

AUTOMATIZACIÓN DE LA TEA DE INCINERACIÓN DE GASES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN LA ESTACIÓN OSAYACU DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO

Andrade Terán Galo David
Idrovo Cajas Luis Fernando

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

Resumen

El presente artículo tiene por objetivo especificar los criterios de diseño para la posterior implementación del Sistema Automático de Quemado de Gases para el alivio de presión dentro del tanque Bullet, desarrollado como proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniería Electrónica, especialidad Automatización y Control de la Escuela Politécnica del Ejército.

Este proyecto se lo ha realizado ya que en las Instalaciones del Poliducto Shushufindi-Quito Estación Osayacu surge la necesidad de realizar el alivio del tanque Bullet mediante la quema de gases en la Tea de Incineración de una forma rápida, confiable y segura.

1. Introducción

En el año de 1979, la entonces Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), a través de la empresa WILLIAMS BROTHERS ENGINEERING COMPANY (AGENT), realiza la compra de cuatro “Quemadores y Generadores Frontales de Llama” a la empresa NATIONAL AIROIL BURNER Co. para ser implementados en las cuatro estaciones de bombeo que forman parte del actual POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO de la empresa EP PETROECUADOR, con el propósito de servir como una “TEA DE INCINERACION DE GAS” para liberar la presión dentro del tanque de alivio Bullet que almacena gas licuado de petróleo. El sistema fue diseñado para ser operado de forma manual, sin un mecanismo de ignición de llama piloto.

El sistema fue construido con tres líneas que llevan el combustible desde el tanque Bullet donde se almacena GLP, el manifold de válvulas de los grupos de bombeo y la línea de ingreso de producto al tanque Bullet, hacia la TEA, estas líneas se unen para formar dos conductos principales los cuales serán efectivamente los que alimenten la torre de quemado; cada conducto cuenta con un tren de válvulas que se encargan de reducir la presión y

permitir o restringir el paso de gas para la combustión, además de un deshidratador que se encarga de separar el combustible líquido del gaseoso con la finalidad de prevenir derrames durante la operación.

Desde el momento de su instalación hasta la fecha actual, el sistema no ha sido modificado en su estructura de tal forma que se ha convertido en un mecanismo obsoleto de uso eminentemente emergente.

Debido a la problemática que sugiere el hecho de encender de forma manual el “Quemador y Generador Frontal de Llama”, por cuestiones de seguridad de la estación y del operador encargado de su accionamiento, y, adicionalmente por motivos de eficiencia en los tiempos de operación en los cuales se incinera el gas la empresa se ve en la necesidad de incurrir en la automatización de todo el proceso de operación de la TEA de incineración de gases del tanque de alivio Bullet.

La importancia de automatizar el sistema de incineración de gases actual radica en el hecho de cumplir con estándares de seguridad industrial que garanticen la integridad tanto del personal que lo opera, como de los equipos que forman parte del sistema; además de optimizar los tiempos de operación de la incineración de gases mediante el “Quemador y Generador Frontal de Llama”.

La realización de este proyecto se justifica en el hecho de que el sistema deberá ser activado de forma remota y segura con tiempos de operación mínimos cuando los parámetros de nivel y/o presión del GLP dentro del tanque Bullet se encuentren en estados críticos que ameriten el accionamiento del sistema.

Finalmente, el sistema estará provisto de una interfaz local cuidadosamente ordenada y estructurada, la cual permitirá la fácil operación del sistema por parte del encargado de la estación.

2. Descripción General del Proyecto

El piloto de ignición, produce la flama inicial para un encendido suave, mientras tanto el quemador y generador frontal de flama se encarga de conducir el gas de las líneas principales desde el tanque Bullet y del manifold de válvulas hacia la punta de la TEA, todo este proceso es manejado por el operador desde la caja de control y monitorizado a través de la interfaz humano máquina ubicada en la sala de operaciones



Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de automatización del quemador y generador frontal de flama.

3. Diseño del Piloto de Ignición de Llama

Para el diseño del prototipo de ignición de flama se toman los siguientes criterios:

- El prototipo de ignición de flama debe tener dos modos de operación, un modo semiautomático y otro modo automático.
- Debe tener la capacidad de reencendido en modo automático, si esta se apaga por inconvenientes en el ambiente.
- Solo debe transportar gas doméstico en la tubería hasta llegar a la zona de quemado de gases, ya que de esta forma se facilita el control del flujo de gas mediante instalaciones de válvulas reguladoras, además de manejar presiones mucho más bajas por cuestiones de seguridad.
- Debe contar con un sistema de detección de flama capaz de soportar temperaturas altas, o a su vez, capaz de detectar la flama a una distancia en la cual el sensor no sea afectado por la temperatura de la flama.

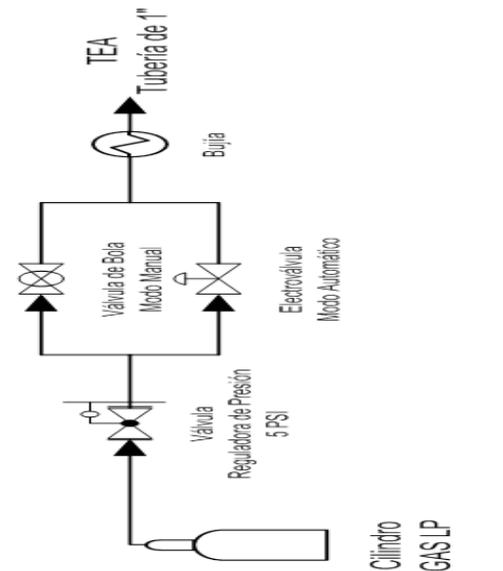


Figura 2. Diagrama esquemático del piloto de ignición de flama.

4. Diseño del Sistema de Encendido del Quemador Y Generador Frontal de Llama

Para el diseño del sistema de encendido automático del quemador y generador frontal de flama se debe tomar a consideración los siguientes aspectos:

- Método de Ignición, la cual está dada por el sistema piloto.
- Sistema de remoción de líquidos, que están dados por deshidratadores que separan los líquidos de los gases por diferencia de densidades.
- Aspectos operacionales o emergentes que ameriten el encendido de la TEA.
- Caudal de flujo.
- Presión disponible del gas.
- Exigencias de seguridad.
- Medición de presencia de gas en las tuberías de los quemadores mediante sensores de presión.
- El sistema de encendido automático del quemador y generador frontal de flama debe tener dos modos de operación, un modo semiautomático y otro modo automático.
- Sistema de detección de flama.
- Regulación de flujo de gas hacia los quemadores principales.

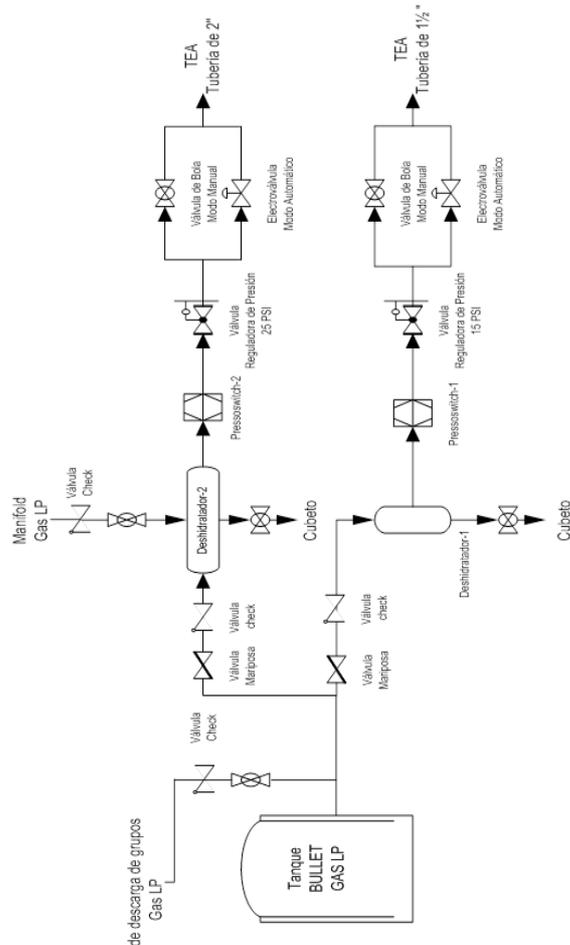


Figura 3. Diagrama esquemático del Quemador y Generador Frontal de Llama.

5. Diseño del Sistema de Automatización de encendido del Quemador y Generador Frontal de Llama

Se debe proporcionar al operador y a los técnicos de mantenimiento las herramientas para poder manipular el mecanismo, también que facilite el mantenimiento y además se debe considerar que debe contar con contingencia para emergencias donde no exista suministro eléctrico, o posibles fallas en los sensores y/o actuadores, es así que se considera necesario dotar al sistema de tres modos de funcionamiento que son:

- Modo Automático.
- Modo Semiautomático.
- Modo de detección de fuego manual.

Para el encendido seguro del sistema, éste debe cumplir con los siguientes pasos:

1. Permiso de activación desde la HMI.
2. La luz indicadora verde debe parpadear.

3. Presionar 5 segundos el botón de encendido (verde) de la caja de mando.
4. Activación de la punta de encendido.
5. Apertura del solenoide de la línea piloto.
6. Detección de llama.
7. Desactivación de la punta de encendido.
8. Apertura de la válvula de salida del tanque Bullet.
9. Activación de la solenoide de las líneas 1 y 2.
10. Cierre del solenoide de la línea piloto.

Una vez encendido el sistema para que éste sea desactivado se deben cumplir aspectos que van de la mano de las condiciones que se tomaron en cuenta para activar el sistema entre las cuales constan:

- a) Niveles de presión adecuados dentro del tanque Bullet.
- b) La presión del sistema que alimenta a la TEA aliviado.
- c) Emergencia superada.
- d) Fin del mantenimiento.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de todos los elementos que forman parte del sistema el operador o el personal de mantenimiento debe desactivar el sistema.

Tras cumplirse con cualquiera de estas condiciones el sistema debe desactivarse ya sea de forma automática o semiautomática, para lo cual debe seguir los siguientes pasos.

- Forma Semiautomática.

1. Mantener presionado 5 segundos el botón de parada (Rojo).
2. Cerrar la válvula de salida del tanque Bullet.
3. Cerrar los solenoides que corresponden a las líneas 1 y 2 siempre.
4. La luz indicadora roja parpadeará al mismo tiempo q la luz verde indicando que la combustión de gases ha sido detenida manualmente.
5. Para desactivar completamente el sistema de forma manual se debe enviar la señal de desactivación desde la HMI.

- Forma Automática.

1. La presión al interior del tanque debe ser menor o igual a la presión saeteada por el operador, o a la presión adecuada de servicio.
2. Cerrar la válvula de salida del tanque Bullet.
3. Esperar a que se desactiven los interruptores de presión de las líneas 1 y 2 de la TEA.
4. Cerrar los solenoides que corresponden a las líneas 1 y 2.
5. Las luces indicadoras roja y verde deben parpadear alternadamente durante 5 segundos en señal de un sistema apagado.

Al igual que el diagrama de flujo, el diagrama Grafcet es un paso previo y elemental para poder programar la lógica de control de manera adecuada, de forma que el programador vea claramente los caminos más fáciles y adecuados a tomar al momento de introducir las sentencias lógicas que comandaran el sistema.

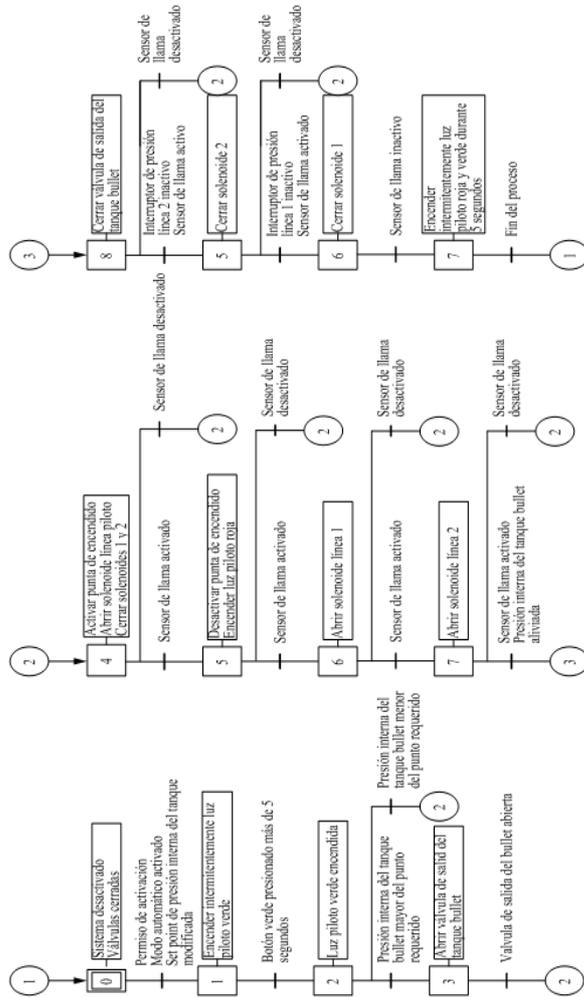


Figura 5. Diagrama Grafcet del Quemador y Generador frontal de llama.

9. Arquitectura de Red

El diseño de la red que comunicará al autómatas encargado de controlar el proceso con el dispositivo que contenga la HMI es un aspecto importante dentro del diseño íntegro del sistema, y existen diversos requerimientos que deben ser cubiertos por el diseño que son:

- Dispositivos que forman la red.

La red está formada por el PLC seleccionado, una pantalla táctil que contenga la HMI y la red de la estación la cual es una red

Ethernet IP.

- Distancia entre dispositivos.

La distancia entre estos dispositivos es de alrededor de 120 metros entre la sala de control de la estación donde se encuentra la pantalla ya conectada a la red de la estación y la caja de control del Quemador y Generador Frontal de Llama donde se encuentra el PLC.

- Protocolo de comunicación de los dispositivos de la red.

Es necesario saber que protocolos admiten cada uno de los dispositivos que conforman la red.

DISPOSITIVO	PROTOCOLO
PLC TSX Nano	Modbus RS485 no standard Uni-telway RS485
Maguelis 4330	Uni-telway RS485/RS232C Modbus RS485/RS232C Ethernet IP RJ45 Modbus TCP
Red de la estación	Modbus TCP Ethernet IP

Tabla 3. Protocolos de comunicación de cada dispositivo.

Debido a las limitaciones de comunicación del PLC TSX Nano es necesario utilizar la pantalla táctil Maguelis 4330 como pasarela que permite acceder al dato de la presión interna del tanque bullet del PLC Modicon Quantum, el mismo que se encuentra enlazado en la red de la estación, y es a través de esa red que la pantalla accede a ese dato y lo transmite en protocolo Uni-Telway al PLC TSX Nano.

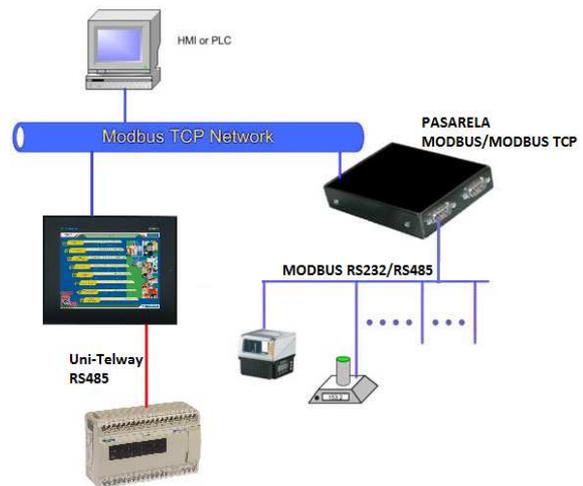


Figura 6. Arquitectura de Red.

10. Diseño de la Interfaz Humano Máquina

La interfaz del sistema de automatización del quemador de la estación Osayacu será dispuesta en una de las pantallas táctiles que se encuentran en la sala de operaciones. La pantalla táctil en la cual se va a disponer la HMI es una Maguelis XBTG 4330 de Schneider Electric.

Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Maguelis XBTG 4330
Resolución	640 x 480 píxeles (VGA).
Puertos de comunicación	1 Ethernet IP RJ-45 Modbus rs232c, rs485 conector hembra SUB-D 25 Unitelway rs232c, rs485
Alimentación	24 VDC 28W
Memoria	8 Mb de Flash EPROM, 512 Kb de SRAM.
Zona táctil	Película resistiva 32 x 24 células.

Tabla 4. Características básicas de la Pantalla Táctil

Las consideraciones de diseño de la interfaz humano máquina en la pantalla táctil cumple con las siguientes pautas:

- a) La pantalla táctil en la cual se va a incluir la HMI del sistema, al momento se encarga de monitorear el Grupo Eléctrico, El Variador, el Flujo Másico y los reportes de la estación Osayacu.
- b) Se debe diseñar la HMI de manera que guarde concordancia con el diseño de las interfaces que se encuentran ya cargadas en la pantalla táctil, de tal forma que armonice con el sistema general.
- c) Los elementos que se encuentren dentro de la interfaz deben ser acordes con los elementos que representan físicamente de manera que el operador los identifique fácilmente evitando confusiones.
- d) Los contrastes entre los elementos de la interfaz deben ser bien escogidos de manera que resalten aspectos como alarmas, fuego encendido, activación o paro de algún dispositivo entre otros sin que resulte agotante a la vista.
- e) Se debe incluir en la interfaz botones que le permitan regresar fácilmente a la pantalla inicial de manera que no complique el monitoreo de los demás procesos.

f) Las operaciones que realice el operador en la HMI deben ser mínimas, sencillas e intuitivas de manera que se reduzcan al mínimo posible los errores de operación.

g) Debe disponerse texto que identifique adecuadamente cada actuador y sensor.

Las funciones que realiza la HMI se describe a continuación:

- Permiso de activación.
- Establecimiento de la presión de alivio.
- Desactivación.
- Paro de emergencia.
- Monitoreo.

En la pantalla HMI TEA se disponen todos los elementos principales para que el proceso sea monitoreado, esta pantalla está formada por 9 grupos de elementos como se indican a continuación:

1. El tanque Bullet compuesto por el logo identificativo de la empresa.
2. Bloque donde se aprecia la nomenclatura que identifica el tanque, la presión interna de alivio (Roja) y la presión interna actual (Verde) del tanque Bullet.
3. Panel que representa la caja de mando que se encuentra en la TEA.
4. Representación de la válvula de salida del tanque Bullet con su respectivo actuador.
5. Este grupo representa el interruptor de presión y el juego de válvulas que componen la línea de 1".
6. Este grupo representa el interruptor de presión y el juego de válvulas que componen la línea de 2".
7. Este grupo representa el juego de válvulas que componen la línea piloto.
8. Este grupo comprende la botonera de la interfaz, el cual contiene el botón de activación, el botón que despliega la pantalla de configuración, el botón de emergencia y el botón que regresa a la página principal.
9. En este grupo se encuentra representado la punta de encendido y el fuego que al estar o no presente

significa que existe o no combustión.

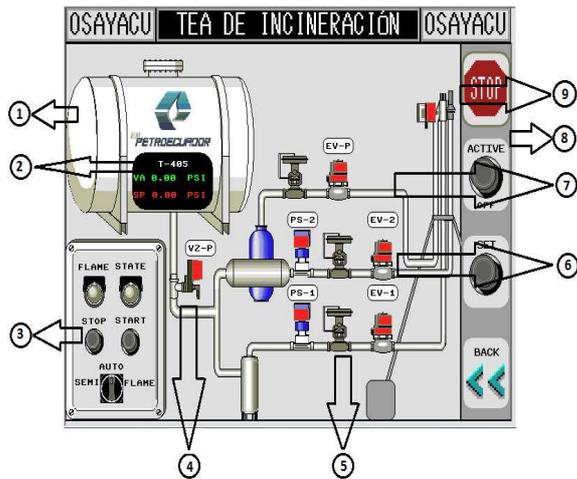


Figura 7. HMI de la TEA de Incineración.

La pantalla emergente de confirmación de activación aparece cuando se ha presionado el botón de activación para que dicha operación sea confirmada al presionar sobre el botón “SI”, y desaparece al presionar sobre el botón “SALIR”.



Figura 8. Pantalla Emergente de confirmación.

La Pantalla emergente de configuración aparece en la esquina superior izquierda después de haber pulsado el botón “SET”, a través del manejo de esta pantalla el operador tiene la capacidad de establecer la presión interna de alivio a la cual desea que el tanque Bullet disminuya.

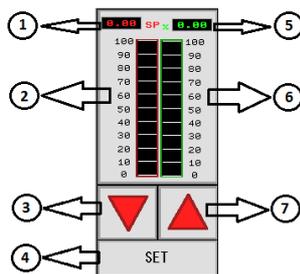


Figura 9. Pantalla Emergente de configuración.

11. Pruebas y Resultados

Una vez culminada toda la automatización del sistema, fue necesario someter al mismo a una serie de pruebas que brinden información del funcionamiento del sistema, estas pruebas se detallan a continuación:

- a) Prueba y Resultado de encendido.
- b) Prueba y Resultado de reencendido.
- c) Prueba y Resultado de apagado.
- d) Resultado de alivio de presión del tanque Bullet.

- a) Prueba y Resultado de encendido.

Las pruebas de la secuencia de encendido buscan verificar que los pasos para el encendido, son los correctos de acuerdo al diagrama de flujo para una combustión segura. En esta prueba se hace especial énfasis en la activación secuencia de los actuadores dependiendo de los estados de los respectivos sensores.

El tiempo de encendido de la llama piloto es tomado a partir del instante en que la luz piloto verde se queda prendida, hasta el instante en que el sensor de llama detecta fuego en la punta de la tea.

El tiempo de encendido de las líneas principales es tomado en cuenta desde el momento en que se detecta la llama en la punta de la TEA hasta que se nota un incremento sustancial en la energía de combustión en la punta de la antorcha.

De la prueba de encendido se observa que el sistema cumple la siguiente secuencia para la combustión de GLP en la TEA.

Los datos de los tiempos de encendido de la llama piloto en las pruebas, son los siguientes:

Número de prueba	Tiempo de encendido llama Piloto (s)	Tiempo de encendido líneas principales (s)
1	13	25
2	12	30
3	14	28
4	15	32
5	13	37
Promedio	13.4	30.4

Tabla 5. Resultados de la prueba de los tiempos de encendido de la llama piloto y de las líneas 1 y .2

- b) Prueba y Resultado de reencendido.

Esta prueba se realiza para comprobar el tiempo de reencendido de la llama piloto toda vez que esta se ha apagado por algún motivo, para realizar la prueba se enciende la llama piloto en modo manual durante un tiempo aproximado de 5 segundos, luego de lo cual se corta el suministro de gas y se espera que la llama se apague, en ese instante se empieza a tomar el tiempo mientras se reinicia el suministro de gas hacia la torre de quemado hasta el instante en que la llama se vuelve a reencender en el quemador piloto.

Los tiempos de reencendido de la llama piloto obtenidos de las pruebas realizadas se muestran en la tabla a continuación.

Número de prueba	Tiempo de reencendido llama Piloto (s)
1	1
2	1.1
3	0.7
4	0.5
5	0.8
Promedio	0.82

Tabla 6. Resultados de la prueba de los tiempos de reencendido de la llama piloto.

c) Prueba y Resultado de apagado.

Los datos que serán obtenidos en esta prueba son necesarios para el análisis de los tiempos de apagado de las llamas de las líneas piloto y principales, además para comprobar la correcta consecución de pasos que el controlador debe seguir para un apagado.

Para medir el tiempo de apagado de la llama de la línea piloto es necesario trabajar en modo manual, ya que de otra forma no sería posible apreciar el apagado de esta llama. Una vez encendida la llama en modo manual, se corta el suministro de gas y se empieza a tomar el tiempo hasta el momento en que ya no se detecte fuego en la punta de la antorcha.

Para obtener los tiempos de apagado de las líneas principales 1 y 2 se procede a encender el sistema en modo automático, esperar la combustión del gas proveniente de las líneas 1 y 2 y en ese momento presionar el botón de parada, es a partir de este momento que se debe empezar a tomar el tiempo que le lleva a la llama a apagarse. Para la prueba de la secuencia de apagado, hay tres condiciones que se deben tomar en cuenta:

- Caso I.

El sistema se encuentra encendido en modo automático y se ha presionado por más de 5 segundos el botón de parada.

- Caso II.

El sistema se encuentra encendido en modo automático y se ha presionado el botón de emergencia.

- Caso III.

El sistema se encuentra encendido en modo automático, la presión dentro del tanque Bullet ha llegado al nivel deseado, y la presión dentro de las líneas 1 y 2 es menor que 4 PSI.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de apagado de las líneas piloto y principales 1 y 2, que se obtuvieron de las pruebas realizadas.

Número de prueba	Tiempo de apagado llama Piloto (s)	Tiempo de apagado líneas principales (s)
1	51	119
2	58	142
3	50	138
4	55	120
5	60	127
Promedio	54.8	129.2

Tabla 7. Resultados de la prueba de los tiempos de apagado de la llama piloto y de las líneas 1 y 2.

d) Resultado de alivio de presión del tanque Bullet.

Los datos obtenidos en las pruebas de alivio de la presión en el tanque Bullet, se presentan a continuación:

TIEMPO (S)	PRESION (PSI)	$\Delta t (t_r - t_{b-1})$	$\Delta P (P_r - P_{b-1})$	$\Delta t / \Delta P$
0,00	11,50	25,00	0,06	416,66667
25,00	11,44	8,00	0,07	114,28571
33,00	11,37	8,00	0,06	133,33333
41,00	11,31	19,00	0,06	316,66667
60,00	11,25	11,00	0,06	183,33333
71,00	11,19	10,00	0,07	142,85714
81,00	11,12	62,00	0,18	344,44444
143,00	10,94	18,00	0,07	257,14286
161,00	10,87	20,00	0,06	333,33333
181,00	10,81	18,00	0,06	300
199,00	10,75	108,00	0,31	348,3871
307,00	10,44	6,00	0,06	100
313,00	10,38	20,00	0,07	285,71429
333,00	10,31	16,00	0,06	266,66667
349,00	10,25	24,00	0,06	400
373,00	10,19	22,00	0,07	314,28571
395,00	10,12	30,00	0,06	500
425,00	10,06	34,00	0,06	566,66667
459,00	10,00			
			Suma	5323,7839
			Promedio	280,19915

Tabla 8. Datos obtenidos de la prueba de los tiempos de alivio del tanque Bullet.

12. Conclusiones

- Una vez culminado el diseño e implementación del proyecto dentro de los plazos establecidos, se han cumplido todos los objetivos planteados, cubriendo todas las necesidades inherentes al sistema del Quemador y Generador Frontal de Llama de La Estación Osayacu Del Poliducto Shushufindi-Quito.

- Previo a la automatización de la TEA de incineración de gases, fue necesario realizar un levantamiento del proceso con la finalidad de conocer la situación real del sistema, establecer la necesidad de rediseño del mismo, determinar cuáles serán las mejores alternativas para automatizarlo y analizar la factibilidad del desarrollo del proyecto.

- Para el desarrollo de un proyecto es fundamental realizar el diseño y la implementación del mismo siguiendo los lineamientos que proporcionan las distintas normas nacionales e internacionales, con la finalidad de realizar un trabajo estandarizado y seguro, lo cual es posible solo si se ha investigado y analizado todas las normas relacionadas al proyecto.

- Se determinó que no es necesario utilizar oxígeno para la generación de una llama estable con el poder calorífico necesario para encender el sistema, ya que resulta costoso mantener el suministro del mismo, además, las pruebas de la llama piloto sin este elemento demostraron que es suficiente el oxígeno que existe en el ambiente.

- Para la adquisición e instalación de equipos eléctricos y electrónicos dentro de la industria petroquímica, donde el ambiente es considerado inflamable, es necesario realizar todas las adecuaciones necesarias con la finalidad de garantizar que las instalaciones cumplan con las seguridades pertinentes para este caso.

- En el sistema de automatización de la torre de quemado de gases es necesario contar con un mecanismo de detección de llama, que cumpla con las características de seguridad, confiabilidad y rápida reacción, además de estar construido para ambientes peligrosos ya que este elemento es parte fundamental del funcionamiento íntegro del sistema.

- Para la selección de actuadores es necesario realizar un sobre dimensionamiento de las capacidades y características de los mismos con la finalidad de garantizar un correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

- Debido al riesgo que representa el proceso de incineración de gases en la TEA, es preciso dotar al sistema de un procedimiento de confirmación de activación en busca de prevenir encendidos erróneos

que pongan en peligro la integridad de la Estación.

- El monitoreo local de un proceso tan riesgoso es imperativo, y hace obligatorio la dotación de un tablero de control ubicado a una distancia que permita supervisar el sistema de forma correcta y segura.

- Para garantizar una correcta comunicación entre el autómatá programable ubicado en la caja de control y la pantalla táctil instalada en la sala de operaciones, y también para dotar al protocolo UNI_Telway de una distancia mayor a la cual fue diseñado, atenuando el ruido que se presenta en ambientes industriales, es necesario utilizar un cable apantallado dentro de tubería conduit rígida.

- Pese a la antigüedad del autómatá TSX Nano, se pudo establecer comunicación entre este y la red de control de la estación a través de la pantalla táctil Magelis XGBT 4330, gracias a la estandarización de los protocolos, lo cual facilitó el acceso a variables necesarias para el funcionamiento del sistema.

- Para el desarrollo de la interfaz gráfica fue necesario adecuar el diseño de la misma, a los esquemas del resto de interfaces que se encontraban previamente implementadas en la pantalla táctil Magelis XGBT 4330, con la finalidad de facilitar la familiarización del operador con la nueva pantalla que monitoreará el proceso de incineración de gases en el quemador y generador frontal de llama de la estación Osayacu.

- Para mejorar la eficiencia, disminuir costos y facilitar la automatización del proceso de quemado de gases fue necesario rediseñar el sistema original, direccionando el flujo del combustible hacia la punta de la TEA, mediante la instalación de válvulas anti retorno, lo cual permite encaminar el flujo y eliminar válvulas solenoides que hubieran sido necesarias si se utilizaba el esquema original.

13. Recomendaciones

- Para minimizar el impacto de la quema de hidrocarburos líquidos en la TEA, se recomienda instalar un pulverizador en la punta de la misma para que se quemé de mejor manera este tipo de combustible.

- Para evitar el ingreso de material extraño a las tuberías de las líneas principales a través de la punta de la antorcha, es recomendable colocar una tapa a las mismas, que permita el flujo del combustible cuando la TEA sea activada y obstruya el ingreso de sedimentos cuando ésta se encuentre inactiva.

- Se recomienda instalar luminaria en las cercanías de la caja de control de la TEA, para facilitar la operación del sistema en la noche cuando la iluminación en esta zona es baja.
- Es recomendable cubrir el dique de contención de la TEA con geomembrana con la finalidad de reducir el riesgo de contaminación del suelo por causa de derrame al quemar combustible líquido.
- Para tener el sistema operativo y realiza la quema de gases sin inconvenientes, es recomendable realizar mantenimiento preventivo de cada uno de los componentes eléctricos y mecánicos que conforman el sistema de automatización del quemador y generador frontal de llama.

14. Referencias Bibliográficas

Gilbert W. Castellan, FISICOQUÍMICA, Propiedades empíricas de los gases, Segunda edición (México: 1998). p. 8-28.

Johnson, T.W.; Berwald, W.B.; Flow of Natural Gas Through High-Pressure . Transmission Lines, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, Monograph 6, A Joint Report.

Walker, W.H.; Lewis, W.K.; McAdams, W.H., Principles of Chemical Engineering; 2a Ed., pág. 112, New York, 1927.

Reynolds, Osborne; An Experimental Investigation of the Circumstances; Phil. Trans. Royal Soc. London, vol 174, pág. 935-982, 1883.

Prandtl, L., Essentials of Fluid Dynamics, Hafner Publishing Company, New York, 1952.

DAILY, James W.; HARLEMAN, Donald R.F. fluid dynamics. Dinámica de los Fluidos, México. F. Trillas, S.A., 1969, 511 p.

Robert L. Mott, Mecánica de Fluidos Aplicada, Cuarta Edición, (México 1996), p. 145-189 .

José Emilio López Sopena, Manual de instalaciones de GLP, CEPESA ELF GAS S.A., 2001, p 21-32.

Ecopetrol, <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/el-petroleoysumundo/refinacion3.htm>.

Storch de Gracia J.M., Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Volumen II, Mc Graw Hill, España, 1998, p. 442.

http://www.combustionindustrial.com/img/GLP_pro

pano_o_butano.pdf [En línea]

BIOGRAFÍA



Andrade Terán Galo David, Nació el 17 de Octubre de 1988 en la ciudad de Quito realizó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa Andino donde obtuvo título de bachiller con especialidad Físico Matemáticas, egresó de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control en la ESPE en 2012. Sus áreas de interés son: Automatización y Control Industrial, Domótica, Energías Renovables, PLC's y Robótica



Idrovo Cajas Luis Fernando, Nació el 7 de abril de 1988 en la ciudad de Quito y obtuvo el título de Bachiller Contador en el Colegio Militar N10 Abdón Calderón, egresó de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control en la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2012.