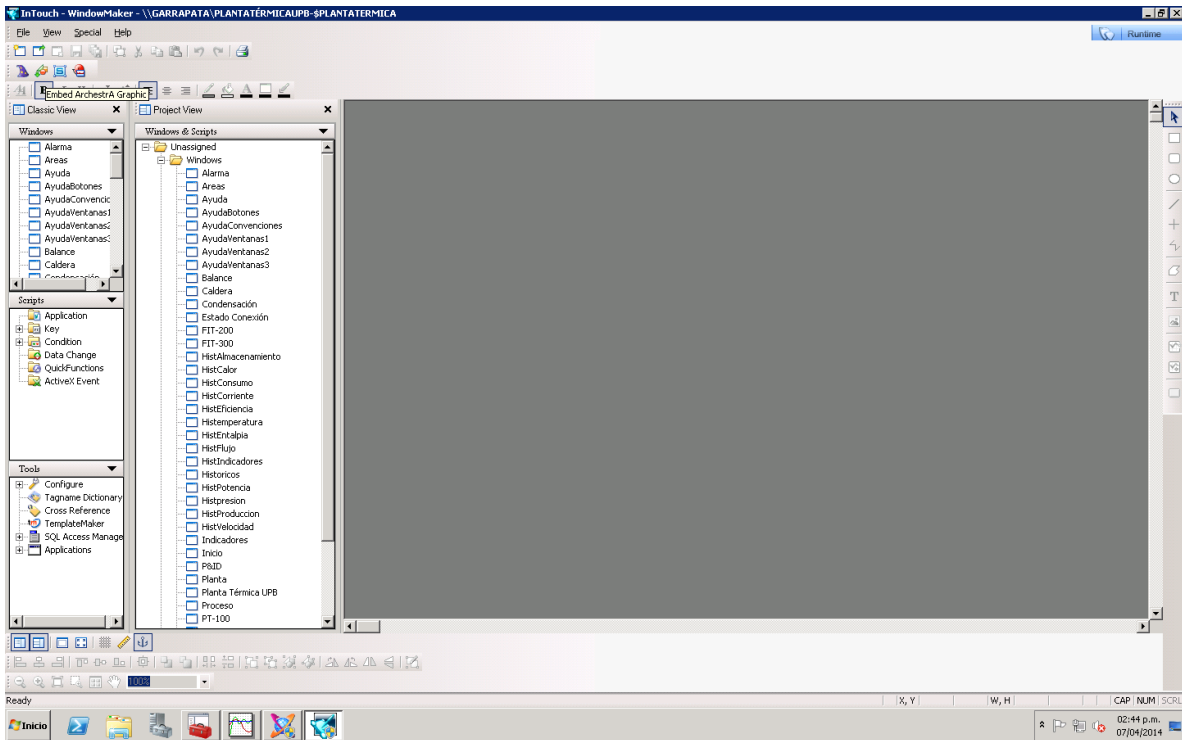


Fuente: Autor

También debe ser agregado el grafico igual al de la plantilla de la cual heredo los atributos .

Una vez terminada la configuración se guarda y se cierra una vez esto hecho mover el objeto al área en la pestaña Modelo y su ubicación en Deploy como se hizo anteriormente. El siguiente paso es insertar el objeto en Intouch para que pueda ser visualizado en la HMI, para esto abrimos el software Intouch y usamos el icono indicado (figura 22) como se puede observar en la imagen aquí están todos los objetos de la HMI de la planta y en esta ventana de Windows Maker se pueden modificar las características de estos objetos.

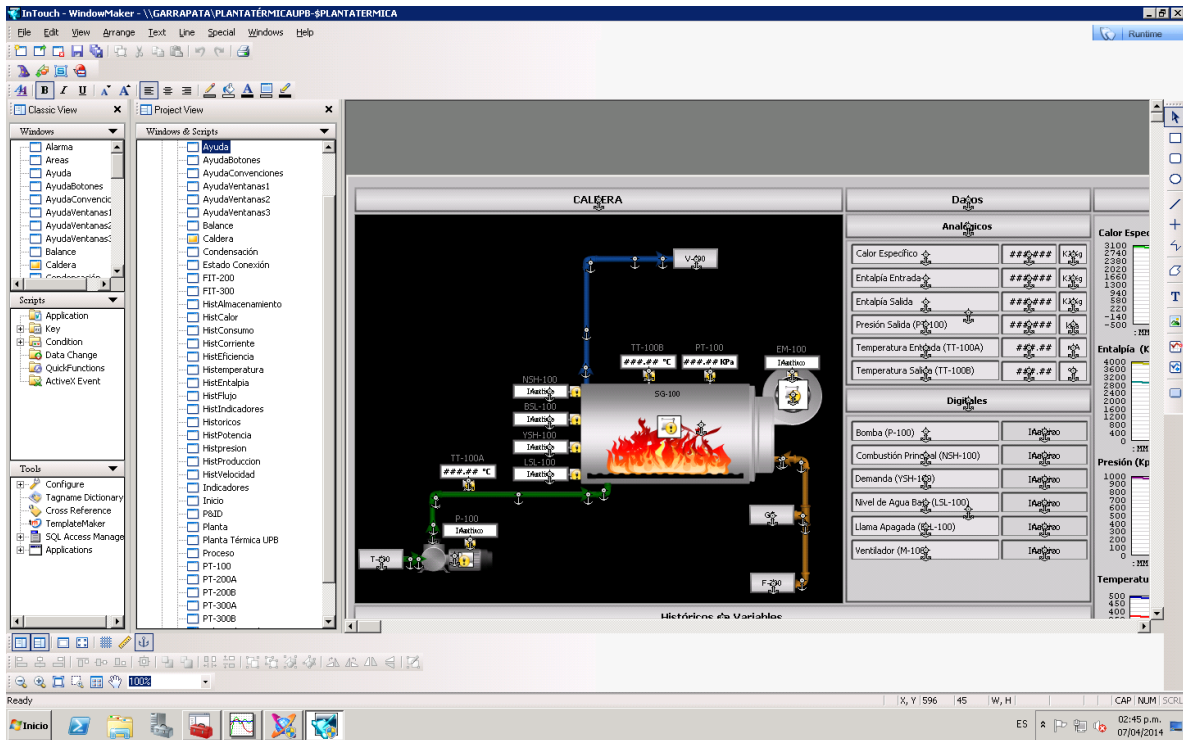
Figura 22.



Fuente: Autor

Al pulsar este icono abre una ventana llamada Galaxy Browser aquí buscamos el icono Instances el cual debe pulsar luego aparecerá la imagen con su nombre correspondiente, con sus atributos, damos click en ok (figura 23).

Figura 23.



Al dar click sobre la imagen es posible configurar su nombre, Fillcolor y demás características del gráfico. Guardamos y hacemos un Deploy de todo el proceso para ponerlo en funcionamiento.

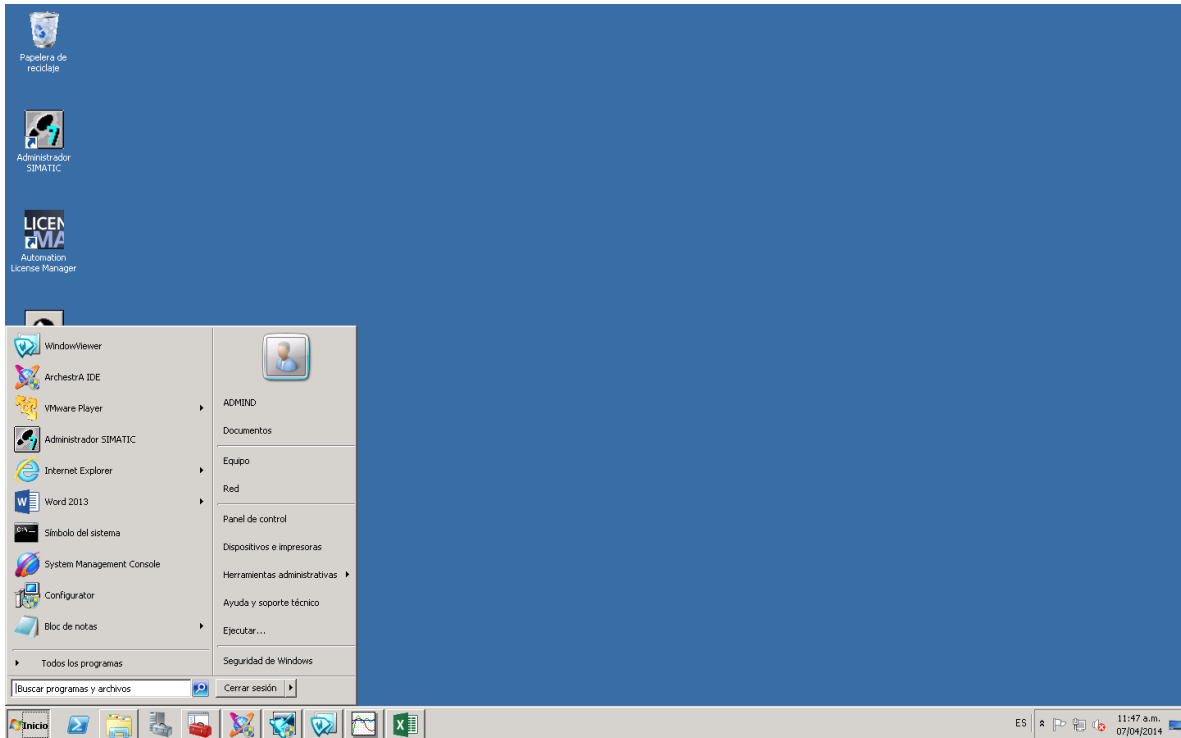
## ➤ Procedimiento para el manejo de la interfaz Humano-Máquina (HMI)

Abrir y cerrar

Para abrir la aplicación, se siguen los siguientes pasos:

1. Dar clic en el botón INICIO de Windows

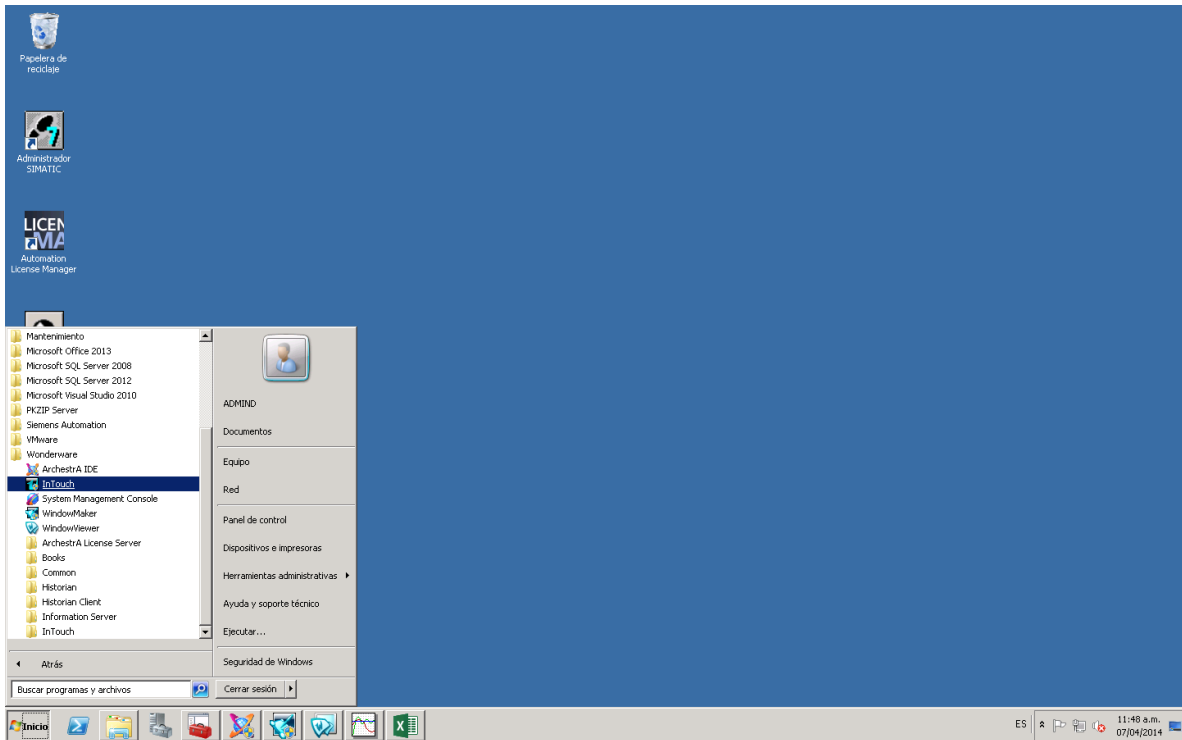
Figura 1



2. Seguir la ruta PROGRAMAS/Wonderware/Archestra IDE.

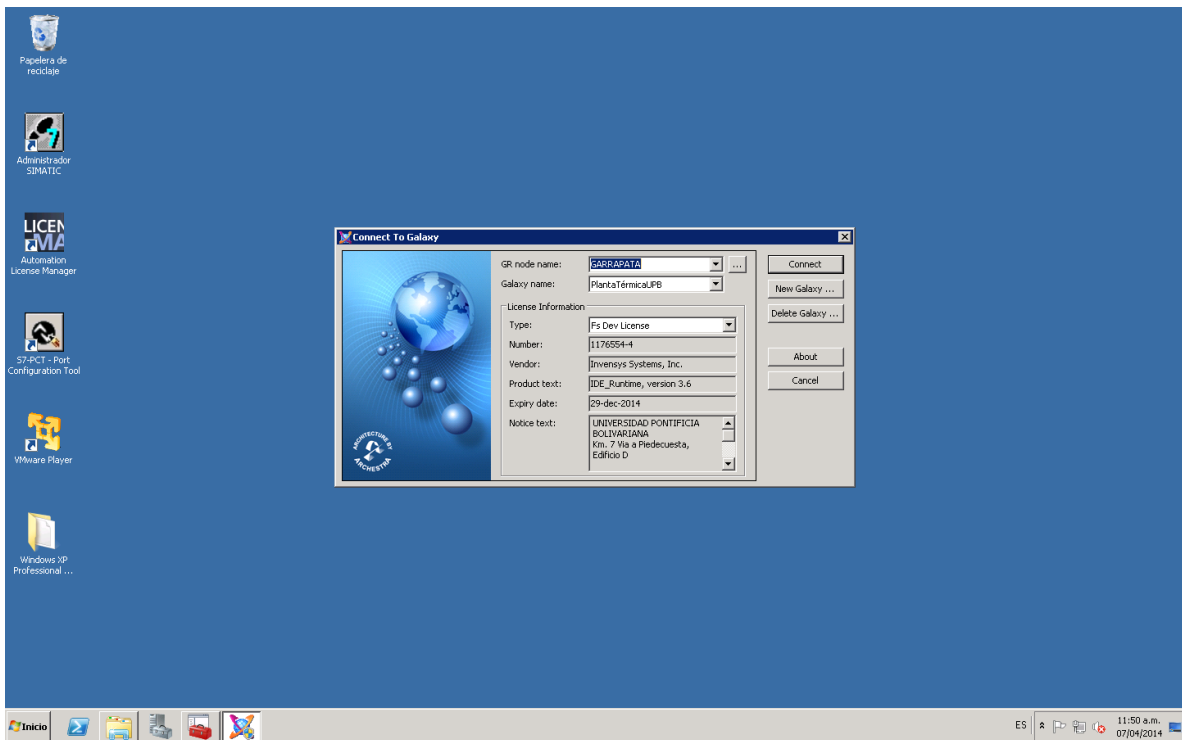
Figura 2





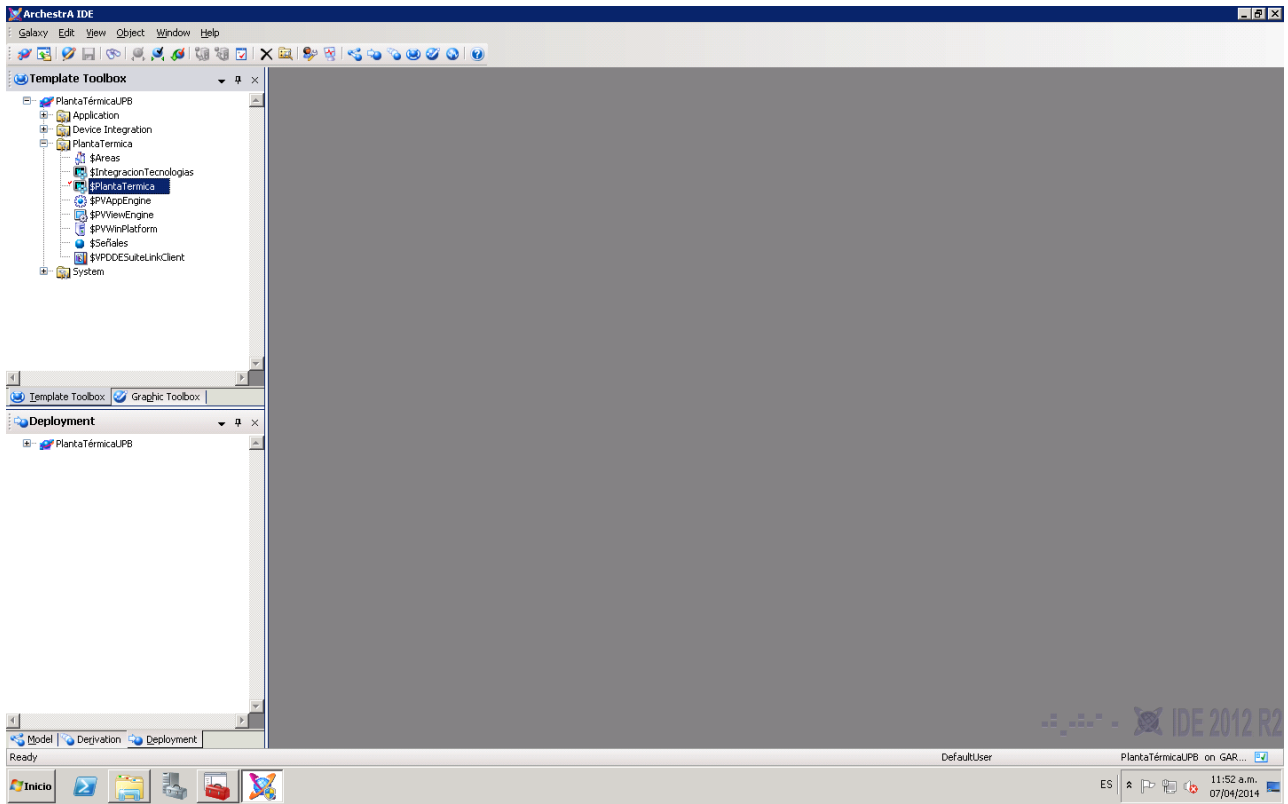
### 3. Entrar a la galaxia llamada Planta Térmica

Figura 3



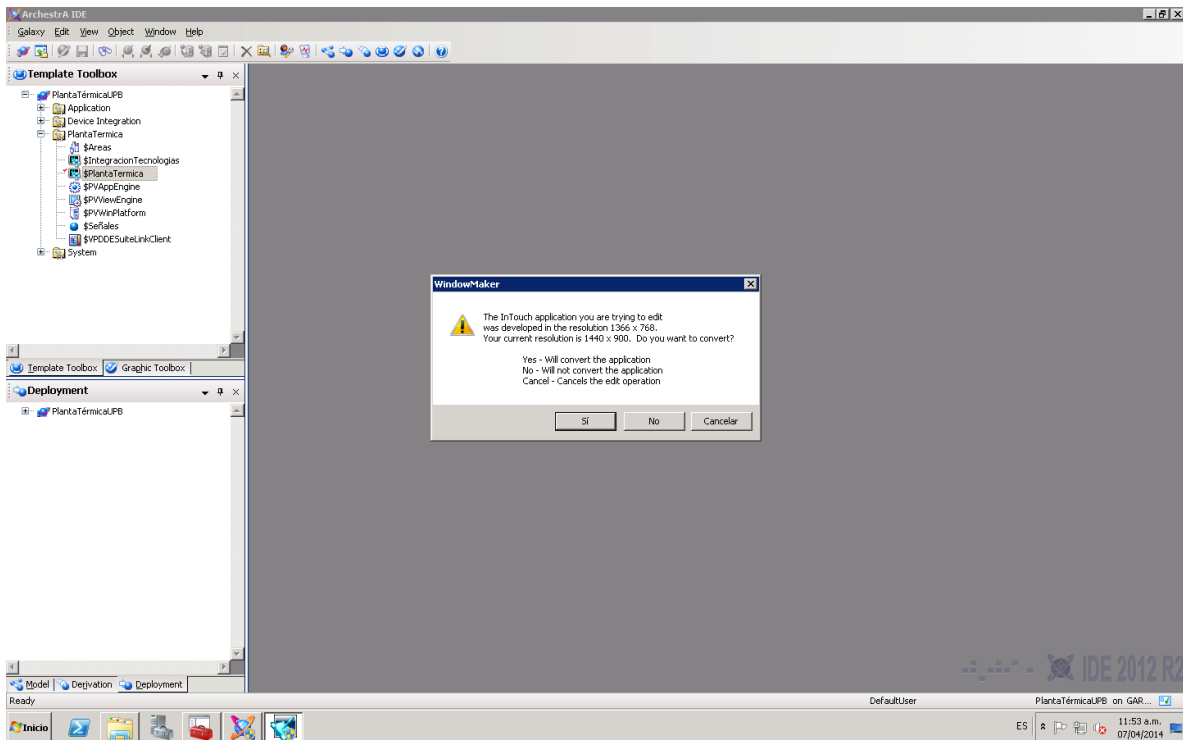
4. En la barra de la izquierda parte superior llamada Template Toolbox desplegar la carpeta llamada PlantaTérmica y dar doble click sobre el icono llamado Planta Térmica que tiene un check rojo al lado.

Figura 4



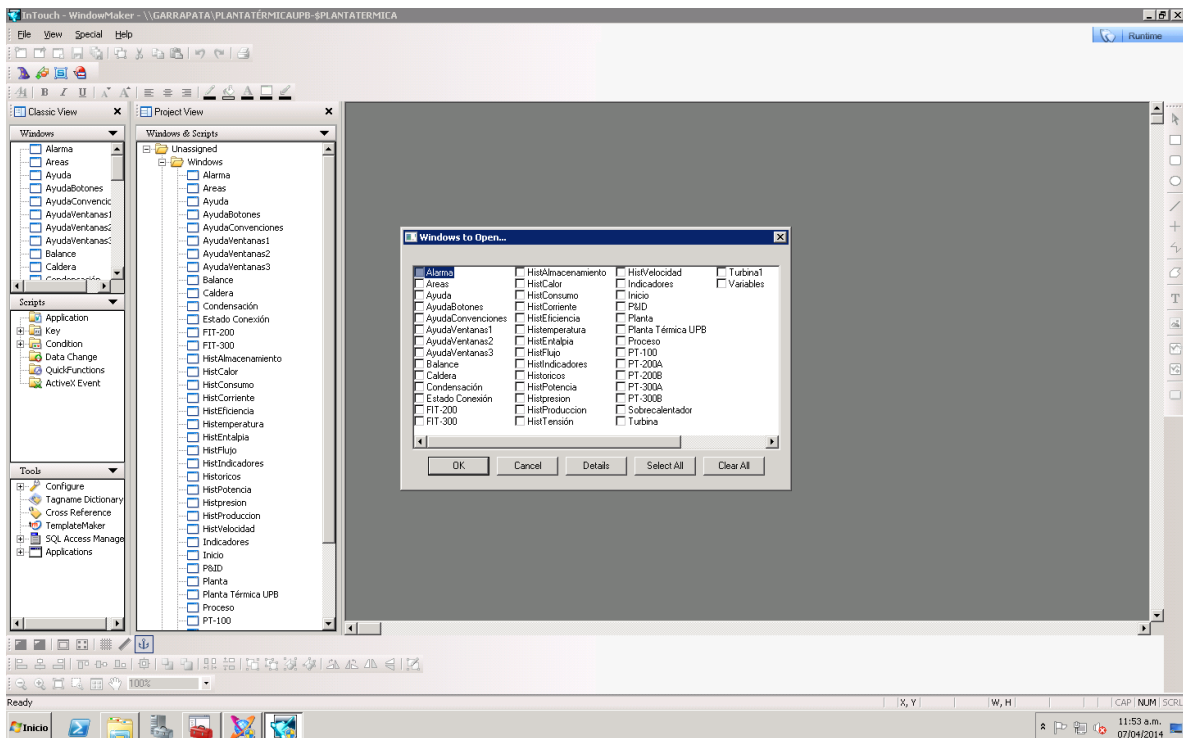
5. En la ventana que se despliega dar clic sobre el botón No, para mantener configurada la interfaz .

Figura 5



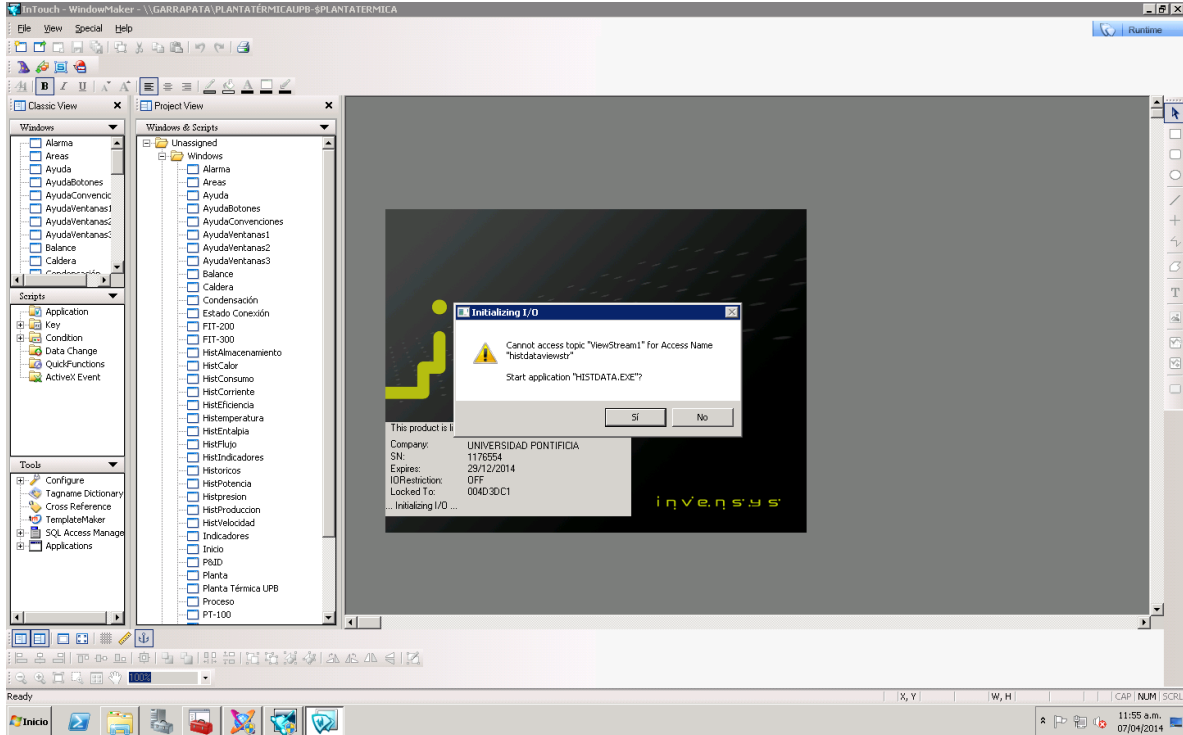
6. Luego se abre la ventana de Intouch Windows Maker y en esta damos sobre el botón Runtime ubicado a la derecha parte superior.

Figura 6



7. La ventana que se despliega al dar click sobre Runtime hace la pregunta sobre si se quiere abrir el histdata se debe decir que si para que los datos que nos muestra puedan ser exportados a Excel.

Figura 7



8. Seleccionar las ventanas que desea observar, la ventana PLANTA TÉRMICA UPB.

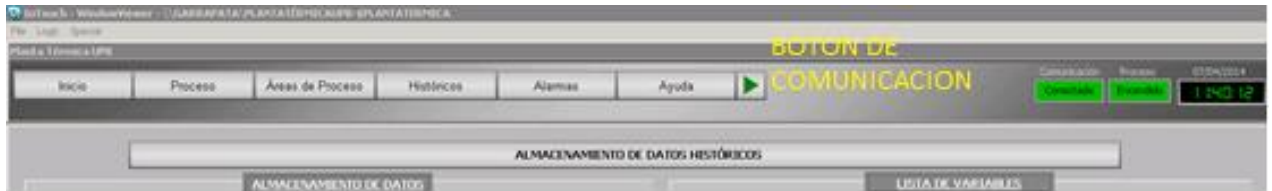
- Para cerrar la aplicación:
  1. Dar clic sobre el botón Cerrar que aparece en el lado superior derecho en la barra de Windows Viewer.

### Establecer y detener la comunicación

La comunicación se encuentra por defecto conectada al abrir la aplicación, pero si en algún momento del transcurso de uso se presenta alguna interrupción o problema por el cual se hace necesario desconectar o establecer comunicación se deben realizar los siguientes pasos:

- Para establecer comunicación:
  1. Dar clic sobre el botón Establecer comunicación. Si la comunicación se encuentra activa el botón se presenta de color verde y el estado es CONECTADO.

Figura 8. Botón establecer comunicación



## Reconocimiento de alarmas

Una vez se activa la alarma el usuario debe realizar un reconocimiento de la misma:

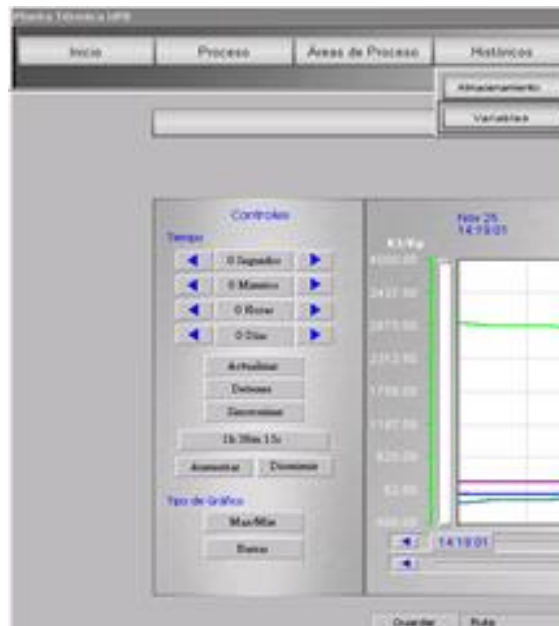
1. Dar clic sobre el botón reconocer que se encuentra en frente de cada una de las alarmas.
2. Cerrar la ventana.

## Configuración de gráficos históricos

Al desplegar la ventana de Históricos y seleccionar el gráfico de la variable que se desea observar puede realizar la configuración de este por medio de los controles de tiempo y tipo.

- Configuración de tiempo manual:
  - Avanzar y retroceder
    1. Dar clic sobre el botón correspondiente a los Segundos, Minutos, Horas o Días mostrados, para introducir el número correspondiente al cambio que desea realizar en estas medidas de tiempo.

Figura 9. Ventana Ayuda



2. Introducir un valor dentro del rango permitido y oprimir la tecla Enter para aceptar los cambios.

Tabla 1. Rango de valores de tiempo permitidos

Medida	Rango de valores	Descripción
Segundos	1 a 59	Definie un avance o retroceso en segundos sobre la línea de tiempo
Minutos	1 a 59	Definie un avance o retroceso en minutos sobre la línea de tiempo
Horas	1 a 24	Definie un avance o retroceso en horas sobre la línea de tiempo
Días	1 a 366	Definie un avance o retroceso en días sobre la línea de tiempo

3. Dar clic sobre el botón adelante o atrás, de acuerdo con la necesidad de avanzar o retroceder en el tiempo respectivamente.
- Configuración de tiempo automático:

El usuario puede definir una actualización automática en la línea de tiempo para la visualización de los datos en gráficos históricos. Esta acción realiza una sincronización con la configuración de fecha y hora del sistema.

Para activar la actualización automática:

1. Dar clic sobre el botón Actualizar.

Para detener la actualización automática:

1. Dar clic sobre el botón Detener.

Figura 10. Botones Actualización de datos



- Aumentar y disminuir el área de tiempo mostrada:

El usuario puede seleccionar la opción de aumentar, para ampliar el área de tiempo mostrado o disminuir para reducir la misma. El indicador ubicado sobre los botones de aumentar y disminuir en el recuadro de controles, presenta el dato de la amplitud total de la línea de tiempo que se está visualizando en el gráfico en días (d), horas (h), minutos (m) y segundos (s).

Para activar la opción de aumentar:

1. Dar clic sobre el botón Aumentar.

Para activar la opción de disminuir:

1. Dar clic sobre el botón Disminuir.

- Seleccionar el tipo de gráfico:

El usuario puede definir el tipo de gráfico, ya sea Max/Min para visualizar los valores máximos y mínimos de la variable de proceso o de Barras,

para visualizar el valor de la variable como una barra vertical en cada instante de tiempo.

Para activar la opción de valores máximos y mínimos:

1. Dar clic sobre el botón gráfico Max/Min

Para activar la opción de gráfico de Barras:

1. Dar clic sobre el botón barras

Figura 11



Acceder a las ventanas

Para acceder a las ventanas se debe dar clic sobre el botón de navegación cuyo nombre se encuentre relacionado con la información que se desea visualizar en la ventana que se muestra en el área de información.

Las ventanas no se cierran simplemente se superponen.

¿Cómo utilizar la ayuda?

1. Acceder a la ventana Ayuda al dar clic sobre el botón de navegación con este mismo nombre.
2. en el menú ubicado en la parte izquierda de la aplicación seleccionar el tema del cual se desea obtener información.
3. Si la ventana que aparece contiene un botón de "Siguiente" en la parte inferior derecha, dar clic sobre él para acceder a más información.
4. Si realizó el paso 3, en la parte inferior izquierda aparece el botón "Anterior" para acceder a la ventana de la cual provenía.

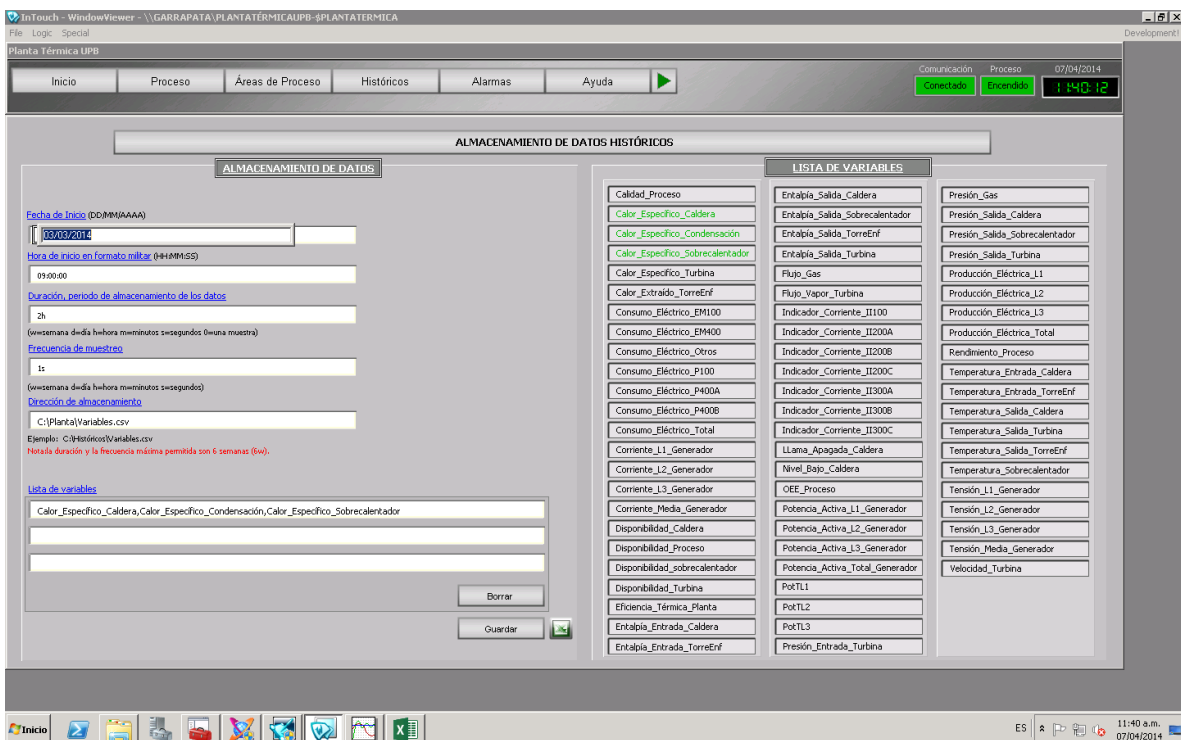
Exportar los datos a un archivo de Excel



Cada ventana de gráficos Históricos permite exportar los datos a un archivo de Excel con extensión .csv es decir delimitado que genera un documento delimitado por comas.

1. Acceder a la ventana ALMACENAMIENTO DE DATOS.
2. En el menú ubicado en la parte lateral izquierda de la aplicación seleccionar la FECHA, HORA DE INICIO DE LA TOMA DE DATOS, DURACION DE LA TOMA DE DATOS, FRECUENCIA DE MUESTREO Y LA DIRECCION DE LA CARPETA DONDE SE ALMACENAN LOS DATOS, antes de realizar este proceso se debe crear la carpeta donde se van a almacenar.
3. En la barra de la derecha donde se encuentran todas las variables allí se da click sobre las variables que queremos seleccionar para almacenar.
4. Dar clic sobre el botón Guardar.

Figura 12. Almacenamiento de datos



Para poder insertar los datos de fechas y las otras características de la toma de datos hay que dar click sobre un cuadro blanco que aparece en cada una de las barras para poder digitar.

Abrir el archivo de Excel con los datos exportados

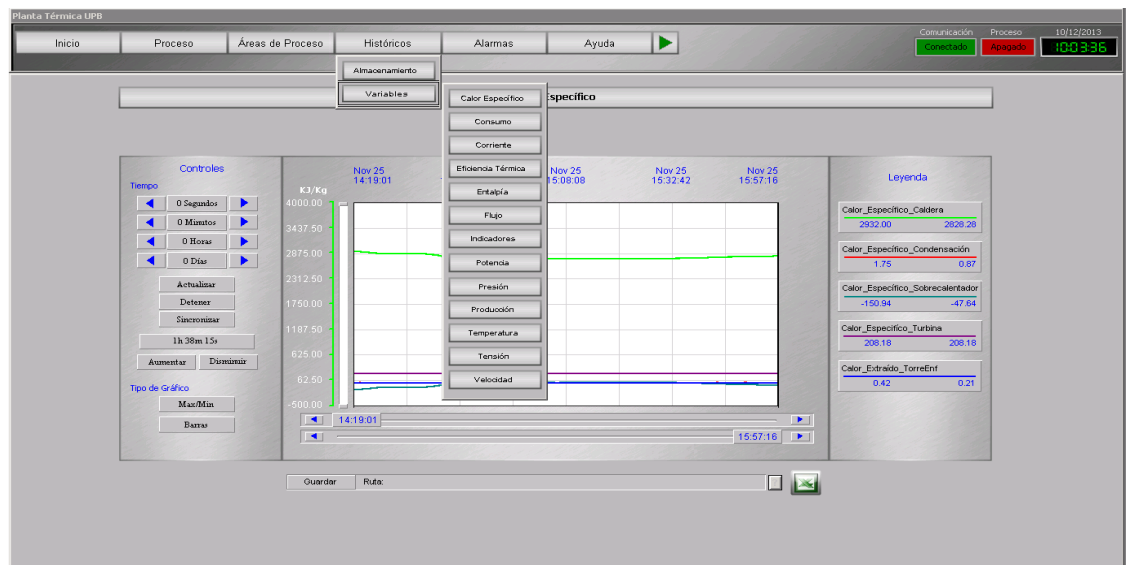
En la ventana Históricos, al lado derecho de la barra de Guardar, se encuentra el icono que permite abrir el archivo relacionado con el archivo .csv creado para guardar los datos de la variable específica.

1. Acceder a la ventana Almacenamiento de datos.
2. En el menú ubicado en la parte lateral izquierda de la aplicación seleccionar la variable de proceso deseada.
3. Guardar un archivo de extensión .csv si no lo ha hecho anteriormente.
4. Dar clic sobre el icono de Excel que se encuentra al lado derecho de la barra Guardar.

Otra manera de guardar los datos es:

1. Acceder a la ventana Historicos/Variables.
2. Allí en se escoge la variable a guardar.
3. En la parte inferior donde dice guardar al lado se encuentra un cuadro blanco al cual damos click y allí damos la ruta donde queremos guardar los datos.
4. Dar en el botón guardar.

Figura 13. Guardar datos en la pantalla de variables.



## Recomendaciones

Para el buen manejo de la interface se presentan las siguientes recomendaciones:

- Una vez la comunicación se presenta con estado conectado no dar clic sobre el botón establecer comunicación ya la interface intenta reconectar la aplicación entrando en error.
- Si en alguna situación la comunicación se presenta como desconectado o conectando y este persiste a pesar de realizar el proceso de conectar, realizar el siguiente procedimiento:
  - seguir la Ruta: Inicio/Wonderware/System Management Console.
  - En la ventana que se despliega, dar clic sobre la opción DAServer Manager en el árbol de menú ubicado en la parte lateral izquierda.
  - Navegar a través del menú dando clic sobre los símbolos + hasta acceder a Default group/Local/ArchestrA.DASSIDirect.2
  - Dar clic derecho sobre él y seleccionar la opción Disconnect.
  - Dar nuevamente clic derecho sobre él y seleccionar la opción connect, para establecer nuevamente comunicación con el servidor de datos que contiene la información relacionada con la interface.

Guardar los históricos de variables en la misma carpeta siempre con nombres diferentes para cada variable y al finalizar la sección guardarlos en una memoria USB.

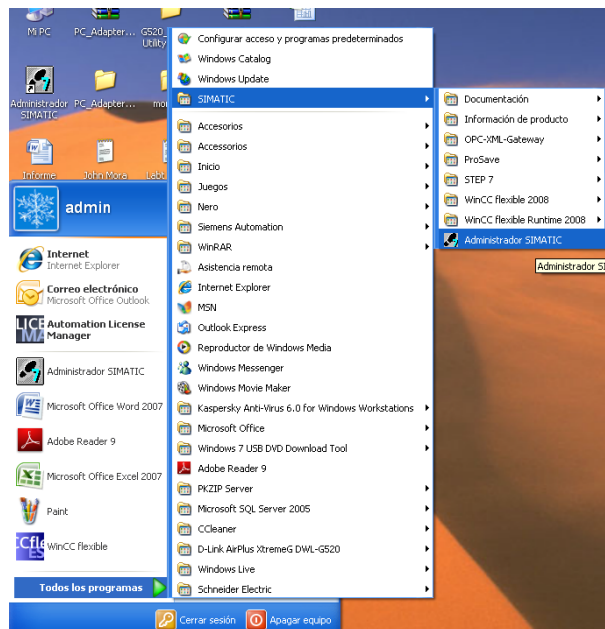
## Anexo 5. Configuración de los equipos de control mediante STEP 7

Para programar el PLC S7-300 de Siemens se usa el software STEP 7 de la misma casa fabricante. Debido a que el software permite programar varias familias de CPU, el entorno de la aplicación es un poco complejo, y cada uno de los módulos se debe programar por separado.

En el siguiente documento se encuentra descrita la configuración del PLC por medio de MPI.

- 1) Iniciación del programa STEP7. Vaya a inicio, todos los programas, Simatic, administrados Simatic. Ver Figura 1

Figura 1.



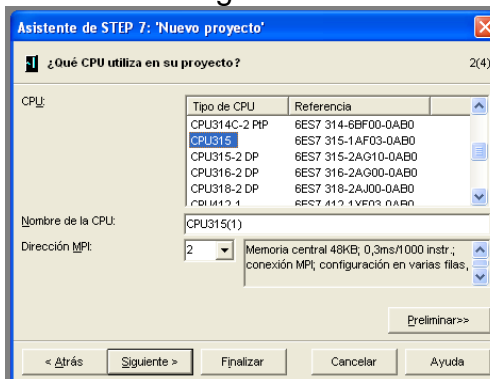
- 2) Step 7 le da la bienvenida y lo guía en la creación de un nuevo proyecto. Dar click en siguiente. (Ver Figura 2)

Figura 2



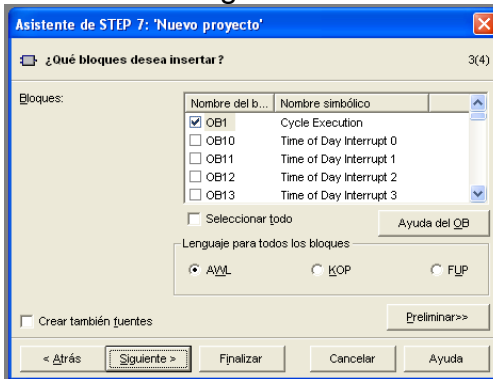
- 3) Ahora se debe seleccionar la CPU, vaya al gabinete asignado donde está el PLC y tome nota del dato. Seleccione la familia de CPU315. (Ver Figura 3)

Figura 3.



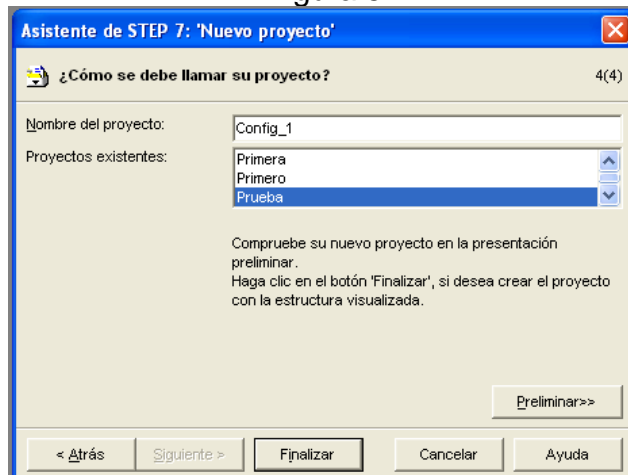
- 4) Seleccione los bloques que desea ejecutar en el proyecto, en este se va a usar una subrutina principal y se debe usar el OB1 (ya que en OB1 Se realizan las rutinas principales del programa). Haga click en siguiente.(Ver figura 4)

Figura 4



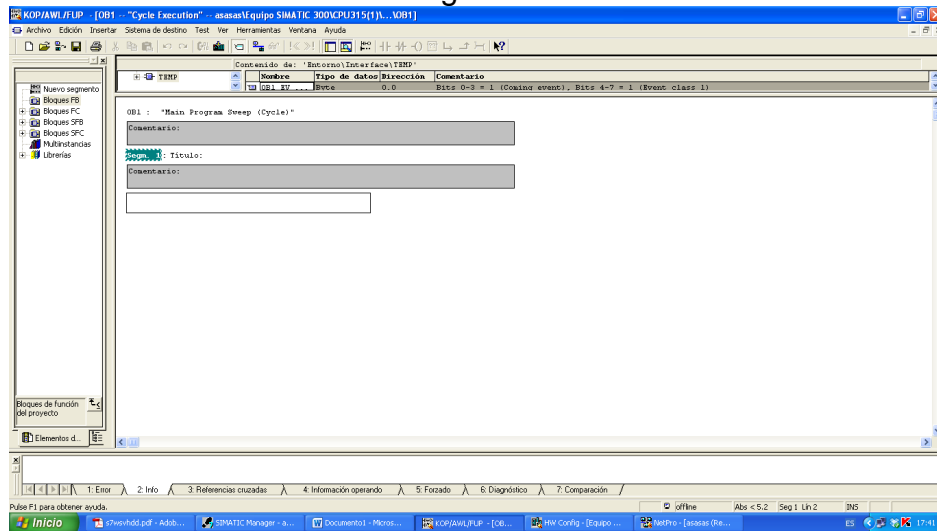
5) Asignar un nombre al proyecto. Haga click en finalizar.(Ver figura 5)

Figura 5



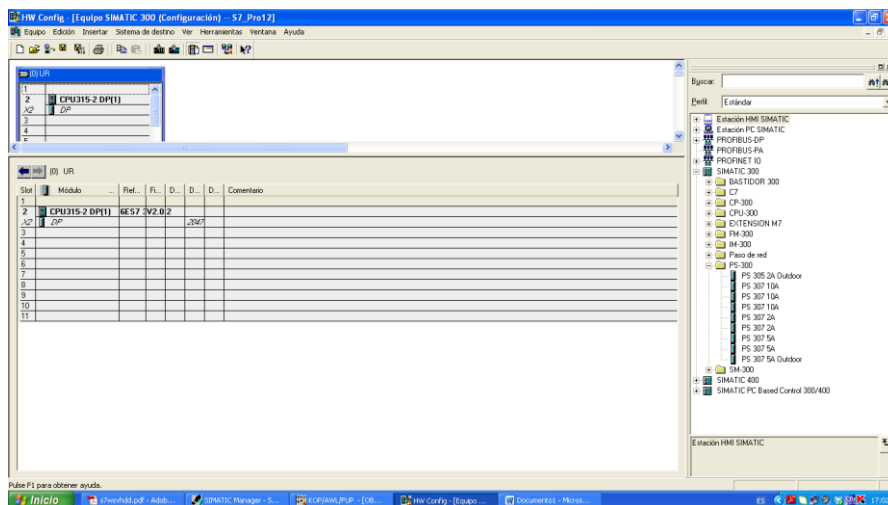
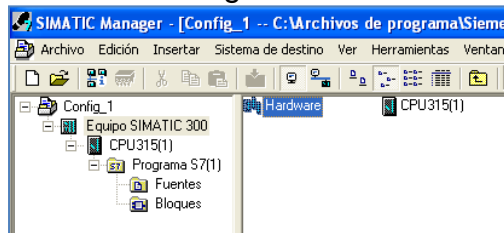
6) Su proyecto ha sido creado con la subrutina principal OB1. Ahora se debe configurar la CPU que se va a usar. Haga doble click sobre OB1 para la creación del programa. (Ver figura 6)

Figura 6.



- 7) Para hacer la configuración del PLC haga doble clic sobre el Hardware. En una ventana debe aparecer la configuración actual del PLC (solo la CPU de la familia 315). (Ver figura 7)

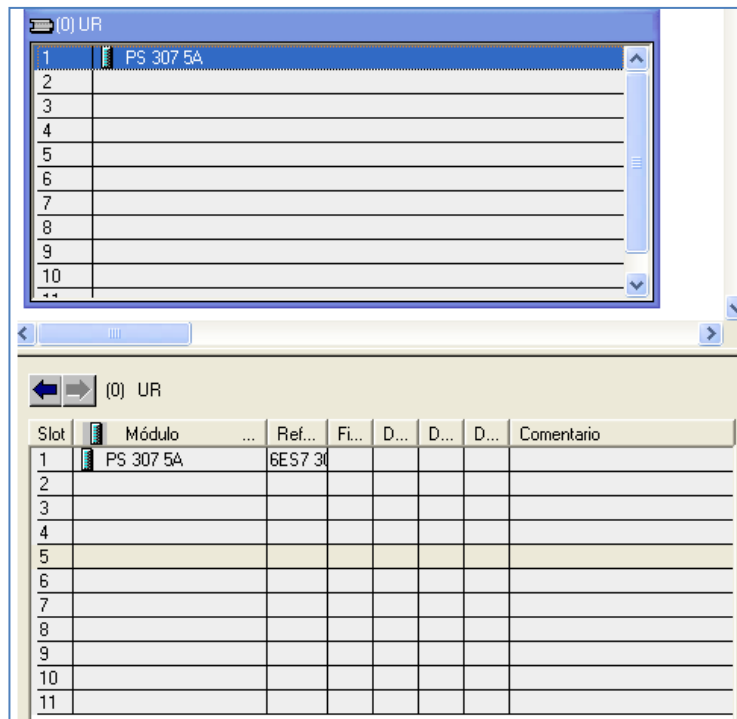
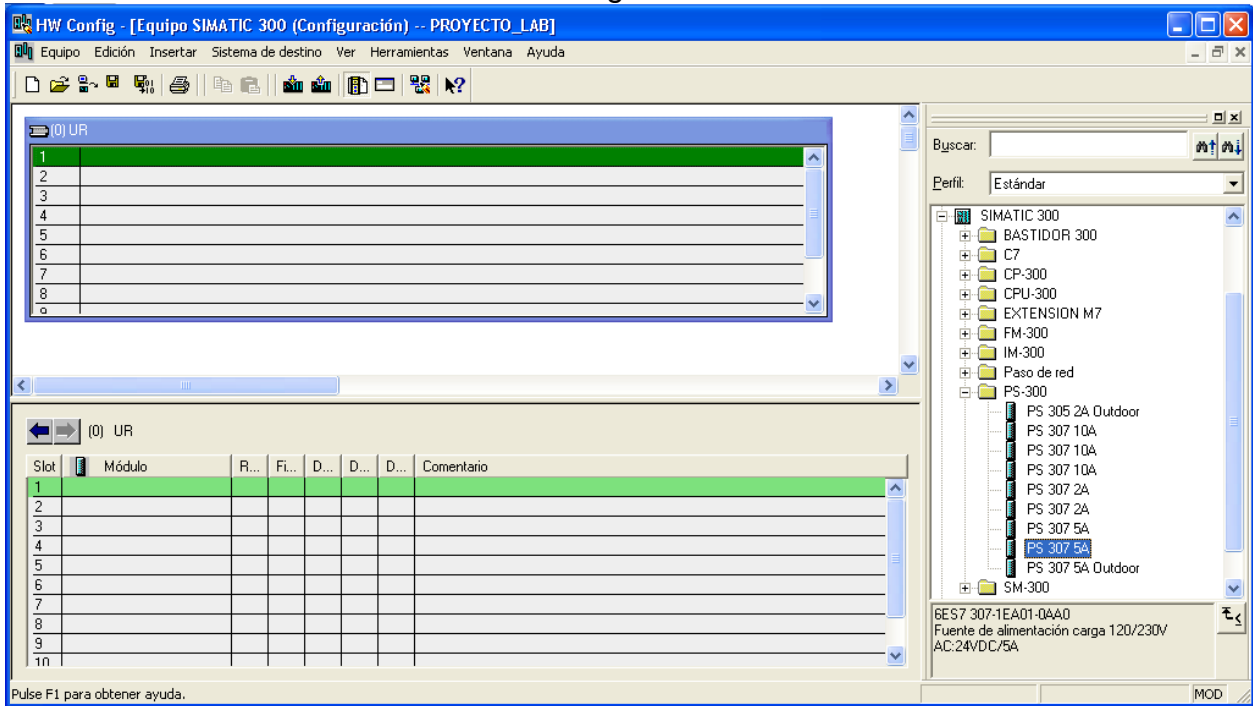
Figura 7.



- 8) Seleccione la fuente de alimentación. Tome nota de la fuente que tiene el PLC, vaya a las fuentes PS-300, seleccione la fuente adecuada (PS 307

5A), y llévala hasta el rack. La fuente se debe colocar preferiblemente en el primer y segundo slot. ( Ver figura 8)

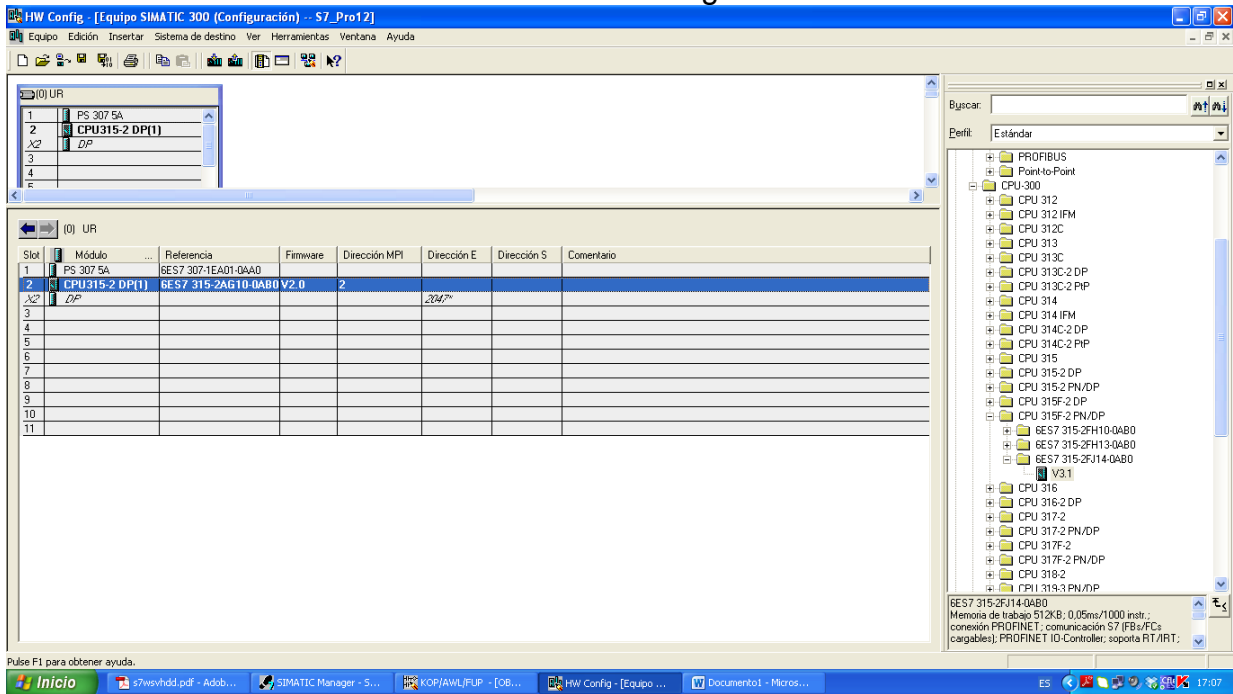
Figura 8.





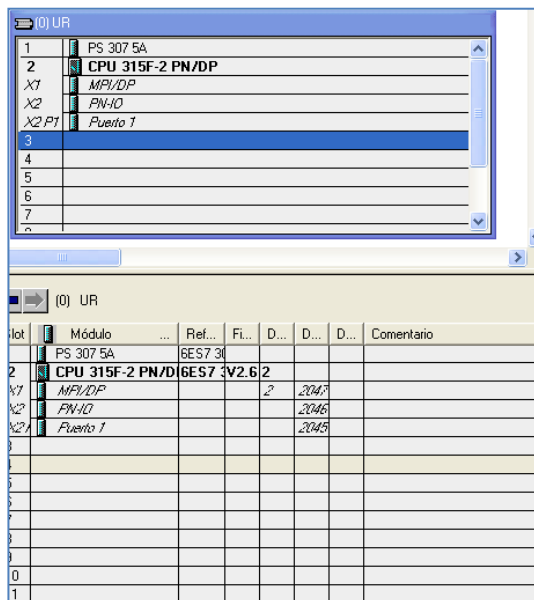
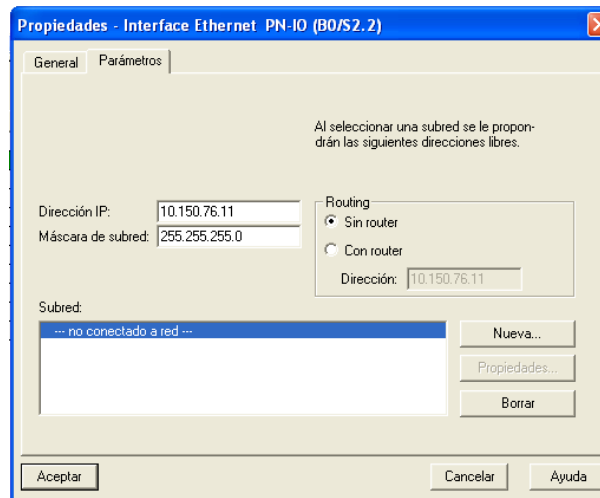
- 9) Seleccione la CPU que se va a usar, con la referencia de la CPU vaya a la familia CPU-300 (CPU-300/315F 2PN/DP/6ES7 315-2FJ14-0AB0/V3.1), seleccione la unidad que se encuentra en el tablero de control, y revise la versión correcta del firmware. (Ver figura 9)

Figura 9.



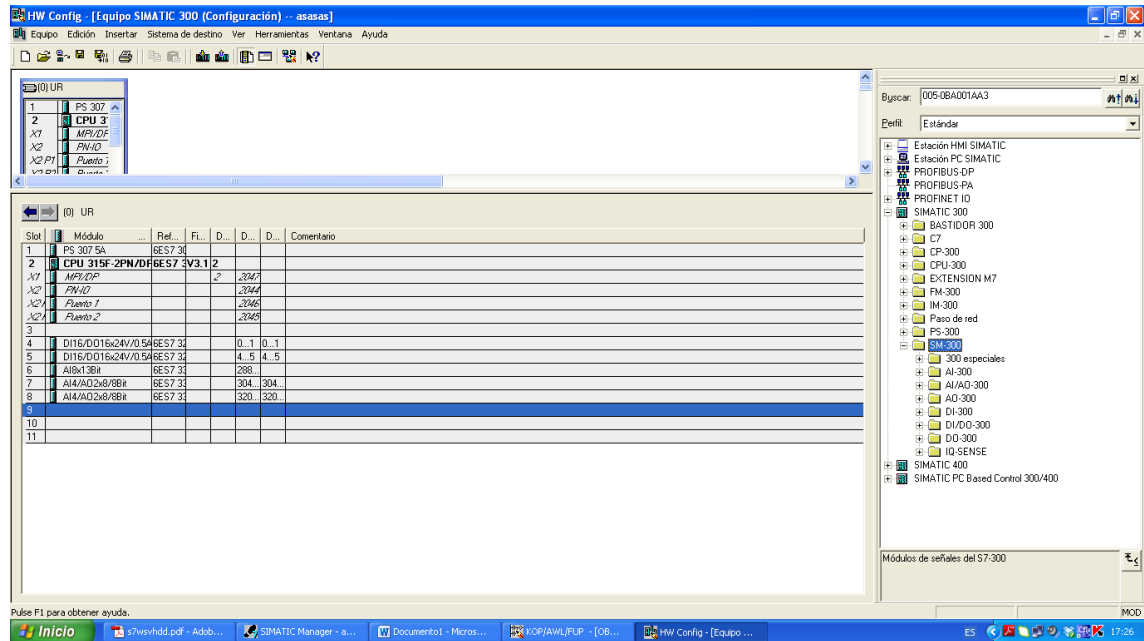
- 10) Coloque la dirección IP respectiva a la CPU, (10.150.76.11), la máscara de subred (255.255.255.0), la comunicación con Router (Dirección: 10.150.76.1) y crear la subred. La CPU aparecerá en el bastidor. (Ver figura 10)

Figura 10.



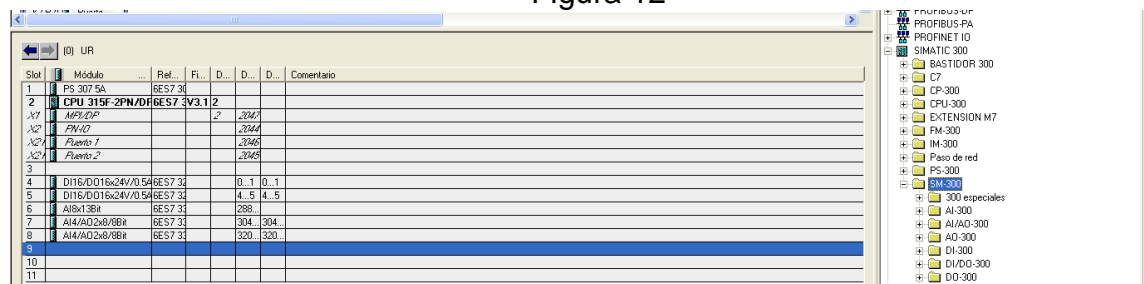
11. Configuración de los módulos de entrada y salida. La CPU siempre va a usar un espacio del rack y utiliza dos espacios de slot por lo que después de colocar la CPU en el software hay que dejar un slot libre, por esto se debe dejar una localidad entre la CPU y el primer módulo de ampliación, ya que este módulos está reservado para el módulo de interfase (IM). Revise en el PLC el primer módulo y ubíquelo de forma adecuada, dando click en SIMATIC 300/SM-300 allí encontraran los módulos del PLC S7-300. (Ver figura 11)

Figura 11.



12. Adicione de la misma manera todos los módulos que tiene el PLC en su respectivo orden módulo 1 y 2 (SM 323 6ES7323-1BL00-0AA0), modulo 3 (SM 331 6ES7331-1KF02-0AB0), modulo 4 y 5 (SM 334 6ES7334-0CE01-0AA0) respectivamente. (Ver figura 12)

Figura 12



13. Sobre el sistema PROFINET, se creó la red Ethernet (1), dando doble click en PN-IO (figura 13), luego se le da la dirección IP y aceptar. STEP 7 dibuja automáticamente una línea con el nombre, Ethernet (1): Sistema PROFINET IO (100). Para agregar los elementos de hardware como el Switch, se debe seleccionar la línea y escoger de la lista de elementos PROFINET IO, tal como se observa en la siguiente figura. (Ver figura 14)

Figura 13

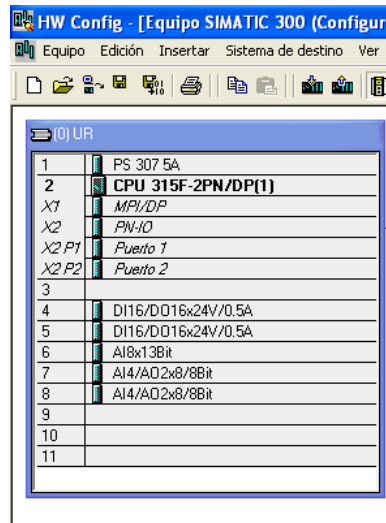
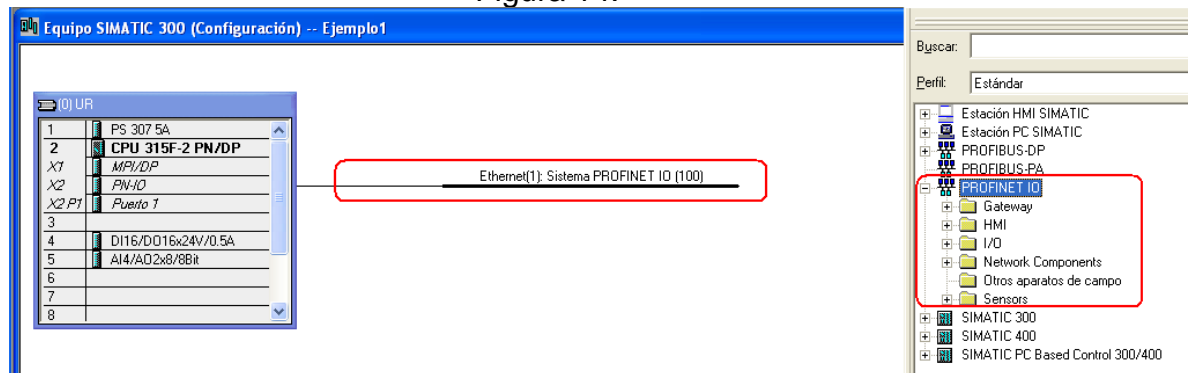


Figura 14.

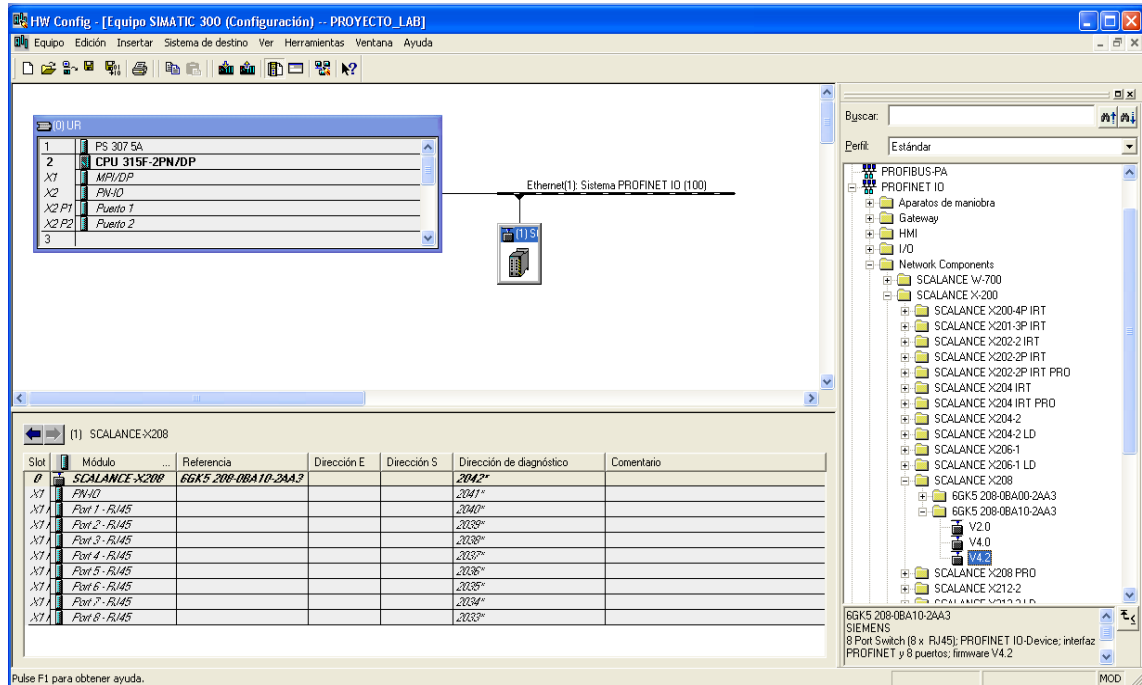
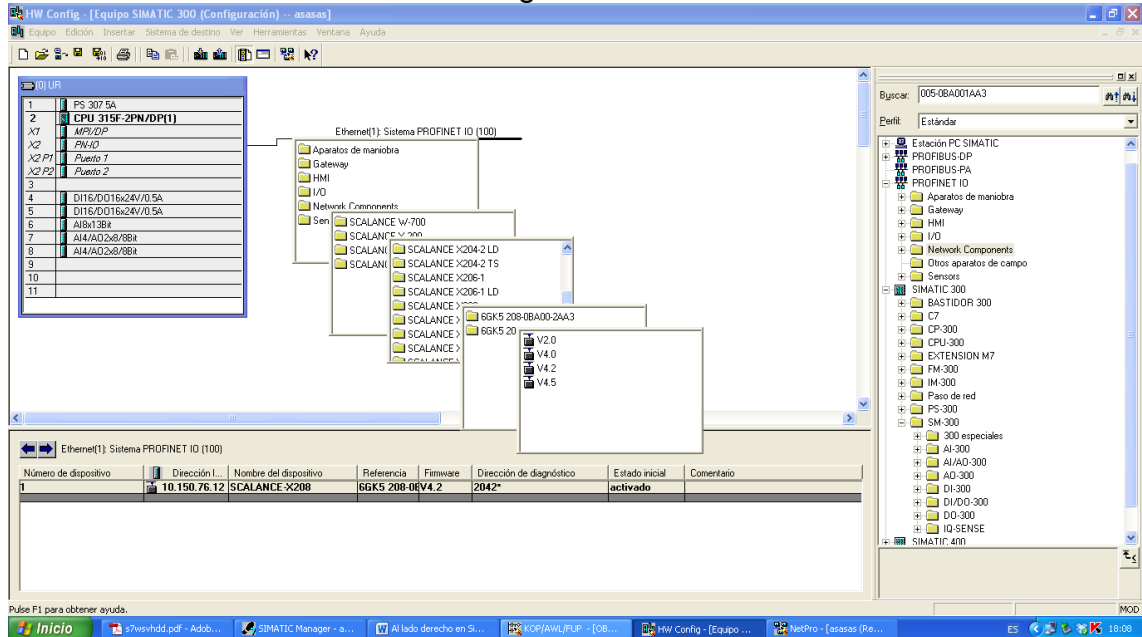


#### 14. Configuración de switch Scalance:

- Insertar sobre la red el switch Scalance X-005, de acuerdo a la siguiente ruta PROFINET IO / Network Components / SCALANCE X-005/ 6GK5 005-0BA00-1AA3 / V4.2, dando doble clic sobre este.(Ver figura 15).

*Si la versión o un dispositivo no aparecen en los submenús, se deben hacer las actualizaciones respectivas del programa.*

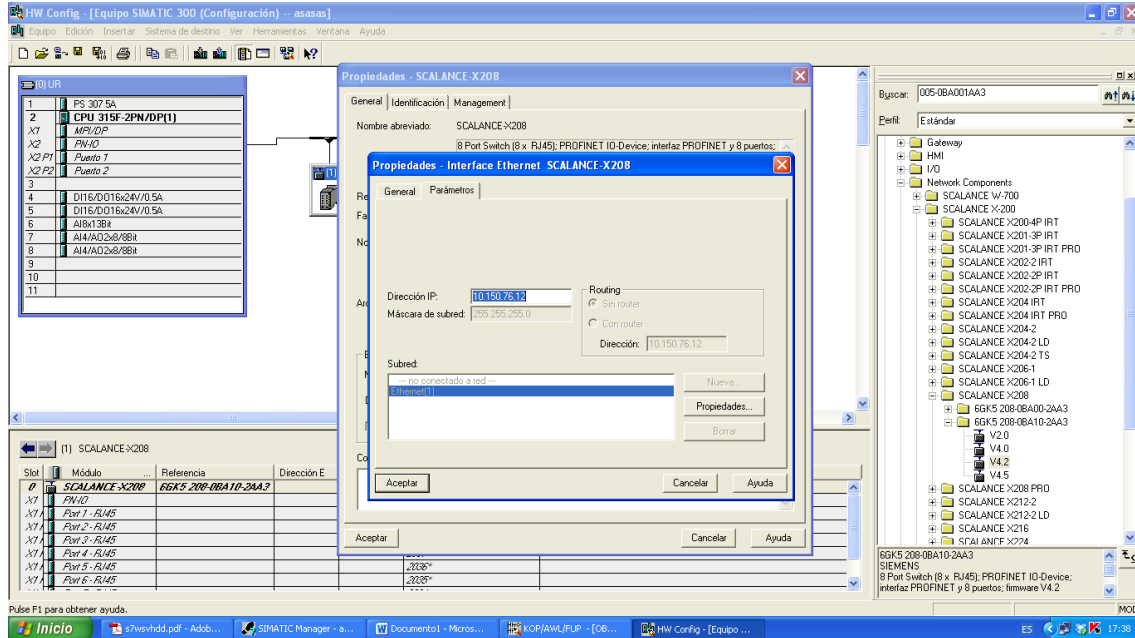
Figura 15



- Dar doble clic en el Switch insertado en la red PROFINET IO, para configurar las propiedades. Automáticamente se abrirá el cuadro de diálogo propiedades SCALANCE-X005, verifique que la opción Asignar dirección IP mediante Controlador IO se encuentre activa, dar clic en el botón Ethernet de la pestaña General y se desplegará un nuevo cuadro de diálogo, en el que se introduce la IP

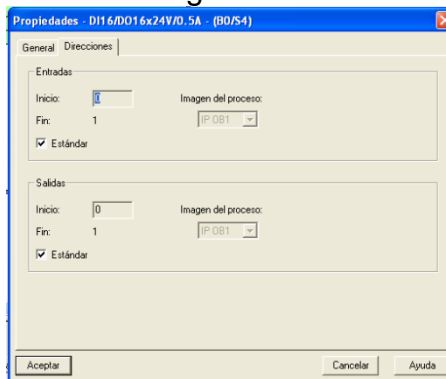
10.152.76.11 en la pestaña parámetros. Guarde los cambios dando reiteradamente clic en aceptar. (Ver Figura 16).

Figura 16.



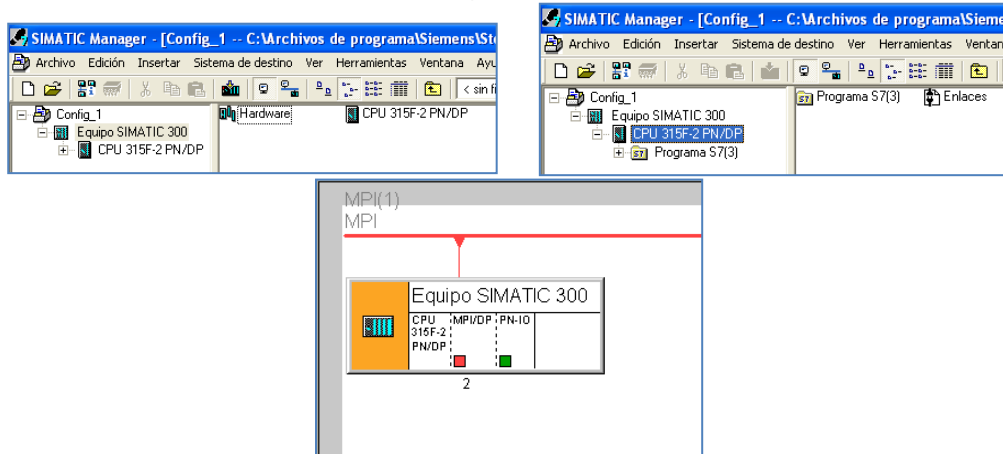
15. Para configurar la dirección donde están ubicadas las entradas y salidas haga doble click sobre el módulo y aparecerá una ventana donde se pueden cambiar y modificar las direcciones. El step 7 asigna de forma automática las direcciones pero siempre es posible modificarla para que sean ascendentes. Para modificar la dirección cambie la dirección de inicio en el cuadro respectivo. (Ver Figura 17).

Figura 17.



16. Una vez se haya configurado la dirección Ethernet de la CPU se puede crear una red entre el computador y el PLC. Esta red se va a realizar por medio de un switch Ethernet que ya está configurado. Para ver los enlaces haga doble click sobre la CPU; luego haga doble click sobre los enlaces. (Ver Figura 18).

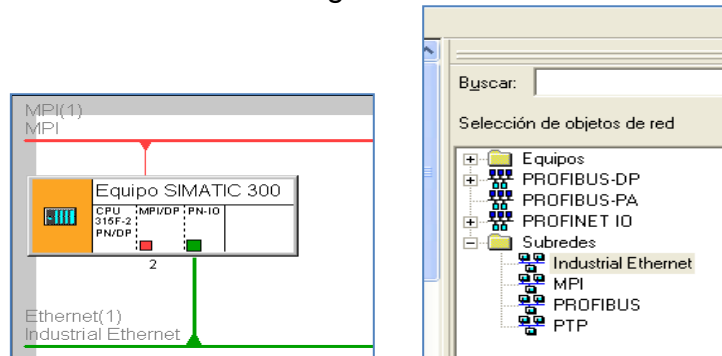
Figura 18.



17. En la gráfica aparecen una red ya creada que es la red MPI que usa un conector USB, un cambiador de protocolo, y un conector Profibus que se usa para programar la CPU.

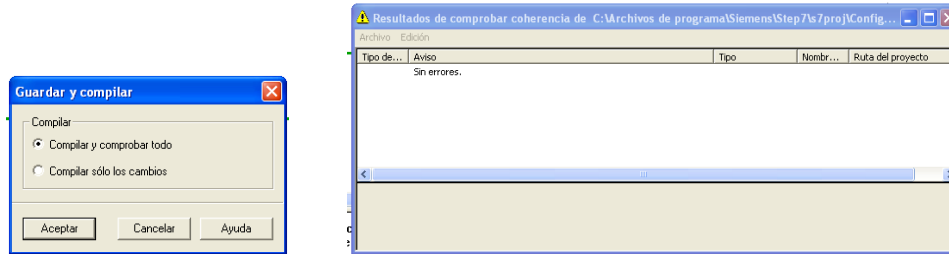
Para crear la red Ethernet haga doble click sobre el cuadro verde y aparecerá la red creada. Esta red no es del tipo bus (un solo cable) sino debe hacerse a través de un switch Ethernet. (Ver Figura 19).

Figura 19.



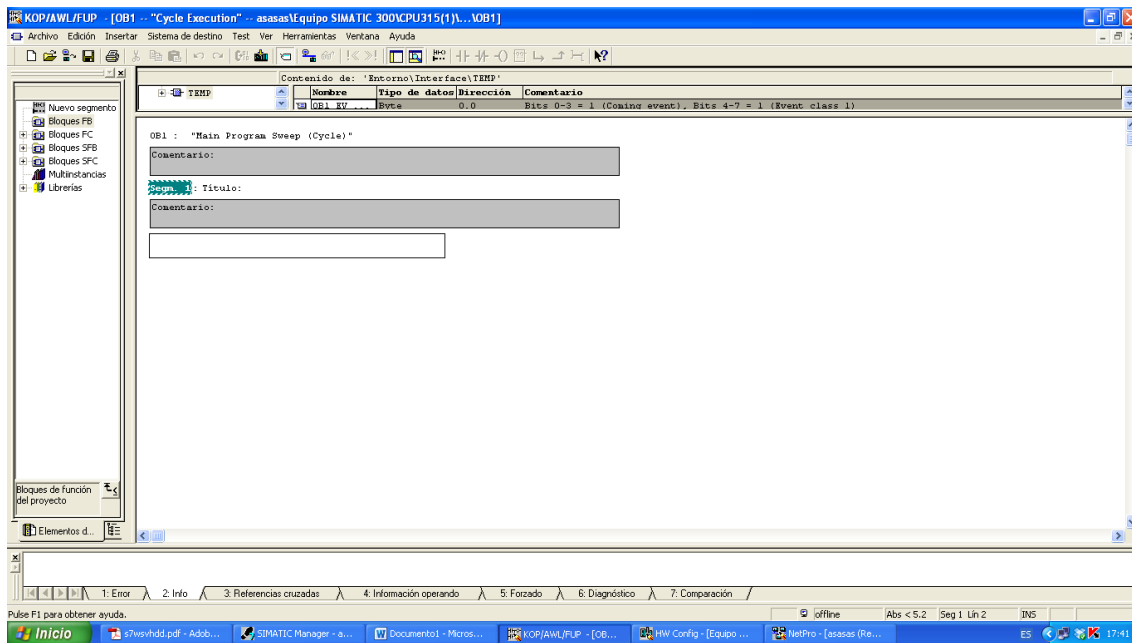
18. Para verificar la conexión haga doble click sobre guardar y compilar y verifique que la conexión se puede realizar. Al realizar este paso sale una ventana donde se hace la verificación de la conexión. Haga click sobre aceptar y aparecerán los errores posibles. (Ver Figura 20).

Figura 20.




19.El programa se realiza dando doble click a OB1 donde se desarrolla la estructura principal (figura 21).

Figura 21.





## Anexo 6. Guías de laboratorio

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b>		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA PLANTAS TÉRMICAS DOCENTE: JUAN CARLOS MANTILLA	
<b>LABORATORIO DE INSTRUMENTACION ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN EL SENSOR DE FLUJO VOLUMÉTRICO E&amp;H TIPO VÓRTEX PROLINE PROWIRL 73F</b>			
<b>Fecha Inicio</b>	<b>Dedicación Presencial</b>	<b>Dedicación No Presencial</b>	<b>Fecha de Finalización</b>
	6 horas	6 horas	

<b>Justificación del laboratorio</b>
Partiendo de la necesidad de poner en práctica el conocimiento adquirido a través del tiempo y de las diferentes materias en la universidad, el estudiante de ingeniería electrónica debe conocer las ventajas, desventajas, y diferentes problemas que pueden ocurrir en una planta térmica automatizada y el funcionamiento del sensor de flujo su comportamiento y características principales.
<b>Objetivo del laboratorio</b>
Configurar y poner en operación el sensor de Flujo Volumétrico E&H tipo Vórtex Proline Prowirl 73F.
<b>Objetivos específicos de la práctica de laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conocer el proceso de instalación y configuración del sensor de Flujo Másico E&amp;H tipo Vórtex Proline Prowirl 73F.</li> <li>➤ Identificar el proceso de instalación, configuración y puesta en marcha del sensor de Presión E&amp;H PMC51.</li> <li>➤ Realizar la puesta en marcha del sensor de Flujo Másico tipo Vórtex para el análisis de sus parámetros de operación y la evaluación de histéresis y repetibilidad del instrumento</li> </ul>
<b>Competencias adquiridas en el desarrollo de la práctica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identifica el sensor de flujo Vórtex Proline Prowirl 73F.</li> <li>➤ Comprende los pasos seguidos en la configuración del sensor de flujo Vórtex Proline Prowirl 73F.</li> <li>➤ Identifica las características principales del sensor de flujo Vórtex Proline Prowirl 73F.</li> </ul>

<b>Herramientas de Trabajo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Equipo de seguridad para trabajo en la planta térmica.</li> </ul>

- Planta térmica
- Plano P&ID
- Interfaz humano máquina.

### **Marco teórico**

- **Procedimiento:**

- a. Realice una inspección visual y detallada de toda la tubería en donde está conectado el sensor de flujo, verificando que no exista ningún tipo de fuga.
- b. Identificar las especificaciones técnicas de los instrumentos antes de interactuar con los mismos.
- c. Revisar la instalación y conexiones eléctricas del SENSOR DE FLUJO, que están indicadas en la guía.
- d. Hacer la configuración respectiva del dispositivo.

- Consta de los siguientes componentes:

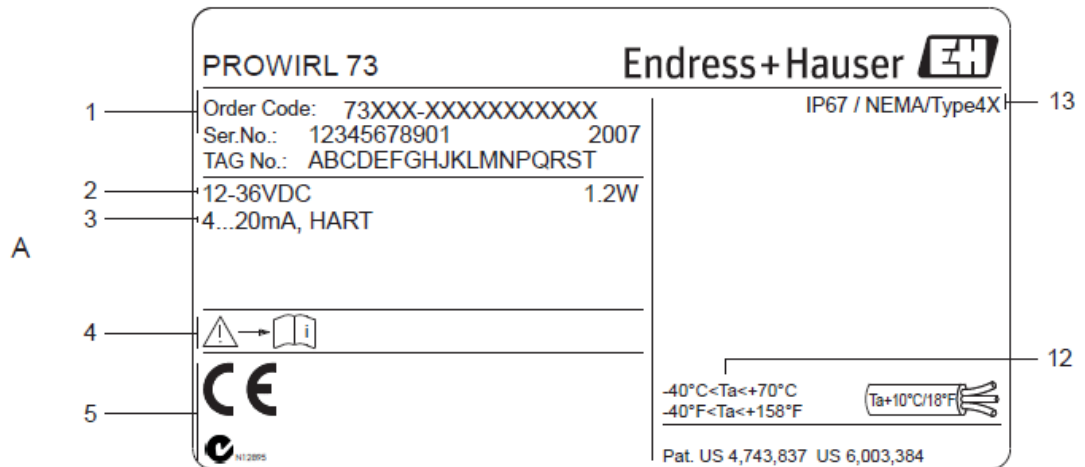
- Un transmisor Prowirl Proline 73.
- Un sensor Prowirl F.

- Versión disponible:

- Versión compacta: transmisor y sensor forman una sola unidad mecánica.

**e. Placa de características del transmisor.**

[1] Figura 1. Placa de características del transmisor



*Especificaciones de la placa de transmisor:*

*A = placa de características del transmisor*

*1 Número o código de serial del pedido.*

*2 Fuente de alimentación: 12 a 36 V DC, consumo de energía: 1,2 W.*

*3 Salidas disponibles: salida de corriente 4 a 20 mA*

*4 Observe la documentación del dispositivo.*

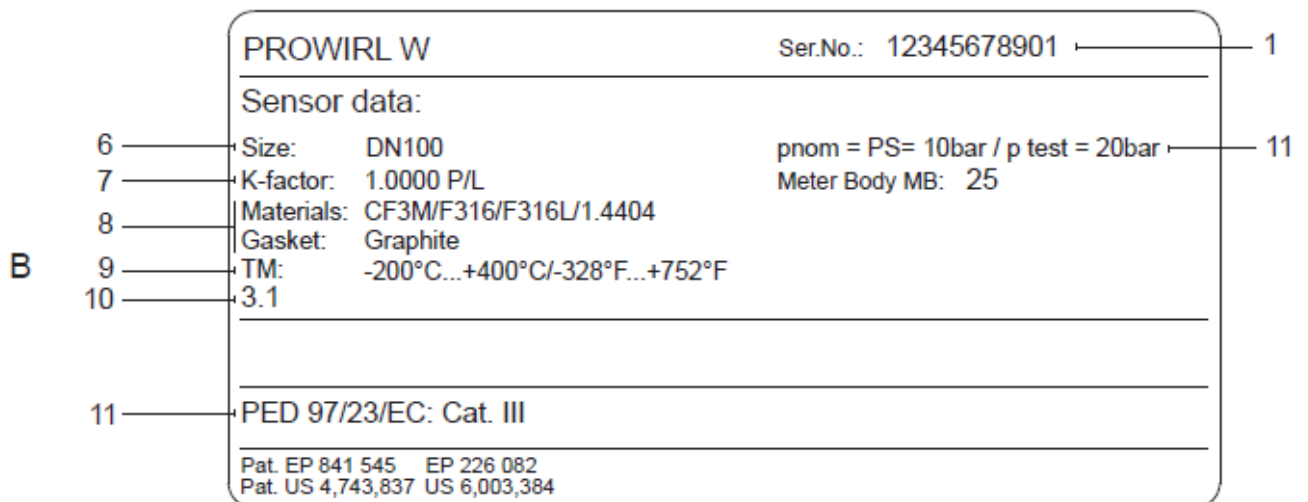
*5 Reservado para los certificados, aprobaciones e información adicional sobre la versión del dispositivo.*

*12 Ambiente permisible*

*13 Grado de protección*

**f. Placa de características del sensor.**

[1] Figura 2. Placa de características del sensor



*Especificaciones de la placa de sensor:*

*B = placa de características del sensor.*

*1 Código serial.*

*6 Diámetro nominal.*

*7 Factor de calibración.*

*8 Material del tubo de medición y el sello.*

*9 Rango de temperatura del fluido.*

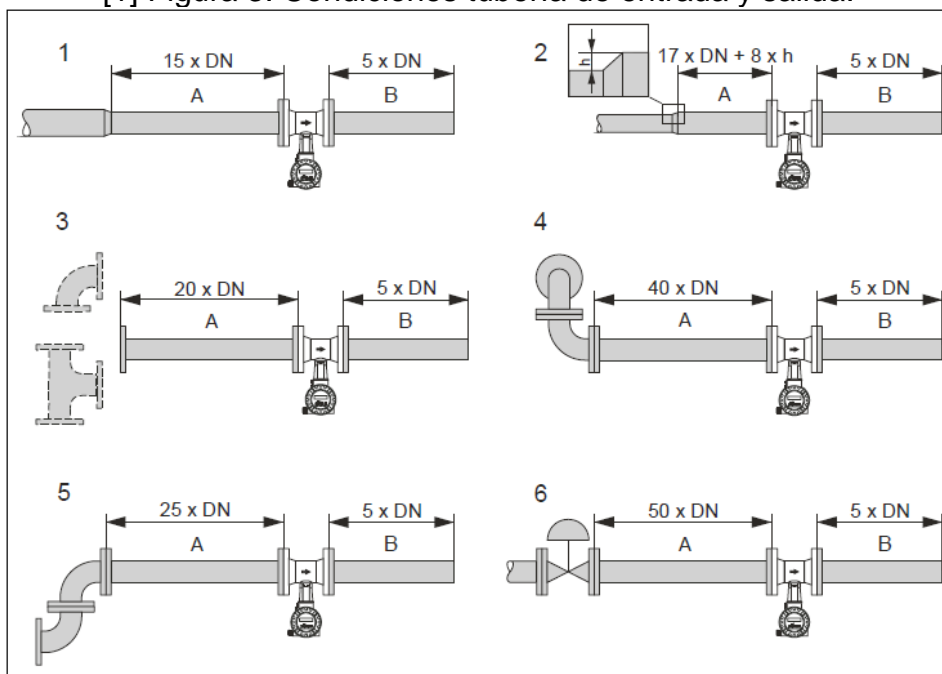
10 Reservado para información sobre los productos especiales.  
 11 Datos sobre la Directiva de Equipos a Presión (opcional).

### g. ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN

Tenga en cuenta los siguientes puntos:

El dispositivo de medición requiere un perfil de flujo completamente desarrollado como un requisito previo para la medición de caudal correcto. Por consiguiente, las carreras de entrada y salida tienen que ser tomadas en cuenta, ver figura 3.

[1] Figura 3. Condiciones tubería de entrada y salida.



Mínima pistas de entrada y salida de con varios obstáculos de flujo

A Pista de entrada

B Pista de salida

h Diferencia en expansión

1 Reducción

2 Extensión

3 codo de 90 ° o de sección en T

4 2 x 90 ° codo de 3 dimensiones

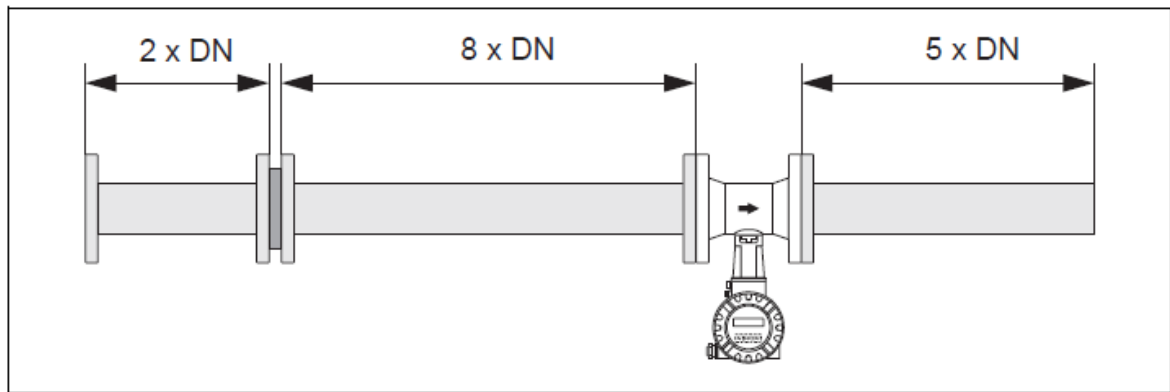
5 2 x 90 ° codo

6 Válvula de control

### h. Placa perforada acondicionadora de flujo

Si no hay conexiones iguales o parecidas a las mostradas anteriormente, existe la posibilidad de instalar una placa perforada acondicionadora de flujo. El acondicionador de flujo se instala entre dos bridas y es centrada con pernos de montaje de tuberías. Generalmente, esto reduce la carrera de entrada requerida para DN 10 x con total exactitud. Ver ejemplo figura 4.

[1]Figura 4.Placa perforada acondicionadora de flujo



✓ Para tener en cuenta:

Existen pérdidas de presión a la hora de instalar los **acondicionadores de flujo**, para saber de cuanto es la pérdida se hace el siguiente cálculo:

$$\Delta p \text{ [mbar]} = 0.0085 \cdot \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot v^2 \text{ [m/s]}.$$

Donde  $\rho$  = densidad del medio de proceso y  $v$ = velocidad de flujo promedio

La máxima temperatura ambiente permitida y la temperatura del fluido (Figura 2) debe ser respetada:

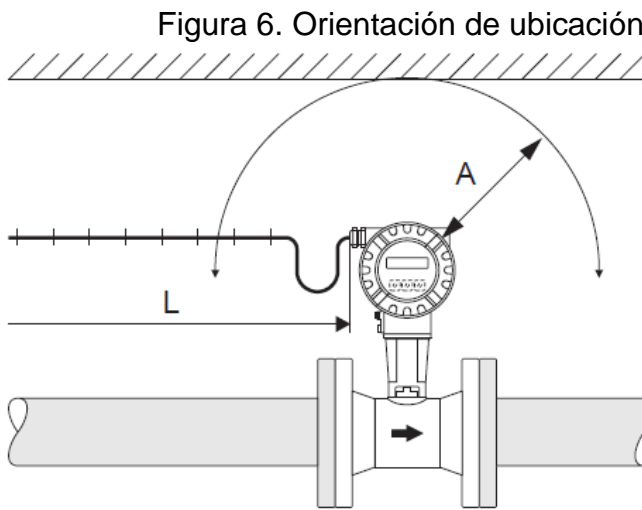
**i. Rango de temperatura ambiente Versión compacta**

- Estándar: -40 a +70 ° C (-40 a +158 ° F)
- Versión EEx-d/XP: -40 a +60 ° C (-40 a +140 ° F)
- ATEX II 1/2 versión GD / prueba de polvos combustibles: de -20 a +55 ° C (-4 a +131 ° F)
- La pantalla se puede leer entre -20 a +70 ° C (-4 a +158 ° F)

Figura 5. Temperatura media

<b>Sensor</b>
Sensor estándar DSC -200 a 400 ° C (-328 a 752 ° F)
<b>Sellos</b>
Grafito -200 a 400 ° C (-328 a 752 ° F)
Viton desde -15 hasta 175 ° C (5 a 347 ° F)
Kalrez -20 a 275 ° C (-4 a 527 ° F)
Gylon (PTFE) -200 a 260 ° C (-328 a 500 ° F)

- Asegúrese de que la dirección de la flecha en la placa de identificación del sensor coincide con la dirección del flujo (dirección en la que el fluido fluye a través de la tubería). El dispositivo, básicamente, se puede instalar en cualquier orientación. Sin embargo, tenga en cuenta los siguientes puntos. Con el fin de asegurarse de que la temperatura ambiente máxima permitida para el transmisor no se supere, se recomienda las siguientes orientaciones, (Figura 6):

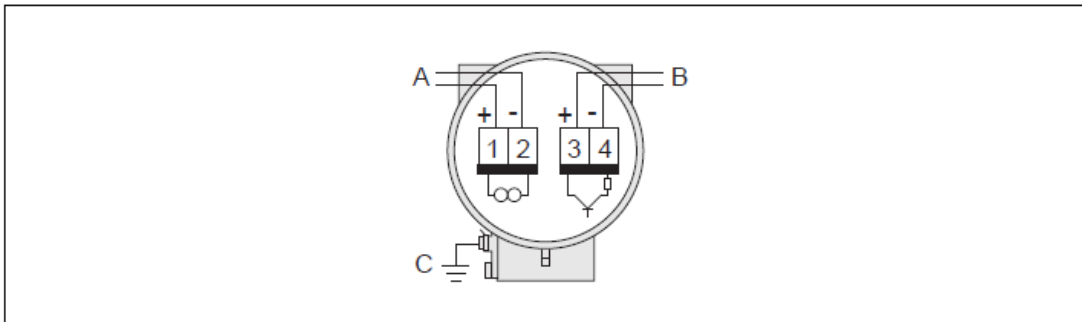


*El sentido de del flujo lo indica la flecha (Izq-Der) vista en la Figura 6.*

- Compruebe que el diámetro nominal correcto y la tubería estándar (DIN / JIS / ANSI) que se tuvieron en cuenta en el pedido, ya que la calibración del dispositivo y la precisión alcanzable depende de estos factores.
- El correcto funcionamiento del sistema de medición no se ve influenciada por las vibraciones de la planta hasta 1 g, 10 a 500 Hz.
- Por razones mecánicas, y con el fin de proteger la tubería, es aconsejable apoyar sensores pesados.

## j. Conexión eléctrica

Figura 7. Conexión Eléctrica.



### Asignación de terminales

A Fuente de alimentación / salida de corriente

B salida de frecuencia opcional también puede ser operado como:

- Un pulso o estado de la salida
  - Una salida de GFP junto con el RMC o equipo RMS621 de flujo.
- C Terminal de tierra (de interés sólo en versión remota)

## k. Configuración de la pantalla y elementos de manejo

La pantalla local le permite leer todos los parámetros importantes directamente en el punto de medición y configurar el dispositivo a través del "ajuste rápido" o la matriz de funciones. La pantalla se compone de dos líneas, que es donde los valores medidos y / o variables de estado (por ejemplo, gráfico de barras) se muestran. (Figura 8)

1 Pantalla de cristal líquido (Ver Figura 8)

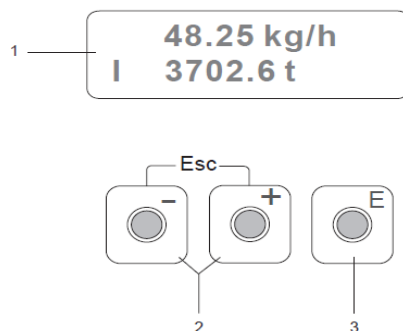
- Pantalla de dos líneas de valores de medición, textos de diálogo y de fallo y mensajes de aviso. La pantalla que aparece durante modo de medición estándar se conoce como la posición de INICIO (modo de funcionamiento).
  - Línea superior: muestra los principales valores medidos, por ejemplo, flujo de masa.
  - Línea inferior: muestra las variables medidas adicionales y las variables de estado, por ejemplo, totalizador de lectura, gráfico de barras, nombre de la etiqueta.
- 2 Tecla Más / Menos (Ver Figura 8)
  - Introduzca valores numéricos, seleccione los parámetros
  - Seleccione los diferentes grupos de funciones dentro de la matriz de funciones
- Pulse las teclas Más/Menos simultáneamente para activar las siguientes funciones:

- Salga de la matriz de funciones de paso a paso, posición HOME
- Pulse las teclas Más/Menos (Esc) más de 3 segundos y regresan directamente a la posición inicial
- La introducción de datos Cancelar

### 3 Tecla Enter (Ver Figura 8)

- HOME posición, entrada en la matriz de la función
- Guardar los valores numéricos que de entrada o la configuración que haya modificado

[1] Figura 8. Pantalla Sensor Vortex Proline Prowirl 73f.



### I. Desactivar el modo de programación.

La programación se desactiva si no se pulsa una tecla en 60 segundos tras el retorno automático a la posición inicial

### m. Tipo de errores mostrados en pantalla.

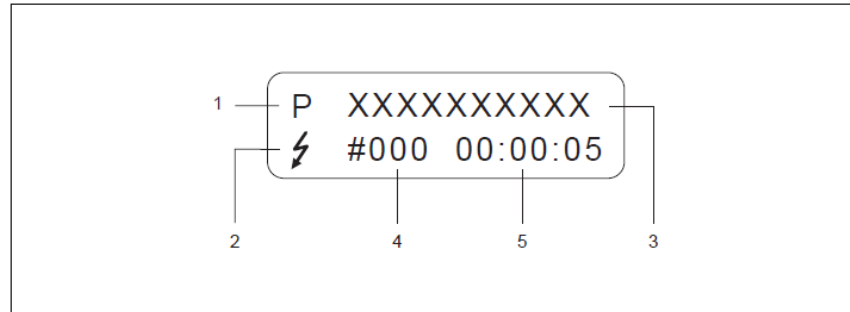
Los errores que se producen durante la puesta en servicio o la operación de medición se muestran inmediatamente. Si dos o más sistema o errores de proceso están presentes, el error con la prioridad más alta es la que se muestra en la pantalla, Figura 9.

El sistema de medición se distingue entre dos tipos de errores:

- Error del sistema: este grupo incluye a todos los errores de dispositivo, por ejemplo, los errores de comunicación, errores de hardware, etc.
  - Error de proceso: este grupo incluye a todos los errores de la aplicación, por ejemplo, "DSC SENS LIMIT".



[1] Figura 9. Tipos de errores



Mensajes de error en la pantalla (ejemplo)

1 Tipo de error: P = error de proceso, S = error del sistema

2 Error de tipo de mensaje: ⚡ = mensaje de fallo != Mensaje de aviso (definición: ver abajo)

3 Error de Designación: por ejemplo, DSC SENS LÍMITE = dispositivo está operando cerca de los límites de aplicación

4 Número de error: por ejemplo, # 395

5 Duración del último error que se produzca (en horas: minutos: segundos), formato de visualización, función HORAS DE FUNCIONAMIENTO.

## ñ. Tipos de mensaje de error

Los errores graves en el sistema, por ejemplo, defectos de módulos electrónicos, siempre se identifican y se clasifican como "mensajes de error" en el dispositivo de medición.

### ◆ **Mensaje de aviso (!)**

- El error en cuestión no tiene efecto en las salidas del dispositivo de medición.
- Se muestra como el signo de exclamación, el tipo de error (S: error del sistema, P: error de proceso)

### ◆ **Mensaje de fallo (⚡)**

- El error en cuestión tiene un efecto directo sobre las salidas. La respuesta de las salidas (modo a prueba de fallos) se puede definir por medio de funciones en la matriz de funciones.
- Se muestra como un relámpago (⚡), el tipo de error (S: error del sistema, P: error de proceso)

## n. Conexión del transmisor:

6. Desenrosque la tapa (a) de la cámara de la electrónica del alojamiento del transmisor.
7. Extraiga el módulo de visualización (b) de los rieles de fijación (c) y vuelva a colocar en el perfil soporte de retención derecha con la izquierda. Esto asegura el módulo de visualización.
8. Afloje los tornillos de la tapa del compartimento de conexión (d) y abata la tapa.
9. Empuje el cable de la fuente de alimentación / salida de corriente a través del prensaestopas (e).

Opcional: introduzca el cable de la salida de frecuencia a través de la glándula de cable (f).

10. Apriete el prensaestopas (e / f).

6. Tire del conector terminal (g) de la carcasa del transmisor y conecte el cable de la fuente de alimentación / salida.

Opcional: tire del conector terminal (h) de la carcasa del transmisor y conecte el cable para la salida de frecuencia.

Tenga en cuenta:

Los conectores de terminal (g / h) son conectables, es decir, que se pueden conectar a la carcasa del transmisor para conectar los cables.

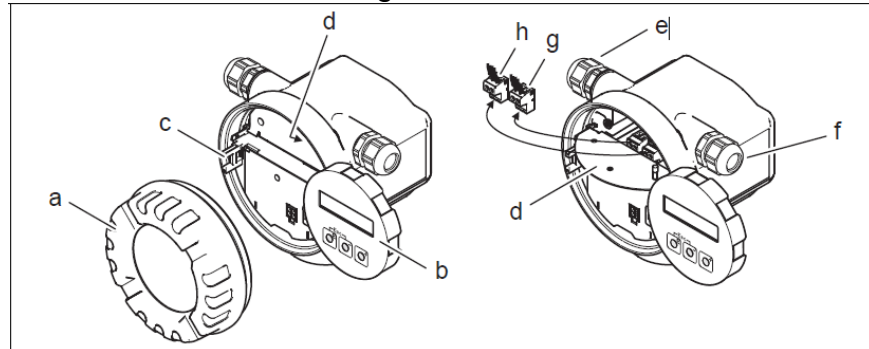
7. Enchufe el conector del terminal (g / h) en el alojamiento del transmisor.

Tenga en cuenta:

Los conectores están codificados para que no se puedan mezclar para arriba.

8. Doble hacia arriba la tapa del compartimento de conexión y apriete los tornillos (d).
9. Extraiga el módulo de visualización (b) y montar en los rieles de fijación (c).
10. Atornille la tapa del compartimento de la electrónica (a) en la carcasa del transmisor.

Figura 10



*a* cubierta del compartimento de la electrónica

*b* módulo de visualización

*c* retención ferrocarril para el módulo de visualización

*d* Cubierta del compartimento de conexión

*e* Prensaestopas para cable de salida de alimentación / corriente de energía

*f* glándula de cable para cable de salida de frecuencia (opcional)

*g* conector de terminales para alimentación / corriente de salida de potencia

*h* conector de terminales para salida de frecuencia (opcional)

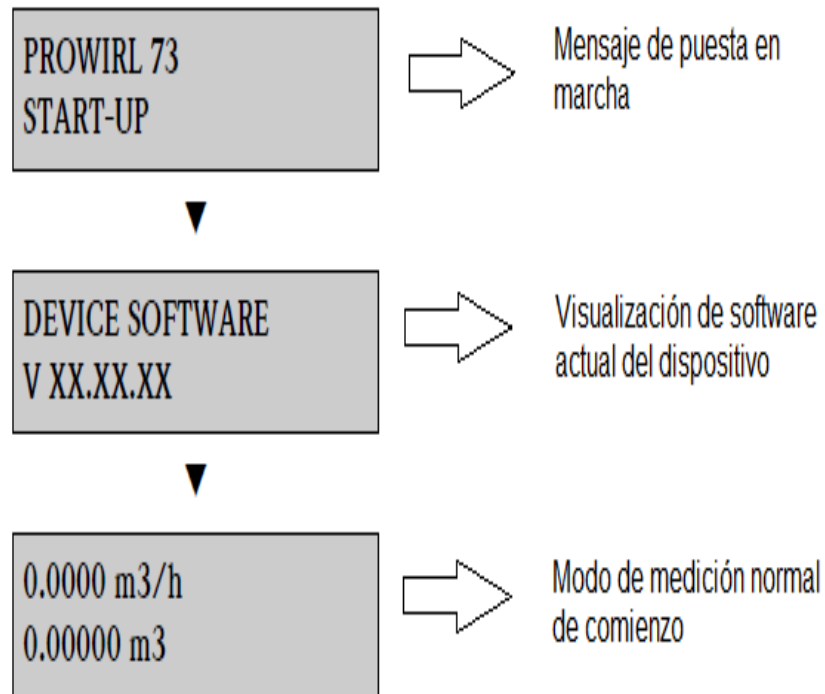
#### **o. Configuración.**

Conectar el dispositivo de medición

Después de haber completado la prueba de funcionamiento, conectar la tensión de alimentación.

Después de aprox. 5 segundos, el dispositivo está listo para funcionar, Entonces, el dispositivo realiza las funciones de prueba internos y el siguiente mensaje aparece en la pantalla local (Figura 11):

Figura 11. Mensaje inicial en Pantalla

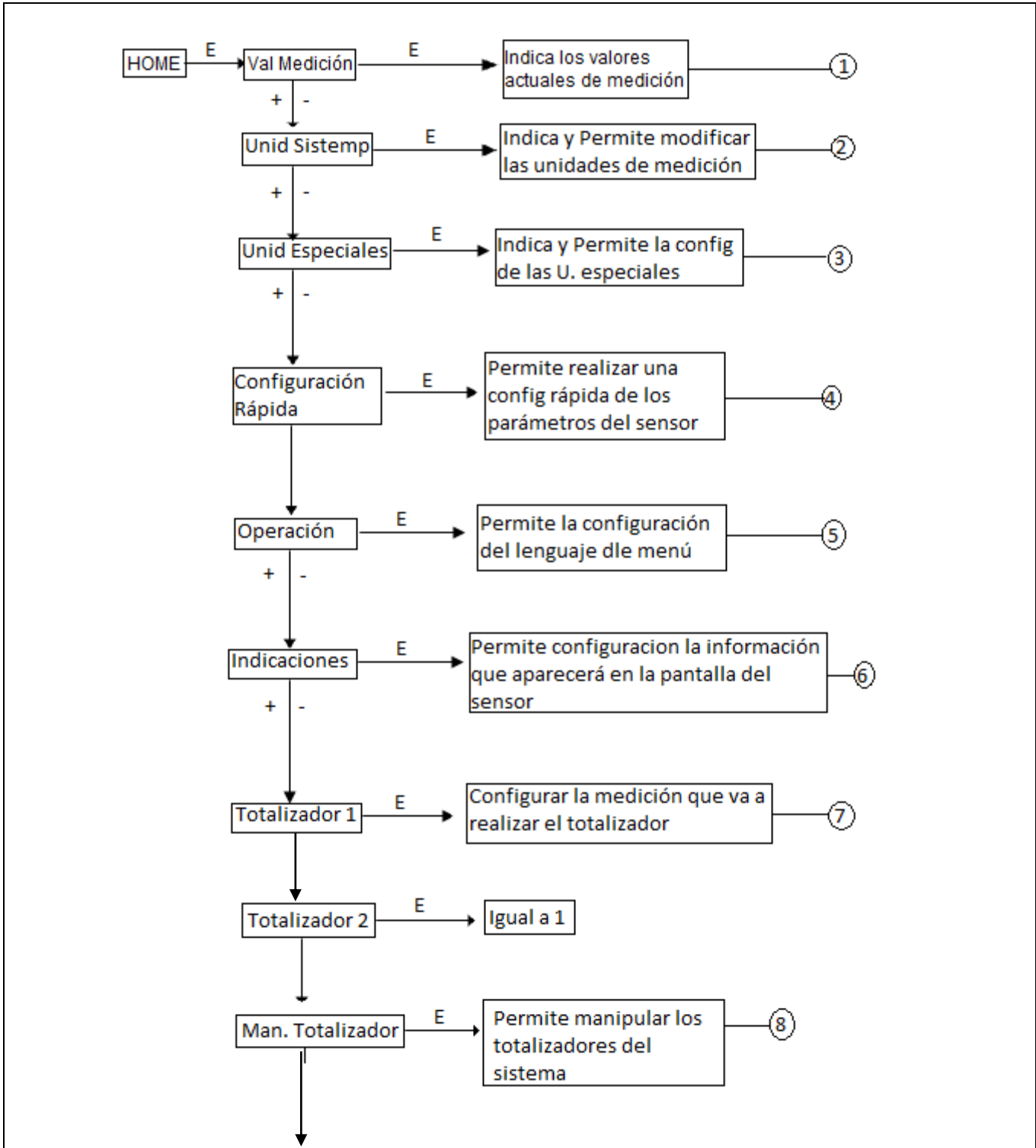


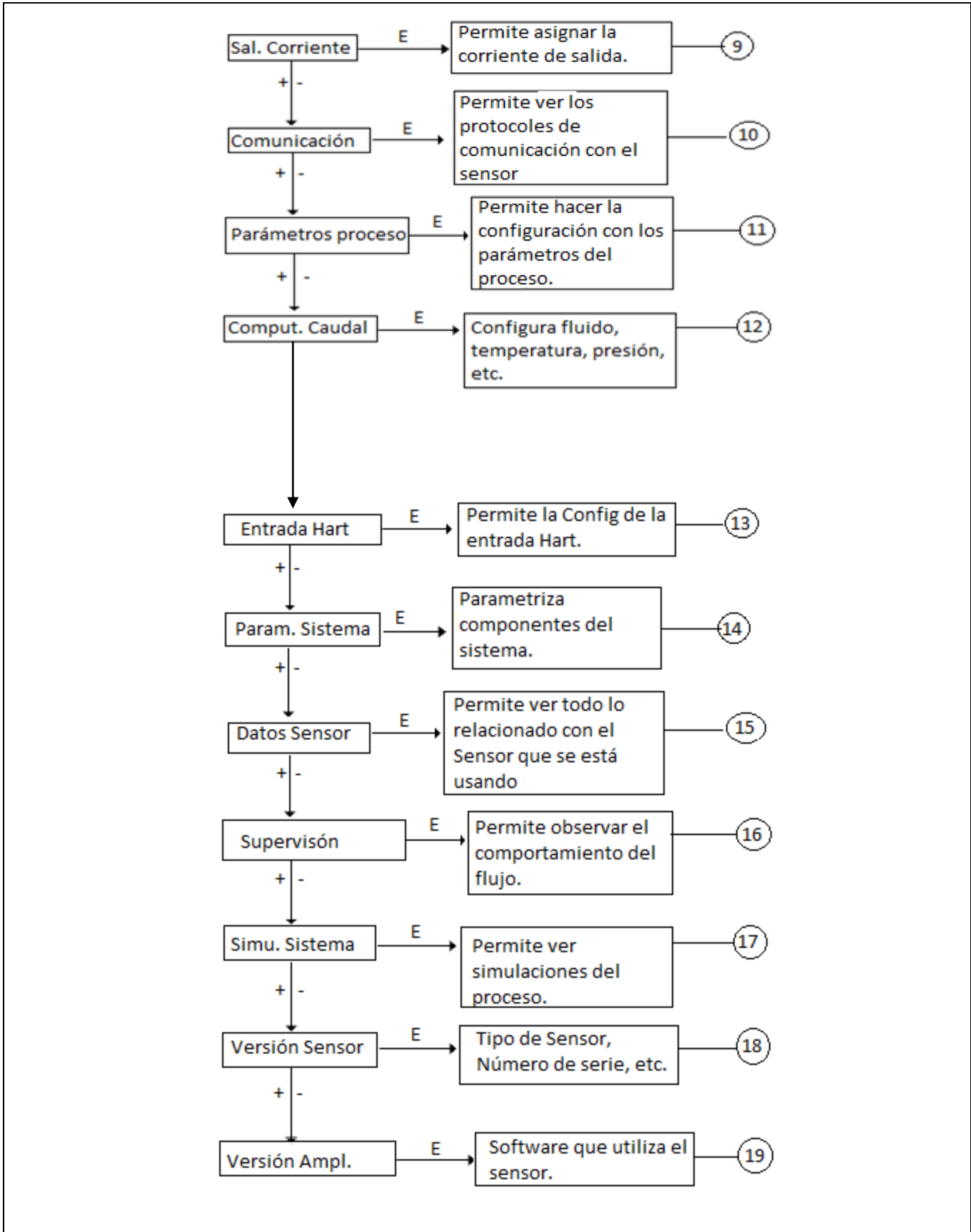
El dispositivo de medición comienza a funcionar una vez que se complete el proceso de inicio. Varios valores de medición y / o variables de estado aparecen en la pantalla (posición de inicio).

✓ Tenga en cuenta

Si el arranque falla, aparece un mensaje de error apropiado, dependiendo de la causa. Los mensajes de error que se producen con mayor frecuencia durante la puesta en marcha, estos errores se describen en la sección "Solución de problemas"(Revisar manual del dispositivo).

- **"Puesta en marcha" Configuración rápida**





2

Caudal Volumétrico.  
Unidad Temp.  
Unidad Caudal Másico.  
Unidad Normalizada  
Caudal Vol.  
Unidad Flujo Térmico.  
Unidad Densidad.  
Unit SP. CAP CAL  
Unid Entalpia  
Específica.  
Unit cal. V. MASA.  
Unit CV. Vol. Corr.  
Unid Presión.  
Unid Longitud.

3

Text Arb. Vol.  
Text Arb. MASA.  
Text Arb. COR. Vol.

4

Confi. Rap Inicio  
(Insertar código de  
acceso).

5

Lenguaje.

6

Asignar línea 1.  
Asignar línea 2.  
Formato.  
Const. Tiempo de  
indicación.  
Const. LCD.

7

Asignar Totalizador 1.  
Suma.  
Vueltas Total.  
Unidad Totalizador.  
Reset Totalizador.

8

Reset los Totalizadores.  
Modo Alarma Total.

9

Asign Corriente.  
Rango Corriente.  
Valor 4mA.  
Valor 20mA.  
Constante de tiempo.  
Modo de Alarma.  
Valor Corriente  
Nominal.

10

Nombre TAG.  
Descripción TAG.  
Descripción BUS.  
Protec. Escrit.  
Modo Bus

11

Diámetro Tubería.  
Asign. Caudal Resid.  
V-ON Caud Resid.  
V-OFF Caud Resid.  
Aviso Velocidad.

12  
Selección Fluido.  
Error Temperatura.  
Presión Trabajo.  
Factor Z Trabajo.  
Densidad Ref.  
Presión Ref.  
Temperatura Ref.  
Factor Ref.

13 Entrada Hart.

14 Modo de Espera.  
Amort. Caudal.

15  
Fecha Calibra.  
K-Factor.  
Comp Factor K.  
Diámetro Nominal.  
Cuerpo Sensor.  
Coef. Temp. Sensor.  
Amplificación.  
Offset Sensor T.  
Longitud del Cable.

16  
Condición Futur Sist.  
Condi. Prev. Sis.  
Asign. Err. Sist.  
Asign. Err. Proc.  
Retardo Alarma.  
Reset Sistema.  
Horas Operación.

17  
Sim. Modo Alarma.  
Sim. Medición.

18  
Numero Serie.  
Tipo Sensor.  
m/s DSC Sensor.

19  
Software Equipo.  
Hw - REV Amp.  
Sw - REV Amp.  
Hw - REV Els.



- ✓ Siga los siguientes pasos para configuración del dispositivo de una manera rápida.

Siga los siguientes pasos:

1. Posición inicial, damos Enter (HOME-POSITION).
2. Con las teclas Más/Menos seleccionamos 'configuración rápida' (Quick Setup).
3. Seleccionamos 'Configuración rápida Puesta en marcha, (Quick Setup Commissioning)'.
4. Elige lenguaje, (LANGUAJE).
5. Seleccionamos el tipo de fluido.
6. Continuación de la "puesta en marcha" Configuración rápida, se selecciona el tipo de salida (Corriente de salida o Frecuencia de salida).

Además se pueden hacer configuraciones de puesta en marcha rápida con GAS. Para más información de variables con respecto a la configuración de GAS, por favor revisar el manual del dispositivo.

Figura 12. Cromatografía del fluido

Factor BTU/PC	Temperatura (°F)	Densidad relativa	Densidad Real Kg/m3
1,084	72.86	0.6373	0.7702

Componentes	
C6+ 47/35/17	0.1178
PROPANE	1.7321
i-BUTANE	0.3994
n-BUTANE	0.3461
NEOPENTANE	0.0000
i-PENTANE	0.1344
n-PENTANE	0.0747
NITROGEN	0.4868
METHANE	89.1957
CARBON DIOXIDE	1.8090
ETHANE	5.7039



Gonzalo Toro Ceballos  
 Servicios Tecnicos  
 Tel. +57 (6) 683-3300  
 Cel. 318-452-7538

En la figura 12 podemos observar los resultados de las pruebas del fluidos utilizado

en la Planta Térmica. Esta configuración se debe a una prueba cromatografía del fluido enviada por la empresa de gases.

Tenga en cuenta la siguiente configuración. En el laboratorio se trabajará con Gas Real.

**p. Configuración Sensor Vortex para la medición de Gas**

Factor Z= 1  
 Unidad de densidad kg/m<sup>3</sup>  
 Densidad referencia 0.7702 kg/m<sup>3</sup>  
 Unidad de temperatura Centígrados  
 Temperatura referencia 27.7 grados centígrados.  
 Unidad de presión PSIA  
 Tipo de presión: Val PREDEFINIDA  
 Presión trabajo: medidor Vegabar +14.7  
 Unidad Caudal: Volumétrico (m<sup>3</sup>/h), masa (kg/h)  
 Unidad normalizada Caudal Volumétrico Nm<sup>3</sup>/h  
 Totalizador 1: caudal Volumétrico corregido  
 Unidad totalizada: Nm<sup>3</sup>  
 Total 2: Caudal Volumétrico  
 Unidad totalizada m<sup>3</sup>  
 Asignación corriente: caudal volumétrico corregido  
 Rango corriente: 4-20Ma Hart US  
 Valor: 4mA → 0 Nm<sup>3</sup>/h, 20 mA → 23.0 Nm<sup>3</sup>/h  
 Constante de tiempo: 5s  
 Otra salida: NO

q. Se construirá una curva de histéresis para la medición del flujo de gas que pasa por el sensor Vortex Proline E&H Prowirl 73F a la hora del encendido de la planta mientras se completa el ciclo RANKINE.

*Nota: El ciclo RANKINE es un proceso cíclico mediante el cual en las plantas termoeléctricas se sobrecalienta el vapor saturado que sale de la caldera, con ayuda de un sobrecalentador. EL sobrecalentador calienta el vapor saturado que proviene de la caldera elevando la temperatura pero no alterando la presión, esto hace que se aumente la energía para mover los álabes de la turbina para generar energía eléctrica.*

En esta tabla se realizaran dos pruebas una de encendido de la caldera y otra de apagado y se repetirá la prueba para ver el comportamiento del sensor en los dos casos.

Tabla 0. Curva de histéresis.

Tiempo del gas de entrada	Medición de Flujo prueba1	Tiempo del gas de entrada	Medición de flujo prueba 2
---------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------

Tiempo (seg)	Flujo (Nm <sup>3</sup> /min)	Tiempo 2 (seg)	Flujo (Nm <sup>3</sup> /min)
0		0	
2		2	
4		4	
6		6	
8		8	
10		10	
12		12	
14		14	
16		16	
18		18	
20		20	
22		22	
24		24	
26		26	
28		28	
30		30	
35		35	
<b>CURVA DE APAGADO DEL SENSOR</b>			
Tiempo (seg)	Flujo (Nm <sup>3</sup> /min)	Tiempo 2 (seg)	Flujo (Nm <sup>3</sup> /min)
24		24	
22		22	
20		20	
18		18	

16		16	
14		14	
12		12	
10		10	
8		8	
6		6	
4		4	
2		2	
0		0	

✓ Resultados:

- Con la ayuda de la toma de datos, mostrar la máxima histéresis y la máxima repetibilidad del sensor.
- Conclusiones.

Nota: para hacer la configuración del sensor Vortex Proline E&H Prowirl 73F, de la variable que se desea medir (flujo de gas) se hace la configuración nombrada en la parte 'puesta en marcha'.

**1. Sensor de presión PMP 51:**

**A. Instalación, puesta en marcha y operación**

Para tener en cuenta a la hora de la instalación:

Debido a la orientación del Cerabar M, puede haber un cambio en el valor de medición, es decir, cuando el contenedor está vacío, el valor medido no indicación cero. Para ajustar el punto del cero en la medición, se puede hacer de las siguientes maneras:

Través de las teclas de operación del módulo electrónico.

## B. FUNCIONES DE LOS MANDOS

Tabla 2. Funciones de mando

Teclas de Operación	Significado
<p>'ZERO' (cero) Presione durante al menos 3 segundos</p>	<p><b>Obtenga LRV</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>'Presión' modo de medición.</b> La presión actual es aceptada como el valor inferior del rango (LRV).</li> <li>• <b>'Nivel' modo de medición, 'en presión' selección de nivel, 'humedad' modo de calibración.</b> La presión actual se le asigna el valor de nivel inferior (" calibración de vacío") <i>nota</i> <i>No hay ninguna función asignada a la tecla si el modo de selección de nivel =" en altura" y / o la calibración= seco.</i></li> </ul>
<p>'lapso' Presione durante al menos 3 segundos</p>	<p><b>Obtenga URV</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>'Presión' modo de medición</b> La presión actual se acepta como valor superior del rango (LRV).</li> <li>• <b>'Nivel' modo de medición, 'en presión' seleccione el nivel, 'humedad' modo de calibración.</b> La presión actual se asigna al valor superior del rango ('calibración completa') <i>nota</i> <i>No hay ninguna función asignada a la tecla si el modo de selección de nivel =" en altura" y / o la calibración= seco.</i></li> </ul>
<p>'Cero' (Zero) y 'Lapso' (Span). Presione simultáneamente por al menos 3 segundos.</p>	<p><b>Ajuste de posición.</b> La curva característica del sensor se desplaza de tal manera que la presión presente se convierte en el valor cero.</p>

A través del menú de servicio.

## C. AJUSTE DE LA POSICIÓN CERO

**Tabla 3. Ajuste posición a cero**

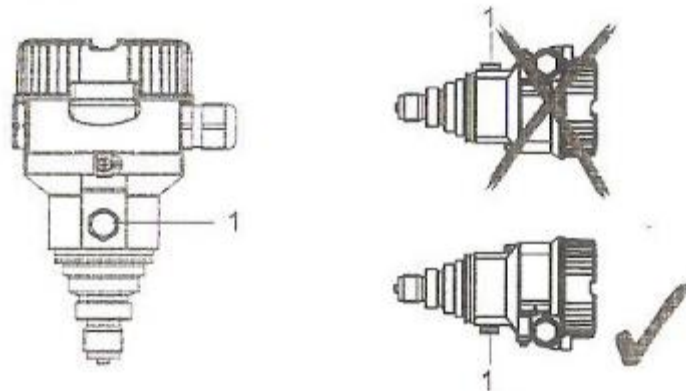
Nombre del Parámetro	Descripción
<p><b>Prensa Corregida. (172)</b> Display</p> <p>Camino en el menú: Setup ► Prensa corregida.</p>	<p>Muestra la presión medida después del ajuste del sensor y el ajuste de la posición.</p> <p>NOTA Este valor no es igual a cero, este debe ser corregido a cero por ajuste de posición.</p>
<p><b>Ajuste de posición cero (007)</b> <b>(Presión relativa del sensor)</b> seleccione</p> <p>Camino en el menú: Setup ► Ajuste de posición cero</p>	<p>Ajuste de posición cero-la diferencia de presión entre cero (set point) y la presión medida no necesita ser conocida.</p> <p><b>Ejemplo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor medido= 2.2mbar (0.033psi)</li> <li>- A corregir el valor medido a través de el parámetro ‘Ajuste de posición cero’ con la opción ‘confirmar’. Esto significa que se asigna el valor 0.0 a la presión presente.</li> <li>- Valor medido (después)= 0.0 mbar</li> <li>- El valor correcto también se corrige.</li> </ul> <p><b>Opciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confirmar</li> <li>▪ Abortar</li> </ul> <p><b>Ajustes de Fabrica</b> Abortar</p>
<p><b>Calibrar Offset (192)/(008)</b> <b>(Presión absoluta del sensor)</b></p> <p>Entrada</p>	<p>Ajuste de posición-la diferencia de presión entre set point y la presión medida DEBE ser conocida.</p> <p><b>Ejemplo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- -Valor medido= 982.2 mbar (14.73 psi).</li> <li>- A corregir el valor medido con el valor introducido (por ejemplo, 2,2 mbar (0.033 psi)) a través del parámetro Calibrar Offset. Esto significa que está asignando el valor de 980,0 (14,7 psi) a la presión actual.</li> <li>- Valor Medido (después de Calibración Offset)=0.0mbar</li> <li>- El valor actual también es corregido.</li> </ul> <p><b>Ajustes de Fabrica</b></p>

## D. Instrucciones de instalación para el dispositivo sin sello de diafragma (PMC51).

### NOTA

- Si un instrumento caliente (Cerabar M) se enfría durante el proceso de limpieza (por ejemplo, por agua fría) desarrolla un vacío por un corto tiempo, esto hace que la humedad pueda penetrar en el sensor a través de la compensación de la presión (1). Si este es el caso, montar el instrumento (Cerabar M) con la compensación de la presión (1) hacia abajo, como lo muestra la Figura 13.

Figura 13.



Pegar imagen.

- Mantener la compensación de la presión y el filtro de GORE-TEX (1) libre de contaminación.
- El instrumento (Cerabar M) transmisores sin diafragma están montados de acuerdo con las normas de un manómetro (DIN EN 837). se recomienda el uso de dispositivos de cierre y sifones. la orientación depende de la aplicación de medición.
- No limpie ni toque diafragmas de aislamiento de procesos con objetos duros o puntiagudos.

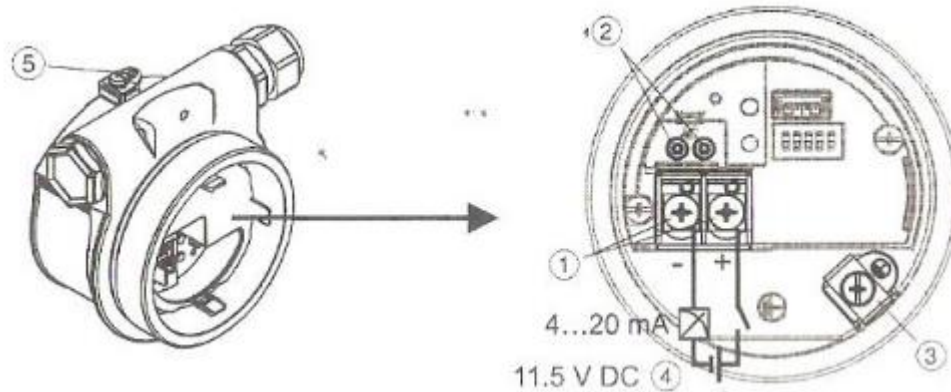
## E. Conectando el Dispositivo.

Procedimiento:

1. Comprobar si la tensión de alimentación coincide con la tensión de alimentación en la placa.
2. Desconectar la tensión de alimentación antes de conectar el dispositivo.
3. Quite la cubierta del alojamiento.

4. Cable guie a través de la glándula. Utilizar preferentemente cable de remolque cable trenzado, apantallado.
5. Conectar el dispositivo de acuerdo con el siguiente diagrama. Ver figura 14
6. Atornille la cubierta del alojamiento.
6. Conectar la tensión de alimentación

Figura 14



#### Conexión eléctrica 4-20mA HART

1. Terminales de tensión de alimentación y de señal
2. Terminales de prueba
3. Terminales de conexión a tierra
4. Suministrar voltaje: 11,5-45 VCC (versiones con conectores: DC 35V)
5. Terminal de tierra externo

#### Bibliografía para consultar

Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Manual de Usuario del Sistema SCADA SISTEMA SCADA de la Planta Térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Facultad de Ingeniería Electrónica, Industrial y Mecánica, Laboratorio de automatización, marzo 2012, Jessica Lorena Ariza Duran



 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b>		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA PLANTAS TÉRMICAS DOCENTE: JUAN CARLOS VILLAMIZAR	
<b>LABORATORIO AUTOMATIZACION DE PROCESOS  PROTOCOLO DE ENCENDIDO Y CONTROL AUTOMATICO Y MANUAL DE LA  PLANTA TÉRMICA</b>			
<b>Fecha Inicio</b>	<b>Dedicación Presencial</b>	<b>Dedicación No Presencial</b>	<b>Fecha de Finalización</b>
	6 horas	6 horas	

<b>Justificación del laboratorio</b>
Partiendo de la necesidad de poner en práctica el conocimiento adquirido a través del tiempo y de las diferentes materias en la universidad, el estudiante de ingeniería electrónica debe conocer las ventajas, desventajas, y diferentes problemas que pueden ocurrir en una planta térmica automatizada.
<b>Objetivo del laboratorio</b>
Realizar el protocolo de encendido manual y automático en la planta térmica de la universidad pontificia bolivariana, conocer el procedimiento correcto para su funcionamiento.
<b>Objetivos específicos de la práctica de laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar una inspección de la planta térmica guiada por el personal autorizado.</li> <li>➤ Cumplir las normas de seguridad y prevención para evitar accidentes.</li> <li>➤ Identificar las áreas, equipos que la conforman, e instrumentos electrónicos de la planta.</li> <li>➤ Seguir los pasos ordenadamente para el encendido de la planta térmica.</li> <li>➤ Realizar y analizar los procesos automático y manual de generación y el comportamiento del gobernador y de la válvula de paso manual.</li> </ul>
<b>Competencias adquiridas en el desarrollo de la práctica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identifica cada una de las áreas del proceso.</li> <li>➤ Comprende los pasos seguidos en el protocolo de encendido y las causas de cada uno de estos.</li> <li>➤ Identifica las diferencias entre el procedimiento manual, automático y el funcionamiento del generador en cada uno de los casos.</li> </ul>

## Herramientas de Trabajo

- Equipo de seguridad para trabajo en la planta térmica.
- Planta térmica
- Plano P&ID

## Marco teórico

### 1. PROCESO: PLANTA TÉRMICA UPB

La planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga es una termoeléctrica que puede funcionar usando como combustible gas o acpm. Cuenta con un tanque de abastecimiento de agua que dirige agua al suavizador para que este se encargue de limpiar el agua y de allí esta es impulsada por una bomba hacia la caldera. Con el combustible se genera una llama en la caldera que eleva la temperatura del agua hasta que se convierte en vapor de agua a una presión elevada (120-145 psi). El vapor es llevado a un distribuidor cuya función es, distribuir el vapor de agua por las tuberías para que continúe el proceso, la siguiente etapa es el sobrecalentador que se encarga de aumentar la temperatura del vapor de agua hasta los 360 grados celcius para que la entalpia (agregar calor para mejorar la cantidad de energía que puede desprenderse de un proceso termodinámico en este caso vapor de agua ) sea mejor, luego es llevado a la turbina de vapor que gira a 3600 rpm para que se genere rotación en el generador a una frecuencia de 60 hz, por medio de la excitación de sus bobinados genera corriente eléctrica. Además esta planta hace que el agua utilizada recircule se condense y se ahorre en consumo de esta misma.

Figura 1. Planta Térmica UPB.



Fuente: Autor.

El proceso de generación de energía que lleva a cabo la planta térmica se basa en el Ciclo Rankine el cual es un proceso termodinámico cuya finalidad es utilizar un fluido para alternar su estado entre líquido y gaseoso a través de los procesos de evaporación y condensación para la generación de energía eléctrica.

## **2. PRINCIPALES EQUIPOS DEL PROCESO.**

- **SUAVIZADOR DE AGUA:** Este es un cilindro que lleva por dentro tres capas de gravilla cada vez más porosas y que busca eliminar sales minerales y residuos del agua que se va a utilizar en la caldera, debido a que estos elementos pueden generar corrosión en las tuberías y tanques de almacenamiento. De este el agua es transportada al tanque de reposición en el cual esta se almacena para luego ser llevada a la caldera.
- **BOMBA CENTRIFUGA:** Esta bomba es utilizada para que el agua que se encuentra en el tanque de reposición pase a la caldera a una presión alta (120-140 psi) esto para que la temperatura del agua sea más fácil de elevar y se cumplan las normas del ciclo de Rankine (agregar calor para mejorar la cantidad de energía que puede desprenderse de un proceso termodinámico en este caso vapor de agua ) además en la entrada de la caldera hay una válvula anti retorno para que el agua que está a alta presión no retorne al tanque.
- **CALDERA:** La caldera es uno de los elementos principales de la planta térmica esta función parecido a una olla presión con la diferencia que el líquido que ingresa en esta entra a una presión alta (120-140 psi) y eleva la temperatura del líquido hasta unos 160-180 grados Celsius que es la temperatura de vapor saturado necesario para que mueva los alabes de la turbina de vapor, para calentar el fluido la caldera tiene una llama de encendido por chispa y además cuenta con dispositivos electrónicos de protección como sensores de nivel bajo, válvula de disparo de los 150psi, apagada por llama apagada y tubería de alivio de presión.
- **DISTRIBUIDOR:** Es un cilindro que posee cierta cantidad de válvulas y redirige el vapor a los lugares necesarios para continuar con el proceso de generación de electricidad. Se destaca el paso de esta al sobrecalentador, la retroalimentación hacia el tanque de reposición, la ruta de desfogue y una salida auxiliar.
- **SOBRECALENTADOR:** El vapor saturado sale de la caldera a una temperatura que oscila entre los 160-180 grados Celsius a una presión que está entre los 120-140 psi sin embargo es posible mejorar la entalpia (agregar calor para mejorar la cantidad de energía que puede desprenderse

de un proceso termodinámico en este caso vapor de agua ) lo cual dará una mejor ganancia de energía al impulsar la turbina, para esto y según las leyes termodinámicas el sobrecalentador es un serpentín que se calienta por medio de una llama pero al no represar el vapor solo calentarlo no altera su presión y si eleva su temperatura hasta los 300-360 grados Celsius lo que permitirá una mayor energía que moverá la turbina.

- **TURBINA-GENERADOR:** Por medio de la tobera que es una boquilla que aumenta la velocidad del vapor este es impulsado a los alabes de la turbina de vapor la cual gira y al estar conectada con el mismo eje del generador excita las bobinas generando electricidad. Inicialmente el sistema se mantiene en vacío, luego se le van aplicando cargas las cuales hacen que las rpm disminuyan para que se mantengan estables existe el gobernador que es un sensor de velocidad que envía la señal retroalimentada para que se controlen las válvulas de paso y genere más o menos vapor y se mantengan constantes las rpm sin importar la carga. A la salida del generador el vapor a pasado a temperatura de 100-120 grados Celsius y a presión baja (0-5 psi).
- **BY-PASS:** Es una ruta alterna que puede tomar el vapor para no entrar a la turbina-generador ya sea por mantenimiento o para precalentar el sistema esta ruta se habilita con unas válvulas de accionamiento manual. Hay que tener en cuenta que el vapor debe salir del by-pass en las mismas condiciones que si lo hiciera del generador para esto se usa una válvula de expansión que realiza esta función.
- **TORRE DE ENFRIAMIENTO Y SISTEMA DE CONDENSACION:** Este es el primer paso en el reaprovechamiento del líquido ya que aquí se refrigera el vapor de agua y se convierte en agua líquida a una temperatura superior a la atmosférica disminuyendo el consumo de energía en el siguiente proceso de la caldera. Para esto se usan dos intercambiadores de calor de casco y tubos que a su vez junto a la torre de enfriamiento la cual enfría en 10 grados Celsius, el agua pasa por los tubos del intercambiador y al salir de allí está a una temperatura que varía entre 40-60 grados Celsius esta agua pasa al tanque de condensado para cuando sea necesario usarla.

Figura 2. Plano P&ID de la planta térmica UPB.



### 3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es importante tener en cuenta que para poder interactuar en la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariano o en cualquier otra planta térmica, se debe conocer y seguir unas normas de seguridad para evitar lesiones o pérdidas humanas., a continuación se nombrará las medidas de seguridad para el ingreso a la planta de la Universidad Pontificia Bolivariana:

#### 3.1 Golpes.

Figura 3. Implementos de seguridad



Fuente: SEFYPRO, Seguridad Industrial {En línea}, [Citado el 10 de julio del 2013], disponible en:(<http://segipro.cl/category/productos/proteccion-cabeza/>)

Es necesario tener los implementos de seguridad que evitan golpes, machucones, o caídas. Por esta razón es necesario utilizar guantes, botas o zapatos que tengan punta de acero, y el casco es obligatorio. Siempre que se esté realizando labores de mantenimiento ubicar las piezas grandes en cajas y en sitios a baja altura para evitar caídas. []

### 3.2 Quemaduras.

Figura 4 Ropa de Trabajo.



Fuente: Total Office, Bragas Industriales {En línea}, {citado el 10 de julio del 2013}, disponible en: <http://www.totaloffice.com.ve/productos/33-bragas-industriales>.

En la planta térmica existe muchas zonas o áreas en donde es posible que haya aumento de temperatura, sobretodo en tramos de tubería cercanos a la caldera, sobrecalentador y turbina se alcanzan temperaturas externas de hasta 140 °C, lo que puede generar quemaduras de hasta segundo grado dependiendo del tiempo que dure el contacto con la piel.

Por las observaciones expuestas anteriormente es obligatorio el uso de pantalón, bata manga larga de tela gruesa y guantes de vaqueta o de carnaza, para evitar amenaza contra la salud le personal (Ver figura 4). []

### 3.3 Electrocutión.

La planta térmica U.P.B. cuenta con 3 tableros (gabinete principal, Gabinete de cargas y gabinete en el área de condensación) de control eléctrico los cuales manejan voltajes de 110 y 220 voltios monofásicos con hasta 5 Amperios de corriente; suficientes para causar lesiones leves, graves y hasta la muerte.

Se recomienda desenergizar totalmente un tablero de control antes de realizar cualquier reparación eléctrica en ellos. []

### 3.4 Encendido.

Antes de poner en marcha el proceso de la planta, es necesario revisar unos ítems que sirven de precaución para que no haya algún tipo de inconvenientes a la hora del encendido de la planta. []

- a) Limpiar las áreas de líquidos combustibles como aceite, thinner, gasolina, acpm, entre otros.
- b) mantener todas las zonas aledañas al laboratorio libres de llamas, chispas o cigarrillos.
- c) Los extintores tienen una clasificación que indica su potencia. Las

letras A, B, C o D indican la clase de fuego que pueden apagar y el N° señala la magnitud de éste que es capaz de extinguir eficazmente.

### 3.5 Explosión.

La planta térmica tiene muchas áreas en las que puede haber alguna explosión, por ejemplo en la parte de la caldera y el sobrecalentador ya que estas manejan altas presiones, además el combustible que se utiliza como combustión (gas) son altamente inflamables.

Por estas razones es importante siempre estar supervisando estos niveles de riesgo a la hora de poner la planta térmica en marcha y así evitar peligros.

### 3.6 Clasificación de los extintores.

Figura 5 Extintor clase A



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase A: Pueden apagar fuegos producidos en materiales combustibles comunes en estado sólido. Ej. Madera, cartón, papel, telas, goma, plástico, etc. Y está simbolizado (Figura 5). []

Figura 6 Extintor clase B.



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase B: Pueden apagar fuegos ocasionados por combustibles líquidos inflamables (petróleo, bencina); se incluyen gas licuado y algunas grasas utilizadas para lubricaciones, pinturas, aceites, ceras. Y está



simbolizado (Figura 6). []

Figura 7 Extintor clase C



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase C: Estos extintores se usan para apagar incendios que ocurren en equipos o instalaciones con carga eléctrica, es decir, que se encuentran energizadas. Y está simbolizado (Figura 7). []

Figura 8 Extintor clase D



Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Dario Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Extintor clase D: Sirven para apagar incendios de metales combustibles en forma de polvo o virutas de aleaciones de metales livianos, como el aluminio, el magnesio, titanio, potasio, sodio. Y está simbolizado (Figura 8).

[]

Se debe tener en cuenta:

- Los extintores deben ubicarse en lugares en donde hay mayor riesgo de alguna conflagración, con la precaución que no queden obstruidos o imposibilitados de usar a la hora de una emergencia.
- Si son instalados en zonas abiertas o intemperie, es necesario protegerlos contra agentes de la naturaleza que pueden deteriorar el óptimo desempeño de este.
- Instalarse o colgarse donde no puedan ser averiados por maquinarias, grúas u otros equipos de operación.

Revisar periódicamente la presión y contenido de cada uno de los extintores, para evitar problemas a la hora de emergencias

**PROTOCOLO DE ENCENDIDO DE LA PLANTA:** este procedimiento indica paso por paso las instrucciones necesarias para que la planta térmica UPB en todas sus etapas realicen la función para la que están presentes y así generar energía

eléctrica al final del proceso.

- Condiciones de seguridad
  1. Elementos de protección personal
  2. Ubicar la lista de operarios fuera de la planta
  3. Despejar áreas de evacuación
  4. Llamar al vigilante para activar brigada y abrir gabinete contraincendios
  5. Avisar al departamento de monitoreo de la planta para que registren los datos (extensión 644)
  6. Revisar la presión de los extintores y ubicarlos en la zonas indicadas
- Condiciones de suministros
  7. Anotar el valor que se encuentre en los contadores de agua (liquida y flujo de vapor)
  8. Anotar el valor en los dos contadores de gas
  9. Verificar si hay luz agua y gas en la universidad
  10. Condiciones del tanque de alimentación
  11. Cerrar la válvula de evacuación
  12. Abrir las 4 válvulas de entrada al tanque
  13. Esperar alrededor de 15 minutos hasta alcanzar el nivel deseado (5cm por debajo del máximo)
- Condiciones iniciales de la bomba naranja y la caldera
  14. Cerrar las 3 válvulas azules de evacuación de la caldera
  15. Abrir válvula 1 de entrada de la bomba, 1 de salida de la bomba, 1 de entrada de la caldera y 2 válvulas rojas de salida de vapor de la caldera
- Tablero de control
  16. Coloque todos los tacos en posición ON y cierre el tablero
  17. Tablero de control de la caldera
  18. Encender los 4 interruptores de izquierda a derecha y cierre el tablero
  19. Esperar unos 15 minutos que se llene la caldera (se apaga el piloto de bajo nivel de agua y se enciende el de demanda)

### **PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO**

- Condiciones de la Caldera
  20. Configurar el setpoint del reostato de la caldera a la presión indicada por el docente máximo 150psi
  21. Abrir la válvula de gas de la caldera (el manómetro marcará 5psi)
  22. Despejar zona aledaña al ventilador
  23. Colocar los 2 switches del tablero de control en posición de gas que va a ser el combustible a utilizar (se enciende el ventilador)
  24. Verificar a los 45 segundos el sonido de encendido de la llama (se enciende el piloto de combustión)
  25. Esperar 2 minutos y cerrar completamente las dos válvulas rojas de salida de vapor de la caldera
  26. Esperar unos 45 minutos hasta que la caldera alcance la presión del setpoint del preostato (al inicio la caldera arroja un poco de agua por

- debajo esto es normal en el proceso)
27. Abrir solo un poco la válvula de evacuación de vapor de la caldera para mantenerla precalentada

Figura 9. Caldera



- Precalentado de la tubería entre la caldera y el distribuidor
  28. Cerrar las válvulas posteriores a las que se van a abrir
  29. Asegurarse que no existan interrupciones en la tubería
  30. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos
  31. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  32. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
- Precalentamiento del distribuidor
  33. Cerrar las válvulas posteriores a las que se van a abrir
  34. Asegurarse que no existan interrupciones en la tubería
  35. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos
  36. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  37. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor

Figura 10. Distribuidor



- Precalentamiento de la tubería entre el distribuidor y el alivio fuera de la planta  
38. Cerrar las válvulas posteriores a la que se va a abrir (las 2 que entran a los intercambiadores de calor )  
39. Abra totalmente la válvula que esta fuera de la planta  
40. Asegurar que NO existen interrupciones en la tubería  
41. Abra un poco la válvula hasta que fluya vapor y déjela así
- Precalentamiento de la tubería entre el distribuidor y el sobrecalentador  
42. Cerrar las válvulas posteriores a las que se van a abrir  
43. Asegurarse que no existan interrupciones en la tubería  
44. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos  
45. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos  
46. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
- Precalentamiento de la tubería entre la entrada y la salida del sobrecalentador  
47. Cerrar las válvulas posteriores a las que se van a abrir  
48. Asegurarse que no existan interrupciones en la tubería  
49. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos  
50. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos  
51. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
- Precalentamiento de la tubería entre la salida del sobrecalentador y la válvula azul

52. Cerrar las válvulas posteriores a la que se va a abrir (la del by pass y la de la turbina)
  53. Abra la válvula azul hasta la mitad, presionando el interruptor
  54. Asegurar que no existan interrupciones en la tubería
  55. Abra un poco la válvula hasta que salga vapor y espere 2 minutos
  56. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  57. Esta vez no abra completamente la válvula para evitar sobrepresiones en la turbina o en los intercambiadores
- Torre de enfriamiento
    58. Revise toda la tubería de la torre de enfriamiento
    59. Encienda el tablero de control de la torre
    60. Encender la bomba verde
    61. Revisar que caiga agua en la torre de enfriamiento
    62. Coloque la bomba azul en modo automático

Figura11. Torre de enfriamiento



- Precalentamiento de la tubería entre la válvula azul y los intercambiadores (by pass)
  63. Cerrar las válvulas posteriores a las que se van a abrir
  64. Asegurarse que no existan interrupciones en la tubería
  65. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos
  66. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  67. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
  
- Precalentamiento de la tubería de los intercambiadores
  68. Abra las válvulas posteriores a la que se va a abrir
  69. Asegurar que no existen interrupciones en la tubería
  70. Abra un poco la válvula hasta que fluya vapor y espere 2 minutos
  71. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  72. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
  
- Precalentamiento de la tubería entre la válvula azul y la salida de la turbina
  73. Cerrar las válvulas posteriores a la se va a abrir (a la salida de la turbina)
  74. Asegurar que no exista interrupciones en la tubería
  75. Conectar el cable de gobernador y conectar el interruptor en ON
  76. Abrir un poco la válvula hasta que fluya vapor y esperar 2 minutos
  77. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  78. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minutos para que salga todo el vapor (es normal que la turbina comience a girar hasta un máximo de 1000 rpm )
  
- Precalentamiento de la tubería entre la turbina y los intercambiadores de calor
  79. Abra las válvulas posteriores a la que se va a abrir
  80. Asegurar que no existen interrupciones en la tubería
  81. Abra un poco la válvula hasta que fluya vapor y espere 2 minutos
  82. Abrir otro poco la válvula (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de vuelta ) y esperar otros dos minutos
  83. Abrir lentamente la válvula hasta su totalidad y esperar un minuto para que salga todo el vapor
  84. Abrir lenta pero completamente la válvula de entrada de los intercambiadores

HASTA AQUÍ SE A COMPLETADO EL CICLO RANKINE DE PRECALENTADO



- Encendido del sobrecalentador
  85. Encienda el tablero de control del sobrecalentador
  86. Encienda el sobrecalentador y verifique que a los 45 segundos exista llama
  87. Cuando lleve 30 minutos con el sobrecalentador encendido, encienda el ventilador de la torre de enfriamiento para evitar recalentamiento de la tubería
  88. Controle que la temperatura en el sobrecalentador no exceda los 360 grados

Figura 12. Sobrecalentador con tablero de control



Procedimiento Manual.

89. Para el control manual del generador teniendo en cuenta que es demasiado difícil controlar las revoluciones de una turbina controlando la entrada de

- vapor por medio de la válvula se realiza de la siguiente manera.
90. Se desconecta el gobernador dejando abierta la válvula que controla el embolo de este mismo
  91. Se procede a controlar la entrada de vapor a la turbina por medio de la válvula de paso del sobrecalentador a la turbina.

Figura 13. Válvula de control manual



Procedimiento Automático: se realiza por medio del gobernador que es un controlador mecánico que toma la señal de rpms que genera el sensor de frecuencia ubicado en la turbina como señal de retroalimentación para compararlo con la señal de set point establecida y así por medio del embolo que controla la válvula a la entrada de la tobera permite el paso de vapor necesario para la cantidad de rpms establecidas por el operario.

92. se cierra la valvula de paso a la valvula de alivio y se porcede a dejar pasar el vapor hacia la turbina.
  93. Se establece el set point en el tablero del gobernador el cual automáticamente alcanzara el punto establecido.
- Tablero de cargas
94. Cuando el tablero indique 60hz (estables), coloque en ON el interruptor del tablero de carga
  95. Escoja el tipo de distribución estrella o triangulo
  96. Empiece a encender bombillos esperando 15 segundos entre uno y otro  
Para el control automatico  
Gobernador
  97. Con el potenciómetro de “rated speed” vaya subiendo las rpm de la turbina de vapor según los valores pedidos, después de las 2800 rpm el tablero de cargas se enciende automáticamente en el gobernador también se pueden controlar la rampa para la velocidad del control y otras variables que vienen



definidas por el fabricante.

98. El gobernador toma el dato del sensor de velocidad y lo compara con el setpoint escogido y para igualarlo controla una válvula de huecos que están en desorden por medio de un embolo para permitir mayor o menor paso de vapor a la turbina.

Figura 14. Tablero de control del gobernador

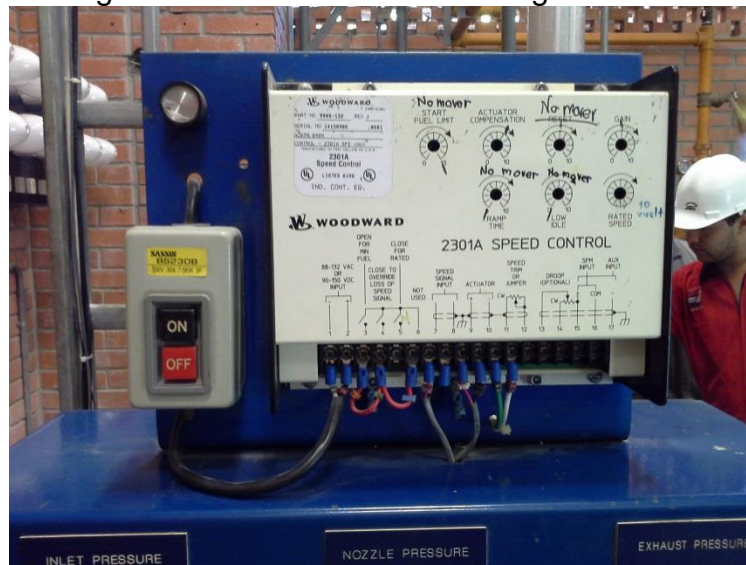


Figura 15. Gobernador



#### **Bibliografía para consultar**

Fuente: Manual del Laboratorio de Plantas Térmicas. Gilberto Carlos Fontecha Dulcey, José Darío Abril Álvarez, Víctor Hugo Cuéllar Carreño. FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Manual de Usuario del Sistema SCADA SISTEMA SCADA de la Planta Térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Facultad de Ingeniería Electrónica, Industrial y Mecánica, Laboratorio de automatización, marzo 2012, Jessica Lorena Ariza Duran

### Guía 3

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b>		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DOCENTE: JUAN CARLOS VILLAMIZAR	
<b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS  IDENTIFICACIÓN DEL PLC S7-300 Y EL GABINETE DE CONTROL DE LA  PLANTA TÉRMICA UPB</b>			
Fecha Inicio	Dedicación Presencial	Dedicación No Presencial	Fecha de Finalización
	3 horas	3 horas	

<b>Justificación del laboratorio</b> El conocimiento de las partes de un PLC y su correcta ubicación, función en un gabinete de control son competencias prácticas de vital importancia en la ingeniería electrónica, el afianzamiento de estas competencias en una práctica de laboratorio en un entorno industrial familiariza al estudiante con el entorno laboral.
<b>Objetivo del laboratorio</b> Realizar la identificación del PLC siemens s7-300 y el gabinete de control de la planta térmica UPB Bucaramanga.
<b>Objetivos específicos de la práctica de laboratorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificar las partes, módulos y funcionamiento del PLC s7-300</li> <li>➤ Identificar las zonas y partes del tablero eléctrico de control de la planta térmica UPB.</li> <li>➤ Identificar las etapas del tablero eléctrico de control y conocer la norma con la cual fue diseñado.</li> </ul>
<b>Competencias adquiridas en el desarrollo de la práctica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conocer el PLC siemens s7-300.</li> <li>➤ Diferencia las etapas de un gabinete eléctrico de control y las normas a las que está sujeto.</li> </ul>

<b>Herramientas de Trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PLC S7-300</li> <li>➤ Gabinete de control de la planta térmica UPB Bucaramanga.</li> </ul>
--

<b>Marco teórico</b>
<b>1. TABLERO ELÉCTRICO</b>  Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización,

con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión que puede ser:

- Diagrama Unifilar: un diagrama unifilar o de un solo filo es aquel que maneja una sola línea para la conexión de todos los elementos que contenga.
- Diagrama de Control: un diagrama de control es el esquema encargado del monitoreo y análisis de un proceso por medio de técnicas de medición.
- Diagrama de interconexión: es similar al diagrama unifilar con la diferencia de que en este caso se señala la fase o línea a la cual va conectado cada elemento.

Además existen diferentes tipos de tableros de acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Caja o gabinete individual de medidor: es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
- Tablero Principal de distribución: es aquel que se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
- Tablero o gabinete colectivo de medidores: es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso, los cubiles o gabinetes que albergan a los interruptores principales se comportan como tableros principales.
- Tablero secundario de distribución: se conecta al tablero principal, comprenden una vasta categoría.

En la planta térmica de la UPB tiene un tablero eléctrico principal que tiene un PLC que recolecta los datos de las señales eléctricas, elementos de seguridad y acondicionadores de señal. Además está el tablero eléctrico de cargas en el cual se indican los valores de tensión, corriente, frecuencia y tipo de conexión de las cargas alimentadas por la energía producida en el proceso. Esta información es recolectada y procesada para el monitoreo del proceso para evitar fallas graves, crear históricos de datos, mostrar al público interesado sin acceso a la planta el

comportamiento de la planta por medio de gráficos remotos.

- Gabinete principal

El gabinete eléctrico principal de la planta térmica UPB (Ver figura 40) es de tipo tablero principal de distribución ya que está conectado a la línea principal y de él se derivan circuitos secundarios y tiene los principales equipos de medición, control y acondicionamiento de señal de la planta, cuenta con la etapa de control, potencia y acondicionamiento de señal.

El gabinete eléctrico principal cuenta con partes internas descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Partes de tablero eléctrico

Elementos Físicos	Tornillería	Otros elementos	Baja potencia	Media y alta potencia
Compartimientos	Fijación de chapas	Aisladores de fibra	Contactores	Relés de estado sólido
Envolventes	Fijación de barras	Soporte de barras	Relés de carga	Arrancadores de media tensión
Soportes	Fijación de soportes	Aisladores	Equipos de medición	Relés de medición
Barras	Fijación de aisladores	Cableado	PLC	Interruptor automático
Cubículos	Unión de chapas	Cerraduras y accionamientos	Convertidores de señal	Interruptores termomagnéticos

Figura 1. Gabinete eléctrico de control de la planta térmica UPB



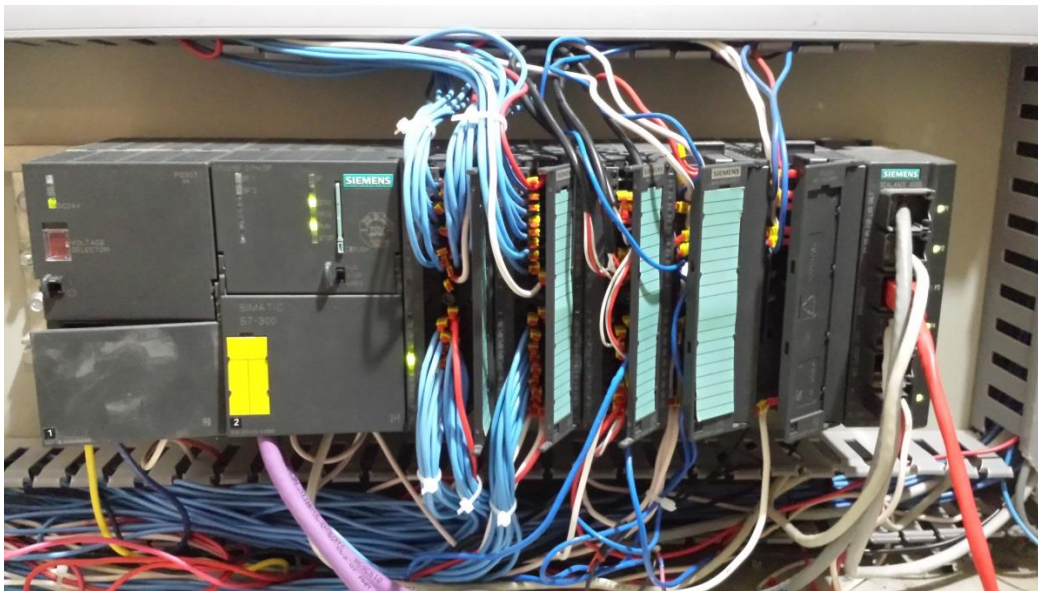
Fuente: Autor.

E. Etapa de control: En este nivel se sitúan los elementos capaces de controlar y supervisar los actuadores y sensores del nivel de instrumentación tales como

autómatas programables (PLC) o equipos de aplicación específica basados en microprocesador. Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de acción/sensado poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de interconexión para ser enlazados con el nivel superior (supervisión).

- PLC: un controlador lógico programable es un instrumentó electrónico encargado de controlar la automatización de un proceso ya que se asemeja a un computador pero a nivel industrial, resistente y con mayor seguridad, dispone de múltiples entradas y salidas las cuales realizaran acciones de acuerdo a la programación interna del mismo, cuenta con inmunidad al ruido eléctrico, es resistente a los golpes y a la interferencia. En la planta térmica UPB se cuenta con un PLC siemens S7\_300 (ver figura 2) encargado de la lectura de señales de los sensores y de realizar acciones de encendido y apagado de interruptores, la comunicación de los datos con la interfaz gráfica remota ubicada en el laboratorio de automatización en el edificio K214.

Figura 2. PLC planta térmica UPB



Fuente: Autor

- Fuente PS 307-5A: para la alimentación del S7-300 y de los actuadores y sensores con 24V DC siemens provee fuentes de alimentación que cumplen con los requisitos eléctricos necesarios para el buen funcionamiento del PLC. La fuente PS 307-5A tiene una intensidad de salida de 5A, genera una tensión de salida 24V DC estabilizada a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío, acometida de entrada monofásica



(120/230 V a 60HZ) y separación eléctrica segura según NE 60 950 (figura 3), (para más información dirigirse al anexo 7). [9]

Figura 3. Fuente PS 307-5A



Fuente: <http://support.automation.siemens.com/>

- CPU 315F-2PN/DP: la CPU cuenta con una unidad central de procesamiento de 512Kbyte, 2 puerto Ethernet/Profinet, tarjeta de memoria micro SIMATIC necesaria para su funcionamiento su voltaje de entrada es de 24V DC suministrados por la fuente. La principal función del CPU es comandar y gobernar la actividad del PLC. Ésta recibe señales de información de los sensores del proceso, ejecuta un programa de control previamente almacenado en su memoria y suministra el resultado de la ejecución de las instrucciones del programa a los actuadores o dispositivos de salida. Este proceso se realiza de una manera continua y cíclica. (figura5), (para mayor información mirar el anexo 7).[9]

Figura 5. CPU del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://www.inaserv.com/artikel,en,6ES7315-2FJ14-0AB0,content.php>

- Módulo 1 y 2, SM 323 6ES7323-1BL00-0AA0: módulo de 16 entradas con aislamiento galvánico en grupo de 16 y 16 salidas con aislamiento galvánico en grupos de 8, trabaja con una tensión nominal de 24V DC tanto de entrada como de carga suministrada por la fuente del PLC (figura 6). En el módulo 1 y módulo 2 del PLC de la planta térmica UPB solo se están usando las entradas y las señales que están conectadas a estos módulos serán descritas a continuación, (para mayor información dirigirse al anexo 7). [9]



Figura 6. Módulo 1 y 2 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://www.tienphat-automation.com/p44726-c1056-261-PLC-S7-300-6ES7331-1KF02-0AB0.aspx>

Tabla 2. Señales de entrada MODULO 1 323-1BL00-0AA0

Numero de entrada	Tipo de señal
Entrada 2	NSH-100 Interruptor de Combustión Principal (Caldera)
Entrada 3	BSL-100 Interruptor de señal de llama apagada (Caldera)
Entrada 4	YSH-100 Interruptor de señal de demanda (Caldera)
Entrada 5	LSL-100 Interruptor de Nivel de agua bajo (Caldera)
Entrada 6	EM-100 Interruptor de señal del ventilador (Caldera)
Entrada 7	P-1Bomba Centrífuga
Entrada 8	LSL-400 Interruptor Nivel de agua alto
Entrada 9	LSH-400 Interruptor Nivel de agua alto
Entrada 12	P-2Bomba Centrífuga
Entrada 13	P-3Bomba Centrífuga
Entrada 14	EM-400Interruptor Ventilador de la torre de enfriamiento
Entrada 15	On-Off Gabinete de control

Fuente: Autor

Tabla 3. Señales de entrada MODULO 2 323-1BL00-0AA0

Numero de entrada	Tipo de señal
Entrada 1	1NL Neutro de la luz (Bombillo)

Entrada 2	2NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 3	3NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 4	4NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 5	5NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 6	6NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 7	7NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 8	8NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 12	9NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 13	10NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 14	11NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 15	12NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 16	13NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 17	14NL Neutro de la luz (Bombillo)
Entrada 18	15NL Neutro de la luz (Bombillo)

Fuente: Autor

- Módulo 3, SM 331 6ES7331-1KF02-0AB0: es un módulo analógico, posee 8 entradas en 8 grupos de canales, resolución ajustable por grupo de canales (12 bits + signo), diferentes tipos de medición (tensión, corriente, temperatura, resistencia), en este módulo podemos encontrar conectadas las señales de alimentación e información de las 6 rtd pt 100 del proceso de la planta térmica.

Figura 7. Módulo 3 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: [http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334\\_p8294.html](http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334_p8294.html)

Tabla 4. Señales de entrada MODULO 3 331-1KF02-0AB0

Numero de entrada	Tipo de señal
Pin 3	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 4	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 5	Transmisor de Temperatura (TT-100)
Pin 8	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 9	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 10	Transmisor de Temperatura (TT-100-A)
Pin 13	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 14	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 15	Transmisor de Temperatura (TT-200-A)
Pin 18	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 19	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 20	Transmisor de Temperatura (TT-300-B)
Pin 23	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)
Pin 24	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)
Pin 25	Transmisor de Temperatura (TT-400-A)

Pin 28	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)
Pin 29	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)
Pin 30	Transmisor de Temperatura (TT-400-B)
Pin 32	Señal 4-20mA del sensor de caudal Proline Prowirl 72F
Pin 40	Señal 4-20mA del convertidor frecuencia voltaje IFMA

Fuente: Autor

- Módulo 4 y 5, SM 334 6ES7334-0CE01-0AA0: este módulo tiene 4 entradas en un grupo y 2 salidas en un grupo, tiene una resolución de 8 bits, pueden medir tensión o corriente, al módulo 4 están conectadas las señales que generan los sensores de presión Vegabar 14 y al módulo 5 está conectado la señal del sensor de caudal Proline Prowirl 73F y la señal del sensor de presión Cerabar M PMP51 (tabla), cabe resaltar que la alimentación de estos sensores no se encuentra en estos modulos, está ubicada en las borneras de alimentación para mayor información mirar el plano eléctrico del gabinete principal.[9]

Figura 8. Modulos 4 y 5 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: [http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334\\_p8294.html](http://www.fasttobuy.com/6es7-3340ce010aa0-6es73340ce010aa0-siemens-analog-baugruppe-sm-334_p8294.html)

Tabla 5. Señales de entrada MODULO 4 334-0CE01-0AA0

Numero de entrada	Tipo de señal
Entrada 4	PT-100-A Transmisor de Presión VEGABAR de la caldera
Entrada 7	PT-200 Transmisor de Presión VEGABAR del sobrecalentador
Entrada 10	PT-300 Transmisor de Presión VEGABAR del generador
Entrada 13	PT-300-B Transmisor de Presión VEGABAR de la entrada a la etapa de condensación

Fuente: Autor

Tabla 6. Señales de entrada MODULO 5 334-0CE01-0AA0

Numero de entrada	Tipo de señal
Entrada 4	Señal 4-20 mA del sensor de caudal Proline Prowirl 73F
Entrada 7	Señal 4-20 mA del sensor de presión Cerabar M PMP51

Fuente: Autor

- X005 SCALANCE 005-0BA001AA3: switch Industrial Ethernet SCALANCE X, dispone de un sistema de conexión rápida para RJ45, M12 o fibra óptica. Estos dispositivos deponen de diversas interfaces, ópticas o eléctricas, son compatibles con numerosos estándares de las tecnologías de la información. En el caso del modelo usado en la planta térmica de la universidad pontificia bolivariana cuenta con 5 puertos RJ45, tiene una

alimentación de 24V DC, no es administrable ( no existe necesidad de configuración, ya que no es permitida ,se debe conectar directamente para realizar el trabajo deseado), este switch tiene la posibilidad de brindar varios canales de conexión a la red para que no se pierda la válvula.[9]

Figura 9. X005 SCALANCE 005-0BA00-1AA3 del PLC de la planta térmica UPB



Fuente: <http://in.rsdelivers.com/product/siemens/6gk50050ba001aa3/scalance-x005-ie-entry-level-switch/6140659.aspx>

F. Etapa de potencia: es la etapa en la que se encuentran los elementos de alta potencia y seguridad del tablero de control, en esta etapa en el tablero principal de control de la planta térmica UPB se encuentran los elementos como el totalizador (interruptor automática para protección de distribución), interruptores automáticos termomagnéticos, relés de estado sólido.

- Totalizador: también llamado interruptor automático para protección de distribución. Se utiliza para distribuir la energía eléctrica en la red de suministro, y ser sobrecargado para proteger los equipos contra cortocircuitos de alimentación entre sus principales características que tiene 3 polos, cuenta con protección termomagnética (tiene un electroimán por el cual circula una corriente la cual genera un campo magnético que trata de abrir un contacto el cual se abrirá solo al alcanzar la corriente tope establecida en el dispositivo, la parte térmica consta de una lámina bimetálica que al sobrepasar una temperatura establecida se deforma abriendo el mismo contacto y cortando la circulación de corriente del circuito) (figura 10). [10]

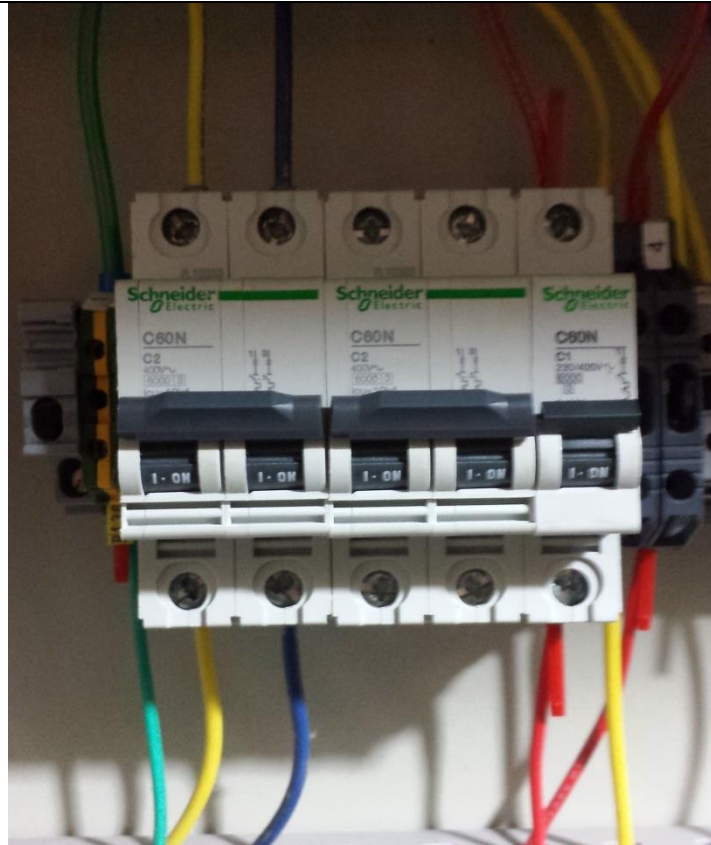
Figura 10. Totalizador de la planta térmica UPB



Fuente: Autor.

- Interruptores automáticos termo-magnéticos: como función principal está el mando y la protección contra sobrecargas y cortocircuitos en distribuciones de circuitos pequeños de un tablero industrial, cuenta con la capacidad de cerrar los contactos de forma veloz y simultánea sin importar la velocidad de maniobra del operador. Permite resistir mejor la operación frente a corrientes elevadas en la planta térmica UPB están ubicados dos interruptores de dos polos y uno unipolar (Schneider C60N) los cuales controlan independientemente el circuito de la fuente del PLC y el SENTRON PAC 3200 (para mayor información dirigirse al gabinete de cargas) (Ver figura 51) y el restante está instalado sin utilizar (figura 11). [11]

Figura 11. Interruptores automáticos termo-magnéticos del tablero eléctrico principal de la planta térmica UPB



Fuente: Autor.

- Relés: instrumento electromecánico en el cual una bobina y un electroimán actúa como un interruptor controlado por la excitación de un circuito eléctrico, cuando se acciona uno o varios contactos el relé permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. En la Planta Térmica UPB se utilizan relés de estado sólido marca Schneider referencia A estos relés se encuentran conectadas las señales de las cargas, las bombas centrifugas, los pilotos de la caldera (sensor de nivel bajo, sensor de llama encendida, interruptor de nivel bajo de agua, interruptor de señal de demanda activa,) y la señal del ventilador de la caldera (figura 12).

Figura 12. Relés electromecánicos de estado sólido planta térmica UPB



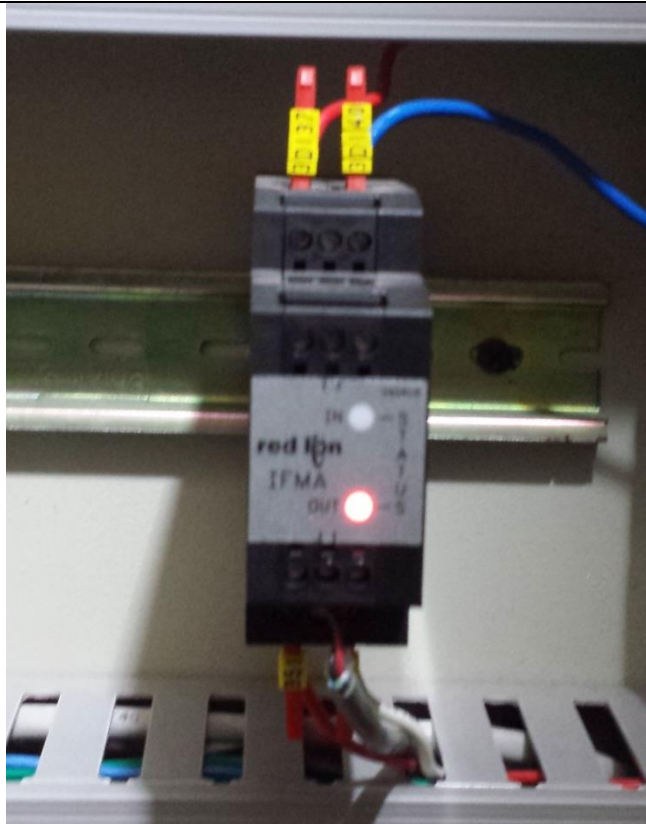


Fuente: Autor.

G. Acondicionamiento de señal: es la etapa a la que pertenecen los dispositivos que transforman señales como convertidores voltaje corriente, voltaje frecuencia o viceversa, necesarios para los procesos industriales ya que los equipos que leen las señales como los PLC tienen señales definidas de lectura como voltaje o corriente entonces las señales diferentes a estas deben ser convertidas., la planta térmica UPB cuenta con un convertidor frecuencia a señal analógica.

- IFMA: Dispositivo para transformar una señal de frecuencia (señal de entrada) en una señal normalizada analógica (la señal de salida que se puede elegir: 0 – 5 V, 0 – 10 V, 0 – 20 mA o 4 – 20 mA), (figura 13). Los IFMA transforman una frecuencia de entrada de 0...1 Hz a 0... 25 kHz en una señal analógica. Este dispositivo cuenta con el complemento del sensor de velocidad magnético que está instalado en la turbina para hacer la medición de rpms que el dispositivo arroja cuando está activo, este envía una señal de frecuencia al IFMA que la convierte en señal de voltaje para enviar al PLC y además enviarla al gobernador para que la use como señal de retroalimentación para obtener el set point deseado.

Figura 13. IFMA de la planta térmica UPB

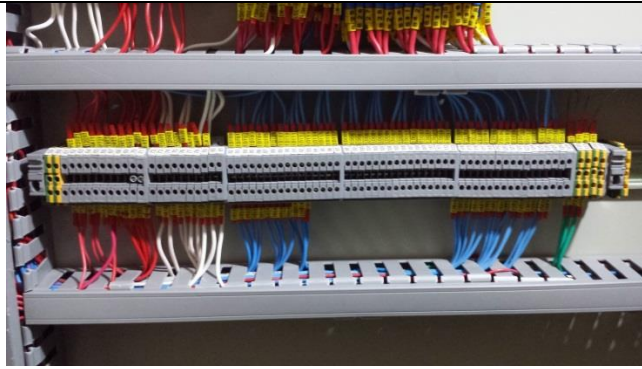


Fuente: Autor.

- H. Otros dispositivos del gabinete eléctrico de control: además de los elementos nombrados en las etapas de control, potencia y acondicionamiento de señal, los tableros eléctricos de control cuentan con elementos extras que ayudan al buen funcionamiento y a la facilidad de instalación de los dispositivos y la identificación de estos tales como marcaciones, cableado, bornas, etc.
- Bornas: en el cableado del gabinete principal se utilizaron borneras para la conexión de los instrumentos presentes en la planta.

Bornas universales: botones metálicos al que se encuentra unido un cable o hilo conductor para unir o conectar otro dispositivo (figura 14).

Figura 14. Bornas Universales tablero planta térmica UPB



Fuente: Autor.

- Bornas porta-fusibles: las bornas porta-fusibles a diferencia de las bornas universales, tienen un fusible que se funde e impide que se sostenga la conexión eléctrica a casusa de algún tipo de sobre carga en el circuito (figura 15).

Figura 15. Bornas Portafusibles del gabinete de control de la planta térmica UPB



Fuente: Autor.

- Bornas de tierra: las bornas de tierra (Ver figura 16) están conectadas a un circuito independiente de tierra para brindar protección a los elementos que necesiten estar aislados como los sensores además busca conseguir una correcta puesta a tierra de la instalación eléctrica garantizando la seguridad de las personas ante posibles derivaciones.

Figura 16. Bornas de tierra del gabinete eléctrico de la planta térmica UPB



Fuente: Autor.

- Cableado: para la identificación del cableado se deberán instalar marcaciones en el extremo del cable para cada uno de los cables la marcación debe ser de tipo indeleble resistente al calor, la humedad. El cableado debe ser identificado de la siguiente manera (tabla 7).

Tabla 7. Color del cableado en el gabinete principal

Rojo, Azul y Amarillo	Conexión para las fases R,S,T respectivamente.
Blanco	Conexión para neutro aterrizado
Verde o Desnudo	Conexión a tierra
Rojo	Alimentación
Azul	Señal

Fuente: Autor.

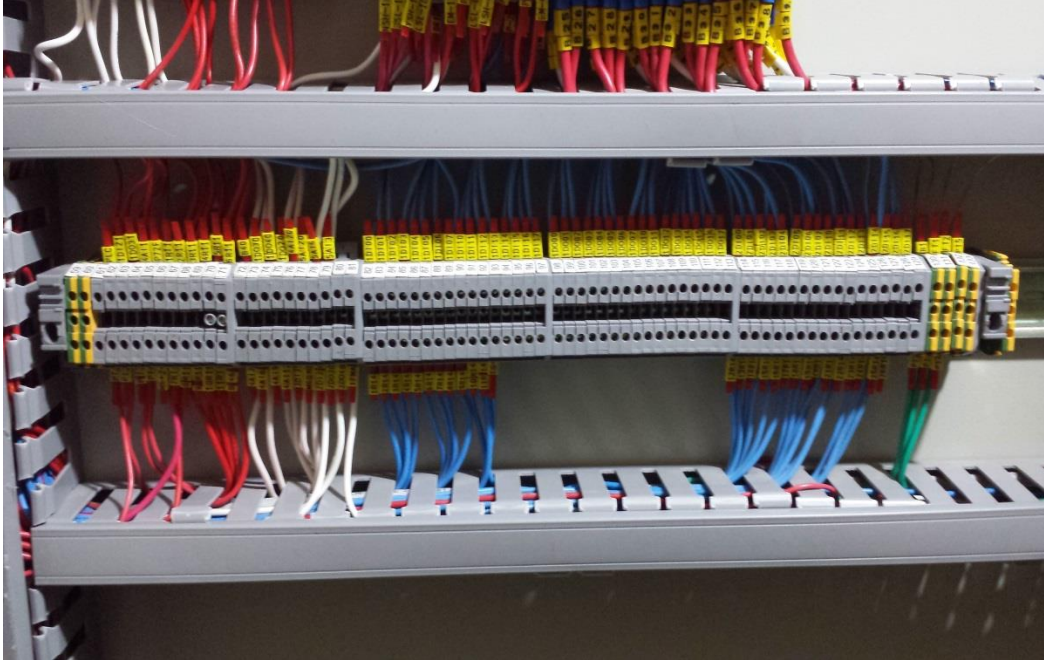
Esta tabla y recomendaciones están basadas en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETEI en la resolución 180195 de febrero del 2009 avalado por el ministerio de minas y energía. [12]

- Marcaciones: son marcadores ovalados marca Schneider (figura) disponibles en color amarillo en números del 0-9 y letras de la A-Z son insertadas en pestañas puestas en los finales de los cables de color rojo la pestaña después de insertada no permite fácilmente la salida de las marcaciones ovaladas, impresas en ink-jet indeleble son autoextinguibles e indeformables dando larga durabilidad y permitiendo al operario crear su propio texto. También son usados marcadores tipo anillo que sin insertables en el cable redondo y más grandes que los anteriores son usados en cables de mayor diámetro (cables de potencia), también es usada la libreta de mar

- 
-

- caciones son adhesivos del mismo tipo que sirven para marcar las borneras (figura 17).

Figura 17. Marcaciones en el tablero eléctrico de la planta térmica UPB

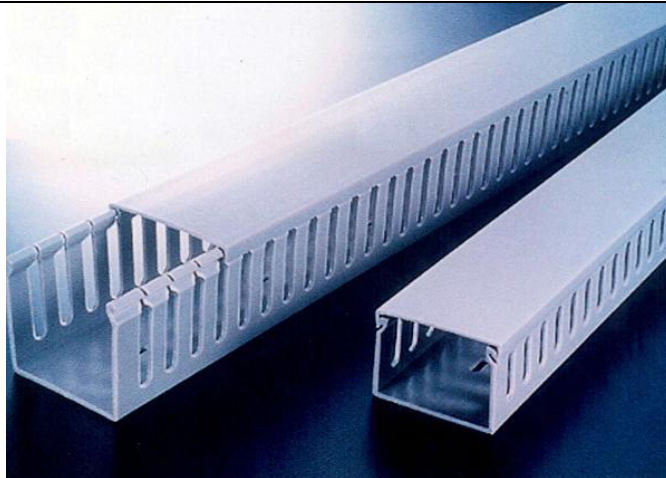


Fuente. Autor.

- Canaletas Ranuradas: son canaletas que facilitan la extensión y organización del cableado en un tablero eléctrico, en la Planta Térmica UPB se usan canaletas marca Schneider usada para dar mayor organización al cable usado en el tablero eléctrico de control principal, hay de tipo horizontal y vertical permitiendo la salida de los cables a las borneras y diferente dispositivos del tablero (figura 18). [13]

Figura 18. Canaletas ranuradas del tablero eléctrico de la planta térmica





Fuente: <http://www.inet.com.pe/admin/detalle.php?idf=20908>

### **Procedimiento**

1. Realizar una inspección detallada del tablero de control de la planta térmica UPB Bucaramanga.
2. Identificar el PLC utilizado en este proceso sus partes y cantidades y referencias de estas.
3. Identificar las partes de la planta térmica.
4. Realizar un pequeño plano eléctrico del gabinete de control de la planta térmica.
5. Analizar el tipo de norma usada para la conexión del gabinete de control de la planta térmica UPB.
6. Identificar el proceso de la toma de datos de la planta térmica.

### **Bibliografía para consultar**

[1] 2003, EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V., GRUPO NORIEGA EDITORES, Balcera 95, Mexico, D.F.

[2]<http://automatizacion.bligoo.com/content/view/465437/Protocolo-Profibus-DP.html>

[3] <http://hgr.tripod.com/redes.html>