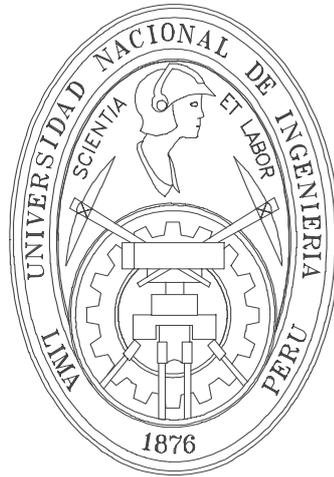


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“DISEÑO DEL CONTROL AUTOMATICO PARA UN TANQUE QUE
EVAPORA 200 BARRILES DE AGUA SALADA POR DIA”**

TESIS

PRESENTADO POR:

YANCE MORALES, ERNESTO KUNTUR

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRONICO

LIMA – PERU

2005

*Dedicado a mis padres, hermanos,
familiares y todas las personas que
me apoyan y aconsejan para que
cada día me desarrolle plenamente.*

TABLA DE CONTENIDO

PROLOGO.....	1
CAPITULO 1 - INTRODUCCION.....	4
CAPITULO 2 - ANALISIS DE RIESGO.....	9
CAPITULO 3 - ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO.....	11
3.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	11
3.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS	12
3.3 NORMATIVIDAD	13
CAPITULO 4 - DISEÑO DE INGENIERIA BASICA	14
4.1 HABILITACION DEL TANQUE EVAPORADOR	16
4.2 SISTEMA DE ENCENDIDO DE PILOTO	17
4.3 SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE A QUEMADORES	18
4.4 SISTEMA DE AIRE A QUEMADORES	20
4.5 SISTEMA DE LLENADO DE AGUA A TANQUE.....	21
4.6 TABLERO DE CONTROL	22
CAPITULO 5 - DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS	23
5.1 EQUIPOS REQUERIDOS	23
5.2 INSTRUMENTOS REQUERIDOS.....	28
CAPITULO 6 - DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	31
6.1 SISTEMA DE IGNICIÓN	32
6.2 SISTEMA DE CONTROL DE LA RELACION AIRE COMBUSTIBLE	33
6.2.1 CONTROL DE COMBUSTIBLE.....	34
6.2.2 CONTROL DE AIRE	36
6.2.3 ESTRATEGIA DE CONTROL EN CASCADA	38

6.2.3.1 VARIABLES DEL PROCESO	39
6.3 DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL	40
CAPITULO 7 - TIEMPO DE EJECUCION	45
7.1 DEFINICION DE ACTIVIDADES	45
7.2 SECUENCIAMIENTO DE ACTIVIDADES	45
7.3 DESARROLLO DEL CRONOGRAMA.....	47
CAPITULO 8 - EVALUACION ECONOMICA	50
8.1 COSTOS DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES	50
8.2 COSTO TOTAL	54
8.3 EVALUACION COSTO - BENEFICIO	57
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFIA	61
PLANOS	62
APENDICE	63
APENDICE A - NFPA 85 SECCION 3.6 "Fuel Gas System for multi-burner"	
APENDICE B - CONFIGURACIÓN DEL PLC MOMENTUM	
APENDICE C - DATA SHEET DEL SISTEMA DE IGNICION	
APENDICE D - DATA SHEET DEL SISTEMA DE DETECCION DE FLAMA	
APENDICE E - DATA SHEET DEL CONTROLADOR UDC6300	
APENDICE F - DATA SHEET DEL PLC TSX MODICON MOMENTMUM	
APENDICE G - DATA SHEET DE VALVULAS SOLENOIDES	
APENDICE H - DATA SHEET DE VALVULAS DE CONTROL	
APENDICE I - DATA SHEET DE POWER SUPPLY	

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Análisis de Riesgos	10
Tabla 3.1 Especificaciones Técnicas	12
Tabla 4.1 Norma NFPA-85 Sección 3.6.3	14
Tabla 5.1 Descripción de partes del PLC TSX Modicon	27
Tabla 6.1 Señales analógicas y discretas	31
Tabla 6.2 Comunicación PLC y Controlador	31
Tabla 7.1 Cronograma de Actividades	47
Tabla 8.1 Costo de equipos, instrumentos y Materiales	50
Tabla 8.2 Costo total	54
Tabla 8.3 Sistema de eliminación cotizado	57
Tabla 8.4 Costos del sistema de eliminación cotizado.....	57
Tabla 8.5 Costos de inversión del proyecto	58
Tabla 8.6 Comparación de los costos de inversión	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Agua de formación tratada, almacenada en las pozas	5
Figura 1.2 Poza de almacenamiento de agua de formación.....	6
Figura 1.3 Tanque de evaporación de agua	8
Figura 1.4 Vista de quemadores instalados en el tanque	8
Figura 4.1 Sistema de ignición Típica NFPA-85	15
Figura 4.2 Sistema de gas combustible Típica NFPA-85.....	15
Figura 4.3 Habilitación tanque evaporador	17
Figura 4.4 Sistema de gas de ignición	18
Figura 4.5 Sistema de gas combustible.	19
Figura 4.6 Sistema aire de atomización	20
Figura 4.7 Sistema llenado de agua a tanque.....	21
Figura 4.8 Tablero de Control. Ver Planos	22
Figura 5.1 Piloto con bujía de ignición	23
Figura 5.2 Sistema de ignición	24
Figura 5.3 Bomba de agua.....	25
Figura 5.4 PLC TSX Modicon Momentum.....	26
Figura 5.5 Controlador UDC6300.....	27
Figura 5.6 Sensor de Flama y amplificador.....	28
Figura 5.7 Válvula solenoide ½ “ y ¾ “	29
Figura 5.8 Transmisor de Presión	29
Figura 5.9 Válvula de Control Fisher.....	30

Figura 6.1 Esquema del modo de control	32
Figura 6.2 Tiempos de activación sistema de ignición.....	33
Figura 6.3 Modo de control relación Aire gas combustible	34
Figura 6.4 Modo de control gas combustible	35
Figura 6.5 Modo de control aire de atomización	36
Figura 6.6 Modo de control en cascada.....	37
Figura 6.7 Diagrama de control.....	39
Figura 6.8 Diagrama de flujo chequeo inicial del sistema	41
Figura 6.9 Diagrama de flujo encendido de quemador	42
Figura 6.10 Diagrama de flujo encendido de los 3 quemadores.....	43
Figura 6.11 Diagrama de flujo llenado de agua al tanque	44
Figura 6.12 Diagrama de flujo parada por emergencias.....	44
Figura 7.1 Secuencia de actividades	46
Figura 7.2 Actividades específicas	46

PROLOGO

El presente proyecto trata sobre el diseño de un sistema de control automático de un tanque cuya capacidad es de 2500 barriles y esta habilitado para la evaporación de 200 barriles de agua x día, esta agua es obtenida en la extracción de petróleo en el zócalo marítimo, teniendo como base las normas vigentes de la National Fire Protection Association - NFPA, American Petroleum Institute – API y la American Society for testing and Materials – ASTM.

En la introducción se hace referencia a la empresa, así como al proceso de obtención y limpieza del petróleo, explicándose el problema que dio origen a este proyecto.

El primer capítulo abarca el análisis de riesgo, referente a posibles peligros que puedan ocurrir por errores en la manipulación del sistema de evaporación.

El segundo capítulo se refiere a las especificaciones iniciales para el diseño del sistema de control, detallando la ubicación y especificaciones técnicas

respectivas, así como las normas que deben de servir de guía para el diseño.

El tercer capítulo comprende el diseño de la ingeniería básica, amalgando especificaciones técnicas y normas vigentes. Además en este capítulo se detallan los sistemas siguientes: el de encendido de piloto (llama inicial); el de gas combustible; el de aire de combustión; el de llenado de agua al tanque y, finalmente, el del tablero de control.

El cuarto capítulo se describe los equipos e instrumentos requeridos en el sistema de control. En cuanto a la selección de estos equipos, se detalla en el apéndice que contiene los "data sheet" de cada uno.

El quinto capítulo expone el diseño del sistema correspondiente al control automático, a la lógica de control y a las variables a controlar dentro del proceso. Dicho sistema viene a ser configurado en el controlador y el PLC. Se vera la lógica de ignición, el modo de control de la relación aire combustible; estrategia de control cascada; lógica de control del PLC y la configuración de los equipos.

El sexto capítulo se detalla el tiempo de ejecución, definiendo las actividades, el secuenciamiento y el desarrollo del cronograma.

El séptimo capítulo corresponde a la evaluación económica respecto al costo de equipos, así como a las actividades que se deben desarrollar en el proyecto.

Seguidamente se trata sobre las conclusiones a las que se han llegado tanto en la parte de diseño como la evaluación económica.

Para finalizar se hace referencia a la bibliografía investigada para desarrollar este proyecto. Así como también se expondrán los planos referentes al diseño desarrollado.

En el apéndice comprende parte de la norma NFPA 85, referente a la sección 3.6 "Fuel Gas System" para el diseño de quemadores a gas. También trata sobre los "Data Sheet" de la mayoría de los equipos utilizados para el diseño de este proyecto, gracias a estos documentos nosotros podemos seleccionar nuestros equipos de una mejor manera.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

La empresa Petro-Tech Peruana S.A. se dedica a la exploración, perforación y explotación de petróleo en el Lote Z-2B, cuya mayor parte de los yacimientos explotados se encuentran en el mar, construyéndose plataformas que facilitan la extracción del petróleo.

Al realizar la extracción del petróleo, este se obtiene con un porcentaje de agua. Una vez obtenido y almacenado en las diferentes baterías a lo largo de la costa (El Alto, Talara, Negritos, Paita, etc) es transportado a través de un oleoducto de 8" hasta la batería PTS, donde se realiza el proceso de limpieza y análisis para su venta final.

Al realizar el proceso de limpieza, separando del agua, los sólidos, etc. El crudo queda limpio. Todos los elementos no deseados son tratados químicamente para ser eliminados.

Para eliminar el agua, se cumple con un tratamiento químico que incluye el reposo en pozas para la decantación de los sólidos presentes y la evaporación progresiva del agua.

Este proceso se demora entre 3-4 meses para poder eliminar unos 40-50 barriles

ELIMINACION DE AGUA DE FORMACION

La eliminación del agua de formación, comprende tres fases de tratamiento las cuales son:

Fase I: Separación del crudo por gravedad y diferencia de densidades en el tanque de almacenamiento o también por un sensor en línea que detecta la presencia de agua y la deriva, dejando pasar solo el crudo.



Figura 1.1 Agua de formación tratada, almacenada en las pozas.

Fase II: Almacenamiento en la primera poza. Es aquí donde es tratada con químicos para la separación de impurezas y contaminantes.

Fase III: Decantación de 2 pozas. Después de ser tratada en la primera poza, el agua pasa lentamente a las siguientes pozas para la decantación de todos los sólidos y limpieza de todos los contaminantes. Es en la última poza donde el agua debe de permanecer hasta su evaporación natural, lenta.



Figura 1.2 Poza de almacenamiento de agua de formación

Durante los años de trabajo de la empresa, la producción de agua ha sido de unos 30 – 40 barriles x día, un total que se podía tratar en la pozas

FORMULACION DEL PROBLEMA

En los últimos meses de trabajos exploratorios, se han encontrado nuevos yacimientos de petróleo en las costas de Chiclayo, con una producción de 2800 Barriles diarios, de los cuales un aproximado del 10% (entre 200-280 barriles) son de agua. La cantidad total producida es transportada por buques hasta las costas de Talara para su almacenamiento en tanques, de la Batería PTS, realizándose aquí la limpieza y tratamiento del crudo para ser vendido.

El agua obtenida en exceso (200-280 barriles x día), no es fácil ni rápido su tratamiento para ser eliminada; así que se va almacenado en un tanque habilitado con una capacidad de 250 000 barriles, para finalmente entrar a su lenta eliminación por el método antes mencionado.

Al presentarse este problema retardatario, se ha buscado la manera de poder aumentar la cantidad de agua a ser eliminada diariamente; para ello, se ha implementado un tanque exclusivo de evaporación, el que recepciona el líquido de la última poza de almacenamiento.

Este tanque exclusivo tiene una capacidad de 2500 barriles, cuenta con 3 quemadores y un serpentín de tuberías al interior, para la transferencia de calor. De las pruebas realizadas se comprobó tiene una capacidad de eliminación de aproximadamente de 200 barriles por día.

La construcción de este tanque se realizó con el menor costo posible, empleándose materiales desechados y equipos fabricados en las propias instalaciones. El costo de fabricación, entre materiales y mano de obra, es aproximadamente de US\$ 30, 000.00



Figura 1.3 Tanque de evaporación de agua

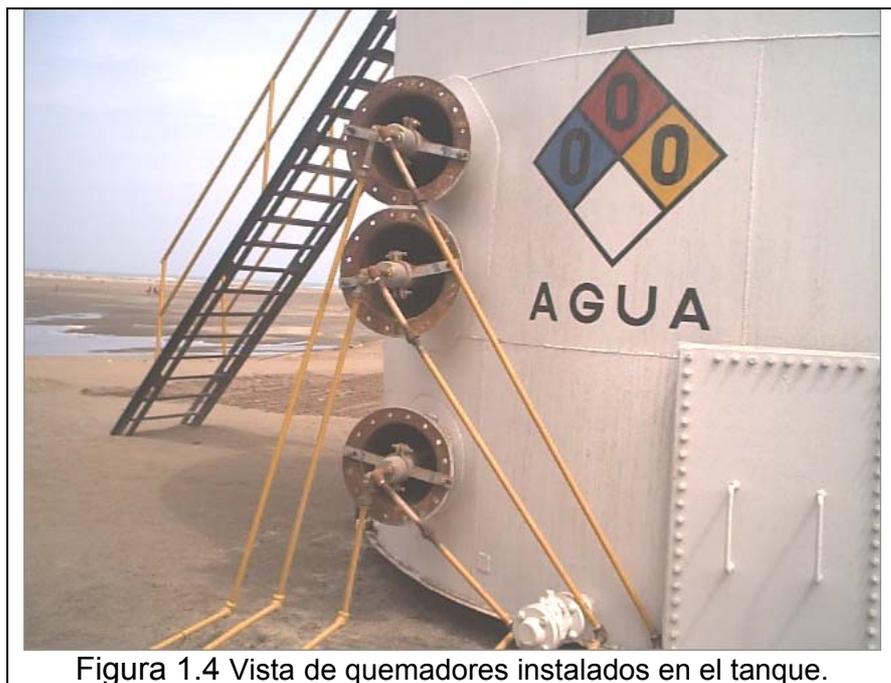


Figura 1.4 Vista de quemadores instalados en el tanque.

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE RIESGO.

La empresa, en el último año, ha obtenido la certificación OSHA 18000, referente a la seguridad industrial, y la ISO 14000 referido a la protección del medio ambiente. Estas dos normas deben de ser respetadas y buscar su desarrollo dentro de la empresa.

Para construir el tanque de evaporación de agua, se combinó la práctica y la experiencia. Después de las pruebas realizadas y al tener exitosos resultados, se dejó operativo el tanque. Solo queda adecuarlo a los estándares exigidos por las normas internacionales, para entrar en operación.

Dentro del proceso de adecuación a los estándares internacionales, está el sistema de control de los quemadores, que debe ser automática y no manual.

A continuación tenemos, la tabla detallando los posibles peligros que puedan ocurrir con el control manual en el tanque de evaporación de agua.

Tabla 2.1 Análisis de Riesgos

ACTIVIDAD	PELIGRO	CONSECUENCIAS
Manipulación de las válvulas de Gas combustible	Mala operación	-Fugas -Mala relación aire/combustible -Humos no deseados
Encendido de quemadores con mechero	Mechero deficiente	-Operador quemado -Retrollama
Quemador encendido.	Apagado por algún motivo	-Sigue ingresando gas combustible. -Acumulación de gas, con una explosión.
Llenar agua al Tanque	-No se realizo -En exceso	-Deterioro del material del serpentín de tubería alojado en el tanque. -Deterioro del tanque. -Rebalsado de agua, y contaminación del suelo.

En el ambiente petrolero se tiene que trabajar bajo normas y con bastante seguridad, ya que todo debe de estar asegurado, porque su costo es elevado.

Es por ello que es necesario el control automático para la operación del sistema de evaporación de agua, y cuyo costo este dentro del presupuesto definido.

CAPITULO 3

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO

3.1. Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en diseñar un control automático del encendido y regulación de llama de 3 quemadores implementados en el tanque, así como el llenado automático de agua cada cierto tiempo. Dichos quemadores funcionan utilizando gas natural como combustible, siendo atomizado con aire, y manteniendo una relación proporcional, para una buena combustión.

Para el desarrollo del proyecto se debe de implementar tres partes importantes, como son:

- **Modificación** de los actuales quemadores, así como del sistema de llenado de agua al tanque.
- **Implementación** de un patín de instrumentos, tablero de control y conexión eléctrica con el patín.

Este patín contiene las válvulas de control, válvulas solenoides, etc.

Este tablero comprende de un PLC, el Controlador, el sistema de control de válvulas solenoides, etc.

- **Configuración y programación** de instrumentos, PLC, controlador e, implementado de los algoritmos para control automático.

3.2. Especificaciones Técnicas

A continuación se detalla en la tabla:

Tabla 3.1 Especificaciones Técnicas.

	CARACTERISTICAS
1.- Tanque	<ul style="list-style-type: none">- Capacidad de 2500 barriles.- Serpentín de tuberías de 17 pulgadas, SCH 80, ¼ pulg espesor.- 3 quemadores.- 2 conexiones de 2 pulg para boyas de nivel.- 1 conexión para termocupla.- 6 conexión de ¾ pulg para tubo visor de nivel.
2.- Poza de almacenamiento de Agua	<ul style="list-style-type: none">- Capacidad para 10 000 barriles.- Base protegida con telas de jebe, contra las filtraciones.- Sistemas de drenaje.
3.- alimentación de gas combustible	<ul style="list-style-type: none">- Scrubber de 20 pulg de diámetro y 1.5 metros de altura. Almacena gas a 60 psi.- Regulador de presión RP kimray, calibrado a 20 psi.- Válvula de alivio regulada a 100 psi.- Manifold de 10 pulg x 1 m con 3 salidas de ¾ pulg
4.- Alimentación de Aire	<ul style="list-style-type: none">- Compresora de 25 HP, 100 psi, 20 ft3.- Manifold de 10 pulg x 1 m con 3 salidas de ¾ pulg.
5.- Alimentación de corriente.	<ul style="list-style-type: none">- Generador de 440 V - 220V 60 Hz a 100 m de distancia.- No hay puesta a tierra cercana.

3.3. **Normatividad**

Para realizar el diseño del sistema de control automático debemos tener en cuenta las normas vigentes, las que determinan los procedimientos mínimos a seguir para un buen diseño. En el desarrollo del proyecto se respetan las normas siguientes:

- NFPA-85 “Boiler and Combustion Systems Hazards Code”.
- NFPA-70 “National Electrical Code”
- NFPA-54 “National Fuel Gas Code”
- ASME CSD-1 “Controls and Safety Devices for Automatically Fired Boilers”
- API RP 500 “Recommended Practice for Classification of Location for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2”.
- API RP 2000 “Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents”

La norma de mayor uso es la NFPA-85, parte de la cual detalla en el **apéndice A**.

CAPITULO 4

DISEÑO DE INGENIERIA BASICA

Según la Norma NFPA-85, sección 3.6, lo mínimo que ha de tener el sistema de control automático es lo siguiente:

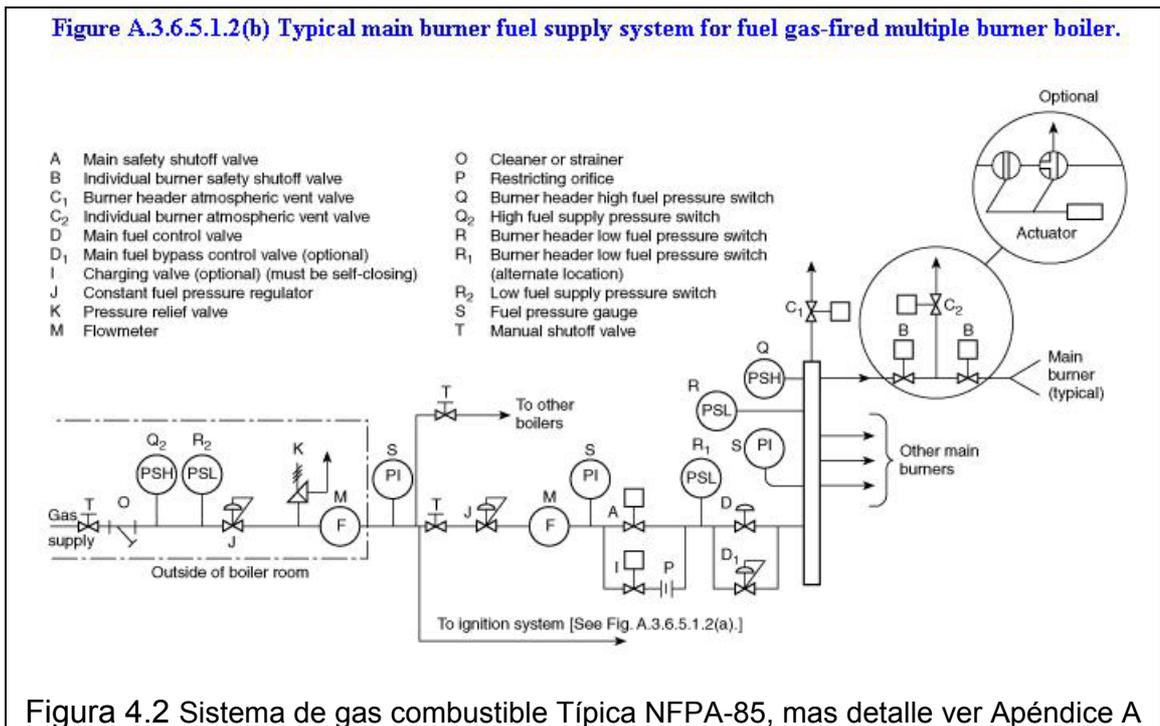
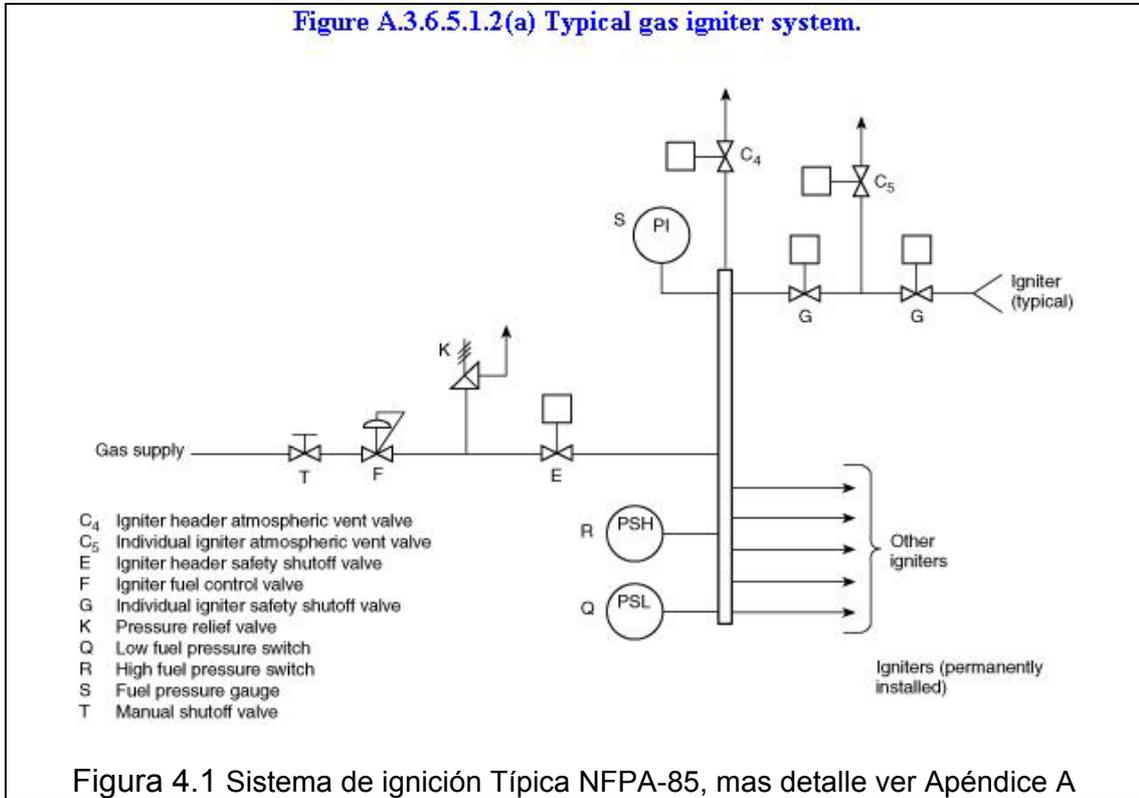
Tabla 4.1 Norma NFPA-85 Sección 3.6.3

NFPA – 85	
SECCION	DESCRIPCION
3.6.3	System Requirements
3.6.3.1	Fuel Supply Subsystems- Fuel Gas
	Arreglo de tuberías según la figura A.3.6.5.1.2 (a) y (b)
	Válvula de control de combustible
	Seguridad de los quemadores con válvulas de cierre rápido
	Arreglo de tuberías para poder transportar el volumen adecuado de gas combustible
3.6.3.2	Main Burner Subsystems
	Sistema piloto de encendido
	Sistema de Ingreso de Gas combustible
	Sistema de Ingreso de aire
3.6.4	Flame Monitoring and Tripping System
	Sistema de detección de flama pro cada quemador
	Seguridad de cada quemador Valvula de cierre rapido

Para ver mas detalle a acerca de estos requerimientos, ver **apéndice A**.

Las configuraciones típicas de la tubería, equipos, instrumentos de la alimentación a los quemadores, están consideradas en esta norma, como

se muestran en los gráficos siguientes; y que son los elementos mínimos a considerarse en el diseño.



Una vez estudiadas las normas y considerando todas las recomendaciones, podemos comenzar con el diseño del sistema de control. Para ello tener habilitado lo siguiente.

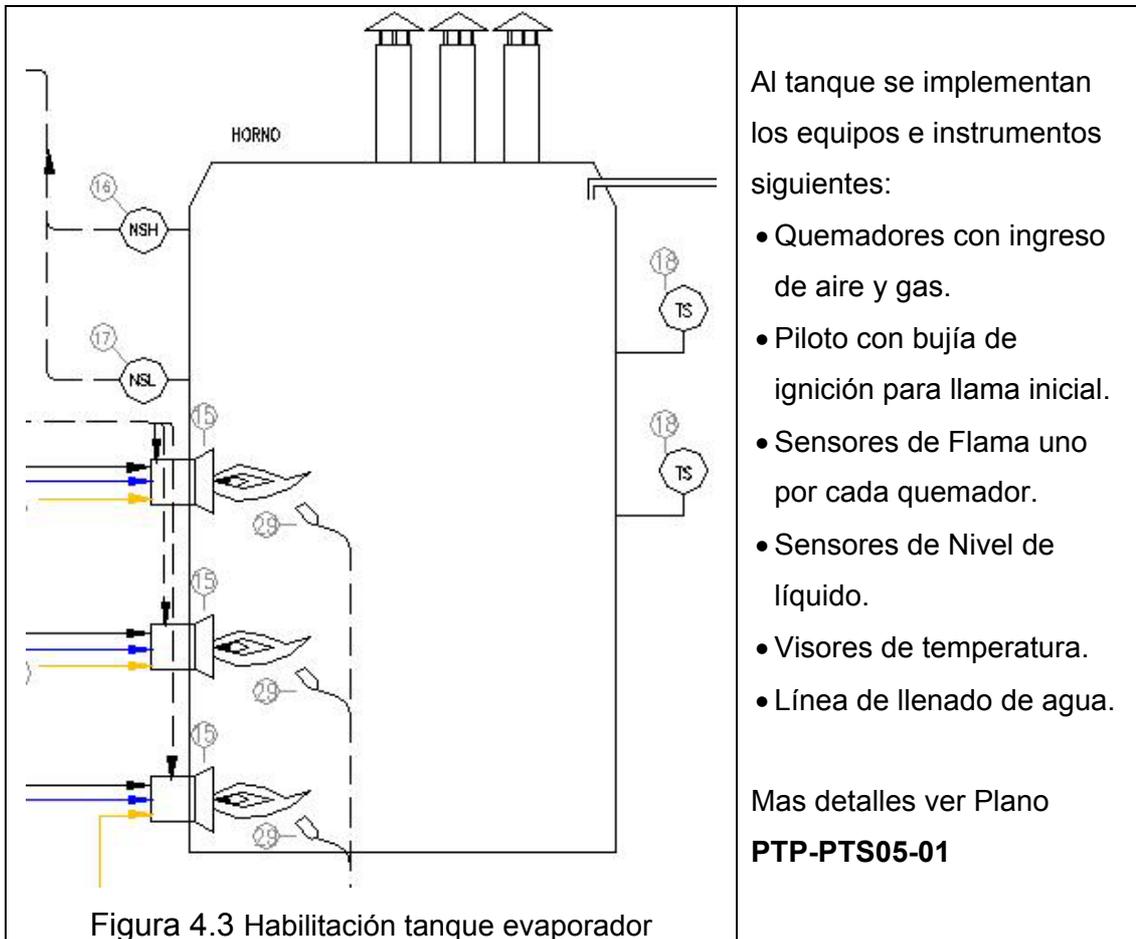
- Habilitación tanque evaporador.
- Los sistemas de encendido de Piloto.
- El sistema de gas combustible a quemadores.
- El sistema de aire a quemadores.
- El sistema de llenado de agua a tanque.
- El tablero de control.
- Los Equipos e instrumentos requeridos.

Los detalles respectivos a continuación:

4.1. Habilitación del Tanque Evaporador

Al tanque, ya implementado en campo, debe hacerse algunos cambios en:

- Medición de Nivel, para ello se hace uso de sensores de nivel, los que envían señales eléctricas al PLC.
- Tubería de llenado de agua.
- Modificación de quemadores para la inserción de un piloto de encendido inicial, así como también para colocar los sensores de flama, según la norma NFPA-85 seccion 3.6.4



4.2. Sistema de Encendido de Piloto

Como vimos anteriormente según la norma NFPA-85 (Figura 4.1) para el sistema de ignición inicial, tendremos lo siguiente:

- Por seguridad colocaremos válvulas de cierre rápido por cada línea de gas ignición al quemador.
- Válvula ON-OFF para aliviar el manifold.
- Válvula ON-OFF para el ingreso principal de gas de ignición.

- Válvula aguja manual de apertura de gas de ignición.
- Válvula de cierre rápido manual (tipo bola) de gas de ignición.
- Manómetro de visualización presión de manifold.
- Tubería de ½" al piloto. GI1, GI2, GI3

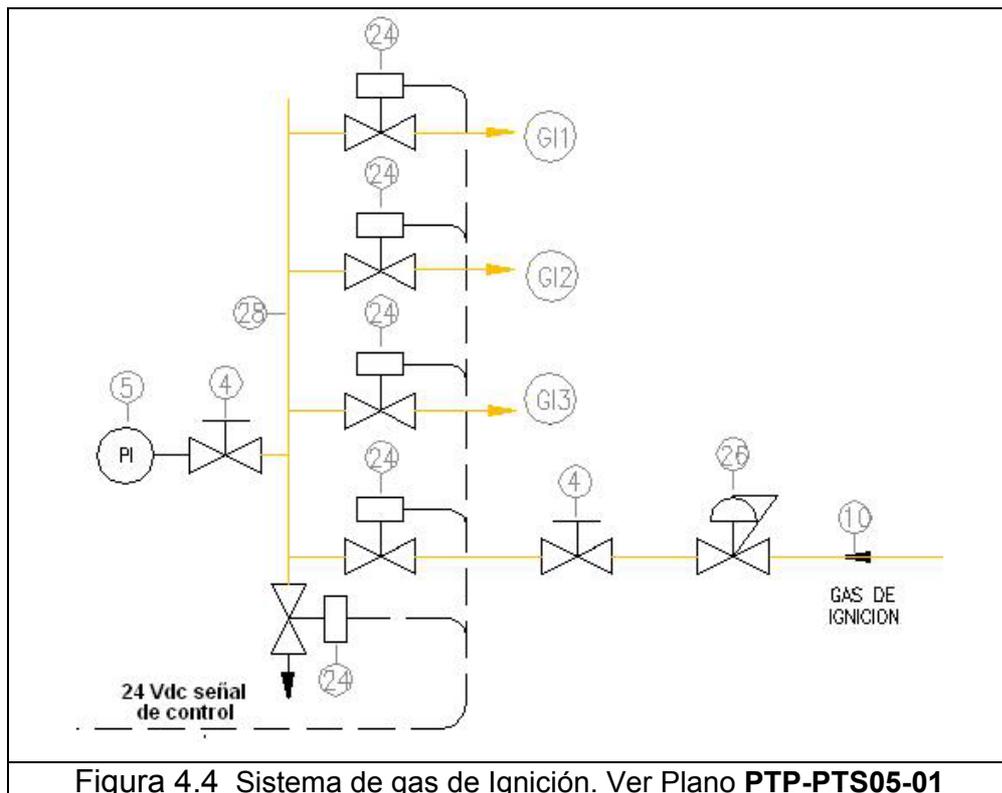
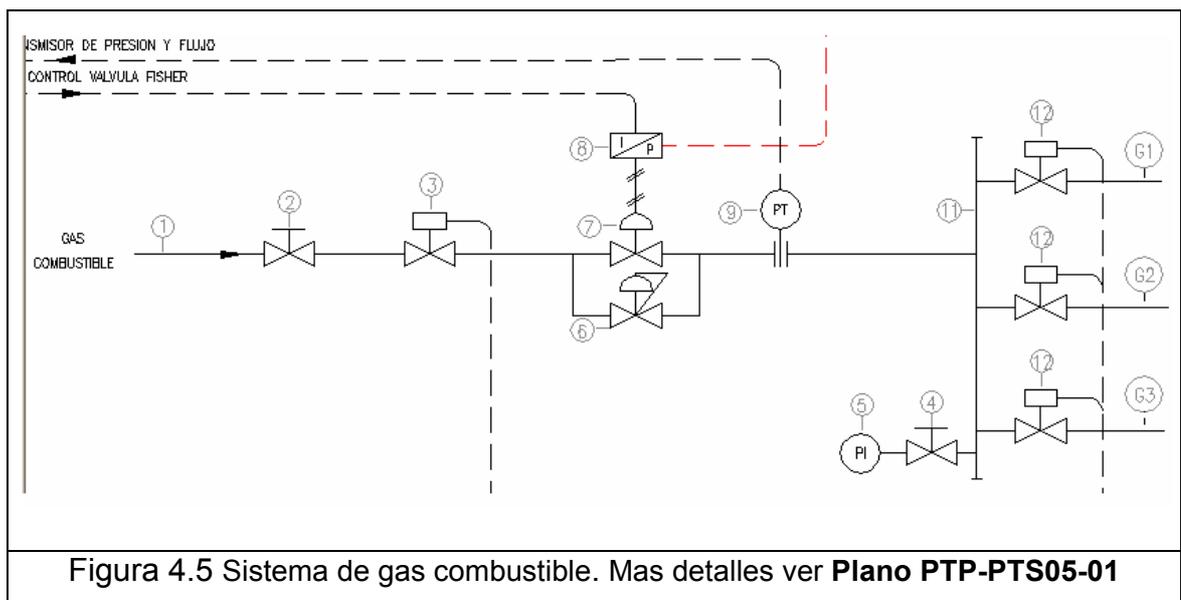


Figura 4.4 Sistema de gas de Ignición. Ver Plano **PTP-PTS05-01**

4.3. Sistema de Gas Combustible a Quemadores

Como vimos anteriormente según la norma NFPA-85 (Figura 4.2), define los equipos a implementar en un sistema de gas combustible a quemadores. Como son:

- Por seguridad se ha de implantar válvulas de cierre rápido en las líneas de gas combustible, hacia el quemador, uno por cada quemador.
- Válvula de control automática, para controlar la presión de gas deseada en la combustión. Válvula controlada con una señal de 4-20 mA, llegada del tablero de control.
- Válvula de regulación auxiliar tipo aguja.
- Transmisor de presión en línea de gas combustible, señal de 4-20 mA.
- Por seguridad válvula principal de cierre rápido.
- Tubería de 3/4" a quemadores. G1, G2, G3.
- Manifold de acumulación de gas combustible.
- Manómetro de visualización de presión en Manifold



4.4. Sistema de Aire a Quemadores

Como mostraremos a continuación se ha de implantar la siguiente configuración, y como siempre cumpliendo con la norma.

- Válvulas solenoides de control de aire. Ingreso individual por quemador.
- Válvula de control automática con señal de 4-20 mA, llegada del tablero de control.
- Válvula de regulación auxiliar tipo aguja.
- Tubería de 3/4" a quemadores. A1, A2, A3.
- Trampa de vapor.
- Manifold de acumulación de Aire.
- Manómetro de visualización de presión en Manifold

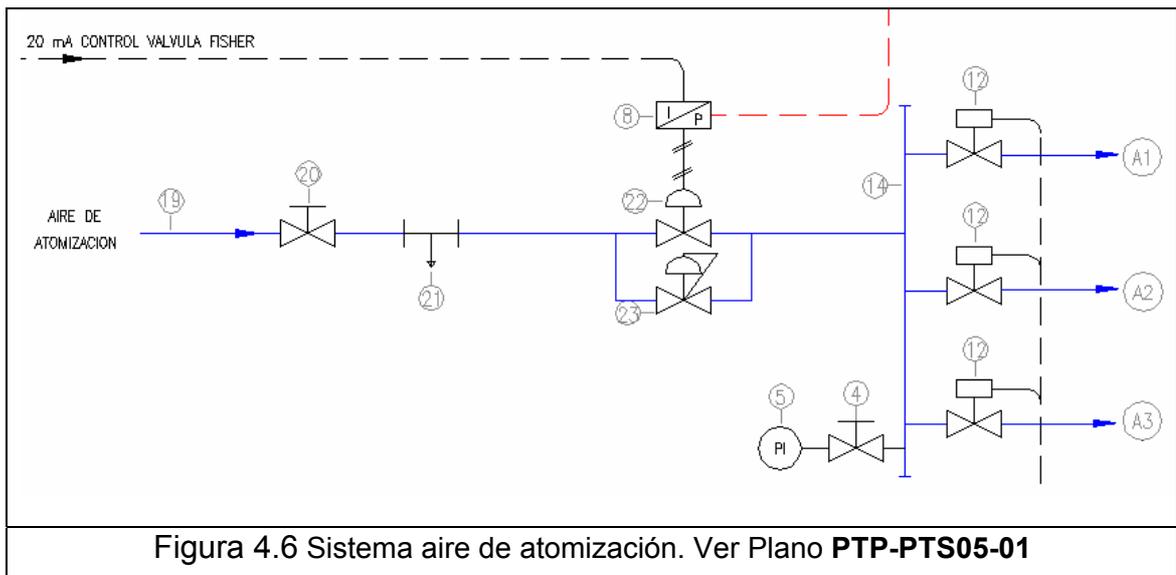


Figura 4.6 Sistema aire de atomización. Ver Plano **PTP-PTS05-01**

4.5. Sistema de Llenado de Agua a Tanque

En este caso no tenemos referencia en la norma de la NFPA, pero podemos hacer un diseño basado en la experiencia de campo y cumpliendo con otras normas asociadas a esta instalación.

Como mostraremos a continuación, se ha de implantar en las cercanías al tanque y a la poza de almacenamiento, lo siguiente:

- Bomba de agua de 220 Vac, 50/60 Hz, 2 HP
- Tablero local de potencia de bomba, con contactores y circuibreacker, cuyo control se hace desde el tablero de control
- Tubería de 2" a tanque, transporte de agua al tanque.
- Manómetro de visualización de presión en tubería.

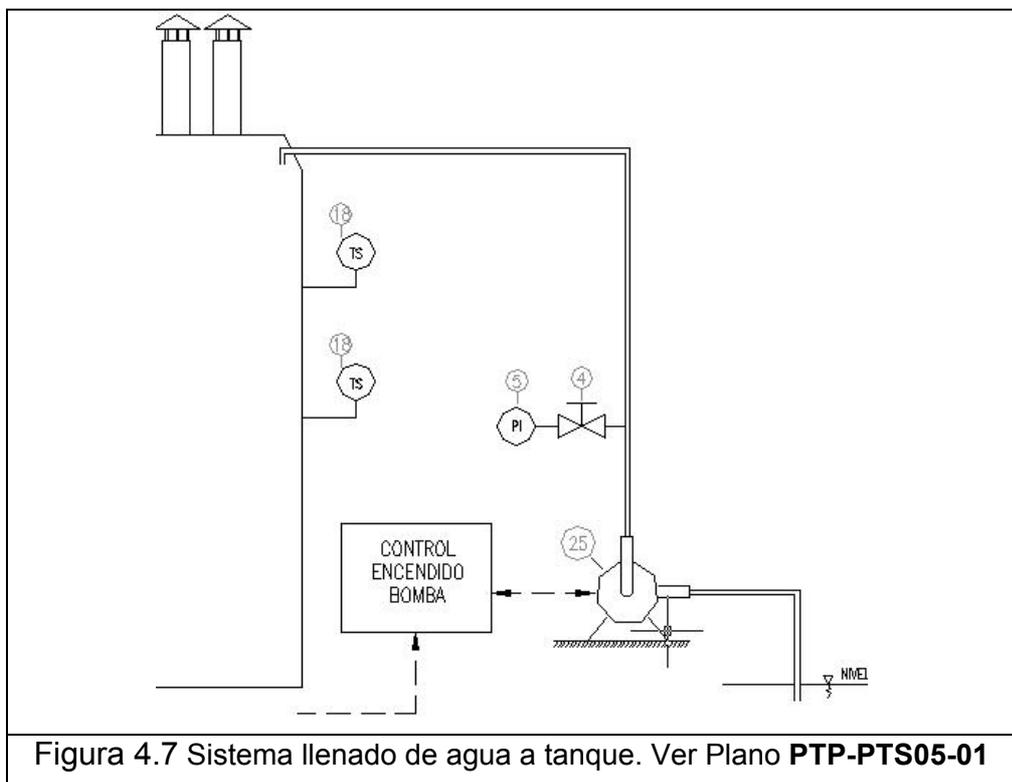


Figura 4.7 Sistema llenado de agua a tanque. Ver Plano **PTP-PTS05-01**

4.6. Tablero de Control.

Como mostraremos a continuación se debe implantar en las cercanías al tanque, lo siguiente:

- Tablero nema 4x .
- Fuentes de Alimentación de 220 Vac, 24 Vdc.
- Controlador Honeywell UDC 6300.
- PLC, TSX Modicon modelo Momentum
- Botoneras y lámparas de señalización.

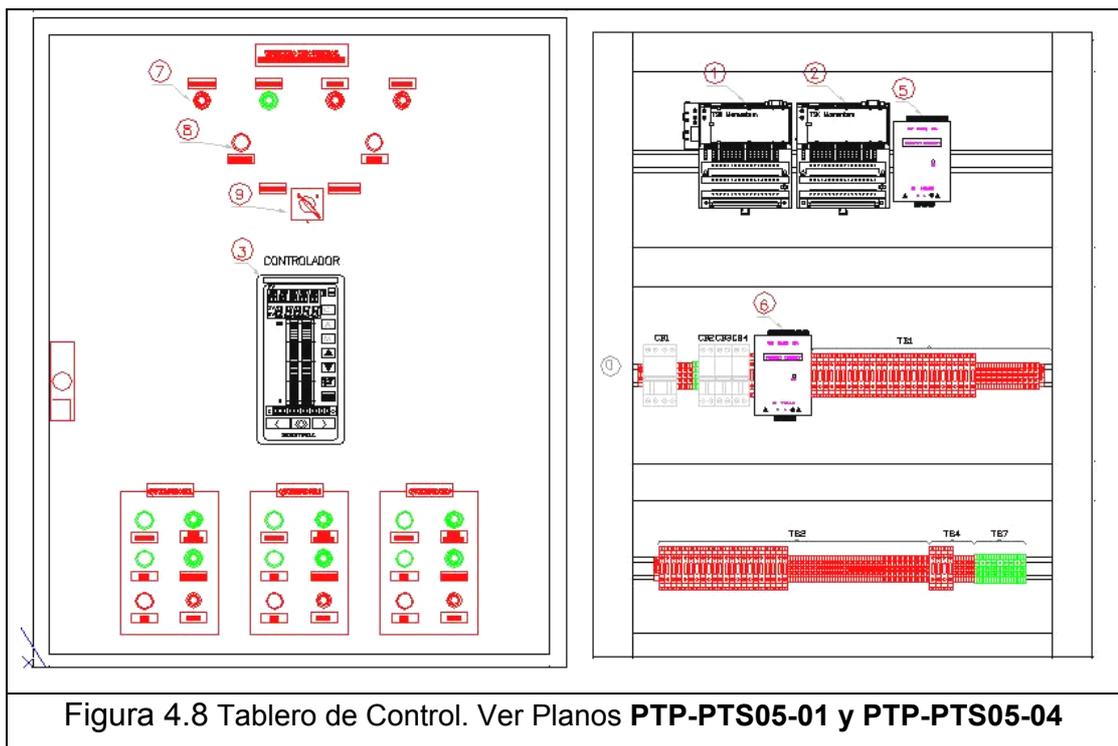


Figura 4.8 Tablero de Control. Ver Planos PTP-PTS05-01 y PTP-PTS05-04

CAPITULO 5

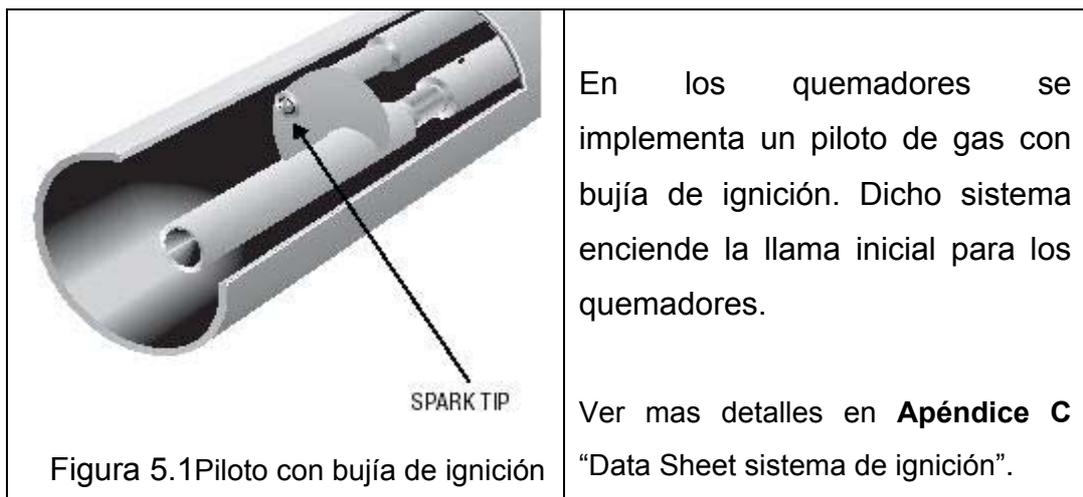
DESCRIPCION DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Teniendo un diseño del trabajo a realizar, se debe de hacer la selección de equipos e instrumentos según los requerimientos técnicos.

5.1 Equipos Requeridos.

PILOTO DE FLAMA INICIAL

- ✓ Piloto de gas.
- ✓ Ingreso de bujía de ignición como se muestra en la figura.



SISTEMA DE IGNICION

- ✓ Tablero con sistema de potencia nema 4x, clase 1 div. 1

- ✓ Transformadores de ignición uno por cada quemadores 220 V / 6000 V.
- ✓ Bujías de ignición.
- ✓ Extensión de la bujías de ignición.
- ✓ Tubo de montaje.

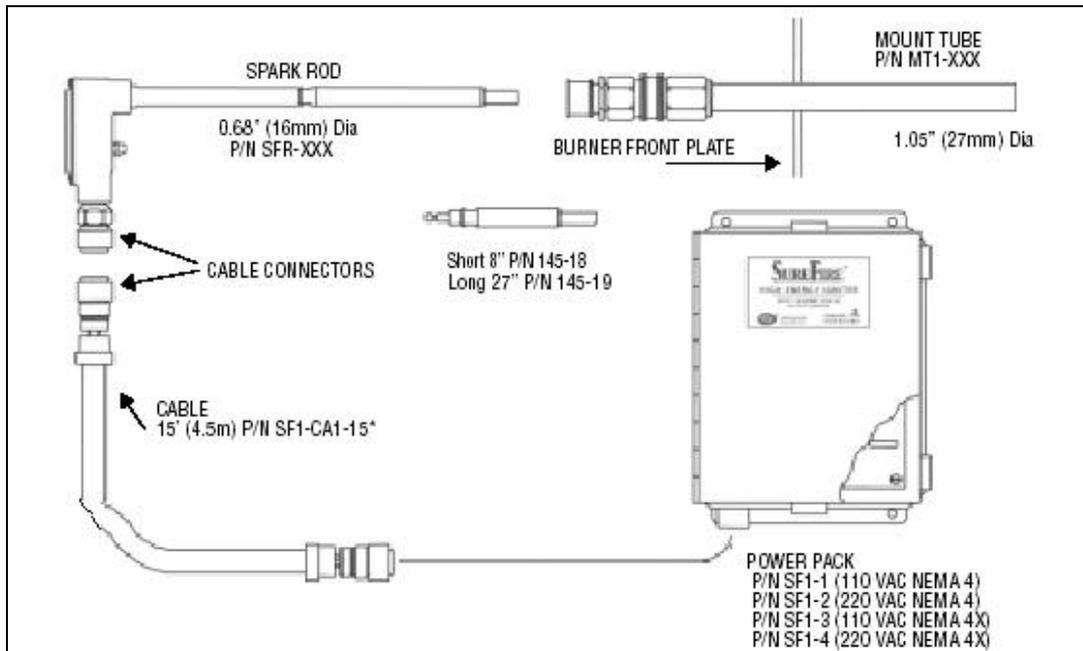


Figura 5.2 Sistema de ignición.

Nº PARTE	DESCRIPCION	CANT.
SF1-4	Power Pack	1
SFR-012	Spark Rod	1
145-18	Spark Tip	1
MT1-006	Mount Tube	1

Este es un sistema completo de ignición y con los componentes codificados. Ver mas detalles **Apéndice C** "Data Sheet Sistema de Ignición"

BOMBA DE AGUA

- ✓ Bomba de agua de 220 Vac, 50-60 Hz, 2 HP.
- ✓ Tablero de control local.

- ✓ Sistema de tuberías succión y descarga



PLC TSX MODICON MODEO MOMENTUM

El PLC está conformado de las partes siguientes:

- ✓ BASE I-O que es donde se reciben o envían las señales de control. Puede tener entradas-salidas discretas o analógicas, dependiendo del proceso de controlar.

Para seleccionarlo se debe de conocer el total de señales a controlar, así como también si son analógicas o discretas.

- ✓ CPU ADAPTER que es la unidad central del procesamiento, donde se almacena la programación siguiente.

Para seleccionarlo debemos saber qué tan grande es el proceso y el grado de sensibilidad, para seleccionar la velocidad y la cantidad de espacio que debemos tener para el procesamiento, así como también si el programa es extenso.

- ✓ OPTION ADAPTER es un accesorio que es opcional, donde se encuentra las distintas formas de comunicación, RS-232, modbus plus, TCP, etc

Para seleccionarlo debemos de conocer los equipos y protocolos de comunicación que existen en el proceso.

Para la selección de todos estos accesorios, debemos de conocer bien nuestro proceso a controlar y nuestro ambiente de trabajo.

Este modelo de PLC es muy práctico por su gama de componentes desmontables, que se pueden ajustar a diferentes procesos.

Para mas detalle ver **Apéndice F** Data Sheet PLC TSX Modicom

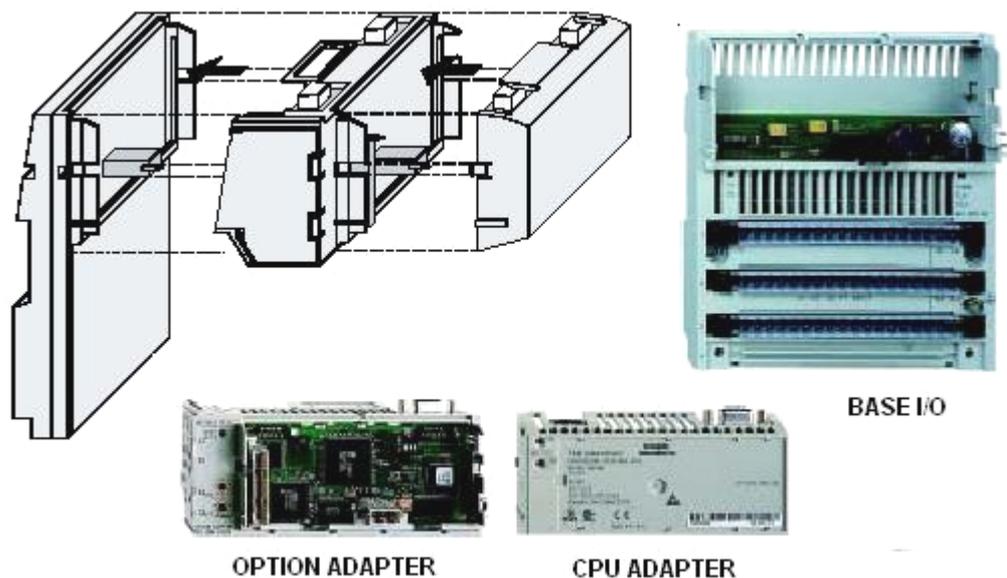


Figura 5.4 PLC TSX Modicom Momentum

Para el proceso de control del proyecto y por la cantidad de señales, se requiere lo siguiente:

Tabla 5.1 Descripción de partes del PLC TSX Modicon

ITEM	Nº PARTE	DESCRIPCION	CANT.
002.00.01	171 CCS 760 00	CPU Processor adapters	1
002.00.02	172 JNN 210 32	Adaptador de Comunicación RS-232	1
002.00.03	170 ADI 350 00	Modulo de 32 señales de entrada discreta 24 Vdc	1
002.00.04	170 ADO 350 00	Modulo de 32 señales de salida discreta 24 Vdc	1
002.00.05	170 AMM 090 00	Modulo combinado de 4 entras y 2 salidas de señales analógicas	2
002.00.06	170 INT 110 00	Comunicación Interbus (entre accesorios del PLC)	3
002.00.07	170 XTS 001 00	Terminal conectors	3

CONTROLADOR UDC 6300

- ✓ Controlador instalado en el tablero tal como se muestra en el Plano PTP-PTS05-04.

Este equipo censa la presión de gas combustible y controla las válvulas de gas combustible y aire, según una relación programada.

Este equipo presenta lo siguiente:



Figura 5.5 Controlador UDC6300

Controlador UDC 6300 de Honeywell
 Modelo: PC6301S2C050F0E
 Input: 1 señal de ingreso de 4-20 mA.
 Output: 2 señales de salidas de 4-20mA
 Funciones matemáticas.
 Control PID.
 Ver mas detalles en **Apéndice E** "Data Sheet Controlador UDC6300"

5.2 Instrumentos Requeridos

SENSORES DE FLAMA

- ✓ Sensores de Flama en los quemadores
- ✓ Amplificadores de señal para cada sensor de flama



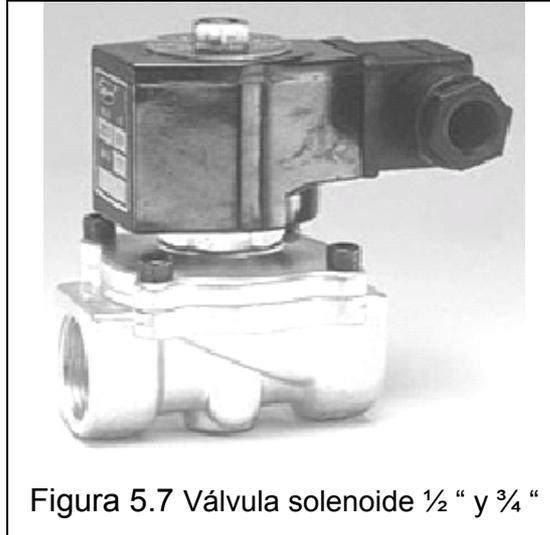
Figura 5.6 Sensor de Flama y amplificador

VÁLVULAS SOLENOIDES

Una de las medidas de seguridad requeridas por la norma NFPA-85 es las válvulas de cierre rápido, tanto para el sistema de ignición como para el gas combustible. En el mercado estas válvulas de cierre rápido son las válvulas solenoides controladas por el PLC .

- ✓ 5 Válvulas solenoides para el suministro de gas piloto de ½ pulg. 24 Vdc.
- ✓ 3 Válvulas solenoides para el suministro de aire de ¾ pulg. 24 Vdc.

- ✓ 4 Válvulas solenoides para el suministro de combustible. De $\frac{3}{4}$ pulg. 24 Vdc



TRANSMISOR DE PRESIÓN

- ✓ Transmisor de presión de gas combustible



Figura 5.8 Transmisor de Presión

Este equipo transforma la presión censada en la línea de gas combustible, transformándola a una señal eléctrica de 4-20mA, señal que llega al controlador ubicado en el tablero de Control. El controlador UDC 6300 recibe la presión de gas combustible y realiza el control de las válvulas Fisher de aire, en base a una relación programada previamente.

VÁLVULAS DE CONTROL FISHER

- ✓ Válvula de Control de línea Gas de 1 pulg,
- ✓ Válvula de Control de línea de Aire de $\frac{3}{4}$ pulg.



Figura 5.9 Válvula de Control Fisher

Estas válvulas reciben señales de 4-20mA desde el tablero de Control.

En campo se colocan 2 de estas válvulas para controlar el flujo de gas combustible y aire al quemador.

El control de estas válvulas la realiza el controlador UDC 6300.

Ver mas detalles en **Apéndice H.**

“Data Sheet Válvula de Control”

CAPITULO 6

DISEÑO DEL CONTROL AUTOMATICO.

Una vez que se ha seleccionado los equipos adecuados, se procede al enlace para el diseño del sistema de control; tener en cuenta lo siguiente:

- Tipo de señal a controlar (analógica o discreta).

Tabla 6.1 Señales analógicas y discretas

EQUIPO	SEÑAL
Válvula solenoide	Discreta
Válvula de control	Analógica
Bomba de agua	Discreta
Sistema de ignición	Discreta
Sensor de flama	Discreta
Nivel de agua en tanque	Discreta

- Equipos de control. Con comunicación modbus plus.

Tabla 6.2 Comunicación PLC y Controlador

EQUIPO	SEÑALES
PLC TSX Modicon/ Momentum	Discreta
Controlador UDC6300	Analógica

Una vez definido los tipos de señales y equipos de control, podemos hacer un esquema que nos servirá de guía para realizar los algoritmos de control y tener mejor visión del control requerido.

Lo que mostraremos a continuación, es un esquema de las principales señales que intervienen en el control.

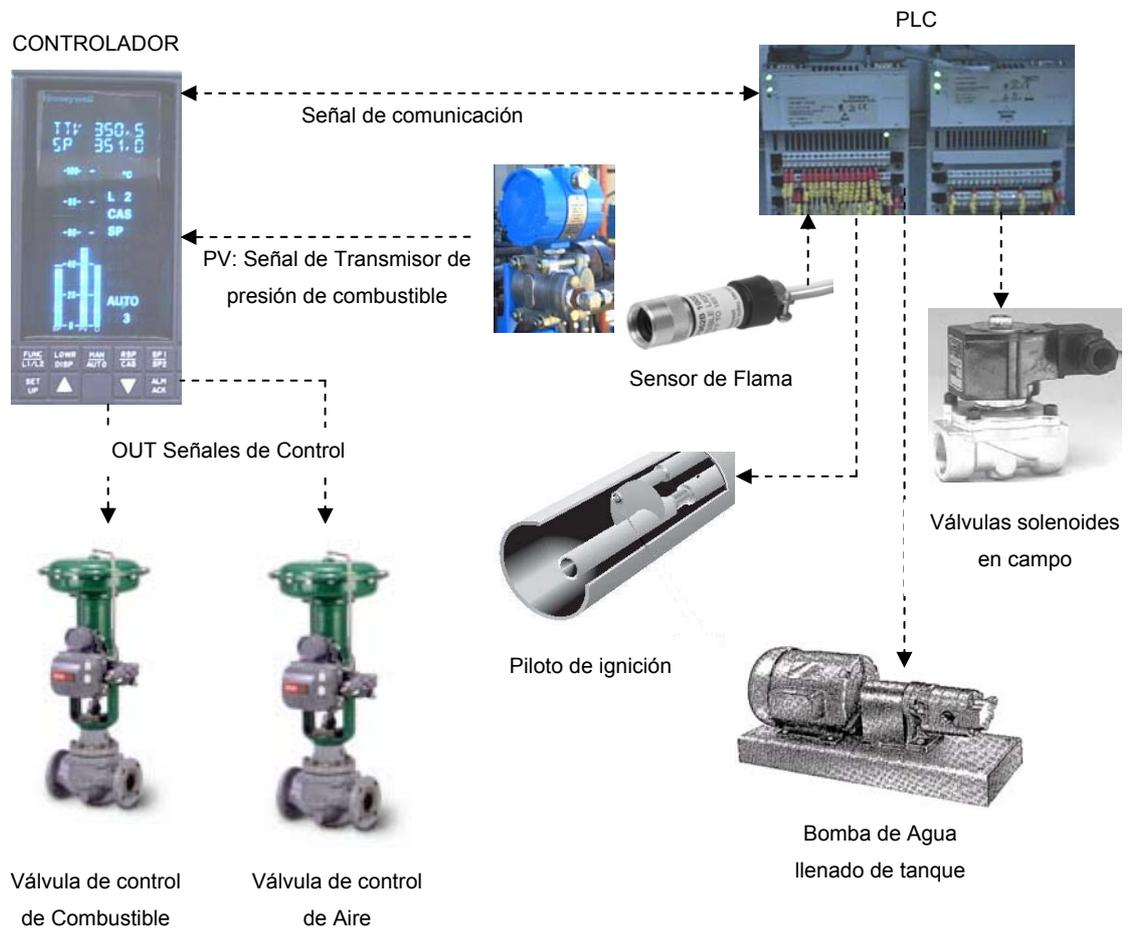


Figura 6.1 Esquema del modo de control. Mas detalle de esto podemos verlos en los planos **PTP-PTS05-01** y **PTP-PTS05-04**

6.1 Sistema de Encendido de Piloto.

Para el arranque del sistema de ignición se debe de seguir los pasos siguientes:

Paso 1: Se selecciona un quemador a encender, a continuación se debe presionar el pulsador Start de Ignición ubicado en el tablero. En ese instante se abre la solenoide de ingreso principal de gas de ignición y la

solenoide de ingreso de gas al piloto del quemador respectivo, casi en simultáneo se acciona el transformador de ignición por un periodo de 10 segundos. Terminado este tiempo y producido la baja flama, se continúa con el suministro de gas.

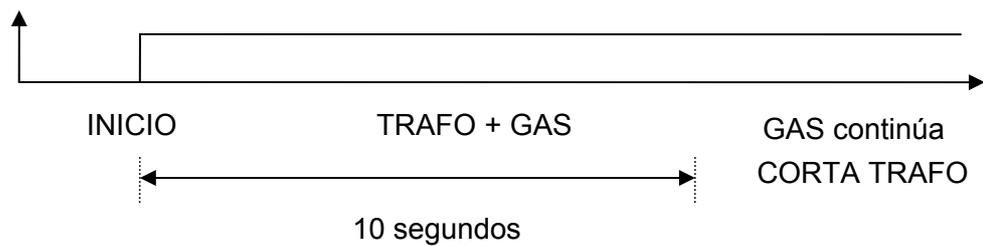


Figura 6.2 Tiempos de activación sistema de ignición.

Paso 2: Luego de encendido el piloto dá permiso para que el operador pueda Pulsar el botón principal de Arranque del quemador respectivo (operación descrita mas adelante), una vez detectada la flama (sensor de flama accionado) y después de 30 segundos se corta el suministro de gas al piloto.

6.2 Sistema de Control Automático de la Relación Aire Combustible.

El Sistema de Control automático posee dos lazos de Control.

- ✓ A) Lazo de Control del Gas Combustible.
- ✓ B) Lazo de Control de Aire.

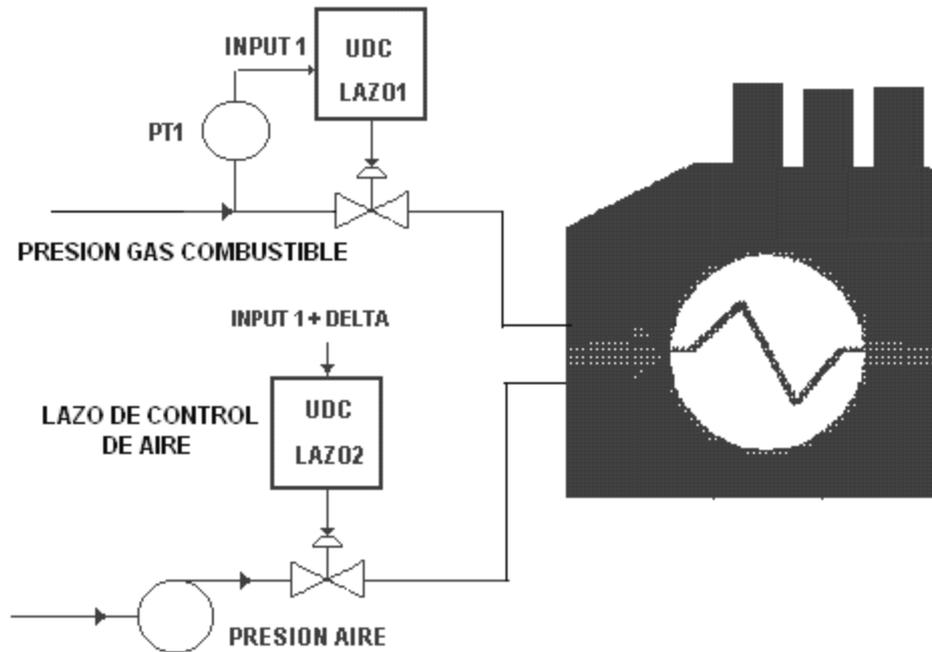


Figura 6.3 Modo de control relación Aire gas combustible.

Los dos lazos los realiza el Controlador Honeywell UDC 6300 y se comunica con el PLC Momentum. Para poder realizar el control de apertura de las válvulas solenoides. Estos dos lazos pueden trabajar en una forma independiente de control y otra en relación una de otra en “Cascada”, configurable en el controlador.

6.2.1 Control de Gas Combustible.

Para el control del gas combustible se implementa un lazo de Control (Lazo1) en el controlador Honeywell UDC 6300. La presión de combustible, señal de 4-20 mA, ingresa al canal 1 del controlador y la salida de control va directamente a la válvula de Control.

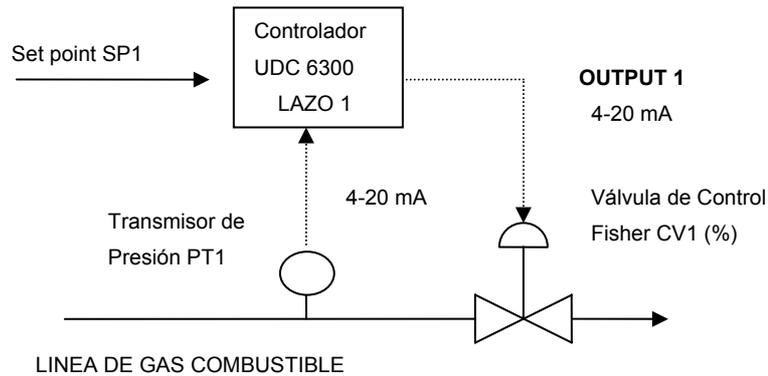


Figura 6.4 Modo de control gas combustible

El punto de Referencia o Set Point se coloca desde el teclado del Controlador UDC 6300, este valor está dado en PSI. Para poder tener un mejor control del proceso se implanta un algoritmo de Control PID en el controlador. Este control PID debe de hacer lo siguiente: Una vez introducido un set point por teclado, el control PID debe de inmediatamente tratar de llegar al set point ingresado dando mas o menos un porcentaje (%) de apertura a la válvula de control de combustible.

El PLC MOMENTUM también recibe la señal de combustible y la utiliza para dar la señal de apertura a las válvulas solenoides respectivas.

El Controlador permite:

- ✓ Manipular directamente el porcentaje de apertura de la válvula, siempre y cuando esté en Modo Manual el Lazo 1. Es decir, el operador puede dar un porcentaje de apertura deseado y dejarlo fijo en ese valor. (C out)

- ✓ Cuando el controlador UDC 6300 está en Modo Automático, Lazo 1, el porcentaje de apertura es automático dependiendo cuando sea el Set Point. El controlador decide el porcentaje adecuado para llegar a la presión requerida.

6.2.2 Control de Aire

Para una correcta combustión de los quemadores, la relación de presiones entre el Aire y el Combustible debe ser la adecuada. El Control del aire se implementa en un lazo programado en el controlador UDC 6300 y está en modo automático, siempre y cuando el comando “Cascada” del controlador esté activa. La presión de combustible, señal de 4-20 mA, ingresa a un canal del controlador (lazo 1) y la salida de control **output 1** (control de la válvula de gas combustible) ingresa como set point del lazo 2 del controlador mas un delta (valor constante en base a la relación aire combustible configurada); también, mediante una comunicación entre el controlador y el módulo del PLC, se realiza el control de cierre o apertura de las válvulas solenoides.

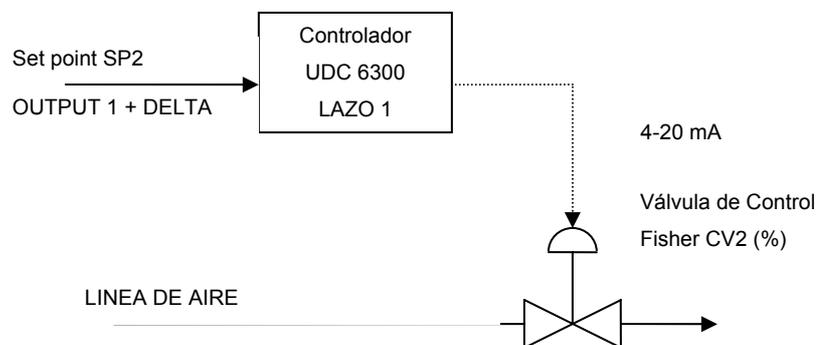


Figura 6.5 Modo de control aire de atomización

El punto de Referencia o Set Point SP2 se busca de manera automática, pues este valor está dado en PSI. Es decir, dependiendo de la presión de combustible, el aire busca sintonizarse al mismo valor pero incrementado en DELTA de presión, la cual es un valor constante. Esta relación puede modificarse desde el teclado del controlador. El algoritmo de Control PID inmediatamente trata de llegar al set point ingresado, dando un porcentaje (%) de apertura a la válvula de control de aire.

- ✓ Es posible manipular directamente el porcentaje de apertura de la válvula de control de aire, desactivando la opción “cascada” del controlador.

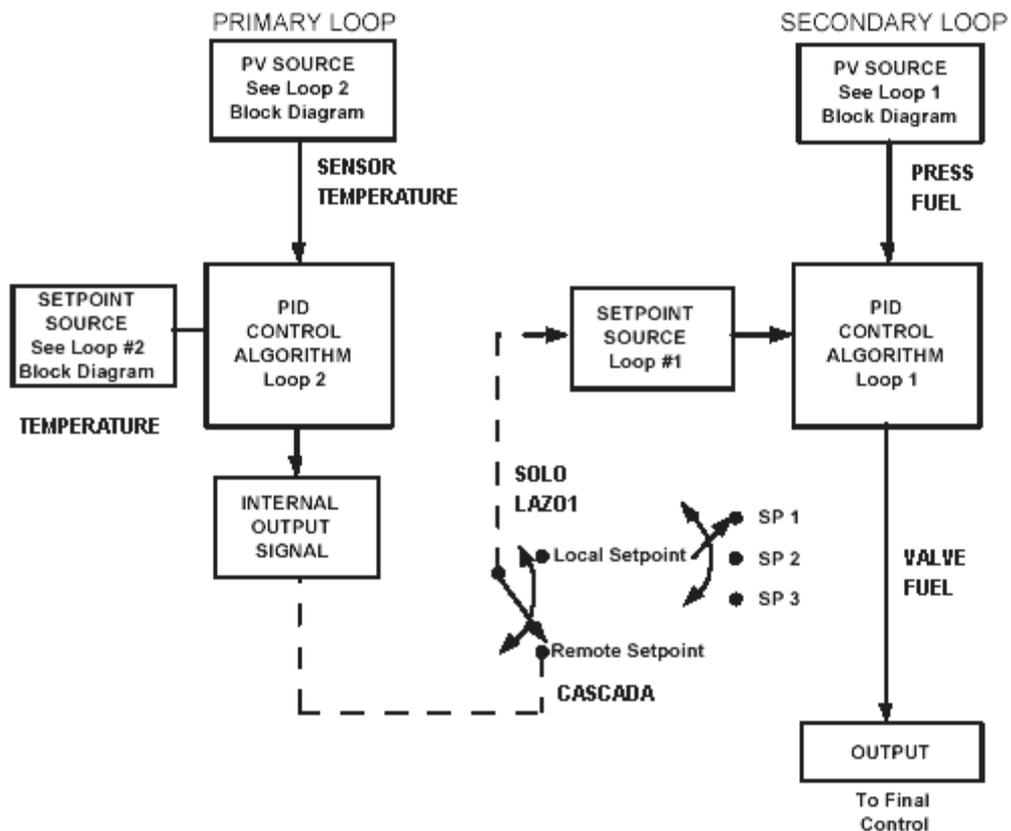


Figura 6.6 Modo de control en cascada.

El enganche entre el lazo 1 y el lazo 2, se realiza presionando la Tecla CAS (Modo CASCADA) del Controlador Honeywell UDC 6300.

6.2.3 Estrategia de Control Cascada.

El sistema de Control automático es del tipo cascada, es decir es un sistema en el cual se tienen dos lazos de control: Uno de los cuales es el lazo primario (o externo) y el otro es el secundario (o interno).

La señal de salida del controlador primario es la entrada de referencia del controlador secundario

Las ventajas del control en cascada son varias:

1. Las perturbaciones en el lazo interno o secundario son corregidas por el controlador secundario, antes de que ellas puedan afectar a la variable primaria.
2. Cualquier variación en la ganancia estática de la parte secundaria del proceso es compensada por su propio lazo.
3. Las constantes de tiempo asociadas al proceso secundario son reducidas drásticamente por el lazo secundario.
4. El controlador primario recibe ayuda del controlador secundario para lograr una gran reducción en la variación de la variable primaria.

El control en cascada se usa comúnmente en los procesos siguientes:

- a) Cuando se instala un posicionador para manejar una válvula y el interés primordial es controlar la presión en una tubería. En este caso

la válvula es el proceso secundario y la fricción del vástago es la principal perturbación del lazo interno.

- b) Cuando el lazo secundario es el control de flujo, cuyo punto de operación está fijado por el controlador primario (de temperatura, por ejemplo). En este caso el problema mayor lo representa la no linealidad de la medición de flujo y la no linealidad de la válvula.

Debido a que el lazo secundario existe como un elemento del lazo primario, el Controlador secundario debe ajustarse apropiadamente antes que el controlador primario, colocando a éste en manual. El ajuste para el controlador secundario debe hacerse para cambios en la referencia o para cambios en la perturbación si se espera que existan cambios severos en esta última.

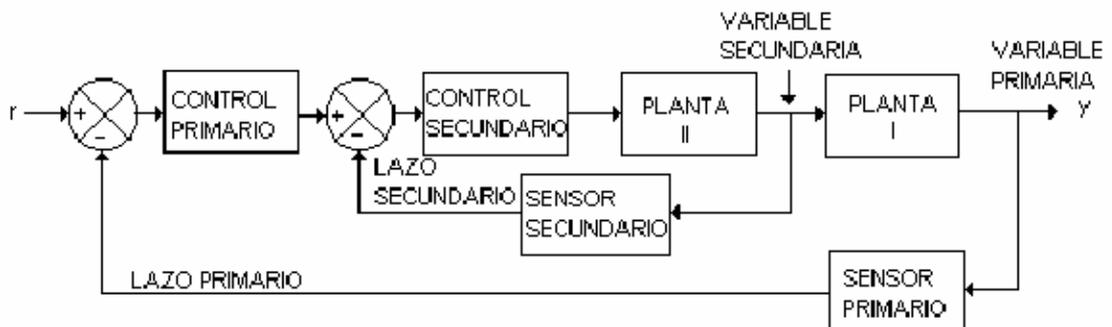


Figura 6.7 Diagrama de control

6.2.3.1. Variables del Proceso.

Al controlador Honeywell UDC 6300 ingresan las dos variables analógicas:

- ✓ **PV1** : Presión de combustible, esta señal viene del transmisor electrónico de Presión Honeywell, su rango es de 0 – 100 PSI.
Es la Variable secundaria.
- ✓ **PV2** : Salida del lazo 1 (control de válvula de gas combustible) mas un delta, que es un número constante, que mantiene la relación aire-combustible

El controlador Honeywell UDC 6300 procesa las señales PV1 y PV2, para ello posee dos bloques PID, uno para cada señal. Estos bloques pueden trabajar de manera independiente, o enlazado mediante una configuración en cascada.

La señal de control final se envía hacia la válvula de control de combustible.

6.3. Diagrama Lógico de Control

Para un mejor entendimiento del sistema de control que se desea realizar sobre los equipos e instrumentos y la programación del PLC, se debe tener el diagrama lógico con las principales secuencias de control a implementar.

Los nombres de válvulas, sensores, instrumentos y otros se detalla en el plano **PTP-PTS05-03**, haciendo referencia al plano **PTP-PTS05-01**.

DIAGRAMA LOGICO CHEQUEO INICIAL DEL SISTEMA

El inicio de la operación del sistema, cuando ha estado apagado por completo, se tiene un reconocimiento inicial de todos los interlocks, y se prepara el sistema para el arranque inicial, purgando las líneas y reseteando los estados iniciales de las válvulas de cierre rápido.

Esta secuencia inicial la podemos describir como sigue.

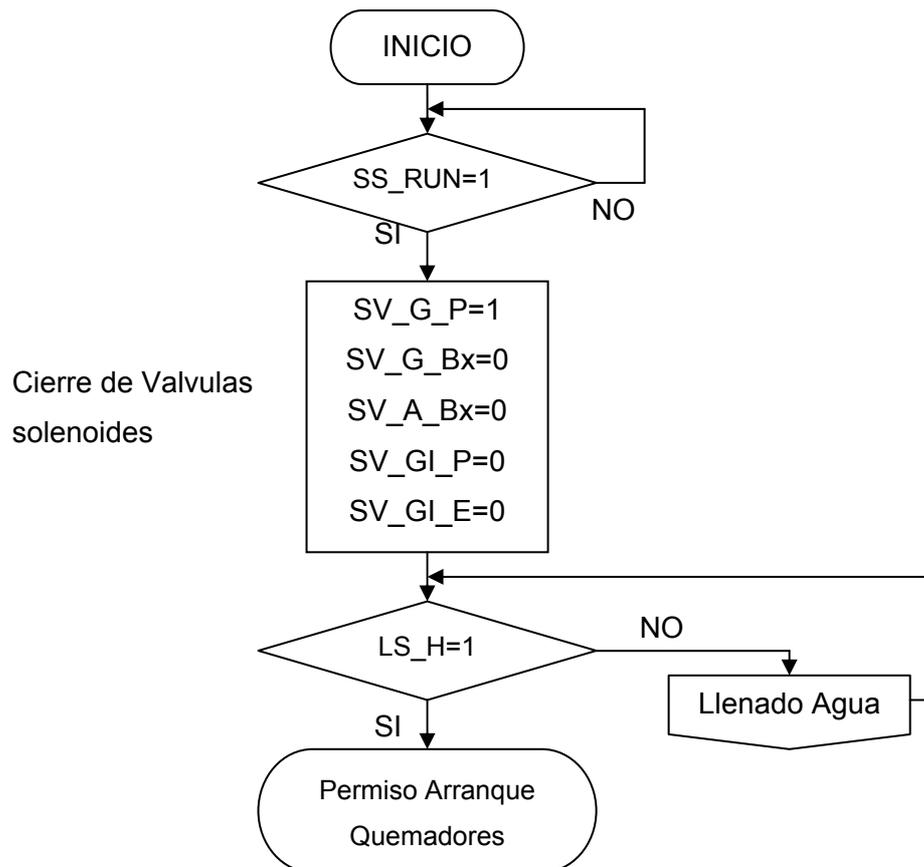


Figura 6.8 Diagrama de flujo chequeo inicial del sistema

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ENCENDIDO DEL QUEMADOR 1

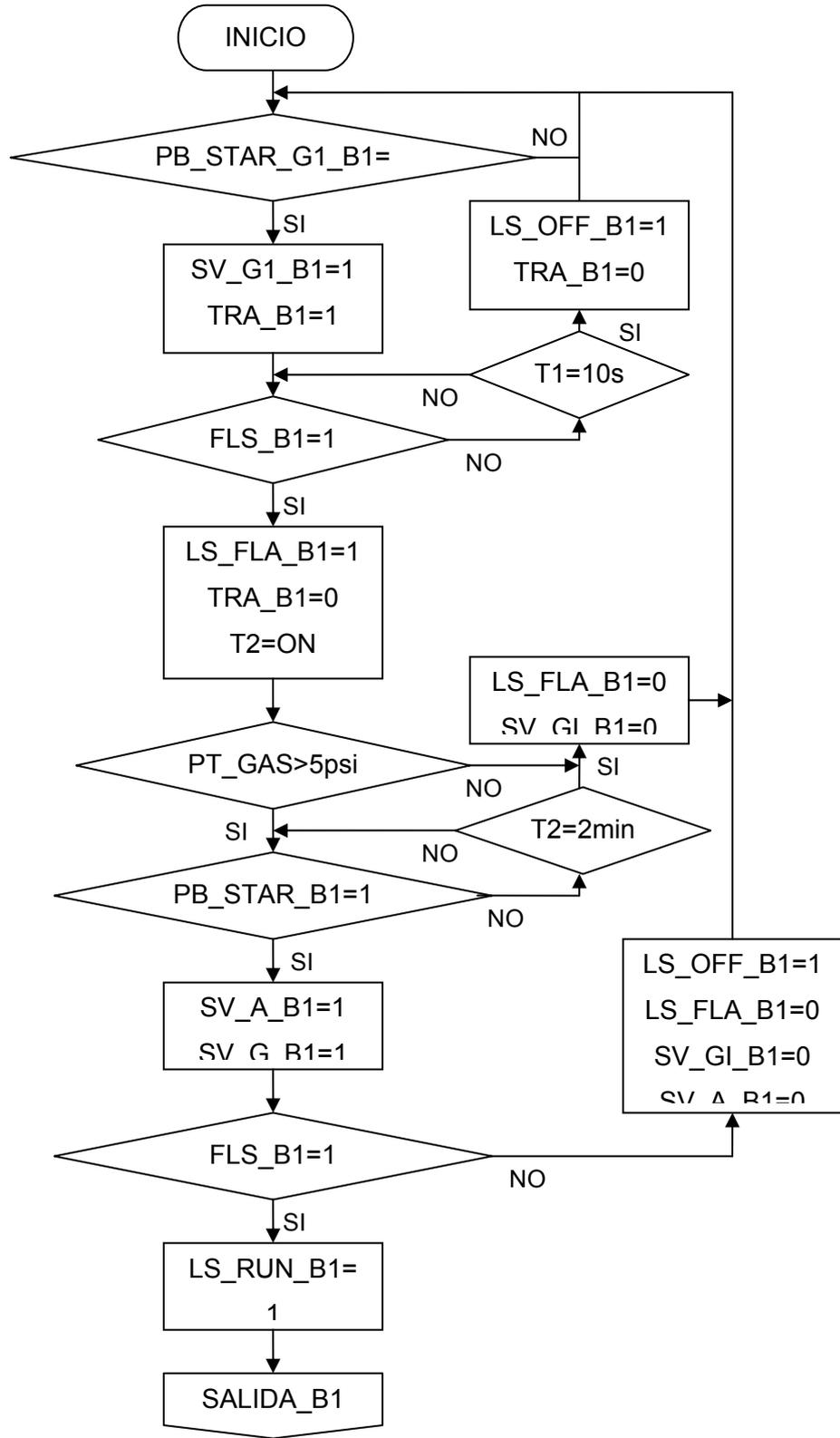


Figura 6.9 Diagrama de flujo encendido de quemador

Al igual que el grafico anterior se tiene la misma lógica de encendido para los quemadores 2 y 3. La secuencia de encendido de los quemadores debe comenzar con el quemador 1 y terminar en el quemador 3.

Una vez encendido los 3 quemadores se tiene la siguiente secuencia para eliminar el gas acumulado en el manifold de ignición, para ello se realiza la apertura de la válvula solenoide de exhaust.

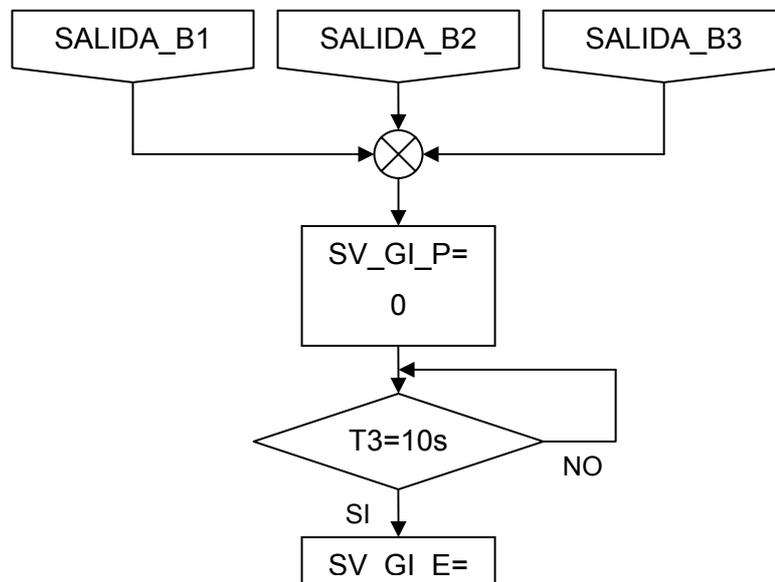


Figura 6.10 Diagrama de flujo encendido de los 3 quemadores

DIAGRAMA DE FLUJO LLENADO DE AGUA A TANQUE

Para esto debemos de tener en cuenta los 2 sensores de nivel, y el sistema de fuerza para el arranque de la bomba.

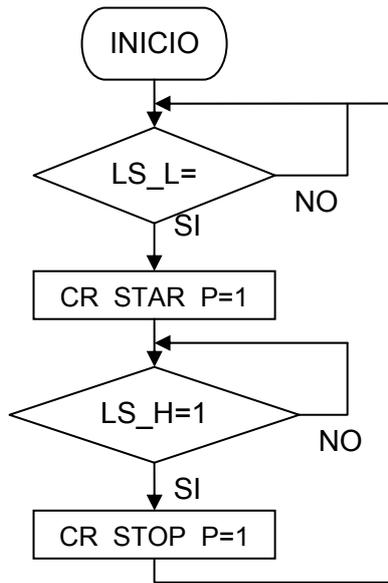


Figura 6.11 Diagrama de flujo llenado de agua al tanque

DIAGRAMA LOGICO DE EMERGENCIA PARADA DE UN QUEMADOR

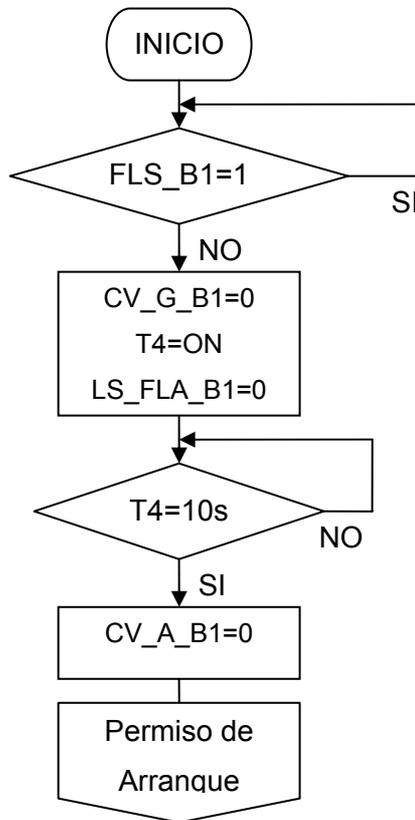


Figura 6.12 Diagrama de flujo parada por emergencias.

CAPITULO 7

TIEMPO DE EJECUCION

7.1 Definición de Actividades.

Se tiene las siguientes actividades definidas:

- Elaboración de ingeniería de detalle.
- Trabajos civiles.
- Trabajos mecánicos.
- Trabajos eléctricos.
- Trabajos instrumentación y control.
- Pruebas y puesta en marcha.
- Documentación.
- Capacitación y entrega de obra.

7.2 Secuenciamiento de Actividades.

Para una mejor eficiencia en el desarrollo del proyecto, se define la secuencia de las actividades en riguroso orden de prioridad.

Secuencia principal

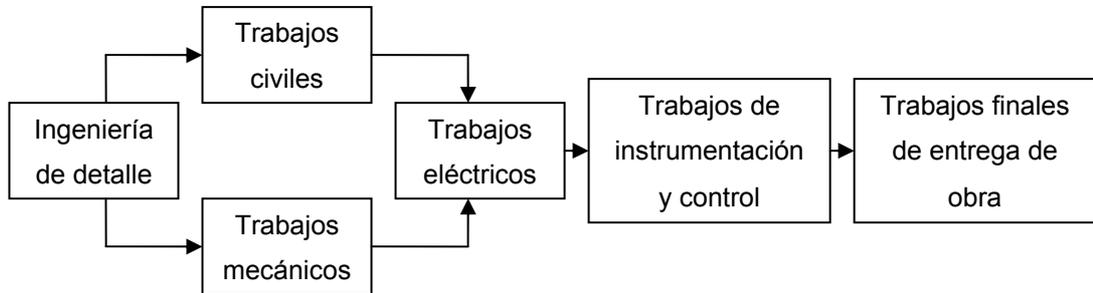


Figura 7.1 Secuencia de actividades

Desarrollo de actividades principales.

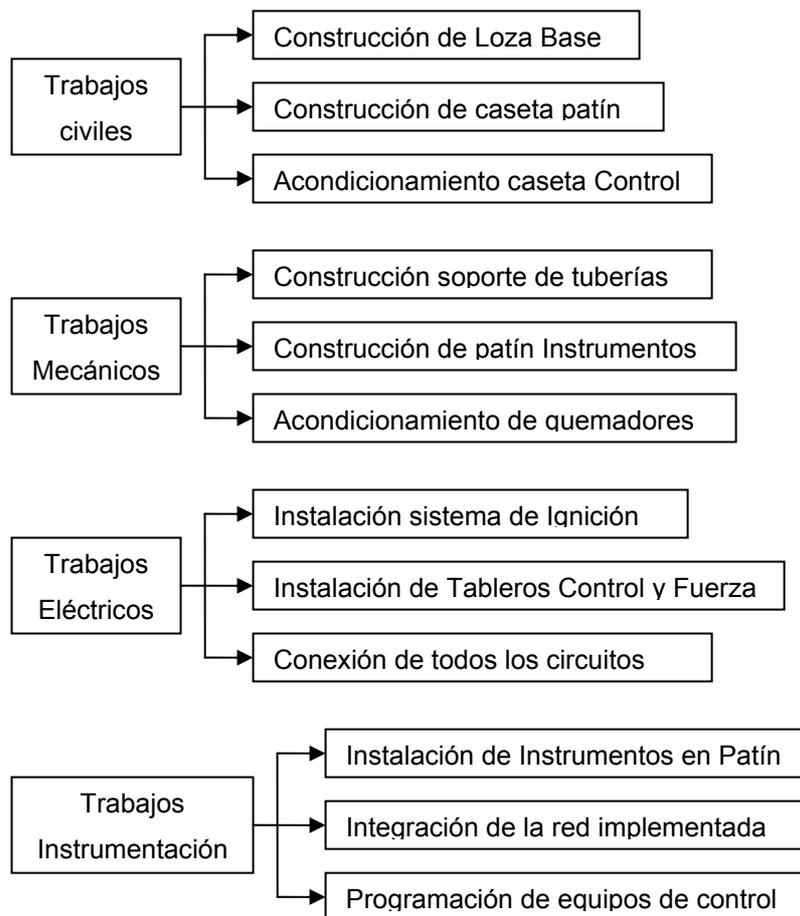


Figura 7.2 Actividades específicas.

7.3 DESARROLLO DEL CRONOGRAMA.

Una vez definido las actividades a desarrollar y siguiendo el secuenciamiento, se tiene lo siguiente:

Tabla 7.1 Cronograma de Actividades

ÍTEM	PARTIDA	MES 1				MES 2				MES 3			
		1RA	2DA	3RA	4TA	1RA	2DA	3RA	4TA	1RA	2DA	3RA	4TA
001.00.00	Trabajos Preliminares												
001.00.01	Elaboración de Ingeniería de Detalle	XXXX	X										
002.00.00	Trabajos Civiles												
002.00.01	Acondicionamiento de caseta de control		XXXX										
002.00.02	Construcción de loza de cimentación de patín de instrumentos.		XXX										
002.00.03	Soportes de las tuberías aéreas de acuerdo a planos referenciales		XX	XX									
002.00.04	Construcción de Caseta de protección de patín de instrumentos			XXXX	X								
003.00.00	Trabajos Mecánicos												
003.00.01	Acondicionamiento de quemadores, colocando piloto y sistema de ignición.		XXX	XX									
003.00.02	Construcción de patín de instrumentos		XXX	XXXX	XXXX								
004.00.00	Trabajos Eléctricos												
004.00.01	Instalación de todo el sistema de ignición (piloto, bujías de ignición, transformador de ignición, sensor de flama y accesorios)			XX	XXXX	XXXX							

006.00.02	Inspección radiográfica y con tintes penetrantes.										XX		
006.00.03	Prueba hidráulica de las líneas										XX		
007.00.00	Otros												
007.00.01	Manuales de operación, mantenimiento y planos AS BUILT										XX	XXXX	
007.00.02	Capacitación integral en campo de operadores y personal de mantenimiento. Entrega final												XXXX

Las operaciones comienzan cuando se tenga todos los materiales, equipos, instrumentos, etc. Teniendo en cuenta unas 3-4 semanas después de puesta la orden de compra a los proveedores.

CAPITULO 8

EVALUACION ECONOMICA

8.1. Costo de Equipos, Instrumentos y Materiales.

Después de realizar varias cotizaciones en diferentes empresas proveedoras, se tiene los siguientes costos tanto de equipos, instrumentos y materiales necesarios para la ejecución del Proyecto.

Tabla 8.1 Costo de equipos, instrumentos y Materiales

ÍTEM	Nº PARTE	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO PARCIAL US\$
001.00.00	<u>Instrumentos</u>					<u>27,635.00</u>
001.00.01	XML-E10U1C22	Transmisor de Presión de 0-150 PSI Telemecanique	1	EA	400.00	400.00
001.00.02		Válvula automática Fisher de 1", 100 PSI control de 4-20 Ma	1	EA	1,200.00	1,200.00

001.00.03		Válvula automática Fisher de 3/4", 100 PSI control de 4-20 mA	1	EA	1,200.00	1,200.00
001.00.04	2088LA12R-S60H	Válvula Solenoide de 1 1/2" NPT, 110 PSI, 24 Vdc Jefferson	1	EA	300.00	300.00
001.00.05	ZC1335IN6A-MF19C	Válvula Solenoide de 3/4" NPT, 110 PSI, 24 Vdc Jefferson	6	EA	250.00	1,500.00
001.00.06	ZC1335IN4A-MF19C	Válvula Solenoide de 1/2" NPT, 110 PSI, 24 Vdc Jefferson	5	EA	230.00	1,150.00
001.00.07		Regulador de presión 5-50 PSI, 1/4" NPT	1	EA	75.00	75.00
001.00.08		Sensores de Nivel	2	EA	120.00	240.00
001.00.09	48PT2-1007	Flame Infrared detection – Fireye	3	EA	450.00	1,350.00
001.00.10	E1R3	Flame Amplifier Modules – Fireye	3	EA	1,050.00	3,150.00
001.00.11	SF1-4	Power Pack – Fireye	3	EA	1,850.00	5,550.00
001.00.12	SFR-014	Spark Rod – Fireye	3	EA	1,400.00	4,200.00
001.00.13	145-18	Spark Tip – Fireye	3	EA	990.00	2,970.00
001.00.14	MT1-006	Mount Tube – Fireye	3	EA	950.00	2,850.00
001.00.15		Bomba de agua de 220 Vac, 50/60 Hz, 2 HP	3	EA	500.00	1,500.00
002.00.00	<u>PLC Modicon TSX Momentum</u>					<u>5,010.00</u>
002.00.01	171 CCS 760 00	CPU Processor adapters	1	EA	550.00	550.00
002.00.02	172 JNN 210 32	Adaptador de Comunicación RS-232	1	EA	250.00	250.00
002.00.03	170 ADI 350 00	Modulo de señales de entrada discreta	1	EA	270.00	270.00
002.00.04	170 ADO 350 00	Modulo de señales de salida discreta	1	EA	380.00	380.00
002.00.05	170 AMM 090 00	Modulo combinado de señales analógicas	1	EA	850.00	850.00
002.00.06	170 INT 110 00	Comunicación Interbus	3	EA	150.00	450.00

002.00.07	170 XTS 001 00	Terminal conectores	3	EA	70.00	210.00
002.00.08	372 SPU 474 01 V2X	Concept XL software de configuración	1	EA	2,000.00	2,000.00
002.00.09	110 XCA 282 02	Cable de comunicación RS232 - RJ45	1	EA	50.00	50.00
003.00.00	<u>Equipos de Control</u>					<u>4,544.50</u>
003.00.01	PC6301S2C050F0E	Controlador Honeywell UDC 6300 de acuerdo al Data Sheet	1	EA	2,000.00	2,000.00
003.00.02	TVS230LC20 (C)	Surge Protection para 220 Vac SURGELOGIC SQUARE D	1	EA	250.00	250.00
003.00.03	QUINT-PS-100-240AC/24DC/10	Fuente de alimentación Phoenix Contact de 220Vac/ 24 Vdc 10 Amp	1	EA	400.00	400.00
003.00.04	QUINT-PS-100-240AC/24DC/20	Fuente de alimentación Phoenix Contact de 220Vac/ 24 Vdc 20 Amp	1	EA	300.00	300.00
003.00.05	XV4-BA41, XV4-BA31	Pulsadores industriales (rojo y verde)	15	EA	12.50	187.50
003.00.06	XB7-EV03B, XB7-EV04B	Lámparas de señalización (rojo y verde)	15	EA	10.80	162.00
003.00.07	XB4-BD21	Selector de 2 estados 2 polos 12 A	1	EA	17.00	17.00
003.00.08	RXN 21E12BD	Relay 24 Vdc, 12 A con base riel Din	16	EA	45.00	720.00
003.00.09	RXZ E1M114	Base para Relay 24 Vdc, 12 A	16	EA	8.00	128.00
003.00.10	C60N 24091	Llave termomagnética trifásica de 220Vac 20 A	1	EA	40.00	40.00
003.00.11	C60N 24077	Llave termomagnética monofásica de 220Vac 15 A	1	EA	40.00	40.00
003.00.12	C60N 24075	Llave termomagnética monofásica de 220Vac 6 A	2	EA	40.00	80.00
003.00.13	NS100N 29634	Interruptor de 220 Vdc 25 ^a	1	EA	150.00	150.00
003.00.14	LC1-D32BD	Contactor de 220 Vdc 20 ^a	1	EA	70.00	70.00

004.00.00	Accesorios de control					1,228.00
004.00.01		Tablero de 1300x800x500 mm Nema 4	1	EA	800.00	800.00
004.00.02		Riel Din	4	m	4.50	18.00
004.00.03		Canaleta industrial de 80x60 mm	4	m	18.00	72.00
004.00.04	DZ5-CE 20	Terminales tipo pin AWG 16	200	EA	0.04	8.00
004.00.05		Cable control 16 AWG Rojo	100	m	0.20	20.00
004.00.06		Cable control 16 AWG Azul	100	m	0.20	20.00
004.00.07		Cable control 16 AWG Verde	100	m	0.20	20.00
004.00.08		Cable control 16 AWG Negro	100	m	0.20	20.00
004.00.09	AB1 AA235U2GR	Borneras para riel din individuales	100	EA	1.00	100.00
004.00.10	ABI FUSE435U6XB	Borneras fusible para riel din	100	EA	1.50	150.00
					SUB-TOTAL SIN IGV US\$	38,417.50
					IGV 19%	7,299.33
					TOTAL CON IGV US\$	45,716.83

8.2. Costo Total

Tomando como referencia el cronograma de trabajos a realizar, podemos evaluar los costos asociados. Debemos de tener en cuenta que dentro de estos costos, se incluye los siguientes puntos:

- Suministro de materiales.
- Mano de obra.
- Equipos necesarios.
- Contratación de terceros.

Después de un análisis de costos de acuerdo al mercado, se tiene:

Tabla 8.2 Costo total

ÍTEM	PARTIDA	CANT.	UNID.	PRESUPUESTO BASE		
				PRECIO UNITARIO US\$	P. PARCIAL US\$	P. TOTAL US\$
001.00.00	Trabajos Preliminares					<u>1.000,00</u>
001.00.01	Elaboración de Ingeniería de Detalle	1	Glob.	1.000,00	1.000,00	
002.00.00	Trabajos Civiles					<u>3.600,00</u>
002.00.01	Acondicionamiento de caseta de control	1	Glob.	1.000,00	1.000,00	-
002.00.02	Construcción de losa de cimentación de patín de instrumentos.	1	Glob.	500,00	500,00	-

002.00.03	Soportes de las tuberías aéreas de acuerdo a planos referenciales (incluye suministro de material y construcción)	1	Glob.	700,00	700,00	-
002.00.04	Construcción de Caseta de protección de patín de instrumentos	1	Glob.	400,00	400,00	-
002.00.05	Otros	1	Glob.	1.000,00	1.000,00	-
003.00.00	Trabajos Mecánicos					<u>7.500,00</u>
003.00.01	Acondicionamiento de quemadores, colocando piloto y sistema de ignición.	1	Glob	1.500,00	1.500,00	
003.00.02	Construcción de patín de instrumentos.	1	Glob	5.000,00	5.000,00	
003.00.03	Otros	1	Glob	1.000,00	1.000,00	
004.00.00	Trabajos Eléctricos					<u>25.300,00</u>
004.00.01	Instalación de todo el sistema de ignición (piloto, bujías de ignición, transformador de ignición, sensor de flama y accesorios)	1	Glob	20.000,00	20.000,00	
004.00.02	Instalación de todo el cableado para los circuitos de fuerza de bomba, tablero de control y caseta de protección de patín (iluminación y tomacorriente)	1	Glob	1.500,00	1.500,00	
004.00.03	Instalación de Tableros de control y fuerza para bomba	1	Glob	2.000,00	2.000,00	
004.00.04	Suministro e Instalación de UPS para tablero de control, de 1.5 KVA aprox. con salida a 220 VAC.	1	Glob	800,00	800,00	
004.00.05	Suministro e instalación del sistema de puesta a tierra.	1	Glob	200,00	200,00	
004.00.06	Trabajos de conexiónado de todos los circuitos eléctricos y accesorios.	1	Glob	300,00	300,00	
004.00.07	Otros materiales eléctricos para la instalación.	1	Glob	500,00	500,00	
005.00.00	Trabajos Instrumentación y Control					<u>23.100,00</u>
005.00.01	Instalación de toda la instrumentación del patín (incluye valvulas selonoides, valvulas fisher, trasmisor de presión)	1	Glob	7.000,00	7.000,00	

005.00.02	Instalación de panel de control (incluye PLC modicom, fuentes de alimentación, módulos de entrada y salida, luces de alarma, pulsadores, selectores, sistema A/C y demás accesorios)	1	Glob	9.000,00	9.000,00	
005.00.03	Servicio de integración de la red implementada (incluye también integración de las señales de estado de apertura y cierre de cinco válvulas del patín de medidores).	1	Glob	2.000,00	2.000,00	
005.00.04	Programación de PLC, controlador y configuración de todos los equipos eléctricos, mecánicos y electrónicos instalados en el sistema.	1	Glob	4.500,00	4.500,00	
005.00.05	Otros (incluye surge protector y accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema).	1	Glob	600,00	600,00	
006.00.00	Pruebas					<u>1.450,00</u>
006.00.01	Pruebas eléctricas y de funcionamiento pruebas del sistema de control, pruebas de funcionamiento de las válvulas y pruebas del sistema en general.	1	Glob	1.000,00	1.000,00	
006.00.02	Inspección radiográfica y con tintes penetrantes.	1	Glob	300,00	300,00	
006.00.03	Prueba hidráulica de las líneas	1	Glob	150,00	150,00	
007.00.00	Varios					<u>900,00</u>
007.00.01	Manuales de operación, mantenimiento y planos AS BUILT	1	Glob	600,00	600,00	
007.00.02	Capacitación integral en campo de operadores y personal de mantenimiento.	1	Glob	300,00	300,00	
TOTAL COSTO DIRECTO US\$						62.850,00
GASTOS GENERALES (5)%						3.142,50
SUB-TOTAL SIN IGV US\$						65.992,50
IGV 19%						12.538,58
TOTAL CON IGV US\$						78.531,08

8.3. Evaluación Costo Beneficio.

Para poder realizar esta evaluación tomamos como referencia la cotización presentado por una empresa del medio.

Esta empresa presenta un novedoso sistema de purificación del agua con químicos y filtros.

Tabla 8.3 Sistema de eliminación cotizado

MODALIDAD	DESECHOS	COSTOS
Sistema de químicos y sistema centrifugo con mallas.	- Mallas con impurezas y suciedades. - Lodos sedimentados.	- Mallas. - Eliminación de desechos. - Químicos. - Soporte técnico.

Evaluación económica de la propuesta de la empresa.

Tabla 8.4 Costos del sistema de eliminación cotizado

CONCEPTO	COSTO (US\$)
Costo fijo primer año	300,000.00
Suministro de Equipos e instalación	250,000.00
Soporte técnico y capacitación	50,000.00
Costo variable Anualmente	130,000.00
Costos de materiales y tratamiento anualmente	100,000.00
Costo de mantenimiento anual	30,000.00
TOTAL	430,000.00

Evaluación económica del proyecto se tiene.

Tabla 8.5 Costos de inversión del proyecto

CONCEPTO	COSTO (US\$)
Costo fijo primer año	108,500.00
Construcción del tanque de evaporación	30,000.00
Sistema de control automático	78,500.00
Costo variable anualmente	90,000.00
Costos previos de tratamiento del agua	70,000.00
Costo de Mantenimiento	20,000.00
TOTAL	198,500.00

Los costos relacionados con la acumulación del agua de formación en los tanques y su lenta eliminación son elevados, puesto que se tiene un taque de 250 000 barriles, cuyo costo si se almacenara petróleo viene a ser de US\$ 15 000,000.00. Al presentarse este problema se requiere una rápida eliminación con el menor costo posible.

Al hacer el análisis de los costos con una empresa y con la del proyecto resulta de la siguiente manera.

Tabla 8.6 Comparación de los costos de inversión.

	Inversion (US\$)	Costos Anuales (US\$)	Cant. Eliminada x día (Barriles)
Propuesta presentada por empresa extranjera	300,000.00	130,000.00	80
Proyecto	108,500.00	90,000.00	200

CONCLUSIONES

El diseño del sistema de control automático, basado en las normas internacionales nos proporciona los beneficios siguientes:

- Gracias al control automático, se tiene una alta evaporación de agua, pues con el eficiente control sobre las llamas, la transferencia de calor también es alta.
- Una operación robusta y de poca asistencia del personal de turno.
- Un aseguramiento de la seguridad en la operación del sistema.
- Una empresa aseguradora no pondrá objeciones y elevadas tasas, puesto que ya cumple con los estándares mínimos de seguridad internacional.
- No existe una contaminación del medio ambiente y cumple con las normas de la ISO-14000.
- Se cumplen con las normas OSHA-18000, al ser un sistema íntegramente seguro.

Respecto al sistema de control se tiene:

- Control robusto, con un controlador y un PLC.

- El sistema de alimentación está bien protegido contra las sobretensiones de corrientes con frecuencias variables o cortes imprevistos de corriente.
- Se cuenta con una alta seguridad de los quemadores, de apagarse repentinamente.
- En caso de producirse fugas, el sistema lo detecta con las bajas de presión, y corta automáticamente el flujo de combustible.

En cuanto a los costos se tienen las conclusiones siguientes:

- Este es un sistema que presenta un costo de US\$ 198,000.00, comparado con un sistema cotizado de US\$ 430, 000.00 y de menor capacidad de evaporación.
- Los costos de materiales, mantenimiento y operación anuales es de US\$ 90,000.00 y con un ahorro de US\$ 40,000.00 anuales, respecto al sistema cotizado.
- No se tendrá de asistencia técnica externa, pues es desarrollado por trabajadores de la empresa. Lo cual representa un ahorro.
- Los equipos e instrumentos son de calidad y bajos costos en el mercado, con un total de inversión de US\$ 45,000.00.

BIBLIOGRAFIA.

Para la investigación del proyecto se revisaron los siguientes documentos:

Normas:

- [1]. NFPA-85 "Boiler and Combustion Systems Hazards Code" Edition 2001.
- [2]. NFPA-70 "National electrical code" Edition 2002.
- [3]. NFPA-54 "National Fuel Gas Code" Edition 2000.
- [4]. NFPA-496 "Purgad and Pressurized enclosures for electrical Equipment" Edition 2001.
- [5]. API RP- 500 "Recommended Practice for Classification of Location for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1and Division 2".
- [6]. API RP 2000 "Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents"
- [7]. ASME CSD-1 "Controls and Safety Devices for Automatically Fired Boilers"

Internet:

- [8]. www.shneider-electric.com.pe, Equipos de control, potencia, sensores, etc.
- [9]. www.telemecanique.com.pe, PLC, controladores, interfaces de potencia. Etc.
- [10]. www.fisher.com, Válvulas de control.
- [11]. www.fireye.com, Sistema de ignición, sensores y accesorio.
- [12]. www.jefferson.com, válvulas solenoides.
- [13]. www.honeywell.com, Sistemas de control, transmisores, etc.
- [14]. www.phoenixcontact.com, Fuentes de poder.

PLANOS

Como mostraremos a continuación, la distribución de los planos es de la siguiente manera:

- **PTP-PTS05-01** Esquema general del control P&D, tanto mecánico como de señales de control.
- **PTP-PTS05-02** Esquema de control eléctrico de la bomba de agua, tanto en campo como del tablero de control.
- **PTP-PTS05-03** Esquema de las señales de ingreso y salida, tanto al PLC como al controlador. También una descripción de los nombres (TAGs) de las señales.
- **PTP-PTS05-04** Esquema del tablero de control y su distribución, de los equipos.
- **PTP-PTS05-05** Instalación típica del transmisor de presión, válvulas solenoides y válvula de control.

APENDICE

APENDICE A - NFPA 85 SECCION 3.6 "Fuel Gas System for multi-burner"

APENDICE B - CONFIGURACIÓN DEL PLC MOMENTUM

APENDICE C - DATA SHEET DEL SISTEMA DE IGNICION

APENDICE D - DATA SHEET DEL SISTEMA DE DETECCION DE FLAMA

APENDICE E - DATA SHEET DEL CONTROLADOR UDC6300

APENDICE F - DATA SHEET DEL PLC TSX MODICON MOMENTMUM

APENDICE G - DATA SHEET DE VALVULAS SOLENOIDES

APENDICE H - DATA SHEET DE VALVULAS DE CONTROL

APENDICE I - DATA SHEET DE POWER SUPPLY