





**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO  
VIDA NUEVA**

**TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE QUEMADOR A GAS  
MEDIANTE UN PLC LOGO SIEMENS V8, PARA EL  
CONTROL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LA  
EMPRESA EDESA S.A.**

**PRESENTADO POR:**

**VALENZUELA MAIGUA MARCO VINICIO**

**TUTOR:**

**ING. MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO MSC**

**NOVIEMBRE 2021**

**QUITO – ECUADOR**

*Handwritten signature of Machay Tisalema Byron Orlando*  
*3 = 2*  
*Aprobado*  
*18-10-2021*

## TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

---

### CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

---

En mi calidad de Tutor del Proyecto: “**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE QUEMADOR A GAS MEDIANTE UN PLC LOGO SIEMENS V8, PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LA EMPRESA EDESA S.A.**” en la ciudad de Quito, presentado por el ciudadano **VALENZUELA MAIGUA MARCO VINICIO** , para optar por el título de **TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de Noviembre del 2021.

---

TUTOR: MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO

C.I.: 0503641391

## TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

---

### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

---

Los miembros del tribunal aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE QUEMADOR A GAS MEDIANTE UN PLC LOGO SIEMENS V8, PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LA EMPRESA EDESA S.A.”** en la ciudad de Quito, del estudiante: **VALENZUELA MAIGUA MARCO VINICIO** de la Carrera en **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**.

Para constancia firman:

---

**ING.**

**DOCENTE ISTVN**

---

**ING.**

**DOCENTE ISTVN**

---

**ING.**

**DOCENTE ISTVN**

## TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

---

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

---

Yo, **VALENZUELA MAIGUA MARCO VINICIO** portador de la cédula de ciudadanía **1724517113**, facultado de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**, autor de esta obra certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido del informe con el tema **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE QUEMADOR A GAS MEDIANTE UN PLC LOGO SIEMENS V8, PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LA EMPRESA EDESA S.A.”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de Noviembre del 2021.

---

VALENZUELA MAIGUA MARCO VINICIO

C.I.: 1724517113

## **DEDICATORIA**

Dedico este Proyecto culminado a Dios,  
por darme la oportunidad de dar un paso  
más a mi vida, a mis padres que gracias  
al apoyo de ellos he seguido adelante, a mi  
esposa que me brindo ánimo de poder concluir  
con mi formación profesional, a mis hijos que  
son el motor de mi vida y por la paciencia  
prestada para culminar con este proyecto  
de aplicación práctica.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por dotarme de salud día a día, a mis padres por todo el apoyo brindado en cada paso que doy a lo largo de mi vida, a mi esposa por su apoyo, ánimo y paciencia incondicional prestada a lo largo de todo este tiempo de estudio.

Agradezco a mis hijos por tener tanta paciencia y comprensión a lo largo de tanto tiempo de dejarlos solos, agradezco a los docentes del Instituto Superior Vida Nueva por los conocimientos brindados que me servirán en toda mi vida personal y laboral.

Finalmente agradezco a los jefes del área de mantenimiento de la Empresa Edesa por su apoyo, tanto laboral como personal y por permitirme realizar este proyecto de aplicación práctica en las instalaciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>	<b>ii</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Antecedentes .....	2
Justificación .....	4
Objetivos .....	5
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
Fuentes de energía.....	6
Gas natural .....	6
Reacción de Combustión .....	7
Tipos de combustión .....	7
Combustión completa: .....	8
Combustión exacta o estequiométrica:.....	8
Combustión incompleta: .....	8
Aire de combustión .....	8
Tipos de llamas .....	8
Las llamas de gases premezclados .....	9
Las llamas de difusión.....	9
Quemador industrial.....	9
Tipos de quemadores de gas .....	10
Quemadores a baja presión: .....	10
Quemadores de alta presión: .....	10

Partes de un quemador industrial .....	10
Tipos de válvulas para gas .....	11
Válvulas ARV .....	11
Válvulas de bola.....	12
Válvulas selladas a presión .....	12
Válvulas de presión y vacío .....	13
Válvulas de mariposa .....	13
Válvulas de globo.....	14
Válvulas de sello de presión.....	14
Válvulas de compuerta.....	15
Filtros .....	15
Reguladores de presión .....	16
Tipos de reguladores de presión.....	17
Válvulas de seguridad .....	17
Tipos de válvulas de seguridad .....	18
Válvulas sencillas:.....	18
Válvulas dobles: .....	18
Válvulas Multiblock:.....	19
Válvulas modulares.....	19
Control PID .....	19
Termocupla PT100.....	20
Controlador de llama.....	20
Sensor de flama.....	21
Tipos de sensores de flama .....	22
Detección por ionización: .....	22
Detección por fotosensibilidad:.....	22
Transformador de bujía de ignición .....	22
Plc Logo V8 .....	23
Módulo de expansión .....	23
Software Logo Soft Comfort V8.....	24
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>25</b>
<b>METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>25</b>

Paradigma y enfoque de la investigación.....	25
Tipo de Investigación.....	25
Nivel de la Investigación.....	26
Diseño muestral.....	26
Variables y definición operacional .....	28
Condiciones actuales del sistema. ....	31
Estado del sistema de quemador. ....	31
Esquema eléctrico del sistema de encendido del quemador. ....	35
Esquema mecánico de los componentes del sistema de quemador.....	36
Conclusión del sistema de quemador actual. ....	36
Diseño eléctrico y selección de materiales del proyecto.....	37
Tablero de control. ....	38
Elementos para los tableros de control.....	39
Selección de tableros para el sistema .....	39
Elementos de accionamientos actuadores. ....	41
SM24-SR Actuador de compuerta 15 Nm .....	41
Actuador giratoria Eclipse T520: .....	42
Equipos de automatización. ....	43
Entradas y salidas del nuevo sistema de control. ....	43
Entradas digitales. ....	43
Salidas digitales.....	44
Selección de módulos para automatización. ....	45
Software de programación. ....	46
Logo Soft Comfort V8.3 .....	46
Implementación del Montaje físico del sistema.....	49
Parte eléctrica .....	49
Parte mecánica .....	52
Montaje de todo el sistema en sitio.....	54
Cableado de tablero.....	55
Revisión del cableado de los tableros eléctricos. ....	56
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>58</b>
<b>PROPUESTA.....</b>	<b>58</b>

Sistema de control propuesto para el quemador. ....	58
Esquema eléctrico del nuevo sistema de control.....	58
Esquema mecánico del nuevo sistema de control. ....	59
Planos. ....	60
Planos de control eléctrico del quemador. ....	62
Planos mecánicos del sistema quemador. ....	69
Descripción del control de temperatura. ....	70
Regulación de gas para la combustión del quemador. ....	72
Control de encendido del quemador. ....	74
Pruebas de funcionamiento. ....	76
<b>Resultados .....</b>	<b>83</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Liberación del precio del gas natural en Ecuador .....	7
<b>Imagen 2.</b> Características de los quemadores industriales .....	9
<b>Imagen 3.</b> Quemador monobloc de combustible líquido .....	11
<b>Imagen 4.</b> Válvula de bola.....	12
<b>Imagen 5.</b> Válvula de mariposa.....	14
<b>Imagen 6.</b> Válvula de compuerta.....	15
<b>Imagen 7.</b> Filtro de paso de gas.....	16
<b>Imagen 8.</b> Válvula reguladora de paso de gas.....	16
<b>Imagen 9.</b> Reguladores de gas.....	17
<b>Imagen 10.</b> Válvula de baja y alta. ....	18
<b>Imagen 11.</b> Válvula modular eclipse T520. ....	19
<b>Imagen 12.</b> Controlador de temperatura TC4W .....	20
<b>Imagen 13.</b> Termocupla PT100 Siemens .....	20
<b>Imagen 14.</b> Controlador de flama eclipse 5602-10-1.....	21

<b>Imagen 15.</b> Sensor de flama IP40QRA2(1)/QRA 2 M(1)/QRA2.9 .....	21
<b>Imagen 16.</b> PLC LOGO V8 230RC. ....	23
<b>Imagen 17.</b> Módulo expansor DM8 230R.....	24
<b>Imagen 18.</b> Software Logo Soft Comfort 8.3.....	24
<b>Imagen 19.</b> Controlador de flama.....	32
<b>Imagen 20.</b> Controlador de llama.....	32
<b>Imagen 21.</b> Controlador de temperaturaTC4W .....	33
<b>Imagen 22.</b> Actuador Sm24 (dámper).....	33
<b>Imagen 23.</b> Blowers.....	34
<b>Imagen 24.</b> Válvula de paso de combustible.....	35
<b>Imagen 25.</b> Diseño de tableros de control .....	39
<b>Imagen 26.</b> Acoplamiento de actuador SM24-SR a compuerta.....	42
<b>Imagen 27.</b> Actuador T520 paso de gas .....	42
<b>Imagen 28.</b> Selección tipo de lenguaje.....	46
<b>Imagen 29.</b> Descripción de entrada y salida del Plc Logo V8 .....	47
<b>Imagen 30.</b> Contactos de normalmente cerrados y abiertos.....	47
<b>Imagen 31.</b> Texto de aviso de fallas.....	48
<b>Imagen 32.</b> Simulación del programa .....	48
<b>Imagen 33.</b> Cargado del programa al Plc Logo V8.....	49
<b>Imagen 34.</b> Placa base del tablero .....	50
<b>Imagen 35.</b> Colocación riel din y canaletas.....	50
<b>Imagen 36.</b> Perforado del tablero principal .....	51
<b>Imagen 37.</b> Montaje de pulsadores y luces piloto .....	51
<b>Imagen 38.</b> Montaje de controlador de flama .....	52
<b>Imagen 39.</b> Roscado de tuberías y neplos .....	53
<b>Imagen 40.</b> Ensamble de componentes del tren de válvulas .....	53
<b>Imagen 41.</b> Montaje del tablero principal .....	54
<b>Imagen 42.</b> Desmontaje del sistema actual .....	54
<b>Imagen 43.</b> Montaje del nuevo tren de válvulas.....	55
<b>Imagen 44.</b> Conexionado del sistema de control.....	56
<b>Imagen 45.</b> Conexionado del tablero controlador de flama .....	56
<b>Imagen 46.</b> Visor de llama .....	59

<b>Imagen 47.</b> Protección bujía ignición.....	60
<b>Imagen 48.</b> Protección en ducto quemador .....	60
<b>Imagen 49.</b> Depósito de agua caliente.....	70
<b>Imagen 50.</b> Relay Camsco 24 VDC .....	71
<b>Imagen 51.</b> Controlador de temperatura Automics TCN4S.....	71
<b>Imagen 52.</b> Arrancador suave Sirius 3RW4037-1BB14 .....	72
<b>Imagen 53.</b> Regulador de alta presión.....	73
<b>Imagen 54.</b> Calibración llama baja.....	73
<b>Imagen 55.</b> Calibración llama alta.....	74
<b>Imagen 56.</b> Controlador eclipse 5602-10-1P.....	74
<b>Imagen 57.</b> Válvula modular eclipse T520 .....	75
<b>Imagen 58.</b> Relay Automation Direct 120 VAC .....	75
<b>Imagen 59.</b> Quemador encendido.....	76
<b>Imagen 60.</b> Presostato de baja presión .....	77
<b>Imagen 61.</b> Contacto de pulsador paro.....	77
<b>Imagen 62.</b> Voltaje 110 VAC Plc Logo V8 .....	78
<b>Imagen 63.</b> Encendiendo tablero de control principal.....	78
<b>Imagen 64.</b> Demasiada llama .....	79
<b>Imagen 65.</b> Levas del actuador T520 .....	79
<b>Imagen 66.</b> Tablero principal encendido.....	80
<b>Imagen 67.</b> Controlador temperatura TCN4S .....	80
<b>Imagen 68.</b> Desconexión de sensor de flama .....	81
<b>Imagen 69.</b> Tablero principal en falla .....	81
<b>Imagen 70.</b> Diferencia entre sistema actual y nuevo.....	83
<b>Imagen 71.</b> Tanque acumulador de gas.....	85
<b>Imagen 72.</b> Producto bueno y malo.....	87
<b>Imagen 73.</b> Moldes de producción .....	88
<b>Imagen 74.</b> Fuga de agua de moldes .....	89
<b>Imagen 75.</b> Llama baja a 0,2 psi.....	89
<b>Imagen 76.</b> Llama alta a 0.8 psi .....	90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Componentes del quemador actual .....	31
<b>Gráfico 2.</b> Esquema actual del sistema de control .....	35
<b>Gráfico 3.</b> Elementos del tren de válvulas.....	36
<b>Gráfico 4.</b> Esquema eléctrico de control .....	38
<b>Gráfico 5.</b> Tablero de control principal.....	40
<b>Gráfico 6.</b> Tablero de control quemador .....	41
<b>Gráfico 7.</b> Componentes del sistema de propuesto .....	58
<b>Gráfico 8.</b> Esquema actual del sistema de control .....	58
<b>Gráfico 9.</b> Elementos del nuevo tren de válvulas.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Población.....	27
<b>Tabla 2.</b> Automatización Del Sistema De Quemador A Gas .....	28
<b>Tabla 3.</b> Control de temperatura del agua en la empresa Edesa S.A.....	29
<b>Tabla 4.</b> Recolección información .....	31
<b>Tabla 5.</b> Tableros para el sistema .....	40
<b>Tabla 6.</b> Entradas digitales .....	44
<b>Tabla 7.</b> Salidas digitales.....	45
<b>Tabla 8.</b> Consumo combustible.....	85
<b>Tabla 9.</b> Reducción tiempo del operador .....	86
<b>Tabla 10.</b> Reducción de producción en mal estado.....	87
<b>Tabla 11.</b> Incremento de producción.....	88

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Relación de combustible .....	7
--	---

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Certificado de proyecto en Edesa S.A.....	97
<b>Anexo 2.</b> Encuesta realizada a operarios .....	98
<b>Anexo 3.</b> Diagrama interno controlador 5602-10-1 .....	99
<b>Anexo 4.</b> Posición levas actuador TP 520 .....	100
<b>Anexo 5.</b> Colocación de canaletas y riel din.....	101
<b>Anexo 6.</b> Colocación de los elementos de accionamiento.....	101
<b>Anexo 7.</b> Montaje del tablero de control principal .....	102
<b>Anexo 8.</b> Desmontaje del sistema actual .....	102
<b>Anexo 9.</b> Montaje tren de válvulas .....	103
<b>Anexo 10.</b> Colocación termocupla PT100 .....	103
<b>Anexo 11.</b> Colocación sensor de llama.....	104
<b>Anexo 12.</b> Pintado de tuberías de gas .....	104
<b>Anexo 13.</b> Conexión de cables arrancador Sirius 3RW4037-1BB14 .....	105
<b>Anexo 14.</b> Montaje relay Camsco 24 VDC .....	105
<b>Anexo 15.</b> Calibrando controlador temperatura TCN4S .....	106
<b>Anexo 16.</b> Cargando programa a Plc Logo Siemens V8 .....	106
<b>Anexo 17.</b> Verificando voltajes tablero controlador llama.....	107
<b>Anexo 18.</b> Verificando fugas de gas .....	107
<b>Anexo 19.</b> Regulando presostato de alta y baja presión .....	108
<b>Anexo 20.</b> Pruebas de funcionamiento .....	108
<b>Anexo 21.</b> Sistema quemador a gas terminado .....	109

## **RESUMEN**

Este presente proyecto tiene la finalidad del estudio de los elementos de seguridad y componentes que necesitan los sistemas de quemadores de gas, para dotar de energía calórica a equipos y maquinarias para la obtención de una buena producción en las industrias que utilizan actualmente este tipo de quemadores a gas.

El principal objetivo general de este proyecto fue Automatizar un sistema de quemador a gas mediante un PLC Logo Siemens V8, para el control de temperatura del agua en la Empresa Edesa S.A. garantizando una temperatura ideal de las máquinas para la obtención de una buena producción.

De acuerdo al manejo de las variables de la investigación, el presente proyecto se define por el enfoque cualitativo, que supone el análisis de datos, su relación con el problema de investigación, de igual manera la investigación realizada correspondiente a este proyecto fue de tipo descriptiva y se utilizó la técnica de la encuesta y observación del proceso, se determinó que la población se centra en el personal lo que ubica a un total de 20 personas, definidas como 16 personas con el cargo de Vaciadores y 4 personas con el cargo de Tineros.

La conclusión final de este proyecto fue tener la capacidad de realizar el encendido, modulación y apagado del sistema de quemador a gas, gracias a la implementación del Plc Logo V8 se obtuvo un sistema estable y seguro, beneficiando a la empresa en la disminución de costos por consumo de combustible, de igual manera se obtuvo una reducción del tiempo del personal de mantenimiento.

### **PALABRAS CLAVE:**

Plc Logo V8

Energía térmica

Gas natural

Quemador automatizado.

## ABSTRACT

The purpose of this project is to study the safety elements and components required by gas burner systems to provide heat energy to equipment and machinery to obtain a good production in the industries that currently use this type of gas burners.

The main general objective of this project was to automate a gas burner system by means of a Logo Siemens V8 PLC, to control the water temperature in the company Edesa S.A. guaranteeing an ideal temperature of the machines to obtain a good production.

According to the management of the research variables, this project is defined by the qualitative approach, which involves the analysis of data, its relationship with the research problem, likewise the research conducted for this project was descriptive and used the technique of the survey and observation of the process, it was determined that the population focuses on the staff which places a total of 20 people, defined as 16 people with the position of Emptyers and 4 people with the position of Tineros.

The final conclusion of this project was to have the ability to perform the ignition, modulation and shutdown of the gas burner system, thanks to the implementation of the Plc Logo V8 a stable and safe system was obtained, benefiting the company in the reduction of fuel consumption costs, likewise a reduction of maintenance personnel time was obtained.

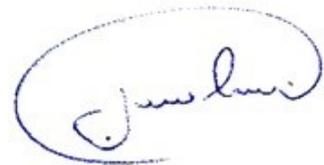
### KEYWORDS:

Plc Logo V8

Thermal energy

Natural gas

Automated burner.



Lic. Jorge Luis Gavilanez

0985184054

1716907298

**Aprobado**

## INTRODUCCIÓN

En la industria a nivel mundial se puede observar, que con el paso del tiempo éstas se encuentran en constante crecimiento, y todo esto conlleva a la necesidad de automatizar los procesos para mejorar su producción. La mayor parte de las industrias utilizan la energía térmica para desarrollar sus actividades productivas, con la implementación de los diferentes combustibles fósiles los que se han convertido en fuente principal de energía.

Todas las industrias están consumiendo estos combustibles de forma acelerada ocasionando que se agoten a corto plazo, los principales consumidores de estos combustibles son las calderas y quemadores a gas que son elementos importantes en la mayor parte de industrias a nivel mundial. Gracias a estas calderas y quemadores se puede elevar la temperatura del agua y en algunas circunstancias a la generación de vapor, para seguidamente ser utilizado como fuente de energía en varias actividades industriales y poder proveer de calor o vapor diferentes procesos de producción.

Se puede manifestar que en la actualidad el área de vaciado gama de la empresa Edesa S.A se realiza la actividad de producción de piezas sanitarias, para las cuales se utiliza agua caliente a una temperatura ideal en todas las máquinas para una adecuada producción, esta área dispone de un quemador a gas que ayuda a alcanzar la temperatura deseada del agua, si la temperatura no es la ideal la producción sale en mal estado. Ocasionando perdidas de producción y desperdicio del combustible gas natural, actualmente este quemador no cuenta con un sistema automatizado por lo cual hay que encender, apagar y regular la llama del quemador de manera manual para lograr alzar o bajar la temperatura del agua.

Por todas estas falencias ocasionan problemas en la temperatura del agua lo cual requieren de un accionamiento manual y monitoreo continuo para esto es obligatorio disponer de un operador para que realice de manera periódica el monitoreo y accionamiento del quemador a gas.

## **Antecedentes**

Con la aparición del gas natural y el crecimiento industrial se vio en la necesidad de buscar nuevas alternativas de implementación de gas natural a las calderas y quemadores que ayudan a la generación de movimientos de maquinarias y producción de calor.

Ecuador, posee reservas de gas libre en el Golfo de Guayaquil (Campo Amistad) y por otro lado, de gas asociado a la producción de petróleo en el Oriente ecuatoriano, donde buena parte del gas que se produce en la actualidad es venteado. Con respecto al gas asociado, desde el año 2015 se comenzó a reducir el venteo/flaring de gas natural asociado en el oriente ecuatoriano. Dicho gas se utiliza para sustituir el consumo de diésel oíl en la generación de electricidad destinada a la operación de los campos petroleros. (Di Sbroiavacca, 2019).

A causa de la problemática que tiene la Empresa Laive del requerimiento de vapor para realizar sus diferentes procesos de producción, por lo que necesita la adquisición de calderas Piro tubulares que cumplan con un sistema de automatización y control de los quemadores, lo cual debido a aspectos económicos de importar se ve en la necesidad de la implementación e instalación de un sistema de módulo Siemens a Honeywell a la caldera de 400 bhp.

Según manifiesta (PERALES, 2019) se reemplazó el sistema de control original del quemador (Siemens) por Honeywell, esto luego de validar la compatibilidad de las características de uno y otro durante las etapas de funcionamiento del caldero. Así mismo se redujo el costo de inversión de la empresa, esto gracias a que se pudo aprovechar en reutilizar partes del quemador y del sistema de regulación de aire-gas natural.

Algunos procesos que contienen flujo de gas realizan la apertura y cierre del paso de gas mediante válvulas de paso tipo mariposas e incluso de estrangulación, con todo el avance de la industria ha ido creciendo la automatización prefiriendo utilizar electroválvulas que tienen mayor control y fiabilidad en cualquier proceso.

Existen equipos y maquinarias que funcionan con materia prima que es el (GLP) para permitir el paso del combustible tienen válvulas manuales que son accionados por operarios, estas válvulas no realizan un control preciso además de pérdida de tiempo por ir calibrando la proporción de combustible a utilizarse.

(BOLAÑOS, 2019) menciona que las mejores válvulas que son para trabajos de estrangulación o regulación de gases son las de tipo aguja y de diafragma, sin embargo, por facilidad de adquisición, costos y tamaño la válvula de aguja presta una destreza que cumple con altos niveles de operación, misma que se escogió porque permite una excelente regulación del GLP.

## **Justificación**

A causa de la problemática del accionamiento del “Quemador a gas” de manera manual, por cuestiones de seguridad del sistema y del operador encargado de su accionamiento, la empresa Edesa S.A se ve en la necesidad de llevar a cabo la automatización de todo el sistema de quemador a gas del área de vaciado gama.

La importancia de automatizar el sistema de quemador a gas que cuenta actualmente la empresa, establece el hecho de acatar estándares de seguridad industrial y al gran ahorro en consumo de combustible que se utiliza como es el gas natural “GLN”.

Actualmente para el control del quemador es necesario contar con la presencia humana para la manipulación de válvulas y revisión del quemador, para esta actividad está encargada el personal de mantenimiento eléctrico el cual debe revisar periódicamente el estado del quemador, de igual manera apagar o encender el quemador los fines de semana ya que en esos días no trabaja el área, por ende se necesita la implementación de un sistema de control automático del quemador para mejorar el proceso de producción y optimizar los recursos de la empresa como es el gas natural (GLN).

Con la implementación de este proyecto se obtendrá un sistema estable y seguro, beneficiando a la empresa en la disminución de costos por consumo de combustible y de igual manera obteniendo reducción del tiempo del personal de mantenimiento en dichas acciones y beneficiando al operador por producir piezas en buen estado llegando a obtener un incremento en su incentivo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Automatizar un sistema de quemador a gas mediante un PLC Logo Siemens V8, para el control de temperatura del agua en la Empresa Edesa S.A.

### **Objetivos Específicos**

- Investigar el funcionamiento de los trenes de válvulas de seguridad y componentes de los quemadores a gas.
- Programar en el software Logo Soft Comfort V8.3 la secuencia de encendido, apagado y modulación para el control automático del sistema.
- Instalar el tablero de control automático y el tren de válvulas de seguridad al sistema de quemador.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### Fuentes de energía

La cuantificación de la energía desde el punto de vista estadístico, se calcula considerando las fuentes de las cuales se extrae con las siguientes distinciones:

- Fuentes combustibles, como sólidos, líquidos y gases, que se pueden medir mediante unidades físicas de masa o de volumen; o en unidades energéticas, de acuerdo a su capacidad de producir calor por combustión (poder calorífico).
- Fuentes no combustibles, como la solar, geotermia, hidroenergía y energía eólica, las cuales se medirán solamente en unidades energéticas de acuerdo a su capacidad de generar electricidad y calor. Por otro lado, existen además fuentes de energía que por su proceso o forma de obtención se clasifican en primaria o secundaria (AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA, 2017, pág. 20)

### Gas natural

Con una percepción empírica se puede denominar al gas natural al conjunto de gaseosos formados principalmente por el metano, proporción superior al 70 %, que se obtiene en la naturaleza en los campos petrolíferos acompañando al crudo del petróleo (gas natural asociado) o acompañado únicamente por pequeñas cantidades de otros hidrocarburos o gases (gas natural no asociado) (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018)

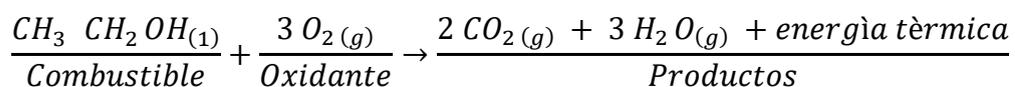


**Imagen 1.** Liberación del precio del gas natural en Ecuador  
**Fuente:** (Latina, 2019).

## Reacción de Combustión

La reacción de combustión, nombre usual de las reacciones de oxidación de compuestos químicos con el oxígeno del aire, es el principal agente de los procesos térmicos, donde tanto la cinética cuanto el grado de mezcla del combustible y oxidante influyen en el comportamiento de la llama.

La fórmula siguiente determina la reacción de combustión que libera una gran cantidad de energía en forma de calor (energía térmica) que, consecuentemente, lleva a una expansión de los gases (gas carbónico y vapor de agua) creando efectos como el empuje. Estos efectos son aprovechados de formas diferentes para diferentes tipos de equipos. (Faria, 2016)



**Ecuación 1.** Relación de combustible  
**Fuente:** (Faria, 2016).

## Tipos de combustión

Existen diferentes tipos de combustión en la cual la Empresa Naturgy detalla que se pueden encontrar las siguientes:

### **Combustión completa:**

Se produce la oxidación de todo el combustible. Para esto es necesario que intervengan las cantidades necesarias de comburente y de aire seco.

### **Combustión exacta o estequiométrica:**

Se produce con la combustión completa pero realizada también con la cantidad exacta de oxígeno para oxidar totalmente el combustible.

Como la reacción consume completamente el combustible y el oxígeno, los gases que se producen no contienen ya estas sustancias.

### **Combustión incompleta:**

Tiene lugar una combustión incompleta cuando no se oxidan todos los componentes del combustible. Normalmente esto suele producirse por falta de comburente. Se dan durante el proceso restos de distintas sustancias denominadas inquemados entre los que destaca por su peligrosidad el monóxido de carbono, también llamado CO (NATURGY, 2017)

### **Aire de combustión**

El exceso de aire en los gases de combustión puede medirse fácilmente al monitorear el contenido presente en la chimenea con un analizador de oxígeno convencional y para una medición más completa puede incluirse CO.

La revisión periódica de la calibración en quemadores es una de las formas más simples de reducir el consumo de energía en hornos y asegurar un proceso optimizado (NUTEC BICKLEY, 2019).

### **Tipos de llamas**

La llama es la reacción que forma parte de la combustión. El funcionamiento de este elemento se puede detectar mediante sensores de flama. Pero, para determinar la llama es necesario conocer los tipos. Entre ellos, la clasificación parte del tipo de mezcla de los reactivos, por el tipo de flujo, por su posición relativa a

las paredes (anclada, libre), por el tipo de combustible, por la granulometría del combustible condensado, entre otros. De las posibilidades de tipos de llama podemos hablar de dos:

### **Las llamas de gases premezclados**

La combustión es más intensa y eficiente que en las de difusión porque consigue más potencia térmica y genera menos contaminantes. El color de la llama suele ser azulado. La velocidad de la llama varía mucho con la composición.

### **Las llamas de difusión**

Estas llamas no presentan características propias como velocidad de propagación, espesor de llama o límites de ignición. El rango de velocidades en que puede arder es mucho más extenso y son de un color amarillento. Son mucho más voluminosas para una misma potencia térmica. Además, son más seguras al no formarse mezcla reactiva hasta la salida del inyector. (Thermal Combustion , 2020).

### **Quemador industrial**

El quemador es el elemento que permite realizar la reacción de combustión entre el combustible y el comburente de manera controlada y regulable. Es decir, asegurar la aportación adecuada de ambos para conseguir la potencia calórica especificada y distribuir la zona de reacción (llama) y la circulación de los productos de combustión de modo que el calor producido se transfiera a la carga de manera eficiente (Gil & Cadavid, 1999).



**Imagen 2.** Características de los quemadores industriales  
**Fuente:** (Naturgy, 2016).

## **Tipos de quemadores de gas**

Según manifiesta la empresa Thermal Combustión que la mayoría de las industrias actualmente comenzaron a sustituirse los combustibles líquidos por gas natural, por lo cual existen dos tipos de quemadores a gas:

### **Quemadores a baja presión:**

Operan entre los 2.5 y los 10 milibares. Es un dispositivo tipo venturi simple. Se le introduce el gas en la zona de la garganta, mientras que el aire para la combustión es succionado desde la parte posterior. Su capacidad es de 1 mega watt.

### **Quemadores de alta presión:**

Operan a presiones mayores, normalmente entre los 12 y 175 milibares y pueden incluir varias tuberías para producir una forma particular de flama. (Thermal Combustion , 2018).

## **Partes de un quemador industrial**

Un quemador industrial está compuesto por varias partes que son muy importantes para poder realizar la combustión, la Empresa Calderas Industriales manifiesta que son las siguientes:

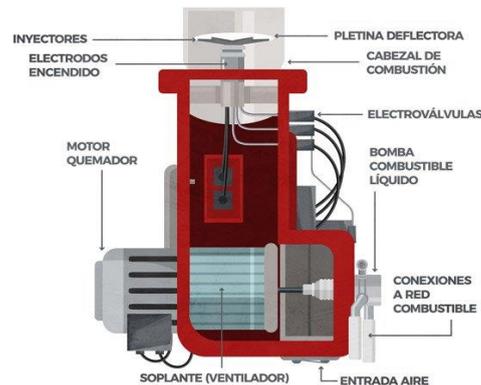
Un ventilador de tipo centrífugo que proporciona el aire necesario para la combustión, aspira el aire por el centro y lo expulsa por la periferia. Alojado en la envolvente del quemador y acoplado al eje del motor, su velocidad de giro suele ser de 2800 r.p.m.

Uno de los elementos más importantes de las partes de un quemador mecánico es un sistema de ignición compuesto por un transformador de alta tensión y uno o dos electrodos de encendido. Algunos quemadores disponen de un piloto de encendido (Sanchis, 2016).

Dentro de las partes de un quemador mecánico es importante señalar la existencia de un sistema automático de maniobra que controla los dispositivos de encendido y Seguridad y regula los caudales de aire y de gas, en función de la

demanda térmica, manteniendo su proporcionalidad, ya sea de forma modulante (a pequeños intervalos), por etapas de potencia (en general dos o tres) o todo – nada.

Unos presostatos de seguridad que bloquean el funcionamiento del quemador en caso de falta de presión de aire o exceso o defecto de presión de gas dentro de las partes de un quemador mecánico (Sanchis, 2016).



**Imagen 3.** Quemador monobloc de combustible líquido  
**Fuente:** (Pirobloc, s.f.).

### **Tipos de válvulas para gas**

En el mundo industrial existe una gran cantidad de variedades de válvulas, dependiendo de la aplicación a la que vaya a operar, según el tipo y espesor de fluido que regule, la presión a la que trabaje, el tamaño y lugar de instalación entre otros parámetros más (Barragán, 2016).

#### **Válvulas ARV**

ARV son acrónimos para “Automatic Recirculation Valve” (Válvula de Recirculación Automática), estas válvulas son multifuncionales, pero tienen el propósito principal de garantizar que un mínimo flujo predeterminado sea asegurado a través de la bomba centrífuga en todo momento. Debido a que las bombas centrífugas sufren constantemente de sobrecalentamiento, es importante mantener el flujo al mínimo, sino las válvulas secas se convertirán en un daño permanente. (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

## Válvulas de bola

Esta es una válvula de movimiento giratorio de cuarto de vuelta que usa un disco en forma de bola para controlar el flujo. Si se abre la válvula, los orificios de la bola se mantienen en línea con el cuerpo de aspiración, permitiendo pasar al contenido.

Las bolas generalmente están hechas de varios materiales metálicos, mientras que los asientos están hechos de materiales blandos como el teflón. La combinación de materiales significa que la válvula de bola puede operar a temperaturas tan bajas como  $-200^{\circ}\text{C}$  y tan altas como  $500^{\circ}\text{C}$ .

Estas válvulas de bola se utilizan principalmente para aire, gases y líquidos, las válvulas de bola se activan y desactivan de forma rápida y tiene un sellado hermético con un torque bajo (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).



**Imagen 4.** Válvula de bola  
**Fuente:** (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

## Válvulas selladas a presión

Hay dos tipos principales de fuelle, el forjado y las versiones soldadas. Por lo general, los fuelles forjados están hechos de una delgada pared de papel de aluminio en un tubo que luego son soldados por fusión de forma longitudinal.

Las versiones soldadas se fabrican soldando placas de metal delgado en forma de arandela juntas en la circunferencia interior y exterior de las arandelas.

Tradicionalmente hechos de acero inoxidable, se usan comúnmente junto con diseños de compuerta o globo, debido a su construcción interna y movimiento axial de vástago de la válvula (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

## **Válvulas de presión y vacío**

También conocidas como válvulas de alivio de vacío, las válvulas de respiración son un tipo especial de válvula de alivio diseñadas para la protección de tanques. Estas evitan la acumulación de excesiva presión o vacío que pueden desequilibrar el sistema o dañar el recipiente de almacenamiento.

Por lo general, los niveles de protección de presión y vacío se controlan con paletas ponderadas y se pueden combinar para cumplir con las configuraciones requeridas. Esta válvula debe usarse de acuerdo con el estándar API 2000 del American Petroleum Institute para ventilar tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

## **Válvulas de mariposa**

Una válvula de movimiento giratorio de un cuarto de vuelta, las válvulas de mariposa se utilizan para detener, iniciar y regular el flujo. Fácil y rápida de abrir, la válvula por lo general viene equipada con una caja de engranajes donde el volante está conectado al vástago (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

Esto simplifica el funcionamiento de la válvula, pero a expensas de la velocidad. Estas también deben instalarse a un mínimo de 6 diámetros de distancia de la tubería de otros elementos.

Además de ser livianas y rápidas de usar, las válvulas de mariposa están disponibles en tamaños grandes y pueden soportar caídas de baja presión y recuperación de alta presión (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).



**Imagen 5.** Válvula de mariposa  
**Fuente:** (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

### **Válvulas de globo**

Normalmente utilizada para sistemas de agua de refrigeración, transporte de fuelóleo y sistemas de aceite lubricante de turbina, una válvula de globo es una de movimiento lineal utilizada para detener, iniciar y regular el flujo.

De manera convencional, se utiliza para servicios de aislamiento y aceleración, esta se ha convertido en el tipo de válvula más común alrededor del mundo. Con una buena capacidad de apagado, disponible en diferentes patrones y una facilidad para mecanizar los asientos de válvula, está claro por qué son tan populares.

Las pequeñas desventajas la válvula de globo son que funcionan desfavorablemente cuando cae la alta presión, y requieren una mayor fuerza estrangulación debajo del asiento para cerrar la válvula (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

### **Válvulas de sello de presión**

Por lo general, cuando se trabaja en plantas de generación de energía, que usan como fuente carbón o materiales fósiles, se necesitan válvulas de Sello a Presión (Pressure Seal). La característica única del “bonete” del sello a presión es que las uniones del cuerpo de estos mejoran conforme la presión interna aumenta (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

También debe tenerse en cuenta que estas válvulas también vienen cuando un bonete atornillado para sellar la válvula y la junta del sello de presión (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

### **Válvulas de compuerta**

Las válvulas de compuerta están diseñadas principalmente para iniciar o detener un flujo cuando se necesita uno de fluido en línea recta y restricción de flujo mínimo. Al momento de utilizarlas, estas se mantienen prácticamente abiertas o totalmente cerradas.

Cuando se abren, el disco de la compuerta se elimina por completo para permitir que el contenido pase. Aunque esto proporciona a la válvula buenas propiedades de cierre y es bidireccional, no pueden abrirse o cerrarse rápidamente y son sensibles a las vibraciones cuando están abiertas (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).



**Imagen 6.** Válvula de compuerta.  
**Fuente:** (ZURICH - PERÚ VALVES, 2018).

### **Filtros**

El filtro tiene por objeto retener el polvo, agua, aceite o impurezas de arrastre transportadas por el gas en las tuberías, de forma que no solo retenga las partículas más pequeñas, sino que lo haga provocando una pérdida de carga aceptable. El filtro se coloca a la entrada de la estación receptora y antes de los reguladores. es uno de los elementos básicos de la instalación, que evita el depósito de polvo o impurezas en los asientos de las válvulas, en los obturadores de los reguladores y también en los inyectores de los aparatos de utilización (Brucart, 1987).



**Imagen 7.** Filtro de paso de gas  
**Fuente:** Propia.

### **Reguladores de presión**

Los reguladores de presión son aparatos que reducen la presión de gas  $P$  a la entrada del aparato, a una presión  $P$  inferior a la salida del mismo. Ello es debido a la pérdida de carga creada por la corriente gaseosa, al hacerla pasar por un orificio de sección  $S$  inferior a la del paso de gas a la entrada y salida del aparato. (Brucart, 1987)



**Imagen 8.** Válvula reguladora de paso de gas  
**Fuente:** Propia.

## **Tipos de reguladores de presión**

Dependiendo el tipo de gas a utilizarse existen reguladores de dos tipos según manifiesta la autora Ana Cristina Wong que son los reguladores para Gas Natural y Gas LP.

En el caso de gas natural, debes buscar un regulador de gas de 22 mbar (milibares), y para gas LP uno de 38 mbar.

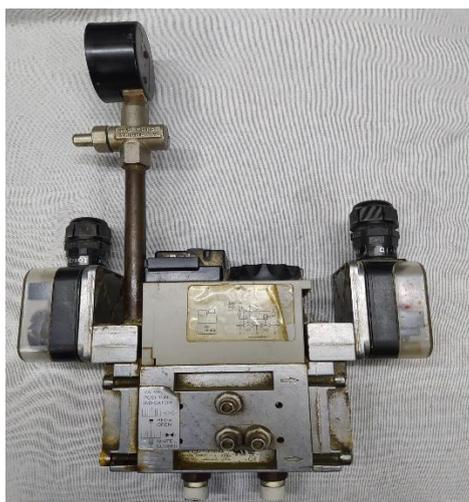
Si el regulador de gas se utilizará en cilindros, se recomienda instalar uno de baja presión (gasto de 8 metros cúbicos por hora) pero, si el regulador de gas se utilizará en tanques estacionarios, se recomienda instalar uno de alta presión (gasto cúbico de 21 metros cúbicos por hora) (Wong, 2017)



**Imagen 9.** Reguladores de gas  
**Fuente:** (Wong, 2017).

## **Válvulas de seguridad**

Son válvulas interceptoras automáticas, de rearme manual, de máxima y mínima presión a la salida del regulador, situadas antes de este, y que garantizan el cierre en caso de sobrepresión o de presión insuficiente. Un obturador, accionado por un brazo a través de un mecanismo de contrapeso, cierra el paso de gas cuando la presión en la cámara del piloto del regulador, tarado para presión máxima y mínima, alcanza dichos valores (Brucart, 1987).



**Imagen 10.** Válvula de baja y alta.  
**Fuente:** Propia.

### **Tipos de válvulas de seguridad**

Existen varios tipos de válvulas de seguridad dependiendo cada tipo de sistema de quemador que se esté utilizando en base a la utilización manifiesta la Empresa Thermal Combustion que existen a grandes rasgos tres tipos de válvulas, las cuales serán descritas brevemente, a continuación:

#### **Válvulas sencillas:**

Se compone de una válvula y un solenoide que abre la válvula, además del resorte para el cierre de la misma de seguridad. Existen varios tipos y dependiendo del código en estas válvulas se pueden modificar, flujo y tiempo de apertura. Al modificar el flujo que pasa por la válvula también se modifica la caída de presión que esta le produce al gas.

#### **Válvulas dobles:**

Como su nombre lo indica, se componen de dos válvulas sencillas unidas en una sola carcasa o cuerpo. Cada una tiene su solenoide y su resorte para el cierre de seguridad. En estas válvulas también se pueden modificar las variables de flujo de gas y tiempo de apertura, dependiendo del modelo.

### **Válvulas Multiblock:**

Las válvulas Multiblock, son productos de Dungs en México, que combinan tres componentes, dos válvulas sencillas y un regulador de presión de baja a baja, o gobernador a cero. Cada válvula cuenta con su solenoide y su resorte para cierre de seguridad. En estas válvulas además de la posibilidad de modificar flujo y tiempo de apertura, también se puede modificar la presión de salida. (Thermal Combustion, 2020).

### **Válvulas modulares**

“Este servomotor, abre o cierra la compuerta de aire y la válvula mariposa de gas. Estrangulando el flujo del combustible y el comburente, modifica la capacidad calorífica del quemador. Esta modificación la realiza de acuerdo con la necesidad de calor del sistema” (Thermal Combustion , 2020).



**Imagen 11.** Válvula modular eclipse T520.  
**Fuente:** Propia.

### **Control PID**

El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además, el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso (Moreno, 2021).



**Imagen 12.** Controlador de temperatura TC4W  
**Fuente:** Propia.

### **Termocupla PT100**

Es un sensor termo-resistivo (o “RTD”, del inglés “Resistance Temperature Detector”), es decir, que genera resistencia eléctrica cuando es sometido a temperatura. Físicamente, es una bobina de alambre muy pequeña, la cual tiene como núcleo vidrio o cerámica; el alambre está hecho de platino, el que al ser sometido a 0°C emite una resistencia eléctrica de 100 ohms (de allí su nombre: PT, de platino, y 100, por los ohms que emite a 0°C). En la medida que aumentamos la temperatura, incrementa también la resistencia eléctrica producida por el alambre de platino (ELECTRO INDUSTRIA , 2018).



**Imagen 13.** Termocupla PT100 Siemens  
**Fuente:** Propia.

### **Controlador de llama**

El control de flama Siemens, funciona por medio de un sensor. Este puede detectar una corriente generada a través de la flama al origen. El fuego tiene una pequeña medida de corriente que se mide con amperes. Esta señal indica al

procesador que hay una flama ubicada en el piloto. Así, la válvula de gas se abre. Si hay algún problema, por ejemplo, que haya una interferencia de frecuencias, el sistema se cierra automáticamente. Otro problema puede ser que el piloto solenoide se atore. Al cerrar el sistema, este no trabajara hasta que se resuelva el problema (Thermal Combustion, 2019).



**Imagen 14.** Controlador de flama eclipse 5602-10-1.  
**Fuente:** Propia.

### Sensor de flama

“Son elementos de control que se encargan de monitorear la llama de un quemador durante su proceso de funcionamiento. Estos sensores reciben señales eléctricas y reparten corriente a los otros controles dentro del quemador que cumple su trabajo en procesos de ignición” (Thermal Combustion , 2018).



**Imagen 15.** Sensor de flama IP40QRA2(1)/QRA 2 M(1)/QRA2.9  
**Fuente:** (Thermal Combustion , 2018).

## **Tipos de sensores de flama**

La detección de la señal de flama es muy importante para la seguridad del quemador, según manifiesta la Empresa Thermal Combustion:

Existen dos tipos de sensores de flama en el mercado de los quemadores a nivel mundial. De estos dos tipos se derivan muchas clases y tipos adicionales, sin embargo, en el principio de funcionamiento se dividen en dos clases:

### **Detección por ionización:**

El primer tipo se basa en un principio del electromagnetismo, la ionización, cuando el quemador enciende, el calor que, y la flama entran en contacto con la varilla de detección por ionización, en el material de la varilla, ocurre dicho fenómeno, en el cual los átomos se reordenan en una sola dirección determinada por la forma de la varilla.

### **Detección por fotosensibilidad:**

El segundo tipo de detección se basa en la óptica para su funcionamiento. Dependiendo del combustible, la flama de un quemador puede emitir diferentes ondas en el espectro electromagnético. El control contra falla de flama le envía una señal al detector fotosensible y este, en presencia de flama devuelve una señal diferente, indicando, de acuerdo con su intensidad, el estado de la flama y de la combustión que está realizando el quemador. (Thermal Combustion, 2020).

### **Transformador de bujía de ignición**

Indicados para el encendido de quemadores de gas de cualquier talla o quemadores de gasóleo hasta talla media. Se fabrican con una o dos salidas de alta tensión. Los transformadores de dos salidas, son empleados generalmente en quemadores de gasóleo. El arco debe saltar entre dos electrodos de ignición. (Construmàtica, 2020).

## Plc Logo V8

El PLC siemens logo es el autómatas más pequeño que fabrican, diseñado y utilizado para realizar automatizaciones domesticas o pequeñas aplicaciones industriales, lo que hace muy económico para su compra, pero, aunque parezca pequeño, posee grandes características en cuanto a hardware y software, en el uso de las entradas y salidas; posee módulos de expansión que permiten ampliar sus conexiones y el lenguaje que usa que es 100% gráfico y muy fácil de aprender (Alzate, 2017).



**Imagen 16.** PLC LOGO V8 230RC.  
**Fuente:** Propia.

## Módulo de expansión

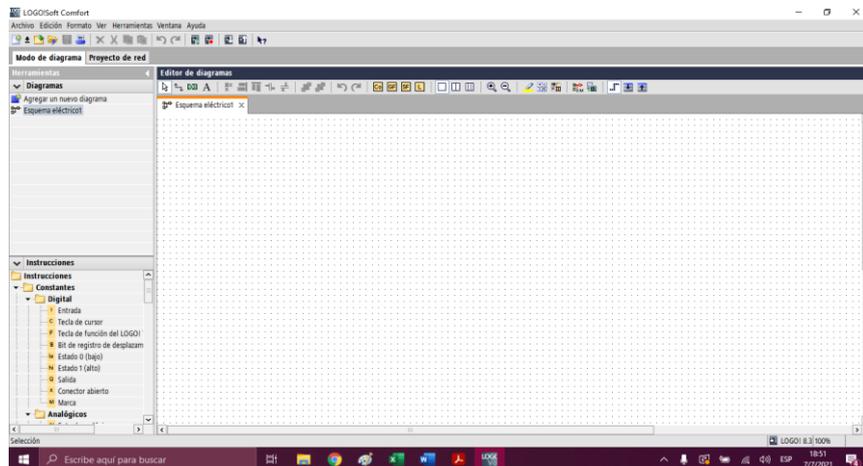
Los módulos de expansión permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, cuando la capacidad de este no cumple con los requerimientos de una aplicación de automatización (Logicbus, 2021)



**Imagen 17.** Módulo expansor DM8 230R.  
**Fuente:** Propia.

## Software Logo Soft Comfort V8

El Logo Soft Comfort es un entorno de desarrollo para los micro PLCs LOGO siemens, el PLC LOGO Se puede programar directamente desde el display o a través de un software de manera más conveniente. ¡Con esta versión de LOGO Soft Comfort, puede familiarizarse fácilmente con LOGO! y su entorno de programación. Podrás crear, simular, ¡archivar e imprimir los programas de circuitos a través de un PC para todos tus dispositivos LOGO! (Electroclub Didactic, 2020).



**Imagen 18.** Software Logo Soft Comfort 8.3.  
**Fuente:** Propia.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

#### **Paradigma y enfoque de la investigación**

De acuerdo al manejo de las variables de la investigación, el presente trabajo se define por el enfoque cualitativo, que supone el análisis de datos su relación con el problema de investigación y las variables de estudio, de la misma forma, se ha establecido el enfoque de la investigación cualitativa, basado en la búsqueda de la identificación de factores o atributos que definan la necesidad de la aplicación del modelo de automatización en el lugar objeto de estudio, de la misma forma se menciona el tipo de estudio transversal, ya que se establece su aplicación en un tiempo y lugar definido para el presente estudio.

El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados (Hernández Sampieri, 2018, pág. 358)

La información que se centra en las características puntuales de los métodos de trabajo y condiciones con referencia a los calderos, y su temperatura para las áreas de trabajo es esencial para los resultados de la investigación y la aplicación de la automatización de los quemadores a gas que funcionan como herramientas y equipos dentro del proceso de producción.

#### **Tipo de Investigación**

El tipo de investigación será de tipo experimental por cuanto se apoyará en información existente, que servirá para el levantamiento de los procesos actuales, y la formulación posterior de la mejora propuesta en el área del sistema de quemador a gas mediante un PLC Logo Siemens V8, para el control de temperatura del agua en la Empresa Edesa S.A, donde se determinará la necesidad de la automatización, a través de los criterios de quienes trabajan en esa área, lo cual se pondrá en un análisis cualitativo posterior a la toma de información de fuentes primarias, lo que

orientará la programación del nuevo sistema de acuerdo a las necesidades del departamento y los operarios que están implícitos dentro del proceso.

Los datos se compararán con la fundamentación teoría que ha definido los principales componentes de un sistema de automatización para el control de temperatura y su adecuado funcionamiento, establecen la viabilidad de la opción de mejora.

### **Nivel de la Investigación**

En este contexto se deberá definir el alcance de las máquinas de requeridas dentro del proceso de producción de EDESA S. A., lo cual identificará la manera técnica de la aplicación de los procesos de automatización para el control de la temperatura, una actividad que influirá de manera significativa en la gestión operativa de la empresa.

### **Diseño muestral**

#### **Población**

Para el presente estudio se ha determinado que la población objeto de estudio se ha centrado en el personal que trabaja en el área de vaciado de gama, lo que ubica a un total de 20 personas, definidas como 16 personas con el cargo de Vaciadores y 4 personas con el cargo de Tineros.

**Tabla 1.** Población

<b>UNIDAD DE OBSERVACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
VACIADORES	16	80%
TINEROS	4	20%
TOTAL	20	100%

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua.

**Fuente:** Empresa Edesa S.A.

Para el estudio que se propone, no se va a aplicar el cálculo de la muestra, debido a que la población objeto de estudio es muy limitada, y se aplicará el instrumento de la investigación a todos los elementos de la población, lo que define que no se aplica tampoco un tipo de muestreo específico.

## Variables y definición operacional

**Variable Dependiente:**

**Tabla 2.** Automatización Del Sistema De Quemador A Gas

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems Básicos	Fuente	Técnicas e Instrumentos
La automatización flexible permite realizar programaciones de forma fácil y segura, garantizando una reacción rápida en las acciones de control	Alimentación y distribución	1. Combustible	1. ¿Usted ha leído sobre la automatización?	Operadores del área	Encuesta
		2. Presión de GLN	2. ¿En su entorno manejan automatizaciones diversas?		Observación
		3. Diseño del sistema	3. ¿Se ha capacitado en el uso de herramientas de automatización?		
		4. Equipos e instrumentación	4. ¿Emplea algún software específico para el controlador?		
		5. Control del Sistema			

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Empresa Edesa S.A.

**Variable Independiente:**

**Tabla 3.** Control de temperatura del agua en la empresa Edesa S.A.

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems Básicos	Fuente	Técnicas e Instrumentos
Para obtener la energía térmica de la caldera de forma eficiente, segura y confiable con el menor impacto al medio ambiente se requiere controlar una serie de variables (Presiones, temperaturas, flujos)	Automatización	1. Diseño	1. ¿Cuáles son las actividades dentro del proceso de producción que requieren agua caliente?	Operadores del área	Encuesta
	Programación	2. Implementación			2. ¿Cómo controlan la temperatura del agua para su uso?
		3. Software	3. ¿Cuáles son los beneficios de un controlador de temperatura?		
		4. Programación			

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Empresa Edesa S.A.

## **Técnicas de recolección de datos**

### **Técnicas e Instrumentos**

Se utiliza la técnica de la encuesta y observación del proceso ya que con estos dos instrumentos son de mucha ayuda porque se puede definir de mejor manera los problemas que se tiene en el área. Con estos instrumentos que son el registro de observación y la encuesta dirigida a los operadores de máquinas de la Empresa Edesa S.A. La guía de encuesta será aplicada a manera de preguntas concisas teniendo como respuesta un sí o no y mediante la técnica de observación se puede definir qué aspectos nomas se puede utilizar para la mejora del proceso productivo.

### **Validez y confiabilidad**

El instrumento de la investigación, en este caso será la encuesta, que se aplicará previo la revisión y aprobación de los responsables del área, así como del catedrático corresponsable de la investigación.

### **Plan para la recolección de la información**

El plan en la investigación corresponde a la manera de obtener la información, para ello se aplicarán varias interrogantes previas, delimitando la aplicación del instrumento dentro de las instalaciones de EDESA S.A., que se lo determina de la siguiente forma:

**Tabla 4.** Recolección información

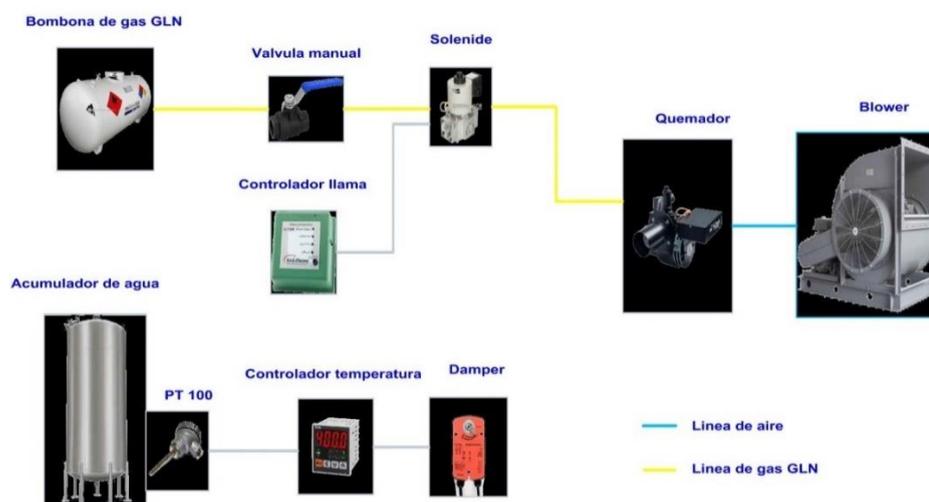
<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
¿Para qué?	Para determinar el uso de calentadores de agua en los procesos.
¿De qué personas?	Personal operativo del área.
¿Sobre qué aspectos?	Uso y aplicación controladores automáticos de temperatura y flujo.
¿Quiénes?	Investigador
¿Cuándo?	Julio – Diciembre 2021
¿Dónde?	EDESA S.A.
¿Cuántas veces?	Una vez
¿Qué técnicas de recolección?	Encuesta
¿Con qué?	Encuesta
¿En qué situación?	Normal

**Elaborador por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Empresa Edesa S.A.

### Condiciones actuales del sistema.

#### Estado del sistema de quemador.



**Gráfico 1.** Componentes del quemador actual

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia.

Este sistema está compuesto por un tablero de control, el cual conlleva un controlador de flama de marca Eclipse, que se encarga de controlar el encendido del quemador de manera segura, ya que este actúa sobre los dispositivos que

conforman el tren de válvulas como, por ejemplo: la válvula solenoide de paso de gas y el transformador para la chispa de encendido.



**Imagen 19.** Controlador de flama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

El controlador de flama Eclipse controla la secuencia de arranque y monitorea el funcionamiento del transformador de la bujía, electroválvula de paso de gas y el sensor de llama, pero no cumple con la acción de modulación de llama, encendido y apagado de manera automática.



**Imagen 20.** Controlador de llama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

De igual manera consta de un controlador de temperatura el cual está situado en el área de vaciado gama, permitiendo modular un elemento electromecánico (damper actuador) cuando la temperatura real es menor a la

temperatura del set point abre el damper y de manera inversa cuando la temperatura real es mayor a la temperatura del set point cierra el damper.



**Imagen 21.** Controlador de temperatura TC4W  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Detallado de mejor manera este damper actuador se encarga de abrir o cerrar el paso de aire caliente que viene del quemador hacia el radiador, este radiador calienta el agua para luego enviar al depósito de almacenamiento encontrado en el área de vaciado gama.



**Imagen 22.** Actuador Sm24 (dámper)  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

Este sistema consta de un intercambiador de calor el cual internamente tiene un radiador que está compuesto por tubos de cobre, internamente sobre estos tubos fluye agua que gracias al aire caliente que proviene desde los ductos del quemador calienta el radiador para tener la capacidad de calentar el agua y poder enviar hasta el depósito de almacenamiento que se encuentra en el área de vaciado gama.

Como último elemento tenemos el blower o soplador de aire industrial este dispositivo absorbe el aire por la cámara de succión, que con la ayuda del motor e impulsores presurizan el aire para luego enviar hacia el quemador, al pasar por este elemento el aire se calienta y es liberado hacia el radiador para poder calentar los tubos de cobre y dar como resultado el agua caliente.



**Imagen 23.** Blowers

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

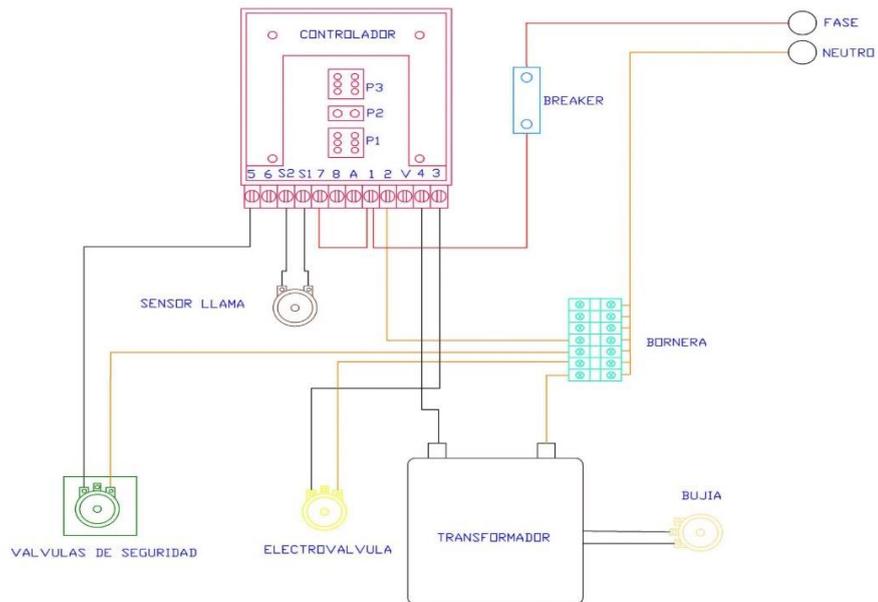
Todo este sistema actual presenta un principal problema que es la de no poseer un control automático del sistema, porque se tiene la necesidad de ocupar una persona para modular, encender y apagar el sistema de manera manual, manipulando la válvula manual tipo bola.

La válvula manual tipo bola es una válvula de paso de combustible la cual mediante una palanca realiza la acción de apertura y cierre dando paso al combustible para el encendido o apagado del quemador de manera manual.



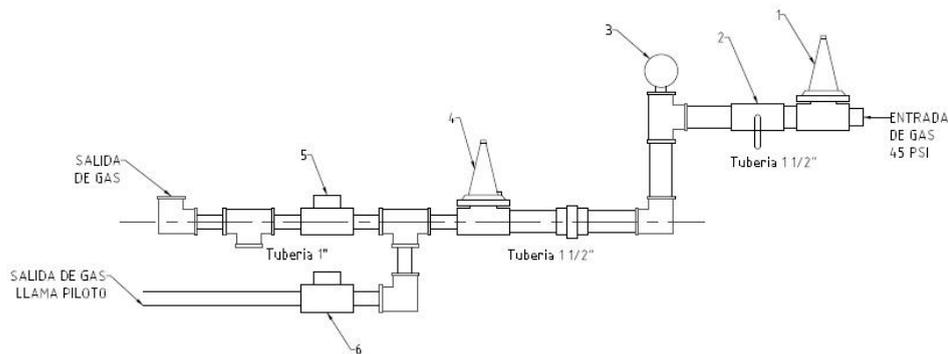
**Imagen 24.** Válvula de paso de combustible  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Esquema eléctrico del sistema de encendido del quemador.**



**Gráfico 2.** Esquema actual del sistema de control  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

## Esquema mecánico de los componentes del sistema de quemador.



**Gráfico 3.** Elementos del tren de válvulas

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

## Conclusión del sistema de quemador actual.

Se pudo determinar que al sistema le hace falta realizar modificaciones, para tener un sistema de control de automático que logre alcanzar las necesidades de la empresa que son productividad y la eficiencia.

Se necesita un sistema autónomo eficiente para que cumpla las necesidades que tienen la empresa y los operadores del área lo cual no tenía el actual sistema, el sistema debe realizar el control de la temperatura del acumulador de agua caliente y realizara la modulación de la llama del quemador a gas, alcanzando una llama baja o alta dependiendo de la temperatura con la que se requiera trabajar en el área.

Se requiere juntar los dos sistemas que se tiene actualmente los cuales son: el control de temperatura y el control de flama para así tener un solo sistema autónomo gracias a esto se logrará obtener una buena producción de piezas sanitarias, optimizando tiempo y recursos de la empresa.

Adicional a esto se necesita la modificación de una pequeña parte del ducto ya que al fluir aire caliente del horno pasa por todo el ducto del quemador alcanzando al cable de la bujía de ignición, la cual se deteriora y toca cambiar mucho más rápido que el tiempo de trabajo estimado.

## **Diseño eléctrico y selección de materiales del proyecto.**

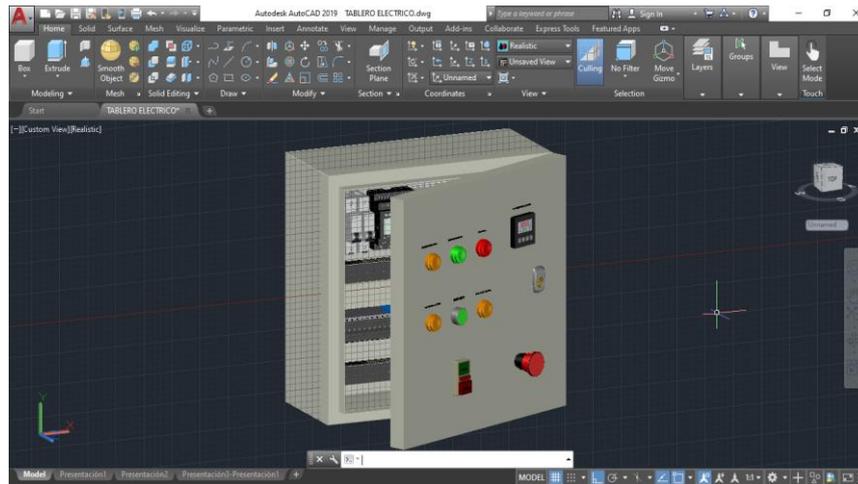
Se puede decir que en todo sistema de control se debe tener toda la documentación necesaria para poder entender e interpretar de mejor manera una avería del sistema es decir se debe contar con esquemas y planos tanto eléctricos como mecánicos.

Se debe implementar de igual manera protecciones eléctricas y mecánicas al sistema de control para garantizar un buen funcionamiento de todo el proceso, protegiendo a todo el sistema en caso de falla de los diferentes dispositivos de accionamiento.

Para que los respectivos sistemas de control puedan ponerse en marcha es importante implementar elementos de maniobra, que serán capaces de seleccionar, unir, interrumpir los diferentes circuitos eléctricos que se pretenda utilizar.

**Paso 1.-** Se debe realizar el diseño del control eléctrico que va a tener el sistema del quemador, este diseño ayuda para posteriormente realizar la programación del Plc Logo V8 Siemens para que cumpla con la automatización del quemador, por consiguiente, el diseño eléctrico y el bosquejo de la ubicación de los elementos de maniobra y visualización del estado del sistema en cada tablero de control.





**Imagen 25.** Diseño de tableros de control  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Elementos para los tableros de control.**

Para realizar el armado de los tableros de control se debe contar con varios elementos de accionamientos, así como de seguridad para poder tener un control visual y la capacidad de poder cortar la energía eléctrica en caso de emergencia o anomalía del sistema los elementos a implementarse son los siguientes:

- Breaker
- Fusibles
- Luces piloto
- Pulsadores
- Selectores
- Paro de emergencia
- Relays
- Baliza luminosa
- Bocina

### **Selección de tableros para el sistema**

**Paso 1.-** Se realiza la selección de los tableros para el sistema teniendo en claro las dimensiones y medidas que van a tener cada uno de estos, para así posteriormente poder adquirir con las especificaciones ya determinadas.

**Tabla 5.** Tableros para el sistema

	<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Características</b>
<b>Control principal</b>	1	Tablero	40x40x20
<b>Control quemador</b>	1	Tablero	30x10x15

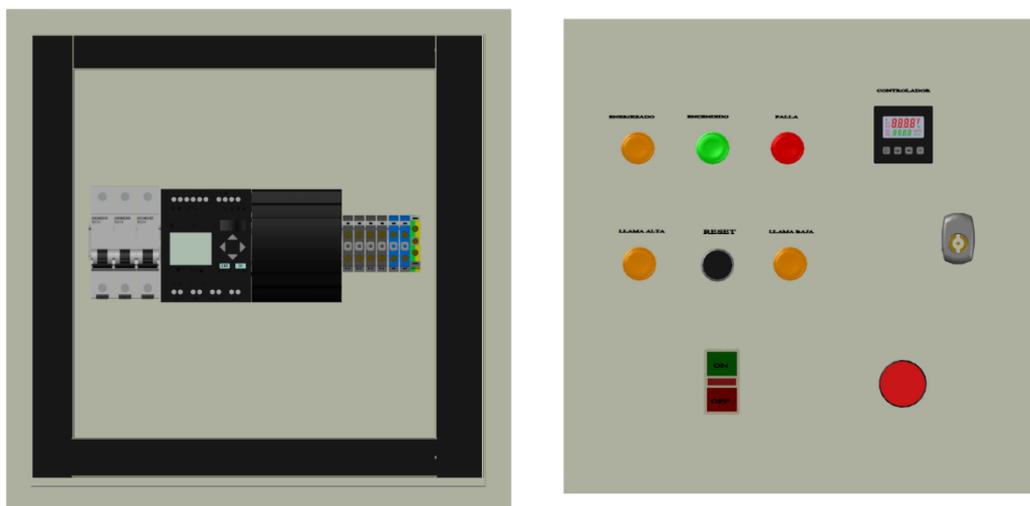
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Una vez realizado el diseño y la selección de los tableros de control se procede a la adquisición de dos tableros de control para realizar el conexionado eléctrico del Plc Logo Siemens V8 y del tren de válvulas de seguridad.

1. Tablero principal.
2. Tablero de control quemador.

**Paso 3.-** Se ubicará en el tablero principal los siguientes elementos Plc Logo Siemens V8 el cual receptorá la señal del controlador de temperatura, pulsadores de marcha, paro y dispositivos de seguridad como interruptor de flujo, presostato. Así como enviara señal a los elementos de señalización como luces piloto y al controlador de flama ubicado en el tablero de control del quemador.

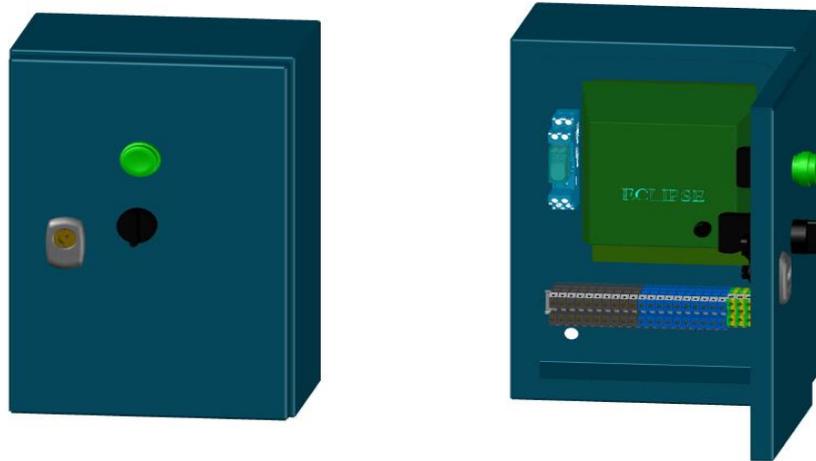


**Gráfico 5.** Tablero de control principal

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** Por consiguiente, en el tablero de control del quemador se colocará el controlador de flama Eclipse el cual realiza la modulación de la llama y monitorea del funcionamiento de las válvulas del sistema de gas.



**Gráfico 6.** Tablero de control quemador  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

#### **Elementos de accionamientos actuadores.**

Se implementarán dispositivos de accionamiento que realizaran el envío de gas hacia el quemador para su encendido, así como para el envío de flujo de aire caliente hacia el radiador para posteriormente calentar el agua.

#### **SM24-SR Actuador de compuerta 15 Nm**

Este dispositivo actuador está acoplado a una compuerta internamente dentro del ducto el cual cumple la función permitir y obstaculizar el paso del aire caliente que proviene del quemador y va dirigido hacia el radiador para así dejar de calentar el agua que circula por el radiador, cuando la temperatura está superior al set point cierra la compuerta del ducto por lo contrario si la temperatura está por debajo del set point realiza la acción de abrir el actuador.



**Imagen 26.** Acoplamiento de actuador SM24-SR a compuerta  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

#### **Actuador giratoria Eclipse T520:**

Este elemento realiza la apertura en un porcentaje del 80% de la válvula dando paso al ingreso del gas a 0,8 psi permitiendo tener una llama alta y por otro lado al cerrarse queda en un porcentaje del 25% de la válvula permitiendo un ingreso de gas a 0,2 psi teniendo así una llama baja.



**Imagen 27.** Actuador T520 paso de gas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

## **Equipos de automatización.**

**Paso 1.-** Para llevar a cabo la automatización del sistema es de vital importancia recoger información como diagramas de control e información de todos los dispositivos actuales, así como de los nuevos dispositivos tanto eléctricos y mecánicos para así establecer las entradas y salidas a implementarse en el nuevo sistema de quemador.

**Paso 2.-** Se realiza un listado de todos los elementos a implementarse tanto en las entradas como en las salidas para obtener un número específico de señales que se necesitara y así poder elegir un módulo de expansión para el Plc Logo Siemens V8.

### **Entradas y salidas del nuevo sistema de control.**

Una vez recopilada toda la información de todos los dispositivos a utilizarse, se realiza un listado en el cual corresponda la ubicación tanto en la entrada como la salida de cada dispositivo en el número de bornera del Plc Logo V8.

#### **Entradas digitales.**

Para realizar el listado de las entradas digitales se consideró que el Plc Logo Siemens V8 contiene solo 8 entradas digitales así que se adquirió un Módulo expansor DM8 230R el cual tiene 8 entradas digitales, lo cual quiere decir que disponemos el total de 16 entradas digitales en las cuales utilizaremos 8 entradas y tendremos disponibles 8 entradas de reserva para posibles adecuaciones del sistema.

**Tabla 6.** Entradas digitales

N <sup>a</sup>	Equipo	Descripción	Elemento	Observación
I1	Plc Logo V8	Stop general	Hongo de paro	Paro general sistema
I2	Plc Logo V8	Damper	Relay	Llama alta y baja
I3	Plc Logo V8	Flujo aire	Arrancador suave	Verificación de flujo de aire
I4	Plc Logo V8	Marcha	Pulsador	Sistema energizado
I5	Plc Logo V8	Paro	Pulsador	Sistema desenergizado
I6	Plc Logo V8	Falla quemador	Controlador de flama	Falla flama
I7	Plc Logo V8	Reset	Pulsador	Alarma
I8	Plc Logo V8	Controlador de temperatura	Controlador temperatura	Sobre temperatura

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

### **Salidas digitales.**

De igual manera para realizar el listado de las salidas digitales se consideró que el Plc Logo Siemens V8 contiene solo 4 salidas digitales así que se adquirió un Módulo expensor DM8 230R el cual tiene 8 salidas digitales, entonces disponemos el total de 12 salidas digitales en las cuales utilizaremos 10 salidas y tendremos disponibles 2 salidas de reserva para posibles adecuaciones del sistema.

**Tabla 7.** Salidas digitales

N <sup>a</sup>	Equipo	Descripción	Elemento
Q1	Plc Logo V8	Energizado	Controlador flama
Q2	Plc Logo V8	Luz verde sirena	Baliza indicadora
Q3	Plc Logo V8	Llama baja	Relay
Q4	Plc Logo V8	Luz llama baja	Luz piloto
Q5	DM8 230R	Llama alta	Relay
Q6	DM8 230R	Luz llama alta	Luz piloto
Q7	DM8 230R	Falla	Luz piloto
Q8	DM8 230R	Luz roja sirena	Baliza indicadora
Q9	DM8 230R	Alarma sonora	Baliza indicadora
Q10	DM8 230R	Electroválvula	Electroválvula Dugs

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

### **Selección de módulos para automatización.**

Para llevar a cabo la automatización de todo el sistema fue necesario seguir 2 pasos sumamente importantes:

**Paso 1.-** Seleccionar módulos electrónicos para poder realizar de manera rápida y segura la programación, teniendo en consideración el número total de entradas y salidas que se utilizara en el sistema.

**Paso 2.-** Elegir un Plc y módulos electrónicos acorde a las necesidades ya descritas anteriormente, ya que actualmente se utilizan estos dispositivos para programaciones de sistemas automáticos, todos estos dispositivos electrónicos son ideales para la implementación de este sistema que se detallara de mejor manera los elementos que se utilizaran a continuación:

- LOGO! 230RC 110/220 VAC 8DI / 4DO tipo relé
- LOGO! DM8 230R 110/220 VAC 8DI / 8DO tipo relé
- Controlador de flama eclipse serie 5602-10-1

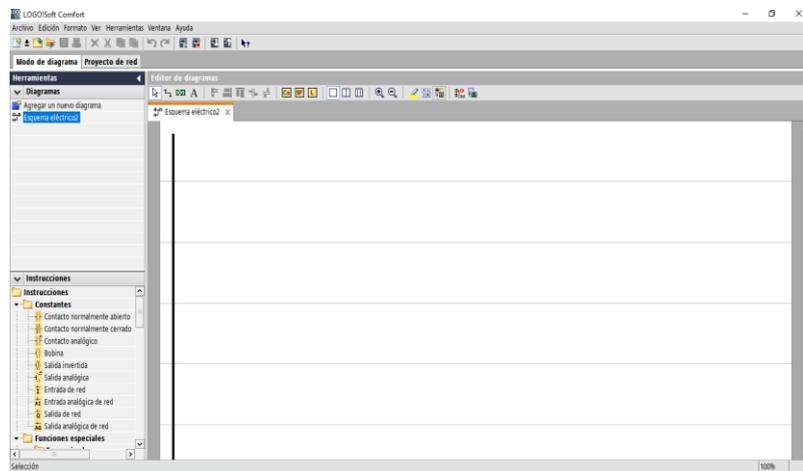
## Software de programación.

Para poder llevar a cabo la automatización del sistema se requiere la utilización de un software para realizar la programación, posteriormente ser cargado al equipo Plc Logo Siemens V8, el software a implementarse se detallará a continuación.

### Logo Soft Comfort V8.3

El software que se utiliza para este equipo es el Logo Soft Comfort V8.3, dentro del software se puede realizar el programa en dos tipos de lenguajes que son FUP (diagrama de funciones) y KOP (diagrama de contactos).

**Paso 1.-** Una vez ingresado al software se crea o agrega un nuevo programa, al elegir se cambia el entorno del programa en lo cual se debe elegir el método de programación mediante el lenguaje KOP o FUP, hay que elegir el lenguaje en que vamos a trabajar en este caso se eligió el lenguaje KOP, el cual servirá para realizar toda la estructura del programa.



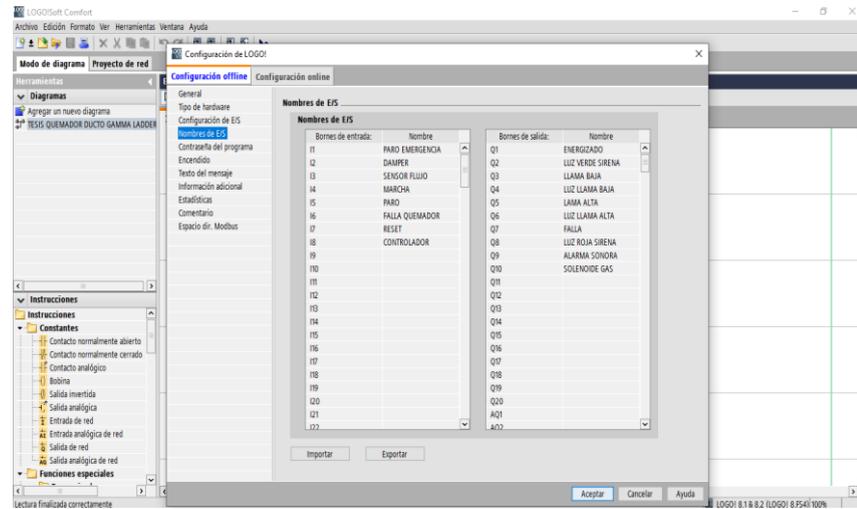
**Imagen 28.** Selección tipo de lenguaje

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Propia

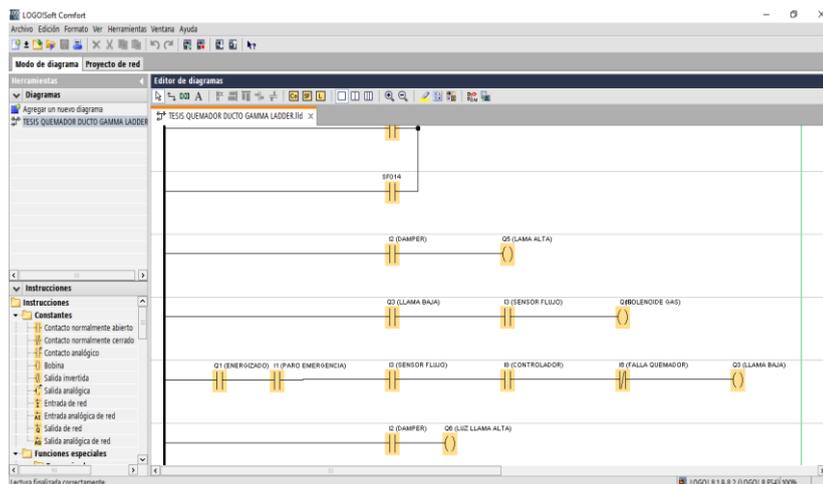
**Paso 2.-** Una vez seleccionado el tipo de lenguaje a programar se procede con la ayuda del esquema de control a verificar las entradas y salidas a utilizarse, gracias a eso se puede realizar un listado de las entradas como de sus respectivas

salidas determinando sus nombres específicos para ir insertando de mejor manera al entorno del software.



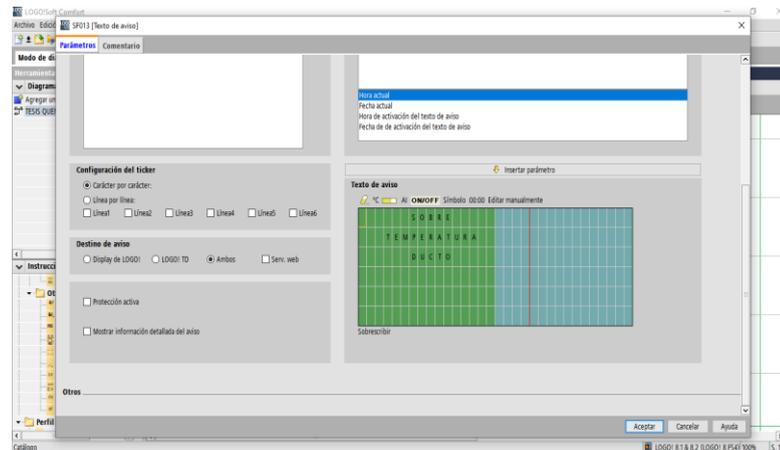
**Imagen 29.** Descripción de entrada y salida del Plc Logo V8  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** Seguidamente se va insertando contactos, bobinas y funciones especiales al entorno para ir formando la secuencia del programa, se debe tomar muy en cuenta al momento de insertar un contacto al entorno del software la manera que va ser usado en la parte física es decir contacto NO y NC depende del tipo de dispositivo y la lógica a implementarse se va utilizando dichos contactos.



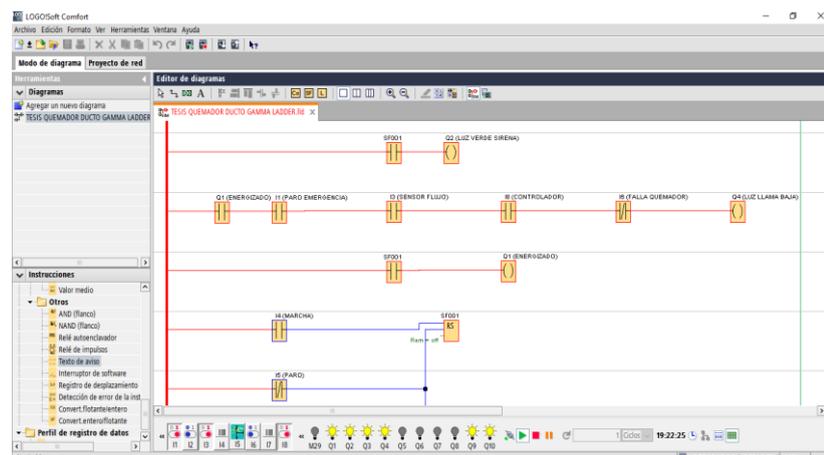
**Imagen 30.** Contactos de normalmente cerrados y abiertos  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** Se procede a ir insertando textos de aviso de cada posible falla que exista en el sistema, para cada falla se coloca un texto de aviso diferente con el fin de poder ubicar de maneja rápida la ubicación y el dispositivo que está en mal estado o con un posible daño, el texto de aviso se mostrara en la pantalla del Plc Logo V8.



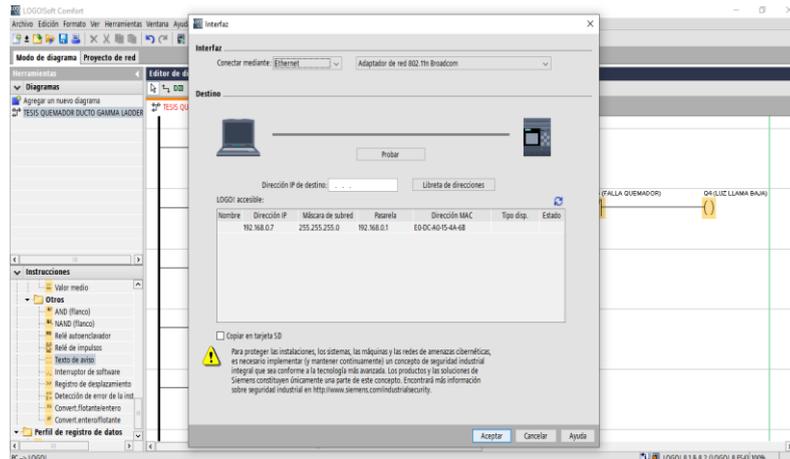
**Imagen 31.** Texto de aviso de fallas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

**Paso 5.-** Una vez finalizada toda la programación hay que revisar los nombres en cada entrada y salida para verificar si está acorde a lo establecido en el esquema de control, posteriormente se realiza una simulación de todo el programa para garantizar la secuencia del encendido del sistema y poder observar si todas las entradas y salidas del Plc Logo V8 están activándose o desactivándose.



**Imagen 32.** Simulación del programa  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 6.-** Para finalizar se procede a subir el programa al equipo Plc Logo V8 mediante el cable de conexión ethernet, se sitúa en el icono de la pestaña superior del entorno donde dice de Pc a Logo aparece una ventana en la cual hay que seleccionar el tipo de interfaz, la que seleccionaremos es mediante cable ethernet seguidamente se realiza la búsqueda de la Ip del Plc Logo V8, esta búsqueda se realiza de manera automática una vez encontrada se selecciona y ya está listo para poder cargar el programa al Plc Logo V8.



**Imagen 33.** Cargado del programa al Plc Logo V8  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

## Implementación del Montaje físico del sistema.

### Parte eléctrica

**Paso 1.-** Para realizar el montaje de todos los elementos que van a conformar el tablero de control principal, se debe realizar el respectivo desmontaje de la placa base para seguidamente realizar el perforado para el anclaje del riel din a la placa base, cabe recalcar que el riel din ya debe estar cortada a la medida requerida.



**Imagen 34.** Placa base del tablero  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

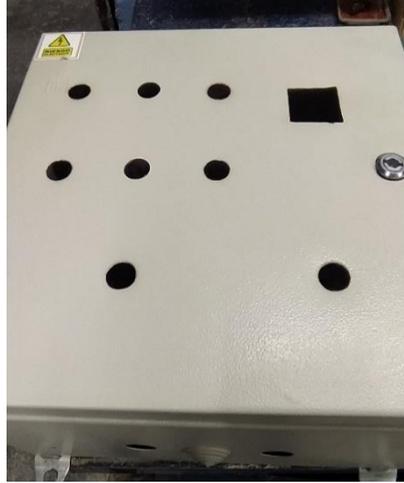
**Paso 2.-** Una vez colocada el riel se procede a realizar el corte de las canaletas porta cable a la medida requerida para seguidamente ser colocadas en la placa base del tablero, una vez realizado todo el montaje de las canaletas y del riel din estará listo para la colocación de los elementos como los breakers, Plc Logo V8, borneras.



**Imagen 35.** Colocación riel din y canaletas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** Para la colocación en la parte frontal del tablero de control los diferentes dispositivos de señalización como de accionamiento, se proceda a

realizar un trazado de líneas auxiliares las cuales servirán de guía para realizar sus respectivas perforaciones, para realizar el perforado en el tablero se utilizó un sacabocados para metal de 1”.



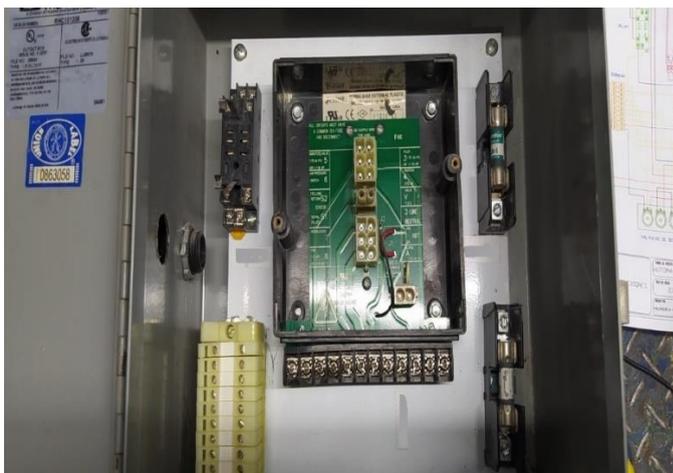
**Imagen 36.** Perforado del tablero principal  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

**Paso 4.-** Seguidamente se realiza el montaje de cada elemento de señalización y accionamiento en los agujeros de la parte frontal del tablero, revisando donde debe ir situado cada uno de ellos gracias a la ayuda del bosquejo realizado en el software de AutoCAD 2019, gracias a este bosquejo se realiza una correcta y rápida ubicación de los elementos.



**Imagen 37.** Montaje de pulsadores y luces piloto  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

**Paso 5.-** Para realizar el montaje de todos los elementos que van a conformar el tablero de control de flama, de igual manera se debe realizar el respectivo desmontaje de la placa base para seguidamente realizar el perforado para el anclaje del controlador de flama, relay porta fusibles y borneras todo esto se realiza de una manera fácil y rápida ya que no conforman muchos elementos el tablero de control de flama.



**Imagen 38.** Montaje de controlador de flama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Parte mecánica**

Con respecto a la adecuación de la línea de alimentación del gas al quemador se debe conformar un tren de válvulas de seguridad para garantizar una buena seguridad y un buen funcionamiento del sistema de alimentación de gas.

**Paso 1.-** Se realiza el respectivo corte y roscado de las tuberías y neplos que van a ser utilizados para conformar el tren de válvulas una vez obteniendo todos los accesorios y tuberías roscadas se procede a la unión de las tuberías con su respectivo accesorio ya sea neplo, codo, reducción y universal, utilizando para esta unión de cinta selladora con PTFE para gas.



**Imagen 39.** Roscado de tuberías y neplos  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

**Paso 2.-** Con la ayuda del bosquejo del tren de válvulas realizado en software AutoCAD 2019, se realiza la respectiva conexión de todas las partes ya realizadas anteriormente, pero en este caso se conecta la válvula manual de paso, el filtro, la válvula de alta y baja presión, válvula reguladora de alta y baja presión, el solenoide de paso y por último el actuador T520.



**Imagen 40.** Ensamble de componentes del tren de válvulas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

## Montaje de todo el sistema en sitio

**Paso 1.-** Para realizar el montaje del tablero principal en el sitio se realiza la construcción de una base con ángulo 40x40x1.5mm para la sujeción del tablero, la misma será sujeta por el proceso de soldadura a la estructura existente luego de todo este procedimiento se realiza el montaje del tablero en la base construida.



**Imagen 41.** Montaje del tablero principal  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Se realizó el corte de alimentación de gas mediante la válvula manual de paso, una vez realizada esta acción se procedió al desmontaje de todo el sistema actual de línea de alimentación de gas hacia el quemador.



**Imagen 42.** Desmontaje del sistema actual  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

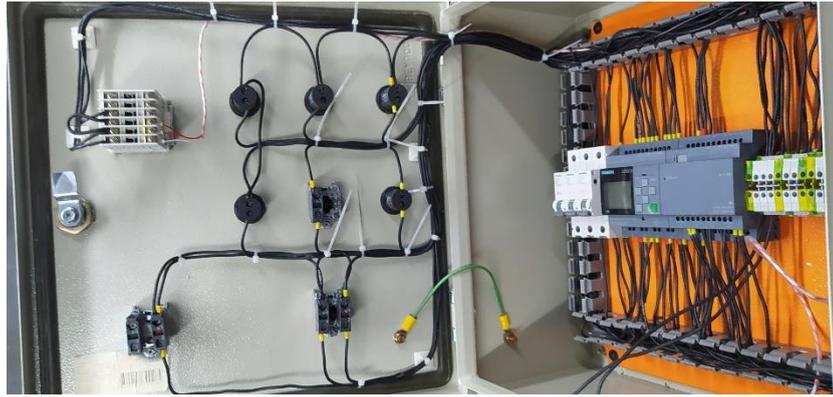
**Paso 3.-** Una vez realizado todo el proceso de desmontaje del sistema actual se realiza el montaje del nuevo tren de válvulas de alimentación de gas, para conformar este nuevo sistema se tuvo que realizar el ensamblaje en tres partes debido a que su longitud era larga, este procedimiento se llevó a cabo mediante universales para su fácil montaje que en caso de mantenimiento o reparación al sistema se lo pueda hacer de manera más fácil y rápida.



**Imagen 43.** Montaje del nuevo tren de válvulas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Cableado de tablero.**

**Paso 1.-** Para la alimentación de 110 VAC del tablero de control principal se utilizó cable # 12 AWG de color rojo para la fase y blanco para el neutro, para el cableado de todo el sistema de control se realizó con cable # 16 color negro, para el conexionado de la termocupla TP100 se utilizó cable siliconado con funda de fibra de vidrio, se utilizó terminales para un mejor ajuste hacia los elementos de control sin embargo no se realizó el respectivo marquillado de cable porque no se dispone de la etiquetadora, cabe mencionar que todo el cableado se realizó con sus respectivos dispositivos de protección como los breakers.



**Imagen 44.** Conexión del sistema de control  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Para la alimentación 110 VAC del tablero de control de flama se realizó mediante cable concéntrico 3x12 AWG, se hizo todo el cableado de control con cable # 14 AWG de color rojo para la fase y de color blanco para el neutro de igual manera para realizar todo el conexionado de los dispositivos de accionamiento como la válvula de alta y baja presión, solenoide dugs y actuador T520 se utilizó de igual manera cable concéntrico 4x 14 AWG para la conexión desde el tablero de control de flama hacia cada dispositivo.



**Imagen 45.** Conexión del tablero controlador de flama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Revisión del cableado de los tableros eléctricos.**

Se verifico todo el cableado desde la alimentación principal hacia los tableros secundarios de todo el sistema con el fin de garantizar que todas las

conexiones se encuentren bien sujetas a las borneras y dispositivos de accionamientos con toda esta acción se puede garantizar un buen funcionamiento al momento de la puesta en marcha del sistema.

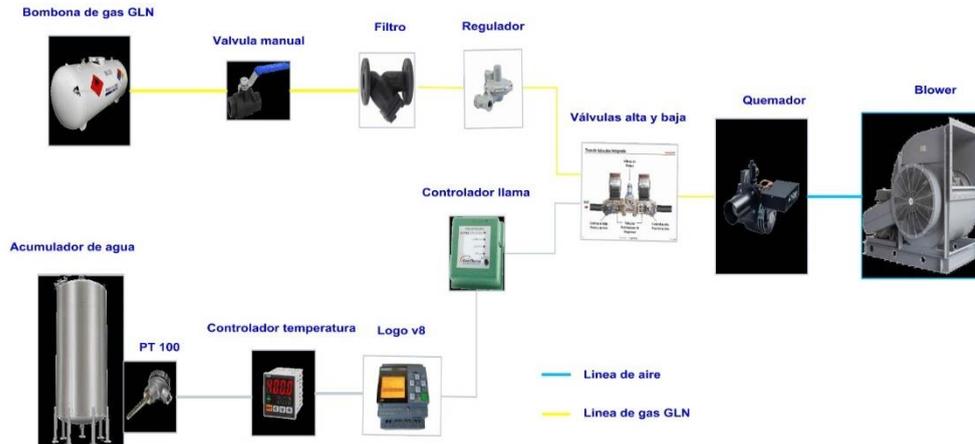
Acciones importantes que se realizó antes de la puesta en marcha del sistema

- Inspección de todos dispositivos se encuentren en buen estado después del montaje.
- Tener libre acceso a los tableros de control.
- Chequeo del ajuste de los terminales y borneras.
- Cerciorarse que todos dispositivos estén bien sujetos al tablero.

# CAPÍTULO III

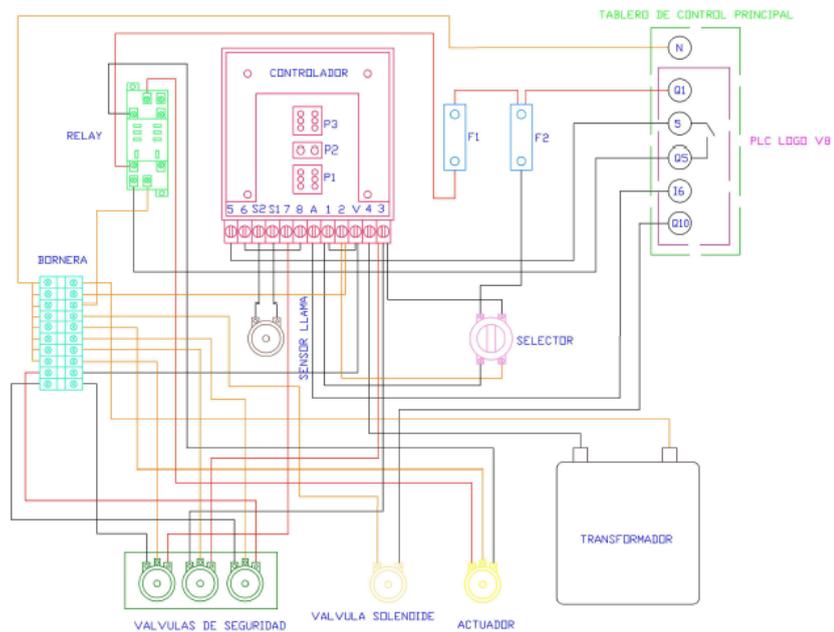
## PROPUESTA

### Sistema de control propuesto para el quemador.



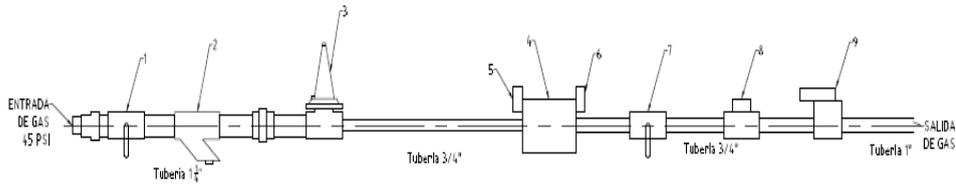
**Gráfico 7.** Componentes del sistema de propuesto  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

### Esquema eléctrico del nuevo sistema de control.



**Gráfico 8.** Esquema actual del sistema de control  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

## Esquema mecánico del nuevo sistema de control.



**Gráfico 9.** Elementos del nuevo tren de válvulas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia.

Para tener la capacidad de implementar este sistema se realizó varias modificaciones al ducto del quemador para tener más control del tipo de llama del quemador ya que anteriormente no contaba con lo mencionado.

**Paso 1.-** Se implementa un visor de llama el cual se sitúa a un costado del ducto del quemador para así poder observar el estado del quemador ya sea encendida o apagada la llama.



**Imagen 46.** Visor de llama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Se realizó la construcción de una protección para el cable de la bujía de ignición ya que anteriormente se producía el quemado de la misma por mala calibración de la llama ya que el control era de forma manual por esto se vio la factibilidad de realizar la protección garantizando el estado de la bujía de ignición y de que la llama se desborde hacia fuera del ducto.



**Imagen 47.** Protección bujía ignición  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Imagen 48.** Protección en ducto quemador  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

## **Planos.**

Para una mejor interpretación de una instalación eléctrica y mecánica de un sistema dependiendo su grado de complejidad se realizan planos, para que se puede representar de mejor manera mediante los esquemas eléctricos, mecánicos todo esto ayuda a cualquier usuario a que pueda interpretar cualquier gráfico, símbolo o elemento para una comprensión más clara de lo que comprende dicho sistema.

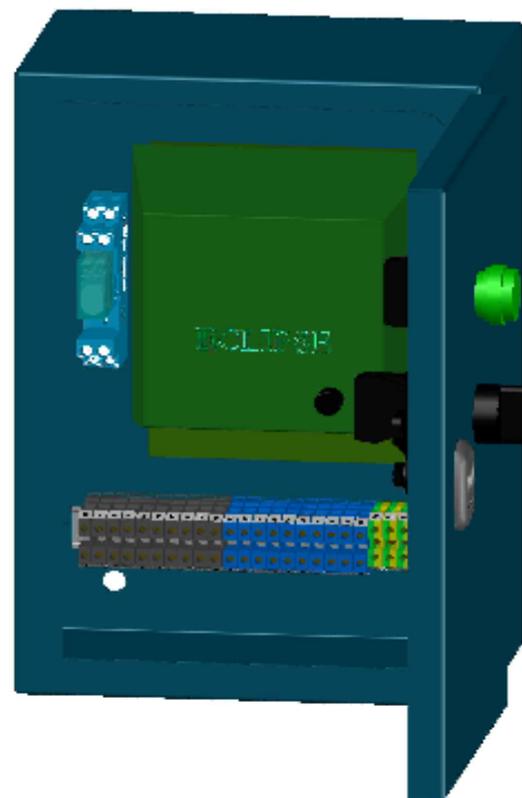
Gracias a estos planos permite al usuario poder ubicar fácilmente los diferentes dispositivos y elementos que intervienen para su funcionamiento, de

igual manera es una ayuda al momento de realizar modificaciones al sistema y verificaciones de fallas tanto eléctricas como mecánicas.

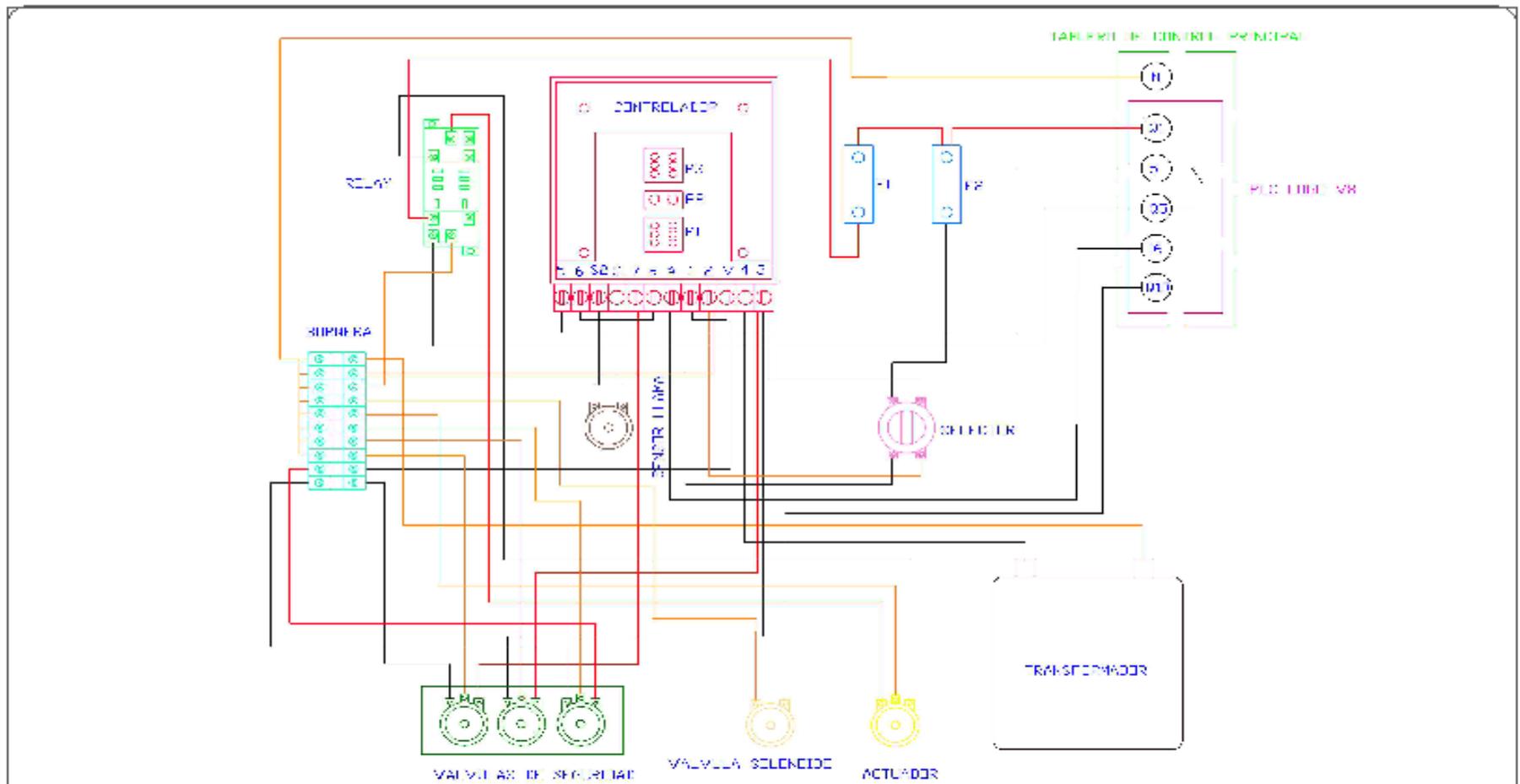
Planos de control eléctrico del quemador.



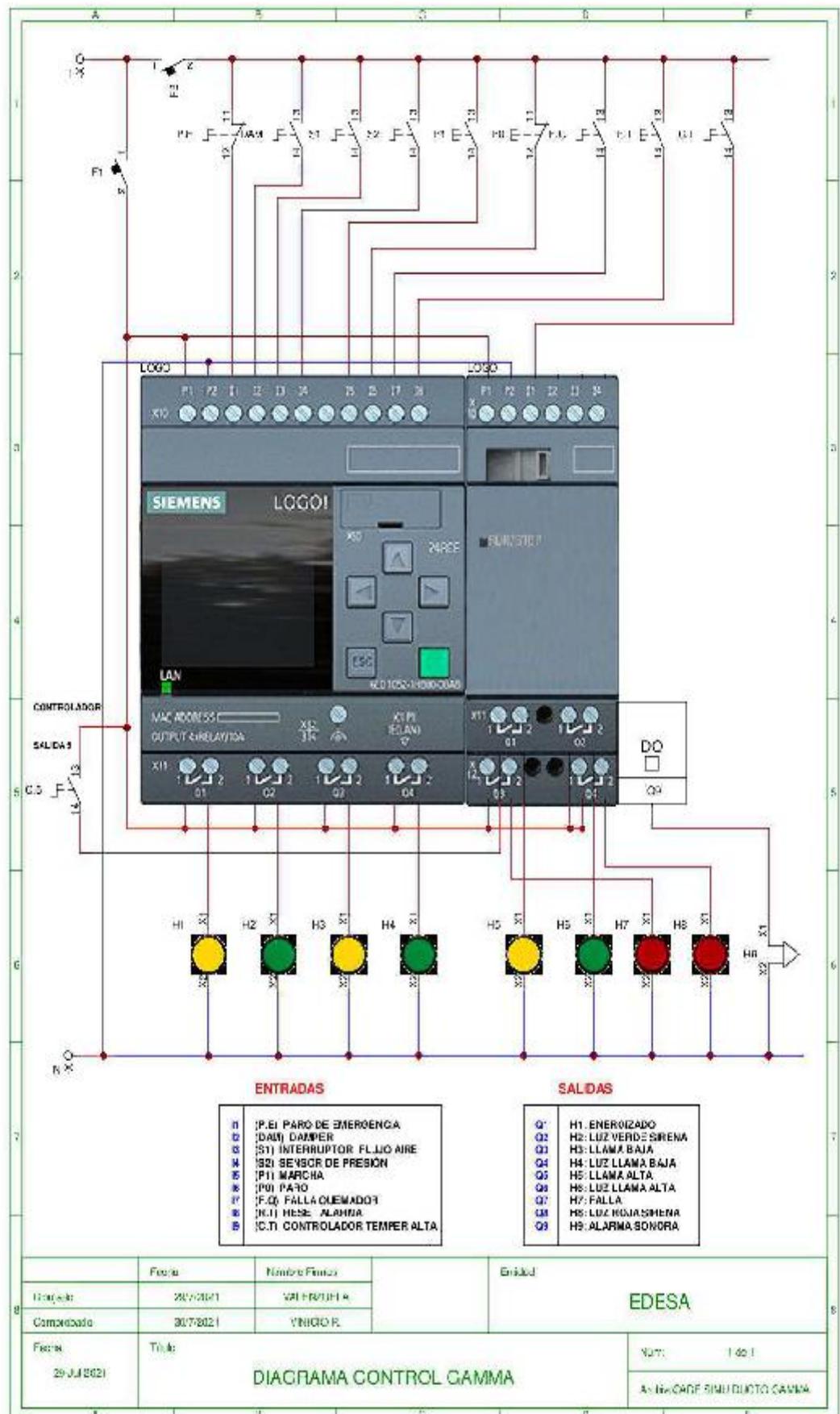
Nº DE CABLE  <p style="text-align: center;">S/N</p>	NOMBRE DE PROYECTO: <b>AUTOMATIZACION QUEMADOR GAMA</b> TÍTULO DEL DISEÑO: <b>TABLERO CONTROL GAMA</b> DISEÑADO POR: VALENZUELA M. DISEÑADO POR: ING. V. REYES APROBADO POR: ING. V. REYES EDA: 13/03/2021	BASE DE DISEÑO: VALENZUELA M. ELECTROMECHANICA correo: electrico1794@gmail.com	REFERENCIA: <p style="text-align: center;"><b>I.T.S. VIDA NUEVA</b></p>	FUENTE P: 02 ESCALA P: 05 FUENTE C: 03 LEGENDA: 0000 ESCALA G: 1:1 T. IMPR: A4 C. LINDA: 
---	---	---	--	---

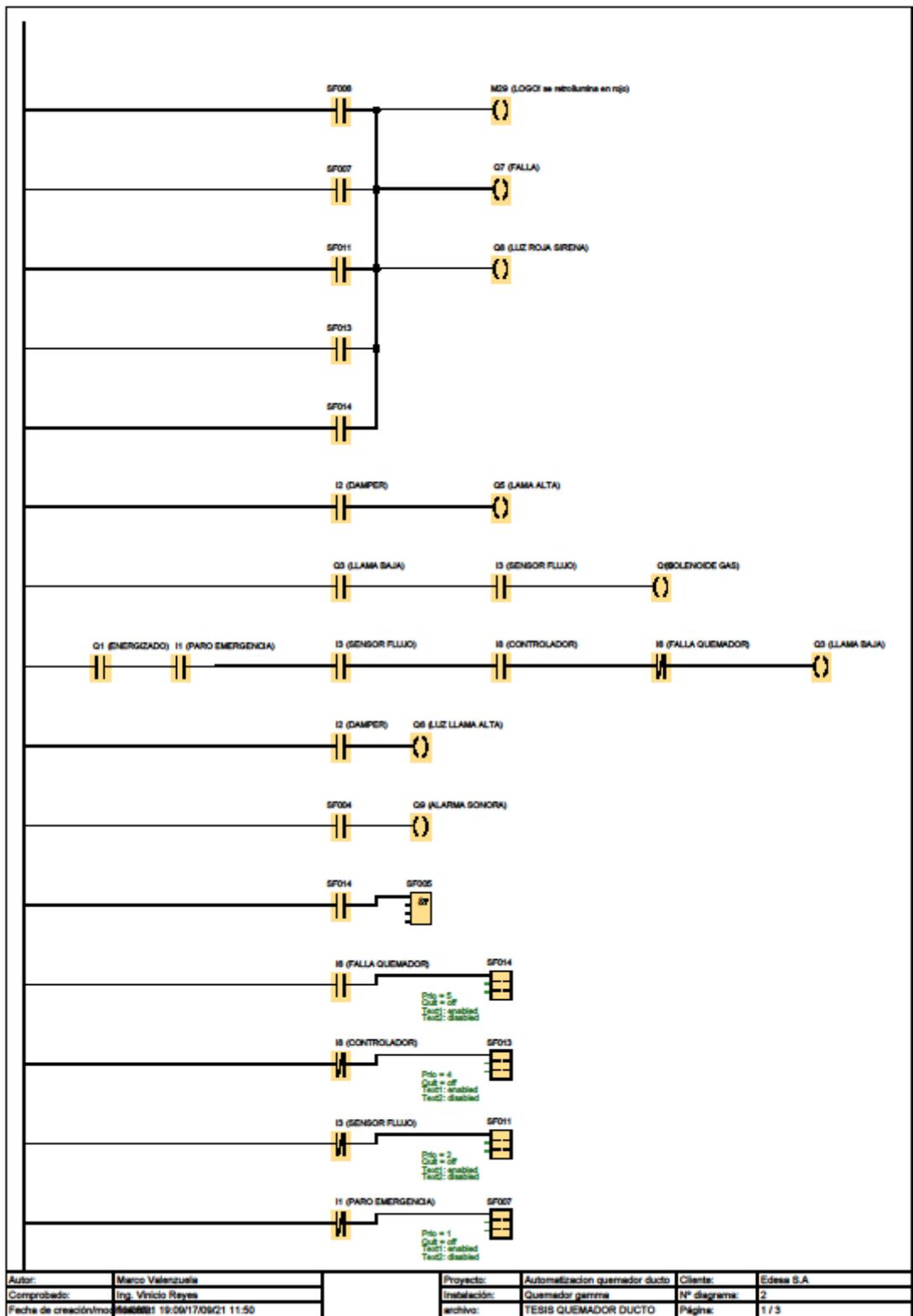


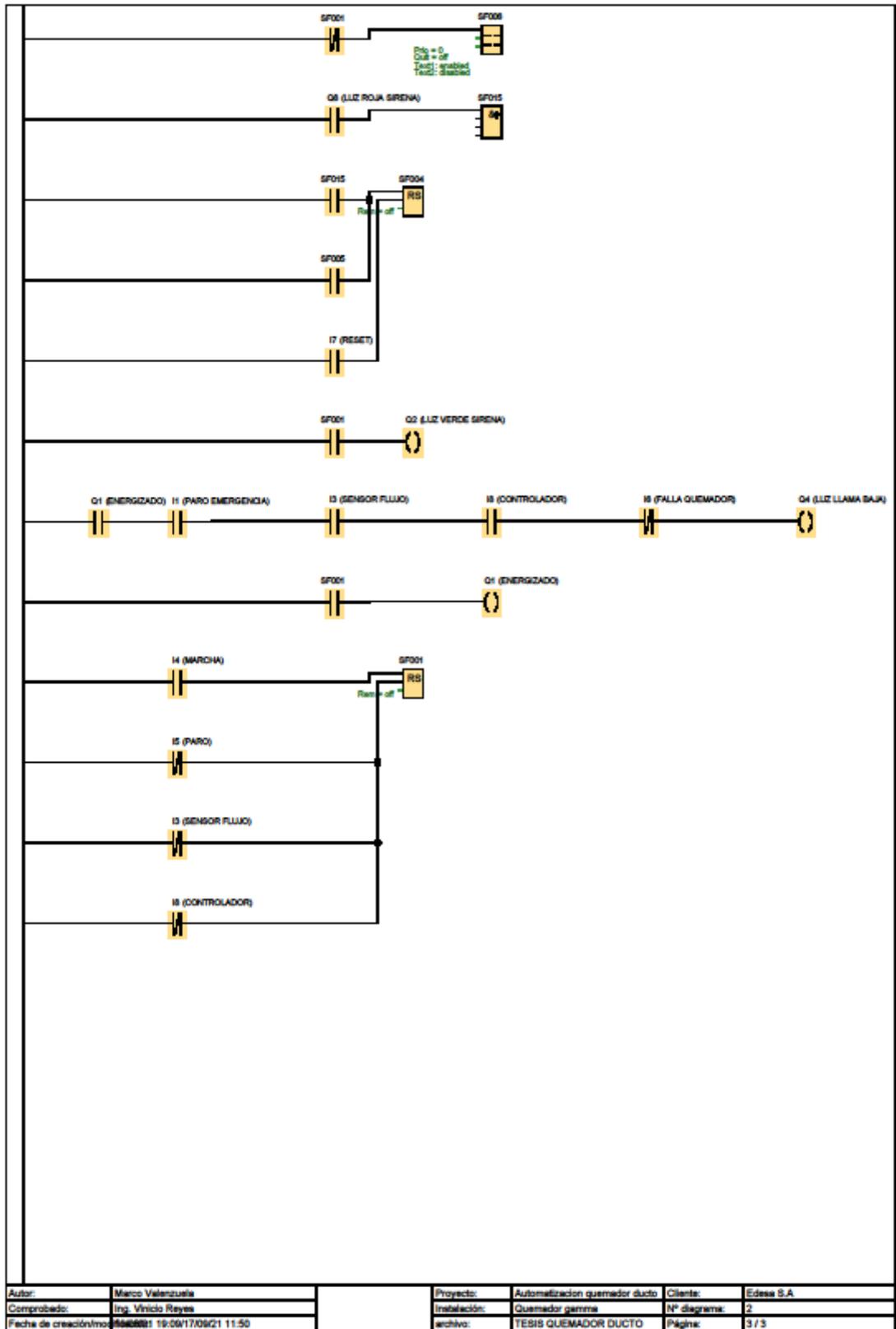
<p>IDENTIFICACION</p> <p>S/N</p>	<p>TIPO DE PRODUCTO:</p> <p>AUTOMATIZACION DUCTO GAMA</p> <p>TIPO DE MONTAJE:</p> <p>TABLERO DEL CONTROLADOR</p> <p>UBICACION POR:</p> <p>VALENZUELA M.</p> <p>USUARIO POR:</p> <p>DNS V30000 B.</p> <p>PROYECTO POR:</p> <p>DNS V30000 B.</p> <p>FECHA:</p> <p>16/09/2021</p>	<p>BASE Y MONTAJE:</p> <p>VALENZUELA M.</p> <p>ELECTROMECANICA</p> <p>marca electrica.764@gmail.com</p>	<p>IDENTIFICACION:</p> <p>I.T.S.</p> <p>VIDA NUEVA</p>	<p>PROYECTO P.:</p> <p>02</p> <p>UBICACION P.:</p> <p>04</p> <p>FECHA:</p> <p>02</p> <p>USUARIO:</p> <p>RP</p> <p>ORDEN:</p> <p>14</p> <p>CLASIFICACION:</p> <p>A4</p> <p>  </p>
----------------------------------	--	---	--	---



<p>ITEMS CERRADOS</p> <p>ELEMENTOS PARA REALIZAR CONEXIONES</p>	<p>FORMA DE PAPER:</p> <p><b>AUTOMATIZACION QUEMADOR GAMA</b></p> <p>TIPO DE LINEA:</p> <p><b>DIAGRAMA ELECTRICO QUEMADOR</b></p> <p>CREADO POR: VALENZUELA M.</p> <p>REVISADO POR: ING. V. REYES</p> <p>APROBADO POR: ING. V. REYES</p> <p>FECHA: 9/09/2021</p>	<p>INDICE Y NUMERO:</p> <p>VALENZUELA M.</p> <p>ELECTROMECHANICA</p> <p>correo: electric724@gmail.com</p>	<p>INSTITUCION:</p> <p>I.T.S. </p> <p>VIDA NUEVA</p>	<p>PROYECTO: 02</p> <p>SECCION: 1d</p> <p>ESCALA: A4</p> <p>REVISION: 04</p> <p>FECHA: 01</p> <p>USUARIO: RP</p> <p></p>
---	--	---	---	---







Conector	Rotulación				
I1	PARO EMERGENCIA				
I2	DAMPER				
I3	SENSOR FLUJO				
I4	MARCHA				
I5	PARO				
I6	FALLA QUEMADOR				
I7	RESET				
I8	CONTROLADOR				
M29	LOGO! se retrolumina en rojo				
Q1	ENERGIZADO				
Q2	LUZ VERDE SIRENA				
Q3	LLAMA BAJA				
Q4	LUZ LLAMA BAJA				
Q5	LAMA ALTA				
Q6	LUZ LLAMA ALTA				
Q7	FALLA				
Q8	LUZ ROJA SIRENA				
Q9	ALARMA SONORA				
Q10	SOLENOIDE GAS				
Autor:	Marco Valenzuela	Proyecto:	Automatización quemador ducto	Cliente:	Edesa S.A
Comprobado:	Ing. Vinicio Reyes	Instalación:	Quemador gamma	Nº diagrama:	2
Fecha de creación:	2008/10/21 11:50	archivo:	TESIS QUEMADOR DUCTO	Página:	3 / 3



## Descripción del control de temperatura.

Para el control de temperatura del agua consiste en realizar los siguientes pasos con las respectivas actividades.

**Paso 1.-** Utilizar un Plc Logo V8 Siemens el cual actúa como central de control del sistema de quemador, implementándose de igual manera el mismo controlador de temperatura de marca Automics TC4W y la misma termocupla Pt 100 que se encuentran situados en el área de vaciado gama, donde se encuentra el depósito de agua caliente para la utilización de la misma en los moldes de las maquinas.



**Imagen 49.** Depósito de agua caliente  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Controlar la temperatura mediante la termocupla Pt 100 ubicado en depósito de almacenamiento el controlador de temperatura enviará una señal eléctrica hacia la bobina del relay Camsco 24 VDC, el primer contacto del relay va a realizar la activación del dámper 1 y el otro contacto enviara una señal digital a la entrada del Plc Logo V8, el cual controlara 2 salidas digitales la primera llama baja y la segunda llama alta.



**Imagen 50.** Relay Camsco 24 VDC  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** Adquisición de un controlador de temperatura de marca Automics TCN4S y una termocupla Pt 100, el control de esta termocupla va a ser una señal de seguridad en caso de sobrepasar la temperatura normal del ducto que está en los 275°C, este controlador nuevo realizara la acción de apagar todo el sistema del quemador, impidiendo que se pueda quemar todo el ducto por sobre temperatura.



**Imagen 51.** Controlador de temperatura Automics TCN4S  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** Se va a utilizar otra señal de seguridad que será un contacto auxiliar del arrancador suave Sirius 3RW4037-1BB14 que activa al blower, esta señal va a servir de entrada al Plc Logo V8 la cual cumplirá la acción de apagar todo el sistema

en caso que el blower se encuentre apagado o con falla, ya que si el arrancador suave se apaga no existirá extracción de aire para poder enviar al radiador lo cual también produce que se eleve la temperatura en el ducto del quemador.



**Imagen 52.** Arrancador suave Sirius 3RW4037-1BB14  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Regulación de gas para la combustión del quemador.**

Para que realice una buena combustión se realiza la regulación de la válvula reguladora de alta presión para establecer una presión ideal de ingreso al sistema.

**Paso 1.-** Se procede a la calibración de presión de ingreso ya que la presión de la línea principal es de 26 psi y la presión a utilizarse para que pueda activarse el presostato de las válvulas de alta y baja está en 2 psi, esta presión será la máxima para el control de ingreso al sistema.



**Imagen 53.** Regulador de alta presión  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Calibración de las levas para llama baja de la válvula modular eclipse T520 para que al momento de realizar el encendido tenga una presión de 0.2 psi al ingreso del quemador, la apertura de la válvula será de un 25%.



**Imagen 54.** Calibración llama baja  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** Seguidamente se realizó la calibración de las levas para llama alta de la válvula modular eclipse T520 para que al momento de realizar el encendido tenga una presión de 0.8 psi al ingreso del quemador, la apertura de la válvula será de un 90%.



**Imagen 55.** Calibración llama alta  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Control de encendido del quemador.**

**Paso 1.-** Para el control del encendido consiste en comandar el quemador con el controlador de flama de marca eclipse 5602-10-1P, el cual recibirá la señal desde el Plc Logo V8 Siemens encendiendo y modulando la llama del quemador dependiendo de la diferencia de temperatura que tenga entre el set point y la temperatura real del controlador de temperatura situado en el área de vaciado gama.



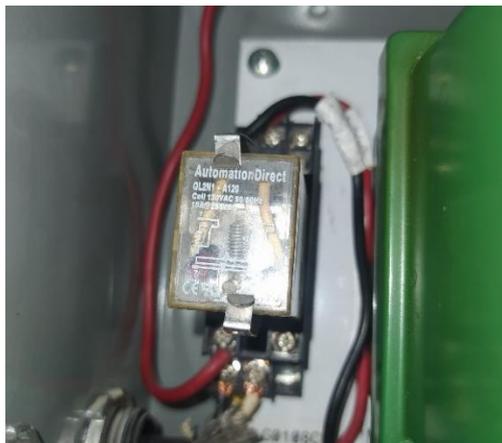
**Imagen 56.** Controlador eclipse 5602-10-1P  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Se utiliza una válvula modular eclipse T520 la cual tiene la función de un servomotor de doble accionamiento, el cual se configuro de 2 formas la primera que al energizarse la 1 bobina la válvula va a estar abierta un 20 % y la segunda que al energizarse la 2 bobina va abrirse al 80 %, la finalidad de realizar esto es ocupar el primer estado como llama piloto.



**Imagen 57.** Válvula modular eclipse T520  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** El Plc Logo V8 Siemens enviara una señal eléctrica al tablero del controlador de flama realizando el encendido del controlador y al mismo tiempo enviando una señal al contacto común del relay Automation Direct 120 VAC realizando la apertura del 20 % de la válvula modular eclipse T520. El controlador de flama después de 5 segundos realiza el monitoreo del tren de válvulas de alta y baja presión de gas, al estar en los rangos de presiones ideales envía una señal al controlador para lo cual el mismo realiza la activación del transformador de la bujía de ignición.



**Imagen 58.** Relay Automation Direct 120 VAC  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** El transformador envía voltaje a la bujía realizando una chispa y al entrar en contacto con el gas realiza la combustión, seguidamente el controlador

verifica el encendido o apagado de la llama mediante un sensor UV el cual al detectar el estado de la llama da una señal al controlador para mantener el sistema estable o enviar a falla al controlador.



**Imagen 59.** Quemador encendido  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

### **Pruebas de funcionamiento.**

Para realizar todas las pruebas del sistema se procede a realizar varias acciones antes de energizar el sistema eléctrico de todos los tableros.

**Paso 1.-** Se comienza a la calibración de la presión de entrada al sistema mediante la válvula reguladora, por consiguiente, las válvulas de alta y baja presión, del actuador T502 y de la termocupla PT100 para realizar las siguientes pruebas de funcionamiento.



**Imagen 60.** Presostato de baja presión  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 2.-** Se verifico la continuidad de cada elemento de control ya que en el programa cargado al Plc Logo V8 existe la lógica de contactos abierto y cerrados por eso se debe verificar que cada dispositivo de accionamiento tenga su correcto contacto normalmente abierta o cerrada para que la secuencia se inicie de forma requerida.



**Imagen 61.** Contacto de pulsador paro  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 3.-** Seguidamente se verifico que todos los elementos de control y accionamiento se encuentren con su voltaje correspondiente para su buen

funcionamiento, de igual forma se constató que se encuentre la polarización adecuada para que al momento de ingresar la señal digital a las entradas del Plc Logo V8 pueda iniciar la secuencia porque de estar invertida la polaridad no va a realizar ninguna acción.



**Imagen 62.** Voltaje 110 VAC Plc Logo V8  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** Realizada todas las verificaciones y calibraciones pertinentes se proceden a poner en marcha el sistema presionando el pulsador de arranque, iluminándose todas las señaléticas del tablero mostrando su funcionamiento.



**Imagen 63.** Encendiendo tablero de control principal  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 5.-** Una vez realizado el encendido del sistema se procede a verificar su correcto funcionamiento visualizando la activación de las válvulas de alta y baja presión, así como del actuador T520 para el encendido del quemador lo cual se encendió con una llama más de lo necesario.



**Imagen 64.** Demasiada llama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 6.-** Se realizó calibraciones del actuador T520 ya que en llama baja tenía una llama fuerte, se realizó la calibración de las levas del actuador T520 a un 20% de apertura en cambio en llama alta se calibro las levas a un 80% de apertura del actuador.



**Imagen 65.** Levas del actuador T520  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 7.-** Una vez realizado las calibraciones finales de todo el sistema se deja en funcionamiento para ir monitoreando periódicamente el sistema y observar si existen algunas posibles anomalías del sistema y si está trabajando en óptimas condiciones.



**Imagen 66.** Tablero principal encendido  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 8.-** Se calibro los parámetros del controlador de temperatura que funcionara como dispositivo de seguridad, es decir al sobrepasar la temperatura real del set point el controlador debe apagar todo el sistema, anteriormente se realizó la medición de la temperatura del ducto y fue de 263°C, se calibra el controlador con set point de 275°C.



**Imagen 67.** Controlador temperatura TCN4S  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 9.-** Para finalizar con las pruebas de funcionamiento de todo el sistema se procede a simular una posible falla, desconectando el sensor de flama del quemador para verificar si el sistema se apaga.



**Imagen 68.** Desconexión de sensor de flama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 10.-** Se observó que al detectar fallas del sistema y de los demás dispositivos de seguridad apago al quemador y emitió un aviso de falla mediante una alarma, así como un indicador luminoso.



**Imagen 69.** Tablero principal en falla  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Al llevar a cabo este nuevo sistema se pudo concluir de forma general que se ha cumplido con los objetos manifestados en este proyecto, se automatizo el sistema del quemador a gas, gracias a la implementación de un Plc Logo Siemens V8 logrando el control de temperatura del agua caliente de manera automática en la Empresa Edesa S.A, la misma que detalla su implementación y funcionalidad en el anexo 1.

## Resultados



**Imagen 70.** Diferencia entre sistema actual y nuevo  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Se logró con la implementación de este proyecto cumplir con los objetivos necesitados por la Empresa Edesa S.A que son la disminución de costos por consumo de combustible ya que el quemador no tenía un control automático para el encendido, apagado y modulación, originando un consumo innecesario de combustible.

De igual manera con la reducción de tiempos muertos del personal de mantenimiento a causa de encender, apagar y monitorear diariamente de forma manual el quemador, conllevando una pérdida de tiempo del personal pudiéndose ocuparse ese tiempo para otras actividades de mantenimiento a equipos.

Finalmente, en la parte de eficiencia de producción se requiere lograr reducir productos en mal estado a causa de la temperatura baja ya que la temperatura necesaria para obtener una buena producción es de 65°C, lo que se origina un porcentaje de producto en mal estado es del 19% al mes.

**Paso 1.-** Se realiza un análisis de resultados se buscó los datos de 1 meses antes de la implementación del nuevo sistema. Con respecto al sistema actual y nuevo se procede a la toma de datos del porcentaje de combustible que se consumía en el quemador, el tiempo que ocupaba el personal para monitorear y por último el porcentaje de producción en mal estado a causa de una baja temperatura de agua.

Con respecto al consumo de la materia prima que en este caso es el combustible, el tanque de almacenamiento tiene una capacidad del 95 % de gas natural (GNL), el cual distribuye a diferentes equipos en toda la Empresa Edesa S.A.



**Imagen 71.** Tanque acumulador de gas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Según los datos obtenidos el quemador consumía un 20% del combustible al mes, una vez implementando este proyecto se obtuvo los datos del 9% al mes en consumo de GNL, comparando con el anterior sistema tiene una reducción del 11%.

Esta reducción de consumo se logra gracias a que el nuevo sistema trabaja de manera automática y el quemador tiene la facultad de modular de llama alta a baja ahorrando y beneficiando los costos a la empresa.

**Tabla 8.** Consumo combustible

Consumo de combustible aproximada al mes	
Antes de la mejora	Después de la mejora
20%	9%
<b>Reducción del combustible</b>	
11%	

**Paso 2.-** Se recopiló información del tiempo que ocupaba el personal para la verificación y accionamiento del sistema dando como un resultado aproximado de 1 hora y 35 minutos por cada día.

Los tiempos que ocupaba el personal en inspeccionar y accionar el sistema, el operador tenía que revisar la temperatura del controlador de temperatura ubicado

en el área de vaciado gama, para posteriormente abrir o cerrar la válvula de paso de gas para que el quemador alcance una llama alta o baja.

Después de un tiempo de operación nuevamente tenía que ir a observar el controlador, si ya llegaba a la temperatura establecida se dirigía a proceder a cerrar la válvula de paso de gas un poco, para que baje la llama del quemador y se mantenga estable la temperatura del agua.

Según los datos obtenidos el tiempo ocupado con el sistema anterior es de 36 horas al mes, una vez implementando este nuevo sistema se obtuvo los datos de 2 horas al mes, comparando con el anterior sistema tiene una reducción de 34 horas.

Se disminuyó los tiempos que ocupaba el personal en inspeccionar y accionar el sistema, se inspecciona 3 veces al día. Cada día está compuesto por 3 turnos cada operador implementa un tiempo aproximado de 0,45 minutos en inspeccionar de lunes a viernes y los sábados solo en 1 turno, los domingos no se realiza ninguna inspección por que el sistema queda apagado el sábado después del primer turno.

**Tabla 9.** Reducción tiempo del operador

<b>Tiempo utilizado por operarios al mes</b>	
<b>Antes de la mejora</b>	<b>Después de la mejora</b>
36 horas aproximadamente	2 horas aproximadamente
<b>Disminución de tiempo</b>	
34 horas	
<b>Reducción de horas</b>	
94,44 %	

**Paso 3.-** Para realizar el análisis del producto se determina que del 100 % de la producción en buen estado, el 19% sale en mal estado antes de la mejora del sistema dando una reducción al 7% después de la mejora, obteniendo un ahorro de producción del 12% de cada 100% dando un incremento de 14.81% del total de la producción.



**Imagen 72.** Producto bueno y malo  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Se tomo datos de la producción realizando una comparación de hace 1 mes atrás antes de la implementación del nuevo sistema con el porcentaje de producción actual, reduciendo notablemente en un 12 % la producción mala.

**Tabla 10.** Reducción de producción en mal estado

<b>Producción en mal estado aproximada al mes</b>	
<b>Antes de la mejora</b>	<b>Después de la mejora</b>
19 %	7%
<b>Reducción de producción en mal estado</b>	
12 %	

Con la implementación de este nuevo sistema se logró reducir aproximadamente un 12 % la producción en mal estado, logrando así un incremento de producción del 14.81 % beneficiando a la empresa en productibilidad y al operador a poder incrementar su incentivo.

**Tabla 11.** Incremento de producción

<b>Ahorro de producción</b>	<b>Producción aproximada</b>	<b>Incremento producción</b>
(%)	(%)	(%)
12	81	14,81

Por otro lado, la temperatura tiene un importante aporte en lo que refiere al porcentaje de producción en buen estado, así como en mal estado porque si se trabaja con una temperatura ideal del agua, todas las maquinas del área de vaciado gama podrán tener una buena producción ya que los moldes están a una temperatura entre los 50°C y 65 °C que es la correspondiente para lograr que no se rompan las piezas al momento de retirar del molde.



**Imagen 73.** Moldes de producción  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

**Paso 4.-** Se realizo el encendido del quemador a una presión de 1 psi dando como resultado una llama alta originando una temperatura del agua de 85°C, la cual no es la ideal porque sobrepasaba la temperatura que está entre el rango de los 50°C y 65°C para una buena producción, al tener una elevada temperatura del agua las

mangueras de los moldes se desprender originando fugas de agua por toda la máquina.



**Imagen 74.** Fuga de agua de moldes  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Se realiza pruebas del encendido del quemador con una presión menor a la de 1 psi la cual se calibro a 0,2 psi de gas a llama baja, teniendo una temperatura del agua de 52°C la cual está el rango ideal de una temperatura.



**Imagen 75.** Llama baja a 0,2 psi  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Mientras que a una presión de 0,8 psi se obtiene una llama alta elevando la temperatura del agua, esto quiere decir que si la temperatura real esta debajo del set point, el controlador enviara una señal al Plc Logo V8 para mandar a encender al quemador a una llama alta para así recuperar la temperatura del agua caliente.



**Imagen 76.** Llama alta a 0.8 psi  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia

Gracias a esto se puede concluir que la implementación del Plc Logo Siemens V8 y todo el tren de válvulas de seguridad del nuevo sistema de control, cumple con la propuesta establecida de tener un sistema eficaz y rentable para cumplir con las metas y índices de productividad de la empresa.

## CONCLUSIONES

- Se investigó el funcionamiento de los trenes de válvulas de seguridad y componentes de los quemadores a gas, gracias a esta investigación se obtuvo el conocimiento más amplio del funcionamiento de cada componente para poder conformar un sistema seguro y garantizar el funcionamiento del mismo.

- Con respecto a la automatización se programó en el software Logo Soft Comfort V8.3 la secuencia de encendido, apagado y modulación para el control automático del sistema utilizando el lenguaje Ladder como método principal de programación.

- Al finalizar se instaló el tablero de control automático y el tren de válvulas de seguridad al quemador de gas, obteniendo un acceso ideal al tablero de control y a todo el sistema de conforma el tren de válvulas, para poder realizar cualquier cambio o modificación.

## **RECOMENDACIONES**

- Se realizo la respectiva documentación de planos de la modificación al sistema, con la finalidad de tener información actualidad para que pueda servir de ayuda en caso de algún fallo imprevisto al sistema o de alguna modificación.
- Se capacito a todo el personal de mantenimiento con la utilización de todos los elementos y dispositivos que conforman este sistema, para que en caso de una posible calibración de los dispositivos lo puedan realizar de manera correcta evitando daños al sistema.
- Se sugiere que en caso de realizar mantenimiento al sistema desenergizar la alimentación eléctrica y el cierre del paso de la alimentación de gas hacia el sistema del quemador, para evitar posibles accidentes ocasionado daños al operador e incluso a las instalaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA. (2017). *MANUAL DE ESTADISTICAS ENERGETICAS*. Paris: STEDI.

Alzate, O. F. (09 de Abril de 2017). *Que es un plc siemens logo*. Obtenido de Codigo Electronica : <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-plc-siemens-logo>

Ayuso, M. E. (Octubre de 2017). *ANÁLISIS DE LAS PRÁCTICAS DE QUEMA Y VENTEO DE GAS NATURAL ASOCIADO: OBSTÁCULOS Y AVANCES EN LATINOAMÉRICA*. Obtenido de olade enerLAC: <http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/15/12>

Barragán, A. (2016). *GENERACIÓN EÓLICA EN EL ECUADOR: ANÁLISIS DEL ENTORNO Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO*. Cuenca.

BOLAÑOS, K. M. (8 de Agosto de 2019). *Automatización de una electroválvula de flujo de gas licuado de petróleo*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9388>

Brucart, E. B. (1987). *Gas Natural*. Barcelona : Editores Tècnics Associats S.A.

Construmàtica. (2020). *TRANSFORMADORES DE IGNICIÓN*. Obtenido de Construmàtica: [https://www.construmatica.com/archivos/27943/listado\\_de\\_capitulos/capitulo\\_13/presostatos/presostato\\_para\\_gas\\_y\\_aire\\_prd.pdf](https://www.construmatica.com/archivos/27943/listado_de_capitulos/capitulo_13/presostatos/presostato_para_gas_y_aire_prd.pdf)

Di Sbroiavacca, N. -D.-N.-C. (03 de Mayo de 2019). *Rol y perspectivas del gas natural en la transformacion energetica de America Latina*. Obtenido de CEPAL: <http://hdl.handle.net/11362/44596>

ELECTRO INDUSTRIA . (Octubre de 2018). *Termocupla o PT100*. Obtenido de ELECTRO INDUSTRIA :

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3324&ni=termocupla-o-pt100>

Electroclub Didactic. (14 de Agosto de 2020). *Software LOGO!Soft Comfort V8.0 Siemens*. Obtenido de Electroclub Didactic: <https://www.electroclub.com.mx/2020/08/descargar-software-logosoft-comfort-v80.html>

Faria, A. P. (01 de Julio de 2016). *Reacción de Combustión*. Obtenido de ESSS: <https://www.esss.co/es/blog/reaccion-de-combustion-que-es/>

Gil, E., & Cadavid, F. (1999). *Emisiones de monóxido de carbono y metano en un quemador atmosférico de gas natural*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Antioquia: [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5895/1/AmellAndres\\_1999\\_EmisionesMonoxidoCarbono.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5895/1/AmellAndres_1999_EmisionesMonoxidoCarbono.pdf)

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación 6ta Edición*. México: McGraw Hill.

Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación 6ta Edición*. México: McGraw Hill.

Latina, P. (26 de Abril de 2019). *LIBERAN PRECIO DEL GAS NATURAL EN ECUADOR, EXCEPTO PARA USO DOMÉSTICO*. Obtenido de LA NACION : <https://lanacion.com.ec/liberan-precio-del-gas-natural-en-ecuador-excepto-para-uso-domestico/>

Logicbus. (2021). *Módulos de Expansión Digitales para PLC Serie FBs*. Obtenido de Logicbus: [https://www.logicbus.com.mx/tablas\\_plc\\_fbs\\_digitales.php](https://www.logicbus.com.mx/tablas_plc_fbs_digitales.php)

Moreno, M. A. (Enero de 2021). *APUNTES DE CONTROL PID*. Obtenido de Academia: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39445583/Control\\_Pid-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1625640448&Signature=KgZKBwDCkhj15-7IwUrEJF3gJB8EzG14xEVbjT6ByWZpQOmG8tt55lzoULazNlvUsueyK](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39445583/Control_Pid-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1625640448&Signature=KgZKBwDCkhj15-7IwUrEJF3gJB8EzG14xEVbjT6ByWZpQOmG8tt55lzoULazNlvUsueyK)

TCsJahFcmEumvIps1dddHOJ4dcXO3PgPFpNbrPt9ZDrm7i6QFhqORFl  
McnzO3N5lZljUoGRxa92

Naturgy. (22 de Noviembre de 2016). *Características a tener en cuenta en los quemadores industriales*. Obtenido de Naturgy: [https://www.naturgy.es/empresas/blog/caracteristicas\\_a\\_tener\\_en\\_cuenta\\_en\\_los\\_quemadores\\_industriales](https://www.naturgy.es/empresas/blog/caracteristicas_a_tener_en_cuenta_en_los_quemadores_industriales)

NATURGY. (28 de Febrero de 2017). *Combustión*. Obtenido de Naturgy: [https://www.naturgy.es/empresas/blog/combustion\\_lo\\_que\\_tienes\\_que\\_saber\\_2](https://www.naturgy.es/empresas/blog/combustion_lo_que_tienes_que_saber_2)

NUTEC BICKLEY. (3 de Mayo de 2019). *Beneficios de un buen control de la relación aire / combustible en hornos industriales y cómo calcularlo*. Obtenido de NUTEC BICKLEY: <https://www.nutecbickley.com/es/blog/beneficios-de-un-buen-control-de-la-relacion-aire-combustible-en-hornos-industriales-y-como-calcularlo>

PERALES, Y. W. (2019). *Conversión e instalación de un quemador riello de 17 mmbtu/hora a un Sistema Honeywell de automatización y regulación de aire y gas natural para una caldera Piro tubular de 400 bhp.Laive- Ate*. Obtenido de Repositorio Institucional Digital Universidad Nacional de Callao: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5694>

Pirobloc. (s.f.). *Quemadores*. Obtenido de Pirobloc: <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/#cap8>

Sanchis, J. C. (29 de Marzo de 2016). *Partes de un quemador mecánico*. Obtenido de Calderas Industriales : <https://www.calderasformacion.com/partes-de-un-quemador-mecanico/>

Thermal Combustion . (05 de Noviembre de 2018). *Que son y como funcionan los sensores de flama* . Obtenido de Thermal Combustion :

<https://www.thermalcombustion.com/que-son-y-como-funcionan-los-sensores-de-flama/#comment-192>

Thermal Combustion . (7 de Noviembre de 2018). *Tipos de quemadores para gas* .  
Obtenido de Thermal Combustion :  
<https://www.thermalcombustion.com/tipos-de-quemadores-para-gas/>

Thermal Combustion. ( 21 de Junio de 2019). *Como funciona el control de flama Siemens*.  
Obtenido de Thermal Combustion:  
<https://www.thermalcombustion.com/como-funciona-el-control-de-flama-siemens/>

Thermal Combustion . (14 de Abril de 2020). *DETECTOR DE FALLA DE FLAMA*.  
Obtenido de Thermal Combustion :  
<https://www.thermalcombustion.com/tipos-de-flamas/>

Thermal Combustion . (21 de Septiembre de 2020). *Quemador modulante*.  
Obtenido de Thermal Combustion:  
<https://www.thermalcombustion.com/?s=valvula+modulante>

Thermal Combustion. (13 de Octubre de 2020). *Tipos de sensores de flama de acuerdo con su principio de funcionamiento*. Obtenido de Thermal Combustion: <https://www.thermalcombustion.com/blog/page/5/>

Thermal Combustion. (8 de Octubre de 2020). *Tipos de válvulas de seguridad*.  
Obtenido de Thermal Combustion:  
<https://www.thermalcombustion.com/blog/page/6/>

Wong, A. C. (7 de Marzo de 2017). *¿Cómo elegir el regulador de gas adecuado?*  
Obtenido de Heat Wave :  
<https://www.heatwave.com.mx/noticias/regulador-de-gas/>

ZURICH - PERÚ VALVES. (15 de Enero de 2018). *Tipos de valvulas de gas y petrolèo*. Obtenido de Zurich Perù Valves: <http://www.zurich-valves.pe/blog/tipos-valvulas-gas-petroleo/>

## ANEXOS

EDESA

Quito 27de Septiembre del 2021

### CERTIFICADO

La empresa EDESA S.A. certifica que el señor MARCO VINICIO VALENZUELA MAIGUA con CI 172451711-3, realizo su proyecto de titulación en nuestras instalaciones para mejorar el proceso productivo, con la "AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE QUEMADOR A GAS MEDIANTE UN PLC LOGO SIEMENS V8, PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DEL AGUA", con lo cual se alarga la vida útil de los moldes de yeso generando un ahorro significativo en materia prima.

Es todo cuanto podemos mencionar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del mismo como creyere conveniente.

  
Manolo Guaman  
ADMINISTRADOR DE PERSONAL  
Ingeniería y Mantenimiento.

EDESA S.A.  
Av. Morán Valverde Oe3-191 y Quitumbe Ñan, Chilligallo, Quito,  
Ecuador Tel: +593-2-395 2900 • Guayaquil: Av. de las Américas y  
Carlos Luis Plaza Dañín esd. Tel: +593-4-239 4971 • Cuenca: Av. Gran  
Colombia 22-270 y Unidad Nacional Tel: +593-7-408 4218. Servicio al  
Cliente: +1-800-783337 [www.edesa.com.ec](http://www.edesa.com.ec) • [www.briggs.com.ec](http://www.briggs.com.ec)



Fanaloza

**Anexo 1.** Certificado de proyecto en Edesa S.A  
**Elaborado por:** Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

Fuente: Empresa Edesa S.A.



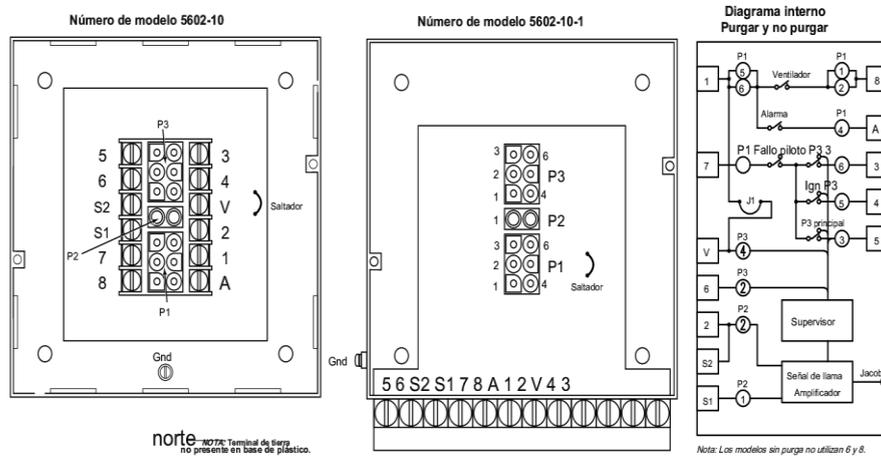
ENCUESTA SOBRE EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE VACIADO GAMA

Por favor llenar la siguiente encuesta con un SI o NO según corresponda su conocimiento

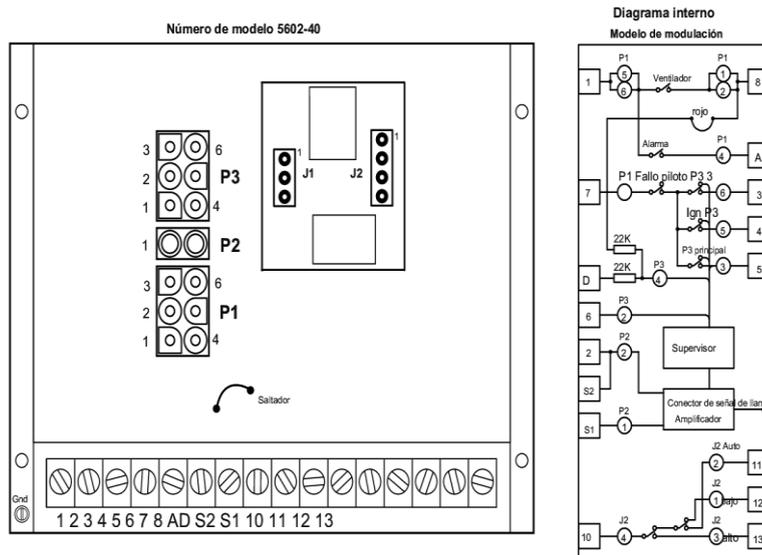
Nombre y Apellido:	¿Usted ha escuchado hablar sobre automatización?	¿Tiene su entorno alguna automatización ?	¿Existen un control automático del sistema de agua?	¿Emplea algún software específico para el control de la temperatura del agua?	¿Requiere un permanente control el sistema de agua caliente?	¿Existen pérdidas de producto por mala temperatura de agua?	¿Le gustaría automatizar el sistema de agua caliente?
Louis Zubela	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Steven Almachi	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Carlos Bonilla	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO
Alex Quispe	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Juan Prado	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Paul Quiza	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Fredy Cocobar	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO
Herman Caizatoa	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Alex Goria.	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Thony Quispe.	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Samuel Hurtado	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Evelyn Estrella	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
FRANKLIN CORONA	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Jefferson Quisquina	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Andres Alarcón	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
David Almitaxi	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI

Anexo 2. Encuesta realizada a operarios  
 Elaborado por: Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
 Fuente: Empresa Edesa S.A.

Figura . Bases de purga y sin purga



Base modulante



**Anexo 3.** Diagrama interno controlador 5602-10-1  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Manual de instrucciones de Eclipse Veri-Flame 818-2 / 02

**Posiciones de la leva (ajustes de fábrica)**

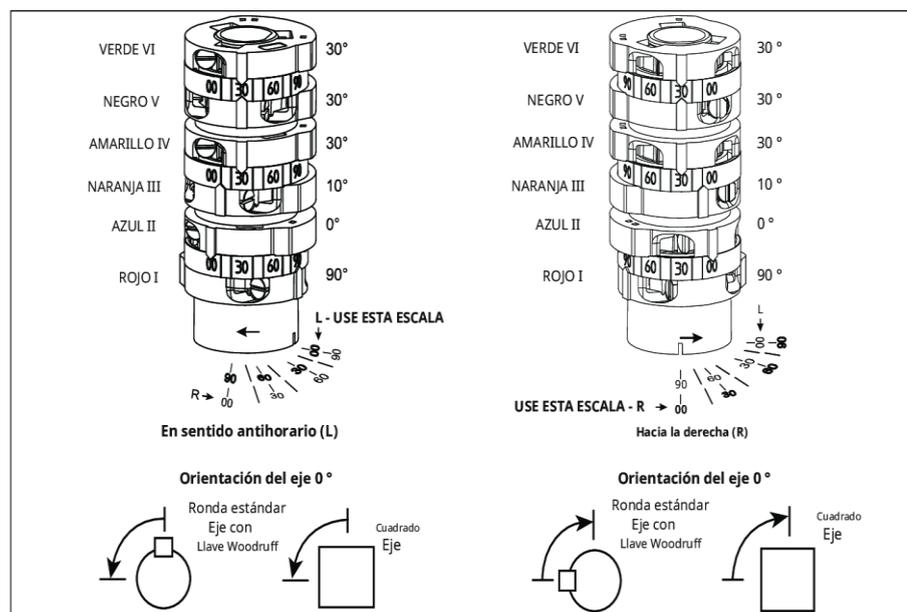


Figura 3.10.

**Versión básica, escalón de 3 posiciones**

Color	Posición de la leva	Leva	Preajuste
ROJO	Cam yo	Fuego alto	90 grados
AZUL	Cam II	Apagado / fuego bajo	0 grados
NARANJA	Cam III	Posición de encendido	10 grados
AMARILLO	Cam IV	Interruptor AUX	30 grados
NEGRO	Cam V	Interruptor AUX	30 grados
VERDE	Cam VI	Interruptor AUX	30 grados

**Versión básica, escalón de 2 posiciones**

Color	Posición de la leva	Leva	Preajuste
ROJO	Cam yo	Fuego alto	90 grados
AZUL	Cam II	Apagado / fuego bajo	0 grados
NARANJA	Cam III	Posición de encendido	10 grados
AMARILLO	Cam IV	Interruptor AUX	30 grados
VERDE	Cam VI	Interruptor AUX	30 grados

**Versión electrónica**

Color	Posición de la leva	Leva	Preajuste
ROJO	Cam yo	Fuego alto	90 grados
NEGRO	Cam V	Fuego bajo	10 grados
VERDE	Cam VI	Apagado / Encendido	0 grados

**Anexo 4. Posición levas actuador TP 520**

**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua

**Fuente:** Actuador Eclipse T500, Manual de instrucciones 902, 7/10/2014



**Anexo 5.** Colocación de canaletas y riel din  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 6.** Colocación de los elementos de accionamiento  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 7.** Montaje del tablero de control principal  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 8.** Desmontaje del sistema actual  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 9.** Montaje tren de válvulas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 10.** Colocación termocupla PT100  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 11. Colocación sensor de llama**  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 12. Pintado de tuberías de gas**  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 13.** Conexión de cables arrancador Sirius 3RW4037-1BB14  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 14.** Montaje relay Camsco 24 VDC  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 15.** Calibrando controlador temperatura TCN4S  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 16.** Cargando programa a Plc Logo Siemens V8  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 17.** Verificando voltajes tablero controlador llama  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 18.** Verificando fugas de gas  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 19.** Regulando presostato de alta y baja presión  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 20.** Pruebas de funcionamiento  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia



**Anexo 21.** Sistema quemador a gas terminado  
**Elaborado por:** Marco Vinicio Valenzuela Maigua  
**Fuente:** Propia