

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE VARIABLES DE
FUNCIONAMIENTO PARA LA PLANTA TÉRMICA DE GENERACIÓN DE
VAPOR Y ENERGÍA DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

SEBASTIÁN LÓPEZ AGUDELO
JOSÉ LUIS MORALES GÓMEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2019

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE VARIABLES DE
FUNCIONAMIENTO PARA LA PLANTA TÉRMICA DE GENERACIÓN DE
VAPOR Y ENERGÍA DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

SEBASTIÁN LÓPEZ AGUDELO
JOSÉ LUIS MORALES GÓMEZ

Proyecto integral de grado optar el título de:

INGENIERO MECÁNICO

Directores.

Miguel Morales granados.
Ingeniero Mecánico

Carlos Urrego Rodríguez.
Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2019

Nota de aceptación (subdirector Operativo de Investigaciones):

Ing. Carlos Urrego Rodríguez.

Miguel Morales Granados

Wilmar Martínez Urrutia

Bogotá D.C., febrero de 2019

DIRECTIVAS DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector Académico y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director General de Investigación y Proyección Social

Dr. MANUEL CANCELADO JIMÉNEZ

Director del Departamento de Ingeniería Mecánica

Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL

Las directivas de la Universidad América, los jurados calificadores y el cuerpo de docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

A mis padres Luciano López y Sandra Agudelo García por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su apoyo en todo momento, sus valores, sus ejemplos de perseverancia y constancia y lo más importante su amor; a mi tía Martha Lucia López por su constante disposición de ayuda que fue indispensable para completar este logro; a mis hermanos Carolina López y Carlos José Zapata por haber sido ejemplo de inspiración para escoger esta profesión, a José Luis Morales con quien nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional a su gran amistad y al gran grupo de trabajo que formamos para el desarrollo de esta tesis, a María Paula Soto por su amor y compañía en esta etapa. Por último y no menos importante a Dios por permitirme llegar a este punto lleno de salud y permitirme lograr un objetivo más.

Sebastián López Agudelo

Inicialmente a Dios quien ha estado presente a lo largo de mi vida, mi formación en la universidad y en el desarrollo de este proyecto; a mis padres Luis Jose Morales y Luz Stella Gómez, por el apoyo moral y económico que han permitido el progreso como persona. A mis hermanos, que de alguna manera interceden en mi diario vivir y me apoyan en cada decisión. Finalmente quiero agradecerle a mi compañero y amigo Sebastián López Agudelo, por su gran amistad desinteresada que mantenemos hasta el día de hoy, además de poder culminar nuestros estudios de pregrado gracias a este proyecto.

Jose Luis Morales Gómez

AGRADECIMIENTOS

Nosotros, Sebastián López Agudelo y Jose Luis Morales expresamos nuestro agradecimiento a los ingenieros Carlos Urrego y Miguel Morales por su orientación y dirección en el desarrollo general del proyecto de investigación; al Ing. Wilmar Martínez, docente de la facultad de ingeniería mecánica, por su colaboración y guía en el área de instrumentación y su gran ayuda en la elaboración de la programación de la interfaz de supervisión; al Ing. Mauricio Veloza, director del programa de ingeniería mecánica, que nos ayudo con cualquier inconveniente presentado en el trascurso del proyecto y a todos los profesores de la Universidad de América que hicieron parte de nuestra formación como profesionales.

CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO	8
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES	18
1.1 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	18
1.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN	18
1.3 TIPOS DE VARIABLES	19
1.5 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL.	19
1.6 VARIABLES DE MEDICIÓN	23
1.6.1 Nivel	23
1.6.2 Temperatura	24
1.6.2 Presión	26
1.7 PLANTA TÉRMICA	29
1.7.1 Bomba	30
1.7.2 Caldera	30
1.7.2.1 Calderas acuotubulares	30
1.7.2.2 Caldera pirotubular	31
1.7.3 Sobrecalentador	32
1.7.4 Turbina	32
1.7.5 Generador	33
1.7.6 Condensador	34
1.8 MONITOREO	34
1.9 SUPERVISIÓN	35
1.10 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	35
1.11 Sistemas SCADA	35
2. CARACTERIZACIÓN	36
2.1 INDICADORES	36
2.1.1 Mirilla de vidrio	36
2.1.2 Manómetro burdon	37
2.2 SENSORES	39
2.2.1 Presostato	39
2.2.2 Controlador de nivel	41
2.2.3 Caudalímetro de vapor	42
2.2.4 Caudalímetro de agua	43
2.2.5 Sensor de temperatura (PT-100)	44
2.2.6 Transductor de presión	45
2.2.7 Sensor inductivo	47
2.3 ACTUADORES	48
2.3.1 Válvula PID	48
2.3.2 Válvula de seguridad	50

2.4 COMPONENTES DEL PLC	50
2.4.1 PLC	51
2.4.2 Indicador digital	52
2.4.3 Modulo snap-in I/O	55
2.4.4 Adaptador aislado de expansión I/O	56
2.4.5 Fuente de alimentación	58
2.4.6 Modulo de expansión I/O PT400	59
2.5 CUADROS DE INSTRUMENTOS DE PLANTA TÉRMICA	61
3. DESARROLLO DE SUPERVISORIO DE PLANTA TÉRMICA	65
3.1 FUNCIONAMIENTO DE PLANTA TÉRMICA	65
3.2 COMUNICACIONES INDUSTRIALES	72
3.3 SISTEMAS SCADA	74
3.3.1 Arquitectura de un sistema SCADA	74
3.3.1.1 Hardware	75
3.3.1.2 Software	77
3.3.1.3 Almacenamiento de datos	77
3.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO	82
3.5 FUNCIONAMIENTO DE INTERFAZ	90
3.5.1 Pantalla #1: Caldera	90
3.5.2 Pantalla #2: Condensador	92
3.5.3 Pantalla #3: Intercambiadores de calor	94
3.5.4 Propuesta de guía de laboratorio	96
4. CONCLUSIONES	97
5. RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	102

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Asignación de ponderación método Scoring	80
Tabla 2. Rating de satisfacción para cada alternativa método Scoring	80
Tabla 3. Selección de software mediante Scoring	81

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Datos de los sensores de caudal	43
Cuadro 2. Tabla de características de sensores de resistencia	45
Cuadro 3. Valores indicados en pantalla.	54
Cuadro 4. Instrumentos planta térmica parte A	61
Cuadro 5. Instrumentos planta térmica parte B	62
Cuadro 6. Instrumentos planta térmica parte C	63
Cuadro 7. Instrumentos planta térmica parte D	64
Cuadro 8. Componentes de control de alimentación de ACPM	66
Cuadro 9. Componentes de control de alimentación a gas	67
Cuadro 10. Componentes de control de alimentación de agua a caldera	68
Cuadro 11. Componentes de control del ciclo de generación	70
Cuadro 12. Componentes de lazo de suavizador	71
Cuadro 13. Componentes de lazo de intercambiadores	72
Cuadro 14. Representación de los Booleanos en falso y verdadero	83
Cuadro 15. Estado de funcionamiento de equipos	83
Cuadro 16. Estados de los tanques	84
Cuadro 17. Botones interactivos	84
Cuadro 18. Implementación norma ISA	84

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema de instrumentación y control	18
Figura 2. Transmisores.	20
Figura 3. Sensores y elementos primarios.	20
Figura 4. Controladores.	21
Figura 5. Elementos finales de control.	21
Figura 6. Sistema de control y sus componentes	22
Figura 7. Lazo Abierto Vs. Lazo cerrado	23
Figura 8. Sensores tipo flotador.	24
Figura 9. Sensores de medición indirecta.	24
Figura 10. Campo de medida de los sensores de temperatura.	25
Figura 11. Instrumentos según sus tipos de presión.	27
Figura 12. Tipos de Presión.	27
Figura 13. Principios de medición para instrumentos de caudal	28
Figura 14. Diagrama Ts del ciclo Rankine simple.	29
Figura 15. Diagrama de ciclo Rankine simple con recalentamiento.	29
Figura 16. Bomba centrífuga para transporte de agua.	30
Figura 17. Caldera acuotubular, diagrama de funcionamiento.	31
Figura 18. Caldera pirotubular, diagrama de funcionamiento.	31
Figura 19. Esquema de sobrecalentador.	32
Figura 20. Esquema turbina de vapor de una etapa	33
Figura 21. Funcionamiento de un generador eléctrico	33
Figura 22. Funcionamiento de un condensador térmico	34
Figura 23. Esquema mirilla de vidrio	37
Figura 24. Interior de un manómetro	38
Figura 25. Manometro Rockage	38
Figura 26. Manómetro Winters	39
Figura 27. Presostato Honeywell L404F	40
Figura 28. Funcionamiento de presostato	40
Figura 29. Controlador de nivel Series 150 S	41
Figura 30. Diagrama de funcionamiento de controlador de nivel	41
Figura 31. Sensores de caudal	42
Figura 32. Caudalímetro de agua	43
Figura 33. PT100	44
Figura 34. Transductor de presión	45
Figura 35. Funcionamiento de transductor de presión	46
Figura 36. Sensor inductivo	47
Figura 37 comportamiento del voltaje de oscilación.	47
Figura 38 Tipo NPN	48
Figura 39. Tipo PNP	48
Figura 40. Válvula PID SAMSON type 3372	49
Figura 41. Válvula de alivio o seguridad Apollo Series 19	50
Figura 42. PLC UNITRONICS V570.	51

Figura 43. Control mediante PLC	51
Figura 44. Indicador digital Autonics MP5M	52
Figura 45. Configuración para indicación de RPM.	53
Figura 46. Módulo Snap-in i/o Unitronics V200-18-E3XB	55
Figura 47. Adaptador de expansión Unitronics EX-A2X	57
Figura 48. Conexión de adaptador en cadena de comunicación	57
Figura 49. Fuente de alimentación TRIO-PS	58
Figura 50. Componentes de fuente de alimentación	58
Figura 51. Módulo de expansión Unitronics IO.PT400	60
Figura 52. Esquema de funcionamiento alimentación de ACPM.	65
Figura 53. Esquema de funcionamiento de alimentación gas natural (propano)	67
Figura 54. Esquema de funcionamiento alimentación de caldera	68
Figura 55. Salida de vapor y distribución	69
Figura 56. Funcionamiento de turbina y retorno a tanque de condensado	70
Figura 57. Esquema de funcionamiento de suavizador de agua	71
Figura 58. Funcionamiento de intercambiadores de calor	72
Figura 59. Piramide CIM	73
Figura 60. Arquitectura de un sistema de supervisión y mando	75
Figura 61. HMI de un PLC	76
Figura 62. Topologías de red	77
Figura 63. Eslogan LabVIEW	82
Figura 64. Ventana emergente de alarma	85
Figura 65. Generación de reportes	85
Figura 66. Reporte planta F.U.A	86
Figura 67. Interfaz de caldera	86
Figura 68. Interfaz de condensador	88
Figura 69. Interfaz de intercambiadores de calor	89
Figura 70. Llenado de tanques de almacenamiento de agua	90
Figura 71. Llenado de tanque de condensados	91
Figura 72. Encendido de suavizados y condensador	91
Figura 73. Comportamiento de temperatura de caldera	92
Figura 74. Válvula de suministro de vapor a distribuidor	93
Figura 75. Ciclo de generación de potencia	93
Figura 76. Ciclo de enfriamiento de agua	94
Figura 77. Llenado de tanque de agua fría.	95
Figura 78. Funcionamiento de intercambiadores de calor y retorno de agua caliente	95
Figura 79. Flujo de vapor en intercambiadores	96

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha técnica mirilla de vidrio	103
Anexo B. Ficha técnica de manómetros	104
Anexo C. Ficha técnica del control de presión de caldera	105
Anexo D. Ficha técnica control de nivel de agua de caldera	107
Anexo E. Ficha técnica caudalímetro de agua	110
Anexo F. Ficha técnica transductor de presión	112
Anexo G. Ficha técnica válvula pid	113
Anexo H. Ficha técnica de válvula de seguridad de caldera	114
Anexo I. Ficha técnica plc planta térmica	116
Anexo J. Ficha técnica indicador digital de tablero eléctrico	118
Anexo K. Ficha técnica de módulo de expansión de plc	120
Anexo L. Ficha técnica de adaptador de módulo de expansión de plc	124
Anexo M. Ficha técnica de fuente de alimentación plc	126
Anexo N. Ficha técnica de módulo de expansión pt-100	127
Anexo O. Plano P&ID planta térmica	126
Anexo P. Guía de laboratorio	127

RESUMEN

El desarrollo de un supervisorio de variables de funcionamiento de la planta térmica es un proyecto fundamentado en la instrumentación del equipo, donde se realiza un análisis de los datos obtenidos por los elementos primarios de control.

Para lograr lo mencionado anteriormente se realizó una caracterización de todos los instrumentos montados en la planta con el fin de identificar los parámetros de funcionamiento y la correcta forma de uso. La elaboración de un plano P&ID fue necesario para lograr plasmar los flujos del proceso, además de identificar los lazos de control necesarios para la supervisión.

Ya que la planta térmica es un nuevo banco de laboratorio, se actualizó la guía de laboratorio correspondiente a instrumentación y procesos de control; finalmente se realizó la programación de una interfaz de usuario por medio del software LabVIEW 2012.

Palabras clave: Instrumentos, interfaz, programación, supervisión.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los procesos industriales están enfocados a lograr que estos se realicen con la menor participación humana, para así evitar riesgos profesionales, además de aumentar la probabilidad de que no ocurran paradas por errores. Los errores humanos son los más comunes en la operación de plantas, para esto nace la automatización de los procesos.

El proyecto se *origina* a partir de la adquisición de una planta térmica por parte de la Fundación Universidad de América, donde se encuentra un PLC, el cual está encargado del control de la totalidad de la planta, donde se presenta los datos experimentales de una manera manual e instantánea.

Para lograr una correcta automatización debe existir comunicación entre los elementos finales que intervienen en el proceso y los operadores de planta, de aquí viene la teoría de la comunicación industrial, que basa toda su experimentación en agilizar, mejorar y facilitar la comunicación entre máquinas y operadores.

La *importancia* del proyecto se fundamenta en una oportunidad para profundizar el conocimiento en diferentes campos de la ingeniería mecánica; se realizó un aprovechamiento de los datos que este obtiene por medio de la supervisión de variables y así lograr un análisis que muestre los diferentes comportamientos de los elementos que intervienen en el proceso.

El *objetivo* que este proyecto busca “*Desarrollar un sistema de supervisión de variables de funcionamiento para la planta térmica de generación de vapor y energía de la Fundación Universidad de América*” y para su logro se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Caracterizar los instrumentos instalados en la planta térmica
- ❖ Realizar los planos P&ID de la planta térmica
- ❖ Plantear una propuesta de un sistema de supervisión de variables de funcionamiento para la planta térmica
- ❖ Elaborar una guía de laboratorio para la asignatura de instrumentación y procesos de control

Para lograr la programación de las interfaces de usuario fue necesario la caracterización de los equipos instalados en la planta, para así entender sus principios de funcionamiento y sus requerimientos de comunicación. Otro punto específico para el desarrollo del software fue la elaboración de un plano P&ID, donde se hizo la identificación de todos los lazos de control que intervienen en el proceso, además de clarificar la forma y el flujo en que funciona el equipo.

El *alcance* del proyecto implica una propuesta de sistema de supervisión, y cuenta con una delimitación de análisis de datos, ya que la totalidad de estos son simulados y los datos arrojados por el supervisorio tienen desviación de la realidad, pero describen en su totalidad el funcionamiento de la planta térmica.

Las principales *limitaciones* del proyecto fue la poca información técnica suministrada por parte del proveedor de la planta térmica, ya que lo requerido interviene directamente con las garantías del equipo, además de la imposibilidad de realizar visitas técnicas para toma de datos a lo largo del desarrollo.

Finalmente, el proyecto es aplicable para la planta térmica de generación de vapor y energía de la Fundación Universidad de América, debido a que el desarrollo del proyecto se fundamenta en los instrumentos instalados en ésta.

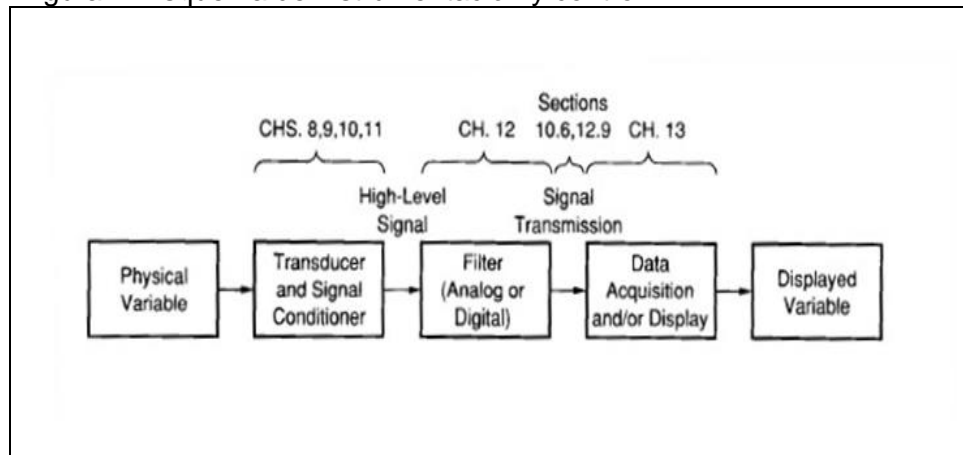
1. GENERALIDADES

Para contextualizar al lector en la ejecución de este proyecto se explican temáticas base donde se exponen definiciones y subtemas en Plantas Térmicas e Instrumentación y Control.

1.1 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Son un conjunto de tecnologías de diferentes ramas de la ingeniería, que suministran herramientas o equipos con los que se miden¹, convierten y registran cantidades físicas o químicas de un proceso industrial, con el fin de transmitirlos o evaluarlos. A su vez se crea la necesidad de que todas las variables del proceso se mantengan dentro de patrones de funcionamiento deseados, siendo controladas, para así, asegurar su correcto funcionamiento².

Figura 1. Esquema de instrumentación y control



Fuente: NACHTIGAL, Chester L. Instrumentation and Control: Fundamentals and Applications. Redmond, Washington: Wiley-Interscience, 1990. 6 p. ISBN 0-471-88045-0

1.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN

Los sistemas de medición tienen como principal función medir magnitudes físicas o variables, para así poder guardar, visualizar y evaluar los datos tomados, con el fin de responder a las diferentes eventualidades y de esta manera controlar o regular el proceso medido.³

¹OMEGA. La importancia de la Instrumentación. [En línea] [citado 8 jun, 2018]. Disponible en: <https://cl.omega.com/prodinfo/instrumentacion.html>

² MENDIBURU DIAZ, Henry Antonio. Automatización medio ambiental. Perú: INDECOPI-PERU, 2003. 1 p.

³ HYDROSAAR HYDAC INTERNATIONAL. Sistemas de medición. [En línea] [citado 8 jun, 2018]. Disponible en: <http://www.hydrosaar.com/es/tecnologias/sistemas-de-medicion.html>

1.3 TIPOS DE VARIABLES

- ❖ Variable controlada: Es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos.
- ❖ Variable manipulada: A través de esta se debe corregir el efecto de las perturbaciones. Sobre ésta se coloca el actuador.
- ❖ Variable perturbada: Esta dada por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- ❖ Variable medida: Es toda variable adicional, cuyo calor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.⁴

1.4 SISTEMAS DE CONTROL.

En el control de procesos industriales es frecuente la participación humana (operarios), esto causa que la incertidumbre de errores durante la ejecución de actividades sea mucho más alta. Como alternativa o medida de control a este riesgo se ve la obligación de que los sistemas de instrumentación se dirijan hacia la automatización y sistemas de control, para así lograr la eficiencia operativa deseada y una mayor calidad de estos.

Entonces se entendería como sistemas de control al conjunto de instrumentos, equipos y componentes que van a llevar a cabo las operaciones de control de los procesos industriales, estos deben tratar de enfocarse siempre a la automatización⁵.

1.5 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Todos los sistemas de control ejercen tres operaciones básicas: Medición, Decisión y Acción. Las cuales son capaces de operar debido a los siguientes componentes: sensores, transmisores, controladores y elementos finales de control⁶.

Instrumento: “Es el nombre que se le atribuye a los diversos tipos de dispositivos para indicar o medir cantidades o condiciones físicas, rendimiento, posición, dirección y similares”⁷.

Transmisores: Los transmisores captan la variable de proceso a través del elemento primario y lo transmiten a distancia en forma de señal neumática, electrónica, digital, óptica, hidráulica o por radio.⁸

⁴ MENDIBURU. Op. cit. p. 7.

⁵ MENDIBURU. Op. cit. p. 1.

⁶ AGUILAR, Efraín. Fundamentos de control automático. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Julio, 2015. 8 p.

⁷ DUNN, William. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. Edición ilustrada ed. US: McGraw-Hill, 2005. 20 p.

⁸ CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 23 p. ISBN 978-84-267-1668-2

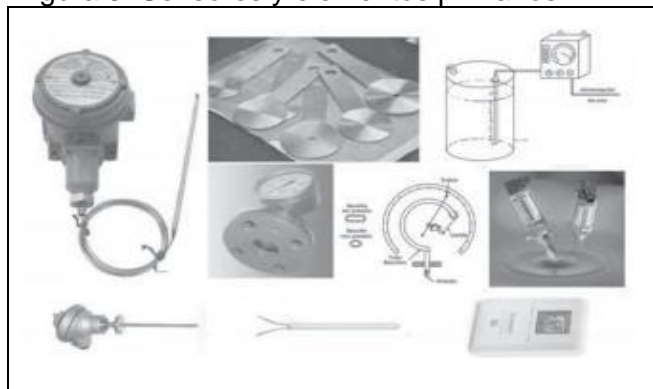
Figura 2. Transmisores.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 23 p. ISBN 978-84-267-1668-2

Sensor: También conocido como detector o elemento primario, es el que entra en contacto con la variable. El sensor es el encargado de captar el valor de la variable de proceso y enviar una señal de salida determinada. El funcionamiento de este se basa en absorber energía del medio controlado y así darle una medición al sistema del control, registrando los cambios de la variable⁹

Figura 3. Sensores y elementos primarios.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 24 p. ISBN 978-84-267-1668-2

Transductor: Consiste en un dispositivo capaz de medir en cada instante el valor de la magnitud de salida y proveer una señal proporcional a al dato obtenido.¹⁰

Convertidor: Dispositivo que recibe una señal de entrada a través de los instrumentos instalados y la convierte a una señal de salida estándar; por ejemplo: un convertidor recibe una señal de entrada neumática la cual convierte a una señal de salida eléctrica, un convertidor P/I.¹¹

⁹ Ibid., p. 23

¹⁰ RODRIGUEZ, Claudio. Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. 2 p.

¹¹ CREUS. Op. cit., p. 24.

Controlador: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado.¹² Es decir, de la diferencia calcula el error ($\text{Error} = \text{Valor medido} - \text{Valor deseado}$) y con este resultado ejercer un efecto de control para corregirlo. Su principal función es emitir la señal que permita a la variable controlada llegar a su valor de referencia.

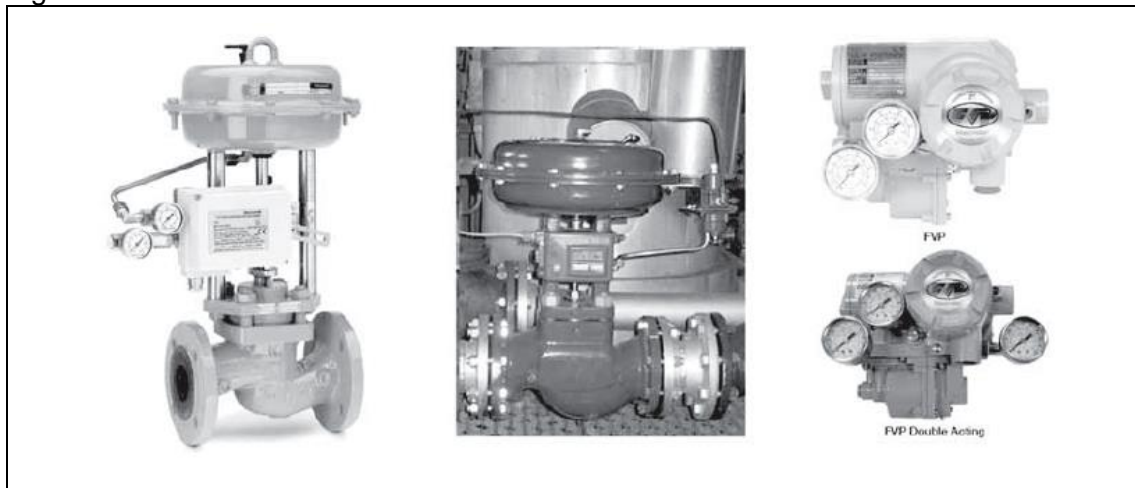
Figura 4. Controladores.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 23 p. ISBN 978-84-267-1668-2

Elementos finales de control: Su principal función es la recepción de señales desde el controlador con el fin de cambiar su posición para modificar la variable controlada.¹³

Figura 5. Elementos finales de control.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 23 p. ISBN 978-84-267-1668-2

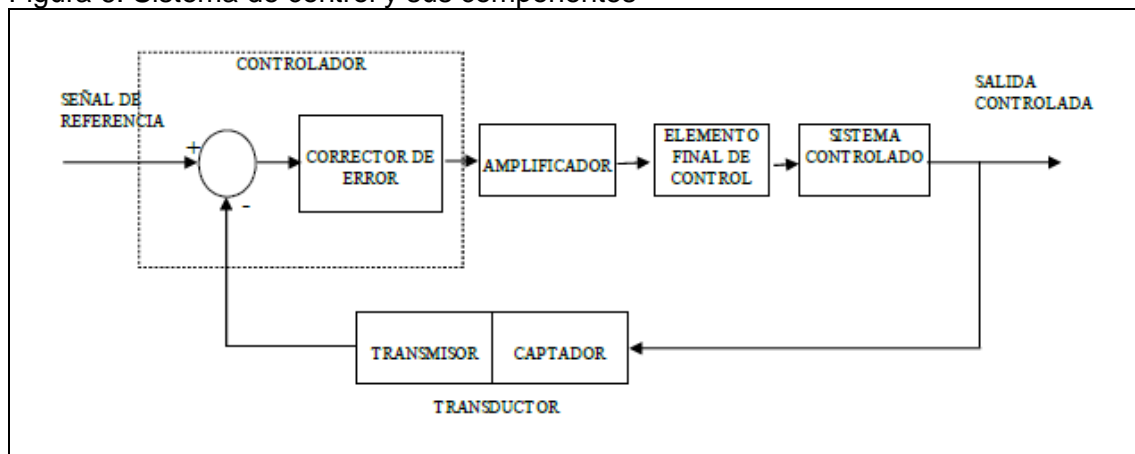
¹² MENDIBURU Op. cit. p. 4

¹³ CREUS. Op. cit., p. 24.

Señal de referencia o Set Point: Es el valor deseado de la señal de salida o variable monitoreada por un sensor. Cualquier valor diferente al de referencia genera una señal de error.¹⁴

Circuito de realimentación: Es la instrucción que va desde los parámetros de salida a la señal de entrada del proceso para corregir cualquier variación. Es decir, la salida de un proceso es continuamente monitoreada, se determina la diferencia entre el set-point y la señal de salida, después se envía una señal de corrección a la entrada del proceso para la rectificación de los parámetros resultantes.¹⁵

Figura 6. Sistema de control y sus componentes



Fuente: RODRIGUEZ, Claudio. Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. 2 p.

Tipos de sistemas de control.

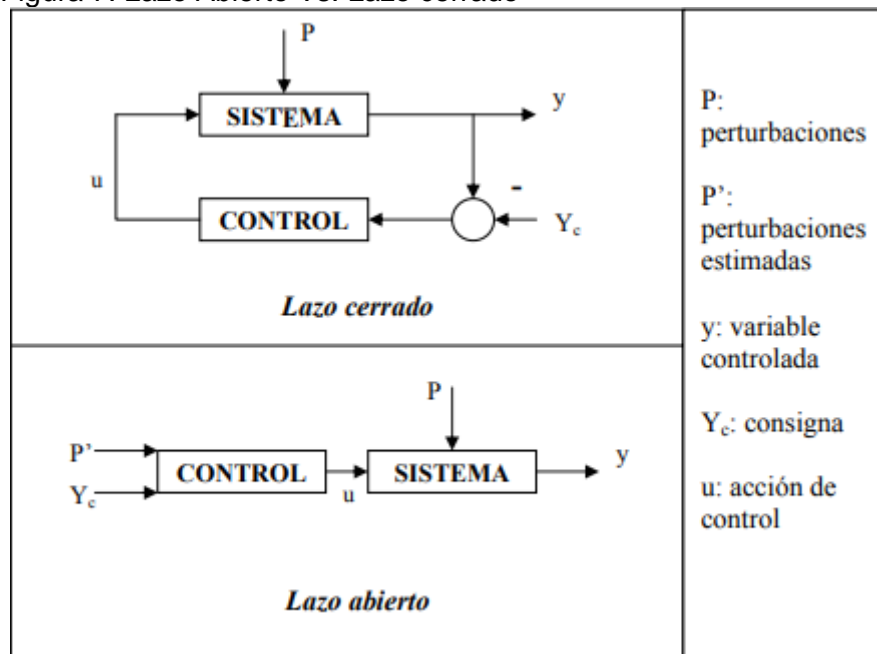
Los sistemas de control se clasifican según la necesidad del proceso, con el fin de ejecutar o no estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de lazos de control:

- ❖ Lazo abierto (Open Loop): Es el sistema en que sólo actúa el proceso sobre una señal de entrada y una señal de salida independiente. Además, tiene la desventaja de no tener realimentación, es decir, la capacidad de modificar la variable de salida, en otras palabras, no corrige los errores que presenta. Sin embargo, es el tipo más sencillo de implementar, económico y de fácil mantenimiento.
- ❖ Lazo cerrado (Feedback): Son aquellos sistemas que cuentan con realimentación en su proceso. Por ello, pueden corregir los errores entre el valor medido y el valor consigna. Este tipo de sistema puede ser aplicado a cualquier proceso y hoy en día es el más usado en la industria.

¹⁴ DUNN. Op. cit., p. 20.

¹⁵ DUNN. Op. cit., p. 20.

Figura 7. Lazo Abierto Vs. Lazo cerrado



Fuente: UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA, Sistemas de control, [En línea] [citado 1 ago, 2018], UPC, 11 p. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>

1.6 VARIABLES DE MEDICIÓN

Según lo describe Antonio Creus en su libro “Instrumentación Industrial” los tipos de instrumentos para medir las diferentes variables constan de diversos métodos, dependiendo de la variable que se desea medir.

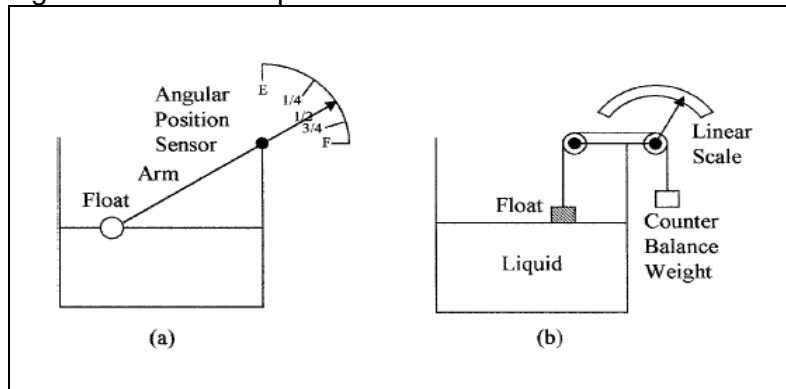
1.6.1 Nivel. La medición de nivel puede definirse como la determinación de la posición de una interfaz que existe entre dos medios separados por la gravedad, con respecto a una línea de referencia.¹⁶ En esta variable se analiza la medición de nivel de líquidos y sólidos en un contenedor. Normalmente el sensor detecta la diferencia entre un líquido y un gas, un sólido o un gas, un sólido y un líquido, y líquido-líquido.

La medición de nivel se divide en dos categorías, en primer lugar, de punto simple y, en segundo lugar, monitoreo de nivel continuo. En el caso del punto simple, el nivel puede ser medido cuando supera una referencia, por otro lado, en el monitoreo continuo se puede medir el nivel de manera ininterrumpida.

Medición de nivel directa: Este tipo de medición como su nombre lo dice, mide directamente sobre el medio, un ejemplo claro son los flotadores o desplazadores.

¹⁶ AMAYA, Ennys y GOITIA, Alfredo. Instrumentación Industrial. 1ra ed. 1997. p. 50.

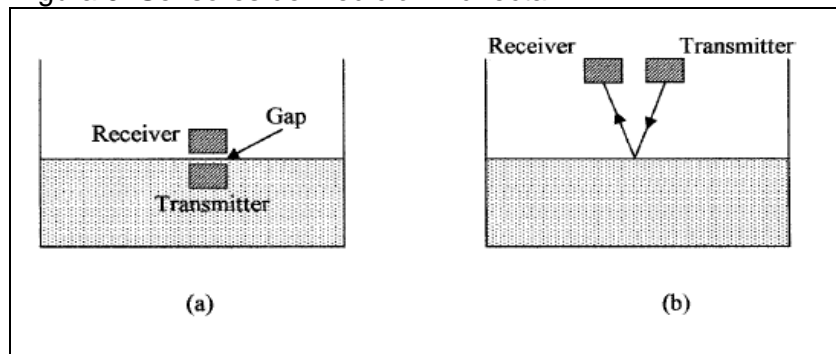
Figura 8. Sensores tipo flotador.



Fuente: DUNN, William. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. illustrated edition ed. US: McGraw-Hill Professional, 2005. p. 20.

Medición de nivel indirecta: Al contrario de la medición directa, este tipo no se efectúa directamente al medio, hay sensores que usan la presión hidrostática al fondo del recipiente, así como otros modos para tomar datos como la radiación, burbujas, entre otros.

Figura 9. Sensores de medición indirecta.



Fuente: DUNN, William. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. illustrated edition ed. US: McGraw-Hill Professional, 2005. p. 20.

1.6.2 Temperatura. Es la medida de energía térmica¹⁷ en un cuerpo. La cual es relativa de un medio más caliente o más frío, normalmente medida usando una de estas escalas: Celsius (°C), Fahrenheit(°F), Rankine (°C) o Kelvin (°K).

El cero absoluto es donde todo movimiento molecular cesa o la energía de la molécula es cero.

Calor: “Es una forma de energía; a medida que se suministra energía a un sistema, aumenta la amplitud de vibración de sus moléculas y su temperatura. El aumento de temperatura es directamente proporcional a la energía térmica en el sistema.”¹⁸

¹⁷ DUNN. Op. cit., p. 120.

¹⁸ DUNN. Op. cit., p. 121.

Expansión térmica: Es el cambio de dimensiones del material por el cambio de temperatura.

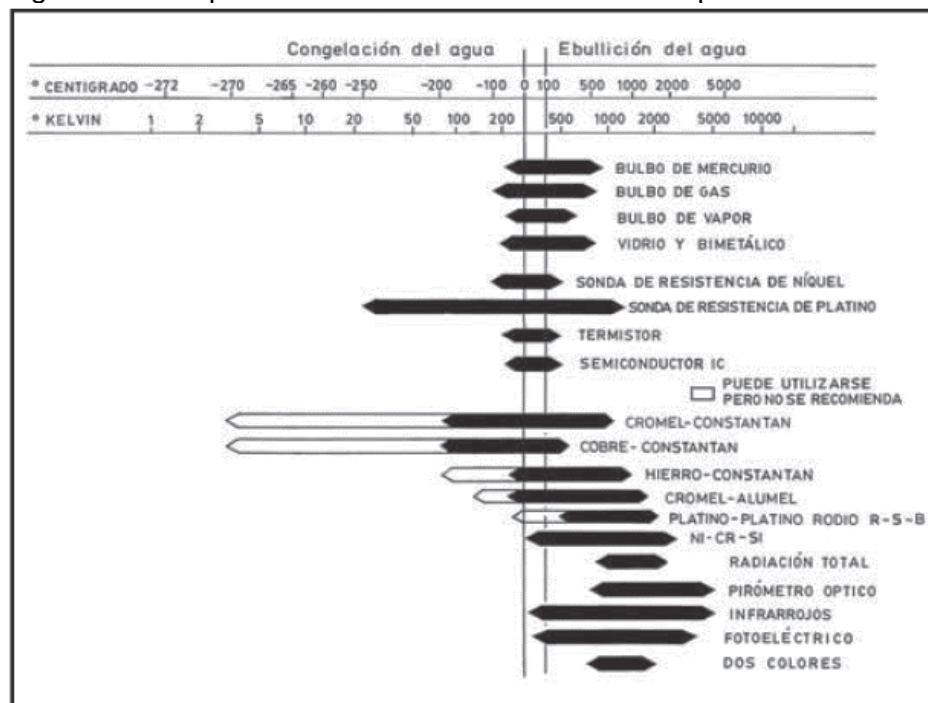
La medida de temperatura es una de las variables más comunes y de mayor importancia en los procesos industriales y mezclas químicas, para la medición de esta variable es importante identificar los rangos de temperatura, tales como: Celsius, Kelvin, Fahrenheit y Rankine, debido a que la temperatura se usa frecuentemente para conocer el valor de otras variables de proceso.

Existen diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y que son utilizados para medirla:

- ❖ Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- ❖ Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- ❖ Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- ❖ La f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- ❖ Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- ❖ Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc.).

De este modo, se emplean los siguientes instrumentos: termómetros de vidrio, termómetros bimetalicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termómetros de resistencia, termopares, pirómetros de radiación, termómetros ultrasónicos y termómetros de cristal de cuarzo.¹⁹

Figura 10. Campo de medida de los sensores de temperatura.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 235 p. ISBN 978-84-267-1668-2

¹⁹ CREUS. Op. cit., p. 235

1.6.2 Presión. Se define como la fuerza normal que, distribuida uniformemente, actúa sobre una superficie dada.²⁰ Dicha fuerza puede ser ocasionada por algún fluido. Los tipos de presión se diferencian debido a su punto de referencia a presión cero, existen seis términos aplicados a la medición de presión:

- ❖ Presión absoluta: se mide con relación al vacío total, es decir, la diferencia de la presión en un cierto punto de medición por la presión del vacío (cero absoluto).
- ❖ Presión Atmosférica: Tiene como referencia la presión medida al nivel del mar que es igual a 760 mm Hg, es la presión ocasionada por el peso de la atmosfera.
- ❖ Vacío total: Es presión cero o falta de presión, como se experimentaría en el espacio ultraterrestre.
- ❖ El vacío²¹: es una medición de presión hecha entre el vacío total y la presión atmosférica normal (14.7 psi).
- ❖ Presión diferencial: Es la diferencia de presión medida entre dos puntos. Cuando se toma cualquier punto distinto del vacío o atmósfera como referencia se dice medir la presión diferencial.
- ❖ Presión manométrica: es medida en relación con la presión del ambiente en relación con la atmósfera. O sea, es la diferencia entre la presión absoluta medida en un punto cualquier y la presión atmosférica.²²

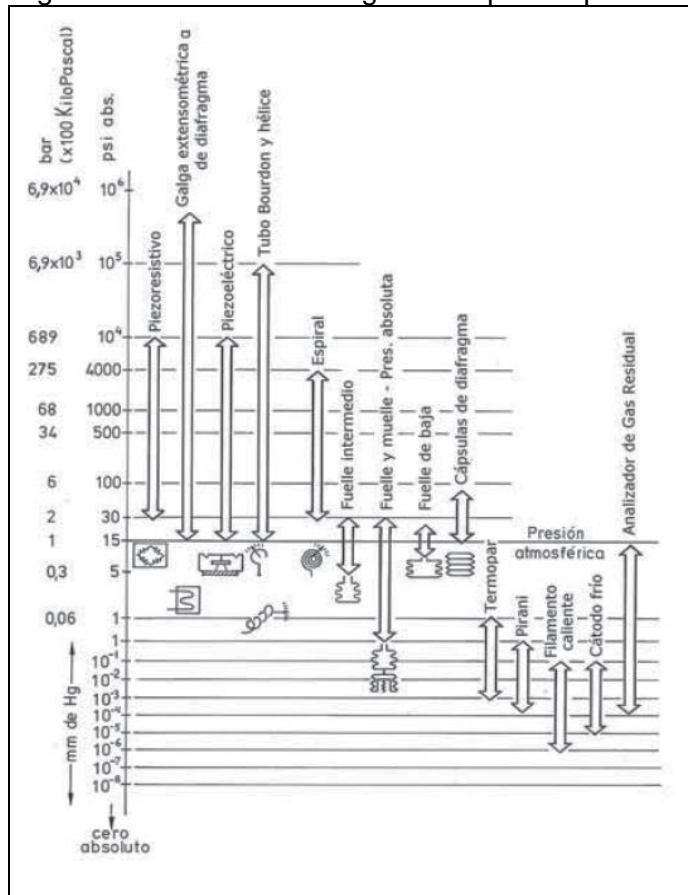
Para la medición de presión encontramos una gran variedad de instrumentos como: Manómetro, tubos en U, Tubos de Bourdon, Barómetros, piezoeléctricos, entre otros.

²⁰ ACEDO SANCHEZ, Jose. Control Avanzado de Procesos (Teoría y práctica). Madrid: Diaz de Santos, 37 p. ISBN 84-7978-545-4

²¹ DUNN. Op. cit., p. 69.

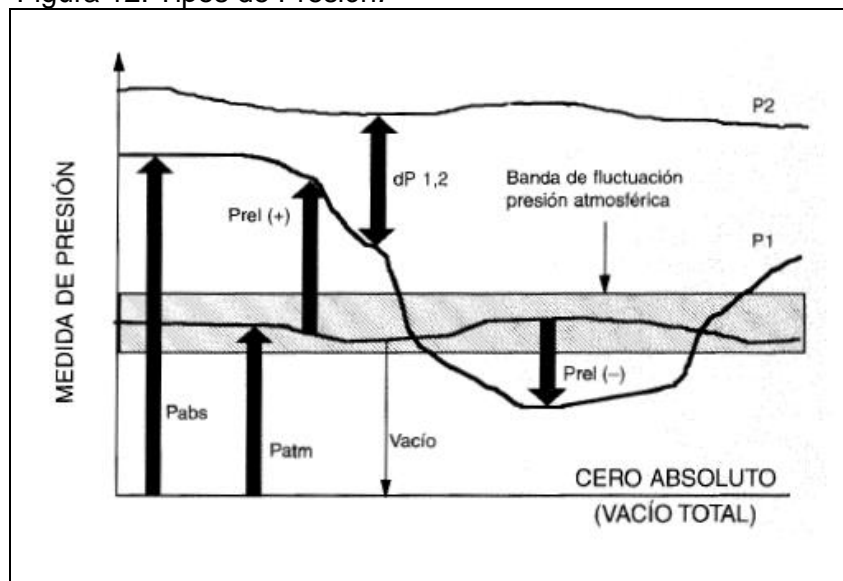
²² SMAR. MEDICIÓN DE PRESIÓN: Características, tecnologías y tendencias. [En línea] [citado 10 ago, 2018]. Disponible en: <http://www.smar.com/espanol/> Web site. <http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-presion-caracteristicas-tecnologias-y-tendencias>.

Figura 11. Instrumentos según sus tipos de presión.



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 92 p. ISBN 978-84-267-1668-2

Figura 12. Tipos de Presión.



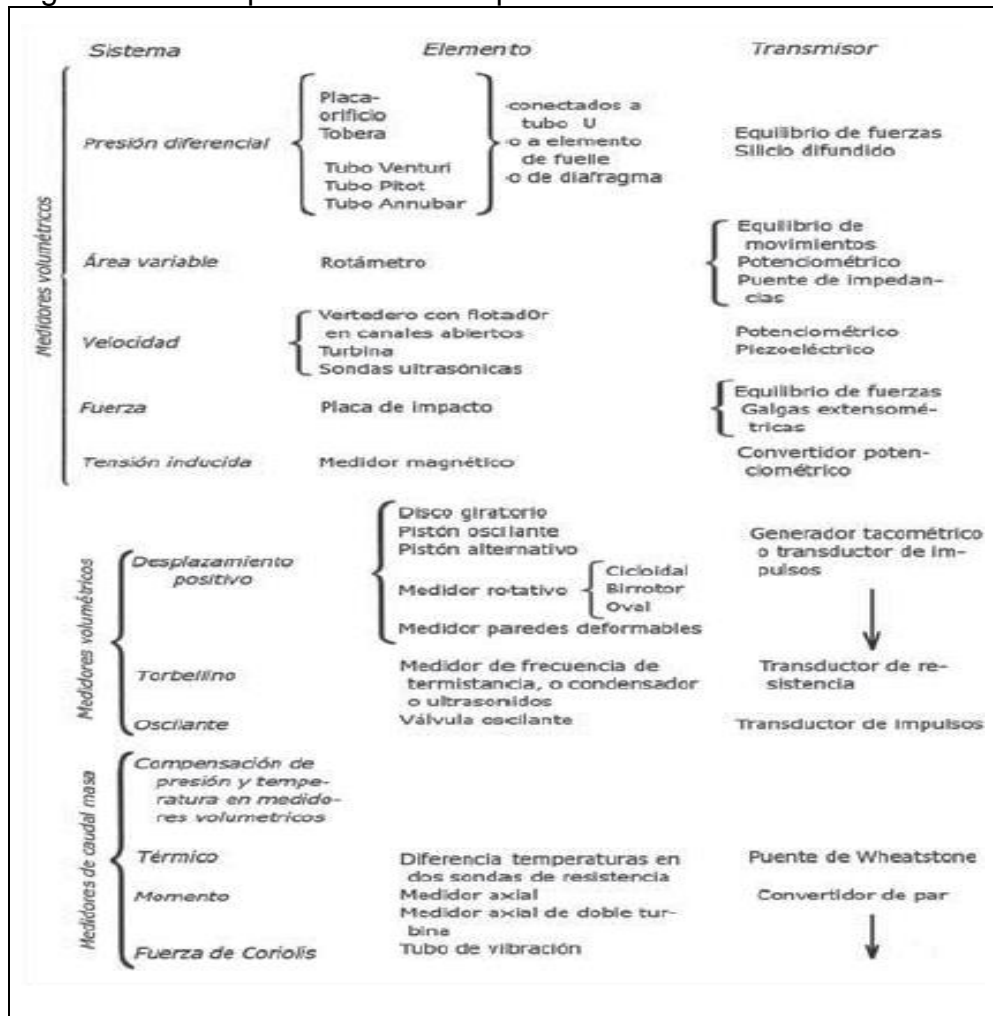
Fuente: ACEDO SÁNCHEZ, José. Control Avanzado de Procesos (Teoría y práctica). Madrid: Diaz de Santos, 37 p. ISBN 84-7978-545-4

1.6.3 Caudal

La medida de caudal en conducciones cerradas (tubería), consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la tubería por unidad de tiempo. Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción.²³

Dentro de los sensores de caudal existen dos tipos de medidores, los volumétricos y los de masa. Los volumétricos usados para tener una medida general del caudal; por otro lado, los másicos son usados cuando se requiere una medida de exactitud; usado frecuentemente en procesos químicos.

Figura 13. Principios de medición para instrumentos de caudal



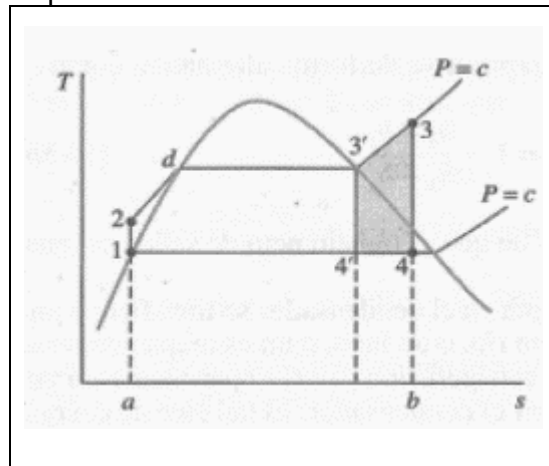
Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 105 p. ISBN 978-84-267-1668-2

²³ GARCÍA GUTIÉRREZ, Luis. teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. Introducción. Madrid, España. [en línea] [citado 12 ago, 2018]. Disponible en: http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

1.7 PLANTA TÉRMICA

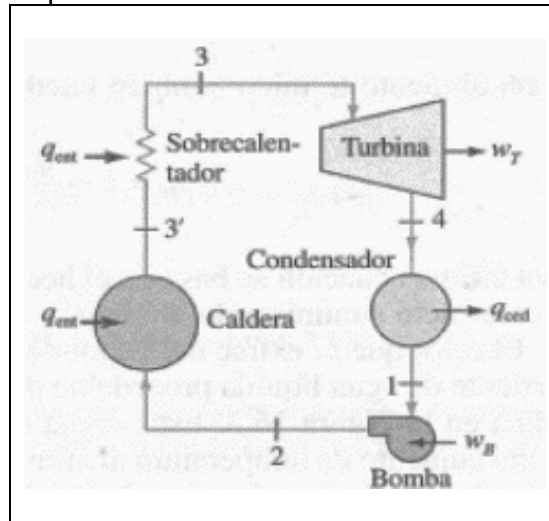
Se conoce como planta térmica o central termoeléctrica, aquella que produce energía eléctrica por medio de un ciclo térmico. Los ciclos más utilizados son el Rankine simple y recalentado. Éstos se basan en calentar un fluido, generalmente agua, con diferentes combustibles como carbón y gas dentro del proceso de una caldera. Este tiene que llegar a un punto de vapor saturado para así alimentar a la turbina. Estos procesos se repiten las veces que sea necesario para suplir la demanda energética.²⁴

Figura 14. Diagrama T-S del ciclo Rankine simple.



Fuente: WARK Kenneth, Termodinámica p. 802.

Figura 15. Diagrama de ciclo Rankine simple con recalentamiento.



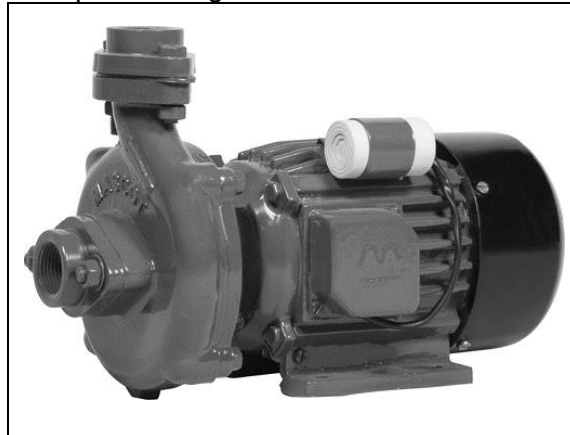
Fuente: WARK Kenneth, Termodinámica p. 802.

²⁴ PATIÑO PEREZ, Carlos Ferney y OLIVEROS BAYONA, Pedro Jesus. Instrumentación de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 2011, 20 p. Proyecto de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería mecánica.

Los principales elementos de un ciclo Rankine sobrecalentado son:

1.7.1 Bomba. Es el dispositivo encargado de agregar energía cinética en los fluidos y así poder transportarlo por tuberías. Dentro de una planta térmica cumple la función de alimentar con agua la caldera.

Figura 16. Bomba centrífuga para transporte de agua.



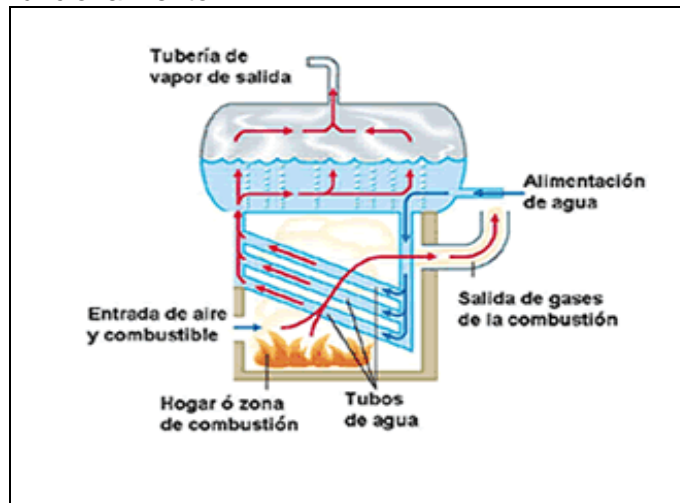
Fuente: MINDIAMART. Centrifugal water pump. [En línea] [citado 26 jul, 2018]. Disponible en: <https://www.indiamart.com/proddetail/centrifugal-water-pumps-4318684297.html>

1.7.2 Caldera. Máquina encargada de transformar el agua en vapor saturado aumentando la temperatura del fluido hasta el punto de cambio de estado. Se cumple a través de la transferencia de calor, donde por medio de la quema de un combustible (gas, Diesel, carbón), además, es transmitida al agua que ya ha sido depositada en la caldera desde la bomba hidráulica.²⁵ Las calderas que comúnmente son usadas en plantas térmicas son:

1.7.2.1 Calderas acuotubulares. El funcionamiento de esta se basa en que el agua se moviliza por unos tubos que se encuentran en el interior de la caldera; Éstos son rodeados por los gases calientes resultantes de la combustión, así que la dirección del flujo de calor se da desde el exterior hasta el interior de los tubos.

²⁵ PATIÑO; OLIVEROS. Op. Cit., p.21.

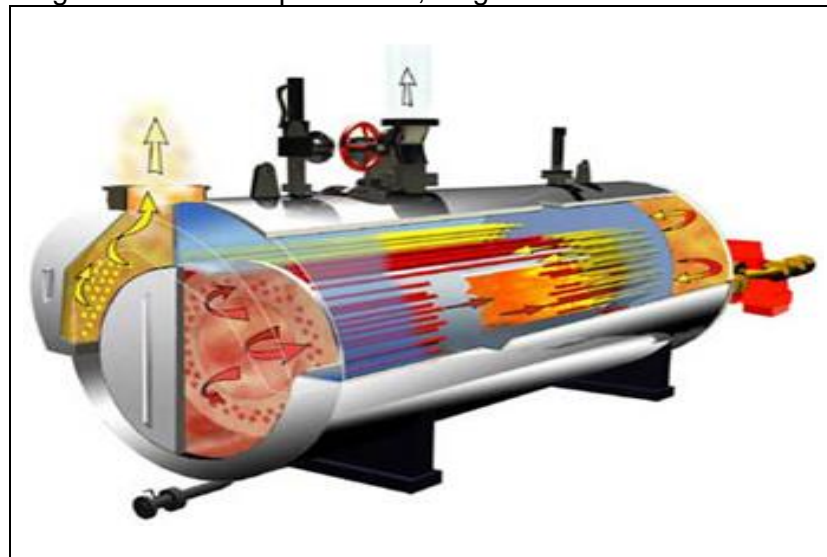
Figura 17. Caldera acuotubular, diagrama de funcionamiento.



Fuente: HERNÁNDEZ Pablo. Caldera acuotubular. [En línea] [citado 26 jul, 2018]. Disponible: <http://calacutubular.blogspot.com/2016/02/caldera-acuotubular.html>

1.7.2.2 Caldera pirotubular. La función de esta caldera se fundamenta en que los gases producidos por la combustión se transportan por unos tubos en el interior de la caldera. El agua se encuentra alrededor de estos, entonces la dirección del flujo de calor sería del interior de los tubos hacia afuera.²⁶

Figura 18. Caldera pirotubular, diagrama de funcionamiento.

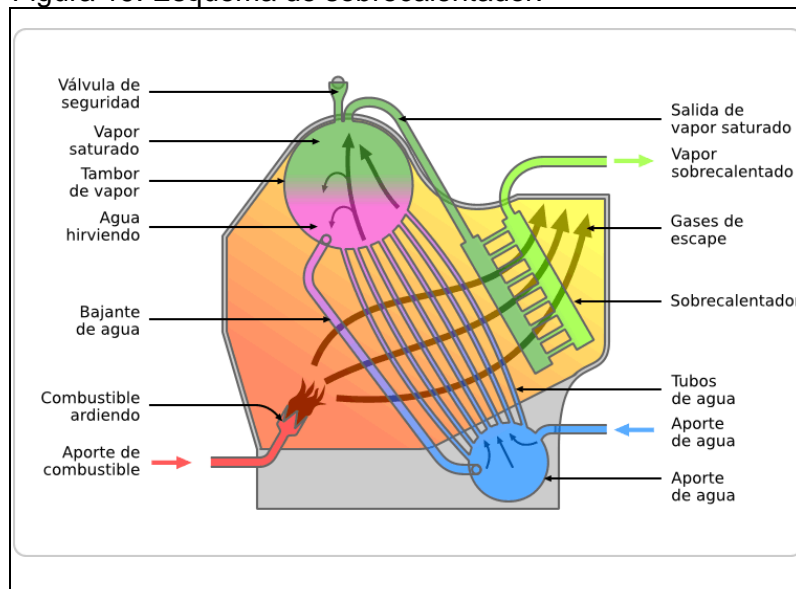


Fuente: BABCOCK WANSON, Calderas piro tubulares. [En línea] [citado 26 jul, 2018]. Disponible: http://www.babcock-wanson.es/calderas_vapor_bwb.aspx

²⁶ PATIÑO; OLIVEROS. Op. Cit. p. 21

1.7.3 Sobrecalentador. Complemento del sistema encargado de aumentar la temperatura del vapor saturado que sale de la caldera y lo aumenta hasta el punto de sobrecalentamiento, esto con el fin de que tenga más energía utilizable como trabajo y evitar agua en el sistema de operación. La temperatura de este está limitada a condiciones metalúrgicas de la tubería y componentes que intervengan en la generación de energía.²⁷

Figura 19. Esquema de sobrecalentador.



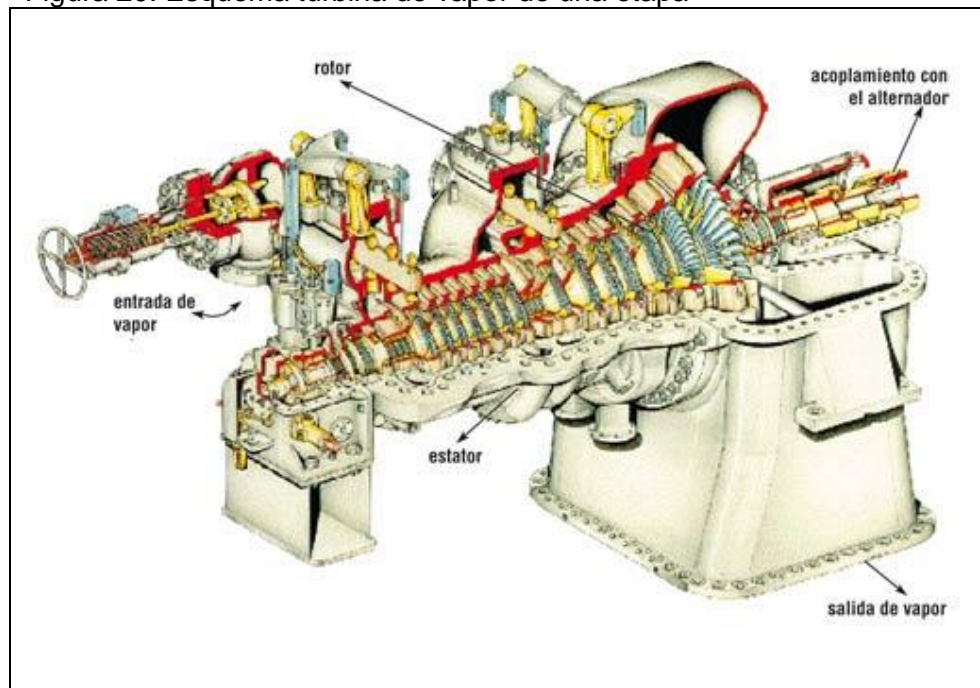
Fuente: TECNIHOGAR, Historia de las calderas 2da parte. [En línea] [citado 1 ago, 2018], disponible en: <https://tecnihogar.es/blog/2011/09/16/historia-de-las-calderas-2%C2%AA-parte/>

1.7.4 Turbina. Máquina térmica, giratoria, que se encarga de transformar la energía cinética producida por el paso del vapor en energía de rotación. Esto se logra mediante el paso del vapor por el cuerpo de la turbina. El fluido se expande y permite la transformación a energía mecánica. La expansión es posible por la variación del volumen específico a través de la máquina. El trabajo final disponible es la diferencia de entalpía en la entrada y la salida de la turbina²⁸.

²⁷ PATIÑO; OLIVEROS. Op. Cit., p.22.

²⁸ Ibíd., p. 22.

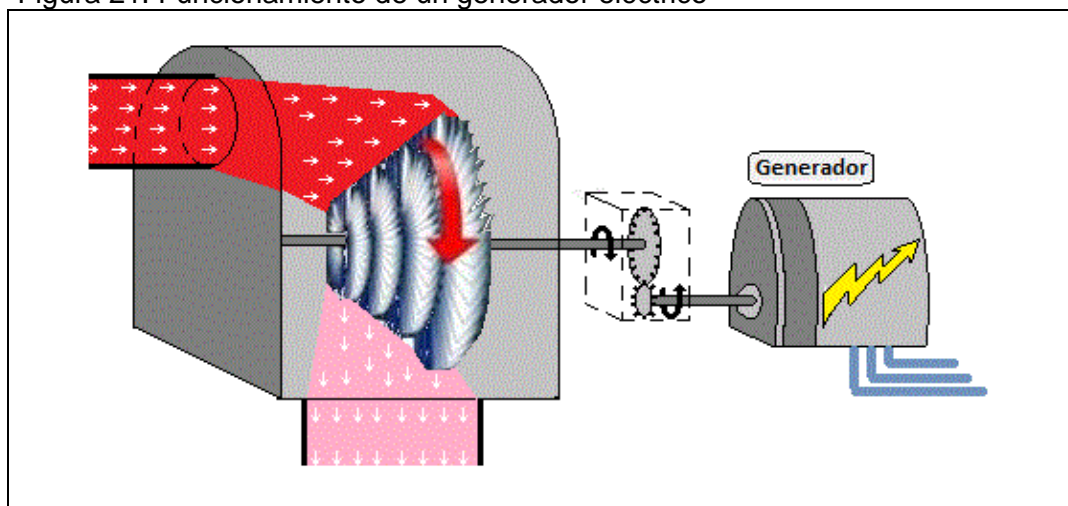
Figura 20. Esquema turbina de vapor de una etapa



Fuente: OPEX energy, Turbinas de vapor. [citado 1 ago, 2018]. Disponible en: http://opex-energy.com/termosolares/turbina_de_vapor_termosolar.html

1.7.5 Generador. El eje de la turbina va conectado directamente al eje del rotor del generador; éste al girar con la energía mecánica transmitida por la expansión de vapor, crea un campo magnético en conjunto con el estator, este fenómeno físico es el encargado de la generación de energía eléctrica.²⁹

Figura 21. Funcionamiento de un generador eléctrico

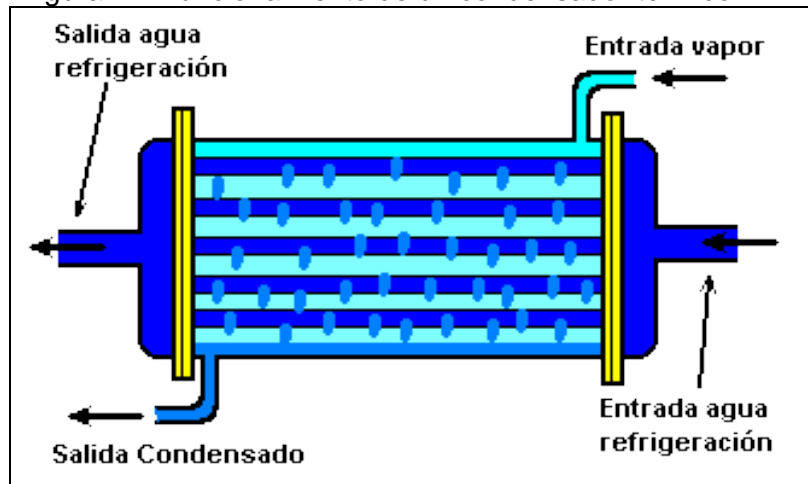


Fuente: FERNÁNDEZ Julio Cesar, Diseño de una planta de energía equipos principales. [En línea] [citado 1 ago, 2018]. Disponible en: <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2014/12/diseño-de-una-planta-de-energía-equipos.html>

²⁹ PATIÑO; OLIVEROS. Op. Cit. p. 22

1.7.6 Condensador. Un condensador es un intercambiador de calor, que en su proceso interno se encarga de enfriar el fluido proveniente de la turbina, donde proviene en una fase de mezcla de agua y vapor. Es importante que esta mezcla sufra una transformación a líquido subenfriado, para así reproducir el ciclo Rankine las veces que sea necesario para satisfacer la demanda de energía. La transferencia de calor se hace normalmente con agua fría, proveniente de la planta o por medio de enfriamiento por aire.

Figura 22. Funcionamiento de un condensador térmico



Fuente: TERMODINÁMICA, Intercambiador de calor. [En línea] [citado 1 ago, 2018]. Disponible en: <http://termoindustrial1ii132.blogspot.com/>

1.8 MONITOREO

Actualmente existe un mercado exigente, en el que la confiabilidad y la precisión³⁰ son cuestiones cruciales en procesos, dado que ayudan a reducir costos y aumentar la producción.

El monitoreo es la continua representación de datos en tiempo real por medio de un hardware, capaz de comunicarse³¹ con el PLC (Programmable Logic Control), dispositivo que maneja el proceso en la planta; así mismo, el controlador lógico programable entrega y almacena la información obtenida por sensores, de todas las variables involucradas en el proceso con el fin de poder analizar los datos obtenidos para determinar el estado de los equipos, eficiencia de la planta, tiempos de producción, partida y parada, fallas y calidad del producto.

³⁰ NFRARED SOLUTIONS, Xenics. Process monitoring & Quality control. [En línea] [citado 6 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.xenics.com/en/application/process-monitoring-quality-control>

³¹ ELECTRO INDUSTRIA, PINTO, Lucia. Monitoreo y Control de Procesos. [En línea] [citado 6 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=443&tip=7>

1.9 SUPERVISIÓN

Supervisar es la acción que compete el mando, adquisición de datos del proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones³². Además, tiene la característica de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar el control, para obtener la medida deseada.

1.10 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

En cualquier proceso automatizado al igual que los seres humanos necesitan una manera de relacionarse con su entorno; lo mismo pasa en la industria, los distintos instrumentos, equipos, computadores entre otros, necesitan comunicarse entre sí para entregar una salida del proceso deseada.

Generalmente esta comunicación se realiza por medio de redes que se entrelazan en un sistema, ya sea por medio de cableado o por comunicación inalámbrica con acceso al servidor. Las comunicaciones industriales tienen tres principales características³³:

- ❖ Volumen de datos: Cantidad de datos que viajan por la red en cada envío.
- ❖ Velocidad de transmisión: Velocidad en la que viajan los datos por la red.
- ❖ Velocidad de respuesta: Velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Con su incorporación se encuentran diversas ventajas desde la reducción de costes de producción, mejora de la calidad, mejora en productividad, reducción de stock, reducción de los costos de mantenimiento etc.

1.11 Sistemas SCADA

SCADA por sus siglas en ingles Supervisory Control And Data Acquisition (control con supervisión y adquisición de datos) es cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso³⁴, haciendo uso de las herramientas de la comunicación industrial.

³² RODRÍGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA; 3ª ed. Barcelona: Marcombo, 2007. p. 1-18 ISBN 978-84-267-1450-3

³³ *Ibíd.*, p. 1-18.

³⁴ *Ibíd.*, p. 1-18.

2. CARACTERIZACIÓN

Para la identificación adecuada de los lazos de control fue necesario caracterizar cada uno de los equipos instalados en la planta, con la finalidad de saber cuáles son sus principios de funcionamiento y las características técnicas que den las directrices del flujo de trabajo del sistema.

2.1 INDICADORES

Son todos los instrumentos que se encargan de dar lecturas de variables que serán leídas por los operadores visualmente. En todos los casos los datos adquiridos por estos equipos no tienen ninguna comunicación con elementos de control en la planta térmica.

2.1.1 Mirilla de vidrio. Consiste en un tubo de vidrio que tiene sus extremos conectados a dos bloques metálicos que van instalados directamente en el tanque al que se le hace la medición. Además, tiene tres válvulas, dos conectadas en sus extremos para evitar cualquier fuga del fluido en caso de ruptura de la mirilla y una para realizar la purga del elemento.

La mirilla de vidrio normal está diseñada para presiones de 7 bar, que es el caso presente en la planta térmica. Tiene un tipo de medición visual y el fluido es el que marca directamente la medida de nivel. Éste no tiene ningún tipo de comunicación con el PLC, pero es necesaria la inspección para el arranque del equipo.³⁵ Figura 23.

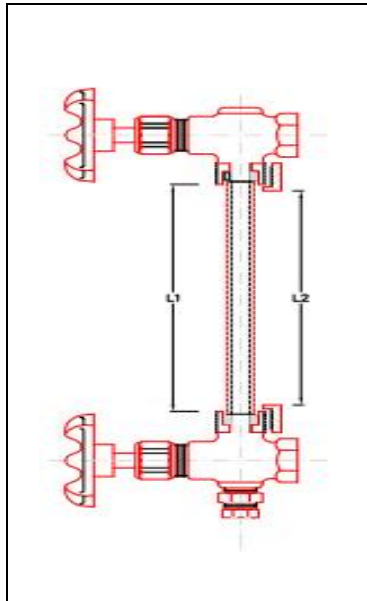
El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas

- ❖ L1= Longitud borde a borde rosca sin tuerca
- ❖ Longitud tubo de vidrio: $L1+8\text{mm}$ ³⁶
- ❖ Nivel: (0 - 104) Litros

³⁵ CREUS. Op. Cit. P. 196.

³⁶ TECNICA LTDA. Cálculo longitud tubo de vidrio nivel. Bogotá D.C. 1 p.

Figura 23. Esquema mirilla de vidrio de vidrio



Fuente: TECNICA LTDA.
Cálculo longitud tubo de vidrio nivel. Bogotá D.C. 1 p.

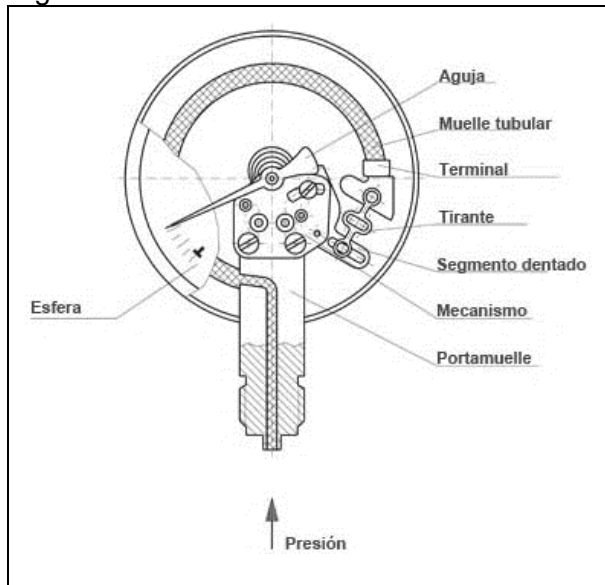
2.1.2 Manómetro burdon. Es el elemento que se encarga de la medición de presión en fluidos. Esto se logra debido al mecanismo que se encuentra en su interior; compuesto por tubos de forma circular que debido a la presión del fluido se deforman (estira) a medida que aumenta. El muelle³⁷ en proporción a la presión medida, transmite el recorrido a la aguja. Los manómetros cuentan con las siguientes características:

Características técnicas (1)

- ❖ Marca: Rockage
- ❖ Tipo conexión: Vertical/ Trasera
- ❖ Conexión: (1/8 – 1/4) pulgadas
- ❖ Caja: Acero carbón
- ❖ Precisión: +/- 2.5%
- ❖ Elemento sensor: Tubo bourdon
- ❖ Escala de medida: (0 a 100) psi o (0 a 7) Bar
- ❖ Temperatura de trabajo: (-10 a 70) °C
- ❖ No calibrable, sin glicerina

³⁷ WIKA. ¿Cómo funcionan los manómetros mecánicos? [En línea] [citado 25 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/construccion-funcionamiento-de-manmetros-mecnicos/>

Figura 24. Interior de un manómetro



Fuente: WIKA. ¿Cómo funcionan los manómetros mecánicos? [en línea] [25 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/construccion-funcionamiento-de-manmetros-mecnicos/>

Figura 25. Manómetro Rockage



Fuente: ROCKAGE. Manómetros de proceso. 1 p.

Características técnicas (2)

- ❖ Marca: Winters
- ❖ Elemento sensor: Bourdon y conexión de latón relleno con glicerina
- ❖ Rango de operación: (0 a 200) psi o (0 a 14) Kg/cm²
- ❖ Exactitud: 1,5%

Figura 26. Manómetro Winters



Fuente: WINTERS. Manómetros pfq quality. [En línea] [citado 25 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.winters.com.ar/productos/instrumentacion/manometros/100mm-4-rosca-12npt-post-relleno-cglicerina-15/>

2.2 SENSORES

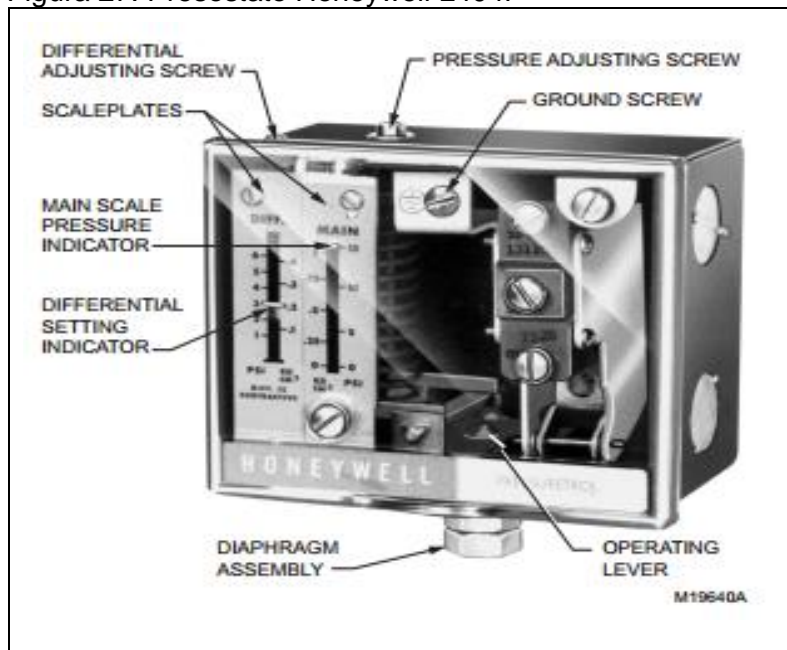
Son todos los elementos que integran el sistema de control de la planta térmica. Algunos de estos tienen comunicación directa con el PLC, como es el caso de los transductores de presión. Otros simplemente cumplen funciones específicas en los lazos de control, como el controlador de nivel de la caldera, que se encarga del encendido de la bomba de alimentación de agua.

2.2.1 Presostato. Conexión de ¼" NPT interna que entra a la tubería del diafragma. Este sensor recibe señales de presión y su funcionamiento se basa en realizar una diferenciación de éstas, esto se logra a través del ajuste de un set-point, que varía según la aplicación del sensor; en el caso de control de calderas la diferencia de presión está entre 20 y 50 psi, dependiendo del tamaño de éstas. Posteriormente la transforma en señales ON/OFF, donde se abre o se cierra un contacto, logrando así el control de fluido del proceso.³⁸

Los datos obtenidos por este sensor hacen parte del lazo de control de la caldera, y no tienen, ninguna comunicación con el PLC.

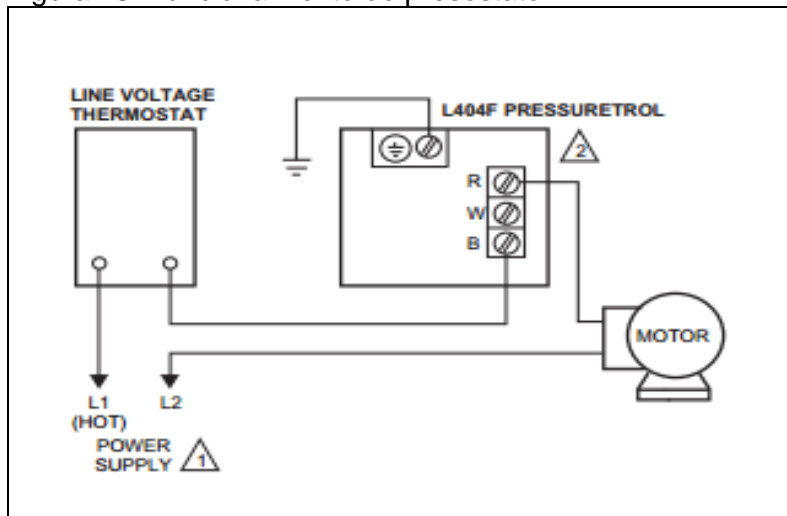
³⁸ HONEYWELL INTERNATIONAL INC. L404F,T,V pressure trol controllers. 2010. p. 1-8.

Figura 27. Presostato Honeywell L404F



Fuente: HONEYWELL INTERNATIONAL INC. L404 F, T, V pressure trol controllers. 2010. p. 7.

Figura 28. Funcionamiento de presostato



Fuente: Honeywell. HONEYWELL INTERNATIONAL INC. L404 F, T, V pressure controllers. 2010. p. 6.

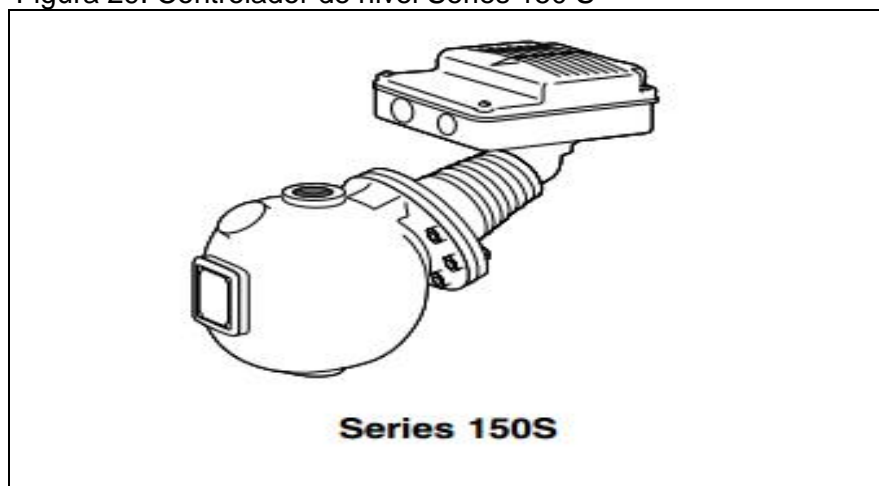
En la figura 28 se encuentra el principio de funcionamiento del presostato, donde se identifica que al cambiar la presión en el sistema la diferencia de esta hace que se abra o cierre un contacto, este tiene comunicación directa con el motor. Para la caldera este instrumento gobierna el funcionamiento del quemador, y esto se ejecuta de una manera automática, no necesita de ninguna señal proveniente del PLC.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Honeywell
- ❖ Modelo: L404F
- ❖ Dimensiones: 115x126x70 mm
- ❖ Puede usarse con vapor, aire y gases no combustibles o fluidos no corrosivos a los elementos del sensor
- ❖ Presión: 140 a 2017 kPa (20-300 Psi)

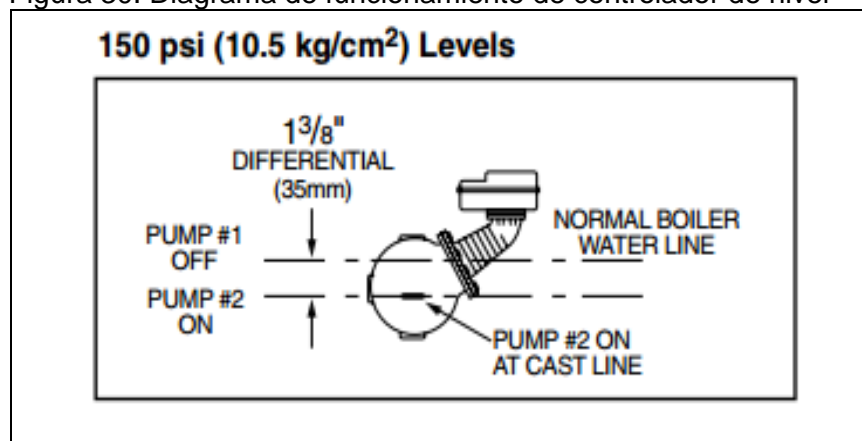
2.2.2 Controlador de nivel. Este instrumento controla el nivel del agua que entra a la caldera, manipulando esta variable directamente en el funcionamiento de la bomba. Esto es posible gracias a que trabaja por medio de una diferencia de alturas, que se mide por medio de los cambios de altura ejercidos por la presión de la variable controlada (agua de alimentación)³⁹.

Figura 29. Controlador de nivel Series 150 S



Fuente: MCDONELL & MILLER. Installation and maintenance instructions. 2008.p. 1.

Figura 30. Diagrama de funcionamiento de controlador de nivel



Fuente: MCDONELL & MILLER. Installation and maintenance instructions. 2008.p. 4.

³⁹ MCDONELL & MILLER. Installation and maintenance instructions. 2008. p. 1-12.

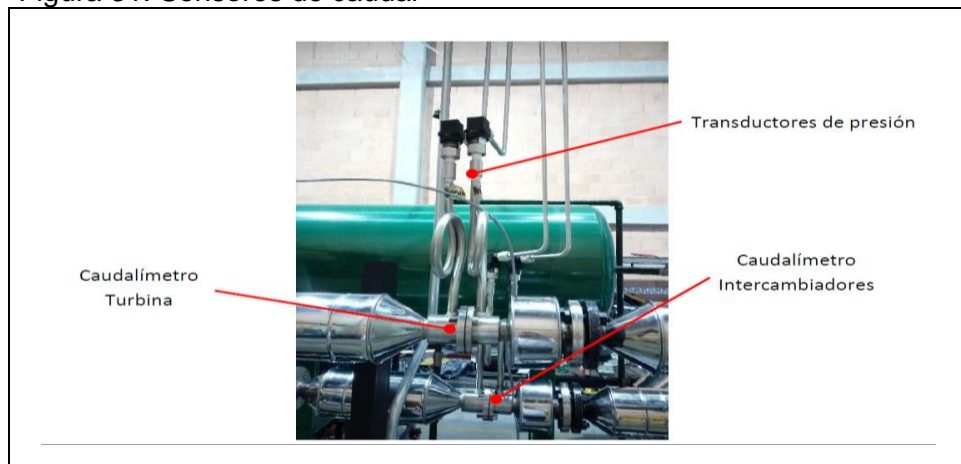
Los datos obtenidos por este elemento hacen parte del lazo de control de la caldera, donde la señal emitida controla directamente el encendido de la bomba de alimentación. Este elemento no tiene ninguna comunicación con el PLC.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: McDonnell & Miller
- ❖ Modelo: Series 150S
- ❖ Voltaje: 120 – 240 VAC
- ❖ Caja: Tipo NEMA 1 propósitos generales
- ❖ Presión: 0 – 150 Psi
- ❖ Diferencia de altura para encendido de bomba a 0 Psi: On (16mm) – Off (24mm). Dif (8mm).
- ❖ Diferencia de altura para encendido de bomba a 150 Psi: On (16mm) – Off (41mm). Dif (19mm)

2.2.3 Caudalímetro de vapor. Con una placa de orificio instalada en un flujo de vapor, el aumento en la velocidad del flujo⁴⁰ de fluido a través del área reducida del orificio desarrolla una presión diferencial a través del orificio. La presión diferencial generada está relacionada con la relación beta (La relación entre el diámetro del agujero del orificio (d) y el diámetro interior del tubo (D) se denomina relación beta (B)).

Figura 31. Sensores de caudal



Fuente: INGENIUM. Planta térmica didáctica (F.U.A). Bogotá D.C, 2018. p. 19.

El caudal⁴¹ viene dado por la siguiente expresión en los caudalímetros: $W = 1,265 * Y_1 * d_1^2 * C \sqrt{\Delta p \rho_1}$

Donde: C = Coeficiente de flujo.
 Y_1 = Factor de expansión para flujo compresible en orificios.
 d_1 = Diámetro de orificio.
 ρ_1 = Densidad del Fluido

⁴⁰ INSTRUMENTATION TOOLBOX. Basics of The Orifice Plate Flow Meter. [En línea] [citado 21 ago, 2018]. Disponible en: <https://www.instrumentationtoolbox.com/2013/03/basics-of-orifice-flow-meter.html>

⁴¹ INGENIUM. Planta térmica didáctica (F.U.A). Bogotá D.C, 2018. 18 p.

Cuadro 1. Datos de los sensores de caudal

Medidor:	Diámetro de orificio	C (Coef. De flujo)
Vapor Turbina	0,01332 m	0,623
Vapor proceso	0,01332 m	0,623

Fuente: INGENIUM. Planta térmica didáctica (F.U.A). Bogotá D.C, 2018. p. 18.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Ingenium Ltda.
- ❖ Modelo: Placa orificio
- ❖ Diámetro interno: 26,64 mm

2.2.4 Caudalímetro de agua. Este instrumento es de tipo intrínseco, esto significa que tiene contacto directo con el fluido medido. Contiene una turbina, gira con la velocidad del agua, cada vuelta en este es un pulso, el cual se transforma en la medida de caudal de la variable. Está diseñado para fluidos limpios con una viscosidad máxima de 30 Centipoises.⁴²

Este equipo cuenta con dos tipos de lectura, una local por medio del indicador que se puede observar en la figura 32, o por medio de salidas eléctricas que esta es una adición al indicador. La planta térmica cuenta con una medición de caudal netamente visual.

Figura 32. Caudalímetro de agua



Fuente: INGENIUM. Planta térmica didáctica (F.U.A). Bogotá D.C, 2018. p. 18.

⁴² G-FLOW. Caudalímetros Turbina. [En línea] [citado 21 ago, 2018]. Disponible en: <http://www.g-flow.com/caudalimetros-turbina>

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Piusi
- ❖ Modelo: K24
- ❖ Dimensiones: 100x54x75 mm
- ❖ Presión de operación: 145 Psi
- ❖ Temperatura de operación: -10 a +50 (°C)
- ❖ K24 COL BEIGE flow rates: 5 a 100 litros/minuto. Para flujo de agua.

2.2.5 Sensor de temperatura (PT-100). Este sensor consiste en un hilo muy fino de material conductor que normalmente está aislado, luego se encuentra una capa recubierta de cerámica o vidrio. El material conductor cuenta con el “coeficiente de temperatura de resistencia”, que es la característica que permite realizar la medición.

El funcionamiento se basa en utilizar esta sonda de resistencia en contacto con la variable medida. Esto hace que la resistencia varíe y siempre se verá reflejada en la medición de la temperatura.⁴³

Figura 33. PT100



Fuente: Elaboración propia

La variación de resistencia en función de la temperatura se presenta en la siguiente expresión:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

Donde: R_t : Resistencia en ohmios de la temperatura
 R_0 : Resistencia en ohmio a 0°C
 α : Coeficiente de la temperatura de la resistencia
(Escala práctica de temperaturas internacional IPTS-68)

⁴³ CREUS. Op. cit., p. 244.

Cuadro 2. Tabla de características de sensores de resistencia

Características de sondas de resistencia						
Elemento	Intervalo útil de temperaturas, °C	Resistencia básica	Sensibilidad (Ω/°C de 0° a 100 °C)	Coefficiente, Ω/Ω x °C	Ventajas	Desventajas
Platino	-260 a 850 °C (-436 a 1562 °F)	100 Ω a 0 °C 1000 Ω a 0 °C	0,39 3,90	0,0375 a 0,003927	Mayor intervalo Mejor estabilidad Buena linealidad	Coste
Cobre	-100 a 260 °C (-148 a 500 °F)	10 Ω a 25 °C	0,04	0,00427	Buena linealidad	Baja resistividad
Níquel	-100 a 260 °C (-148 a 500 °F)	100 Ω a 0 °C 120 Ω a 0 °C	0,62 0,81	0,00618 a 0,00672	Bajo coste Alta sensibilidad	Falta de linealidad, variaciones coeficiente de resistencia
Níquel-Hierro	-100 a 204 °C (-148 a 400 °F)	604 Ω a 0 °C 1000 Ω a 70 °F 1000 Ω a 70 °F	3,13 4,79 9,58	0,00518 a 0,00527	Bajo coste Muy alta sensibilidad	Relación reducida R ₁₀₀ /R ₀

Fuente: CREUS, Antonio. Instrumentación industrial 8va edición. p. 244.

Los datos obtenidos por este sensor son transmitidos como una señal eléctrica direccionada al PLC, que puede ser vista en un indicador de forma instantánea en el tablero controlador de la planta.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: GAIMC
- ❖ Modelo: GPT-WZP-407, 408
- ❖ Tipo: PT100
- ❖ Tolerancia de medición: +/- 0.15%
- ❖ Temperatura: -50 – 400°C

2.2.6 Transductor de presión. El principio de funcionamiento de los transductores de presión está basado en detectores de inductancia utilizando transformadores diferenciales y circuitos de puentes Wheatstone, empleando una barra de equilibrio de fuerzas. Esto convierte la señal de la variable en una electrónica entre los rangos normalizados de 4-20 mA c.c, con una exactitud de +/- 0,5%.⁴⁴

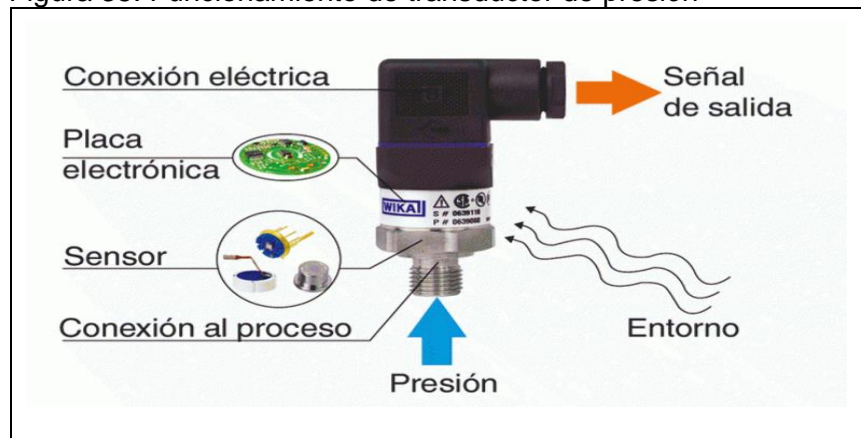
Figura 34. Transductor de presión



Fuente: PIXSYS ELECTRONICS. Transmisor de presión. [En línea] [citado 5 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.pixsys.net/es/productos/transmisores-de-presion/ect-transmisor-de-presion>

⁴⁴ CREUS. Op. cit., p. 65.

Figura 35. Funcionamiento de transductor de presión



Fuente: NOLLA Xavier. Cómo funciona un transductor de presión. [En línea] [Citado 5 Sep, 2018]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-presion/>

Este tipo de instrumentos no pueden guardar señales y son sensibles a las vibraciones.

El transductor de presión se alimenta de una fuente de voltaje de 24 V c.c. y un circuito de dos hilos. El receptor contiene una resistencia de 250 Ohm conectada a los bornes, esto permite que cuando ocurra una variación en la señal de transmisión se mantenga en los siguientes parámetros a la entrada de los bornes:

- ❖ $250 \text{ Ohms} \times 4 \text{ mA c.c.} = 1000 \text{ mV} = 1\text{V}$
- ❖ $250 \text{ Ohms} \times 20 \text{ mA c.c.} = 5000 \text{ mV} = 5\text{V}$

Esto asegura que no se pierde tensión en la variación del sensor.⁴⁵ El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Torque de montaje: 15-20 Nm
- ❖ Temperatura de operación: $-25 \text{ }^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$
- ❖ Temperatura media: $-25 \text{ }^{\circ}\text{C} - +125^{\circ}\text{C}$
- ❖ Principio de medición: Película en cerámica
- ❖ Exactitud: $\pm 0,5\%$
- ❖ Material: Inox 316L
- ❖ Presión de operación: 125 Psi
- ❖ Voltaje de alimentación: 9-30 V DC
- ❖ Señal de salida: 4-20 mA

⁴⁵ CREUS. Op. cit., p. 65-66.

2.2.7 Sensor inductivo. Por medio de una bobina energizada se genera un campo magnético, esto hace que cuando un componente metálico se acerque se generen corrientes de Foucault, estas generan un campo magnético contrario al de la bobina.⁴⁶

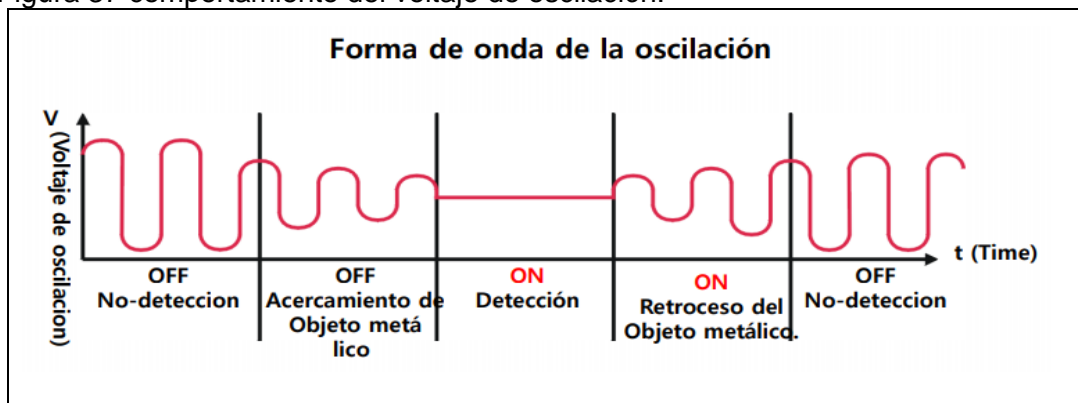
Figura 36. Sensor inductivo



Fuente: AUTONICS. Serie PRCM. [En línea]. [citado 5 Sep, 2018]. Disponible en: <https://www.autonics.com/series/3000453#n>

Por estas corrientes se generan en el campo un flujo de contraste, esta causa una reducción de la oscilación y esta es la señal final del sensor. En la figura 37 se explica en detalle el funcionamiento físico.

Figura 37 comportamiento del voltaje de oscilación.



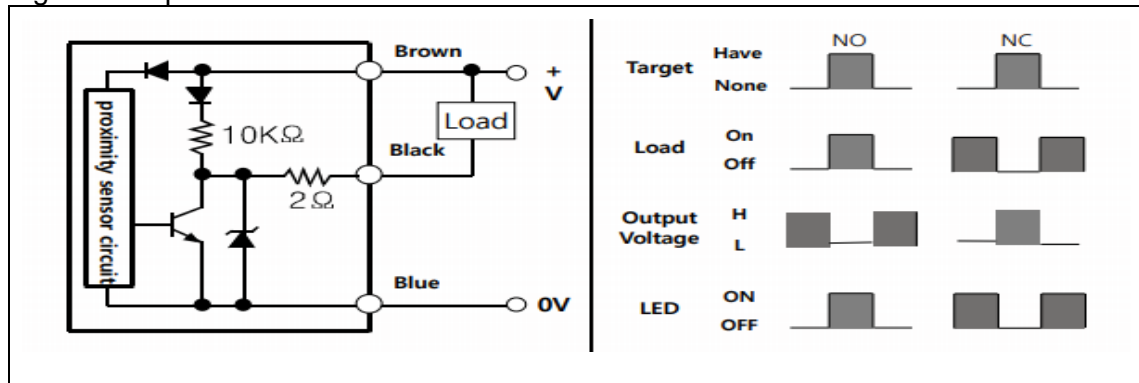
Fuente: AUTONICS. Sensores de proximidad. [En línea]. [citado 7 sep, 18]. Disponible en: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>

Estos cambios de oscilación se convierten en una señal eléctrica por medio de un circuito de integración⁴⁷. El sensor instalado en la planta corresponde al modelo PRCM series (CYLINDRICAL DC 3WIRE CONNECTOR). El cual tiene 3 hilos y dos configuraciones de funcionamiento: NPN y PNP (forma de cableado).

⁴⁶ AUTONICS. Sensores de proximidad. [En línea] [citado 5 sep, 2018]. Disponible en: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>

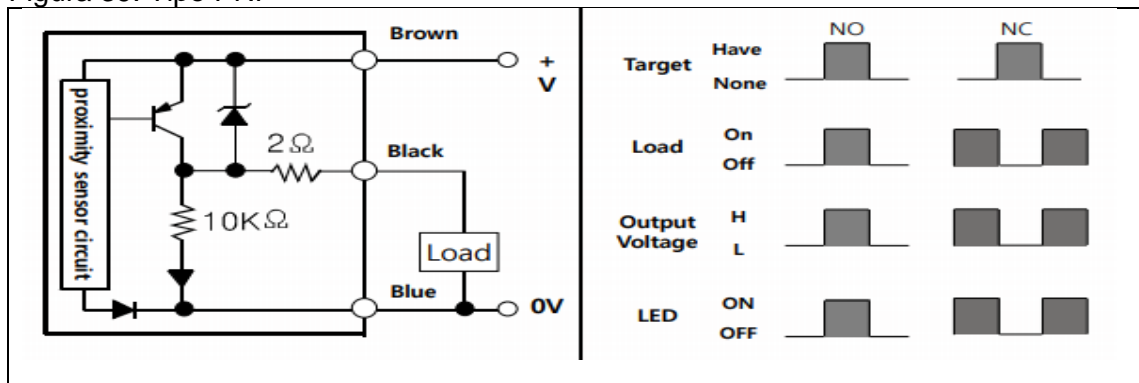
⁴⁷ AUTONICS. Op. Cit., p. 9.

Figura 38 Tipo NPN



Fuente: AUTONICS. Sensores de proximidad. [En línea]. [citado 7 sep, 18]. Disponible en: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>

Figura 39. Tipo PNP



Fuente: AUTONICS. Sensores de proximidad. [En línea]. [citado 7 sep, 18]. Disponible en: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Autonics
- ❖ Modelo: PRCM Series
- ❖ Distancia de sensado: 2mm
- ❖ Suministro: 12-24 VDC
- ❖ Objetivo estándar de sensado: 12x12x1 mm (metal)

2.3 ACTUADORES

Estos instrumentos son los encargados de manipular la variable controlada (vapor). Estos pueden ser de regulación de parámetros de variable, como de seguridad, para así asegurar el correcto funcionamiento de la planta térmica.

2.3.1 Válvula PID. Convierte la señal de salida neumática, en una señal DC, para las tareas de medición y control.⁴⁸

⁴⁸ SAMSON. Type 3372 electropneumatic actuator. Frankfurt. 2017. P. 1-56.

Figura 40. Válvula PID SAMSON type 3372



Fuente: SAMSON. Type 3372 electropneumatic actuator. Frankfurt. 2017. 1 p.

La válvula motorizada basa su funcionamiento en un control proporcional, donde para poner en marcha el controlador se deben fijar los siguientes parámetros:

- ❖ La temperatura del set-point (Temperatura mínima y máxima de operación, esto se programa en el PLC)
- ❖ La banda proporcional

La banda proporcional se programa como un porcentaje del set point, por esto siempre será menor a la presentada por este. Con el fin de que, a lo largo de la variación de temperatura, la potencia de salida variará con la diferencia de estas.⁴⁹

Este instrumento es el que permite el buen funcionamiento de la planta térmica, ya que la programación del PLC se basa en el control de este instrumento. Todos los datos obtenidos por el PLC mediante el conexionado de todos los sensores instalados en la planta son los que dan las directrices de funcionamiento de la válvula, para que así en el sistema circule la cantidad de vapor necesaria. El actuador cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: SAMSON
- ❖ Modelo: 3372
- ❖ Dimensiones: 236x168mm
- ❖ Temperatura de operación: -35 a +90°C
- ❖ Distancia de recorrido: 15 mm
- ❖ Señal de mando: 4-20 mA
- ❖ Presión de suministro de aire: 6 bar
- ❖ Área de actuador: 120 cm²

⁴⁹ REDREJO, Jose L. Desarrollo de sistemas de regulación y control. [En línea]. [citado 23 ago, 2018 Disponible en: http://www.infopl.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf

2.3.2 Válvula de seguridad. Su función es darle un respaldo de seguridad al sistema de la caldera en caso de que esta aumente mucho su presión, no tiene ningún tipo de manipulación a las variables del proceso, sólo el alivio del hogar de la caldera en ocasiones excepcionales.⁵⁰

Es un instrumento netamente manual y de seguridad, no hay comunicación con el PLC y cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Apollo Valves
- ❖ Modelo: Series 19
- ❖ Dimensiones: ½" hasta 2.½"
- ❖ Listado ASME sección I y VIII (Reglas para la construcción de calderas de potencia).
- ❖ Presión: 15 a 300 Psi

Figura 41. Válvula de alivio o seguridad Apollo Series 19



Fuente: APOLLO VALVES. 19 series. [citado 20 ago, 2018]. Disponible en: cdn.conbraco.com/apollovalves/products/images/HRP_19-KDCA-100.jpg

2.4 COMPONENTES DEL PLC

Existen tres tipos de PLC: El compacto, que consta de un controlador que tiene sus salidas y entradas para las señales destinadas. El modular, que necesita ser armado con varios módulos externos. Mixto, que consta de un PLC compacto básico, con posibilidades de expansión en módulos.

En el caso de la planta térmica se encuentra instalado un PLC mixto, lo cual hace necesario el uso de adaptadores y módulos de expansión para captar y controlar señales específicas.

⁵⁰ APOLLO VALVES. 19-Series Bronze Safety Valves for Steam, Air & Gas Service. Estados Unidos. p. 1-4.

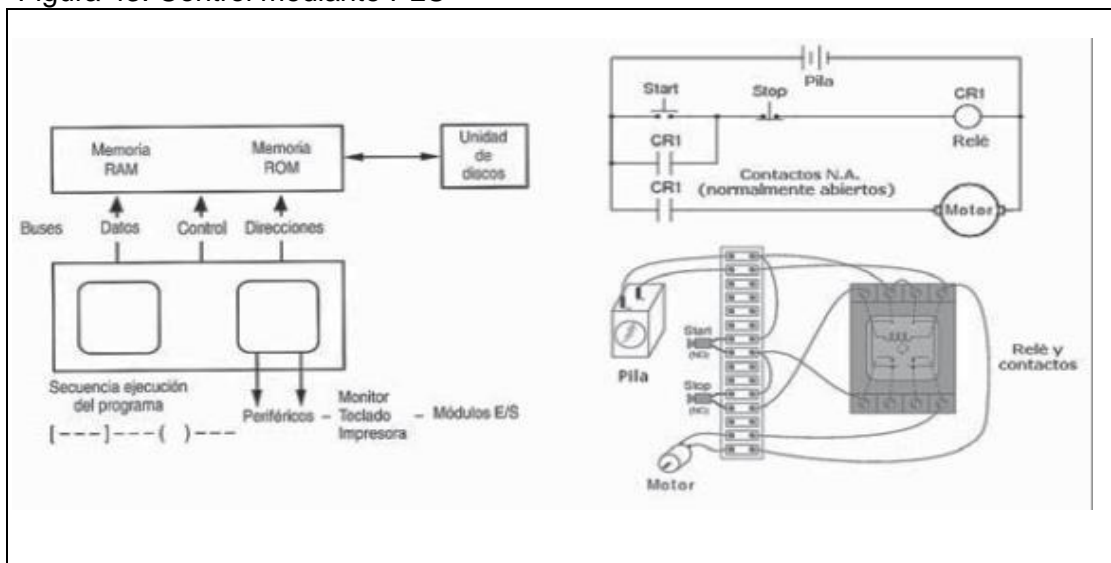
2.4.1 PLC. Por siglas en inglés (Programmable Logical Control), es la solución para el control digital de los procesos industriales. Éste llegó para reemplazar a los tradicionales relés y contactos, fundamentando en estos el funcionamiento del equipo. Está basado en la lógica de relés, tomando como referencia la programación tipo “Ladder logic” (lógica de escalera)⁵¹, este equipo es el controlador principal del proceso que ocurre en la planta térmica.

Figura 42. PLC UNITRONICS V570.



Fuente: UNITRONICS. Vision 570. [citado 2 ago, 2018]. Disponible en: <https://unitronicsplc.com/vision-series-vision570/>

Figura 43. Control mediante PLC



Fuente: CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 585 p. ISBN 978-84-267-1668-2

⁵¹ CREUS. Op. Cit., p. 585.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: UNICTRONICS
- ❖ Modelo: VISION-OPLS- V570
- ❖ Dimensiones: 197x146.6x68,5mm
- ❖ Pantalla tipo LCD de 5,7"
- ❖ Voltaje de entrada: 12 o 24 V DC
- ❖ Rango permisivo: 12,2-28.8 V DC con menos de 10% de ondulación
- ❖ Temperatura de operación: 0-50°C (32-122°F)
- ❖ Memorias extraíbles: Compatible con memorias SD, lenguaje de programación Datalog, alarmas, tablas de datos, HIM, backup Ladder (respaldo de programación tipo escalera)
- ❖ Puertos de entrada: RS232, RS485, USB, puerto CANbus y Ethernet

2.4.2 Indicador digital. Los indicadores digitales pueden cumplir con la visibilidad de varios tipos de variables ya que tienen gran variedad de configuraciones. Uno de los usos más comunes es la indicación de las RPM de máquinas rotatorias. Que en el caso de la planta térmica es necesaria en la turbina.

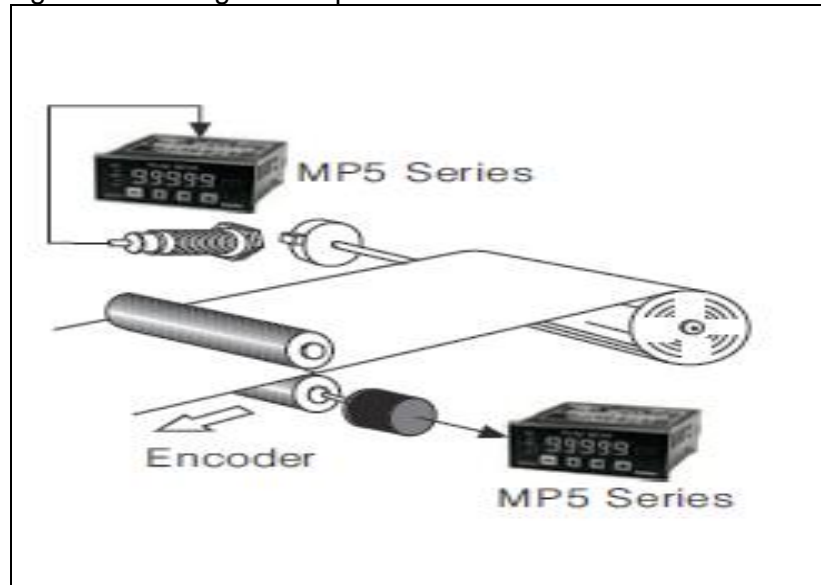
Figura 44. Indicador digital Autonics MP5M



Fuente: AUTONICS. MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series. P.M-5. 1 p.

Para poder lograr la indicación digital de la frecuencia, número de revoluciones y velocidad, se sigue la siguiente configuración:

Figura 45. Configuración para indicación de RPM.



Fuente: AUTONICS. MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series. P.M-19.

Para lograr la medición de la variable es necesario obtener los datos de un sensor inductivo el cual con, su variación de onda envía una señal que será interpretada por el indicador tipo MP5Y⁵²; esto se logra a través de las siguientes relaciones:

❖ Frecuencia (Hz)

$$F = f * a [a = 1(\text{segundo})]$$

❖ Número de revoluciones (rpm)

$$rpm = f * a [a = 60(\text{segundo})]$$

$$\text{varios objetivos } a = 60 * \frac{1}{N}$$

❖ Velocidad (m/min)

$$V = f * a [a = L(m)]$$

$$\text{varios objetivos } a = 60 * L * \frac{1}{N}$$

L= Distancia del portador movido por un pulso de ciclo [m]

N= Número de objetivos detectados (Número de pulsos por revolución)

A= Valor de pre-escala.

⁵² AUTONICS. Ibid. p.M-19.

❖ Valor en pantalla

Cuadro 3. Valores indicados en pantalla.

Display value	Display unit	α (Prescale value)
Frequency	Hz	1
	kHz	0.001
Number of revolution	RPS	1
	rpm	60
Speed	mm / sec.	1,000L
	cm / sec.	100L
	m / sec.	L
	m / min.	60L
	km / hour	3.6L

Fuente: AUTONICS. MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series. P.M-19.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Autonics
- ❖ Modelo: MP5Y
- ❖ Tipo de medición: Solamente indicación
- ❖ Tipo de pantalla: LED
- ❖ Fuente de alimentación: 100-240 VAC 50/60 Hz
- ❖ Consumo de energía: 7,5 – 8 VA

Según su aplicación cuenta con los siguientes tipos de operación:

- F1: Número de revoluciones/Velocidad/Frecuencia
- F2: Velocidad de paso
- F3: Ciclo
- F4: Tiempo de paso
- F5: Ancho de tiempo
- F6: Diferencia de tiempo
- F7: Relación absoluta
- F8: Densidad
- F9: Longitud de medida
- F10: Intervalo
- F11: Multiplicación⁵³

⁵³ AUTONICS. MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series. 7 p.

Según el tipo se configura sus modos de operación:

Modo F1, F2, F7, F8: 0,0005Hz a 50 KHz (+/- 0,05%)

Modo F3: 0,02s a 3,200s (+/- 0,01%)

Modo F4, F5, F6: 0,01s a 3,200s (+/- 0,01%)

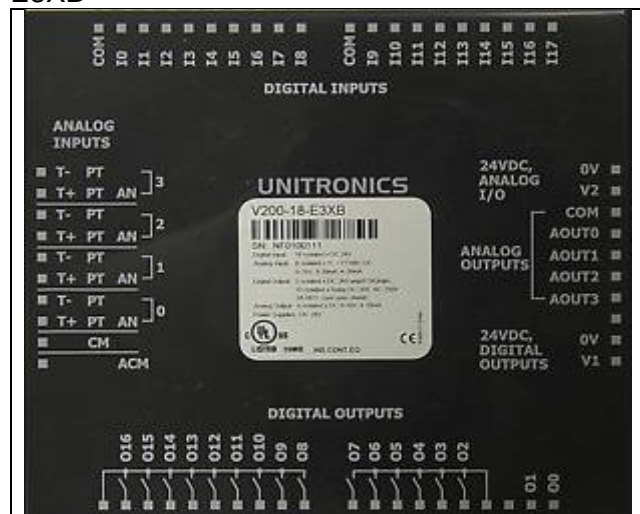
Modo F9, F10, F11: 0 a 4E9

2.4.3 Modulo snap-in I/O. Este módulo es un complemento al PLC Unitronics V570, que es necesario para interpretar todas las señales enviadas en el proceso, evitando así el uso de más instrumentos para transformación de señales.

Su funcionamiento está basado y enlazado al PLC por medio de conexión tipo enchufe (plug-in) y no necesita ningún tipo de programación o cableado con el controlador programable. Este cuenta con un gran número de entradas y salidas; señales digitales comunes, digitales tipo I/O (24 VDC), analógicas comunes y analógicas tipo I/O⁵⁴.

El PLC puede leer los datos obtenidos en el módulo Snap-in, además de poder enviar señales de control a través de este.

Figura 46. Módulo Snap-in i/o Unitronics V200-18-E3XB



Fuente: EBAY. V200-18-E5B Unitronics Snap-in de módulo de E/S. [En línea]. [citado 12 de sep, 2018]. Disponible en: <https://www.ebay.es/itm/V200-18-E5B-UNITRONICS-SNAP-IN-I-O-MODULE-/122146774970>

⁵⁴ UNITRONICS. V200-10-E3XB Snap-in I/O Module. 4 p.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Unitronics
- ❖ Modelo: V200-18-E3XB

Entradas y salidas digitales:

- ❖ 18 entradas en dos grupos
- ❖ Entradas de tipo PNP (fuente), NPN (descarga)
- ❖ Voltaje nominal de entrada: 24 VDC
- ❖ Voltaje de salida PNP: 0,5 – 5VDC para lógica “0”, 17 – 28,8VDC para lógica “1”
- ❖ Voltaje de salida NPN: 17 – 28,8VDC para lógica “0”, 0,5 – 5VDC para lógica “1”
- ❖ Frecuencia: 10 KHz máximo
- ❖ Voltaje normal de operación de salida: 24VDC
- ❖ Corriente máxima de consumo: 85mA@24VDC

Salidas de relé:

- ❖ 15 salidas en 2 grupos
- ❖ Salidas tipo SPST-NO
- ❖ Aislamiento a relé
- ❖ Corriente de salida: 3 – 8 A
- ❖ Rango de voltaje: 250 – 300 VDC
- ❖ Carga mínima: 1mA@ 5VDC
- ❖ Tiempo de respuesta: 10mS

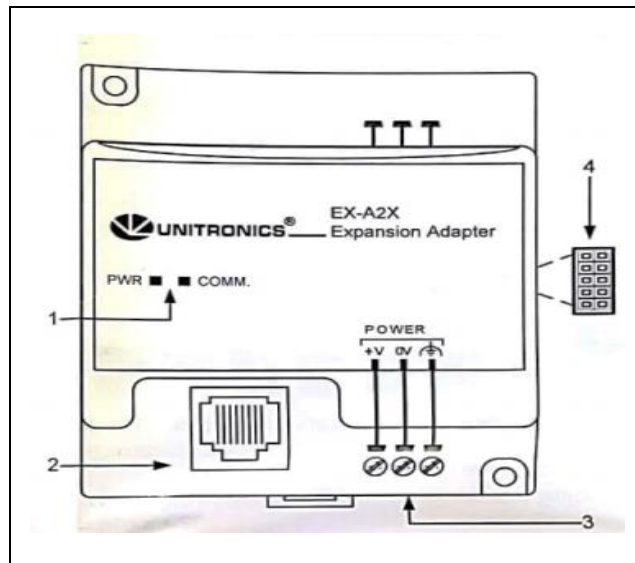
Entradas y salidas análogas tipo PT100/TC:

- ❖ entradas y 4 salidas
- ❖ Rango de entrada: 0–10V; 0–20mA; 4-20mA
- ❖ Error lineal: +/- 0,04%
- ❖ Rango de entrada PT100: -200 – 600°C

2.4.4 Adaptador aislado de expansión I/O. Este dispositivo permite la comunicación del PLC con los módulos de expansión I (entrada, input) / O (salida, outlet). Esto se logra mediante una conexión por cable de tipo ethernet UPT (#2, Figura 447). En la salida se encuentra el puerto para la conexión del módulo de expansión (#4, Figura 47). El adaptador se encarga de transformar las señales electrónicas o eléctricas que van a ser obtenidas o trasportadas al módulo⁵⁵.

⁵⁵ UNITRONICS. EX.-A2X I/O Expansion Module, Isolated. 3 p.

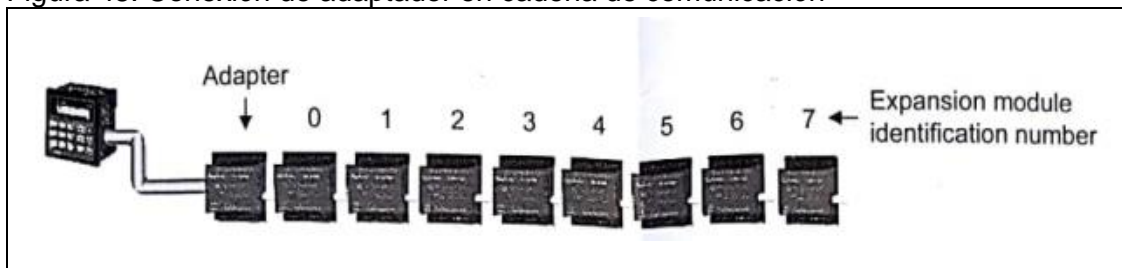
Figura 47. Adaptador de expansión Unitronics EX-A2X



Fuente: UNITRONICS. Ex-A2X I/O Expansion module adapter, insolated. 1 p.

La conexión de comunicación del módulo con el sistema del PLC es la representada en la Figura 48.

Figura 48. Conexión de adaptador en cadena de comunicación



Fuente: UNITRONICS. Ex-A2X I/O Expansion module adapter, insolated. 6 p.

Se puede apreciar que el adaptador puede realizar el trabajo de comunicación de varios módulos de expansión, haciendo una conexión de estos en paralelo. La cantidad de módulos que pueden ir conectados depende de la capacidad de procesamiento de información que tenga el modelo del PLC o máximo 8, que son los permitidos por el adaptador.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Capacidad de módulos I/O: 8 módulos conectados en un adaptador simple
- ❖ Alimentación de poder: 12VDC o 24VDC
- ❖ Rango permisivo: 10,2 a 28,8VDC
- ❖ Corriente máxima de consumo: 650mA @ 12VDC; 350mA @ 24VDC
- ❖ Consumo típico de poder: 4W
- ❖ Corriente de suministro a módulos de expansión: 1A máx. de 5V

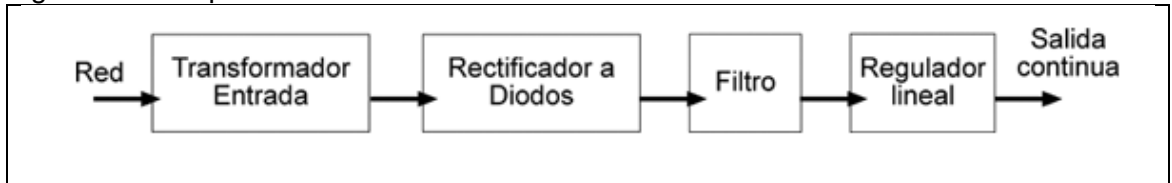
2.4.5 Fuente de alimentación. La fuente de alimentación tiene como función principal en el sistema, la transformación de la corriente alterna en continua y hacer que ésta se mantenga lo más estable posible, ya que los equipos funcionales⁵⁶, incluyendo el PLC, usan este tipo de tensión. En el siguiente esquema se presentan los componentes que permiten hacer la transformación de corriente.

Figura 49. Fuente de alimentación TRIO-PS



Fuente: PHOENIX CONTACT. Alimentación de corriente – TRIO-PS/1AC24DC/10 – 28866323. [En línea]. [citado 13 de sep, 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2p6Rqmc>

Figura 50. Componentes de fuente de alimentación



Fuente: ELECTRONICA FÁCIL. Fuentes de alimentación. [En línea]. [citado 12 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>

El transformador de entrada se encarga de bajar el voltaje que tiene la red de corriente, esta normalmente tiene un valor de 220V – 110V. Lo adecua la corriente hasta el punto de ser tratable en el resto del sistema. A la salida del transformador la tensión aún se encuentra de forma alterna.

⁵⁶ ELECTRONICA FÁCIL. Fuentes de alimentación. [En línea]. [citado 12 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>

En el rectificador de diodos ocurre la transformación de la tensión alterna a continua. Esto se logra conduciendo la corriente a través del diodo, éste solo transmite cuando su ánodo es mayor que su cátodo, imitando el funcionamiento de un interruptor y así logra la eliminación de la onda alterna⁵⁷. Al salir del rectificador se tiene la corriente en pulsos, de su valor pico cada vez que transmite a cero, cada vez que el diodo cierra el paso. Este tipo de tensión no es de uso en los elementos electrónicos, así que el filtro cumple la función de corregir estos pulsos y dejarlos de una forma continua.

Estos sistemas aquí ya pueden entregar la corriente a los equipos electrónicos, pero cuando se necesita una tensión sin ningún tipo de variación, la fuente de alimentación cuenta con un cuarto elemento. El regulador lineal se encarga de que la corriente salga de manera constante y exacta en la que se necesita suministrar.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Phoenix contact
- ❖ Modelo: TRIO-PS/1AC24DC/10

Datos de entrada:

- ❖ Tensión nominal de entrada: 100-240VAC
- ❖ Gama de frecuencias: 45-65 Hz
- ❖ Consumo de corriente: 3A @ 100VAC; 1A @ 240VAC
- ❖ Potencia nominal absorbida: 272VA

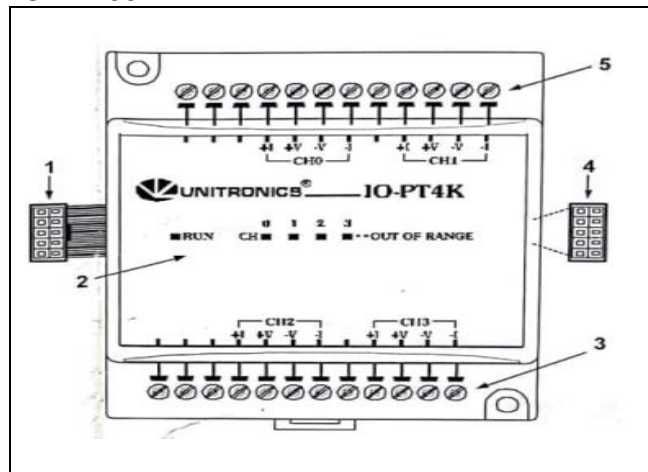
Datos de salida:

- ❖ Tensión nominal de salida: 24VDC +/- 1%
- ❖ Rango de ajuste de la tensión de salida: 22,5-29,5VDC
- ❖ Corriente nominal de salida: 10A @ 24VDC
- ❖ Potencia de salida: 240W

2.4.6 Modulo de expansión I/O PT400. El funcionamiento de este dispositivo es general a los módulos de expansión del PLC, ya explicado en el apartado 12.3.1, con la diferencia que este tiene únicamente entradas y salidas para señales de PT100 y PT1000.

⁵⁷ ELECTRONICA FÁCIL. Ibid

Figura 51. Módulo de expansión Unitronics IO.PT400



Fuente: UNITRONICS. IO-PT400, IO-PT4K I/O expansion module. 1 p.

El instrumento cuenta con las siguientes características técnicas:

- ❖ Marca: Unitronics
- ❖ Modelo: IO-PT400, IO-PT4K
- ❖ Salidas análogas: 4
- ❖ Tipo de salidas: PT100-TP1000
- ❖ Corriente de salida: PT100-1,9mA; PT1000-0,19mA

2.5 CUADROS DE INSTRUMENTOS DE PLANTA TÉRMICA

Cuadro 4. Instrumentos planta térmica parte A

Instrumento	TAG	Funcionalidad
Sensores		
Presostato	PC-103	Instalado en la caldera, es el encargado de gobernar el quemador
Controlador de nivel de caldera	LG-103 LT-103 LC-103	Instalado en la caldera, es el encargado de gobernar la bomba de agua de alimentación
Caudalímetro de vapor (Placa orificio)	FE-104	Lectura de caudal a la salida de la válvula PID, con dirección al sobrecalentador e intercambiadores de calor, este instrumento contiene dos transductores de presión y tiene comunicación directa con el PLC.
Caudalímetro de vapor (Placa orificio)	FE-107	Lectura de caudal a la salida de intercambiadores de calor
Caudalímetro de agua tipo turbina	FI-104	Lectura de caudal a la salida de bomba de agua de torre de enfriamiento
Sensor de temperatura PT-100	TE-104A	Medición de temperatura de vapor en la salida del sobrecalentador
Sensor de temperatura PT-100	TE-104B	Medición de temperatura del vapor a la salida de la turbina y a la entrada del condensador

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Instrumentos planta térmica parte B

Instrumento	TAG	Funcionalidad
Sensores		
Sensor de temperatura PT-100	TE-105	Medición de temperatura de agua de tanque de alimentación de caldera y condensados, tiene comunicación directa con PLC
Sensor de temperatura PT-100	TE-106A	Medición de temperatura del fluido en el tanque de agua fría
Sensor de temperatura PT-100	TE-106B	Medición de temperatura del fluido en el tanque de agua caliente
Sensor de temperatura PT-100	TE-107	Medición de temperatura del fluido a la entrada de los intercambiadores de calor
Transductor de presión	FY-104A	Componentes del caudalímetro de vapor fe-104 de salida de válvula PID a sobrecalentador e intercambiadores de calor
Transductor de presión	FY-104B	
Transductor de presión	FY-107-A	Componentes del caudalímetro de vapor fe-107, salida de intercambiadores de calor
Transductor de presión	FY-107-B	
Sensor inductivo	SE-104A	Medición de rpm de turbina
Sensor inductivo	SE-104B	Medición de rpm de generador

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. Instrumentos planta térmica parte C

Instrumento	TAG	Funcionalidad
Indicadores		
Manometro	PI-101	Presión en bomba de combustible para alimentación de quemador
Manometro	PI-102	Presión del gas a la entrada controladores de flujo de quemador
Manometro	PI-103	Presión de hogar de caldera
Manometro	PI-106A	Presión del agua en la entrada de proceso de suavizado
Manometro	PI-106B	Presión del agua en la salida de proceso de suavizado
Mirilla de vidrio	LG-101A	Nivel de tanque de almacenamiento de ACPM
Mirilla de vidrio	LG-101B	Nivel de dosificador de ACPM
Mirilla de vidrio	LG-105	Nivel de tanque de condensado y alimentación de caldera
Mirilla de vidrio	LG-106A	Nivel de tanque de almacenamiento de agua fría para intercambiadores de calor
Mirilla de vidrio	LG-106B	nivel de tanque de almacenamiento de agua caliente para intercambiadores de calor

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. Instrumentos planta térmica parte D

Instrumento	TAG	Funcionalidad
Actuadores		
Válvula pid	CV-104	Controla la salida de vapor de la caldera, con direccionamiento a la turbina de generación e intercambiadores de calor
Válvula de seguridad	PSV-103	Válvula de alivio de presión para el hogar de la caldera
Componentes de PLC		
PLC	UC	Recepción y emisión de información de sensores para control de planta térmica
Indicador digital	N.A	Indicador digital instalado en tablero para mostrar las rpm de la turbina y el generador
Módulo de expansión V200-18-E3XB	N.A	Módulo de conexiones de entrada y salida de datos tipo análogas y digitales para señales tipo PT-100, NPN y PNP
Adaptador aislado de expansión	N.A	Adaptador que permite la comunicación del PLC con los módulos de expansión
Módulo de expansión PT400	N.A	Módulo de conexiones de entrada y salida de datos tipo análogas y digitales para señales tipo pt-100 y tp-100
Fuente de alimentación	N.A	Transforma la corriente alterna en continua, para que todos los elementos electrónicos del PLC funcionen

Fuente: Elaboración propia

3. DESARROLLO DE SUPERVISORIO DE PLANTA TÉRMICA

3.1 FUNCIONAMIENTO DE PLANTA TÉRMICA

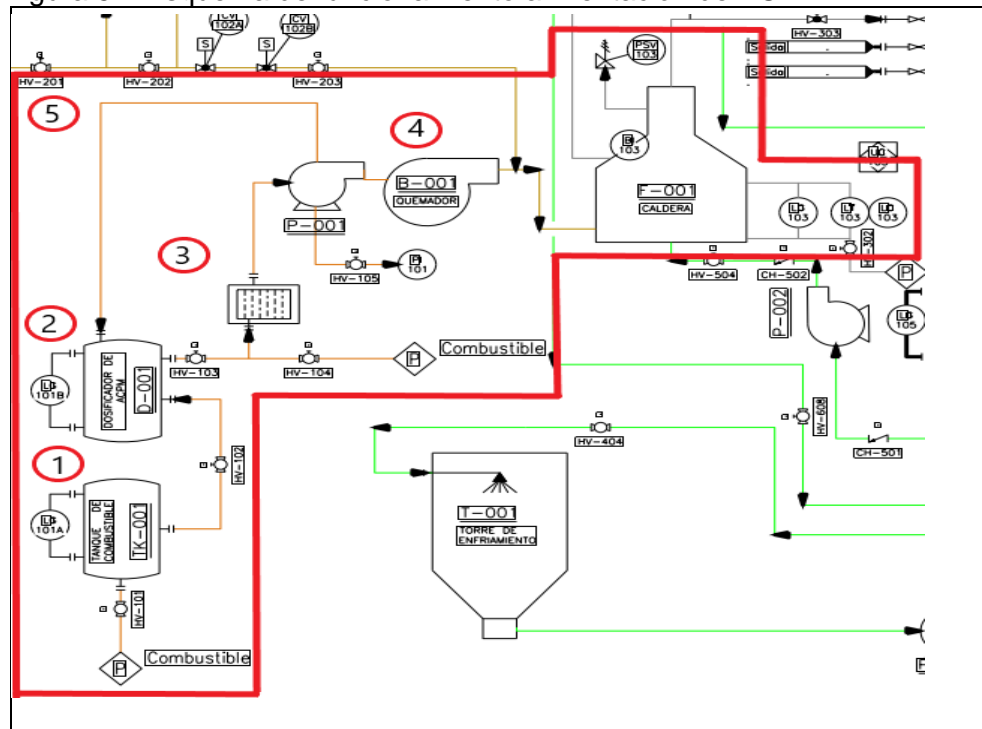
El principio de funcionamiento de la planta térmica corresponde a un ciclo Rankine sobrecalentado, por esta razón los principales equipos instalados en la planta son: Caldera, quemador, sobrecalentador, turbina, condensador y bomba de alimentación de caldera. Para un mayor entendimiento se hace una descripción detallada para cada etapa de su funcionamiento.

Para entender el funcionamiento de la caldera se deben tener en cuenta dos de sus componentes principales:

El quemador: Es el encargado de calentar el fluido para lograr un cambio de estado del agua en el hogar de la caldera. Este tiene la posibilidad de alimentarse con gas natural (Propano) o ACPM. Cuenta con un tanque de gas y uno de ACPM.

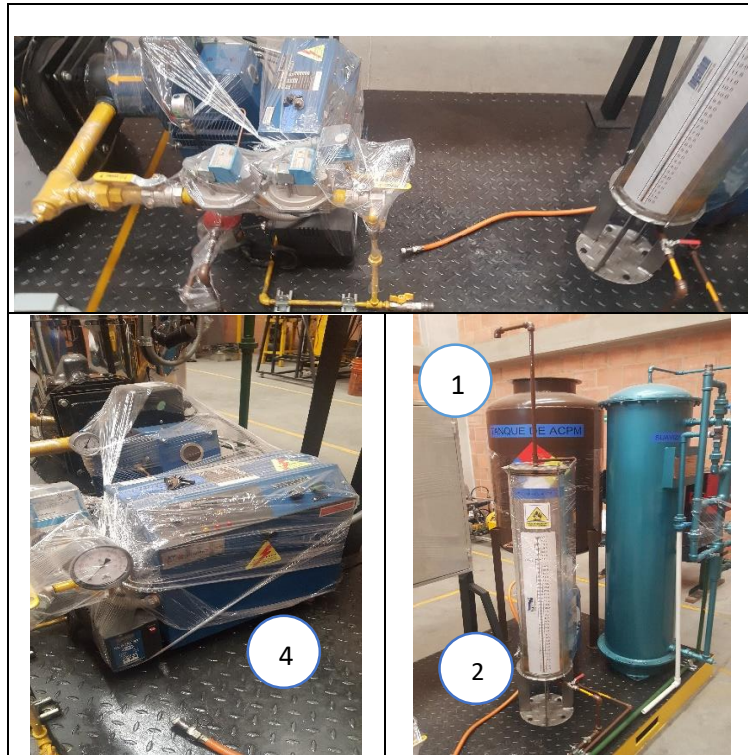
Cuando funciona con ACPM (Figura. 52), su ruta empieza con un bombeo desde el tanque de almacenamiento (1), posteriormente se alimenta el dosificador de ACPM (2), el cual es necesario para saber la cantidad de consumo. Después de su dosificación pasa por un filtro de combustible que cumple la función de retirar suciedad (3) y finalmente entra en el quemador (4). El sistema cuenta con un tubo de desviación o *bypass*, que es utilizado por cuestiones de mantenimiento (5).

Figura 52. Esquema de funcionamiento alimentación de ACPM.



Fuente: Elaboración propia

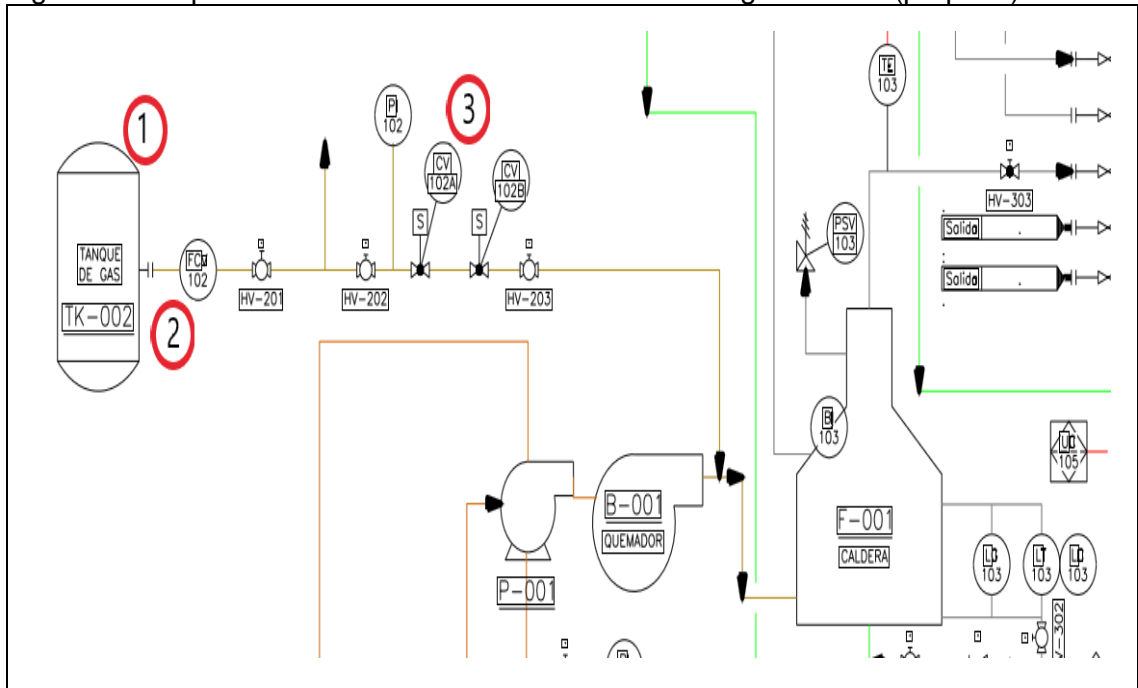
Cuadro 8. Componentes de control de alimentación de ACPM



Fuente: Elaboración propia

Para la alimentación de gas (Figura. 53) la ruta de funcionamiento se simplifica, empieza en el tanque de gas propano (1), que es el mismo tanque de gas de uso doméstico, es obligatorio que pase por el regulador de gas (2), que tiene un funcionamiento de válvula tipo diafragma, está encargado de solo dejar pasar la cantidad necesaria para el consumo requerido. Por cuestiones de seguridad antes del quemador se encuentran dos válvulas controladoras de presión (3), que van conectadas directamente con el lazo de control de la caldera por medio de un solenoide. El gas natural es más económico, pero es clave recordar que su poder calorífico es inferior al ACPM, además de que solo se puede emplear después de que el quemador hace ignición con el gasóleo.

Figura 53. Esquema de funcionamiento de alimentación gas natural (propano)



Fuente: Elaboración propia

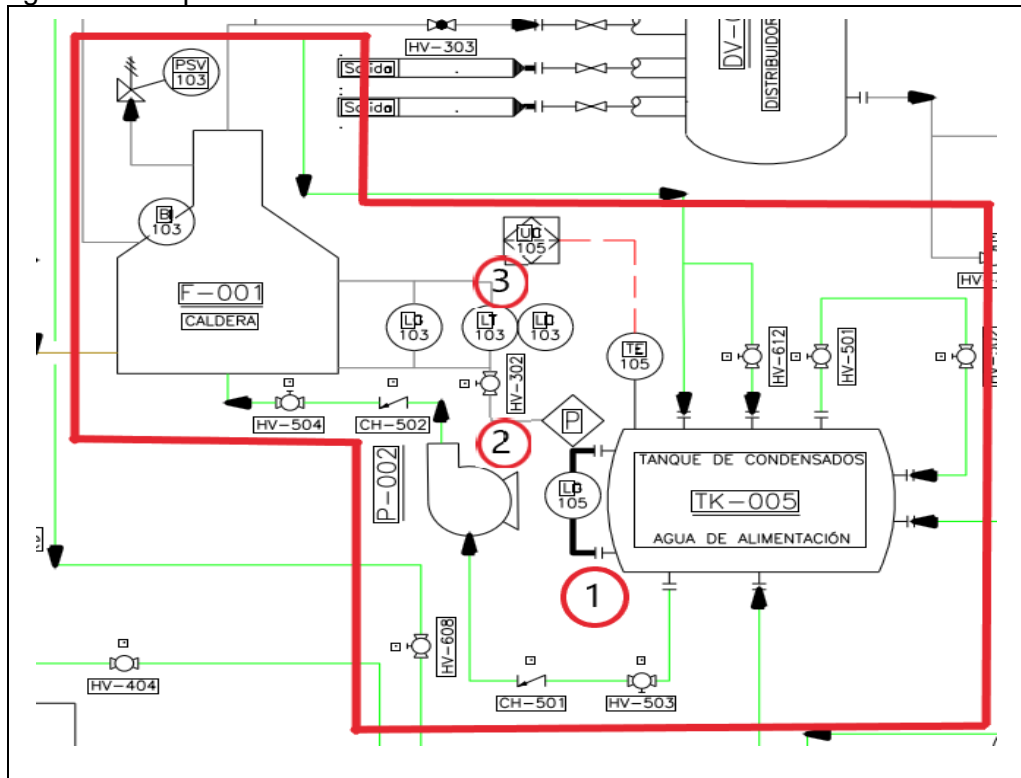
Cuadro 9. Componentes de control de alimentación a gas



Fuente: Elaboración propia

La bomba de alimentación (Figura. 54). Es la encargada de alimentar con agua el hogar de la caldera. Inicia en el tanque de condensados, que es el mismo tanque de alimentación (1), el fluido es impulsado por una bomba (2), ésta es gobernada por medio de un controlador de nivel (3), que enciende o apaga la bomba dependiendo de la medición de la presión en la caldera en un instante determinado.

Figura 54. Esquema de funcionamiento alimentación de caldera



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Componentes de control de alimentación de agua a caldera



Fuente: Elaboración propia

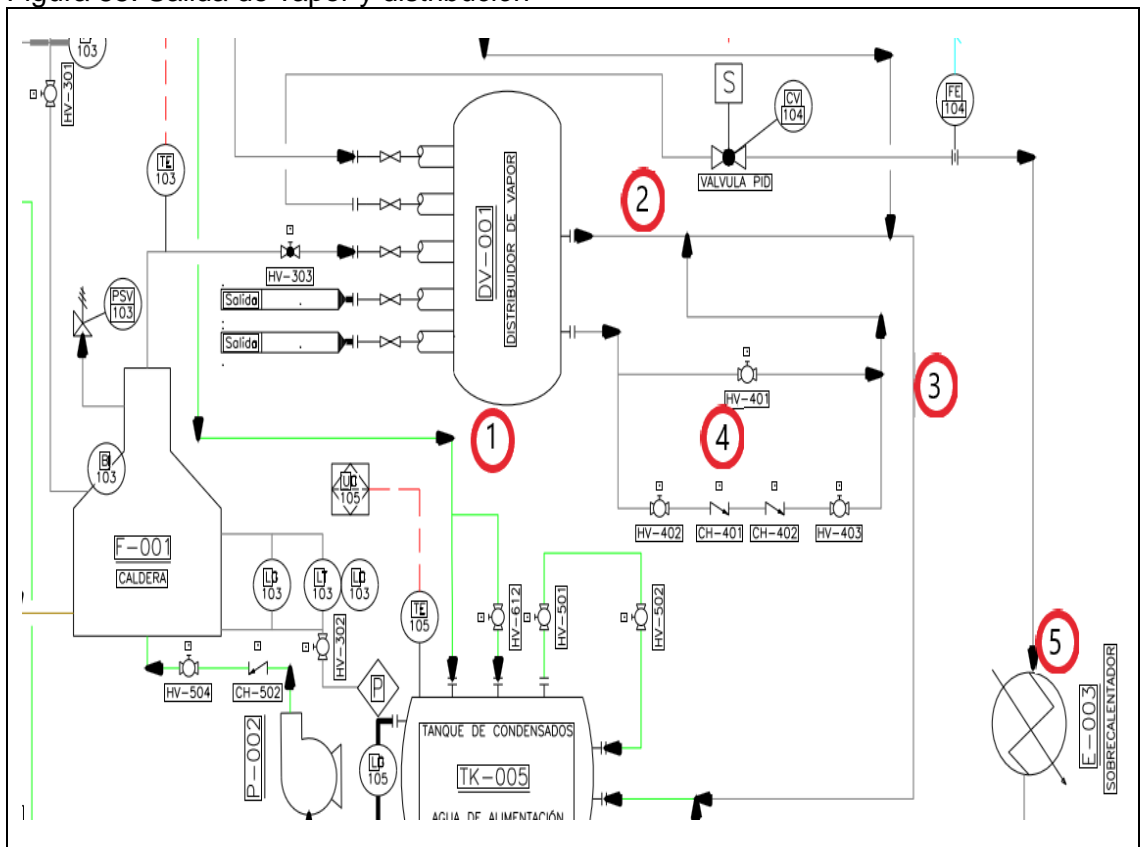
El vapor de la planta térmica es usado para varias tareas (Figura. 55), por esto es necesario el paso por un distribuidor de vapor (1). Éste se encarga de encaminarlo a cada una de sus utilidades, como es normal, parte del vapor pierde calor dentro del distribuidor, así que tiene que retornar al tanque de condensados (3), por seguridad hay un *bypass* (4), el cual asegura el funcionamiento normal del retorno en caso de mantenimiento. Para completar el ciclo de generación de energía, que es el principal objetivo de la planta, debe encaminarse y regularse por medio de una válvula PID (2), esta se encarga de enviar solo la cantidad suficiente a la turbina.

Como es un ciclo Rankine sobrecalentado debe subirse la temperatura del vapor, el equipo cuenta con un sobrecalentador externo a la caldera (5). Posteriormente (Figura. 56), entra a la turbina de una sola etapa (1), donde se hace la

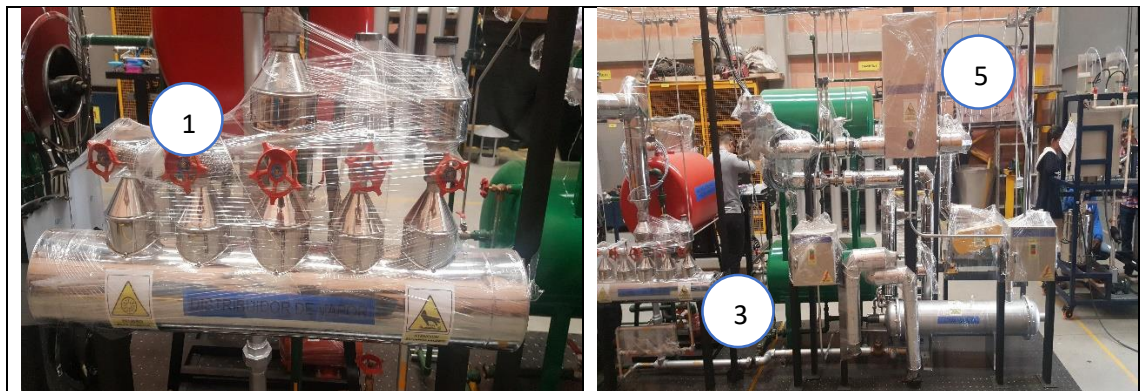
transformación de energía. La rotación del eje de la turbina entra al eje del generador (2), el cual completa el ciclo de generación de energía.

En la salida de la turbina el vapor pierde calor, el cual obliga un cambio de estado, este debe ser evacuado, así que el fluido se conduce de vuelta al tanque de condensado, como sale en forma de mezcla se emplea el condensador (3), que termina de cambiar el estado del fluido hasta dejarlo completamente líquido, por medio de una transferencia de calor. El agua fría que llega al condensador proviene la torre de enfriamiento (4).

Figura 55. Salida de vapor y distribución

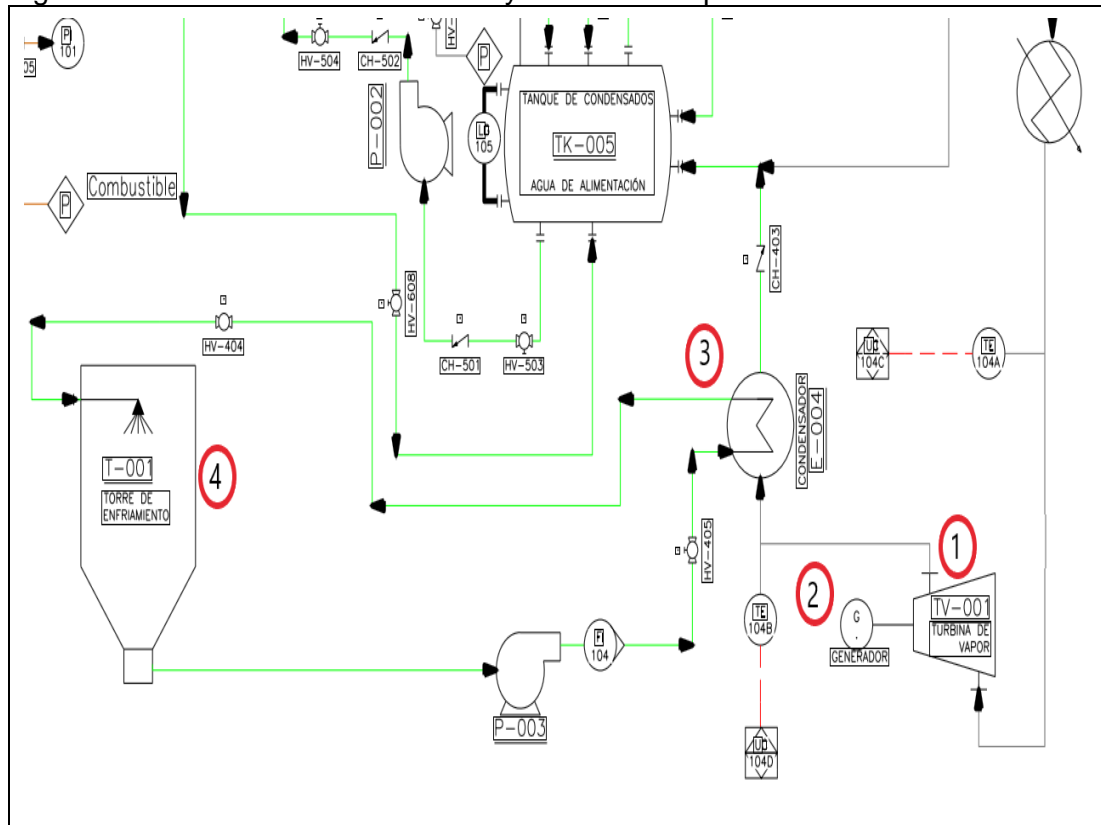


Fuente: Elaboración propia



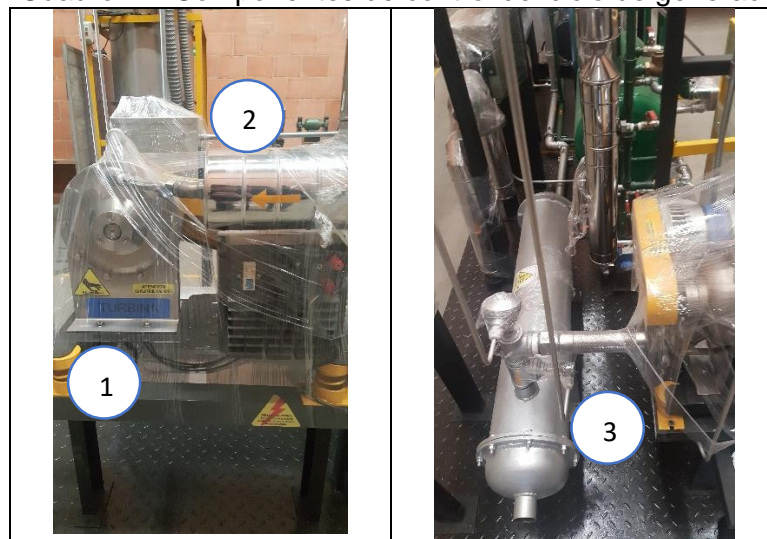
Fuente: Elaboración propia

Figura 56. Funcionamiento de turbina y retorno a tanque de condensado



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Componentes de control del ciclo de generación



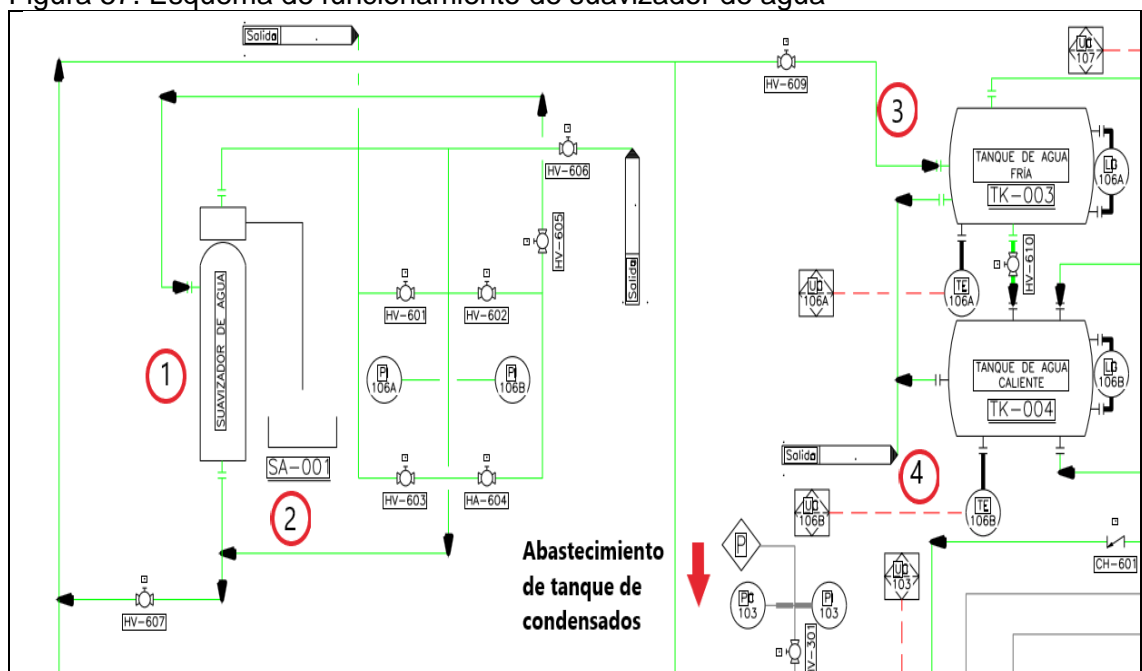
Fuente: Elaboración propia

Para asegurar la vida útil de la caldera y las tuberías de conducción, es necesario reducirle la dureza al agua (Figura. 57), esto se logra por medio de un suavizador de agua (1), el cual cuenta con una resina que captura todo este tipo de impurezas en el agua. Para la regeneración de la resina cada cierto tiempo se debe hacer una recuperación con salmuera, que es almacenada en un tanque (2). Esta se trasporta al tanque de condensados, ya mencionado anteriormente.

Ya que la planta térmica cuenta con un banco de intercambiadores de calor, uno de placas, ver Figura.58 (1) y otro de tubos y coraza, ver Figura.58 (2), este cuenta con dos tanques adicionales, uno para agua fría, ver Figura.57 (3), que será abastecido directamente del agua del suavizador y otro para la caliente, ver Figura. 57 (4), donde se almacena el fluido resultante del intercambio de calor.

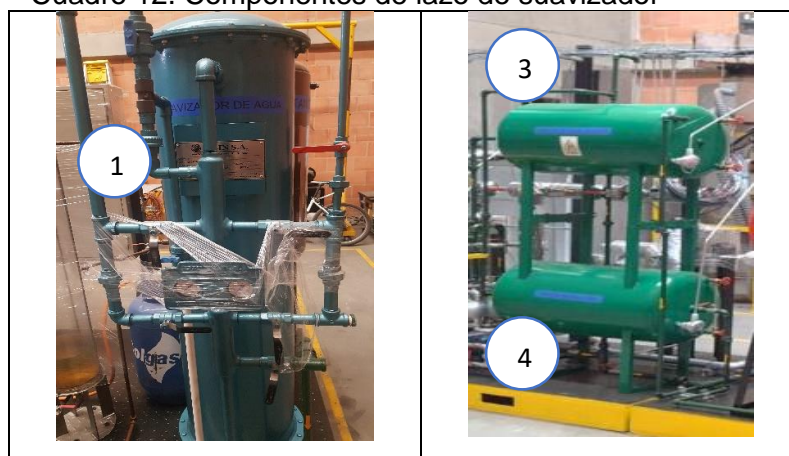
La salida de vapor (Figura. 58) que se dirige a los intercambiadores de calor sale del distribuidor pasa por un baipás (3) y entra en flujo o contra flujo según la configuración de sus válvulas. El retorno de los condensados se hace directamente al tanque de agua caliente (5). Como no todo el vapor se vuelve condensado, los intercambiadores también tienen un retorno al distribuidor de vapor (6).

Figura 57. Esquema de funcionamiento de suavizador de agua



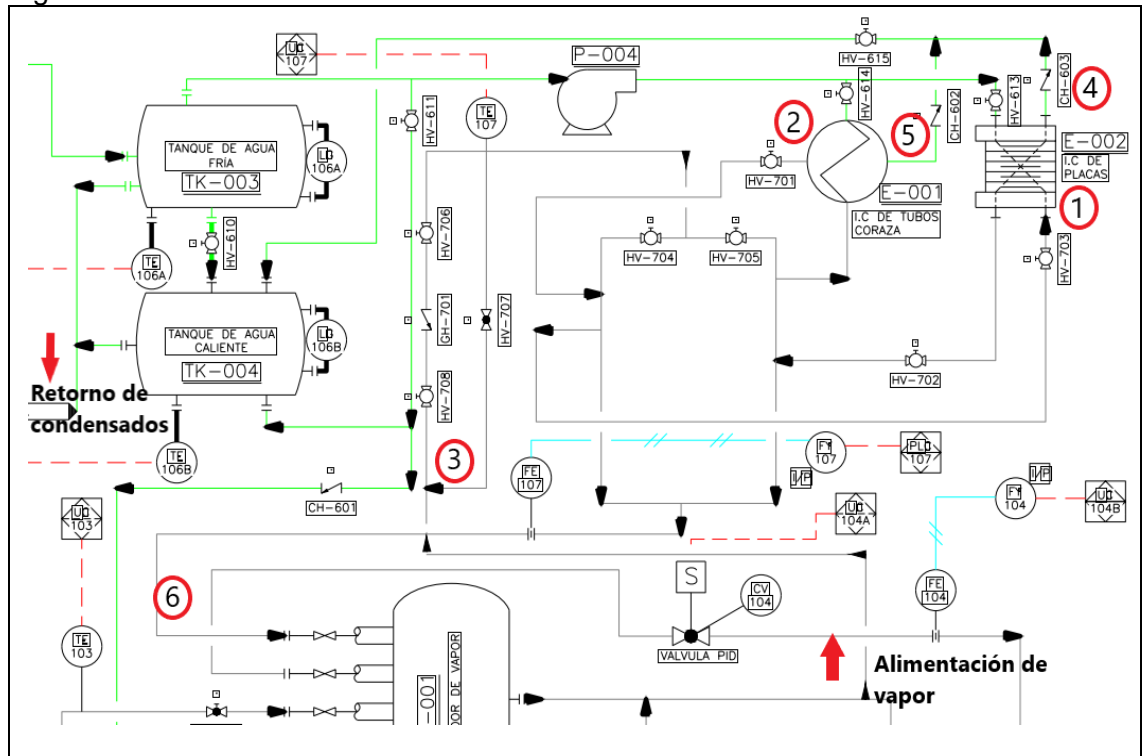
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12. Componentes de lazo de suavizador



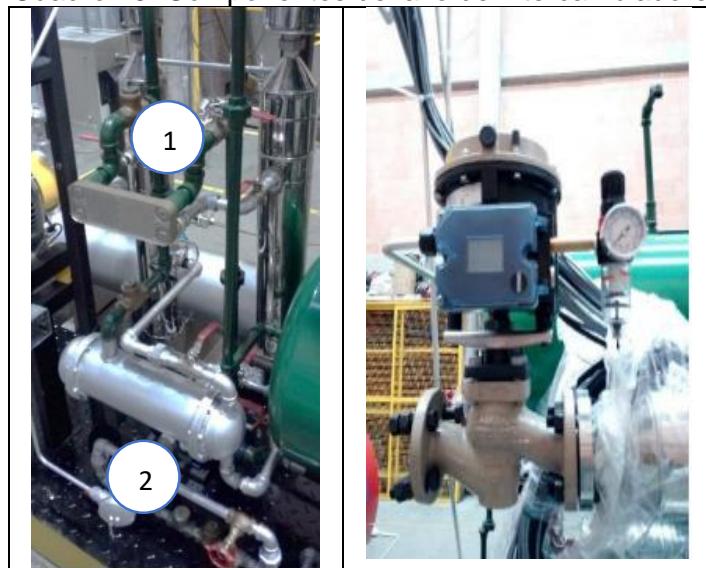
Fuente: Elaboración propia

Figura 58. Funcionamiento de intercambiadores de calor



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. Componentes de lazo de intercambiadores



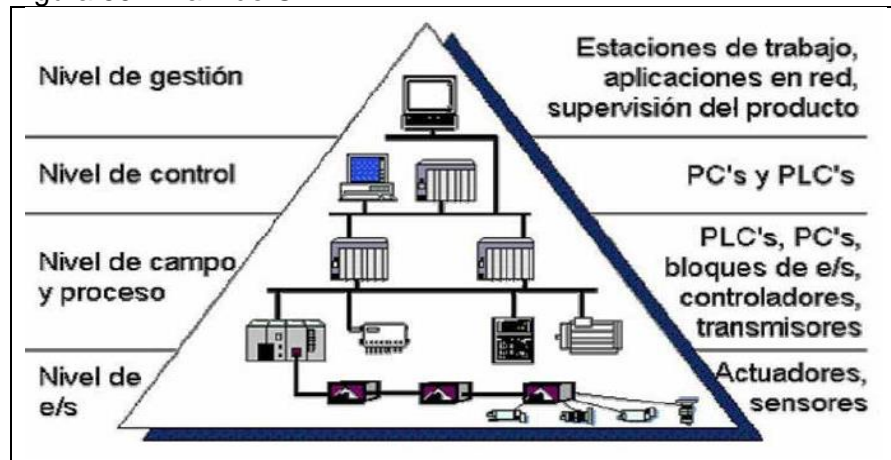
Fuente: Elaboración propia

3.2 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Cuando se habla de comunicación industrial generalmente se habla de la pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing); se representa una pirámide en la que en su base se encuentran los elementos de medición, en el siguiente nivel se encuentran los elementos para funcionar en conjunto a los sensores realizando tareas sincronizadas, en lo más alto de la pirámide se encuentra la

red informática de gestión donde se almacenan los datos recogidos por los sensores, historiales, consignas e informes de estado.

Figura 59. Piramide CIM



Fuente: UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Comunicaciones industriales. 2006. 1 p.

Se compone por los siguientes niveles:

- ❖ Nivel E/S (Nivel actuador/sensor): En este nivel se encuentran los instrumentos y la adquisición de datos mediante sensores que son activados por actuadores, una vez tomados los datos serán transferidos a los sistemas de control que hacen parte al siguiente nivel con el fin de ejecutar los algoritmos de control y envíen las órdenes oportunas a los actuadores.
- ❖ Nivel de campo y proceso: Aquí se analizan los datos tomados por el nivel anterior e informa al usuario del estado de las variables y alarmas. (En este nivel se encuentran los controladores lógicos programables PLC).
- ❖ Nivel de control (nivel de célula): “Las tareas generadas en el nivel superior de área o de fábrica se descomponen en un conjunto de operaciones más sencillas que se trasladan, de forma sincronizada, hacia los subprocesos del nivel inferior (almacenamiento y transporte, fabricación, ensamblado, control de calidad).”⁵⁸
- ❖ Nivel de gestión: Este nivel es el que se encuentra más alejado de los otros niveles, está constituido por ordenadores, en este nivel no importa el estado de la supervisión, en cambio sí adquiere toda la información de los datos de los anteriores niveles, para poner en manos de los gestores el análisis y evaluación de dicha información.

⁵⁸ ARMESTO QUIROGA, José Ignacio. Instalación de Sistemas de Automatización y Datos. Vigo: 2008. p. 8-15.

3.3 SISTEMAS SCADA

Estos sistemas se conciben como una herramienta de supervisión y control, cuentan con distintos objetivos que se asimilan con la necesidad que dio pie a este proyecto. Los sistemas SCADA cuentan con las siguientes prestaciones:

- ❖ Monitorización: Es la representación de los datos tomados por los instrumentos de la planta en tiempo real a los operadores de planta.
- ❖ La supervisión: Supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas para la toma de decisiones⁵⁹
- ❖ La adquisición de datos en observación: Permite la creación de bases de datos de los valores de las diferentes variables, con el propósito de ser evaluadas posteriormente.
- ❖ Alarmas: Señales de aviso del estado de la planta, ante circunstancias no deseadas y su inmediata información al operador.

Todos los sistemas que funcionan con lo anteriormente dicho obtienen un nombre más común para definir dicha relación:

MMI: Man Machine Interface, interfaz hombre - máquina

HMI: Human Machine Interface, Interfase hombre – máquina

3.3.1 Arquitectura de un sistema SCADA.

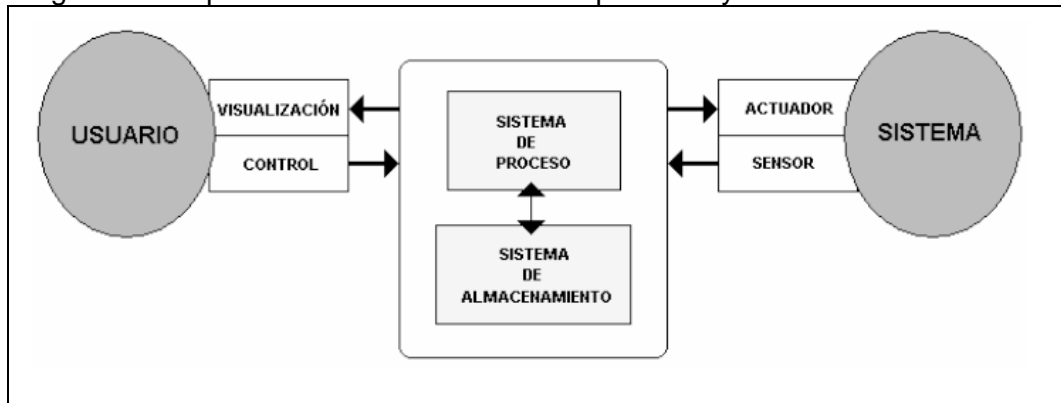
Aquí se describe conceptualmente la arquitectura en la que se basa el proyecto para el desarrollo de este, es necesario aclarar, estos sistemas a escala industrial cuentan con un mayor número de componentes que no están descritos en este trabajo.

El sistema SCADA se encuentra dividido en tres partes:

- ❖ Software de adquisición de datos (SCADA)
- ❖ Sistemas de adquisición y control (Sensores y actuadores)
- ❖ Sistema de interconexión (Comunicaciones)

⁵⁹ RODRÍGUEZ PENIN. Op. cit., p. 1-18.

Figura 60. Arquitectura de un sistema de supervisión y mando



Fuente: RODRÍGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA; 3ª ed. Barcelona: Marcombo, 2007. p. 1-18 ISBN 978-84-267-1450-3

El operador por medio de una interfaz gráfica tiene acceso al sistema del proceso, usualmente el ordenador donde se ejecute la aplicación de control y supervisión tendrá acceso al sistema, esto se logra comúnmente mediante ETHERNET. La transmisión de datos entre el sistema de proceso y los instrumentos se lleva a cabo mediante los denominados Buses de campo, elementos de salida o entrada para permitir la comunicación entre dos equipos. El sistema de proceso mediante esta conexión capta el estado de la planta e informa al operador gracias a las herramientas de visualización.

3.3.1.1 Hardware. Los sistemas SCADA se encuentran divididos en dos grandes bloques a escala conceptual por un lado los captadores de datos, quienes recopilan la información de los elementos de control del sistema para su propio uso, además de cumplir la función de ser los servidores del sistema, por otro lado, encontramos los utilizadores de datos que tienen por función el uso de la información previamente recogida denominados los clientes

Interfase Hombre-Máquina (HMI, MMI): Es una interfaz creada por ordenador⁶⁰, también conocida como HMI o MMI, hace parte de un programa informático cuya función es comunicar al operador, En ISO 9241-110, se define interfaz como: “Todos los componentes de un sistema interactivo que suministra información y controles para que el usuario pueda realizar tareas específicas con el sistema interactivo”.

⁶⁰ COPADATA. Interfaz hombre-máquina (HMI). [En línea] [citado 20 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>

Figura 61. HMI de un PLC



Fuente: Vision 570. [citado 2 ago, 2018].
Disponble en:
<https://unitronicsplc.com/vision-series-vision570/>

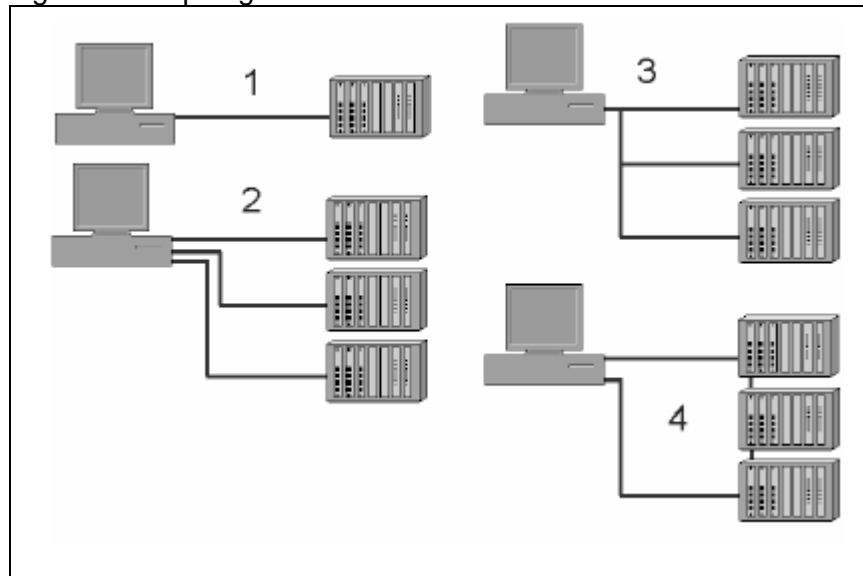
Unidad Remota (RTU, Remote Terminal Unit): Se entiende el conjunto de elementos cuya función es el control y supervisión, estas unidades no necesariamente deben estar en planta, sino que también pueden estar alejadas entre sí, conectadas mediante algún tipo de comunicación; dentro de este grupo se encuentra el PLC.

Sistema de comunicación: Gracias a la función que cumplen los buses de campo (Sistemas de transferencia de datos), es posible comunicar de manera bidireccional al ordenador con la unidad remota en tiempo real, por medio de un protocolo de comunicaciones y un sistema de transporte de la información⁶¹ con el fin de mantener la conexión en todos los puntos de la red.

Existen diversas formas en las que una red se configura para intercambiar datos, esto hace referencia a Topologías, básicamente son el mapa físico de conexión de dicha red. Además, existen distintas clases, como: Punto a punto, Multipunto dedicado, Multipunto compartido o estrella y por último Multipunto compartido en anillo.

⁶¹ RODRÍGUEZ PENIN. Op. cit., p. 1-18.

Figura 62. Topologías de red



Fuente: RODRÍGUEZ PENIN, Alquilino. Sistemas SCADA; 3 ed. Barcelona: Marcombo, 2007. p. 1-18 ISBN 978-84-267-1450-3

En la Figura 3 se encuentran las cuatro topologías de red, donde sólo explicamos el primer tipo llamado Punto a punto o maestro-esclavo consiste en la topología más básica en la que la unidad remota y el sistema de control interactúan directamente sobre una línea de comunicación.

3.3.1.2 Software. Es el conjunto de unidades lógicas necesarias para que un sistema informático realice determinada tarea, lo mismo sucede en los sistemas SCADA; una interfaz es ejecutada en un ordenador en el que determinados programas establecen la comunicación con los elementos de control instalados en planta. Estos programas reciben el nombre de "Driver o Manejador de dispositivo" cuya función es hacer posible que tanto sistema operativo interactúe con un dispositivo externo o un controlador en este caso, traduciendo el lenguaje de salida del sistema, al lenguaje de entrada del autómeta.

3.3.1.3 Almacenamiento de datos. Bases de datos: Es un almacén de información en el que se guardan datos de manera consecutiva, de manera que sea de fácil acceso para un posterior análisis. Su clasificación depende directamente del enfoque organizativo, el más común es conocido como base de datos relacional.

SELECCIÓN DEL SOFTWARE

En la instrumentación industrial existen diferentes herramientas que ayudan al hombre; interactuar directamente con una máquina; para escoger el software con el que se desarrolló del sistema de supervisión y monitoreo fue necesario evaluar cada uno de los productos en el mercado y compararlos entre sí y seleccionar el producto que más convino con la necesidad del proyecto.

Para la selección del software fue necesario utilizar métodos de decisión multicriterio:

La ponderación lineal o Scoring, es un método para la toma de decisiones que aborda situaciones con poca información, de incertidumbre, de manera sencilla y rápida, para identificar la alternativa favorable en un problema de decisión multicriterio⁶².

El método cuenta con las siguientes etapas:

1. Identificar el fin del proyecto
2. Identificar alternativas
3. Seleccionar las pautas a emplear en la toma de decisión
4. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios
5. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios
6. Calcular el Score para cada una de las alternativas. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar

Modelo para calcular el Score⁶³:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Donde:

r_{ij} = Rating de alternativa j en función del criterio i

W_i = Ponderación para cada criterio i

S_j = Score para la alternativa j

A continuación, se muestra la aplicación de los pasos del método para este proyecto:

Etapa 1.

Objetivo: Seleccionar el mejor software para el desarrollo de un sistema de supervisión y monitoreo de la planta generadora de vapor y energía de la Fundación Universidad de América.

Etapa 2.

Alternativas: LabVIEW, LabWindows, HP-VEE, UniLogic

⁶² PACHECO, Fransisco y CONTRERAS, Eduardo. Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Santiago de Chile. 2008. p. 21-101.

⁶³ Ibid. PACHECO. 60 p.

Etapa 3.

Criterios: Simulación, tipo de programación, Programas .EXE, Ampliación de librerías externas, comunicación con el PLC, aplicación básica de un sistema SCADA.

Etapa 4.

Asignación de ponderación a cada criterio en una escala de 5 puntos:

- 1 = Muy poca importancia
- 2 = Poca importancia
- 3 = Importancia media
- 4 = Algo importante
- 5 = Muy importante

Etapa 5.

Establecer rating de satisfacción para cada alternativa en una escala de 9 puntos:

- 1 = Extra bajo
- 2 = Muy bajo
- 3 = Bajo
- 4 = Poco bajo
- 5 = Medio
- 6 = Poco alto
- 7 = Alto
- 8 = Muy alto
- 9 = Extra alto

A continuación, se muestra cómo se elaboraron las etapas 4, 5 y el resultado final del método:

Tabla 1. Asignación de ponderación método Scoring

Criterios:	Ponderación W_i
1.Simulación	5
2. Tipo de programación	4
3. Programas .EXE	3
4. Ampliación de librerías externas	3
5. Comunicación con el PLC	5
6. Aplicación básica de un sistema SCADA	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Rating de satisfacción para cada alternativa método Scoring

Criterios:	LabVIEW r_{i1}	Labwindows r_{i2}	HP-VEE r_{i3}	UNILOGIC r_{i4}
1.Simulación	9	8	8	5
2. Tipo de programación	7	5	5	7
3. Programas .EXE	8	7	1	6
4. Ampliación de librerías externas	8	9	8	1
5. Comunicación con el PLC	8	7	7	9
6. Aplicación básica de un sistema SCADA	9	8	7	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Selección de software mediante Scoring

Criterios:	Ponderación W_i	LabVIEW r_{i1}	Labwindows r_{i2}	HP-VEE r_{i3}	UNILOGIC r_{i4}
1.Simulación	5	9	8	8	5
2. Tipo de programación	4	7	5	5	7
3. Programas .EXE	3	8	7	1	6
4. Ampliación de librerías externas	3	8	9	8	1
5. Comunicación con el PLC	5	8	7	7	9
6. Aplicación básica de un sistema SCADA	4	9	8	7	9
TOTAL, S_j		197	175	150	155

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del método se escoge la alternativa con puntaje más alto, siendo la que mayor satisface cada uno de los criterios seleccionados.

LABVIEW

Figura 63. Eslogan LabVIEW



Fuente: National Instruments. ¿Qué es LabVIEW? [En línea] [citado 18 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>

LabVIEW⁶⁴ es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas de control con acceso rápido a la información de datos y hardware. Es un producto de la empresa National Instruments especializado para la informática industrial y científica, está basado en lenguaje gráfico de programación creado por la misma empresa, permitiendo al usuario crear programas informáticos complejos facilitando al mismo tiempo la programación y el tiempo que lleva crearlos.

En este proyecto se realizó con la versión: LabVIEW 2012, gracias a la licencia que tiene la Fundación Universidad de América.

3.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Tomando en cuenta el funcionamiento de la plata térmica explicado en el apartado 3.1, se fundamentan las bases para el diseño del sistema de monitoreo de variables de proceso.

El desarrollo de la interfaz de usuario se fundamentó en la demostración de funcionamiento los lazos de control anteriormente identificados, ilustrándolos de una manera visual y sencilla de entender para los operarios del software.

Todas las funciones presentadas se hacen de manera manual, permitiendo así a los operarios entender por completo la lógica del orden de funcionamiento de la planta térmica.

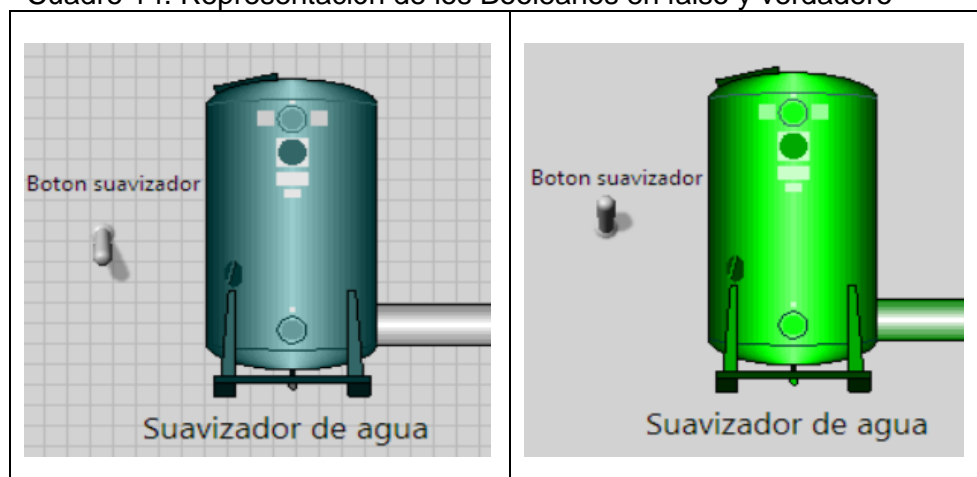
⁶⁴ National Instruments. ¿Qué es LabVIEW? [En línea] [citado 18 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>

El entorno del HMI se compone de 3 pantallas:

- ❖ Pantalla 1: Caldera y tanque de condensados
- ❖ Pantalla 2: Intercambiadores de calor y abastecimiento de vapor distribuidor.
- ❖ Pantalla 3: Generación de energía, condensador y torre de enfriamiento.

Para el desarrollo de estas pantallas se tuvieron en cuenta los principales equipos, instrumentos y válvulas de cada uno de los lazos que los involucran y se usaron imágenes gráficas similares de cada uno de estos elementos. Se optó por configurar estos componentes con booleanos de forma que cuando su valor cambie de falso a verdadero cambie el elemento de color representando si se encuentra encendido o apagado.

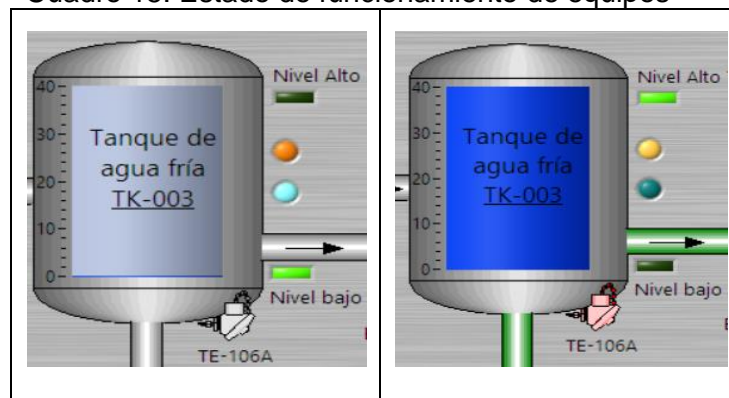
Cuadro 14. Representación de los Booleanos en falso y verdadero



Fuente: Elaboración propia

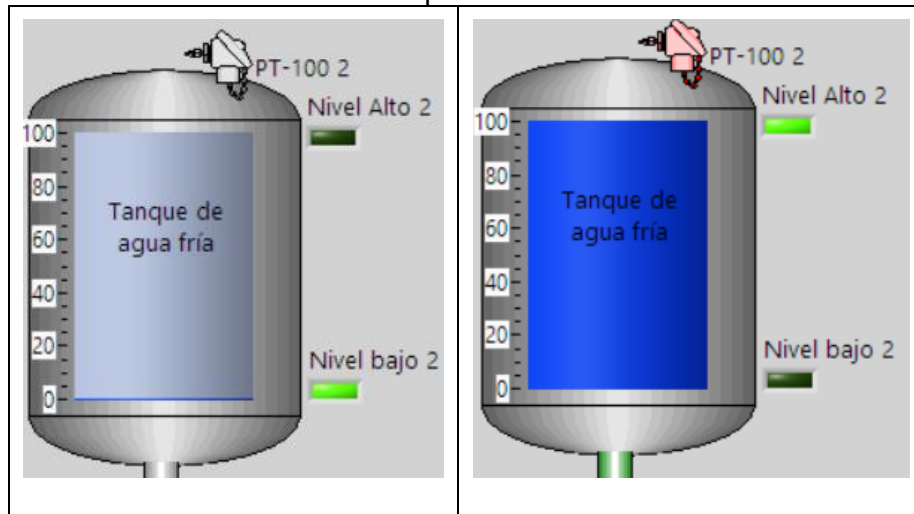
Para cumplir con el objetivo de los sistemas SCADA, se diseñaron una serie de alarmas visuales las cuales avisan al operario; el estado de llenado de los tanques, con un par de leds cuando es activado por el nivel del tanque, por consiguiente, se pusieron unos leds de estado para ver el estado del equipo, ya sea, funcionando normalmente de color agua marina o naranja advirtiendo una falla.

Cuadro 15. Estado de funcionamiento de equipos



Fuente: Elaboración propia

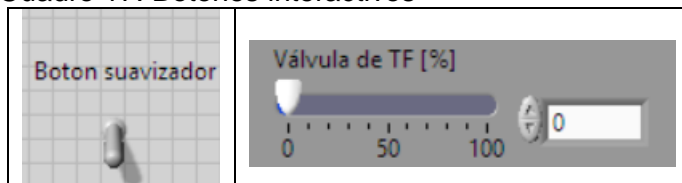
Cuadro 16. Estados de los tanques



Fuente: Elaboración propia

Las 3 pantallas funcionan de manera interactiva, es decir, el operario puede modificar el funcionamiento de cada una de ellas, para esto se dispuso una serie de botones de encendido y botones arrastrables para modificar condiciones de entrada como se muestran en la Tabla 9.

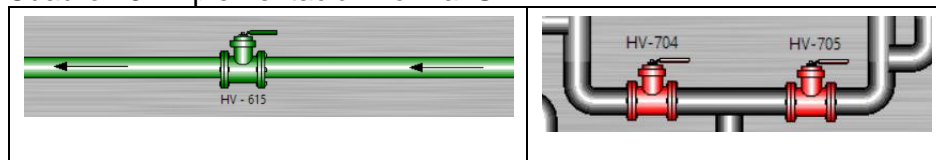
Cuadro 17. Botones interactivos



Fuente: Elaboración propia

Estas pantallas se desarrollaron basándose en el plano P&ID de la planta, así mismo, se acoplaron los siguientes parámetros de la norma ISA, como los TAGs de los elementos y el color de la tubería en planta, diferenciándose de la siguiente manera: verde para el agua y gris para el vapor.

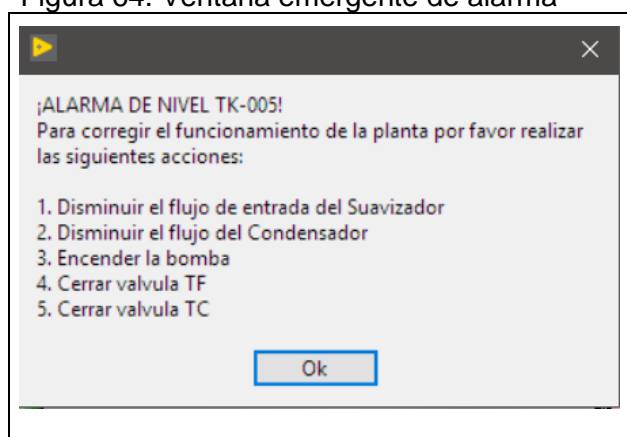
Cuadro 18. Implementación norma ISA



Fuente: Elaboración Propia

Esta interfaz cuenta con un sistema de alarmas en tiempo real en forma de pantallas emergentes, donde se avisa al operario qué cambios debe realizar para mantener en completo funcionamiento la planta, como se refleja en la figura 64.

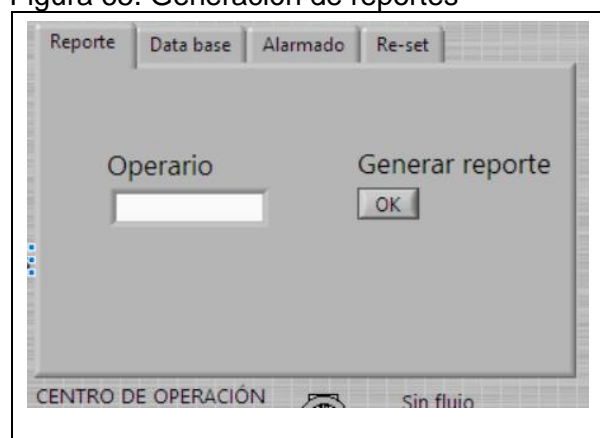
Figura 64. Ventana emergente de alarma



Fuente: Elaboración propia

Por último, cada una de las pantallas cuenta con generación de reportes de los instrumentos que se comunican con el PLC, los cuales, se generarán desde el cuadro “CENTRO DE OPERACIÓN” de cada una de las pantallas, dónde el operario debe escribir su nombre y oprimir el botón generar:

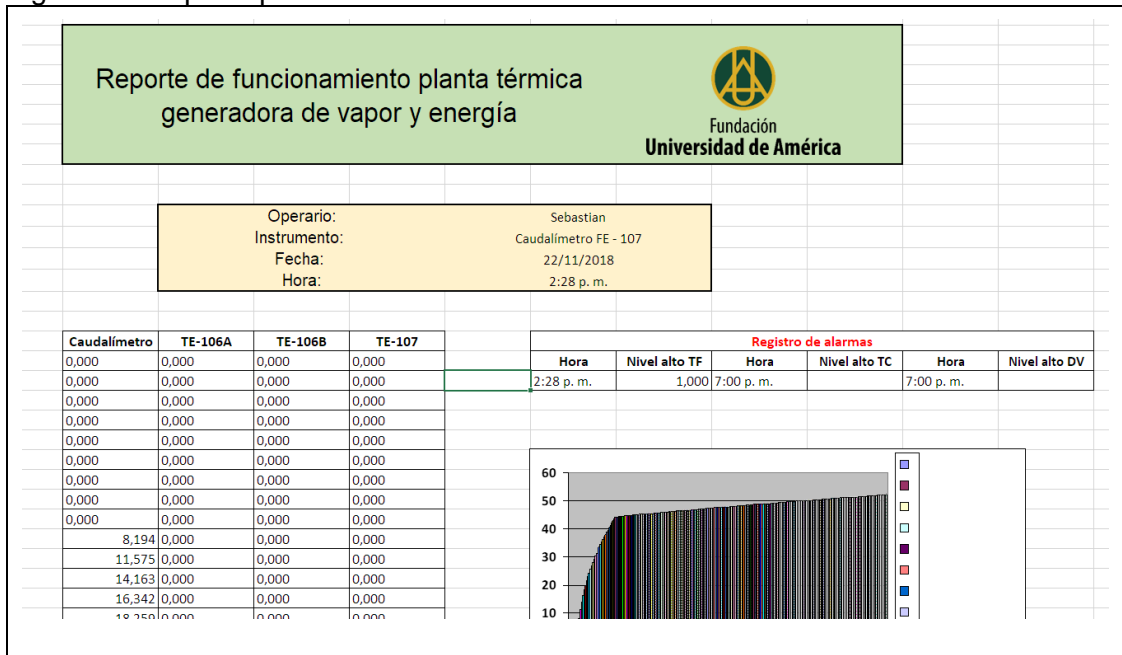
Figura 65. Generación de reportes



Fuente: Elaboración propia

Cada reporte cuenta con un formato en EXCEL en el que se representan los datos generados en la simulación en una tabla descendente y un sistema de alarmados en el que se registra cada una de las alarmas evidenciadas en la simulación en la hora que se activaron, clasificándolas en dos colores, naranja para las alarmas de con un grado de atención medio y rojo ilustrando alarma crítica, además, cuenta con una gráfica de los instrumentos con datos tomados previamente como se muestra a continuación:

Figura 66. Reporte planta F.U.A



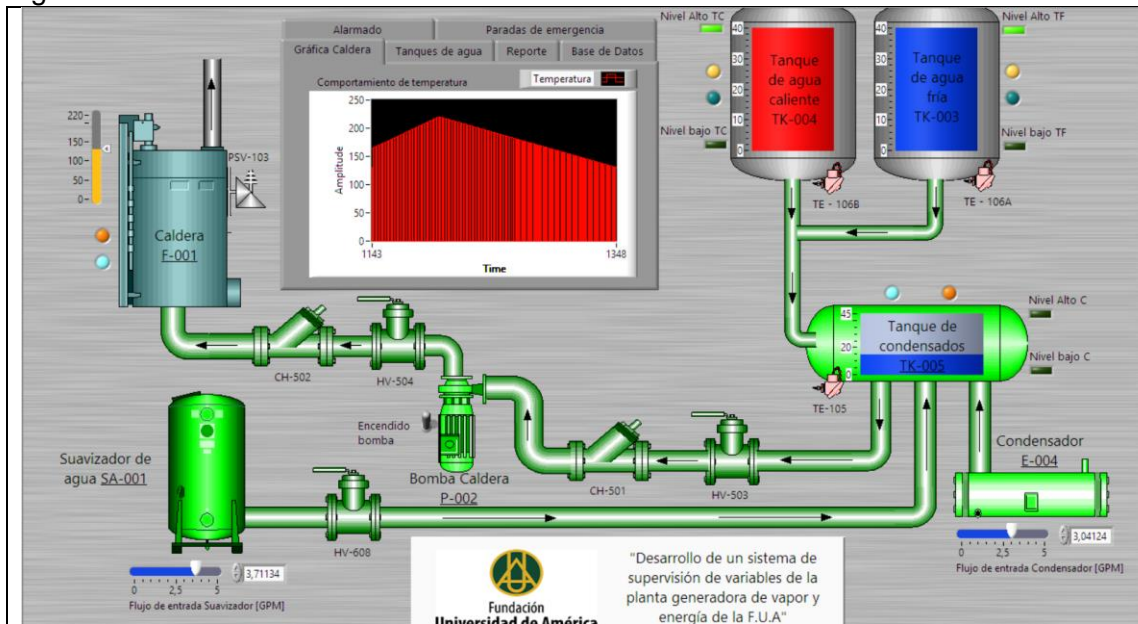
Fuente: Elaboración propia

3.5 GUÍA DE FUNCIONAMIENTO DEL HMI

A continuación, se explica de manera breve el funcionamiento de cada una de las interfaces que compone el software, dónde se guía al usuario paso a paso el funcionamiento de uso para cada una de las pantallas y la lógica del proceso.

❖ Pantalla #1: Caldera

Figura 67. Interfaz de caldera



Fuente: Elaboración propia

En esta interfaz se relacionan los lazos de control de alimentación de agua a la caldera, suministro de agua a los tanques de agua fría y caliente, funcionamiento del condensador y suavizador de agua, entradas del tanque de condensado. Para lograr el encendido de la bomba se debe garantizar que existe nivel en el tanque de condensado, éste se logra a través de la apertura de válvulas de los tanques de agua, además de también ser alimentado por el agua proveniente del suavizador y la proveniente del proceso de enfriado logrado por el condensador.

Todos los elementos presentados cuentan con un sistema de alarmado donde se presentan las diferentes situaciones instantáneas según los parámetros introducidos en el panel.

Se pueden observar alarmas de nivel, presión y temperatura en el panel del interfaz. En todas las pantallas presentadas se puede hacer variación de los parámetros de funcionamiento, tales como apertura de válvula, velocidad de llenado de tanques y variación de temperatura y presión de la caldera.

Para esto se simuló el llenado de los tanques de agua caliente y fría, el funcionamiento del condensador y suavizador de agua, de manera que se pueda interactuar directamente con el encendido y ver cómo éste altera el llenado en el tanque de condensados.

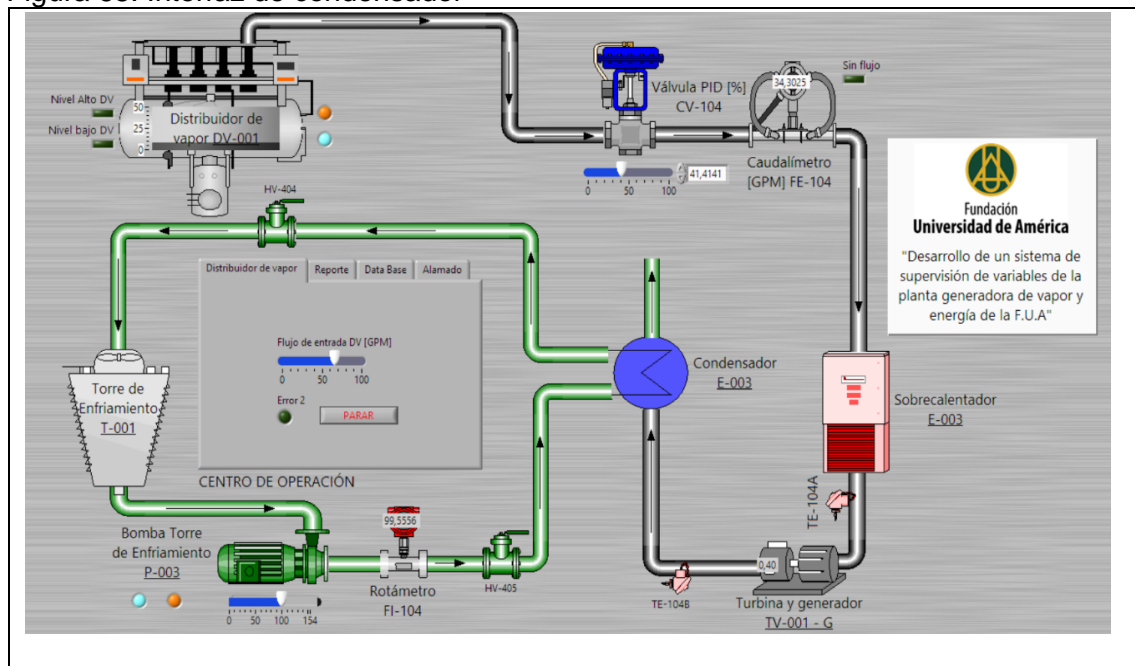
En principio se deben llenar el tanque de agua caliente y el de agua fría con el valor deseado por el operario, estos tanques cuentan con una válvula en la salida del fluido la cual modifica el flujo de salida de este. Posteriormente de modificar el valor en la válvula de salida el flujo el condensador empezará llenarse a razón de la salida de los dos tanques que lo alimentan.

Después, se hace el encendido de la bomba de abastecimiento de agua de la caldera, que cumplirá la función de alimentar la caldera y ver como esta genera vapor y modifica los valores de la temperatura en la caldera; el cambio en la temperatura se gráfica a través del tiempo en un cuadro.

Por último, esta pantalla cuenta con un generador de reportes, donde se ven incluidos los instrumentos con el siguiente TAG: TE-105, TE-106A y TE-106B, elementos que funcionan como booleanos entregando valores de 0 cuando está apagado y 1 cuando este encendido, además cuenta con un registro de alarmas de cuando fue activadas cada una de ellas.

❖ Pantalla #2: Condensador

Figura 68. Interfaz de condensador



Fuente: Elaboración propia

Esta interfaz presenta el proceso más importante que ocurre en la planta. La generación de energía y el funcionamiento del distribuidor de vapor. Además de presentar el ciclo de enfriamiento de agua a la salida del generador, éste es de vital importancia, ya que para hacer retorno al tanque de condensados, el fluido de proceso se debe presentar en estado líquido.

De igual manera que el anterior HMI presentado esta pantalla es de operación manual, donde las velocidades de llenado y apertura de válvulas son dictaminadas por el usuario.

El rotámetro presentado indica el valor del flujo de agua en estado líquido que retorna al tanque de condensados, al obtener este dato se permite hacer cálculo de las pérdidas en el ciclo de generación

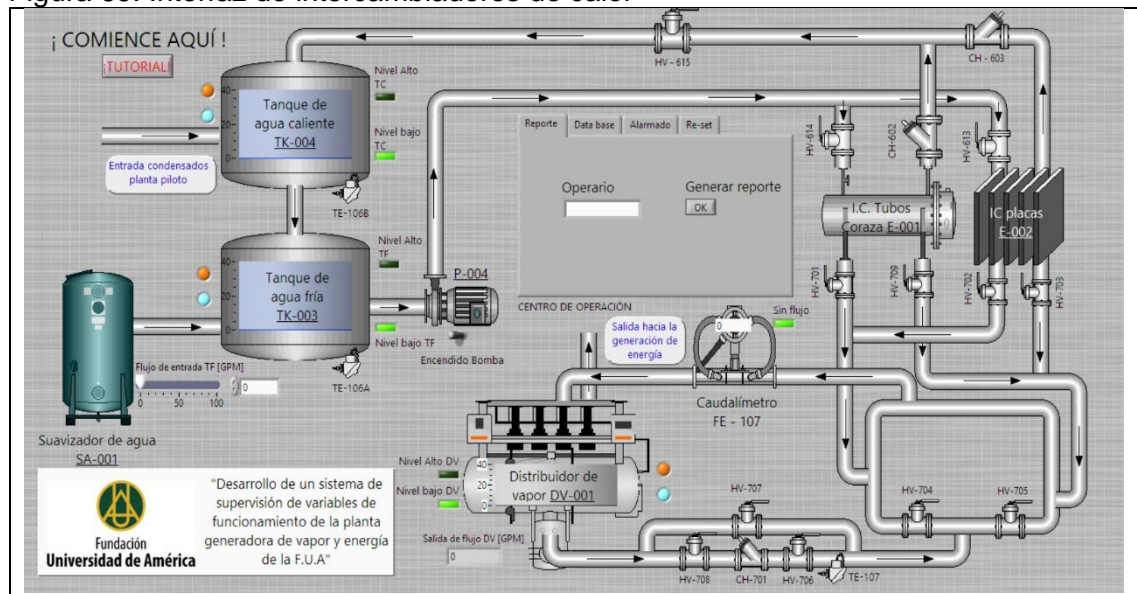
El proceso de funcionamiento de esta pantalla se basa en la cantidad de fluido de vapor que se encuentra en el distribuidor, Una vez se dé un flujo de llenado al distribuidor es posible modificar la válvula de salida PID para controlar el fluido, este flujo se puede ver en el indicador del caudalímetro simulando la captación de datos por el PLC.

Luego de la apertura de la válvula es posible identificar la generación de energía en el generador y la turbina, posteriormente se encuentra el lazo de la torre de enfriamiento donde se puede regular el flujo de salida de una bomba.

Esta pantalla cuenta con un reporte de los instrumentos con los siguientes TAGS: FE-104, TE-104A, TE-104B y G, el cambio de flujo puede ser observado en la gráfica que incorpora este reporte, además, cuenta con un registro de alarmas de cuando fue activada cada una de ellas.

❖ Pantalla #3: Intercambiadores de calor

Figura 69. Interfaz de intercambiadores de calor



Fuente: Elaboración propia

El interfaz de los intercambiadores de calor completa la demostración del funcionamiento de todos los lazos de control identificados en la planta térmica, obteniendo así el flujo de alimentación del tanque de agua caliente, el cual depende directamente del retorno del proceso de intercambio de calor de los dos equipos instalados. Además, de especificar que la alimentación de tanque de agua fría es proveniente del suavizador de agua, con esto se justifica que el drenaje de estos dos alimentaría directamente el tanque de condensado presentado en la pantalla #1.

Es importante mencionar que los dos intercambiadores de calor pueden funcionar a flujo o en contra flujo, este es el motivo por el cual las tuberías de suministro y retorno de agua se unen, mismo caso presente en las tuberías de vapor.

En las líneas de vapor existe un colector, que es el encargado tanto de distribuir, como de retornar el vapor de proceso de intercambio de vapor. Antes del retorno al distribuidor de vapor, se hace una medición del caudal para lograr así la medición de las pérdidas del proceso.

El distribuidor de vapor al tener mezcla de vapores cuenta con un drenaje que dirige el agua resultante al condensador para que cumpla con su proceso de enfriamiento.

Esta pantalla representa gráficamente el lazo de control de los intercambiadores de calor, en principio es necesario encender el suavizador de agua quien cumple la función de abastecer el tanque de agua fría para cumplir con el funcionamiento explicado en capítulos anteriores; una vez el tanque tenga suficiente nivel, se procede a encender la bomba de los intercambiadores, que cumple la función de abastecerlos de agua y llenar el tanque de agua caliente a razón de salida de los dos intercambiadores, posteriormente, el indicador del caudalímetro mostrará el flujo de llenado del distribuidor.

Esta pantalla cuenta con un reporte de los instrumentos con los siguientes TAGS: FE-174, TE-104A, TE-104B y TE-107; el cambio de flujo puede ser observado en la gráfica que incorpora este reporte, además cuenta con un registro de alarmas de cuando fue activada cada una de ellas.

3.5 FUNCIONAMIENTO DE INTERFAZ

Con el entendimiento de los aspectos de desarrollo presentados en el apartado 3.4, se procede a explicar el orden de funcionamiento de cada una de las pantallas de la interfaz.

3.5.1 Pantalla #1: Caldera. Para lograr una lógica en el funcionamiento, se describe a continuación el orden de operación de la pantalla:

a. Encendido de llenado de tanques: Se debe dirigir a la pestaña llamada “Tanques de agua”, en donde se encuentran las válvulas que gobierna el llenado y el vaciado de los tanques de almacenamiento. Abrir las válvulas “Flujo de entrada TF [GPM]” y “Flujo de entrada TC [GPM]”, llevarlas hasta su valor máximo equivalente a 20 GPM. Esperar hasta que los dos tanques completen la mitad de su nivel.

Figura 70. Llenado de tanques de almacenamiento de agua

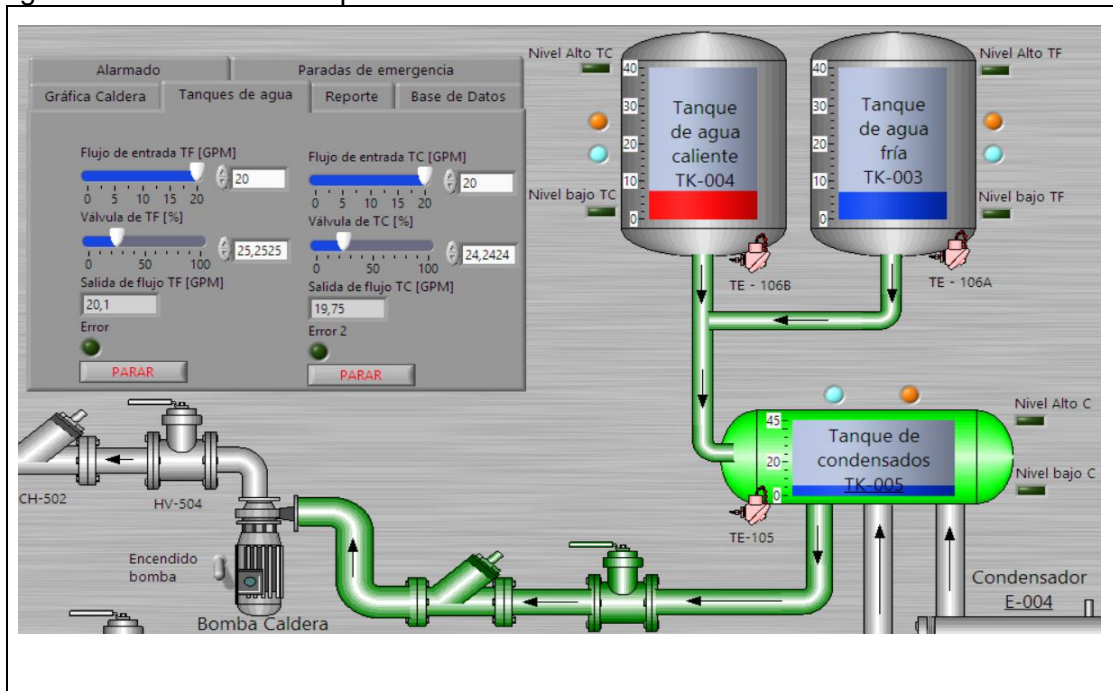


Fuente: Elaboración propia

b. llenado de tanque de condensados: Abrir las válvulas de suministro “Válvula de TF [%]” y “Válvula TC [%]” hasta un valor aproximado de 25, esto hará que se empiece a llenar el tanque de condensados automáticamente, además de obligar a la reducción de nivel de los dos tanques. Esto se ve reflejado en la figura 71.

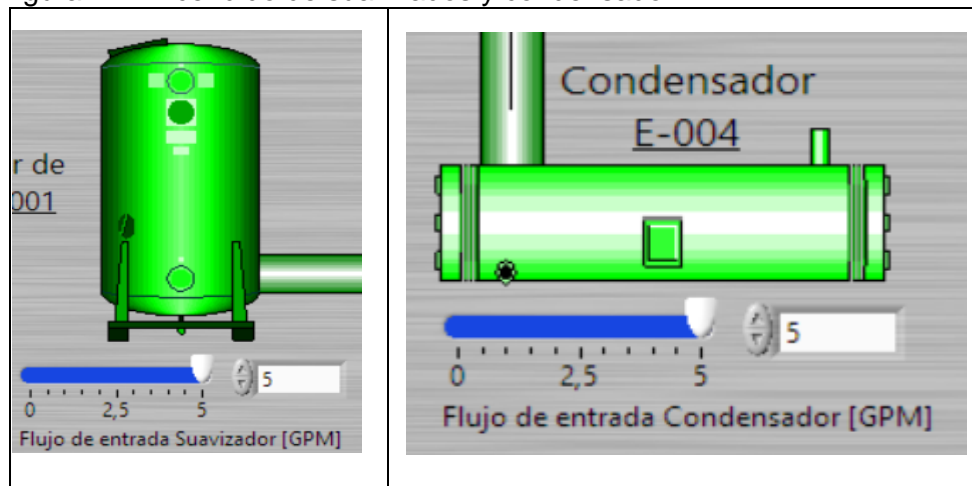
El sistema cuenta con equipos adicionales para el llenado del tanque de condensados, estos no tienen un encendido constante, pero tienen válvula de suministro al condensador. Para realizar el encendido completo del sistema, se deben abrir las válvulas “Flujo de entrada [GPM]” del suavizador y el condensador, respectivamente y así lograr el llenado máximo para la alimentación de la caldera.

Figura 71. Llenado de tanque de condensados



Fuente: elaboración propia

Figura 72. Encendido de suavizados y condensador

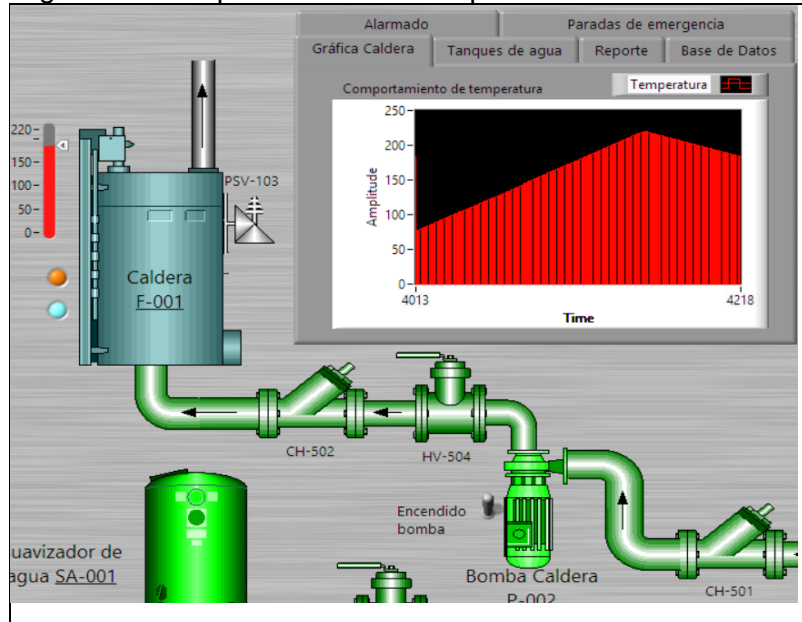


Fuente: Elaboración propia

c. Encendido de caldera: Para poder encender la bomba de alimentación de agua de la caldera, hay que asegurar que haya el 50% del nivel del tanque de condensados. Cuando esto se cumpla se enciende el interruptor de la bomba, éste automáticamente enciende la caldera, la cual aumentará su temperatura.

A continuación, se dirige a la pestaña “Caldera” en donde aparece el comportamiento de esta, se verá descrito en una gráfica. Todo lo dicho se refleja en la figura 73.

Figura 73. Comportamiento de temperatura de caldera

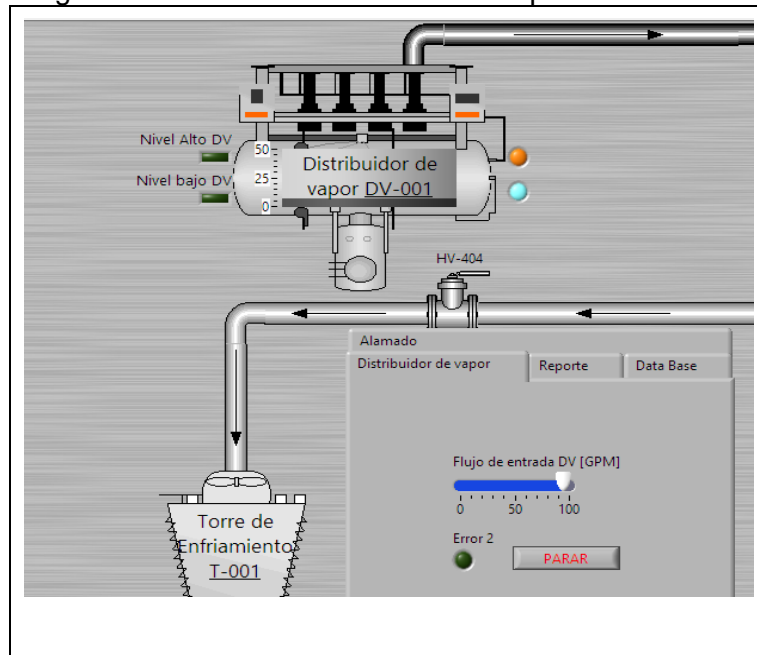


Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Pantalla #2: Condensador. Para lograr una lógica en el funcionamiento se describe a continuación el orden de operación de la pantalla:

- a. Encendido de llenado de distribuidor: Para producir flujo de vapor en el sistema, debe existir nivel en el distribuidor, para lograrlo hay que abrir la válvula de paso “Flujo de entrada TC [GPM]” que se encuentra en la pestaña “Distribuidor de vapor” en el panel de control de la interfaz. Debe asegurarse un nivel del aproximadamente el 50% para seguir con el siguiente paso.

Figura 74. Válvula de suministro de vapor a distribuidor

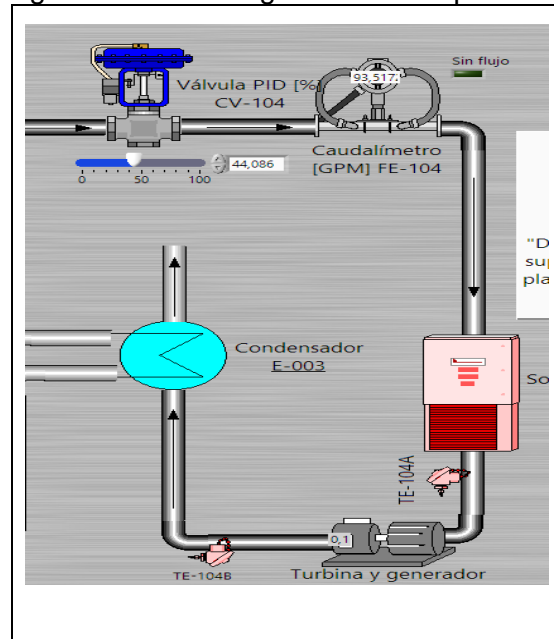


Fuente: Elaboración propia

b. Encendido de ciclo de generación: Se abre la válvula PID al valor deseado para su generación, según el porcentaje de abertura de ésta, se refleja en el vaciado del nivel del distribuidor y la cantidad de generación. Al abrir la PID, automáticamente entra en funcionamiento el resto del ciclo.

En el caudalímetro se indica la cantidad de vapor que transita por la tubería, el sobrecalentador cumple su función de elevación de temperatura, y el generador indica la cantidad de potencia generada instantáneamente.

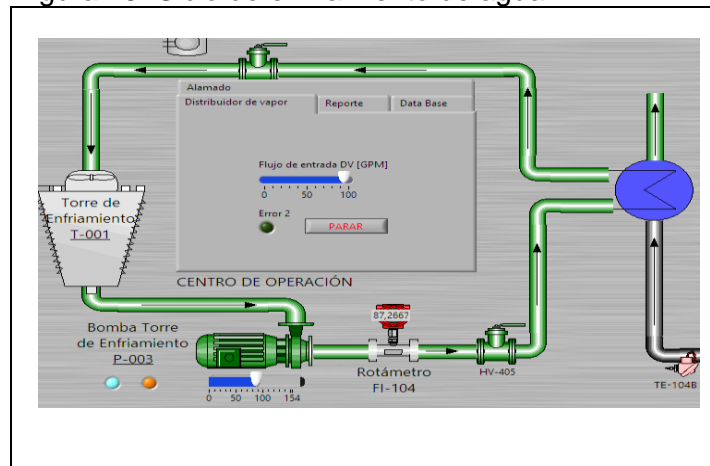
Figura 75. Ciclo de generación de potencia



Fuente: Elaboración propia

c. Encendido de enfriamiento de agua: Cuando se empiece la generación, es obligatorio hacer el encendido del ciclo de enfriamiento ya que el agua fría es la encargada de cambiar la fase del fluido proveniente de la turbina, para esto, se regula el paso de la bomba de la torre de enfriamiento y condensador, esta se puede graduar en cualquier nivel deseado. Las líneas de tubería de descarga de la bomba cuentan con un caudalímetro, donde se indica la cantidad de agua enfriada en el sistema.

Figura 76. Ciclo de enfriamiento de agua

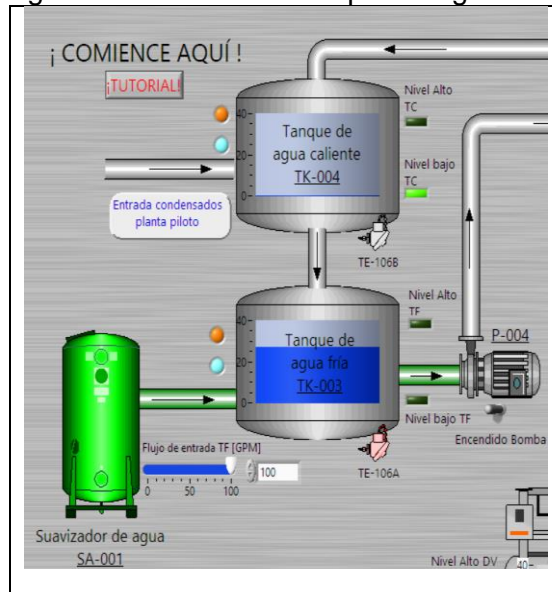


Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Pantalla #3: Intercambiadores de calor. Para lograr una lógica en el funcionamiento, se describe a continuación el orden de operación de la pantalla:

a. Llenado de tanque de agua fría: Este tanque (TK-003) es el encargado de almacenar y suministrar el agua a los intercambiadores de calor montados en el banco. La alimentación de éste depende únicamente del agua proveniente del suavizador, ya que es obligatorio asegurar que el fluido no tenga dureza, para evitar la afectación en las paredes de los intercambiadores. Para iniciar el llenado se abre la válvula de suministro "Flujo de entrada TF [GPM]", según la apertura de ésta se reflejará la velocidad de llenado del tanque, para seguir con el siguiente paso, hay que asegurar aproximadamente el 50% del nivel.

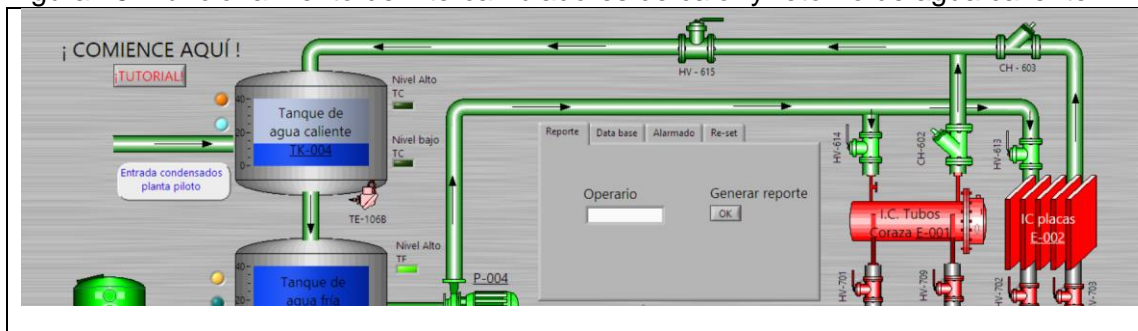
Figura 77. Llenado de tanque de agua fría.



Fuente: Elaboración propia

b. Encendido de bomba de intercambiadores y funcionamiento de planta: Al encender la bomba, ésta se encarga de succionar el fluido del “TK-003”, para dirigirlo a los intercambiadores de calor. En este mismo instante el “Distribuidor de vapor” va a empezar a llenarse, ya que para lograr un intercambio de calor hay que asegurar que el agua y el vapor transiten al mismo tiempo. Al momento de entrar en funcionamiento los intercambiadores, el flujo de agua calentada por medio del intercambio de calor, tiene que retornar a los tanques de almacenamiento, este se ve reflejado en el tanque “TK-002”, el cual irá incrementando su nivel a medida que transcurre el tiempo del proceso.

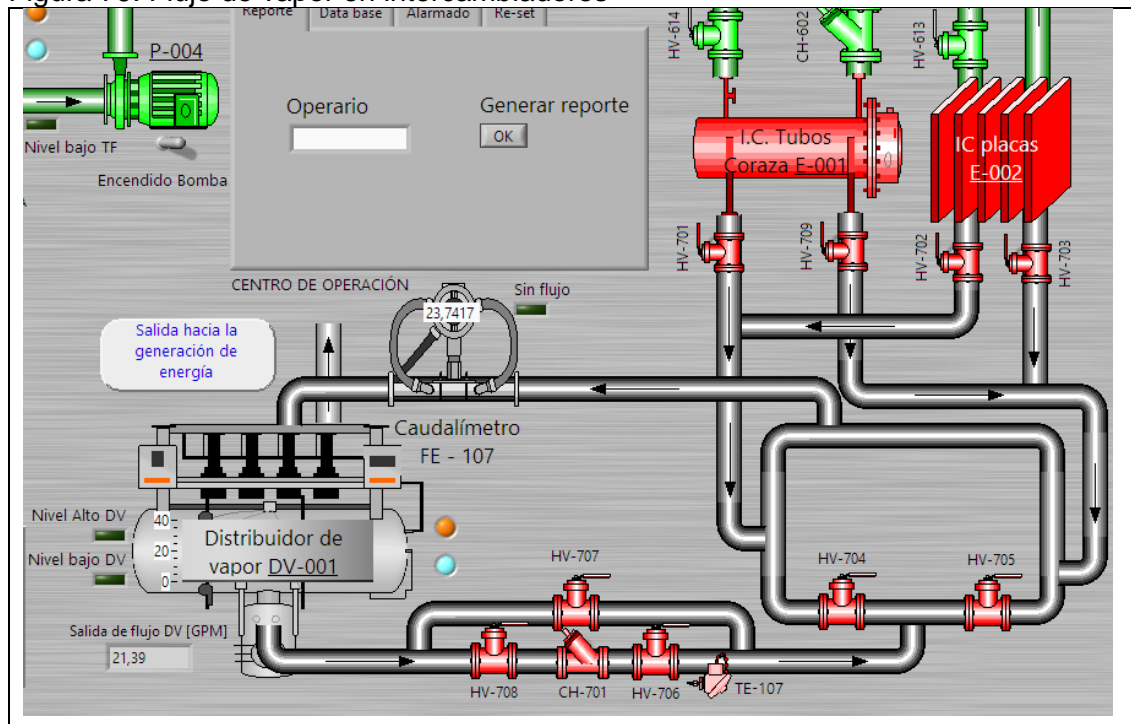
Figura 78. Funcionamiento de intercambiadores de calor y retorno de agua caliente



Fuente: Elaboración propia

Al existir un llenado del distribuidor de vapor, éste es dirigido a los intercambiadores, donde harán el respectivo intercambio de calor, la salida que va dirigida a estos equipos cuenta con un *bypass* tipo industrial, para asegurar el paso de vapor en caso de mantenimiento o algún tipo de emergencia. Luego se encuentra un pequeño colector que es el encargado de retornar el flujo de vapor usado al distribuidor, el caudalímetro indicara la cantidad de vapor que retorna del intercambio de calor, posteriormente se direcciona al condensador para reiniciar el proceso.

Figura 79. Flujo de vapor en intercambiadores



Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Propuesta de guía de laboratorio. Con fines de garantizar buenas prácticas de laboratorio y al ser este un equipo nuevo, se elaboró una guía de laboratorio perteneciente a instrumentación y procesos de control, donde se actualizó la guía existente de la planta térmica anterior, ajustándola a los nuevos componentes disponibles en el banco de laboratorio, este documento se encuentra disponible en los anexos.

4. CONCLUSIONES

- ❖ Al lograr la comprensión de las características de cada uno de los instrumentos instalados en la planta, se identifica su manera correcta de funcionamiento, rangos de operación, las directrices necesarias para modificar y controlar variables y las facilidades de comunicación de datos. A partir de esto se realizó la identificación de los lazos de control y la forma de usar los datos para desarrollar las herramientas contempladas en este proyecto.
- ❖ El funcionamiento de la planta, los lazos de control con los elementos que la componen y la identificación de la instrumentación instalada mostrada en el plano P&ID facilitan la determinación de los procesos y las actividades de mantenimiento.
- ❖ En síntesis del sistema de supervisión de variables, se obtiene una herramienta de gestión para la planta térmica, de forma que permite al usuario de modo simple y didáctico entender en tiempo real; el proceso de funcionamiento, alarmas de equipos e instrumentos, adquisición de datos, historial de datos y un reporte desde el encendido del equipo. Brindándole los elementos primarios de un sistema SCADA. Información que podrá ser usada para investigación, materias a fines y el control de datos.
- ❖ En el desarrollo de la guía de laboratorio se tuvieron en cuenta las principales temáticas de la materia de Instrumentación y Control de Procesos, con las que se pretende realizar distintas actividades en las que los estudiantes puedan complementar sus conocimientos en el aula e inducirlos a nuevas áreas de la automatización como es la programación aplicada a interfaces de usuario-máquina.

5. RECOMENDACIONES

Aprovechando los parámetros del diseño de esta interfaz, se propone obtener los datos experimentales de la planta en uso gracias a su PLC, de manera que esta interfaz funcione en tiempo real y sus graficas de comportamiento permitan verificar el correcto funcionamiento de planta térmica y así poder realizar un monitoreo mientras la planta se encuentra encendida.

Gracias al sin número de alternativas que ofrece LabVIEW se puede crear una base de datos histórico de la planta, para así, poder usarlos para crear modelos de funcionamiento matemático que describan el funcionamiento de ésta, y así poder conocer eficiencias de los distintos equipos que la componen y hasta detectar la falla de uno de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

ACEDO SANCHEZ, Jose. Control Avanzado de Procesos (Teoría y práctica). Madrid: Diaz de Santos. ISBN 84-7978-545-4

AGUILAR, Efrain. Fundamentos de control automático. Instituto Universitario Politecnico Santiago Mariño, Julio, 2015.

AMAYA, Ennys y GOITIA, Alfredo. Instrumentación Industrial. 1ra ed. 1997.

APOLLO VALVES. 19-Series Bronze Safety Valves for Steam, Air & Gas Service. Estados Unidos.

ARMESTO QUIROGA, José Ignacio. Instalación de Sistemas de Automatización y Datos. Vigo: 2008.

AUTONICS. MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series.

AUTONICS. Sensores de proximidad. [En línea] [citado 5 sep, 2018]. Disponible en: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>

COPADATA. Interfaz hombre-máquina (HMI). [En línea] [citado 20 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. ISBN 978-84-267-1668-2

DUNN, William. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. Edición ilustrada ed. US: McGraw-Hill, 2005.

ELECTRO INDUSTRIA, PINTO, Lucia. Monitoreo y Control de Procesos. [En línea] [citado 6 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=443&tip=7>

ELECTRONICA FÁCIL. Fuentes de alimentación. [En línea]. [citado 12 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>

GARCÍA GUTIÉRREZ, Luis. teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. Introducción. Madrid, España. [en línea] [citado 12 ago, 2018]. Disponible en: http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

G-FLOW. Caudalímetros Turbina. [En línea] [citado 21 ago, 2018]. Disponible en: <http://www.g-flow.com/caudalimetros-turbina>

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. L404F,T,V pressure trol controllers. 2010.

HYDROSAAR HYDAC INTERNATIONAL. Sistemas de medición. [En línea] [citado 8 jun, 2018]. Disponible en: <http://www.hydrosaar.com/es/tecnologias/sistemas-de-medicion.html>

INGENIUM. Planta térmica didáctica (F.U.A). Bogotá D.C, 2018.

INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA. Instrumentation Symbols and identification. Pennsylvania. ISA. 1992. (ISA S5.1).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2008. (NTC 1486).

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Bogotá D.C ICONTEC, 2008. (NTC 5613).

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998. (NTC 4490).

INSTRUMENTATION TOOLBOX. Basics of The Orifice Plate Flow Meter. [En línea] [citado 21 ago, 2018]. Disponible en: <https://www.instrumentationtoolbox.com/2013/03/basics-of-orifice-flow-meter.html>

MCDONELL & MILLER. Installation and maintenance instructions. 2008.

MENDIBURU DIAZ, Henry Antonio. Automatización medio ambiental. Perú: INDECOPI-PERU, 2003.

National Instruments. ¿Qué es LabVIEW? [En línea] [citado 18 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>

NFRARED SOLUTIONS, Xenics. Process monitoring & Quality control. [En línea] [citado 6 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.xenics.com/en/application/process-monitoring-quality-control>

OMEGA. La importancia de la Instrumentación. [En línea] [citado 8 jun, 2018]. Disponible en: <https://cl.omega.com/prodinfo/instrumentacion.html>

PACHECO, Fransisco y CONTRERAS, Eduardo. Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Santiago de Chile. 2008.

PATIÑO PEREZ, Carlos Ferney y OLIVEROS BAYONA, Pedro Jesus. Instrumentación de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 2011. Proyecto de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería mecánica.

REDREJO, Jose L. Desarrollo de sistemas de regulación y control. [En línea]. [citado 23 ago, 2018] Disponible en:

http://www.infopl.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_Contr oIPID.pdf

RODRÍGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA; 3ª ed. Barcelona: Marcombo, 2007. ISBN 978-84-267-1450-3

RODRIGUEZ, Claudio. Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional.

SAMSON. Type 3372 electropneumatic actuator. Frankfurt. 2017.

SMAR. MEDICIÓN DE PRESIÓN: Características, tecnologías y tendencias. [En línea] [citado 10 ago, 2018]. Disponible en: <http://www.smar.com/espanol/> Web site. <http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-presion-caracteristicas-tecnologias-y-tendencias>.

TECNIKA LTDA. Cálculo longitud tubo de vidrio nivel. Bogotá D.C.

UNITRONICS. EX.-A2X I/O Expansion Module, Isolated.

UNITRONICS. V200-10-E3XB Snap-in I/O Module.

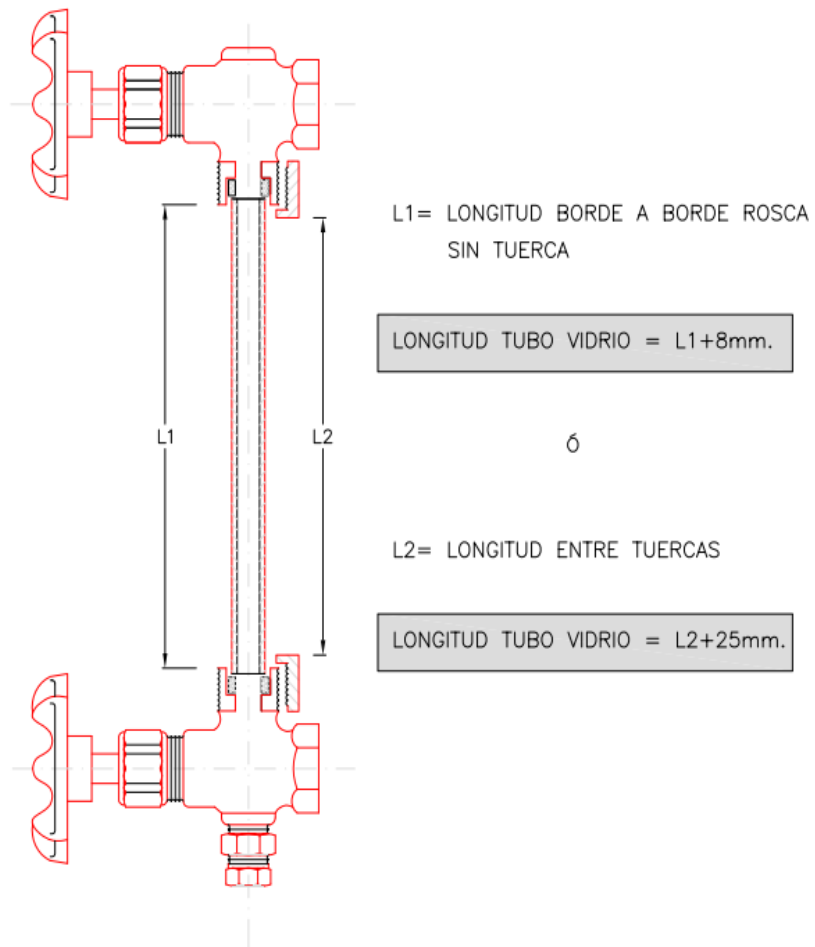
WIKA. ¿Cómo funcionan los manómetros mecánicos? [En línea] [citado 25 sep, 2018]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/construccion-funcionamiento-de-manmetros-mecnicos/>

ANEXOS

ANEXO A FICHA TÉCNICA MIRILLA DE VIDRIO



CALCULO LONGITUD TUBO VIDRIO NIVEL



NOTA:
EL CÁLCULO CON L2 "NO ES MUY EXACTO"
MEJOR CÁLCULO CON L1

ANEXO B
FICHA TÉCNICA DE MANÓMETROS

ROCKA®

MANÓMETROS DE PROCESO
MR0R – MR1T – MR1S – MR2S



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- DIAL: 1½" – 2" – 2½"
- TIPO DE CONEXIÓN: VERTICAL / TRASERA
- CONEXIÓN: 1/8" – 1/4" NPT BRONCE
- CAJA: ACERO CARBÓN
- PRECISIÓN: +/- 2.5%
- ELEMENTO SENSOR: TUBO BOURDON
- ESCALA DE MEDIDA: PSI / BAR - lnH2O* / mBar
- TEMPERATURA DE TRABAJO: -10 A 70°C
- NO CALIBRABLE, SIN GLICERINA

APLICACIONES

Diseñado especialmente para indicar la presión de fluidos no corrosivos al bronce como agua, aceite, aire, gas, etc. En aplicaciones como: Sistemas Hidráulicos y Neumáticos, Bombas, Compresores, reguladores, filtros, entre otras.

RANGOS DISPONIBLES

- **MR0R:** Caratula 1½" conexión trasera 1/8"

RANGOS / CODIGO:

-30 / 0 PSI	MR0R000
0 / 15 PSI	MR0R028
0 / 30 PSI	MR0R032
0 / 60 PSI	MR0R036
0 / 100 PSI	MR0R040
0 / 150 PSI	MR0R042
0 / 300 PSI	MR0R052

- **MR1T:** Caratula 2" conexión trasera 1/8"

RANGOS / CODIGO:

-30 / 0 PSI	MR1T000
0 / 15 PSI	MR1T028
0 / 30 PSI	MR1T032
0 / 60 PSI	MR1T036
0 / 100 PSI	MR1T040
0 / 150 PSI	MR1T042
0 / 200 PSI	MR1T048

- **MR1S:** Caratula 2" conexión vertical 1/4" (MR2T TRASERA)

RANGOS / CODIGO:

-30 / 0 PSI	MR2T000
-30 / 0 PSI	MR1S000
0 / 30 PSI	MR1S032
0 / 60 PSI	MR1S036
0 / 100 PSI	MR1S040
0 / 150 PSI	MR1S042
0 / 200 PSI	MR1S048

- **MR2S:** Caratula 2½" conexión vertical 1/4"

RANGOS / CODIGO:

-30 / 0 PSI	MR2T000
0 / 30PSI	MR1S032
0 / 60 PSI	MR1S036
0 / 100 PSI	MR1S040
0 / 150 PSI	MR1S042
0 / 200 PSI	MR1S048
0 / 300 PSI	MR1S052

www.industriasociadas.com

ANEXO C

FICHA TÉCNICA DEL CONTROL DE PRESIÓN DE CALDERA

L404F,T,V PRESSURETROL® CONTROLLERS

SPECIFICATIONS

Model:
L404F,T,V PressureTrol® Controllers. See Table 1.

Table 1. Models with kPa—psi and Other Pressure Scales.

Model Number	Operating Ranges		Subtractive Differential ^a		Maximum Diaphragm pressure	
	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi
L404F1060	15 to 100	2 to 15	15 to 40	2 to 6	170	25
L404F1078	35 to 350	5 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85
L404F1094	140 to 2070	20 to 300	140 to 345	20 to 50	2410	350 ^b
L404F1102	70 to 1035	10 to 150	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404F1219 ^c	15 to 100	2 to 15	15 to 40	2 to 6	170	25
L404F1243 ^c	35 to 350	5 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85
L404F1227 ^c	70 to 1035	10 to 150	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404F1235 ^c	140 to 2070	20 to 300	140 to 345	20 to 50	2410	350 ^b
L404F1300 ^c	415 to 1240	60 to 180	40 fixed	6.0 Fixed	1550	225
L404F1326	0 to 100	0 to 15	15 to 40	2 to 6	170	25
L404F1334	0 to 350	0 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85
L404F1342	35 to 1000	5 to 145	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404F1359	70 to 2000	10 to 290	140 to 345	20 to 50	2410	350 ^b
L404F1367	7 to 55	1 to 8	5 to 14	0.75 to 2	170	25
L404F1375 ^d	35 to 350	5 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85
L404F1383 ^d	70 to 1035	10 to 150	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404F1391 ^d	140 to 2070	20 to 300	140 to 345	20 to 50	2410	350 ^b
L404F1409 ^d	15 to 100	2 to 15	15 to 40	2 to 6	170	25
L404F1441	0.35 to 3.5 Kg/cm ²	5 to 50 psi	0.4 to 1.0 Kg/cm ²	6 to 14 psi	6 Kg/cm ²	85 psi
L404T1055	35 to 350	5 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85
L404T1063	70 to 1035	10 to 150	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404V1087 ^d	70 to 1035	10 to 150	70 to 150	10 to 22	1550	225
L404V1095 ^d	35 to 350	5 to 50	40 to 100	6 to 14	590	85

^a Nominal at midscale operating range.

^b Brass bellows instead of stainless steel diaphragm.

^c Models with 1/4-19 BSPT thread instead of 1/4-18 NPT thread.

^d Make-on-rise models with terminal B omitted for miswiring compliance.

ORDERING INFORMATION

When purchasing replacement and modernization products from your TRADELINE® wholesaler or distributor, refer to the TRADELINE® Catalog or price sheets for complete ordering number.

If you have additional questions, need further information, or would like to comment on our products or services, please write or phone:

1. Your local Honeywell Automation and Control Products Sales Office (check white pages of your phone directory).
2. Honeywell Customer Care
1885 Douglas Drive North
Minneapolis, Minnesota 55422-4386

In Canada—Honeywell Limited/Honeywell Limitée, 35 Dynamic Drive, Toronto, Ontario M1V 4Z9.

International Sales and Service Offices in all principal cities of the world. Manufacturing in Australia, Canada, Finland, France, Germany, Japan, Mexico, Netherlands, Spain, Taiwan, United Kingdom, U.S.A.

Table 2. Conversion Table.

Operating Range Conversions			Subtractive Differential Conversions		
kg/cm ²	kPa	psi	kg/cm ²	kPa	psi
0.1 to 1.05	15 to 100	2 to 15	0.15 to 0.4	15 to 40	2 to 6
0.4 to 3.5	35 to 350	5 to 50	0.4 to 1.0	40 to 100	6 to 14
0.7 to 10.0	70 to 1035	10 to 150	0.7 to 1.6	70 to 150	10 to 22
1.5 to 20.0	140 to 2070	20 to 300	1.5 to 3.5	150 to 300	20 to 50

Table 3. Switch Ratings (Amperes).

Switch State	120 Vac	240 Vac
Full Load	8.0	5.1
Locked Rotor	48.0	30.6

Pressure Sensing Element: Stainless steel diaphragm (140 to 2070 kPa models) has brass bellows.

Maximum Ambient Temperature: 66°C (150°F). Also, refer to note under Mounting.

Adjustment Means: Screws on top of control case. Scales are marked in psi or kPa.

Mounting Means: 1/4 inch-18 NPT connection on diaphragm assembly; or surface mounts using holes in back of case.

Dimensions: See Fig. 1.

Switching Action: Snap switch breaks R-B (closes R-W) on pressure rise. Make-on-rise devices omit terminal B.

Grounding Means: Ground screw terminal marked with a circled ground symbol.

Accessories:

50024585-001 Brass Steam Trap. (Please refer to the applicable Equipment/Application Standards for compliance.)

14026 Steel Steam Trap. (Please refer to the applicable Equipment/Application Standards for compliance.)

118023 Steel Steam Trap for BSPT Models.

33312B Knurled Knob—fits on top of adjusting screws.

4074BWJ Range Stop—range stop screw, Part No. 107194, and wrench, Part No. 23466, to limit setpoint range.

Approvals:

Underwriters Laboratories Inc. Listed: file no. MP466, vol. 10, guide no. MBPR.

Canadian Standard Association certified: file no. LR1620, guide no. 400E-0.

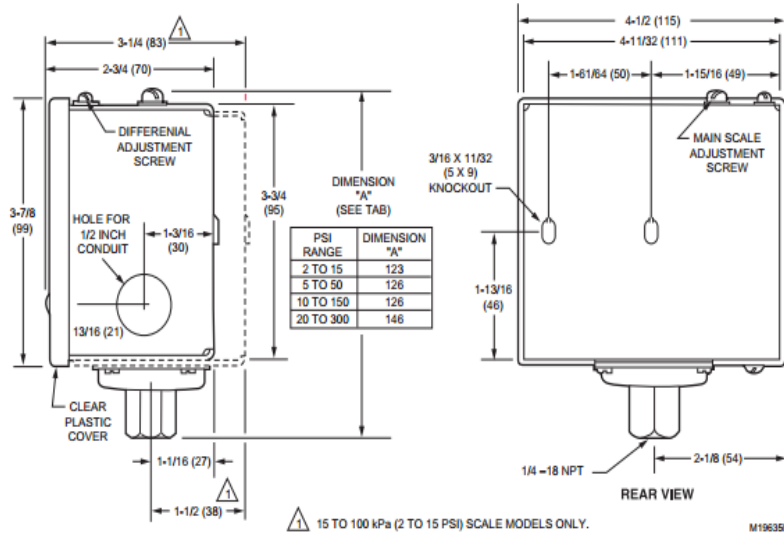


Fig. 1. L404F,T,V approximate dimensions in inches (millimeters in parentheses).

ANEXO D

FICHA TÉCNICA CONTROL DE NIVEL DE AGUA DE CALDERA

OPERATION

Maximum Pressure: 150 psi (10.5 kg/cm²)

Electrical Ratings

Voltage	Pump/Circuit Rating (Amperes)		Pilot Duty
	Full Load	Locked Rotor	
120 VAC	7.4	44.4	345 VA at
240 VAC	3.7	22.2	120 or 240 VAC

Alarm Circuit Rating	
Voltage	Amps
120 VAC	1
240 VAC	1/2

Motor Horsepower	
Voltage	Hp
120 VAC	1/3
240 VAC	1/3

Enclosure rating: NEMA 1 General Purpose

Settings and Differential Pressures

Values are $\pm 1/8"$ (3.2mm).

Series 150S, 157S

Pressure	Setting	Approximate Distance Above Cast Line In. (mm)	Differential In. (mm)
0 psi (0 kg/cm²)	Pump Off	1 ⁵ / ₁₆ (24)	5 ¹ / ₁₆ (8)
	Pump On	5/8 (16)	
	Burner On	5/8 (16)	3/8 (16)
	Burner Off	1/4 (6.4)	
150 psi (10.5 kg/cm²)	Pump Off	1 ³ / ₈ (41)	3/4 (19)
	Pump On	5/8 (16)	
	Burner On	7/8 (22)	7/8 (22)
	Burner Off	0 (0)	

150 psi (10.5 kg/cm²) Levels

Model 150S-MD, and 157S-MD

Pressure	Setting	Approximate Distance Above Cast Line In. (mm)	Differential In. (mm)
0 psi (0 kg/cm²)	Pump Off	1 ⁵ / ₁₆ (24)	3/8 (16)
	Pump On	9/16 (14)	
	Burner Off	0 (0)	N/A
150 psi (10.5 kg/cm²)	Pump Off	1 ⁷ / ₁₆ (37)	3/4 (19)
	Pump On	11/16 (17)	
	Burner Off	- 3/8 (-16)	N/A

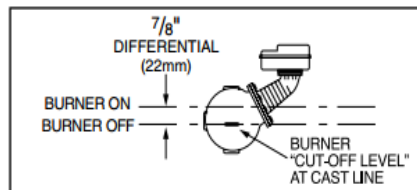
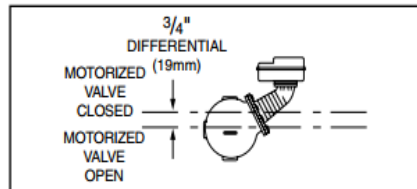
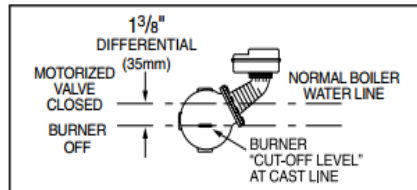
150 psi (10.5 kg/cm²) Levels

Settings and Differential Pressures (continued)

Values are $\pm 1/8"$ (3.2mm).

Model 158S			
Pressure	Setting	Approximate Distance Above Cast Line In. (mm)	Differential In. (mm)
0 psi (0 kg/cm²)	Motorized Valve Closed	15/16 (24)	5/16 (8)
	Motorized Valve Open	5/8 (16)	
	Burner On	5/8 (16)	3/8 (16)
	Burner Off	1/4 (6.4)	
150 psi (10.5 kg/cm²)	Motorized Valve Closed	13/8 (41)	3/4 (19)
	Motorized Valve Open	5/8 (16)	
	Burner On	7/8 (22)	7/8 (22)
	Burner Off	0 (0)	

150 psi (10.5 kg/cm²) Levels

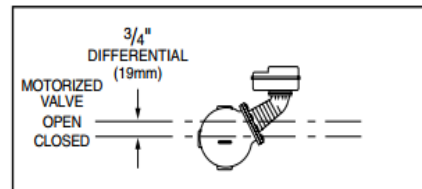
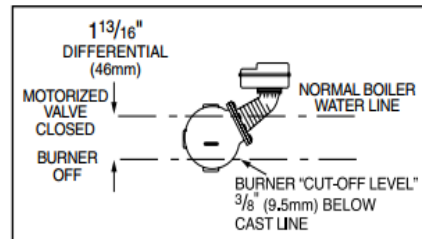


NOTE: Due to the slower operation of some motorized valves, complete valve opening or closing will occur at slightly different levels than indicated above.

Model 158S-MD

Pressure	Setting	Approximate Distance Above Cast Line In. (mm)	Differential In. (mm)
0 psi (0 kg/cm²)	Pump Off	15/16 (24)	3/8 (16)
	Pump On	9/16 (14)	
	Burner Off	0 (0)	N/A
150 psi (10.5 kg/cm²)	Pump Off	17/16 (37)	3/4 (19)
	Pump On	11/16 (17)	
	Burner Off	- 3/8 (-16)	N/A

150 psi (10.5 kg/cm²) Levels



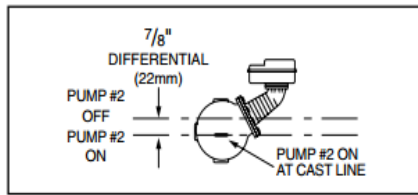
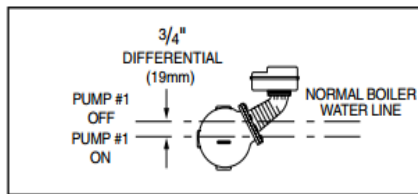
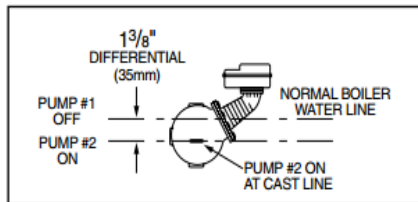
NOTE: Due to the slower operation of some motorized valves, complete valve opening or closing will occur at slightly different levels than indicated above.

Settings and Differential Pressures (continued)

Values are $\pm 1/8"$ (3.2mm).

Model 159S			
Pressure	Setting	Approximate Distance Above Cast Line In. (mm)	Differential In. (mm)
0 psi (0 kg/cm ²)	Pump #1 Off	15/16 (24)	5/16 (8)
	Pump #1 On	5/8 (16)	
	Pump #2 Off	5/8 (16)	3/8 (16)
	Pump #2 On	1/4 (6.4)	
150 psi (10.5 kg/cm ²)	Pump #1 Off	1 3/8 (41)	3/4 (19)
	Pump #1 On	5/8 (16)	
	Pump #2 Off	7/8 (22)	7/8 (22)
	Pump #2 On	0 (0)	

150 psi (10.5 kg/cm²) Levels



ANEXO E FICHA TÉCNICA CAUDALÍMETRO DE AGUA

ANTIFREEZE
BIOFUEL
DIESEL
FOOD
GASOLINE
GREASE
KEROSENE
OIL
AdBlue®
WATER
WINDSCREEN

K24 A ELECTRONIC PULSE-METERS

EN. Digital flow meters for low-viscosity fluids. Easy to install in line or at the end of a delivery pipe, equipped with a screen that can be adjusted to various positions for easy reading. The ideal instrument for controlling fluid dispensing. Sturdy casing and a sealed electronic card make it suitable for use in practically all conditions.

Aluminum (K24) or reinforced polyamide (plastic version) body.
Polypropylene turbine.
Impulse-type signals:
single channel, reed switch.
Electronic card with LCD display: 5-digit partial from 0.1 to 99999, 6-digit total from 1 to 999999
Resettable total available.
Flow rate indication.
Repeatability 0.2%. Loss of pressure < 0.03 bar at 120 l/min.
Can be calibrated. Powered by two AAA batteries.

ES. Medidor digital de turbina, para fluidos de baja viscosidad. Este medidor es fácil de instalar en línea o al extremo del tubo de salida. Está equipado con un monitor ajustable para facilitar su lectura. Es el instrumento ideal para manejar el suministro de líquidos. Una estructura robusta y una tarjeta electrónica sellada permiten que este medidor sea apto para prácticamente cualquier condición.

Estructura en aluminio (K24) o en poliamida reforzada (versión de plástico).
Turbina de polipropileno.
Tipo de señal por impulso: Mono canal, interruptor de láminas.
Tarjeta electrónica con monitor LCD: Parcial de 5 cifras de 0,1 a 99999, Total 6 cifras de 1 a 999999
Disponible con total ajustable.
Indicación del caudal.
Repetitividad 0,2 %.
Pérdida de carga < 0,03 bar a 120 l/min.
Puede ser calibrado.
Utiliza dos pilas del tamaño AAA.

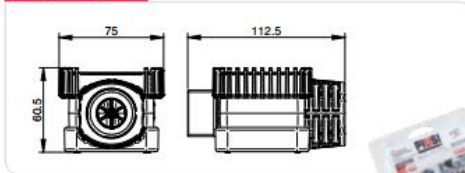
RU. Цифровой турбинный счетчик литров для жидкостей с низкой вязкостью. Простая установка, в линию или на нагнетательную трубу, Оснащена дисплеем, расположение которого можно регулировать для упрощения считывания. Это идеальный прибор для управления подаваемой жидкостью. Прочный корпус и герметично закрытая электронная плата позволяют использовать его практически в любых условиях.

Корпус из алюминия (K24) или армированного полиамида модель из пластика).
Турбина из полипропилена.
Тип импульсного сигнала: одноканальный, герконовый переключатель. Электронная плата с ЖК-дисплеем:
Частичное количество на 5 цифр от 0,1 до 99999, общее количество на 6 цифр от 1 до 999999
Возможно обнуление общего количества.
Индикация скорости потока.
Повторяемость +/- 0.2% Потеря напора < 0,03 бар при 120 л/мин.
Возможна калибровка. Питание от двух батарей размера AAA.

PERFORMANCE

- Flow rates 7 - 120 l/min
- Accuracy +/- 1%
- Repeatability 0.2 %
- Max. operating pressure 20 bar (Aluminum version)
- Bursting pressure 100 bar (Aluminum version)
- I/O 1"
- Caudal de 7 - 120 l/min
- Precisión +/- 1%
- Repetitividad 0,2 %
- Presión máxima 20 bares (Versión aluminio)
- Presión de rotura 100 bares (Versión aluminio)
- I/O 1"
- Расход 7 - 120 л/мин
- Точность измерения +/- 1%
- Повторяемость 0.2%
- Максимальное рабочее давление 20 бар (модель из алюминия)
- Давление разрыва 100 бар (модель из алюминия)
- Вход/выход 1"

DIMENSIONS



PRODUCTS' RANGE WEIGHT AND PACKAGING

Code	Weight		Packaging		
	kg	lbs	mm	inch	pcs/box
K24 A					
F00408100	0,5	1,1	Blister	Blister	1
F00408X00	0,5	1,1	115x160x135	4,5x6,3x5,3	1
F00408X10	0,5	1,1	115x160x135	4,5x6,3x5,3	1
F00408U1A	0,5	1,1	Blister	Blister	1
F00408U0A	0,5	1,1	Blister	Blister	1
K24 A PULSER					
F00408Y00	0,5	1,1	115x160x135	4,5x6,3x5,3	1
F00408Y10	0,5	1,1	115x160x135	4,5x6,3x5,3	1



METERS

Flow-rate
up to
120 l/min
(up to 32 gpm)

Accuracy
+/-
1%



PIUSI

DISPENSERS



Rotable display



Bidirectional

Plastic version for chemical liquids



K24 for Urea



K24 ENO approved for wine and beer (on request)



K24 for reconstituted milk for cattle + manual nozzle Code F00870030

PUMPS

METERS

NOZZLE METERS

NOZZLE

SPECIAL EQUIPMENTS

FLUID MONITORING

HOSE REEL

FILTERING

ACCESSORIES

FEATURES



Turbine pulse meter

ON REQUEST



Class I Groups C and D



Pulser version

PRODUCTS' RANGE TECHNICAL DATA

Code	Description	Fluids		Flow-rate		Pressure		Special battery included	Flange	Inlet - Outlet
		type		l/min	gpm	bar	psi			
K24 A										
F00408100	K24 A M/F 1" BSP	D		7 - 120	2 - 32	20	300	YES*	NO	M 1" BSP - F 1" BSP
F00408X00	K24 A M/F 1" BSP ATEX/IECEx	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	YES	NO	M 1" BSP - F 1" BSP
F00408X10	K24 A M/F 1" NPT ATEX/IECEx	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	YES	NO	M 1" NPT - F 1" NPT
F00408U1A	K24 UL M/F 1" BSP - UL Classified	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	YES	NO	M 1" BSP - F 1" BSP
F00408U0A	K24 UL M/F 1" NPT - UL Classified	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	YES	NO	M 1" NPT - F 1" NPT
K24 A PULSER										
F00408Y00	K24 A PULSER M/F 1" BSP ATEX/IECEx (92 pulse/l)	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	NO	NO	M 1" BSP - F 1" BSP
F00408Y10	K24 A PULSER M/F 1" NPT ATEX/IECEx (92 pulse/l)	D G K		7 - 120	2 - 32	20	300	NO	NO	M 1" NPT - F 1" NPT

Upon request available in NPTF version and Display in Gallon/Quarter or Pint
* N° 2x1,5V Battery included

ANEXO F FICHA TÉCNICA TRANSDUCTOR DE PRESIÓN



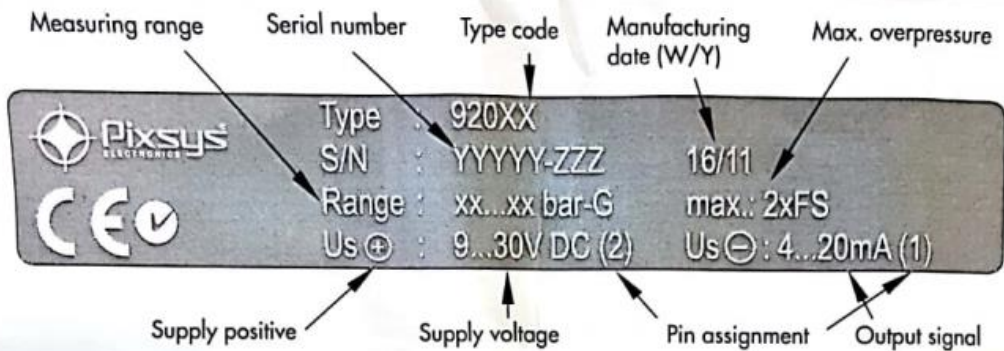
Instructions

920XX
Industrial, Refrigeration

Technical specification

Mounting torque:	15 ... 20 Nm
Operating temperature:	-25°C ... +85°C
Media temperature:	-25°C ... +125°C
Measuring principle:	Thick film on ceramic
Accurac	+/- 0,5% FS
Material:	inox 316L - FKM

Type label description



Electrical connections

Electrical connections

Connection of the measuring equipment

Ingress Protection	IP65 ²⁾		<p>Current output single arrangement</p> <p>2-wires</p> <p>Output</p> <p>4 ... 20 mA</p> <p>Load resistance</p> <p>(U_{supply} - 9V) / 20mA</p> <p>U_{SUPPLY}</p> <p>9 ... 30 VDC</p>
Designation	EN175301-803A (DIN43650-A)		
Type code	920XX		
Pin configuration			

Pixsys srl
Via Po 16, I - 30030 Mellaredo di Pianiga VE
Ph. +39 041 5190518 • Fax +39 041 5190027
www.pixsys.net - sales@pixsys.net
online assistance: forum.pixsys.net

2300.10.234-RevA
Subject to modifications without prior notice

ANEXO G FICHA TÉCNICA VÁLVULA PID

Design and principle of operation

Table 3: Technical data for Type 3372

Actuator area	120 cm ²				350 cm ²			
Bench range in bar	0.4 to 1.4	1.4 to 2.3		2.1 to 3.3	1.5 to 2.1	2.1 to 2.7	1.5 to 2.7	2.2 to 3.8
Fail-safe action	Stem retracts (FE)	Stem retracts (FE)	Stem extends (FA)	Stem extends (FA)	Stem retracts (FE)	Stem extends (FA)	Stem retracts (FE)	Stem extends (FA)
Travel	15 mm						30 mm	
Supply pressure	Max. 6 bar ¹⁾							
Ambient temperature range	-35 to +90 °C ²⁾				-35 to +90 °C ²⁾			
Dimensions	Refer to Fig. 9				Refer to Fig. 10			
Weight, approx.	3.3 kg				15 kg			
Compliance	ERC							
Material								
Actuator housing	Aluminum, powder paint coated				1.0332			
Diaphragm	NBR				NBR			
Actuator stem	1.4305				1.4401/1.4404			
Electropneumatic positioner								
Type 3725	Refer to Data Sheet ▶ T 8394 and Mounting and Operating Instructions ▶ EB 8394							
Electric limit switch								
Type 4744-2	One electric limit contact · 15 mm travel range ▶ T 8367 and ▶ EB 8367						-	

¹⁾ See section 6.2 for restrictions in on/off service.

²⁾ Observe temperature limits of the mounted valve accessories.

ANEXO H

FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA DE SEGURIDAD DE CALDERA



19-Series Bronze Safety Valves for Steam, Air & Gas Service



Overview

National Board capacity certified, high capacity, ideal for use with all types of boilers, pressure vessels, compressors and pressure piping systems.

ASME Section I and VIII

Sizes 1/2" through 2-1/2"

Maximum temperature is 406°F, 422°F for model 19S

Pressures: 15 through 300 psig steam, air, gas

Applications

Overpressure protection of steam boilers, sterilizers, distillers, cookers, and pressure reducing stations. Pneumatic conveying equipment, air compressors, receivers and dryers. Steam, air and gas accumulators, pressure vessels and pressure piping systems.

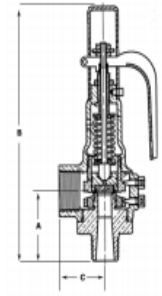
Features

- **New! Wider wrenching hex for easier, faster installations**
- **New! European Pressure Equipment Directive Compliant (optional)**
- Max. temp. 406°F, 422°F with stainless steel trim
- 12 sizes, 1/2" thru 2-1/2" NPT
- Stainless steel spring
- Optional 316 stainless steel wetted trim (Specify 19L or 19S Series)
- Available in metal and soft seat designs
- Metal to metal seat lapped to optical flatness
- Less costly repairing, soft seat easily replaced
- Double ring, full bore, high-capacity design
- Registered in all Canadian provinces and territories CRN #0G8547.5C

Options

- Choice of Teflon® or metal to metal seating
- Steam set pressures to 300 psi @ 422°F (Model 19S, stainless steel trim)
- 316 stainless steel wetted trim available for all sizes
- Anti-vibration dampened lifting lever

Dimensions



Old Part Number	New Model Number	Size Inlet x Outlet in./mm	Orifice Letter in./mm	A in./mm	B in./mm	C in./mm	Wt Each lbs/kg
19-202	19*DC	1/2 X 3/4 15 x 20	D	2.210 56.134	6.520 165.608	1.370 34.798	1.600 0.726
19-301	19*DD	3/4 X 3/4 20 x 20	D	2.210 56.134	6.520 165.608	1.370 34.798	1.600 0.726
19-302	19*ED	3/4 X 1 20 x 25	E	2.500 63.500	7.160 181.864	1.750 44.450	2.000 0.907
19-401	19*EE	1 X 1 25 x 25	E	2.640 67.056	7.300 185.420	1.750 44.450	2.200 0.998
19-402	19*FE	1 X 1-1/4 25 x 32	F	2.950 74.930	9.340 237.236	2.000 50.800	4.100 1.860
19-501	19*FF	1-1/4 X 1-1/4 32 x 32	F	2.950 74.930	9.340 237.236	2.000 50.800	4.300 1.950
19-502	19*GF	1-1/4 X 1-1/2 32 x 40	G	3.380 85.852	11.010 279.654	2.370 60.198	7.400 3.357
19-601	19*GG	1-1/2 X 1-1/2 40 x 40	G	3.380 85.852	11.010 279.654	2.370 60.198	7.600 3.447
19-602	19*HG	1-1/2 X 2 40 x 50	H	3.630 92.202	11.960 303.784	2.750 69.850	11.500 5.216
19-701	19*HH	2 X 2 50 x 50	H	3.630 92.202	11.960 303.784	2.750 69.850	11.600 5.262
19-801	19*JG	1-1/2 F X 2-1/2 65 x 65	J	3.800 96.520	14.000 355.600	3.500 88.900	20.000 9.072
19-702	19*JH	2 X 2-1/2 50 x 65	J	4.060 103.124	14.250 361.950	3.500 88.900	19.900 9.026
19-801	19*JJ	2-1/2 X 2-1/2 65 x 65	J	4.500 114.300	14.680 372.872	3.500 88.900	20.800 9.435
NEW	19*JG	1-1/2 X 2-1/2 40x65	j	3.800 96.520	14.000 355.600	3.500 88.900	20.000 9.072

ANEXO I

FICHA TÉCNICA PLC PLANTA TÉRMICA

VISION 570™ /560™

Advanced PLC from the back-big & beautiful color 5.7" touchscreen from the front. Snap-in I/Os for an All-in-One; expand up to 1000 I/Os

Features:

HMI

- Up to 1024 user-designed screens
- 500 images per application
- HMI graphs - color-code Trends
- Built-in alarm screens
- Text String Library - easy localization
- Memory and communication monitoring via HMI - No PC needed

PLC

- I/O options include high-speed, temperature & weight measurement
- Auto-tune PID, up to 24 independent loops
- Recipe programs and datalogging via Data Tables
- SD card - log, backup, clone & more
- Date & Time-based control

Communication

- TCP/IP via Ethernet
- Web server: Use built-in HTML pages, or design complex pages to view and edit PLC data via the Internet
- Send e-mail function
- SMS messaging
- GPRS/GSM
- Remote Access utilities
- MODBUS protocol support
- BACnet, M-bus – via 3rd-party converter
- CANbus: CANopen, UniCAN, SAE J1939 and more
- DF1 Slave
- SNMP Agent V1
- FB Protocol Utility: enables serial or TCP/IP communications with 3rd-party device; barcode readers, frequency converters, etc.
- Ports: supplied with 2 isolated RS232/RS485 and 1 CANbus; In Vision570: 1 USB programming port; 1 port may be added for serial/Ethernet

V560



V570
Classic Panel



V570-J
Flat Panel

“ For a first time user, I had a great experience. I look forward to incorporating this brand of product on future jobs. ”

Jeremy Charles Keene,
Controls Manager at General Broach Company

	V570		V560
Article Number	V570-57-T20B	V570-57-T20B-J	V560-T25B*
I/O Options			
Snap-in I/O Modules	Plug these modules directly into the back of the Vision unit to create a self-contained PLC with up to 62 I/Os. Inputs may include Digital, Analog, and Temperature measurement. Outputs may include Transistor, Relay, or Analog. (sold separately)		
I/O Expansion	Local or Remote I/Os may be added via expansion port or via CANbus. Expand up to 1000 I/Os		
Program			
Application Memory	Application Logic: 2MB • Images: 12MB • Fonts: 1MB		
Scan Time	9µsec per 1K of typical application		
Memory Operands	8192 coils, 4096 registers, 512 long integers (32-bit), 256 double words (32-bit unsigned), 64 floats, 384 timers (32-bit), 32 counters. Additional non-retainable operands: 1024 X-bits, 512 X-integers, 256 X-long integers, 64 X-double words		
Data Tables	120K dynamic RAM data (recipe parameters, datalogs, etc.), up to 256K fixed data		
SD Card	Store datalogs, Alarm History, Data Tables, Trend data, export to Excel • Back up Ladder, HMI & OS, clone PLCs		
Enhanced Features	Trends: graph any value and display on HMI • Built-in Alarm management system • String Library: instantly switch HMI language		
Operator Panel			
Type	TFT LCD		
Display Backlight Illumination	White LED		
Colors	65,536 colors, 16 bit resolution • Brightness - Adjustable via touchscreen or software		
Display Resolution & Size	320 x 240 pixels (QVGA), 5.7"		
Touchscreen	Resistive, Analog		
Keys	Virtual Keyboard	24 programmable keys. Labeling options – function keys or customized	
General			
Power Supply	12/24VDC		
Battery	7 years typical at 25°C, battery back-up for all memory sections and RTC		
Clock	Real-time clock functions (date and time)		
Environment	IP65/NEMA4X (when panel mounted)	IP66/IP65/NEMA4X (when panel mounted)	IP65/NEMA4X (when panel mounted)
Standard	CE, UL Many of our products are also UL Class 1 Div 2 and GOST certified - please contact Unitronics		

* Not yet UL certified

ANEXO J

FICHA TÉCNICA INDICADOR DIGITAL DE TABLERO ELÉCTRICO

MP5S/MP5Y/MP5W/MP5M Series

Features

- 13 kinds of various operation modes :
Revolution, speed, frequency, absolute ratio, passing time, error ratio, cycle, density, passing speed, error, time width, length measurement, time difference, interval, multiplication(MP5M Series have 11 operation modes)
- Various output function :
Relay output, NPN/PNP open collector output, low speed serial output, BCD output, PV transmission, RS485 communication output
- Various functions :
Prescale function, data monitoring function, hysteresis function, peak value monitoring function, monitoring delay function, auto zero time setting function, lock setting function, display period delay function
- Max. display range : -19999 to 99999(MP5M : 0 to 99999)
- Various display units : rpm, rps, Hz, kHz, sec, min, m, mm, mm/s, m/s, m/min, m/h, l/s, l/min, l/h, %, counts, etc.
- Selectable voltage input (PNP) or no voltage input (NPN)
- 50kHz high speed response



⚠ Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



Ordering information



MP 5 S - 4 N

		Main output(Comparative value output)	Sub output(Display value output)
Output	S type	N Indicator	X
	Y type	N Indicator	X
		1 NPN open collector quintuple output	X
		2 PNP open collector quintuple output	X
		3 Indicator	BCD Dynamic
		4 Indicator	PV transmission output(DC4-20mA)
	W type	5 Indicator	RS485 communication output
		N Indicator	X
		A Five relay(HH, H, GO, L, LL)	X
		1 Triple relay(H, GO, L)	X
		2 NPN open collector quintuple output	BCD Dynamic
		3 PNP open collector quintuple output	BCD Dynamic
		4 NPN open collector quintuple output	PV transmission output(DC4-20mA)
5 PNP open collector quintuple output		PV transmission output(DC4-20mA)	
6 NPN open collector quintuple output		Low speed serial output	
M type	7 PNP open collector quintuple output	Low speed serial output	
	8 NPN open collector quintuple output	RS485 communication output	
	9 PNP open collector quintuple output	RS485 communication output	
Power supply	(★1)		
	2 12VDC		
	4 100-240VAC 50/60Hz		
※(★1) Low voltage type is only for MP4S, MP5Y, MP5W Series.			
Size	S	DIN W48×H48mm	
	Y	DIN W72×H36mm	
	W	DIN W96×H48mm	
	M	DIN W72×H72mm	
Digit	5	99999(5 Digit)	
	MP	Pulse meter	
Series			

※PNP open collector output : Option

Pulse(Rate) Meter

Specifications(MP5S/MP5Y/MP5W Series)

Series	MP5S-4N	MP5Y-2□	MP5Y-4□	MP5W-2□	MP5W-4□
Display method	7 Segment LED display (Zero blanking type)				
Character size	W4 × H8mm	W6.8 × H13.8mm			
Max. indication	-19999 to 99999				
Power supply	100-240VAC 50/60Hz	12VDC	100-240VAC 50/60Hz	12VDC	100-240VAC 50/60Hz
Allowable operation voltage	Allowable operation voltage : 90 to 110%				
Power consumption	Max. 7.5VA	Max. 6W	Max. 7VA	Max. 7W	Max. 6VA
Power for external sensor	12VDC ±10%, 80mA				
Input frequency	<ul style="list-style-type: none"> • Solid-state input : Max. 50kHz(Pulse width : Each over 10μs) • Contact input : Max. 45Hz(Pulse width : Over 11ms) 				
Input level	[Voltage input] High : 4.5-24VDC, Low : 0-1.0VDC, Input impedance : 4.5kΩ [No-voltage input] Impedance at short-circuit : Max. 300Ω, Residual voltage : Max. 1V Impedance at open-circuit : Min. 100kΩ				
Measuring range	<ul style="list-style-type: none"> • Mode F1, F2, F7, F8, F9, F10 : 0.0005Hz to 50kHz • Mode F3 : 0.02s to 3,200s • Mode F4, F5, F6 : 0.01s to 3,200s • Mode F11, F12, F13 : 0 to 4 × 10⁹ Count 				
Measuring accuracy (23 ±5°C)	<ul style="list-style-type: none"> • Mode F1, F2, F7, F8, F9, F10 : F.S. ±0.05% rdg ±1Digit • Mode F3, F4, F5, F6 : F.S. ±0.01% rdg ±1Digit 				
Display period	0.05 / 0.5 / 1 / 2 / 4 / 8sec.(It is same with period of output update.)				
Operation mode	Number of revolution/Speed/Frequency(F1), Passing speed(F2), Cycle(F3), Passing time(F4), Time width(F5), Time difference(F6), Absolute ratio(F7), Error ratio(F8), Density(F9), Error(F10), Length measurement(F11), Interval(F12), Multiplication(F13) ※Refer to M-19 to 22 for the operation mode.				
Prescale function	Direct input method(0.0001 × 10 ⁻⁹ to 9.9999 × 10 ⁹)				
Hysteresis	(Note1) 0 to 9999				
Other functions	<ul style="list-style-type: none"> • Lock setting function • Auto-Zero time setting function • Time unit selection function • Peak value monitoring function • Memory protection function (Mode F13 applied only) • Lock setting function • Monitoring delay function • Auto-zero time setting function • Current output range selection(Current output type only) • Comparative output function(HH, H, GO, L, LL) • Time unit selection function • Deviation memory function(F output mode applied only) • Peak value monitoring function • Remote/Local switching function(Communication output type only) • Data bank switching function (Note2) • Memory protection function(Mode F13 applied only) 				
Main output	Triple relay	—		250VAC 3A resistive load 3a	
	Quintuple relay	—		—	
	NPN Open collector (Quintuple)	—		12-24VDC 30mA Max.	
	PNP Open collector (Quintuple)	—		12-24VDC 20mA Max.	
Sub output	BCD Dynamic	—		NPN Open collector 12-24VDC 30mA Max.	
	Low speed serial output	—		NPN Open collector 12-24VDC 20mA Max.	
	PV transmission	—		DC4-20mA Load 600Ω Max. (Response time : Max. 800ms)	
	RS485 communication	—		32 channels, Mutual direction communication function	
Memory protection	Non-volatile memory(Input : Min. 100,000 times)				
Insulation resistance	Min. 100MΩ (at 500VDC megger) Between charge part and non-charge part				
Dielectric strength	2000VAC 60Hz 1minute(Between terminals of AC power and case, Between terminals of AC power and measuring input terminals)				
Impulse noise strength	±2000VAC the square wave noise(pulse width : 1μs)by the noise simulator, repeat frequency 60Hz				
Vibration	Mechanical	0.75mm amplitude at frequency of 10 ~55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hour			
	Malfunction	0.5mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 10 minutes			
Shock	Mechanical	300m/s ² (30G) in X, Y, Z directions for 3 times			
	Malfunction	100m/s ² (10G) in X, Y, Z directions for 3 times			
Relay life cycle	Malfunction	—			
	Mechanical	Min. 10,000,000 times			
Ambient temperature	-10 to 50°C (at non-freezing status)				
Storage temperature	-20 to 60°C (at non-freezing status)				
Ambient humidity	35 to 85%RH				
Approval	CE 		—		CE 
Unit weight	Approx. 130g		Approx. 135g		Approx. 230g

※ **(Note1)** The hysteresis setting range is changed by the setting position of decimal point. (Refer to M-25 for hysteresis function.)

※ **(Note2)** Data bank switching function is in MP5W series only.

(A) Photo electric sensor
(B) Fiber optic sensor
(C) Door/Area sensor
(D) Proximity sensor
(E) Pressure sensor
(F) Rotary encoder
(G) Connector/Socket
(H) Temp. controller
(I) SSR/Power controller
(J) Counter
(K) Timer
(L) Panel meter
(M) Tacho/Speed/Pulse meter
(N) Display unit
(O) Sensor controller
(P) Switching power supply
(Q) Stepping motor & Driver & Controller
(R) Graphic/Logic panel
(S) Field network device
(T) Production stoppage models & replacement

ANEXO K

FICHA TÉCNICA DE MÓDULO DE EXPANSIÓN DE PLC

6/05

V200-18-E3XB Snap-In I/O Module

V200-18-E3XB Technical Specifications

Digital Inputs

Number of inputs	18 (in two groups)
Input type	pnp (source) or npn (sink)
Galvanic isolation	
Digital inputs to bus	Yes
Digital inputs to digital inputs in same group	No
Group to group, digital inputs	Yes
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'
Input current	6mA@24VDC for inputs #4 to #17 8.8mA@24VDC for inputs #0 to #3
Response time	10mSec typical
High speed inputs	Specifications below apply when these inputs are wired for use as a high-speed counter input/shaft encoder. See Notes 1 and 2.
Resolution	32-bit
Frequency	10kHz maximum
Minimum pulse width	40µs

Notes:

1. Inputs #0 and #2 can each function as either high-speed counter or as part of a shaft encoder. In each case, high-speed input specifications apply. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.
2. Inputs #1 and #3 can each function as either counter reset, or as a normal digital input; in either case, its specifications are those of a normal digital input. These inputs may also be used as part of a shaft encoder. In this case, high-speed input specifications apply.

Digital Outputs

Digital Output's Power Supply

Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Quiescent current	20mA@24VDC.
Max. current consumption	85mA@24VDC. See Note 3.

Galvanic isolation

Digital power supply to bus	Yes
Digital power supply to relay outputs	Yes
Digital power supply to transistor outputs	No

Notes:

3. Maximum current consumption does not provide for PNP output requirements. The additional current requirement of PNP outputs must be added.

Relay Outputs	
Number of outputs	15 relays (in two groups). See Note 4.
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHZ or comparable
Outputs' power supply	See Digital Output's Power Supply above
Galvanic isolation	
Relay outputs to bus	Yes
Group to group, relay outputs	Yes
Relay to transistor outputs	Yes
Output current	3A maximum per output (resistive load) 8A maximum total for common (resistive load)
Rate voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA@5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10mS (typical)
Contact protection	External precautions required (see Increasing Contact Life Span, p.4)

Notes:

4. Outputs #2,3,4,5,6 and 7 share a common signal. Outputs #8,9,10,11,12,13,14,15 and 16 share a common signal

Transistor Outputs

Number of outputs	2, high-speed. Each can be individually set as pnp (source) or npn (sink) via wiring and jumper settings. See Note 5.
Output type	pnp: P-MOSFET (open drain) nnp: N-MOSFET (open drain)
Galvanic isolation	
Transistor outputs to bus	Yes
Transistor outputs to transistor outputs	No
Transistor outputs to relay outputs	Yes
Output current	pnp: 0.5A maximum per output nnp: 50mA maximum per output
Maximum frequency	<u>Resistive load</u> pnp: 2kHz nnp: 50kHz <u>Inductive load</u> 0.5Hz
ON voltage drop	pnp: 0.5VDC maximum nnp: 0.4VDC maximum
Short circuit protection	Yes (pnp only)
pnp (source) power supply	See Digital Output's Power Supply above
nnp (sink) power supply operating voltage	3.5V to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller

Notes:

5. Both transistor outputs may be used as high-speed outputs.

Analog I/O's Power Supply

Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Quiescent current	70mA@24VDC
Max. current consumption	130mA@24VDC
Galvanic isolation	
Analog power supply to bus	Yes
Analog power supply to analog inputs	Yes
Analog power supply to analog outputs	Yes

Analog/ PT100/ TC Inputs

Number of inputs	4
Type of input	Set via appropriate wiring and jumper settings.

Analog Inputs Power Supply

Galvanic isolation	
Analog/PT/TC inputs to bus	Yes
Analog/PT/TC inputs to analog outputs	Yes
Analog /PT/TC inputs to Analog /PT/TC inputs	No

Analog inputs

Input range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA
Power supply	See Analog I/O's Power Supply above
Conversion method	Successive approximation
Resolution at 0-10V, 0-20mA	14-bit (16384 units). See Note 6.
Resolution at 4-20mA	3277 to 16384 (13107 units). See Note 6.
Conversion time	Synchronized to cycle time
Input impedance	>1M Ω —voltage 121.5 Ω —current
Absolute maximum rating	\pm 20V—voltage \pm 40mA—current
Full-scale error	\pm 0.4%
Linearity error	\pm 0.04%
Status indication	Yes. See Note 7.

Notes:

- 12 or 14-bit resolution may be selected via software.
- The analog value can indicate faults as shown below:

<u>Value</u>	<u>Possible Cause</u>
16384	Input value deviates slightly above the input range
32767	-Input value deviates greatly above or below the input range -Power supply disconnected

PT100 Inputs

Input range	-200 to 600°C/-328 to 1100°F. 1 to 320Ω. See Note 8.
Conversion method	Voltage to frequency
Resolution	0.1°C/0.1°F
Conversion time	200mS minimum per channel, depending on software filter type
Input impedance	>10MΩ
Auxillary current for PT100	150μA typical
Full-scale error	±0.4%
Linearity error	±0.04%
Status indication	Yes. See Note 9.

Notes:

- The device can also measure resistance with the range of 1-320 Ω at a resolution of 0.1 Ω.
- The analog value can indicate faults as shown below:

<u>Value</u>	<u>Possible Cause</u>
32767	- Sensor is not connected to input - Value exceeds permissible range - Power supply disconnected
-32767	Sensor is short-circuited

Thermocouple inputs

Input range	As shown in the table on page 15. See Note 10.
Conversion method	Voltage to frequency
Resolution	0.1°C/0.1°F maximum
Conversion time	100mS minimum per channel, depending on software filter type
Input impedance	>10MΩ
Cold junction compensation	Local, automatic
Cold junction compensation error	±1.5°C / ±2.7°F maximum
Absolute maximum rating	±0.6VDC
Full-scale error	±0.4%
Linearity error	±0.04%
Warm-up time	½ hour typically, ±1°C/±1.8°F repeatability
Status indication	Yes. See Note 11.

Notes:

- The device can also measure voltage within the range of -5 to 56mV, at a resolution of 0.01mV. The device can also measure raw value frequency at a resolution of 14-bits(16384)
- The analog value can indicate faults as shown below:

<u>Value</u>	<u>Possible Cause</u>
32767	- Sensor is not connected to input - Sensor value exceeds the maximum value - Power supply disconnected
-32767	Sensor value is under the minimum value

ANEXO L

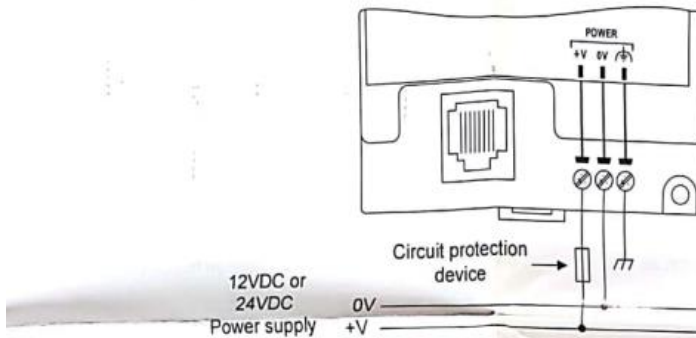
FICHA TÉCNICA DE ADAPTADOR DE MÓDULO DE EXPANSIÓN DE PLC

EX-A2X I/O Expansion Module Adapter, Isolated

2/09

Wiring Power Supply

1. Connect the "positive" cable to the "+V" terminal, and the "negative" to the "0V" terminal.
- Always connect the functional earth pin to the earth ground. Use a dedicated wire for this purpose; it must not exceed 1 meter.
 - Do not connect the neutral or line signal of the 110/220VAC to the device's 0V pin.
 - In the event of voltage fluctuations or non-conformity to voltage power supply specifications, connect the device to a regulated power supply.
 - A non-isolated power supply can be used provided that a 0V signal is connected to the chassis.
 - Note that both the OPLC and the EX-A2X must be connected to the same power supply. The EX-A2X and the OPLC must be turned on and off simultaneously.



EX-A2X Technical Specifications

I/O module capacity	Up to 8 I/O modules can be connected to a single adapter.
Power supply	12VDC or 24VDC
Permissible range	10.2 to 28.8VDC
Max. current consumption	650mA @ 12VDC; 350mA @ 24VDC
Typical power consumption	4W
Current supply for I/O modules	1A max. from 5V (see Note 1)
Galvanic isolation	
EX-A2X power supply to:	
OPLC port	Yes
Expansion module port	No
Status indicators	
(PWR)	Green LED—Lit when power is supplied.
(COMM.)	Green LED—Lit when communication is established.
Environmental	IP20/NEMA1
Operating temperature	0Y to 50YC (32 to 122YF)
Storage temperature	-20Y to 60YC (-4 to 140YF)
Relative Humidity (RH)	10% to 95% (non-condensing)
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15" x 3.66" x 2.362")
Weight	125g (4.3oz.)
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.

Unitronics

Notes:

1. Example: 2 I/O-DI8-TO8 units consume a maximum of 140mA of the 5VDC supplied by the EX-A2X.

Addressing I/Os on Expansion Modules

Inputs and outputs located on I/O expansion modules that are connected to an OPLC are assigned addresses that comprise a letter and a number. The letter indicates whether the I/O is an input (I) or an output (O). The number indicates the I/O's location in the system. This number relates to both the position of the expansion module in the system, and to the position of the I/O on that module.

Expansion modules are numbered from 0-7 as shown in the figure below.



The formula below is used to assign addresses for I/O modules used in conjunction with the OPLC.

X is the number representing a specific module's location (0-7). Y is the number of the input or output on that specific module (0-15).

The number that represents the I/O's location is equal to:

$$32 + x \cdot 16 + y$$

Examples

- Input #3, located on expansion module #2 in the system, will be addressed as I 67,
 $67 = 32 + 2 \cdot 16 + 3$
- Output #4, located on expansion module #3 in the system, will be addressed as O 84,
 $84 = 32 + 3 \cdot 16 + 4$.

EX90-DI8-RO8 is a stand-alone I/O module. Even if it is the only module in the configuration, the EX90-DI8-RO8 is always assigned the number 7.

Its I/Os are addressed accordingly.

Example

- Input #5, located on an EX90-DI8-RO8 connected to an OPLC will be addressed as I 149, $149 = 32 + 7 \cdot 16 + 5$

The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market.

All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.

The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1989) (R"G) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them.

DSP-EXP-EX-A2X 12/09

ANEXO M

FICHA TÉCNICA DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN PLC

TRIO-PS/1AC/24DC/10

3 Datos de pedido

Descripción	Tipo	Código	Embalaje
Fuente aliment. carr. simétr., conmutada primario, monofásica, salida: 24 V DC / 10 A	TRIO-PS/1AC/24DC/10	2866323	1
Accesorios	Tipo	Código	Embalaje
Adaptador de pared universal	UWA 182/52	2938235	1
Adaptador de montaje para QUINT POWER 10 A sobre carril S7-300	QUINT-PS-ADAPTERS7/2	2938206	1

4 Datos técnicos

Datos de entrada	
Margen de tensión nominal de entrada	100 V AC ... 240 V AC
Margen de tensión de entrada AC	85 V AC ... 264 V AC (derating < 90 V AC: 2,5 % por Kelvin)
Tensión de entrada de corta duración	300 V AC
Gama de frecuencias AC	45 Hz ... 65 Hz
Absorción de corriente	3 A (100 V AC) 1,5 A (240 V AC)
Limitación de la corriente de cierre	< 15 A
I^2t	0,7 A ² s
Puenteo en fallo de red	> 24 ms (120 V AC) > 24 ms (230 V AC)
Tiempo de conexión típico	< 1 s
Factor de potencia (cos phi)	0,99
Circuito de protección	Protección contra sobretensiones transitorias Varistor
Fusible de entrada, instalado	6,3 A (lento, interno)
Corriente de derivación a tierra (PE)	< 3,5 mA
Datos de salida	
Tensión nominal de salida	24 V DC \pm 1 %
Margen ajustable de tensión de salida	22,5 V DC ... 29,5 V DC (> 24 V potencia constante)
Corriente de salida	10 A (-25 °C... 55 °C)
Derating	desde +55 hasta 70 °C: 2,5 % por Kelvin
Limitación de corriente	Aprox. 14 A (en caso de cortocircuito)
Carga capacitiva máxima	ilimitado
Desviación de regulación	< 1 % (cambio de carga estático 10 % ... 90 %) < 2 % (cambio de carga dinámico 10 % ... 90 %) < 0,1 % (cambio de tensión de entrada \pm 10 %)
Rendimiento	> 89 % (con 230 V AC y valores nominales)
Tiempo de ascenso	< 2 ms (U_{OUT} (10 % ... 90 %))
Ondulación residual	< 10 mV _{pp}
Puntas de conexión	< 50 mV _{pp}
Posibilidad de conexión en paralelo	Sí, para redundancia y aumento de potencia
Posibilidad de conexión en serie	Sí
Protección contra sobretensiones internas	Sí, < 35 V DC
Resistencia a la alimentación de retorno	35 V DC
Balance de potencia	
Disipación máxima de circuito abierto	6,7 W
Disipación de carga nominal máxima	30 W

ANEXO N

FICHA TÉCNICA DE MÓDULO DE EXPANSIÓN PT-100

I/O-PT400, I/O-PT4K I/O Expansion Modules

I/O-PT400, I/O-PT4K Technical Specifications

Max. current consumption	35mA maximum from the adapter's 5VDC
Typical power consumption	0.09W @ 5VDC
Status indicator (RUN)	Green LED: —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Blinks when the communication link fails.

Analog Inputs

Number of inputs	4	
Model number	I/O-PT400	I/O-PT4K
RTD type	PT100, NI100, NI120	PT1000, NI1000
Temperature coefficient α	PT: 385/392, NI100: 618, NI120: 672	PT: 385/392, NI: 618

See Note 1


Temperature unit	°C and °F	
Temperature range		
PT100/1000	-50° to 460°C (-58° to 860°F)	
NI100/1000	-50° to 232°C (-58° to 449°F)	
NI120	-50° to 172°C (-58° to 341°F)	
Isolation	None	
Resolution	12-bit (4096 units)	
Measurement resolution	±0.1°C (0.1°F). See Note 2.	
Conversion method	Successive approximation	
Conversion time	40msec	
Input impedance	10M Ω minimum	
Auxiliary current		
PT100/NI100/NI120	1.9mA	
PT1000/NI1000	0.19mA	
Linearity error	I/O-PT400	I/O-PT4K
	±0.3°C (0.6°F) (±0.05%)	±0.4°C (0.8°F) (±0.06%)
Temperature accuracy	±0.4°C (0.8°F)	
Status indicators (OUT OF RANGE)	Red LEDs—Lit when the corresponding input measures an analog value (temperature) outside of the permissible range. See Note 3.	
Connection options	2, 3 or 4 wires	

Environmental

Operating temperature	IP20 / NEMA1
Storage temperature	0° to 50°C (32 to 122° F)
Relative Humidity (RH)	-20° to 60°C (-4 to 140° F)
Dimensions (WxHxD)	10% to 95% (non-condensing)
Weight	80 x 93 x 60mm (3.15 x 3.66 x 2.362")
Mounting	140.3g (4.94oz.)
	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.

ANEXO O
PLANO P&ID PLANTA TÉRMICA

ANEXO P
GUÍA DE LABORATORIO

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

PROGRAMA: Ingeniería Mecánica		DEPARTAMENTO: Ingeniería mecánica
NOMBRE ASIGNATURA: Instrumentación y Control de Procesos		CÓDIGO: 3346
PRÁCTICA No. 1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA: Elaboración de planos P&ID de planta generadora de vapor y energía	

1 INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO:

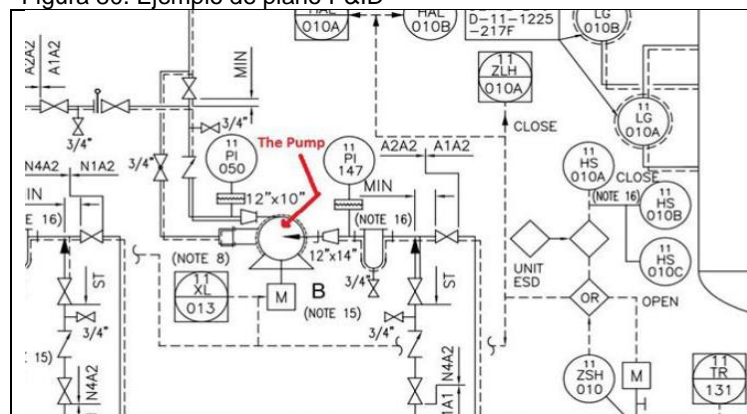
Plano P&ID (piping and instrumentation diagram/drawing)

Es un diagrama de tuberías e instrumentación donde se muestra el flujo del proceso que pasa por las tuberías y de los equipos instalados en la planta.

Estos planos están conformados por una serie de símbolos que identifican los componentes que conforman el proceso como: Equipos mecánicos, tuberías, dimensiones de estas, fluido de proceso, válvulas, drenajes, elementos de control, sensores y puntos de comunicación con sistemas de control, etc. Figura 1.

El estándar en la que se basa generalmente la elaboración de los planos P&ID es la Norma ISA S5.1 (Instrument Society of America).


Figura 80. Ejemplo de plano P&ID



Fuente: ARVENG. Diagrama de tuberías e instrumentos P&ID. Madrid. [En línea] [citado 23 nov, 2018]. Disponible en: <https://arvengtraining.com/cursos/diagramas-de-tuberias-e-instrumentos-pid/>

Elementos de un sistema de control

Todos los sistemas de control ejercen tres operaciones básicas: Medición, Decisión y Acción. Las cuales son capaces de operar debido a los siguientes componentes: sensores, transmisores, controladores y elementos finales de control.

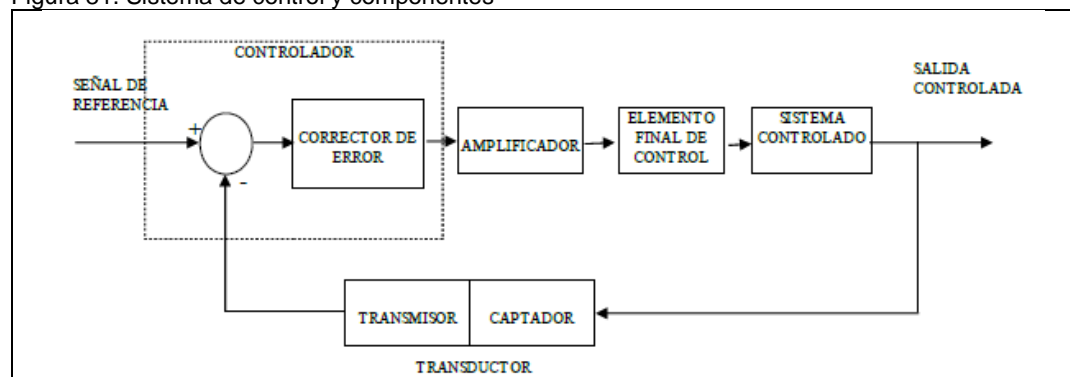
 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
		FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

1. Instrumento: Es el nombre que se le da a los diferentes dispositivos que permiten indicar o medir cantidades o condiciones físicas, posición, dirección y similares.
2. Transmisores: Los transmisores captan la variable de proceso a través del elemento primario y lo transmiten a distancia en forma de señal neumática, electrónica, digital, óptica, hidráulica o por radio.
3. Sensor: También conocido como detector o elemento primario, son los que entran en contacto con la variable. El sensor es el encargado de captar el valor de la variable de proceso y enviar una señal de salida determinada. El funcionamiento de este se basa en absorber energía del medio controlado y así darle una medición al sistema del control, registrando los cambios de la variable.
4. Transductor: Consiste en un dispositivo capaz de medir en cada instante el valor de la magnitud de salida y proveer una señal proporcional a al dato obtenido.
5. Convertidor: Dispositivo que recibe una señal de entrada a través de los instrumentos instalados y la convierte a una señal de salida estándar; por ejemplo: un convertidor recibe una señal de entrada neumática la cual convierte a una señal de salida eléctrica, un convertidor P/I.
6. Controlador: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado.⁶⁵ Es decir, de la diferencia calcula el error ($\text{Error} = \text{Valor medido} - \text{Valor deseado}$) y con este resultado ejercer un efecto de control para corregirlo. Su principal función es emitir la señal que permita a la variable controlada llegar a su valor de referencia.

Señal de referencia o SET-POINT:

Es el valor deseado de la señal de salida o variable monitoreada por un sensor. Cualquier valor diferente al de referencia genera una señal de error.

Figura 81. Sistema de control y componentes




Fuente: RODRIGUEZ, Claudio. Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. 2 p.

Lazo de control:

Es la configuración en la cual los instrumentos ejercen el control en el proceso. Un lazo abierto se genera dependiendo su entrada, mientras que los lazos cerrados dependen de las señales de salida para corregir el error. En la figura 3 se diferencian estos dos tipos de lazo.

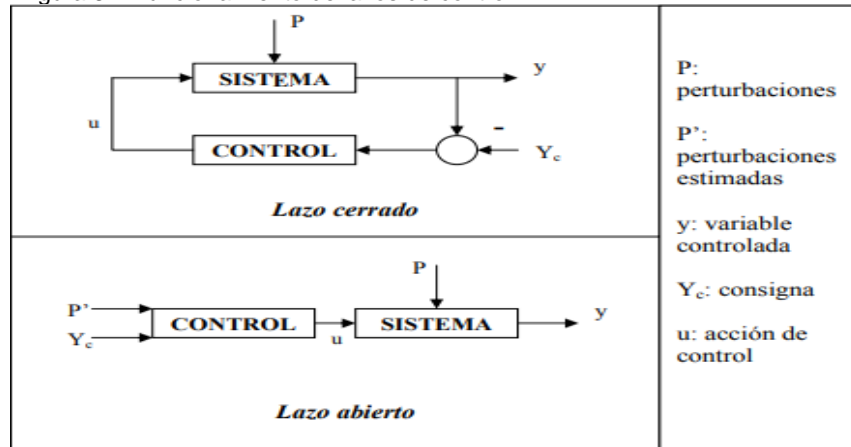
⁶⁵ MENDIBURU Op. cit. p. 4

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

Lazo abierto (Open Loop): Es el sistema en que sólo actúa el proceso sobre una señal de entrada y una señal de salida independiente. Además, tiene la desventaja de no tener realimentación, es decir, la capacidad de modificar la variable de salida, en otras palabras, no corrige los errores que presenta. Sin embargo, es el tipo más sencillo de implementar, económico y de fácil mantenimiento.

Lazo cerrado (Feedback): Son aquellos sistemas que cuentan con realimentación en su proceso. Por ello, pueden corregir los errores entre el valor medido y el valor consigna. Este tipo de sistema puede ser aplicado a cualquier proceso y hoy en día es el más usado en la industria.

Figura 82. Funcionamiento de lazos de control



Fuente: UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA, Sistemas de control, [En línea] [citado 1 ago, 2018], UPC, 11 p. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>


Comunicación industrial:

En cualquier proceso automatizado al igual que los seres humanos necesitan una manera de relacionarse con su entorno, lo mismo pasa en la industria, los distintos instrumentos, equipos, computadores entre otros, necesitan comunicarse entre sí para entregar una salida del proceso deseada.

Sistemas SCADA:

Estos sistemas se conciben como una herramienta de supervisión y control. Los sistemas SCADA cuentan con las siguientes prestaciones:

- ❖ Monitorización: Es la representación de los datos tomados por los instrumentos de la planta en tiempo real a los operadores de planta.
- ❖ La supervisión: Supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas para la toma de decisiones
- ❖ La adquisición de datos en observación: Permite la creación de bases de datos de los valores de las diferentes variables, con el propósito de ser evaluadas posteriormente.
- ❖ Alarmas: Señales de aviso del estado de la planta, ante circunstancias no deseadas y su inmediata información al operador.

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

Todos los sistemas que funcionan con lo anteriormente dicho obtienen un nombre más común para definir dicha relación:

MMI: Man Machine Interface, interfaz hombre - máquina
HMI: Human Machine Interface, Interfase hombre – máquina

HMI - MMI:

Acrónimo de Human Machine Interface. Un HMI es una aplicación de software que presenta información a un operador o usuario sobre el estado de un proceso, y para aceptar e implementar las instrucciones de control del operador. Normalmente, la información se muestra en un formato gráfico (interfaz gráfica de usuario o GUI). Una HMI es a menudo una parte de un sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos).

2 OBJETIVO(S):

El objetivo fundamental es fomentar la enseñanza activa y participativa, de los estudiantes de ingeniería, permitiéndole realizar el levantamiento y elaboración de planos P&ID tipo industrial, impulsando el método científico y la innovación a partir de la tecnología.


1. Identificar los lazos de control y los componentes presentes en el equipo.
2. Reconocer la simbología de instrumentos según norma ISA S5.1..
3. Caracterizar los instrumentos de la planta.
4. Entender el funcionamiento de los diferentes lazos de control identificados en la planta.
5. Elaborar planos P&ID de la planta.
6. Elaborar una interfaz de usuario en LabVIEW.

3 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y/O MATERIALES:

1. Planta generadora de vapor y energía de laboratorio de máquinas térmicas.

Los componentes requeridos para la practica se encuentran en el inventario asignada para cada equipo.



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

Se trabajará con toda la planta térmica, no debe ser encendida como requerimiento, la inspección y entendimiento se realizará de manera visual, bajo la supervisión y apoyo del docente.

PRECAUCIONES:

Por trabajar en la planta de generación de vapor y energía es obligatorio el uso de bata y gafas de seguridad, se deben atender todas las recomendaciones puntuales para el adecuado uso de los elementos facilitados para la practica.

Nunca encienda equipos, ni manipule instrumentos a menos de que el docente lo indique.

2. Norma ISA 5.1.

Estas normas tienen como objetivo principal, representar el funcionamiento de un sistema a partir de un diagrama o plano, que posee un conjunto de símbolos utilizados para la designación de instrumentos de control y medición de señales que representan cada uno de los elementos de dicho sistema, con el fin de que puedan ser comprendidas de forma singular y de manera efectiva.

3. LabVIEW.



LabVIEW⁶⁶ es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas de control con acceso rápido a la información de datos y hardware. Es un producto de la empresa National Instruments especializado para la informática industrial y científica, está basado en lenguaje gráfico de programación creado por la misma empresa, permitiendo al usuario crear programas informáticos complejos facilitando al mismo tiempo la programación y el tiempo que lleva crearlos.

Para descargar el software con licencia de estudiante por 6 meses:

<https://forums.ni.com/t5/General-Academic-Projects/Free-6-Month-Evaluation-of-LabVIEW-Student-Edition-for-at-home/ta-p/3497362>

4. Software complementario:


Para el desarrollo de esta guía será necesario usar este software como alternativa al modulo SCADA de LabVIEW, permitiendo al usuario modificar los elementos de programación por graficos utilizados en pantallas HMI de la industria.

En este enlace encontrará un breve tutorial de uso y el software:

<https://www.youtube.com/watch?v=4kXNsgjAK0I>

En el procedimiento del desarrollo del ultimo objetivo encontrará más información para el diseño de la pantalla.

⁶⁶ National Instruments. ¿Qué es LabVIEW? [En línea] [citado 18 sep, 2018]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>

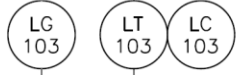

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS:

1. Para el desarrollo del primer objetivo en un cuadro clasifique y explique los lazos abiertos y cerrados de la planta de la siguiente manera:

CLASIFICACIÓN DE LAZOS DE CONTROL PLANTA TÉRMICA F.U.A.			
1	Lazo abierto de temperatura	Elemento Primario:	PT-100
		Transmisor:	PT-100
		Transductor:	-
		Controlador:	PLC
		Elemento final de control:	-
2	Lazo (abierto/cerrado) de _____	Elemento Primario:	
		Transmisor:	
		Transductor:	
		Controlador:	
		Elemento final de control:	


2. Identifique los instrumentos presentes en cada lazo de control de la planta y realice una lista de caracterización de instrumentos como el del siguiente cuadro:

INSTRUMENTO	TAG	SIMBOLOGÍA
Controlador de nivel de caldera	LG-103 LT-103 LC-103	
Sensor de temperatura (PT-100)	TE-105	

Nota: La elaboración de los TAGS debe realizarse según norma ISA S5.1

3. Una vez haya identificado cada uno de los instrumentos cree una tabla en la que caracterice y describa el funcionamiento de cada uno, por ejemplo:

INSTRUMENTO	VARIABLE DE MEDICIÓN	FUNCIONAMIENTO
PT-100	TEMPERATURA	Este sensor consiste en un hilo muy fino de material conductor que normalmente...
....

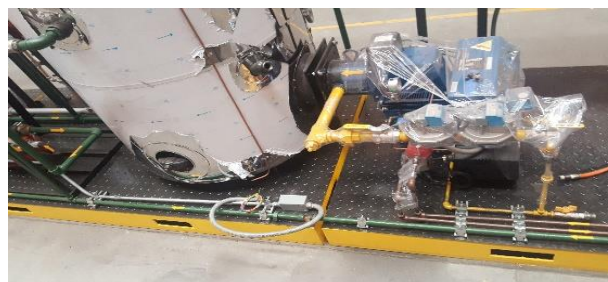
 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019


4. Describa en un párrafo el funcionamiento de cada uno de los siguientes lazos de control de la planta térmica aplicando todo lo investigado anteriormente:

PRIMER LAZO DE CONTROL: ALIMENTACIÓN DE ACPM A QUEMADOR



SEGUNDO LAZO DE CONTROL: ALIMENTACIÓN DE GAS A QUEMADOR




 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

TERCER LAZO DE CONTROL: ALIMENTACIÓN DE AGUA A CALDERA



CUARTO LAZO DE CONTROL: SALIDA DE VAPOR Y DISTRIBUCIÓN
En este lazo solo se relaciona el montaje de las salidas y el BAIPÁS del distribuidor.



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019




QUINTO LAZO DE CONTROL: FUNCIONAMIENTO DE CICLO DE GENERACIÓN RANKINE SOBREALENTADO Y RETORNO A TANQUE DE CONDENSADOS



SEXTO LAZO DE CONTROL: FUNCIONAMIENTO DE SUAVIZADOR DE AGUA Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
		FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

SÉPTIMO LAZO DE CONTROL: INTERCAMBIADORES DE CALOR

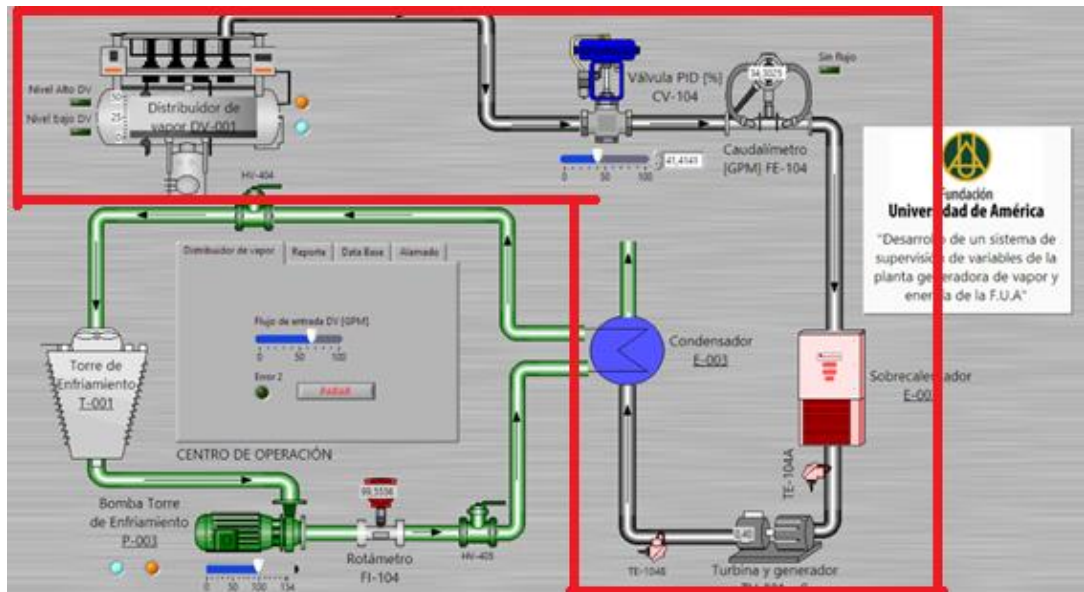



5. Haciendo uso de la norma ISA 5.1., diseñe el plano P&ID de la planta generadora de vapor y energía de la Fundación Universidad América.

6. Para el desarrollo de este objetivo nos basaremos en el "Sistema de supervisión de variables de funcionamiento de la planta generadora de vapor y energía de la F.U.A.", sistema el cual simula el funcionamiento de la planta de manera práctica y didáctica.

Se le recomienda al estudiante, practicar varias veces con el software para la programación de su pantalla.

Después de haber interactuado con el software se le solicita a usted como encargado de la planta el diseño de una pantalla (HMI) en la que se simule el siguiente lazo de control compuesto por el dosificador de vapor, la válvula PID, caudalímetro, sobrecalentador y generador de energía de la planta térmica, encontrado en la tercera pantalla del software.



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código: FO-10-PR-EF-019
	FACULTAD DE INGENIERÍAS	Versión 0
	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Febrero 2019

Para el desarrollo de la simulación tenga en cuenta las siguientes condiciones:

1. Asumir el dosificador de vapor como un tanque.
2. Simular el llenado del Distribuidor de Vapor.
3. Simular el vaciado del Distribuidor de Vapor.
4. La válvula debe funcionar de manera que gradue el flujo de manera interactiva.
5. Use un indicador y reemplacelo por un equipo similar al caudalímetro que demuestre el flujo después de ser afectado por la válvula.
6. Cree LEDs que sean reemplazados por tubería de manera que cambien de color cuando el flujo esté presente en esa sección.
7. Cree un LED y reemplacelo por un equipo similar al sobrecalentador que cambie de color cuando el flujo esté presente en esa sección.
8. Use un indicador que genere valores aleatorios entre 1 y 0, y uselo como el generador de energía.
9. Cree las alarmas como nivel alto, nivel bajo y las que crea correspondientes.

5 CÁLCULOS Y RESULTADOS:

1. Elaborar cuadro de clasificación de los lazos de control de la planta.
2. Elaborar cuadro de simbología por elemento
3. Elaborar cuadro de caracterización de instrumentos.
4. Redactar un párrafo explicando el funcionamiento de cada lazo de control
5. Elaborar planos P&ID de cada lazo de control presentado.
6. Diseño y programación de una pantalla HMI en LabVIEW

6 ANEXOS:

1. Norma ISA 5.1.

7 REFERENCIAS:

- DUNN, William. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. Edición ilustrada ed. US: McGraw-Hill, 2005. 20 p.
- AGUILAR, Efraín. Fundamentos de control automático. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Julio, 2015. 8 p.
- CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. 8a ed. Barcelona: Marcombo, 2010. 23 p. ISBN 978-84-267-1668-2
- RODRIGUEZ, Claudio. Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. 2 p.
- MENDIBURU DIAZ, Henry Antonio. Automatización medio ambiental. Perú: INDECOPI-PERU, 2003. 1 p.

	Elaboró	Revisó	Autorizó
Cargo	Estudiantes de ingeniería mecánica	Docente	Decanatura o Dirección Ciencias
Nombre	Sebastián López Agudelo Jose Luis Morales Gómez	Miguel Morales Granador	
Firma			