



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE
GENERACIÓN DE VAPOR DE LA CALDERA APIN EN LA
EMPRESA AGROINDUSTRIAL CASA GRANDE S.A.A”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES:

Br. QUIQUE WALDIR DÍAZ CUVAS

Br. IVÁN ROSEL ESTELA VÁSQUEZ

ASESOR:

Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A nuestros padres:

Que con su amor, paciencia y su digno ejemplo, guían nuestro camino y nos apoyan en el logro de nuestros objetivos.

A nuestros hermanos:

Quienes con su existencia llenan nuestra vida de felicidad y son la fuente de inspiración para ser cada día mejor.

.

.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a:

Dios, por darme voluntad, fuerza e inspiración para enfrentar los retos de la vida y deseo que ilumine a los tomadores de decisiones de la Universidad, para que tomen acción en resolver la problemática analizada en esta tesis.

Mis padres, quienes me han enseñado lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, por tenerlos a mi lado y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos.

Mis hermanos que con su apoyo y crítica constructiva me permiten conocer mis debilidades, ayudándome a esforzarme por ser cada día mejor.

Mi asesor el Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera por su orientación en el desarrollo de la presente tesis.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad a lo estipulado por el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, presentamos a vuestra consideración nuestra tesis titulada:

“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA CALDERA APIN EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL CASA GRANDE S.A.A”.

Con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Electrónico y esperando constituya una herramienta útil de consulta para quienes se interesen en este tipo de estudio.

Nuestro proyecto de investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades planteadas, realizando un análisis previo de la problemática existente y aplicando nuestros conocimientos, esfuerzos e investigación.

Esperamos haber dado cumplimiento y satisfacción a las expectativas y que este trabajo de investigación sirva de guía o referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

Lambayeque, octubre 2016.

QUIQUE WALDIR DÍAS CUVAS
Bach. Ing. Electrónica

IVÁN ROSEL ESTELA VÁSQUEZ
Bach. Ing. Electrónica

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado aplicando los principales conceptos de control y automatización, en él se vuelcan los conceptos aprendidos en la Universidad.

Actualmente muchas empresas están basadas en una semi-automatización, es decir que están parcialmente automatizadas, basándose en los equipos y sistemas que se tienen y agregando equipos electrónicos de control. Es así que el presente trabajo se aplica en la Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., específicamente en el área de Planta de Fuerza en la generación de vapor.

Se ha realizado el análisis de la problemática y se han planteado soluciones, las cuales se han utilizado para el diseño de los sistemas de control, así como la integración de los diferentes equipos existentes en la planta, generando así un nuevo sistema de control del proceso de generación de vapor.

El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida, con dos niveles definidos el primero de control y el segundo de supervisión. El nivel de control regula las principales variables del proceso, estableciendo lazos de control realimentados y basados en controladores PID. En el nivel de supervisión se ha implementado base de datos, alarmas y generación de gráficas en tiempo real.

ABSTRACT

The present work has been done, applying the control and automation main concepts, it reflected the concepts learned at the college.

Actually, many companies are currently based on a semi automation, which means is partially automated, based on the equipment and systems that have and adding electronic control equipment. The present work is applied in agroindustry Casa Grande Company S.A.A, specifically at the power plant area in steam generation.

The system involved is an architecture from distributed control, with two defined level control regulates the main process variables, setting up links of feedback control and based on PID controllers. Level supervision has implemented database, alarms and generation of graphics in real time.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una nueva solución de automatización para el proceso de generación de vapor de la Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión y entendimiento del trabajo desarrollado en esta tesis, detallaremos a continuación cada uno de los capítulos que lo conforman:

Capítulo I: Análisis de la Problemática

En este capítulo se describe la problemática, los objetivos del proyecto tanto el general como los específicos, así como se plantea la hipótesis.

Capítulo II: Introducción Teórica

En este capítulo se definen los principales conceptos de automatización que se utilizarán en el diseño y desarrollo de nuestro proyecto. Se hace mención a los actuadores y controladores necesarios.

Capítulo III: Descripción del Sistema Actual

En este capítulo se hace una descripción de los sistemas que conforman el proceso de generación de vapor, así como las principales variables.

Capítulo IV: Diseño del Sistema de Automatización

En este capítulo se muestran los lazos del nuevo control del sistema, se establece la arquitectura del sistema de control, los planos de instrumentación y el software de supervisión del sistema. Aquí también se menciona la selección de los instrumentos y equipos del sistema.

Capítulo V: Costos del Proyecto

En este capítulo, evaluaremos y presentaremos los costos de los equipos y de los instrumentos, así mismo se indicará la inversión y el financiamiento.

Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones que se han determinado al finalizar el estudio.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Presentación	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	vi
Índice	1

Capítulo I: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

1. Realidad Problemática	4
2. Análisis del Problema	5
3. Antecedentes del Problema	5
4. Aportes de la Investigación	6
5. Formulación del Problema	6
6. Limitaciones de la Investigación	6
7. Hipótesis	7
8. Objetivos	7
8.1. Objetivo General	7
8.2. Objetivos Específicos	7

Capítulo II: INTRODUCCIÓN TEORICA

1. Arquitecturas de Sistemas de Control	8
1.1. Control DDC	9
1.2. Control Supervisor	11
1.3. Control Distribuido	11
2. Elementos y Dispositivos de Control	13
2.1. Analógicos	13
2.2. Digitales	14
3. Controladores Lógico Programables	16

4. Instrumentos Industriales	19
4.1. Sensores	19
4.2. Actuadores	24

Capítulo III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

1. La Empresa	27
1.1. Generalidades	27
1.2. Ubicación Geográfica	28
2. Estructura y Descripción del Sistema de Generación de Vapor	29
2.1. Generalidades	29
2.1.1. Subsistema de Alimentación de Agua	31
2.1.2. Subsistema de Condensado	34
2.1.3. Subsistema de Alimentación de Combustible	36
3. Determinación de Puntos Críticos de Control	38
4. Justificación Económica	39

Capítulo IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

1. Introducción	41
2. Planos de Instrumentación	42
3. Lazos de Control	51
3.1. Control de la Temperatura del Agua de Alimentación	51
3.2. Control de la Temperatura del Petróleo	55
3.3. Control del Nivel de Agua en la Caldera	57
3.4. Control de Velocidad del Motor del Soplador	59
3.5. Control de Presión de la Caldera	61
4. Principales Programas de Control	63
5. Interfase del Sistema con el Operador	73
6. Software para la Supervisión	76
7. Selección de los Equipos e Instrumentos de Control	79

Capítulo V: COSTOS DEL PROYECTO

1. Generalidades	86
2. Estimación de Costos	87
2.1. Costos de Instrumentación	87

2.2. Costos de Equipos	89
2.3. Costos de Supervisión	89
2.4. Costos de Ingeniería	90
2.5. Costos de Puesta en Servicio	90
2.6. Costos de Capacitación	90
3. Inversión y Financiamiento	90
3.1. Inversión	90
3.2. Financiamiento	91
Conclusiones	92
Recomendaciones	93
Referencia Bibliográfica	94
Anexos	

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente en las empresas de nuestro país que tienen un cierto nivel económico, pero que tienen una larga tradición en años, se mezclan las máquinas antiguas con las tecnologías modernas. Estas empresas no tienen totalmente sus sistemas automatizados, debido a los altos costos de implementación tanto en equipos como en mano de obra. El avance de la tecnología esta en continuo desarrollo en todas las áreas, permitiendo a todas las empresas poder aplicarla de acuerdo a sus necesidades. Por tal motivo y teniendo en cuenta la realidad de estas empresas, se ha visto la necesidad de diseñar sistemas automatizados partiendo de la maquinaria ya existente que al complementarlas con dispositivos modernos de control nos dé como resultado una producción mayor y de mejor calidad, reduciendo las perdidas en materias primas y ayudando de esta manera a la economía de las empresas.

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El proceso de elaboración de azúcar comprende diferentes etapas, como recepción de materia prima, transporte, molienda, cocimiento y envasado. Así mismo para poder realizar sus procesos necesita fluidos como vapor y aire; lo cual conlleva a tener una sección que realice la generación y el control de estos fluidos. En la generación de vapor se cuenta con calderas, las cuales tienen controles electromecánicos, y cuando presentan alguna falla el operador recurre a su experiencia para poder salir del paso, convirtiéndose en una operación manual.

En este proceso se pueden presentar errores, tanto de tipo personal como errores por los controles electromecánicos que presentan desgaste y falta de precisión.

3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Se tiene que aclarar que anteriormente no se ha realizado ningún proyecto relacionado al tema en la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CALDEROS DE VAPOR
CON ENFOQUE DE GESTIÓN EN PROCESOS, EN TEXTIL “LA
INTERNACIONAL”

AUTOR: Iván Patricio Espinoza
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Universidad Tecnológica Equinoccial
Quito, Ecuador 2003

TITULO: CÁLCULOS DE PROCESOS DE VAPOR EN UNA INDUSTRIA
TEXTIL

AUTOR: Carlos Jiménez Chilán
Facultad de Ingeniería Mecánica
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Guayaquil, Ecuador 1997

4. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

Luego del estudio realizado en la generación de vapor, el sistema propuesto pretende optimizar la automatización del proceso involucrando las experiencias de los operadores. Al término del mismo se tendrán los siguientes aportes:

Diseñar un nuevo sistema de control que permita optimizar el proceso de generación de vapor, teniendo presente no tener altos costos de implementación.

Diseño de un software necesario para supervisión y control del proceso, esto significa desarrollar un programa que logre visualizar y controlar el sistema.

Incentivar al desarrollo de las empresas con el uso de tecnología moderna, de tal manera que eleven la calidad de sus productos, teniendo como resultados una mayor competitividad en el mercado.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Podría el Diseño de la Reingeniería para la Automatización de la Caldera Apin en la Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A, mejorar la eficiencia de la misma y de esta manera reducir los costos?

6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

No se tendrán limitaciones, ya que se cuenta con acceso a los datos y operaciones del equipo, así como a la información necesaria para la implementación del control.

7. HIPÓTESIS

El posible realizar el Diseño de la Reingeniería para la Automatización de la Caldera Apin en la Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.

8. OBJETIVOS

8.1. Objetivo General:

Realizar una nueva Automatización de la Caldera Apin en la Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.

8.2. Objetivos Específicos:

- Diseñar el nuevo control y supervisión para el sistema de generación de vapor.
- Seleccionar la nueva instrumentación para el sistema de generación de vapor.
- Diseñar el software de reingeniería para la supervisión y control de los equipos de generación de vapor.
- Determinar los costos aproximados para la implementación de la automatización del sistema de generación de vapor.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

1. ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE CONTROL

La imagen de empresa asistida, controlada y supervisada por computadora no es más que un concepto si es que no hay unión física entre las diversas partes del proceso manufacturero. Este enlace físico involucra regularmente el establecimiento de canales de flujo de información entre los diversos sistemas.

Actualmente la tendencia de la mayoría de plantas industriales en el Perú es proporcionar una mayor información de campo y mejorar las herramientas para la regulación de los procesos en tiempo real. A continuación presentamos las diferentes arquitecturas de sistemas de control.

1.1. CONTROL DDC

El computador lleva a cabo todos los cálculos que realizaban individualmente los controladores, generando directamente las señales que van a las válvulas.

Este tipo de control se denomina “control digital directo” o DDC (direct digital control) y realiza las siguientes funciones:

- a)** Explora las variables de entrada analógicas o digitales
- b)** Las compara con los puntos de consigna e introduce la señal de error en el algoritmo de control correspondiente.
- c)** Envía las señales de salida a las válvulas de control de proceso.
- d)** Se disponen instrumentos analógicos en paralelo con el computador en los puntos críticos y actúan como reserva en casos de fallo.

Ventajas del sistema DDC:

- Flexibilidad en el diseño del sistema de control, pudiéndose pasar fácilmente de una acción de control a otra.
- Rendimiento de control al trabajar muy próximamente al punto óptimo de operación.
- Seguridad al poder comprobar cada variable entre unos límites prefijados.
- Generación de reportes y bases de datos de los diferentes procesos controlados.

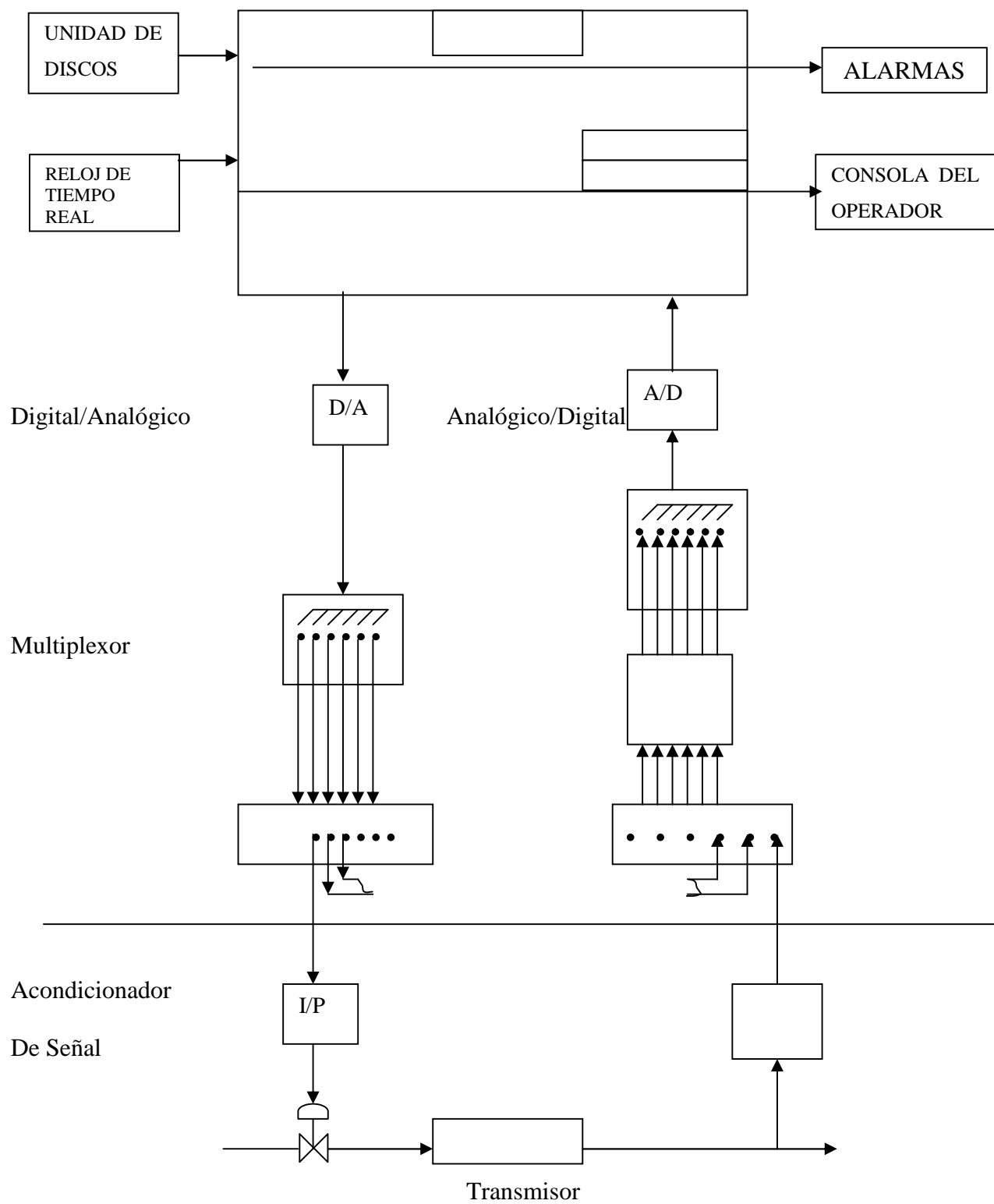


Figura 2.1 Sistema DDC

1.2. CONTROL SUPERVISOR

Para alcanzar la máxima seguridad de funcionamiento y lograr la optimización idónea del proceso, el computador podría determinar los puntos de consigna más convenientes en cada instante, aplicarlos a los lazos de control situados dentro del propio computador o bien en el exterior en controladores individuales. Este tipo de control recibe el nombre de “control de puntos de consigna” o SPC (set point control), o bien control supervisor. Dentro del control supervisor se usa el termino SCADA (supervisory control and data acquisition) significando el uso de un ordenador huésped que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador.

Poco a poco, las funciones aportadas por los sistemas SCADA se han hecho semejantes al control distribuido y la única diferencia reside en el tipo de circuito. SCADA transmite las señales a través de circuitos de baja velocidad y poco fiables para la integridad de los datos (líneas telefónicas y radio), mientras que el control distribuido lo hace mediante circuitos locales de alta velocidad y seguridad de transmisión.

1.3. CONTROL DISTRIBUIDO

El ordenador personal también incorporado al control distribuido permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de transmisión, el acceso a los datos

básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

El controlador multifunción que, al utilizar en su programación un lenguaje de alto nivel, se asemeja a un ordenador personal, proporciona funciones de control lógico que permiten regular un proceso discontinuo (batch control), y el manejo de procesos complejos, en los que el controlador básico está limitado.

Los controladores programables sustituyen a los relés convencionales utilizados en la industria, aporta la solución versátil, práctica y elegante del software en un lenguaje basado en la lógica de relés.

La estación del operador proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos, se realiza mediante programas de operación.

Las alarmas son importantes en el control de procesos. Existen alarmas de alto y bajo valor de la variable, alarma de desviación entre el punto de consigna y la variable controlada, alarmas de tendencia que actúan si la variación de la variable excede de un valor prefijado, alarmas de estado de la señal de entrada o de salida, etc.

El control distribuido tiene una seguridad mejorada con relación a los sistemas convencionales de control. Cabe pues afirmar que los sistemas de control distribuido se han consolidado en el mercado como los sistemas ideales de control.

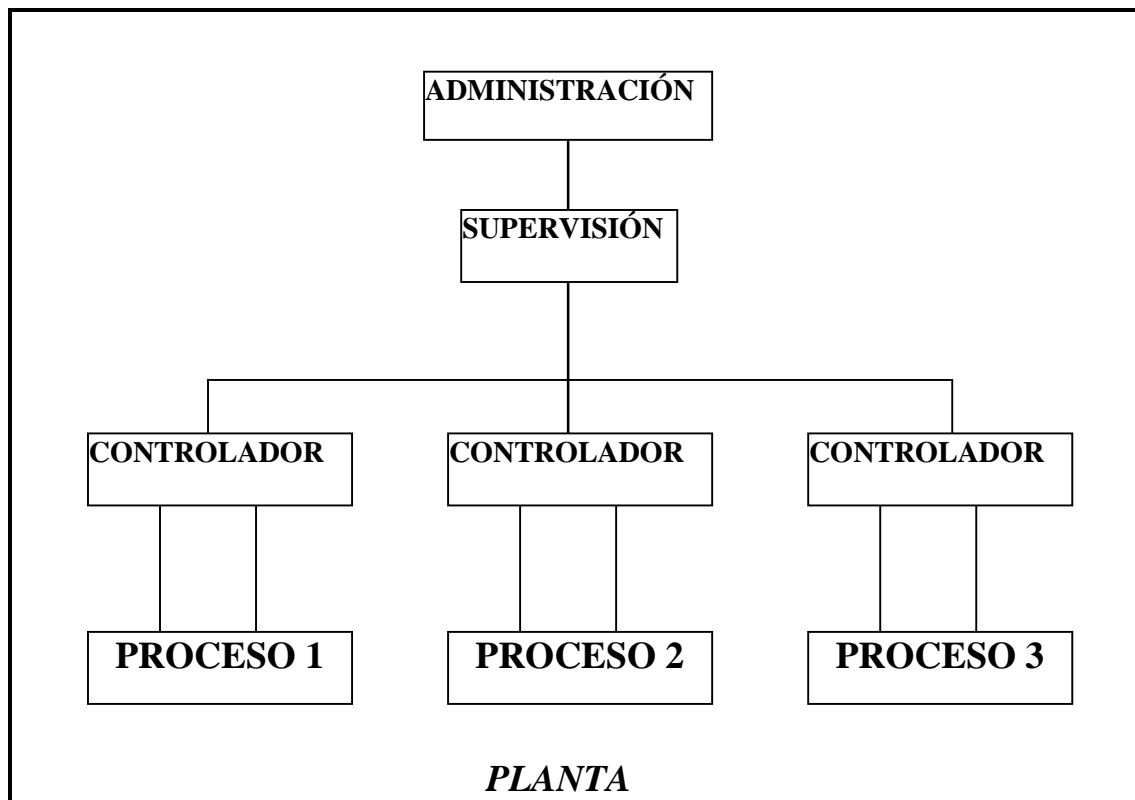


Figura 2.2 Sistema de Control Distribuido

2. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL

2.1. ANALÓGICOS

a. Contactores:

Es un interruptor con accionamiento electromagnético. Al excitar la bobina a través de los terminales en el circuito de mando, se genera un campo magnético en el núcleo, que atrae la armadura retenida por resortes. En consecuencia se cierran los contactos abiertos en reposo y se abren los cerrados en reposo.

Los contactos abren o cierran circuitos de consumidores (motores trifásicos, monofásicos, etc.) y los contactos auxiliares abren o cierran circuitos de mando.

b. Relés Térmicos de Protección

Se destinan a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del contactor cuando se alcanza un calentamiento límite.

Poseen siempre un elemento fundamental que se calienta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto cuando se alcanza su temperatura de reacción. Este elemento fundamental es bimetálico, formado por dos láminas estrechas y delgadas de metal diferente y soldados. En estas condiciones, el bimetálico se curva y presenta una deflexión variable en función de su temperatura. Al curvarse motiva la apertura de un contacto que puede interrumpir el circuito de la bobina de un contactor.

2.2. DIGITALES

a. Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un equipo de control basado en microprocesador. Incorpora interfaces electrónicas que le permiten recibir información proveniente de sensores y detectores (detectores fotoeléctricos, interruptor de posición, termocupla, etc.), y comandar actuadores y preactuadores (contactor, electroválvulas, variadores de velocidad, válvulas proporcionales, etc.).

b. Computadoras

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y proveer los resultados requeridos.

De la aplicación de estas aparecen los sistemas de control digital directo (DDC), hasta el control distribuido actual; con las cuales se logra manejar un gran número de procesos y variables, recopilar datos de gran cantidad, analizar y optimizar diversas unidades y plantas, e incluso realizar otras actividades como la planificación del mantenimiento, planificación de inventarios y otros.

c. Microcontroladores

Los Microcontroladores se utilizan principalmente en el diseño electrónico de circuitos de control, instrumentación, comunicación y medición debido a que ahora elaboran menos software por su set de instrucciones y utilizan menos hardware por sus múltiples soluciones de control incorporadas dentro del chip. Debido a sus ventajas el microcontrolador puede ser usado en cualquier clase de proyectos que van desde simples y económicos sistemas de batería, alarmas de seguridad, sistema de control de acceso, sensores remotos, ups, estabilizadores hasta controles de procesos industriales, instrumentos de medición y adquisición de datos, aplicaciones automotrices y control de motores, transmisores/receptores remotos además de otras aplicaciones medicas y militares.

3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)

Un controlador lógico programable esta constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos integrados. Cuando el controlador es del tipo modular las diferentes tarjetas que tienen funciones específicas quedan alojadas en racks agrupadas convenientemente para un funcionamiento en conjunto. Asimismo, todas las tarjetas están conectadas a través de elementos de bus, que son circuitos por donde fluye la información y generalmente se encuentran en la parte posterior. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho esta constituida por:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entrada /salida (E/S).
- Módulos de memoria.
- Unidad de programación.



Figura 2.3 Controlador Lógico Programable

CLASES DE PLCs

a. PLC Compacto

El término compacto se refiere al hecho de que en una sola unidad están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y las interfaces de Entrada y Salida.

Las principales ventajas que presentan estos PLC compactos son las siguientes:

- Son incomparablemente económicos.
- La selección es muy sencilla.
- Incorporan fuente interna para la alimentación de entradas discretas en DC.
- Están previstas para exigentes condiciones de funcionamiento (fluctuaciones de tensión, temperatura, humedad, vibraciones mecánicas, etc.).
- Software para programación desde PC compatible.

b. PLC Compacto y modular

La parte compacta se refiere al hecho de que en la unidad básica del PLC están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y algunos módulos de Entrada y Salida. El termino modular se refiere al hecho de que estos equipos son expansibles mediante la adición de módulos, tanto de entradas o salidas, discretas o analógicas, además de módulos inteligentes para comunicación serial, conexión a módem, conexión a red industrial, etc.

c. PLC Modulares

Estos PLC presentan tarjetas que se insertan en los slots (compartimentos) de una o más racks (cajas).

Los controladores lógicos programables debido a sus características como modularidad y posibilidad de incorporar tarjetas inteligentes para realización de tareas específicas se han convertido en un poderoso medio de mando y control de máquinas y procesos de producción. Sin embargo, debido a su estructura y lenguajes de programación, no están dotados de una gran capacidad para el proceso de datos, pues no es esta su finalidad. La combinación entre computador y PLC permite aprovechar las ventajas de los dos para configurar sistemas de control de elevadas prestaciones.

4. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

4.1. SENSORES

Con los sensores y transmisores se realizan las operaciones de medición en el sistema de control. A menudo se denominan elementos primarios.

En el sensor se produce un fenómeno mecánico, eléctrico o similar, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide.

El transmisor a su vez convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir y por lo tanto, ésta tiene relación con la variable de proceso. El propósito del transmisor es convertir la salida de un sensor en una señal lo suficientemente intensa como para que se pueda transmitir a un controlador o cualquier otro dispositivo receptor. Existen varios tipos de señales de transmisión: Neumáticos, Electrónicos, Hidráulicos y Telemétricos.

Los controles mas usados en las industrias son el neumático y el electrónico. Las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas cuando existen grandes distancias entre el sensor y el receptor.

a. Sensores de presión

El sensor de presión más común es el tubo de Bourdon; consiste básicamente en un tramo de tubo en forma de herradura, con un extremo sellado y el otro conectado a la fuente de presión. Debido a que la sección transversal del tubo es elíptica o plana, al aplicar una presión el tubo tiende a enderezarse, y al quitarla, el tubo retorna a su

forma original, siempre y cuando no se rebase el límite de elasticidad del material del tubo

Otro tipo de sensor de presión es el de fuelle, el cual semeja a una cápsula corrugada hecha de algún material elástico, por ejemplo, acero inoxidable o latón; al aumentar la presión, el fuelle se expande (o se contrae), y cuando disminuye, se contrae (o se expande).

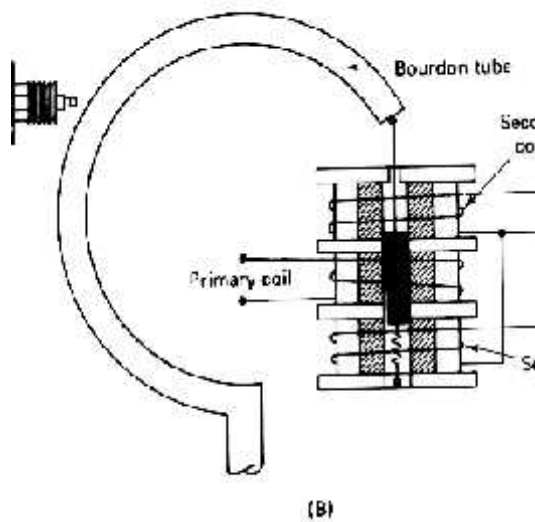


Figura 2.4 Tubo de Bourdon

b. Sensores de flujo

El flujo es una de las dos variables de proceso que se miden frecuentemente; probablemente el sensor de flujo más popular es el medidor de orificio, que es un disco plano con un agujero. El disco se inserta en la línea de proceso, perpendicular al movimiento del fluido, con objeto de producir una caída de presión, la cual es proporcional a la razón de flujo volumétrico a través del orificio.

Otro tipo común de sensor es el Medidor Magnético de Flujo. El principio de operación de este elemento es la ley de Faraday; es decir, cuando un material conductor (un fluido) se mueve en ángulo recto a través de un campo magnético, se induce a un voltaje, el cual es proporcional a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del fluido.



Figura 2.5 Sensor de Flujo Placa-Orificio

c. Sensores de nivel

Los tres medidores de nivel más importantes son el diferencial de presión, el de flotador y el de burbujeo. El método de diferencial de presión consiste en detectar la diferencia de presión entre la presión en el fondo del líquido y en la parte superior del líquido, la cual es ocasionada por el peso que origina el nivel del líquido. El extremo con que se detecta la presión en el fondo del líquido se conoce como extremo de alta presión, y el que se utiliza para detectar en la parte superior del líquido, como extremo de baja presión.

Con el Sensor de Flotador se detecta el cambio en la fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en el líquido. La fuerza que se requiere para mantener el flotador en su lugar es proporcional al nivel del líquido y se convierte en una señal en el transmisor.

El Sensor de Burbujeo es otro tipo de sensor de presión hidrostática, y consiste, en un tubo con gas inerte que se sumerge en el líquido; el aire o gas inerte que fluye a través del tubo se regula para producir una corriente continua de burbujas, y la presión que se requiere para producir esta corriente continua es una medida de la presión hidrostática o nivel de líquido.



Figura 2.6 Sensor de Nivel Tipo Radar

d. Interruptor de Proximidad Magnética

Es un elemento para la introducción eléctrica de señales sin contacto. Consiste en un contacto a relé inyectado en un bloque de resina sintética, este contacto se cierra al aproximarse al imán permanentemente ubicados sobre el embolo del cilindro.

e. Interruptor De Proximidad Inductivo

Consiste en un circuito oscilante de un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión el circuito oscilante genera un campo alterno de alta frecuencia en la cara frontal del interruptor inductivo de proximidad al interponerse un cuerpo metálico en el campo magnético alterno queda atenuado el circuito oscilante. El escalón de relajación analiza la señal de circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando.

f. Interruptor De Proximidad Capacitivo

Consiste en un circuito oscilante, un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión se forma un campo eléctrico en la cara frontal del interruptor Capacitivo de proximidad. Al interponerse un cuerpo metálico o no metálico en el campo eléctrico queda excitado el circuito oscilante. El escalon de relajación analiza la señal del circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando.

g. Sensores De Temperatura

La temperatura, junto con el flujo, es la variable que con mayor frecuencia se mide en la industria de proceso; una razón simple es que casi todos los fenómenos físicos se ven afectados por ésta.

A causa de los múltiples efectos que se producen con la temperatura, se han desarrollado numerosos dispositivos para medirla, como termómetros, termocuplas, RTDs y por técnicas de radiación.

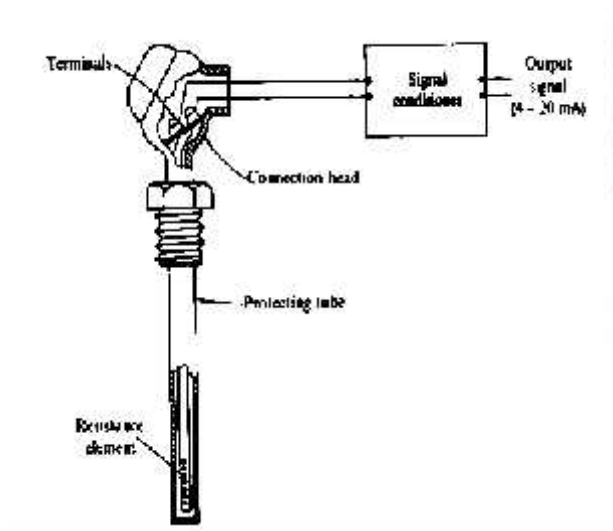


Figura 2.7 Sensor de temperatura Pt-100

4.2. ACTUADORES

a. Válvulas de Control

Existen muchos tipos diferentes de válvulas de control en el mercado, casi cada mes se ofrece una nueva válvula de control mejorada y, en consecuencia, es difícil clasificarlas, sin embargo, aquí se clasificaran en dos categorías principales: de vástago reciproco y de vástago rotatorio.

La válvula se divide en dos áreas generales: el actuador y el cuerpo. El actuador es la parte de la válvula con que se convierte en movimiento mecánico la energía que entra a la válvula para aumentar o disminuir la restricción del flujo.



Figura 2.8 Válvula de control de flujo

a.1 De Vástago reciproco

Conocidas también como válvulas de globo con asiento sencillo y vástago deslizable. Son una familia de válvulas que se caracterizan por una parte de cierre que viaja en línea perpendicular al asiento de la válvula, y se utilizan principalmente para propósitos de estrangulamiento y control de flujo en general.

Existen también las válvulas de tres vías que son de tipo reciproco. Las válvulas de tres vías pueden ser convergentes o divergentes y, en consecuencia con ellas se pueden separar una corriente en dos o se pueden mezclar dos corrientes en una sola. Comúnmente se utilizan para propósito de control.

a.2 De Vástago rotatorio

Una de las más comunes es la válvula de mariposa, estas válvulas constan de un disco que gira alrededor de un eje; se requiere mínimo espacio para su instalación y se tiene alta capacidad de flujo con caída de presión mínima; se utilizan en servicios de baja presión. Con los discos convencionales se logra controlar el estrangulamiento hasta en 60 grados de giro, pero con discos de nueva patente se puede controlar el estrangulamiento para un giro completo de 90 grados.

Otra válvula común de vástago rotatorio es la válvula de esfera con las cuales también se logran una alta capacidad de flujo con caída mínima de presión; se utilizan comúnmente para manejar suspensiones o materiales fibrosos; la tendencia a escurrimiento es baja y su tamaño es pequeño.

b. Motores

Entre los motores que más se emplean en la industria son los motores asíncronos y entre estos tenemos los de rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla, estos son los más utilizados.

Estos motores se diseñan y se construyen de forma que, sus bobinados, en carga nominal, resistan unos calentamientos compatibles con una larga vida de sus aislantes. Es preciso recordar que un motor se calienta por efecto de sus pérdidas en el cobre, proporcionales al cuadrado de la intensidad, y de sus pérdidas en el hierro, constantes para una tensión dada.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

1. LA EMPRESA

1.1. GENERALIDADES

La Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A. está abocada a la siembra y procesamiento de caña de azúcar y comercialización de productos derivados de la caña, como el azúcar, alcohol, melaza y bagazo. Esta empresa que fue, en siglos pasados, la primera y más grande industria azucarera del Perú forma parte del Grupo Gloria desde el 29 de enero del año 2006. El Grupo, teniendo ya el 12% de acciones, cerró la Oferta Pública de Adquisición de Acciones obteniendo a través de su subsidiaria Corporación Azucarera del Perú S.A. - COAZUCAR las acciones restantes para lograr el 57% de mayoría accionaria.

Casa Grande está ubicada a 50 km al norte de Trujillo y a 600 km al norte de Lima, en la provincia de Ascope, departamento de La Libertad. Casa Grande posee una propiedad de 29 383 hectáreas, de las cuales 20 000 pueden ser destinadas para el cultivo de caña de azúcar y el área restante para otros fines. El río Chicama es la principal fuente de riego de Casa Grande, el cual descarga en el terreno 400 millones de metros cúbicos al año.

El Grupo Gloria tiene entre sus objetivos mejorar los procesos agroindustriales en Casa Grande adquiriendo nueva maquinaria y modernizando la ya existente para alcanzar estándares de la más alta calidad. Así mismo, ampliar el área de siembra que actualmente se encuentra en 11 000 hectáreas y el cumplimiento de las obligaciones contraídas con terceros derivadas de administraciones anteriores, para lograr un bienestar general en las comunidades aledañas. De esta manera, Casa Grande se consolida como líder del mercado azucarero con altos niveles de participación de mercado.

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

En la figura mostrada se puede apreciar la ubicación geográfica de la empresa.



Figura 3.1. Plano de Ubicación Geográfica de Casa Grande

2. ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

2.1. GENERALIDADES

Las calderas son equipos que generan vapor de agua para utilizarlo en múltiples actividades como agente transportador de calor (evaporación, secado, cocimiento, etc.) y como fluido de trabajo en centrales de energía eléctrica, para operatividad de esto es necesario tener flujos continuos y constantes de:

- Agua blanda (sin dureza)
- Combustible (pulverizado)
- Aire (Oxígeno)

Cada equipo consta de diversos mecanismos eléctricos y mecánicos, válvulas de diferentes tipos, controles, etc., con el fin de poder controlar y proteger el funcionamiento de la caldera.

En la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., existe una caldera de tipo pirotubular de marca APIN. Los subsistemas de ingreso de flujo de agua, combustible y aire a una caldera es muy variado, el presente estudio se centrará en el control y automatización de una caldera APIN.

Los principales equipos que existen para la generación de vapor en la planta son los siguientes:

- caldera propiamente dicha
- ablandador de agua
- tanque de condensado
- tanque desaireador

- cabecera de vapor
- equipos de bombas de agua y combustible

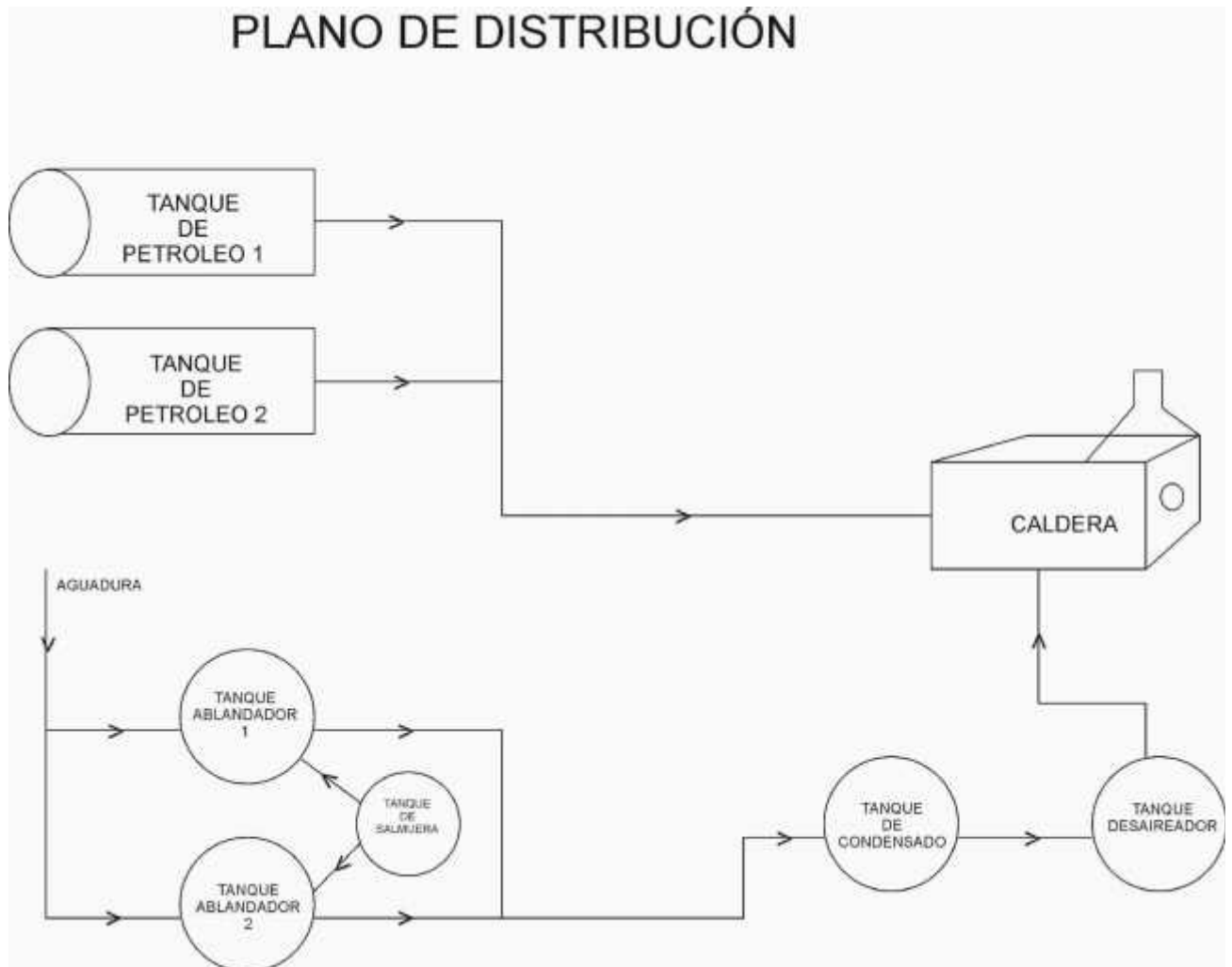


Figura 3.2. Plano de Distribución de Equipos

Para un mejor entendimiento se ha creído conveniente tratar por separado los sub-sistemas de alimentación de aire, agua y combustible.

2.1.1. SUB SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

El agua que alimenta al sistema de generación de vapor, llega a gran presión y con dureza. Esta dureza que tiene el agua es perjudicial para la caldera porque produce incrustaciones, corrosión, entre otros perjuicios en las tuberías y depósitos de la caldera provocando un rápido deterioro de la misma por lo que existe un equipo ablandador de agua.

EQUIPO ABLANDADOR DE AGUA:

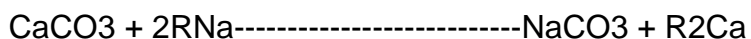
La Dureza la dan las sales de calcio y magnesio que existen en el agua. Por lo que el equipo ablandador realiza como su nombre lo indica, el ablandamiento del agua, este consiste en eliminar las sales de calcio y magnesio, carbonatos, sulfatos, etc.

El equipo de ablandamiento consta de:

- 2 tanques ablandadores
- 1 tanque de salmuera
- 2 medidores de caudal
- tuberías
- válvulas

TANQUE ABLANDADOR:

Son dos, pero trabaja solo uno a la vez, el otro está de reserva. Estos tanques contienen un lecho de resina que al paso del agua dura por ella, se produce un intercambio iónico:



En la resina queda el Ca y Ma y el agua sale con Na. Cuando la resina se satura, se procede a realizar la regeneración de la misma.

La regeneración se realiza aproximadamente cuando se haya ablandado 200 m³ de agua, para esto se utiliza sal (solución de NaCl) la que se halla en el tanque de salmueras. Primero se cierra la válvula de ingreso de agua pura, luego se hace un enjuague para eliminar las moléculas de sodio con Calcio y Magnesio que existen en la resina, para después dejar ingresar salmuera al ablandador con el cual la resina obtiene el sodio de la salmuera y se encuentra listo el ablandador para realizar su labor.

TANQUE DE SALMUERA:

Tiene conexión con una bomba, la cual sirve para suministrar la presión necesaria a la salmuera para que pueda circular por los ablandadores cuando se realice regeneración.

TRANSPORTE DE AGUA DURA:

El agua dura no necesita de una bomba para su circulación a través de las tuberías y ablandadores debido a la presión con la que ingresa, por lo que el ingreso del agua al equipo de ablandamiento se controla manualmente mediante una válvula compuerta.

BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACIÓN A LAS CALDERAS:

Existen dos bombas que funcionan durante todo el tiempo que la caldera se encuentra operativa. Normalmente funciona una bomba, la otra está de reserva o se acciona cuando se requiera agua de alimentación más de lo normal.

El control de caudal de agua de alimentación a la Caldera es independiente del funcionamiento de las bombas. La bomba envía a presión un caudal constante de agua, si todo el caudal no ingresa a la Caldera, ésta por la misma presión que tiene, regresa por una tubería de recirculación nuevamente a la entrada de la bomba.

CONTROL DE INGRESO DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN:

El ingreso del caudal de agua depende de la presión que existe en el interior de la Caldera. A medida que la presión aumente o disminuya, la válvula de ingreso de agua de alimentación se abrirá o cerrará automáticamente. Para llevar el control de la presión se cuenta con un Presóstato que está ubicado a la salida del vapor de las Calderas.

El cierre o abertura de la válvula se realiza con aire comprimido ya que es una válvula neumática.

La presión y temperatura máximas admisibles que deben existir dentro de este tipo de Calderas son aproximadamente:

$$P_c = 125 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$T = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.1.2. SUB-SISTEMA DE CONDENSADO

A. TANQUE DE CONDENSADO:

Una forma de ahorrar agua de alimentación a las calderas es recuperar el vapor que se condensa luego de realizar un trabajo o suministro de calor. Por lo que existe un circuito de tubería y pequeños tanques para recuperar el condensado. Se trata de recuperar la máxima cantidad posible de condensado.

El tanque de condensado recibe el condensado que se produce y el agua blanda que proviene del equipo ablandador. El caudal de condensado que ingresa al tanque es mucho mayor que el caudal de agua blanda.

El agua blanda se utiliza para compensar el volumen de vapor o condensado que se fuga o pierde a través de tuberías, válvulas dependiendo del nivel de agua que tiene el Tanque de Condensado.

B. BOMBAS DE CONDENSADO:

Existen dos, funciona solo una a la vez, la otra está de reserva. El encendido o apagado de los motores eléctricos de las bombas de condensado dependen del nivel de condensado que exista en el Tanque Desaireador.

Las tuberías de condensado se encuentran aisladas térmicamente con el propósito de mantener su temperatura (aprox. 40 °C).

La temperatura promedio del condensado dentro del Tanque, oscila entre 40 a 45 °C.

C. TANQUE DESAIREADOR:

Este equipo sirve para elevar la temperatura del condensado que proviene del Tanque de Condensado. El aumento de la Temperatura del condensado es importante por que se extrae el oxígeno que contenga este y además su vaporización se realizará rápidamente sin mayor gasto de combustible.

A este tanque llega condensado del tanque de condensado y vapor del cabecero con la finalidad de calentar al condensado. La presión con que sale el vapor del cabecero es aprox. 125 lbs/pulg² (130 °C), la cual es reducida mediante una Válvula Reguladora de Presión de tipo Neumática, por lo que la presión de vapor se reduce hasta 16 lbs/pulg², es con esta con que ingresa al Tanque Desaireador.

El vapor después de haber calentado al condensado una parte se purga al ambiente (vapor “frío”) y la otra (vapor condensado) se la envía al TQ. de Condensado.

El condensado después de ser calentado por el vapor, llega hasta una temperatura aproximada de 92 °C. y es conducido a la Bomba de Agua de alimentación a la caldera.

La purga del “Vapor Frío”, ya sea al ambiente o al desagüe es necesario porque el volumen que ocuparía dentro del TQ. el vapor no condensado impediría el ingreso de más condensado a ser “calentado” y por otro lado aumentaría la presión interior del TQ., algo peligroso.

2.1. 3. SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

El combustible que se utiliza en las calderas es BUNKER 6, que se almacena en tanques especiales que existen. Los dos tanques cuentan con un sistema de pre-calentamiento de combustible mediante vapor, que es generado por las Calderas, con el fin de disminuir la viscosidad y aumentar la Temperatura del Bunker 6.

BOMBAS DE COMBUSTIBLE:

Existen dos para cada tanque de petróleo hacia la caldera. La función de cada bomba es elevar la presión del combustible para que pueda recorrer por tuberías, pre-calentadores y llegar a la Caldera.

PRE-CALENTAMIENTO:

Es importante el pre-calentamiento del combustible porque mejora la combustión dentro de la caldera (mayor rendimiento), aparte que disminuye la viscosidad del combustible.

PRE-CALENTADOR ELÉCTRICO:

Se utiliza solamente cuando no se tiene vapor para pre-calentar (mayormente al inicio del funcionamiento de cada caldera). Se cuenta con un termostato para mantener cierta temperatura del calentamiento del combustible.

PRE-CALENTADOR DE VAPOR:

Como su nombre lo indica utiliza vapor para producir el calentamiento del combustible. Se produce un intercambio de calor entre el vapor caliente y el combustible “frío”. La cantidad de vapor (caudal) que ingresa al pre-calentador depende de la temperatura del combustible a la salida del pre-calentador, esto se controla mediante un termostato que está ubicado en la tubería de salida del caudal de combustible.

INGRESO DE AIRE – COMBUSTIBLE A LA CALDERA:

La cantidad de aire – combustible que ingresa a la caldera depende de la presión del vapor que exista dentro de la Caldera. Al aumentar la presión de vapor, da a entender que existe en la caldera un gran volumen de vapor generado, por lo que ya no es necesario ingresar más combustible y aire, para generación de vapor; entonces mediante ciertos mecanismos (electro-mecánicos) se procede al cerrado de la válvula de ingreso de combustible y al cerrado de las persianas (estas controlan el ingreso del aire del ambiente al interior de la caldera).

Si la presión de vapor dentro de la caldera es baja, significa que hay poca generación, por lo que es necesario mayor cantidad de aire – combustible, de esta manera la válvula de combustible y persianas se abren, para aumentar la combustión produciendo así mayor cantidad de vapor.

El aire es suministrado por un soplador centrífugo montado en la tapa de la caldera. Para obtener una combustión eficiente, una cantidad de aire debe ser forzada en la cámara de combustión para mezclarse con combustible atomizado.

ATOMIZACIÓN DEL COMBUSTIBLE:

Para las Calderas APIN se utilizan dos formas de atomización:

- **POR AIRE:** Se utiliza esta forma siempre y cuando no exista vapor para atomizar (al inicio del funcionamiento de las calderas). El aire comprimido es suministrado por un equipo externo (compresores de aire).
- **POR VAPOR:** Utiliza vapor que genera la misma caldera.

La presión de aire desarrollada por el compresor fuerza al combustible para ser atomizado. Una válvula ajustable en la toma de aire del compresor controla la cantidad de aire descargado en la tobera del quemador.

3. DETERMINACION DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

Entre los puntos más importantes de control que se debe tener en cuenta para cada caldera, se ha considerado:

- El control de la célula Firetrón, que está instalada para ver la reacción de la llama e interrumpir el abastecimiento del combustible en caso que la llama se apague.
- La presión interna de la Caldera así como la temperatura.
- Control del nivel de agua, este control es operado por medio de un flotador, responde al nivel de agua en la Caldera

Así mismo se deben tener en cuenta los siguientes puntos del sistema, los cuales se controlarán mediante válvulas.

- Válvulas de Seguridad: Esta válvula protege a la caldera contra posible aumento de la presión fuera de los límites de seguridad.
- Válvulas de Purga de la Columna de Agua: Esta válvula o válvulas son suministradas para que la columna de agua y su tubería puedan ser periódicamente purgadas y de esta manera mantenidas limpias.
- Válvula Solenoide del Combustible: Esta válvula abre y cierra mediante accionamiento eléctrico, controlando el flujo de combustible a la tobera del quemador.

Así mismo se ha realizado una relación de las principales variables que deberían ser controladas para activación de alarmas o paradas de emergencia:

- baja presión de petróleo (presóstato)
- baja temperatura de petróleo (interruptor por termostato)
- alta temperatura de petróleo (interruptor por termostato)
- temperatura alta en el motor del ventilador
- alarma de alta presión vapor
- alarma de baja presión vapor
- interruptor de nivel bajo de agua
- interruptor de nivel alto de agua
- switch de posición de arranque (Interruptor de arranque)
- switch de aire (presóstato suministro de aire)
- detección de llama activa
- relay de detección de voltaje de 24 Vac
- manual/automático (selector).

4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si bien es cierto que la inversión en automatización es inicialmente alta, también es cierto que la optimización que trae consigo el control y automatización de procesos industriales produce beneficios que justifican el proyecto:

- a. Se obtiene una reducción en el consumo de energía al optimizar los procesos.

- b. Se reduce el uso de operación de máquinas con alta influencia manual, que al final reducen la confianza y aumentan el riesgo de accidentes.
- c. Se obtienen beneficios en reducción de multas y sanciones por un inadecuado control de emisiones tóxicas de gases en las calderas.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el diseño del sistema de control, se utilizará a los PLC (controladores lógicos programables) para todo aquello que tenga un proceso secuencial y con lazos de control con algoritmos diseñados para cada variable.

Para encender una caldera se puede distinguir tres etapas:

1. Consiste en la preparación de ciertos parámetros necesarios para que se produzca el arranque, tales como: temperatura del agua de alimentación, temperatura de combustible, ajustes de los reguladores de tiro, de válvulas y la relación de aire / combustible en la posición mínima.
2. Se enciende al programador para el arranque de la caldera, que secuencialmente y de acuerdo al programa, activa y/o desactiva relés, bobinas, etc, y de no encontrarse problemas, se encenderá la caldera.
3. Encendida la caldera comienza la producción de vapor y para llevar a cabo la economía de combustible, es indispensable que se mantenga

constante la más alta eficiencia posible. Esto se alcanza teniendo en óptima la relación aire/combustible.

2. PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN (PI&D)

A continuación se mostrarán los planos de instrumentación del sistema, en ellos se detallan los instrumentos y equipos necesarios para el proyecto.

En el primer plano se muestra el sistema de control del Ablandamiento de Agua, en él se aprecian los instrumentos necesarios para el control a implementar.

En el segundo plano apreciamos el sistema de Abastecimiento de Agua, se muestra su instrumentación requerida.

El tercer plano muestra el Abastecimiento de Combustible, aquí está la instrumentación necesaria para el control respectivo.

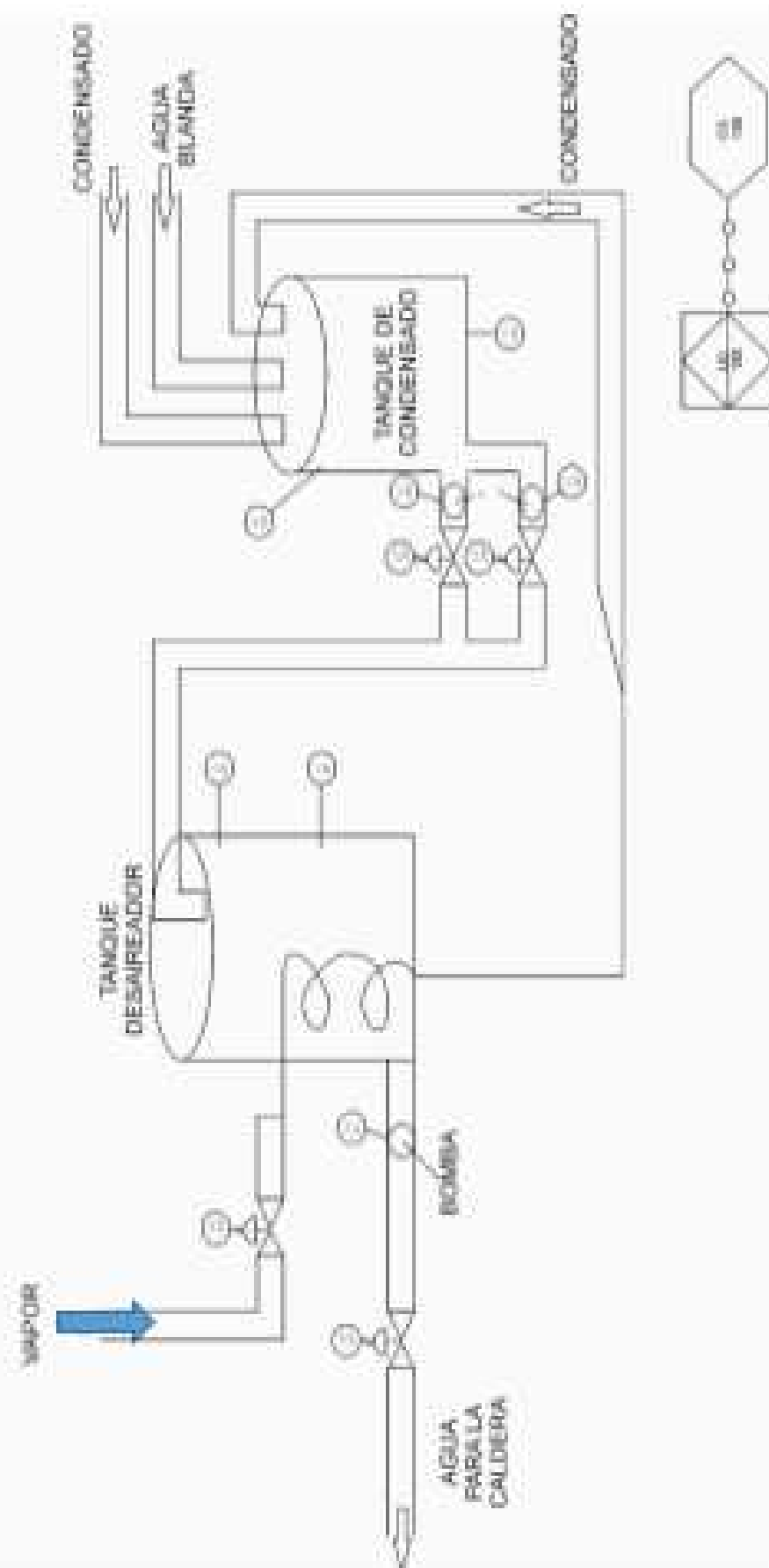
En el cuarto plano se aprecia el sistema de control propio de la Caldera y su instrumentación necesaria.

TANQUE ABLANDADOR

LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA

FV101	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua dura a Tanque N° 01
FV102	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua dura a Tanque N° 02
FV103	Válvula neumática de flujo, salida de agua blanda de Tanque N° 01
FV104	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua con salmuera a Tanque N° 02
FV105	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua con salmuera a Tanque N° 01
FV106	Válvula neumática de flujo, salida de agua blanda de Tanque N° 02
LT101	Sensor de nivel del tanque N° 01
LT102	Sensor de nivel del tanque N° 02
LT103	Sensor de nivel del tanque de salmuera
YY101	Contactor de motobomba de salida de tanque N° 01
YY102	Contactor de motobomba de salida de tanque N° 02
YY103	Contactor de motobomba de salida de tanque de salmuera
UC100	Controlador PLC ubicado en tablero
CS100	Unidad de Supervisión

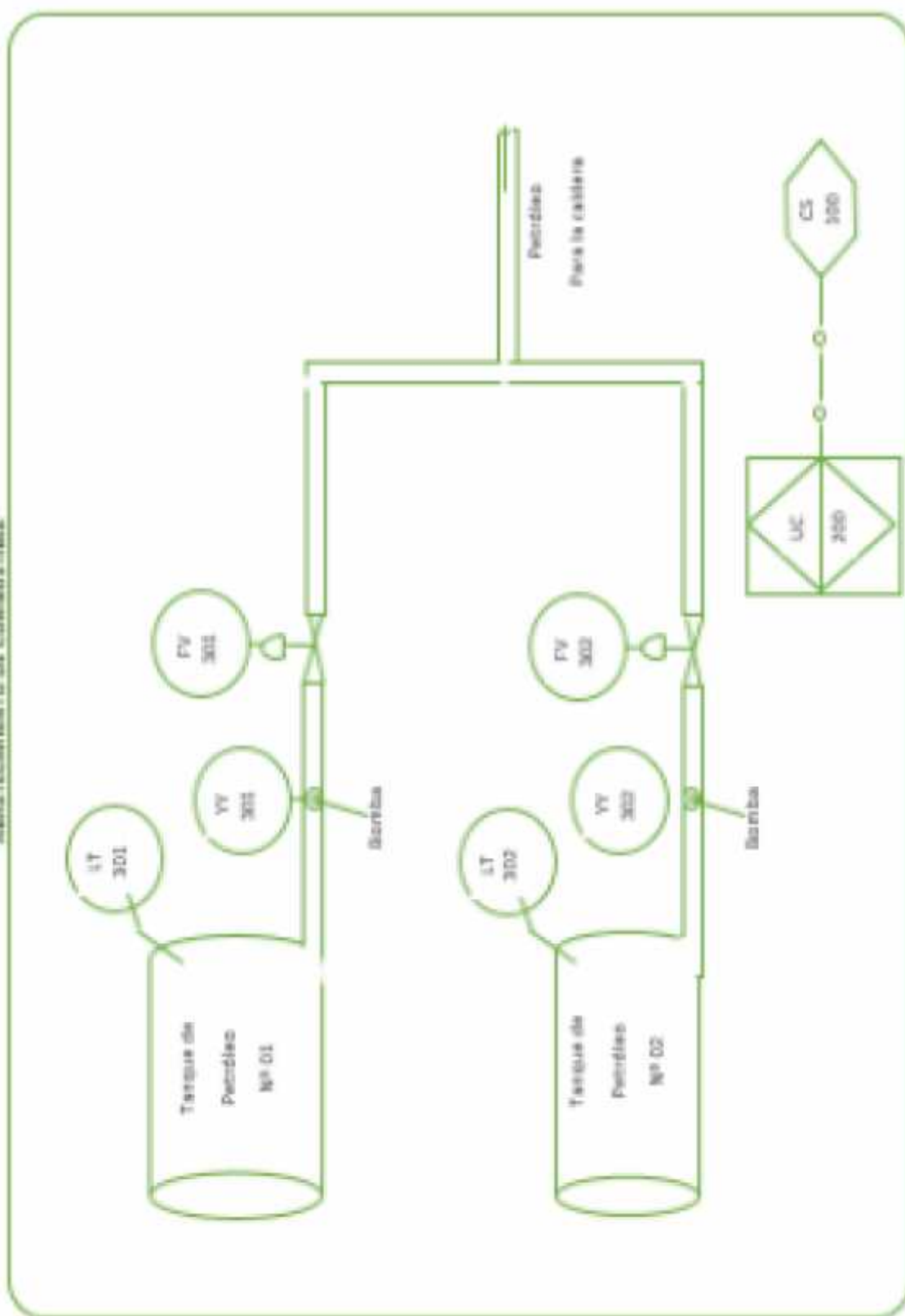
ABASTECIMIENTO DE AGUA



LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

FV201	Válvula neumática de flujo, salida de agua hacia la Caldera
FV202	Válvula neumática de flujo, ingreso de vapor a tanque desaireador
FV203	Válvula neumática de flujo, salida de agua de tanque de condensado
FV204	Válvula neumática de flujo, salida de agua bypass de tanque de condensado
LT201	Sensor de nivel del tanque desaireador
LT202	Sensor de nivel del tanque de condensado
TT101	Sensor de temperatura del tanque desaireador
TT102	Sensor de temperatura del tanque de condensado
YY201	Contactor de motobomba de salida del tanque desaireador
YY202	Contactor de motobomba de salida de tanque de condensado
YY203	Contactor de motobomba de salida de bypass de tanque de condensado
UC100	Controlador PLC ubicado en tablero
CS100	Unidad de Supervisión

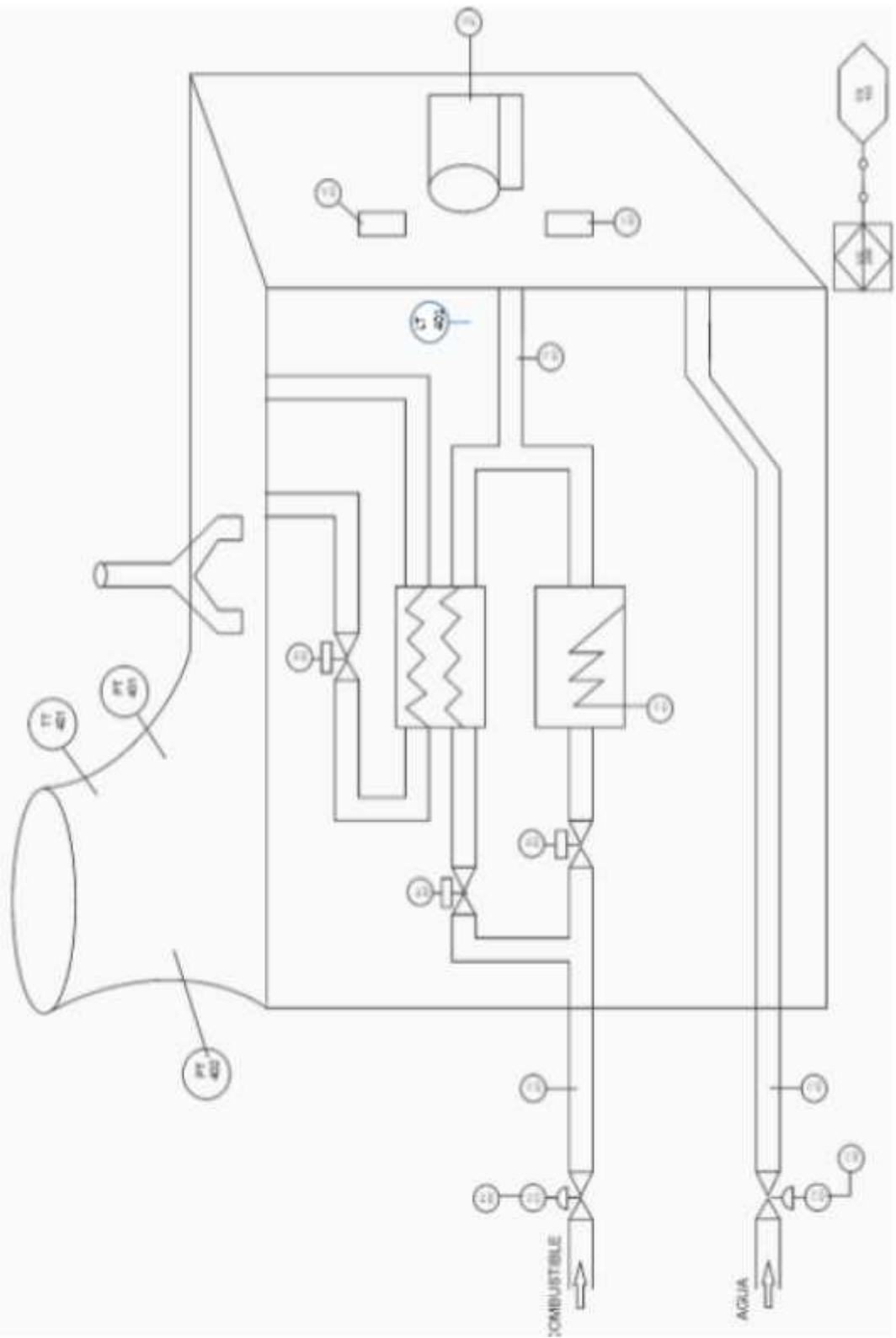
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE



LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

FV301	Válvula neumática de flujo, salida de petróleo de Tanque N° 01
FV302	Válvula neumática de flujo, salida de petróleo de Tanque N° 02
LT301	Sensor de nivel del tanque de petróleo N° 01
LT302	Sensor de nivel del tanque de petróleo N° 02
YY301	Contactor de motobomba de salida de tanque de petróleo N° 01
YY302	Contactor de motobomba de salida de tanque de petróleo N° 02
UC200	Controlador PLC ubicado en tablero
CS100	Unidad de Supervisión

CALDERA



LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE LA CALDERA

FV401	Válvula neumática de flujo, ingreso de combustible a la caldera
FV402	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua a la caldera
EV401	Válvula solenoide de flujo, vapor para calentamiento de petróleo de ingreso a caldera
EV402	Válvula solenoide de flujo, línea de ingreso de combustible en funcionamiento normal
EV403	Válvula solenoide de flujo, línea de ingreso de combustible en arranques después de paradas prolongadas
FT401	Sensor de flujo de ingreso de combustible
FT402	Sensor de flujo de ingreso de agua
PT401	Sensor de presión de salida de vapor
PT402	Sensor de seguridad de presión alta
LT401	Sensor de nivel de agua de la caldera
TT401	Sensor de temperatura de salida de vapor
TT402	Sensor de temperatura de ingreso de combustible
XT401	Sensor de presencia de llama
SZ401	Variador de velocidad de soplador de ingreso de aire
YY401	Contactor de calentador eléctrico de combustible de ingreso
YY402	Contactor de activación de llama
UC200	Controlador PLC ubicado en tablero
CS100	Unidad de Supervisión

3. LAZOS DE CONTROL

Para el software de control, se ha optado por la nomenclatura siguiente, con respecto a la definición de variables discretas, para un mejor entendimiento del usuario:

X1...Xn	Entradas discretas
Y1...Yn	Salidas discretas
IR0...IRn	Salidas discretas de uso interno
30001...3nnnn	Registros de entrada
40001...4nnnn	Registros de salida y mantenimiento

Donde:

Xn: El termino “X” representa una entrada binaria y el número “n” asociado corresponde a su ubicación en el conector de entrada (módulo de entrada).

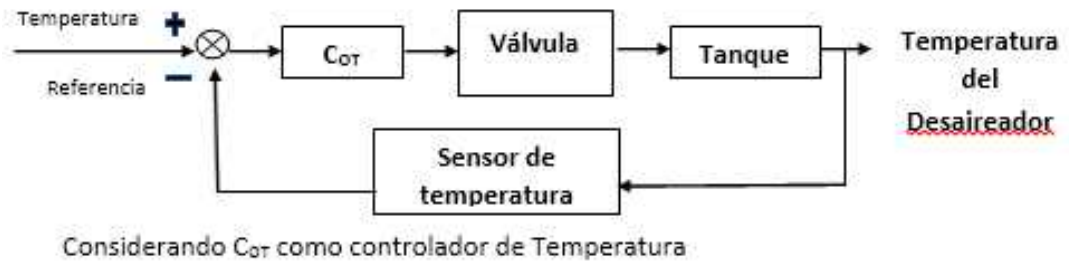
IRn: Este término representa una variable binaria interna (un elemento de memoria) y “n” el número de orden asociado.

Con esta nomenclatura, el programa se generaliza y desde luego podrá ser implementado en cualquier PLC, haciendo las modificaciones respectivas para adaptarse al modelo empleado por este.

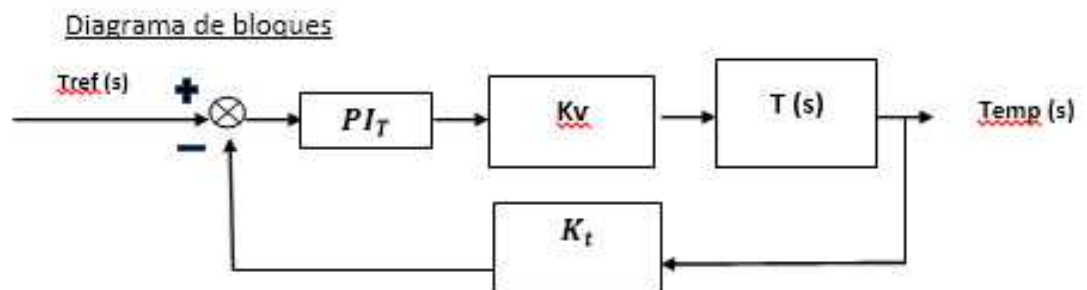
3.1. CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

El control de esta temperatura se ha efectuado sobre el tanque desaireador de agua, que es la que abastece a las calderas. El agua de alimentación proviene de la recuperación de condensados y de los ablandadores de agua, dándose el calentamiento por el vapor del sistema.

El lazo de control planteado sería como el mostrado:



Por lo que el Diagrama de Bloques respectivo sería:



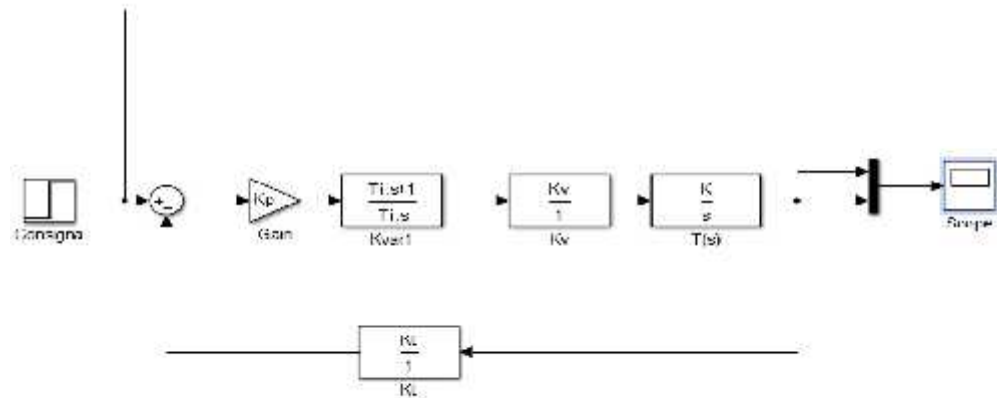
K_v = constante de relación de la válvula.

K_t = constante de relación del sensor.

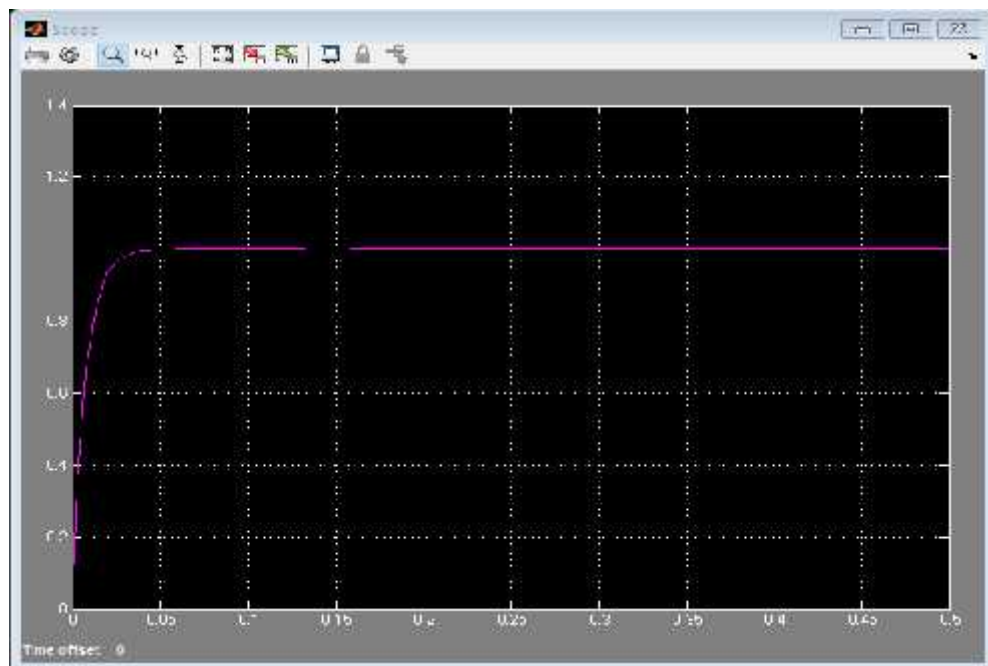
$T(s)$ = función de transferencia de tanque.

Simulación en Matlab

Diagrama de bloques en Matlab

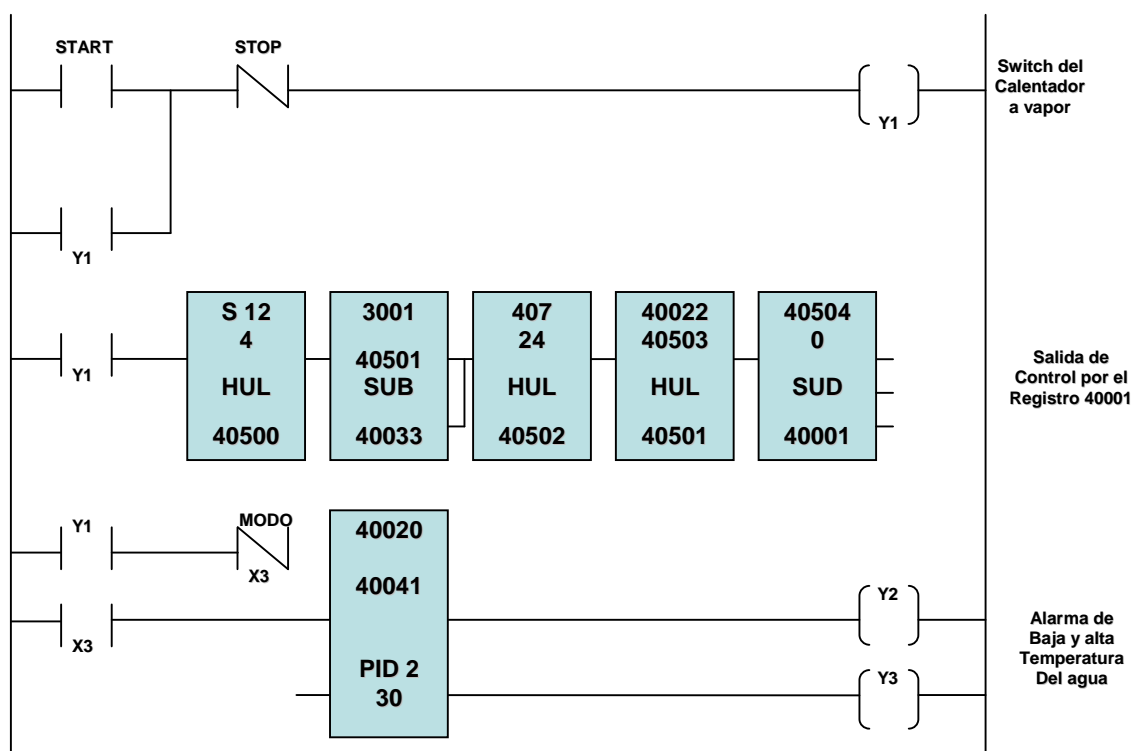


Respuesta gráfica del control de temperatura



Programa de Control

El programa mostrado está escrito empleando el lenguaje en escalera, el que incluye un bloque PID que hace el control de lazo cerrado. Por las características reales del proceso se realiza un control PI que es propio para temperatura.



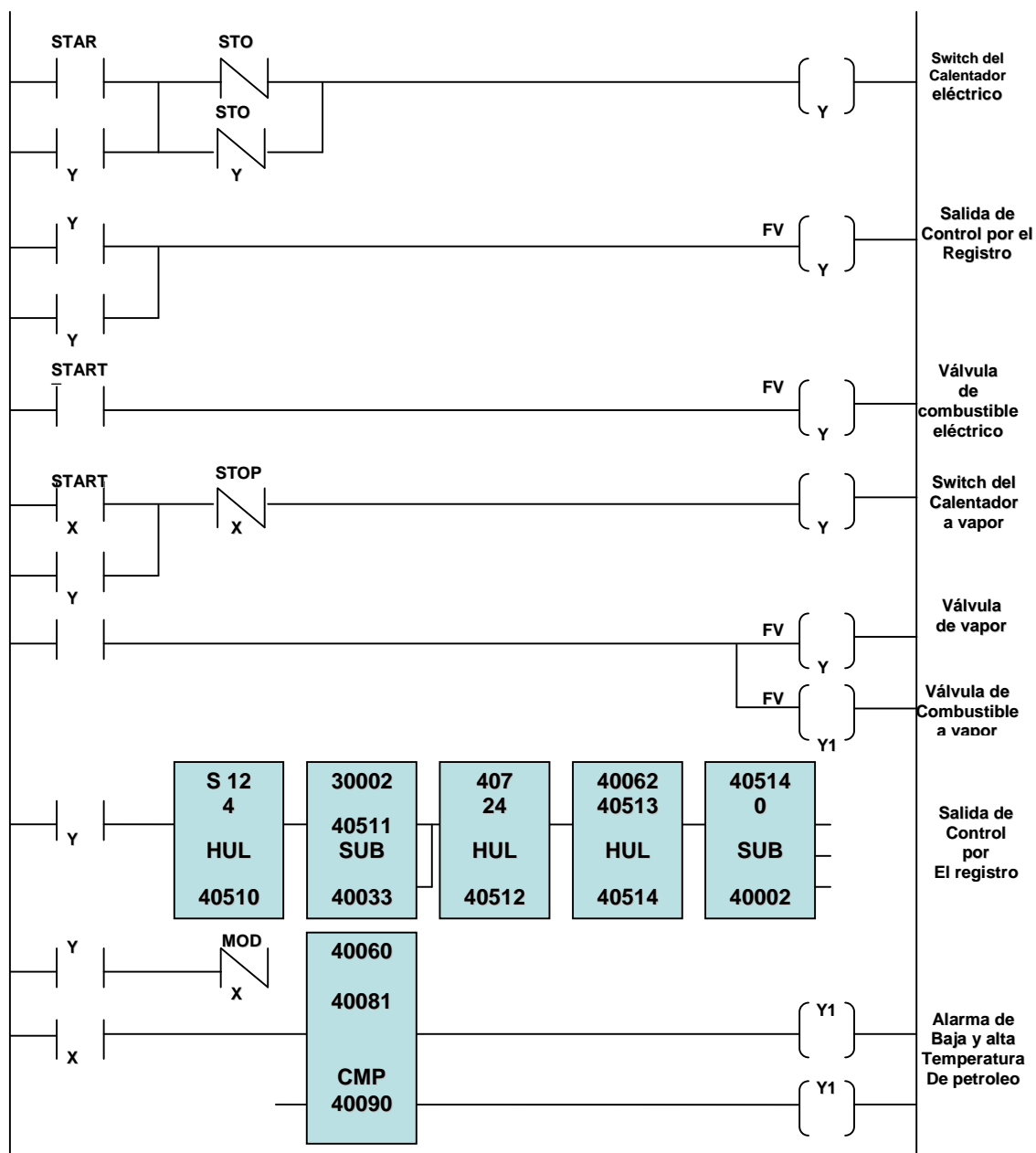
3.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL PETRÓLEO

Para que la caldera pueda arrancar, es imprescindible que el petróleo sea precalentado por medios eléctricos hasta llegar a una temperatura de 110°C para que esté totalmente diluido.

El control de la temperatura se realiza por medio de una resistencia eléctrica y es controlado por un termostato fijado a una temperatura de 110°C.

Una vez que se arranca la caldera se comienza a producir vapor, se espera hasta que la presión de atomización de vapor sea de 50 libras aproximadamente para llevar a cabo el cambio, es decir conmutar del pre-calentador eléctrico al calentador de vapor. Estos sistemas presentan un control On-Off y se muestran en el diagrama de instrumentación y en el programa de control respectivo.

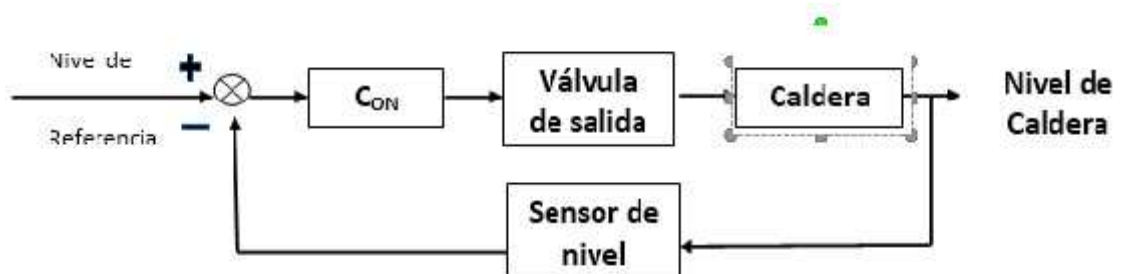
PROGRAMA PARA EL CALENTADOR DE PETRÓLEO



3.3. CONTROL DEL NIVEL DE AGUA EN LA CALDERA

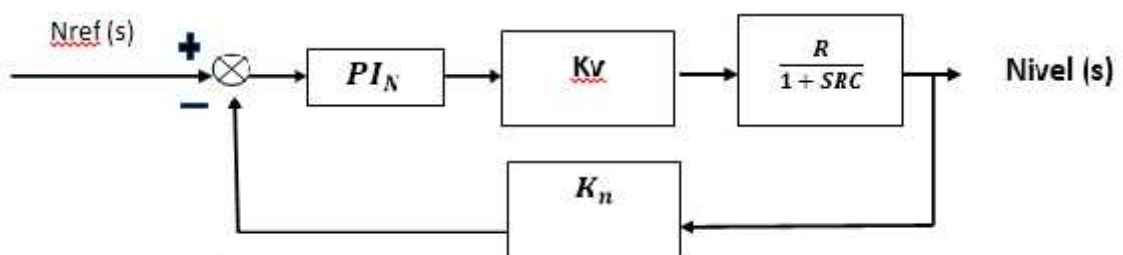
El nivel del agua de la caldera es un valor muy importante para poder determinar el control de la generación de vapor, además es una de las alarmas críticas necesarias para poder realizar la programación.

El lazo de control propuesto es el siguiente:



Considerando a C_{ON} como controlador de nivel

Por lo que el Diagrama de Bloques respectivo será:



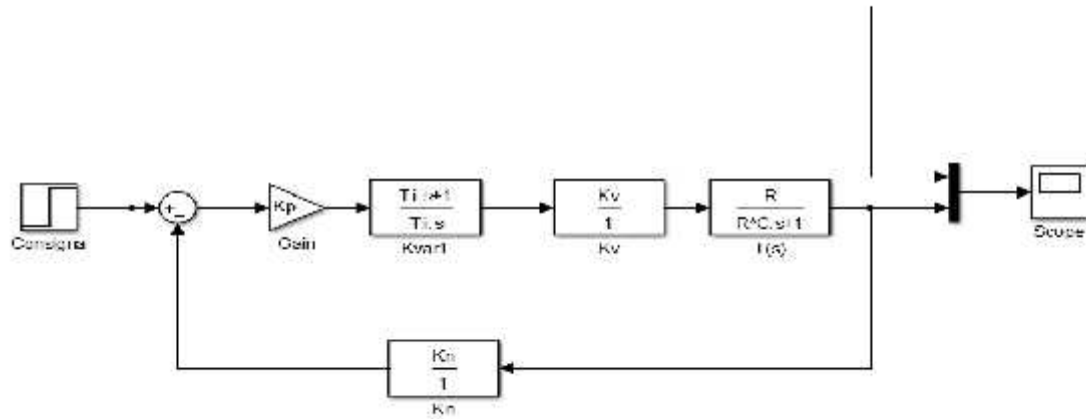
Donde:

K_v = constante de relación de la válvula.

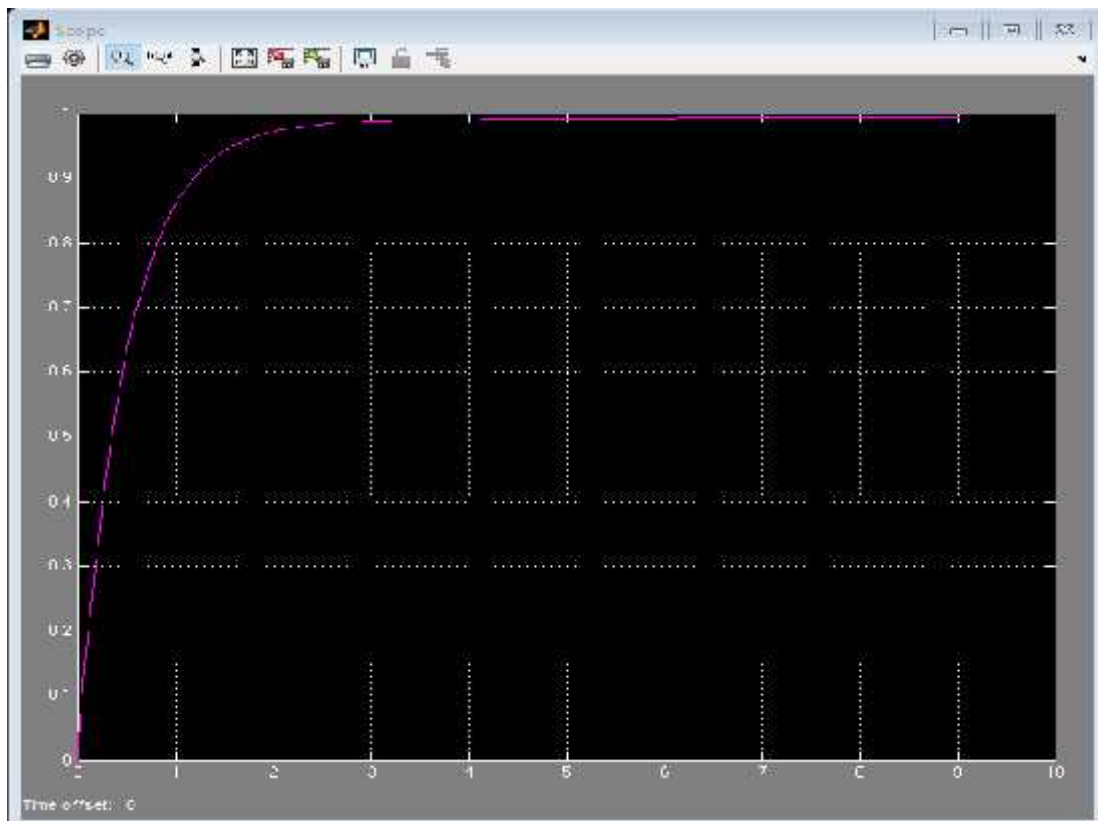
K_n = Constante de relación del sensor de nivel

Simulación en Matlab

Diagrama de bloques en Matlab



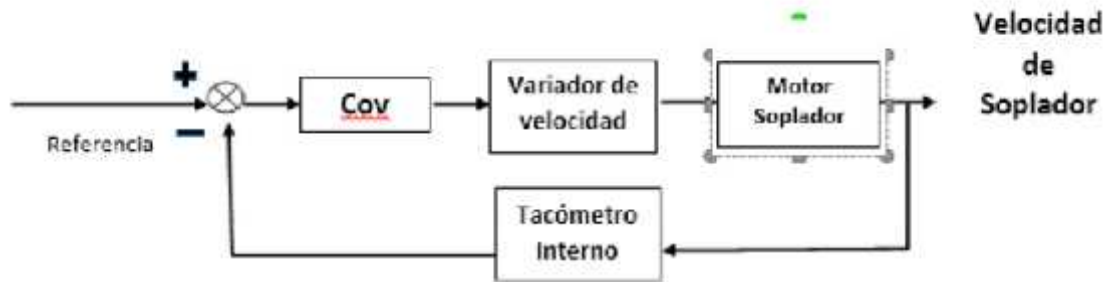
Respuesta gráfica del control de nivel



3.4. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DEL SOPLADOR

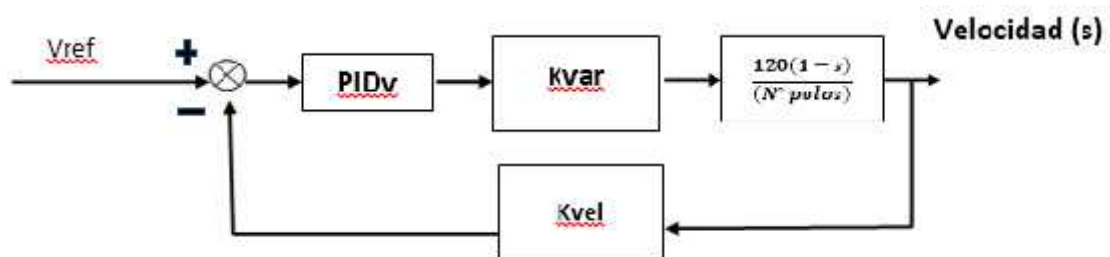
Para lograr un adecuado control de la relación aire-combustible, es necesario controlar la velocidad del motor del soplador.

Por lo que obtenemos el siguiente lazo de control:



Considerando a Cov como controlador de velocidad.

Así como el Diagrama de Bloques respectivo:



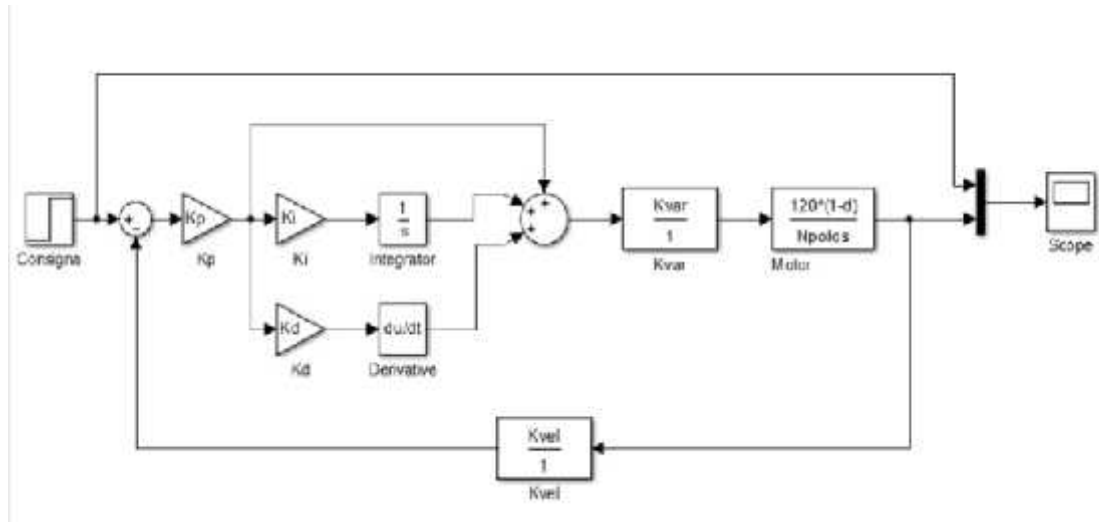
Donde:

kvar = coeficiente de relación de variador.

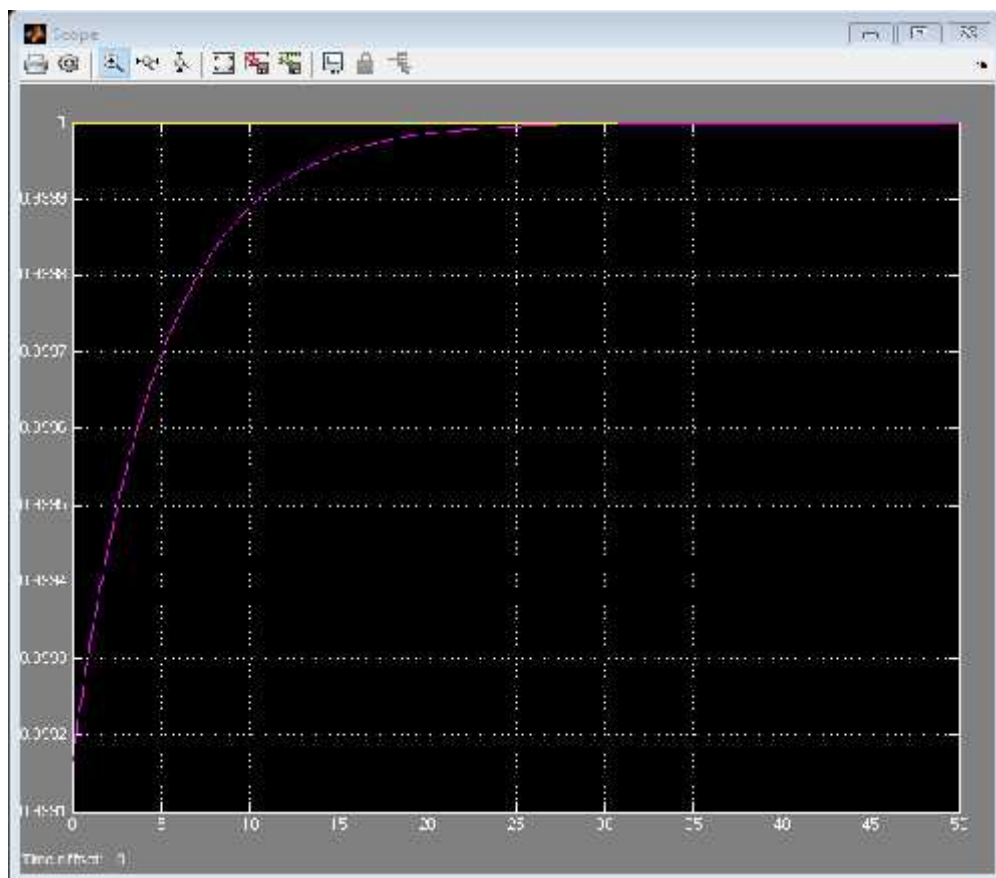
Kvel = coeficiente de relación de sensor de velocidad.

Simulación en Matlab

Diagrama de bloques en Matlab



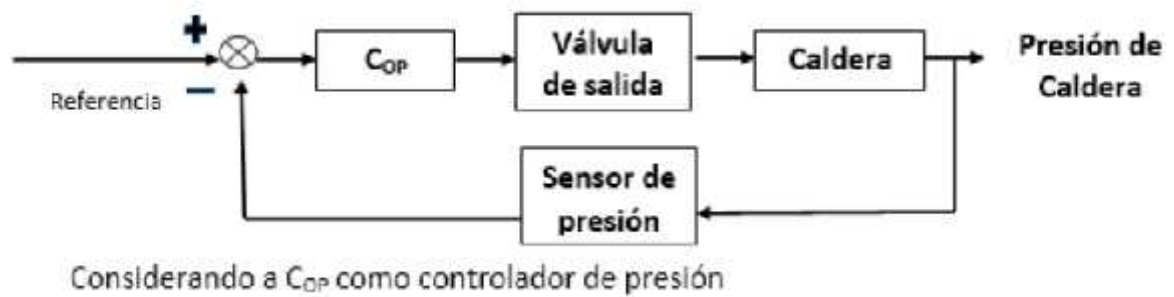
Respuesta gráfica del control de velocidad



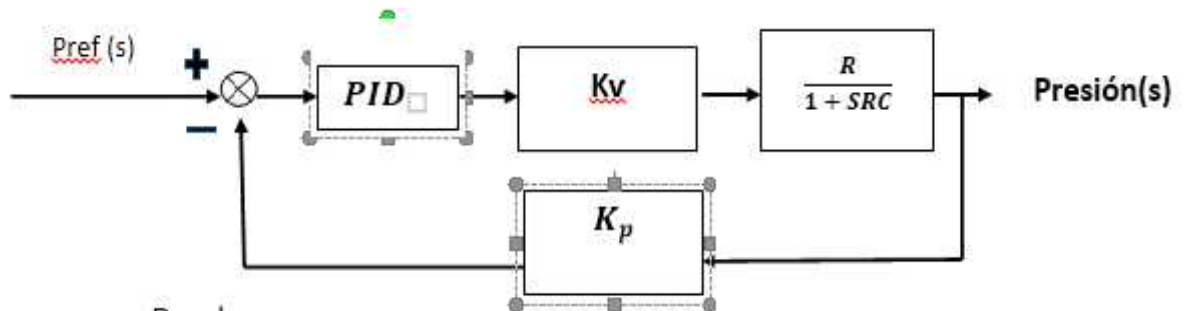
3.5. CONTROL DE PRESIÓN DE LA CALDERA

Otra de las variables muy importantes para el control y generación de vapor es la presión generada, por lo que analizaremos esta variable.

El lazo de control propuesto para este caso será:



El Diagrama de Bloques respectivo:



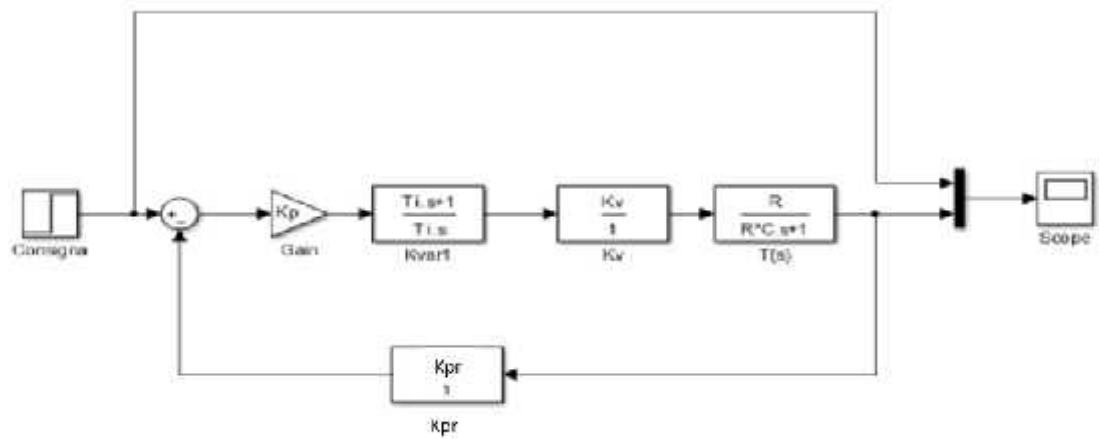
Donde:

K_v = constante de relación de la válvula.

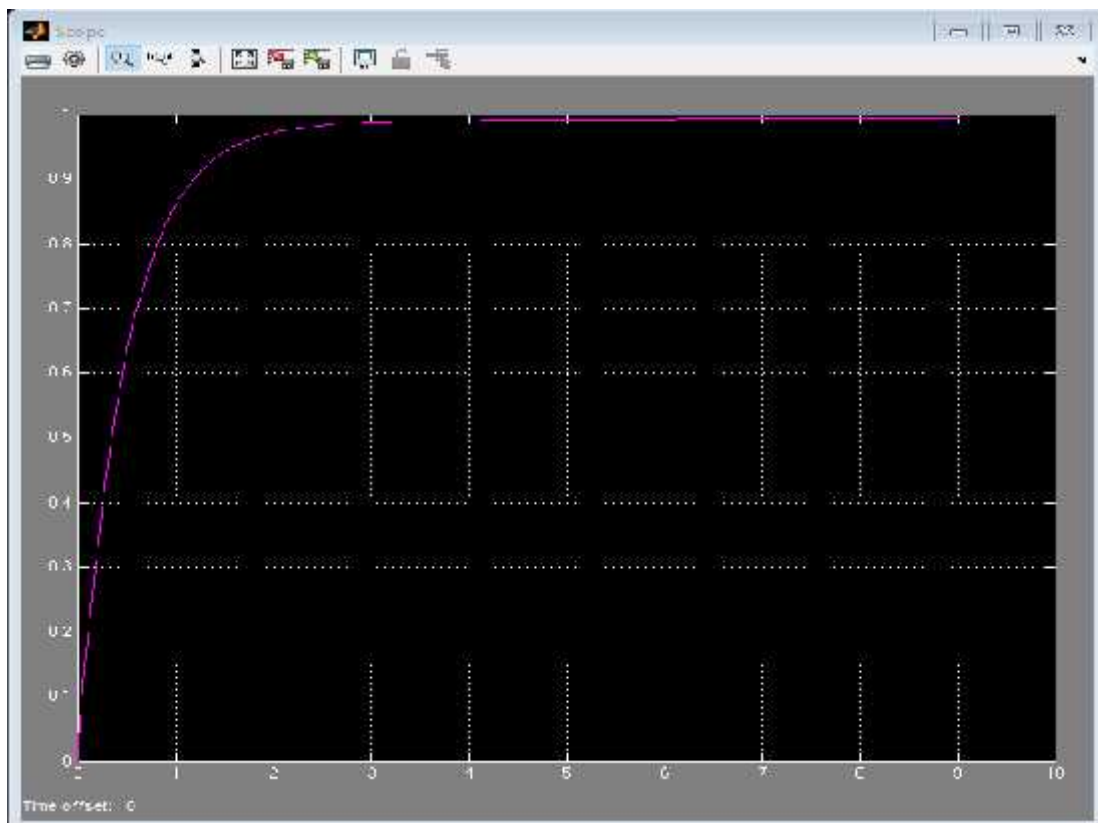
K_p = Constante de relación del sensor de presión

Simulación en Matlab

Diagrama de bloques en Matlab



Respuesta gráfica del control de presión:



4. PRINCIPALES PROGRAMAS DE CONTROL

A continuación se mostrarán los principales programas de control planteados a utilizarse en el sistema propuesto. Los programas se han desarrollado con símbolos en forma general, siendo la aplicación final a utilizar los símbolos de acuerdo al fabricante del PLC seleccionado.

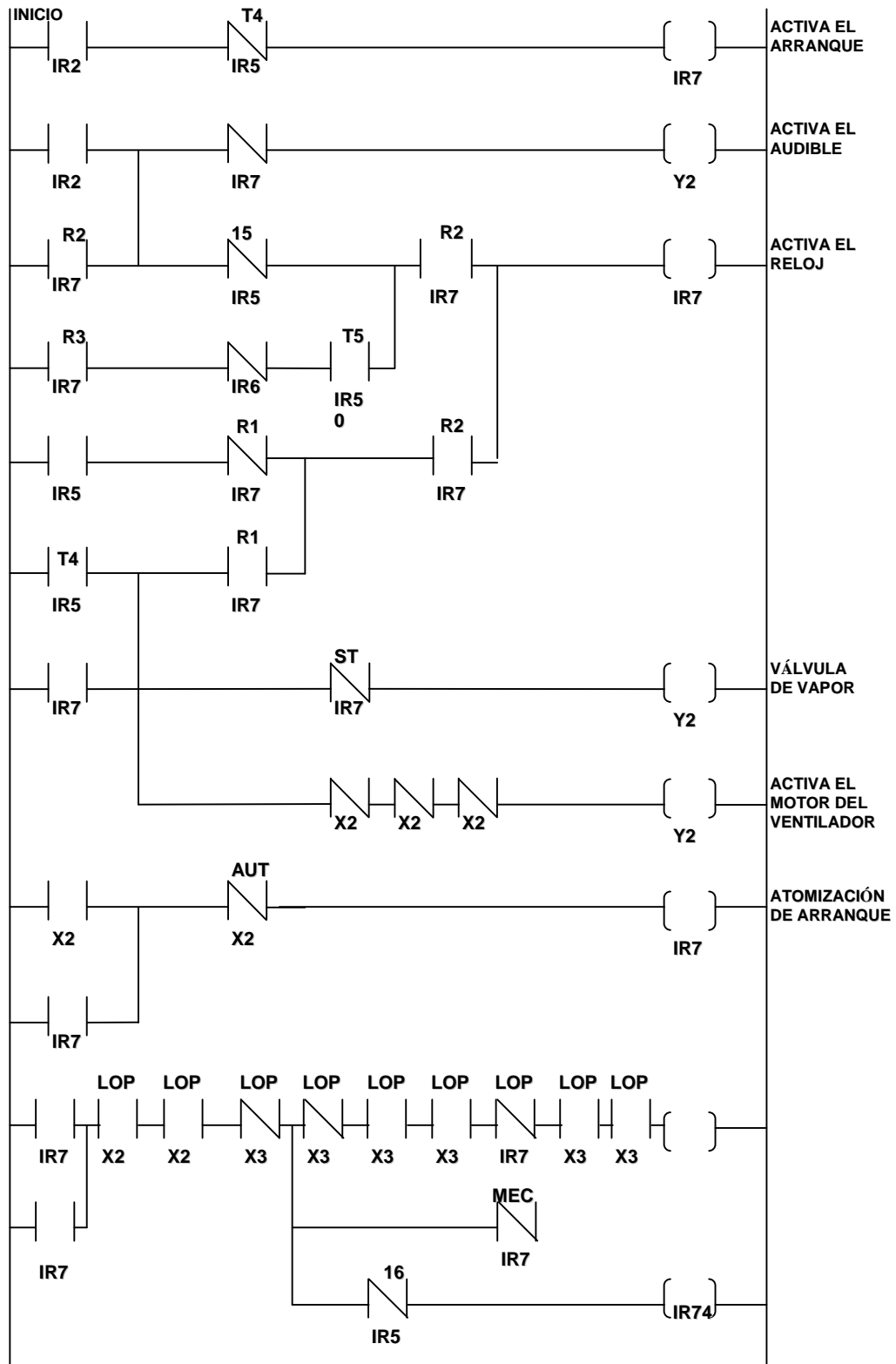
Estrategia de control

El control de la combustión está basado en la demanda de carga de vapor, los gases de combustión, el diseño de quemador y la calidad de combustible y aire. Para elaborar la estrategia de control se ha empleado las normas SAMA - Asociación de Fabricantes de Instrumentación (Scientific Apparatus Makers Association).

El objetivo principal es lograr lo siguiente:

- Alcanzar los requerimientos de vapor controlando la válvula de combustible y la entrada de aire.
- Operar en condiciones de seguridad.
- Adaptar las condiciones del combustible y aire.
- Balancear el combustible y aire para una eficiente combustión.

PROGRAMA PRINCIPAL DE ARRANQUE DEL CALDERO



Para llevar a cabo este control, existen dos opciones: la primera sin contar con un analizador de gases y la otra teniendo instalado en la chimenea el analizador.

Control sin analizador de gases

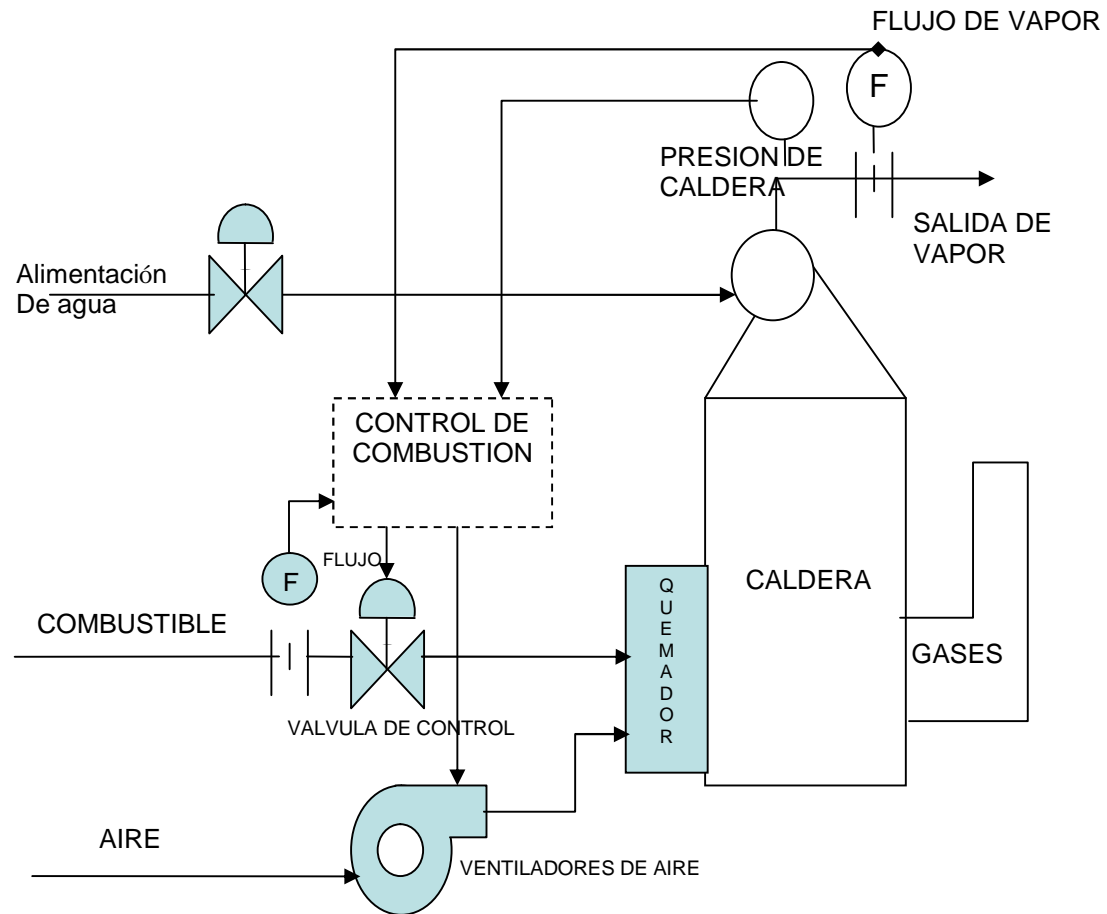
Este control regula la entrada de combustible y aire, donde la relación combustible/aire, es programada en función de la demanda.

Es decir, se realiza las mediciones de la presión de vapor, flujo de combustible y aire para las diferentes situaciones de demanda, estos valores fijos se toman como *setpoints* y son programados los requerimientos de combustible y aire.

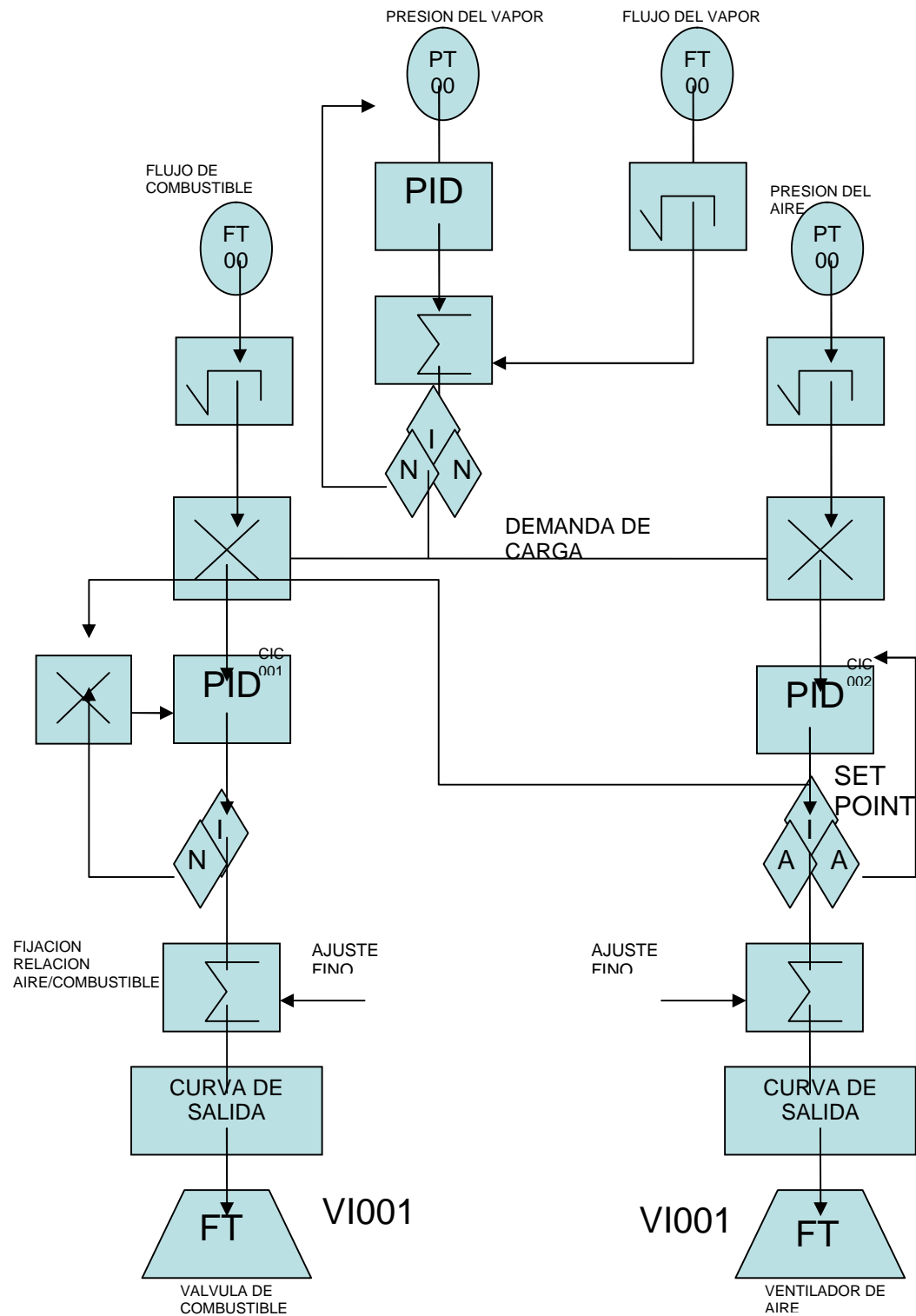
Su forma de operar es como sigue, los valores medidos se comparan con los puntos programados y de acuerdo a la estrategia planteada se ajusta la entrada de combustible y aire. Tratando siempre de obtener la máxima eficiencia, que en este caso alcanzará aproximadamente un 85%.

La demanda de vapor es utilizado como base para llevar a cabo la regulación de entrada de aire y combustible, para ello puede ser considerado como elemento primario el aire o el combustible, en este caso tomamos el aire como primario.

ESQUEMA DE CONTROL DE COMBUSTIÓN DE LA CALDERA



ESTRATEGIA DEL CONTROL DE COMBUSTIÓN



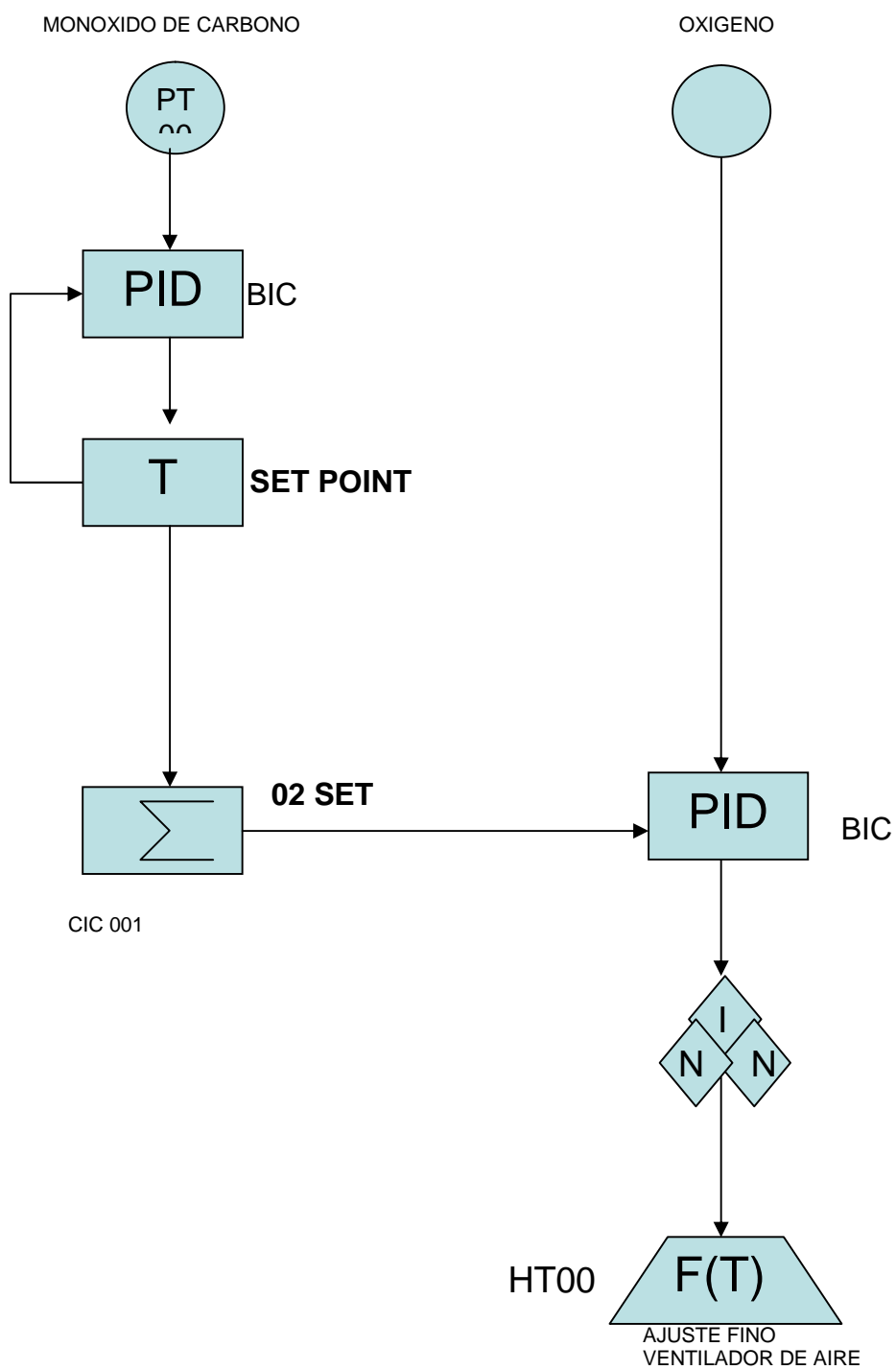
Las figuras representan al esquema y estrategia de control de combustión. El sistema usado debe ser lo suficientemente flexible para manejar cualquier estrategia de control de combustión.

Con el método anterior, se resuelve en parte el problema de la combustión, pero es imposible programar todos los puntos de la curva de demanda, porque al efectuar las mediciones solo se toman algunos puntos, trazando la curva en forma aproximada. Por lo tanto, habrá ciertos puntos muertos (fuera de la curva) donde no será exacto el control de la combustión.

Control con analizador de gases

El control de la relación aire/combustible, con el analizador es un ajuste fino del aire basado en un análisis continuo de los gases de combustión, esto es se analiza al oxígeno (O_2) y al monóxido de carbono (CO) para ser utilizados como base, en función de los cuales se realizara el control de la regulación fina de la entrada de aire (primario) y combustible (secundario).

ESTRATEGIA DE CONTROL DE LA RELACIÓN FINAL DEL AIRE/COMBUSTIBLE



Para el proyecto planteado se utilizará el control sin analizador de gases, basándose en las presiones de trabajo requeridas. La presión en la línea general, es decir en el manifold de abastecimiento de vapor está dentro del siguiente rango:

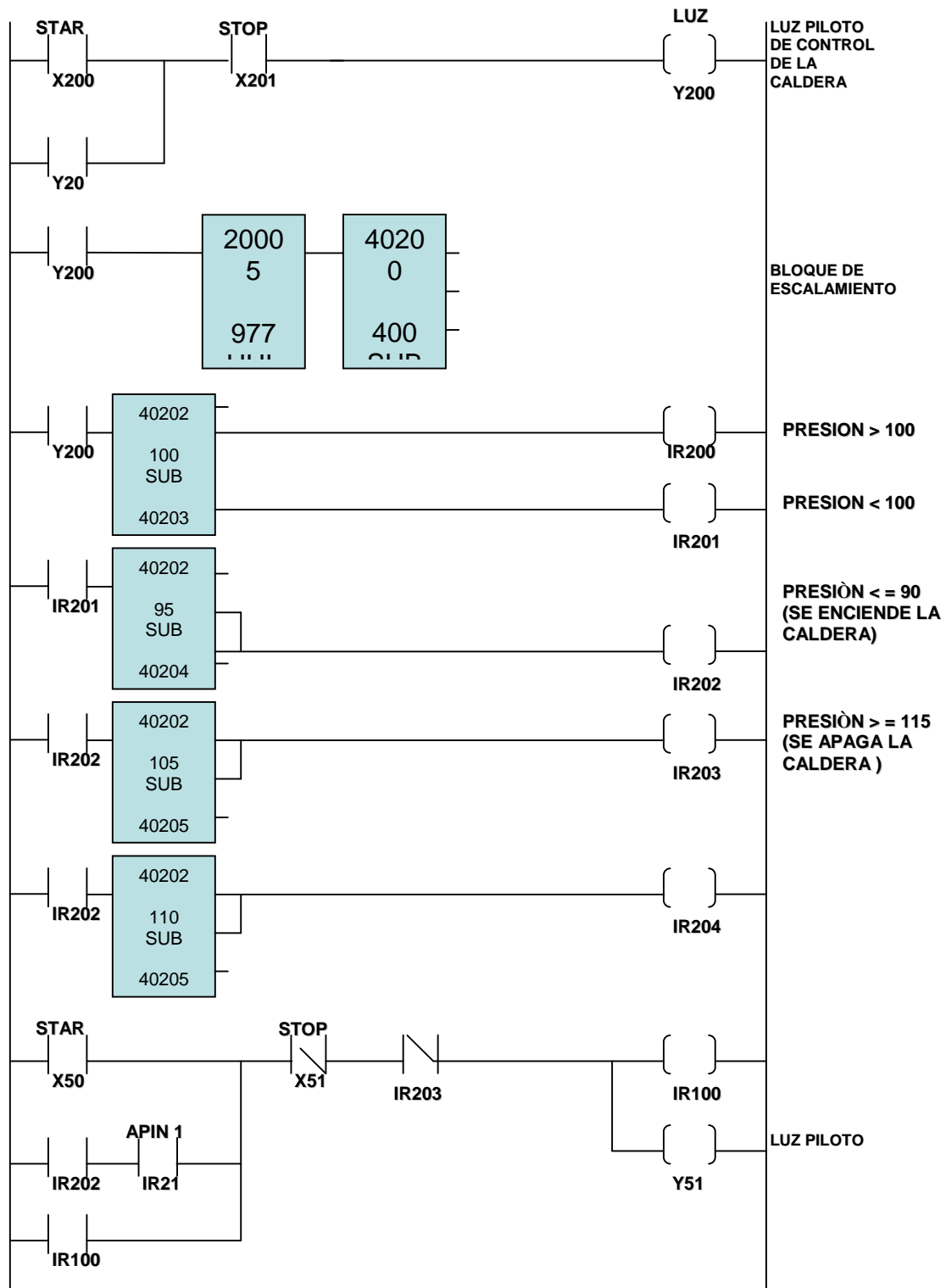
Mínima = 90 psi.

Optima = 100 psi.

Máxima = 115 psi.

La presión de trabajo de las calderas debe estar dentro de este rango también, por consiguiente el control a realizarse debe mantener esta presión entre 90 y 115 psi.

PROGRAMA DE CONTROL DE PRESIÓN GENERADA EN LA CALDERA



5. INTERFASE DEL SISTEMA CON EL OPERADOR

La unidad de control de proceso tomará la información o lectura de los instrumentos de campo, que estarán en interfase con el operador en una consola de operación, que será la unidad central del sistema de supervisión.

Para lo cual sus funciones básicas estarán referidas a:

1. Implementar una interfase hombre-máquina que permita mostrar la información en la forma más conveniente al operador.
2. Administrar y mantener una base de datos, que incluya la información sobre las características de todos los puntos (TAG), medición, control y mando.
3. Adquisición de información dada por los instrumentos de campo. Asimismo, será el responsable de administrar las secuencias de mando a distancia.
4. Implementar las funciones de protección requeridas a un nivel de software.
5. Procesar las señales de alarma, llamando la atención de manera conveniente al operador cuando estas ocurran.
6. Generación de reportes periódicos de los puntos (TAG) y gráficas en tiempo real.

RED DE COMUNICACIÓN

La comunicación local deberá ser a través de un protocolo industrial que permita:

1. Transferencia de datos entre controladores y el computador central.
2. Programación de los controladores.

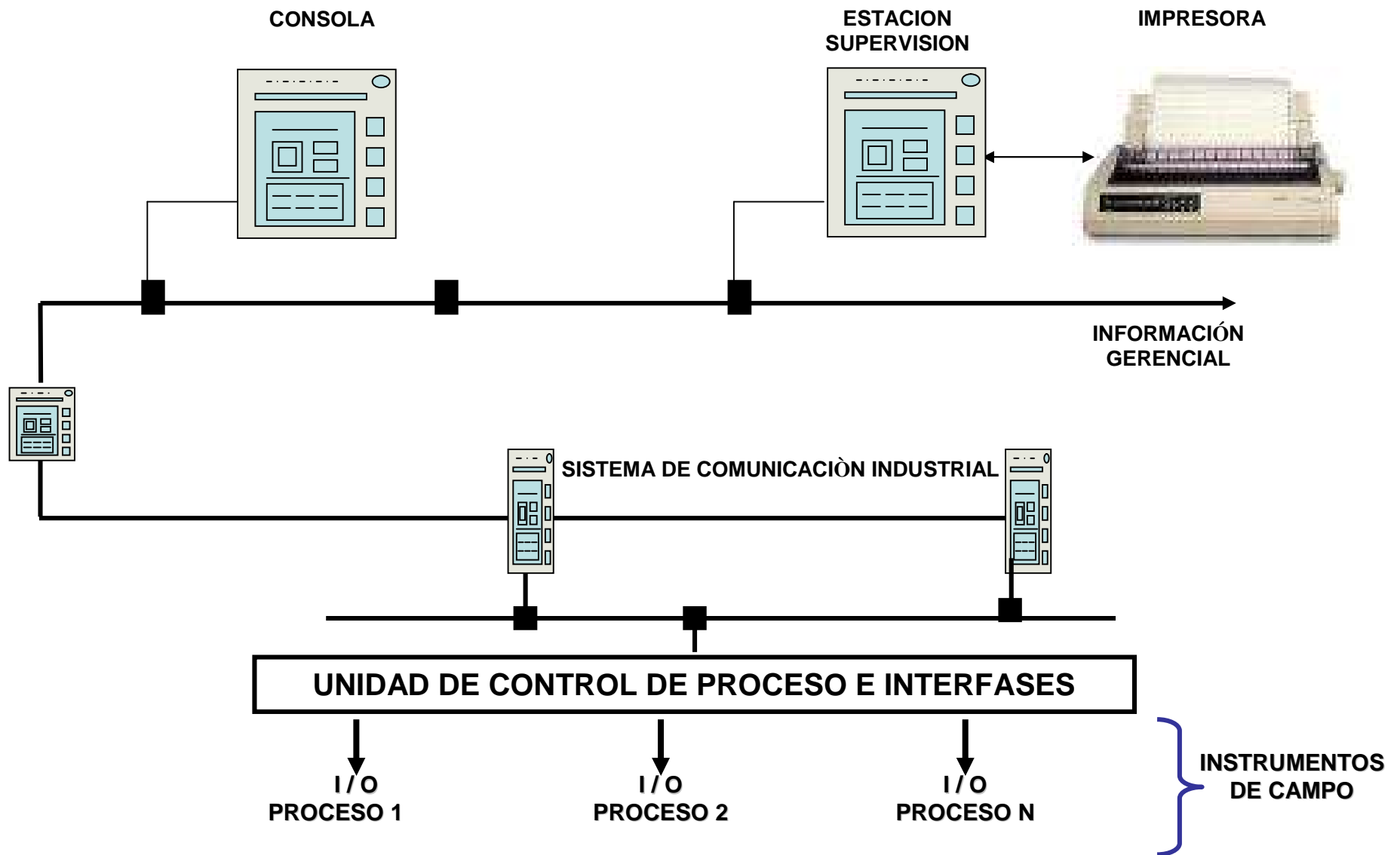
3. Activación/desactivación de los programas de aplicación desde el computador.

La redundancia sería una forma de proteger la operación del sistema contra fallas que puedan presentarse, la cual deberá estar orientada a las partes básicas del sistema y no al total del sistema, debido a que el costo del proyecto se duplicaría, lo que no sería beneficioso para la empresa. Este punto está supeditado a la disposición de la empresa de aceptar o no la redundancia.

Las partes básicas sujetas a redundancia son:

- La fuente de alimentación
- El CPU del controlador del proceso

La figura siguiente muestra una configuración del sistema de control planteado para la caldera, en este se considera al CPU en un tablero o estación principal y un terminal remoto (ET) para una mejor distribución física de los componentes y evitar cableado excesivo. Además se considera la respectiva consola de control y el nivel de supervisión, que dará la posibilidad de integración con otros procesos a los que se les distribuye vapor, así como a los niveles gerenciales.



6. SOFTWARE PARA LA SUPERVISIÓN

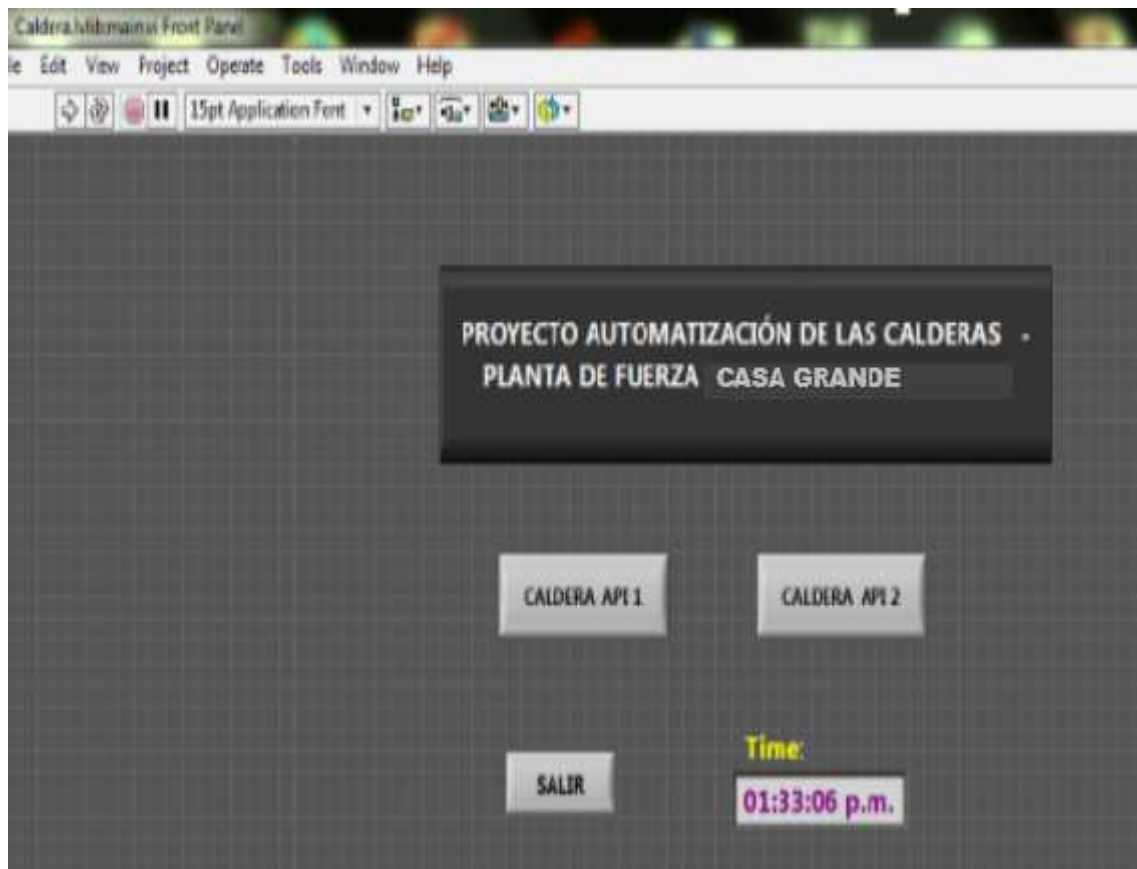
El software se encargará de coleccionar y procesar la información de las unidades de control de procesos, controlar la interfase hombre-máquina y todas aquellas funciones inherentes como son la generación de reportes, procesamiento de alarmas, recuperación de fallas, etc.

El diseño del software tendrá en consideración que:

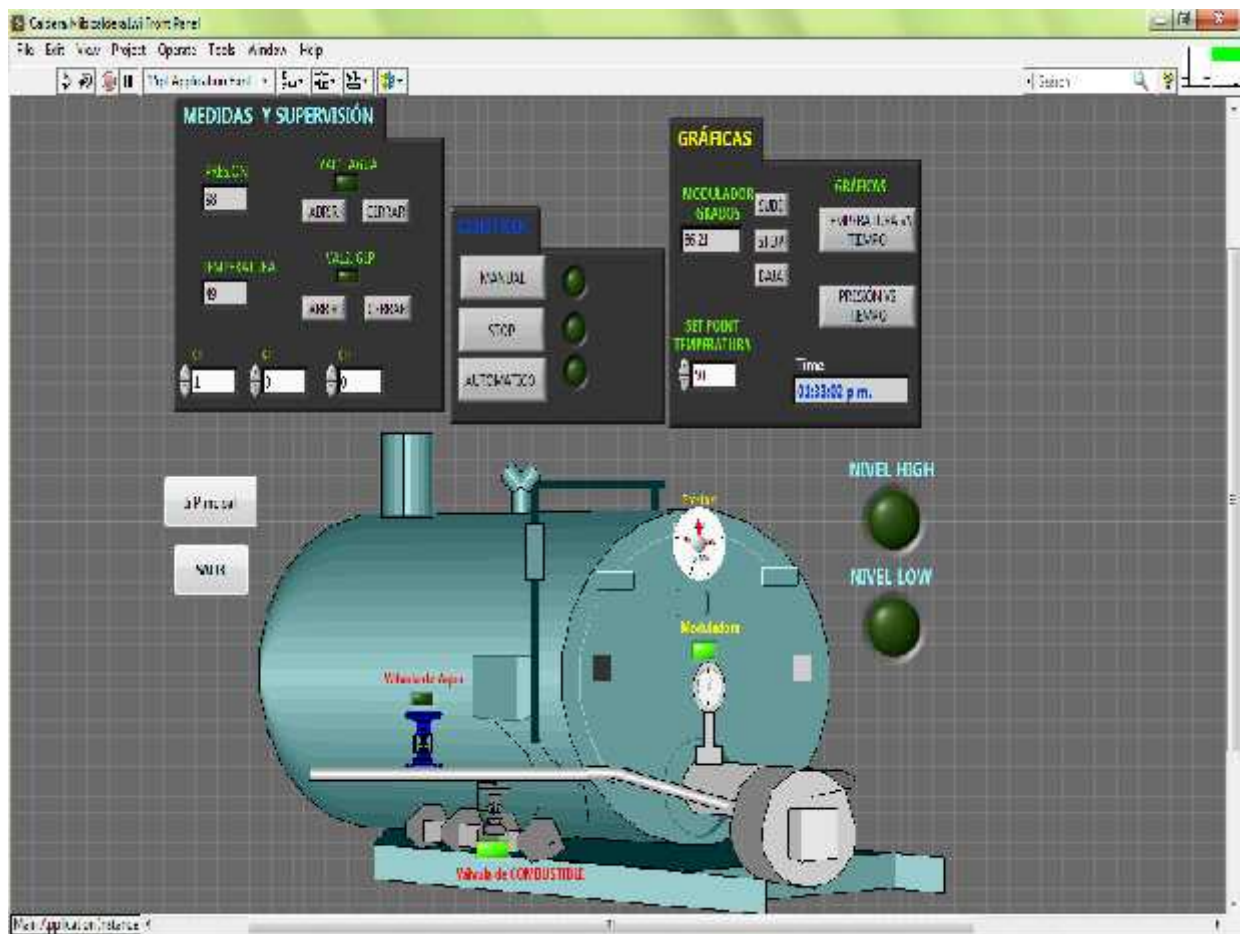
- La interfase hombre-máquina será totalmente gráfica utilizando el entorno Windows.
- Las alarmas deberán presentarse al operador mediante mensajes descriptivos de los eventos, almacenarse en archivos históricos, impresión de reportes, etc.
- Debe ser capaz de implementar las funciones de mando desde las consolas de operador, así como de los pulsadores instalados en el panel de mando.
- Los gráficos creados pueden modificarse por el usuario, tanto en la presentación, colores y símbolos gráficos.

Para el diseño del programa de Supervisión se utilizará el Software INTOUCH, de aplicaciones industriales. Sin embargo se ha diseñado uno de demostración utilizando el Lab View, a continuación se muestran algunas pantallas.

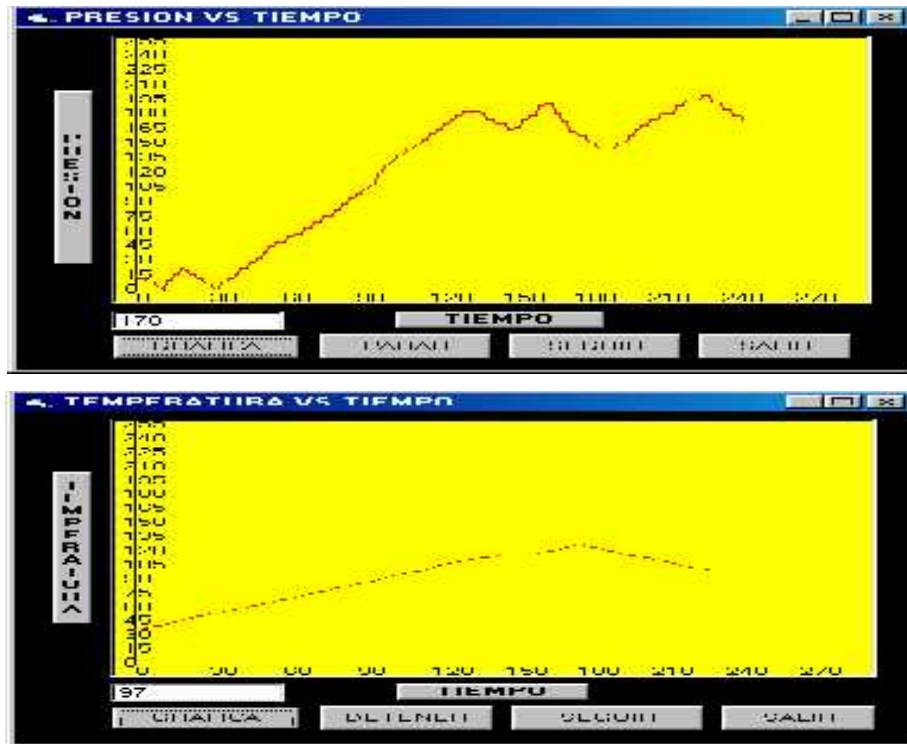
1. Pantalla de visualización inicial, donde se presenta el proyecto de automatización de la caldera ubicada en planta de fuerza, en la empresa Agroindustrial Casa Grande:



2. Pantalla donde se aprecia al esquema de la caldera, en este se ha incluido un menú de opciones partiendo desde el control manual en donde se tendría la opción de poder manipular los diferentes dispositivos finales como las válvulas. Así mismo seleccionar los setpoints y visualizar los valores de las principales variables del sistema:



3. Pantalla de los gráficos de presión y temperatura del vapor generados en la caldera en tiempo real:



7. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE CONTROL

Para poder seleccionar los instrumentos y equipos requeridos para el presente proyecto, necesitamos basarnos en los planos de instrumentación así como en las especificaciones de los rangos de valores de las variables a controlar. Para ello utilizaremos las páginas y hojas técnicas de los principales fabricantes de equipos en el mercado.

Después de consultar con manuales de diferentes fabricantes, se seleccionaron los instrumentos considerados en el diseño del proyecto.

Estos se describen en la siguiente tabla:

N°	ELEMENTO	CANTIDAD
01	SENSOR DE NIVEL CONTINUO MARCA: PROXIMITY MODELO: UL200 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Salidas: 4 a 20 mAdc - Voltaje: 24 vac - Rango: 5 metros - Temperatura: -23° a 150° C - Material de sensor: CPVC - Protección: NEMA 4X 	5
02	DETECTOR DE NIVEL LÍMITE MARCA: ENDRESS - HAUSER Características: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Electrodo - Temperatura máxima: 130° C - Presión: 6 bar. - Salida: 24 vdc - Protección NEMA 4 	3
03	SENSOR TRANSMISOR DE LLAMA MARCA: DWYER MODELO: 657C – 1 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Precisión RH: \pm 2% - Resolución: 0.1% - Voltaje: 10 - 35VDC - Salida: 4 – 20 mA. - Temperatura de operación: 0° a 300° C 	1

04	TRANSMISOR DE FLUJO MARCA: HEDLAND MODELO: FM – 1100 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 m3/seg a 10 m3/seg - Presión: 5000 Lb/pulg² - Temperatura: 400° F max - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 - 20mA. - Indicación digital 	2
05	SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA MARCA: OHKEN MODELO: TT 900 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 a 150 °C - Tipo: Pt-100 - Material funda: acero inoxidable - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 a 20 mA 	4
06	SENSOR TRANSMISOR DE PRESIÓN MARCA: ENDRESS-HAUSER MODELO: PTS3000 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 a 150 lb - Tipo: Cerabar - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 a 20 mA 	2
07	TRANSDUCTOR CORRIENTE-PRESIÓN (I/P) MARCA: OMEGA MODELO: IP 210 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Entrada: 4 a 20 MA - Salida: 3 a 15 psi - Normalización: Standard - Protección: NEMA 3 	6
08	ELECTROVÁLVULA MARCA: FESTO MODELO: CAT – JJ400 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Posiciones: 2 - Presión de operación: 100 psi max. - Alimentación: 24 Vdc - Rango de temperatura: 0 a 100° C 	6

09	VÁLVULA SOLENOIDE MARCA: ECKARDT MODELO: AK-P9384 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero inoxidable - Tamaño ϕ: 2" - Alimentación: 220 vac - NC 	3
10	VÁLVULAS DE FLUJO NEUMATICAS MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero al carbón - Tamaño ϕ: 6" - Presión: 80psi - Actuador: Diafragma y resorte múltiple - Temperatura: 100° C máx. 	12
11	CONTACTORES TRIFÁSICOS MARCA: SIEMENS MODELO: 3RT5012 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Treinta millones de maniobras - Máxima temperatura: 60 °C - Bobina: 220 vac 	10
12	VARIADOR DE VELOCIDAD MARCA: DANFOSS MODELO: FC 301 <ul style="list-style-type: none"> - Potencia máxima de 5 HP - Parada de seguridad - Control vectorial VVC+ - Conexión por bornera o profibus 	1
13	GUARDAMOTORES TRIFÁSICOS MARCA: SIEMENS MODELO: 3RV1031 <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad máxima de 30 amperios - Disparador de apertura y de mínima tensión - Bornes de tornillo - Regulación por tornillo 	10

SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PLC

A continuación detallaremos mediante una tabla comparativa las principales características de los PLC's propuestos, y basándose en un análisis determinaremos cuál de los PLC's será el seleccionado.

Para el presente Proyecto de Automatización los criterios que mencionaremos son de los siguientes PLC's industriales:

- Marca SIEMENS, Modelo SIMATIC S7-224U
- Marca ALLEN-BRADLEY, Modelo SLC 500
- Marca MODICON, Modelo COMPAC 984-A-145

COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE PLCs

Características	FABRICANTES DE PLC'S		
MARCA	SIEMENS	ALLEN – BRADLEY	MODICON
MODELO	SIMATIC S7-224U	SLC 500	COMPAC 984-A-145
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC O 115/230 VAC
ENTRADAS ANALÓGICAS	IP 260 ENT de 0 a 5V, 4 a 20 mA multigama, 12 bits resoluc.	AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA 11 bits de resoluc.	ADU 204: 4 ENT.
ENTRADAS DISCRETAS	15-420-7LA11 32 ENT. ALIM. 24 VDC	SX DMZ 28 DR 16 ENT. 24V.	DEP 208: 8 ENT. ALIM. 220VAC. DEO 216:16 ENT. ALIM. 24 VDC. DEP 209: 8 ENT. ALIM. 120 VAC.
SALIDAS ANALÓGICAS	IP 260 SAL de 0 a 5V, 4 a 20 mA multigama, 12 bits resoluc.	SX ASZ 200 2 SAL. ±10V; 4 -20 mA. 11 bits de Resoluc.	DAU 202: 2 SAL
SALIDAS DISCRETAS	15-441-7LA11 32 SAL. TIPO RELE 24 vdc ó 220 vac	DMZ 6 DTK 12 SAL. RELE	DAP 208: 8 SAL-24 VD DAP 209: 8 SAL-120VA DAP 216: 16 SAL-24VDC.

DIMENSIONES FISICAS	16,5 x 8,5 x 6 cm	ALT.151 mm. PROF.108 mm.	21,3X14,2X12 cm.
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S	PROFIBUS RED LOCAL SINEC H1	RED LOCAL CONTROLNET	MODBUS PLUS
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA PERIFERICOS	SERIE ESTANDAR	SERIE ESTANDAR	MODBUS ESTANDAR
LENGUAJE DE PROGRAMACION	STEP7	RX LOGIX 500	MODSOFT. COMPACT-984
MEMORIA RAM	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21 16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	7,8 K INSTRUCC. BOLE (2K PALABRAS DE DATOS)	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes 16K Bytes
MEMORIA EPROM	700-375-1LA15 8KB. 700-375-1LA21 16 KB. 700-375-1LA41 32 KB. 700-375-1LA61 64 KB. 700-375-1LA71 128 KB	4.7K LISTA DE INSTRUCCION ES.	8K Bytes
TARJETA DE EXPANSIÓN	S7-IM 306 (MOD.INTERF. PARA RACKS DE EXPANC.)		MODULOS A120
TARJETA DE INTERFAZ A RED	CP 535 (Proc. De com.) Medio Fisico TX: cable coaxial apantallado (a través de Transc. BT 775	PCMCIA (TSX FPF 20) Cable de conexión para tarjeta de RED TSX FPCG (1m.)	
SISTEMA OPERATIVO	PCP/M-86 MS DOS y Windows		TELECARGABLE

Para el presente proyecto se llegó a seleccionar el PLC SIEMENS de fabricación alemana, siendo las características para el proyecto las siguientes:

N°	ELEMENTO	CANTIDAD
01	<p>UC100 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: S7-314U Módulo DP: ET200 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 20E – 24VDC (3 mod x 8) - Módulo Od: 17S - Tipo relé 220 vac (3 mod x 8) 7S – Tipo relé 24 vdc (1 mod x 8) - Módulo Ia: 23E – 4 a 20 mA (6 mod x 4) - Módulo Oa: 6S – 4 a 20 mA (3 mod x 2) 	1

La red industrial propuesta es Profibus, red que utiliza Siemens, la cual enlazaría el PLC con el variador así como con el ET, estos equipos estarían ubicados en los tableros de control. Para la comunicación entre el PLC y la PC de supervisión, se utilizaría Profinet por donde se enviará toda la información necesaria.

CAPÍTULO V

COSTOS DEL PROYECTO

1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra todos los costos de implementar el proyecto. Como sabemos la evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar la planta, porque de acuerdo a ella se verá si realmente es rentable invertir, así como si la reingeniería de la planta incrementaría la calidad y reduciría los costos por pérdida de materia prima o por mal uso de recursos.

Se han dividido los costos por rubros para poder hacer más claro el análisis de costos.

2. ESTIMACION DE COSTOS

2.1. COSTOS DE INSTRUMENTACION

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.(\$)	CANTIDAD	P. TOTAL (\$)
1	Sensor Transmisor de Nivel Marca: PROXIMITY	1200,00	5	6000,00
2	Detector de Nivel Límite Marca: ENDRESS-HAUSER	140,00	3	420,00
3	Sensor Transmisor de Flujo Marca: HEDLAND	1300,00	2	2600,00
4	Sensor de Temperatura Marca: OHKEN	350,00	4	1400,00
5	Transductor Corriente-Presión (I/P) Marca: OMEGA	300,00	6	1800,00
6	Sensor de Llama Marca: DWYER	300,00	1	300,00

7	Sensor de Presión	450,00	2	900,00
	Marca: Endress-Hauser			
8	Válvula Solenoide	220,00	3	660,00
	Marca: ECKARDT			
9	Electroválvula	110,00	6	660,00
	Marca: FESTO			
10	Válvula de Flujo Neumática	1200,00	12	14400,00
	Marca: ECKARDT			
11	Contactores Trifásicos	220,00	10	2200,00
	Marca: SIEMENS			
12	Guardamotores Trifásicos	60,00	10	600,00
	Marca: SIEMENS			
13	Variador de Velocidad	1300,00	1	1300,00
	Marca: DANFOSS			
33 240,00				

2.2. COSTOS DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PLC 1 (UC 100) Fabricación: Siemens Modelo: SIMATIC S7-314U Módulo DP ET200 (UC200) Incluido módulos I/O y fuente	1	3 500,00	3 500,00
TOTAL NIVEL DE CONTROL				3 500,00

2.3. COSTOS DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PC Compatible.	1	1 000,00	1 000,00
2	Impresora Inyección Marca: EPSON	1	200,00	200,00
3	Software de Supervisión INTOUCH con licencia	1	3 500,00	3 500,00
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				4 700,00

2.4. COSTOS DE INGENIERIA

Consiste en los costos por las horas empleadas en la instalación y comprobación de todo el instrumental empleado, así también en la programación de los PLC's en los sistemas de control y monitoreo de variables.

TOTAL INGENIERIA: U.S. \$ 10 000,00

2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO

Correspondiente al costo del personal (por estadía), involucrados en la activación del sistema.

TOTAL PUESTA EN SERVICIO: U.S. \$ 5 000,00

2.6. COSTOS DE CAPACITACION

Son los gastos correspondientes a la Capacitación del Personal de Planta encargada de operar sistemas de Control e Instrumentación.

TOTAL CAPACITACION: U.S. \$ 2 000,00

3. INVERSION Y FINANCIAMIENTO

3.1. INVERSION

Correspondiente al total de costos que implica la Implementación y Puesta en marcha del Proyecto de Automatización.

DESCRIPCION	MONTO U.S.\$
TOTAL COSTOS DE INSTRUMENTACION	33 240,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE EQUIPOS	3 500,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE SUPERVISION	4 700,00
TOTAL COSTOS DE INGENIERIA	10 000,00
TOTAL COSTO PUESTA EN SERVICIO	5 000,00
TOTAL COSTO CAPACITACION	2 000,00
TOTAL DE COSTO ESTIMADO	58 440,00
FACTOR DE RIESGO (10%)	5 844,00
TOTAL INVERSION DEL PROYECTO	64 284,00

3.2. FINANCIAMIENTO

El financiamiento será con recursos propios, financiando la Empresa el 100% de la inversión total.

La inversión se recuperará debido a las mejoras del uso del consumo de energía, ya que la optimización de la relación de aire-combustible, así como la automatización del sistema permitirá reducir el consumo del combustible utilizado.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un Sistema de Control y Supervisión para la Automatización de la Caldera Apin en la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.
2. Se diseñaron las estrategias y nuevos lazos de control para las diferentes variables del proceso, así como se determinaron las entradas y salidas necesarias para los sistemas de control.
3. Se confeccionaron los diagramas de instrumentación para la nueva automatización del proceso.
4. Se dimensionaron y seleccionaron los diferentes instrumentos y equipos necesarios.
5. Se implementó el software de control y de supervisión respectivo.

RECOMENDACIONES

1. Se necesita realizar una evaluación de los diferentes elementos, mecánicos y eléctricos, que componen el sistema de Generación de Vapor para poder programar cambios o reparaciones de los mismos.
2. Se debería implementar una red de comunicación con los demás equipos de la planta.
3. Se necesita implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo de los componentes del sistema de generación de vapor.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Ángulo, José M. Fundamentos, Diseños y Aplicaciones en la Industria y en las Microcomputadoras. Editorial Paraninfo. España. 1996.
2. Ángulo Usategui, José. Control de Procesos Industriales por Computador. Editorial Paraninfo, España. 1992.
3. Antonio Creuss. Instrumentos Industriales. Editorial Alfa Omega Marcombo. 2006.
4. Christikov. Técnicas de Medición Industrial. Editorial Marcombo. 1990.
5. Corripio, Smith. Control Automático de Procesos. Editorial Limusa. México, Inc. 1991.
6. Carranza N, Raymundo. Tópicos de Instrumentación y Control. Primera Edición Perú. 2008.
7. Manuales de Servicio del PLC SIMATIC S7 de Siemens. Siemens. 2008.
8. William G. Andrew. Applied Instrumentation in the Process Industries (Volumen 1). Editorial L&M. 2002.
9. Medición y Control de Procesos. Gregorio Neglia O., Jorge Fernández Cornejo. Editorial Alfa Omega. 1998.
10. [http: www.siemens.com](http://www.siemens.com)
11. [http: www.wici.com](http://www.wici.com)