



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA DE TESIS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO AUTOMATIZADO PARA LA UTILIZACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR, QUE SERVIRÁ PARA LA FORMACIÓN PRÁCTICA EN LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE.

PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

DAVID CASTILLO SORIANO

TUTOR:

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MSc.

LA LIBERTAD- ECUADOR

2014 – 2015

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante la carrera.

David

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos a las personas e instituciones que de una manera desinteresada me brindaron su apoyo para dar por culminado este trabajo.

A los docentes, autoridades y demás personas que me ayudaron desde el principio, apoyándome e instruyéndome día a día de conocimientos para así poder concluir la carrera de Ingeniería Industrial en la prestigiosa Universidad Estatal Península de Santa Elena.

De manera especial al Ingeniero Marco Bermeo, tutor de mi tesis, ya que sin su ayuda profesional y su guía no hubiera podido culminar este trabajo de investigación.

David

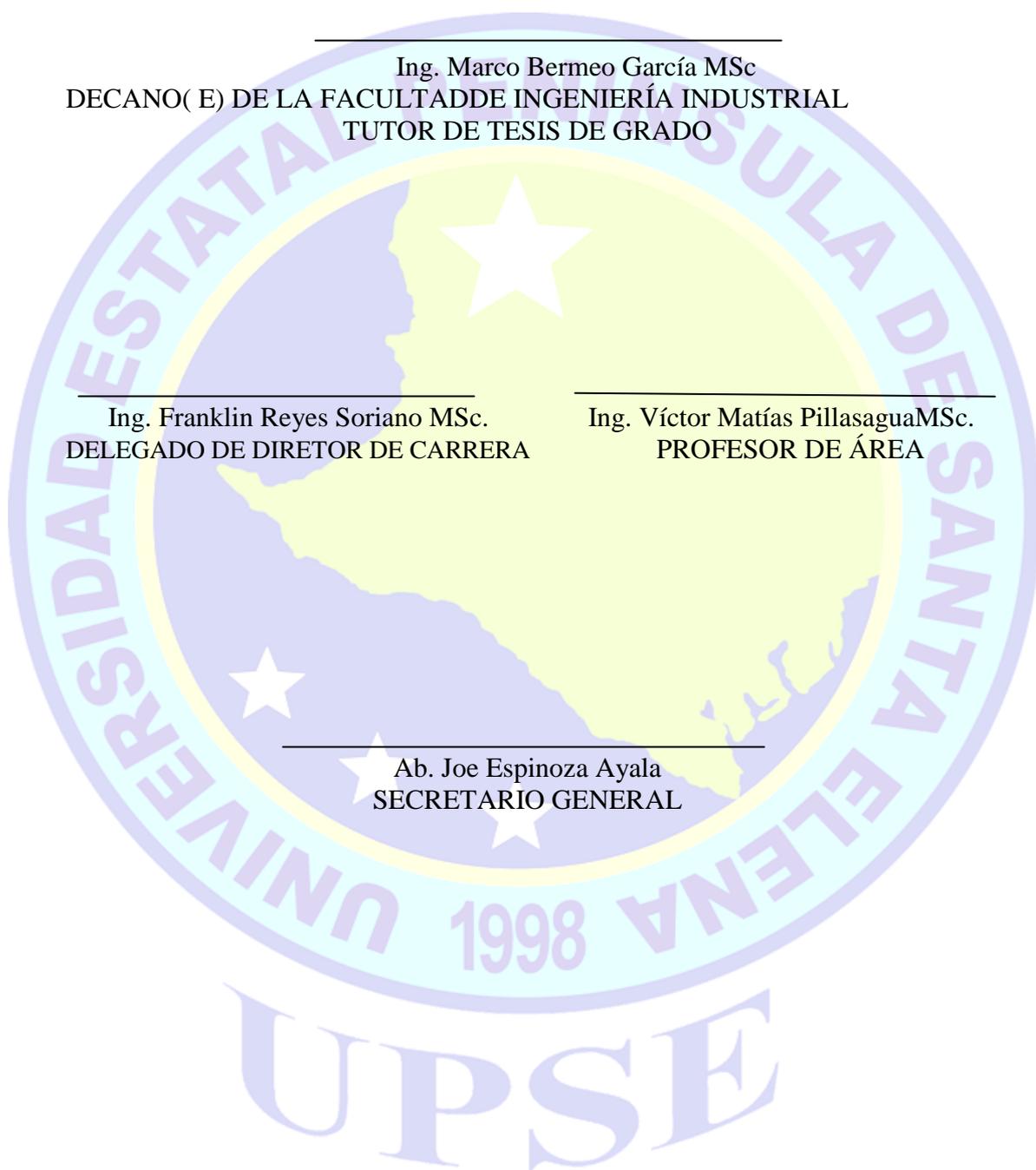
TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Marco Bermeo García MSc
DECANO(E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TUTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Franklin Reyes Soriano MSc.
DELEGADO DE DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Víctor Matías Pillasagua MSc.
PROFESOR DE ÁREA

Ab. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL



ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pag
CARATULA	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADO	V
RESUMEN	
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES	
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. La caldera y su funcionamiento. la caldera pirotubular	4
1.3.1. Funcionamiento	5
1.3.1.1. Zona de liberación de calor	6
1.3.1.2. Zona de tubos	6
1.3.1.3. Quemador	7
1.3.1.4. McDonell o control de nivel	7
1.4. Los sistemas eléctricos en los equipos industriales como las calderas	7
1.4.1. Sistemas de control para caldera pirotubular	8
1.4.2. Sistema de control de nivel y alimentación de agua	9
1.4.2.1. Control de nivel por electrodos	9
1.4.2.2. Control de nivel tipo flotador McDonell	11
1.4.2.3. Sistema de control de llama	12

1.4.2.4. Sistema de control de temperatura	14
1.4.2.5. Sistema de control de presión	15
1.5. PLC (controlador lógico programable)	16
1.5.1. Clasificación de los PLC	18
1.5.1.1 Por la construcción	18
1.5.1.2. Por el número de entradas y salidas	19
1.5.2. Ventajas y desventajas de los PLC	19
1.5.2.1. Ventajas	20
1.5.2.2. Desventajas	21
1.5.3. Estructura de un PLC	21
1.5.3.1. Fuente de alimentación	22
1.5.3.2. CPU (central procesingunit)	22
1.5.3.3. Módulo de entradas	23
1.5.3.3.1Tipos de entradas	24
1.5.3.3.2.Módulos de salida	25
1.5.3.3.3.Tipos de salidas	27
1.5.3.4. Terminal de programación	28
1.5.3.5. Periféricos	29

CAPÍTULO II SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

2.1. El pensum académico y los estudiantes de la facultad	31
2.2. Investigación y análisis de las insuficiencias de las asignaturas que tienen horas prácticas y necesidad de instalaciones eléctricas. Aplicaciones de encuestas a estudiantes.	34
2.2.1. Estudio de la práctica en la asignatura de termodinámica	35
2.2.2. Estudio de la práctica en la asignatura de procesos industriales.	35
2.2.3. Estudio de la práctica en la asignatura de Operaciones Unitarias.	36
2.3. Análisis investigativo referente a la problemática	36
2.3.1 Población y muestra	37

2.3.2.	Aplicación de encuesta	39
2.3.3.	Análisis de resultados	47
2.4.	Matriz de identificación y evaluación de necesidades	48
2.5.	Análisis y conclusiones	50

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO

3.1.	Plano de ubicación del caldero y de los equipos complementarios eléctricos y electrónicos	52
3.2.	Diseño del caldero pirotubular	53
3.3.	Componentes eléctricos y electrónicos	54
3.3.1.	Control de presión	54
3.3.2.	Válvula de seguridad	54
3.3.3.	Control de nivel de agua	55
3.3.4.	Flotador	56
3.3.5.	Válvula termostática	56
3.3.6.	Control de flama	57
3.3.7.	Fotocelda para control de llama	58
3.3.8.	Modutrol	58
3.3.9.	Switch de alta y baja presión	59
3.3.10	Quemador a diesel	59
3.3.11.	Termostato	60
3.3.12.	Manómetro	60
3.3.13.	Gabinete eléctrico	61
3.3.14.	Relé térmico	61
3.3.15.	Sensor de presión	62
3.3.16.	Relé DIN 35mm	62
3.3.17.	Luces piloto	63
3.3.18.	Pulsador tipo hongo	63
3.3.19.	Cable de control	63

3.3.20. Contactor de bomba monofásico	64
3.4. Características de máquinas, equipos y herramientas para la construcción de sistema eléctrico	65
3.4.1. Especificaciones requeridas del equipo	65
3.4.2. Selección de materiales a utilizar	66
3.4.3. Máquina y herramientas a utilizar	67
3.5. Los planos eléctricos para el funcionamiento de la caldera	68
3.5.1. Descripción del diagrama eléctrico	69
3.5.2. Plano de construcción civil para el complemento de las Construcciones eléctricas	71
3.6. Construcción e instalaciones de los equipos eléctricos y electrónicos del caldero	72
3.7. Manuales para el funcionamiento mantenimiento y seguridad industrial en sistema eléctrico de caldera	73
3.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales en la construcción de instalaciones eléctricas del caldero	75
3.8.1 Resumen del análisis de la matriz de la identificación de riesgos	76
3.8.2 Identificación de riesgos físicos	77
2.8.3 Identificación de impacto social	79

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA PROPUESTA

4.1 Inversión total de la propuesta: Activos fijos, costos y gastos	80
4.1.1. Valor de materiales y accesorios de controles eléctricos y electrónicos empleados para la construcción del sistema didáctico	81
4.1.2. Valor de construcciones civiles para los equipos eléctricos y electrónicos	82
4.2. Costos y gastos de operativos de instalación	82
4.3. Fuentes de financiamiento de la propuesta	83

4.4. Evaluación social de la propuesta en beneficio de la educación profesional de la Facultad de Ingeniería Industrial	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDOS		PÁG.
TABLA N° 1	Pregunta n° 1 de encuesta	40
TABLA N° 2	Pregunta n° 2 de encuesta	41
TABLA N° 3	Pregunta n° 3 de encuesta	42
TABLA N° 4	Pregunta n° 4 de encuesta	43
TABLA N° 5	Pregunta n° 5 de encuesta	44
TABLA N° 6	Pregunta n° 6 de encuesta	45
TABLA N° 7	Pregunta n° 7 de encuesta	46
TABLA N° 8	Pregunta n° 8 de encuesta	47
TABLA N° 9	Matriz de identificación y evaluación de necesidades	48
TABLA N° 10	Selección de materiales a utilizar	66
TABLA N° 11	Materiales herramientas y accesorios	67
TABLA N° 12	Identificación y evaluación de impacto ambiental en la construcción de instalaciones eléctricas del caldero	75
TABLA N° 13	Identificación de riesgos físicos	77
TABLA N° 14	Identificación de impacto social	79
TABLA N° 15	Inversión del proyecto	80
TABLA N° 16	Valor de materiales y accesorios eléctricos y electrónicos empleados en sistema didáctico	81
TABLA N° 17	Valores aplicados en la construcción civil	82
TABLA N° 18	Costos y gastos operativos de instalación	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDOS		PAG.
GRÁFICO N° 1	Esquema de partes principales del caldero pirotubular	6
GRÁFICO N° 2	Control de nivel de agua por electrodos	10
GRÁFICO N° 3	Operaciones esquemáticas de los contactos en el McDonell	11
GRÁFICO N° 4	Electroválvula	13
GRÁFICO N° 5	Fotocelda ultravioleta	14
GRÁFICO N° 6	Esquema de funcionamiento de un termostato	15
GRÁFICO N° 7	Esquema de funcionamiento de un presóstato	16
GRÁFICO N° 8	Controlador lógico programable (PLC)	17
GRÁFICO N° 9	Estructura de un PLC	22
GRÁFICO N° 10	Representación de captadores positivos	24
GRÁFICO N° 11	Representación de captadores activos	24
GRÁFICO N° 12	Representación de salidas a relés	26
GRÁFICO N° 13	Representación de salidas a triacs	27
GRÁFICO N° 14	Representación de salidas a transistores a colector abierto	27
GRÁFICO N° 15	Terminal de programación portátil	30
GRÁFICO N° 16	Terminal de programación compatible PC	30
GRÁFICO N° 17	Panel de operación	31
GRÁFICO N° 18	Conexión de un visualizador a un PLC	31
GRÁFICO N° 19	Pensum académico	34
GRÁFICO N° 20	Problemas en la práctica	40
GRÁFICO N° 21	Asignaturas llevadas a la práctica	41
GRÁFICO N° 22	Facultad tiene equipos termodinámicos didácticos	42
GRÁFICO N° 23	Falta de práctica genera dificultades	43
GRÁFICO N° 24	Recursos didácticos satisfacen necesidades de los estudiantes	44
GRÁFICO N° 25	Has practicado en calderas pirotubulares	45
GRÁFICO N° 26	Caldero didáctico ayudaría en la formación de los estudiantes	46
GRÁFICO N° 27	De acuerdo en que se construya un caldero pirotubular	47
GRÁFICO N° 28	Análisis de Resultados	48
GRÁFICO N° 28	Ubicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena	52
GRÁFICO N° 29	Diseño de caldero pirotubular	53
GRÁFICO N° 30	Diagrama eléctrico de control de caldera de vapor	68
GRÁFICO N° 31	Diagrama de construcción civil para el complemento de las construcciones eléctricas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDOS		PAG.
FIGURA N° 1	Presóstato	54
FIGURA N° 2	Válvula de seguridad de resorte	55
FIGURA N° 3	Control de nivel de agua	56
FIGURA N° 4	Válvula termostática	57
FIGURA N° 5	Control de llama marca Honeywell	57
FIGURA N° 6	Fotocelda marca Honeywell	58
FIGURA N° 7	Modutrol marca Honeywell	58
FIGURA N° 8	Presóstato de alta y baja presión	59
FIGURA N° 9	Quemador a diesel	59
FIGURA N° 10	Termostato	60
FIGURA N° 11	Manómetro	60
FIGURA N° 12	Gabinete eléctrico	61
FIGURA N° 13	Relé térmico	61
FIGURA N° 14	Sensor de presión	62
FIGURA N° 15	Riel DIN 35mm	62
FIGURA N° 16	Luces piloto	63
FIGURA N° 17	Pulsador tipo hongo	63
FIGURA N° 18	Cable de control	64
FIGURA N° 19	Contactador trifásico	64

INTRODUCCIÓN

La elaboración de este proyecto está vinculada a la necesidad de poder aumentar el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial, en donde se puedan realizar pruebas adecuadas y con la debida capacitación correspondiente dentro de los laboratorios de termodinámica.

Esto será un punto de apoyo para los alumnos que deseen conocer el funcionamiento real de muchos equipos empleados en procesos industriales y a su vez poder formar profesionales que puedan desarrollar sus habilidades en el campo industrial, de esta forma se estaría generando progreso en el ámbito profesional.

La Carrera de Ingeniería Industrial estaría en auge de progreso al implementar con equipos didácticos lo que demostrarían la calidad de enseñanza que se imparten en las aulas de estudio.

Estos recursos servirán de mucho en múltiples asignaturas que son impartidas para el conocimiento técnico teórico y despejaría múltiples dudas sobre el manejo de este tipo de equipos que los estudiantes no conocen, aprendiendo de manera práctica el trabajo generado y sus aplicaciones. Además de conocer los riesgos que se producen por la falta de seguridad en todos sus parámetros.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Un sistema eléctrico automático de control es un conjunto de componentes eléctricos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

En su afán por llevar de la mano conocimientos teóricos acompañados de sistemas didácticos, la facultad por medio de la Escuela de Tecnología Electromecánica, gestionó en el año 2006 la construcción e implementación de un laboratorio eléctrico, el mismo que se efectivizó en el 2008. Pero este laboratorio, tiene equipos que ayudan al sustento teórico en paneles sin tener el contacto directo con alguna maquinaria industrial y entonces existe un vacío de ver esta funcionamiento integro de control.

De acuerdo a las necesidades de educación de formación profesional y práctica de la facultad de Ingeniería Industrial de la UPSE, en asignaturas básicas e importantes como, Operaciones Unitarias, termodinámica, química, el funcionamiento de un caldero complementará el sustento teórico de los alumnos, porque se llevará a la praxis, la relación directa de los cálculos teóricos y el comportamiento de variables como presión, temperatura, calidad operativa y otros relacionados. La propuesta, de construir un caldero podría dar el resultado esperado.

El caldero, si es que no lleva el complemento para su eficiente funcionamiento, como son los equipos, instrumentaciones y sensores eléctricos, electrónicos

alimentados de una fuente segura de transformadores haciendo un conjunto exclusivo para ello, de nada serviría.

Por otro lado, la formación teórica en asignaturas como: Sistemas de Controles Eléctricos, Electricidad Industrial, Física Eléctrica y Seguridad Industrial no han desarrollado la creación de sistemas eléctricos, por lo que ha padecido del complemento práctico en la facultad. Si bien se tiene un laboratorio de electricidad, esto no llena las aspiraciones del estudiante que desean ver el funcionamiento de una máquina productiva (el caldero), con sus componentes eléctricos en un solo conjunto.

Por lo tanto, la forma teórica que se lleva la asignatura de seguridad industrial, en su capítulo de riesgos eléctricos, hace que el estudiante no experimente el real peligro en estos tipo de máquinas y procesos, porque su funcionamiento desde el punto de vista eléctrico, conlleva a realizar mediciones con instrumentos eléctricos que son empleados en los circuitos que se aplican en un sistema eléctrico de control que ameritan trabajarlas en ambiente seguro.

Además de ello, la inexistencia de planos y esquemas de una maquinaria construida en la misma facultad, hace que la educación y formación profesional no sea complementada con la observación directa de su funcionamiento lo que provocaría insuficiencia en el conglomerado estudiantil al no tener la guía documentada que le ayude a calcular y tomar decisiones directas.

Esto tiene como consecuencia el problema de que se construirá un caldero sin funcionamiento al no tener el complemento de conjuntos eléctricos y esto ahondará la incertidumbre de la práctica en la formación profesional del ingeniero industrial

Los procesos industriales tienden a fortalecerse mediante el uso de sistemas de automatización, por medio de dispositivos que faciliten el control automático. El

PLC (Controlador Lógico Programable) es una poderosa herramienta que garantiza seguridad, protección y un correcto funcionamiento de un sistema susceptible a ser automatizado. De esta manera se reduce la inversión y la complejidad de un sistema de control, haciendo factible su realización en un sin número de aplicaciones industriales.

1.2. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Diseñar y construir el sistema eléctrico automatizado para la utilización de una caldera pirotubular, que servirá para la formación práctica en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UPSE.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del problema
- Diseñar y construir el sistema eléctrico para el caldero pirotubular.
- Realizar el estudio económico de la propuesta.

1.3. La caldera y su funcionamiento. la caldera piro tubular

La caldera es una máquina que sirve para la generación de vapor de agua mediante el uso adecuado de combustibles o fuentes de energía calorífica que puedan producir la potencia suficiente que pueda ser transferida a la misma.

El agua de alimentación que va a la caldera es almacenada en un tanque o cámara de agua (nombre que se le da al espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera) con capacidad suficiente para atender la demanda de la caldera, así una válvula de control de nivel mantiene el tanque con agua, a su vez una bomba de alta presión empuja el agua hacia adentro de la caldera por medio de tuberías

(tubos), al tiempo que se da la combustión en el hogar, es visible por el funcionamiento del quemador que produce la flama, el quemador es controlado automáticamente para pasar solamente el combustible necesario (el combustible puede ser sólido, líquido o gaseoso, dentro de los más conocidos se encuentra el carbón, diesel y el gas propano), la flama o calor es dirigida y distribuida a las superficies de calentamiento o tuberías donde la energía térmica liberada en el proceso de combustión se transmite al agua contenida en los tubos (en algunos casos el agua fluye a través de los tubos y el calor es aplicado por fuera a este diseño se le conoce como Acuatubular, en otros casos los tubos están sumergidos en el agua y el calor pasa por el interior de los tubos a este diseño se le conoce como Piro-tubular, estos dos diseños de calderas son los más utilizados, donde se emplean los procesos de radiación, conducción y convección por tuberías a los puntos de uso; en la parte superior de la caldera se encuentra una chimenea la cual conduce hacia afuera los humos o gases de la combustión; en la parte inferior de la caldera se encuentra una válvula de salida llamada purga de fondo por donde salen del sistema la mayoría de polvos, lodos y otras sustancias no deseadas que son purgadas del equipo.

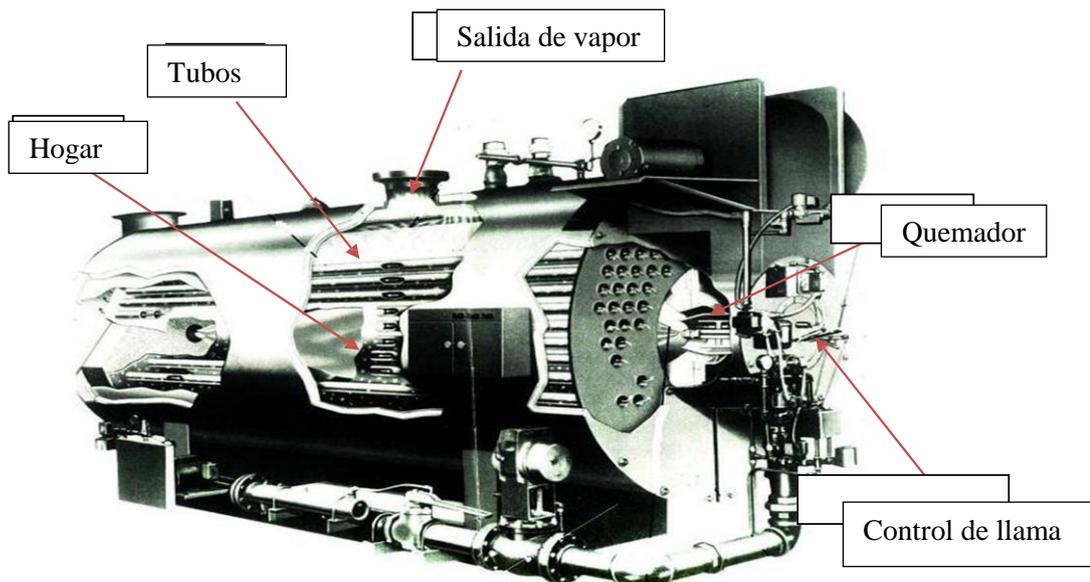
En la caldera existen un conjunto de controles que realizan múltiples funciones de operaciones de seguridad, para aliviar la presión si esta se incrementa mucho, para apagar o encender la flama, para mantener el nivel del agua adecuado o para automatizar el control del nivel del agua, para desactivar los sistemas eléctricos de los motores si estos llegaran a tener problemas de tensión o sobrecarga.

1.3.1 Funcionamiento

Su principio es la transferencia de calor al agua, producida generalmente al quemarse un combustible, sólido o líquido. Los gases calientes producto de la combustión, circulan por un haz de tubos, los cuales se encuentran sumergidos en un tanque que contiene el agua la cual va a ganar calor. De esta manera podemos obtener agua caliente o vapor. Existen cuatro partes que se distinguen por su

importancia, la zona de liberación de calor, conocida como hogar y la zona de transferencia de calor o la de tubos, el quemador y Mc Donell o control de nivel.

Gráfico N° 1 Esquema de partes principales del Caldero Piro tubular



Fuente: Catálogo York Shipley

1.3.1.1 Zona de liberación de calor:

Este es el lugar en donde se quema el combustible. Puede ser interior o exterior con respecto al cilindro del caldero, generalmente es construido de material refractario donde se realiza la transferencia de calor hacia el agua.

1.3.1.2 Zona de tubos

Esta zona es en donde los productos de la combustión (gases o humos) transfieren el calor al fluido de trabajo, por conducción. Está constituida por haces de tubos dentro de los cuales circulan gases calientes o agua.

1.3.1.3 Quemador

Este es el elemento del caldero que produce la combustión mediante la mezcla de aire y combustible, es el encargado de controlar la llama, con el cual manejamos con seguridad, la entrada de combustible, el encendido de la llama, y las chispas del arco de ignición.

1.3.1.5 Mc Donnell o control de nivel de Agua

Este es el sistema con el que podemos controlar el nivel de agua dentro de nuestro caldero, este sistema es muy importante ya que debido a la transferencia de calor se produce la evaporación del agua, bajando nivel de agua o como se le conoce secado del caldero, si no repone el nivel del agua el calor que gana la caldera por la combustión notará a donde transferir el calor, provocando recalentamiento generando daños al equipo.

1.4. Los sistemas eléctricos en los equipos industriales como las caldera

Los controles eléctricos que realmente se aplican en una determinada caldera dependen del combustible a utilizar, así como del sistema para el cual está diseñada.

El técnico y operador deberá identificar y localizar cada control o componente, además de familiarizarse con sus funciones individuales, antes que trate de entender la operación de la caldera y procedimientos de mantenimiento.

El término control cubre los elementos eléctricos y los dispositivos monitoreados por el componente programador usado en muchas máquinas industriales.

La secuencia de operación de arranque hasta el paro, es gobernado por el programador junto con la operación de dispositivos de límite e interconexión.

1.4.1. Sistemas de control para caldera pirotubular

El trabajo de una caldera es el de proporcionar energía a un proceso mediante la oxidación o quema de un combustible, de esta manera realizamos la transferencia de calor desde el hogar del caldero, hacia el fluido de trabajo, en este caso agua. De acuerdo a los requerimientos de nuestra planta debemos tener en nuestro equipo presiones y temperaturas de operación, para lograr esto este proceso requiere de sistemas de control y seguridad que garanticen la obtención de los parámetros de operación en los valores y tiempos requeridos, así como también llevar un control automático sobre el sistema operativo del caldero para minimizar el riesgo de paradas imprevistas o peor aún accidentes en la planta.

Los parámetros importantes a controlar dentro de los calderos entre otros son las presiones de trabajo, que deben estar dentro de los límites operativos del equipo, esto lo conseguimos con el presóstato y válvulas de seguridad, así también es importantísimo garantizar un nivel adecuado de agua dentro de la cámara, este control se lo maneja directamente con el McDonnell y la bomba de alimentación, por último se debe controlar que la combustión dentro del hogar sea la adecuada y sobre todo muy segura para evitar accidentes provocados por explosiones del combustible, es así que es indispensable un fotocélula y ventiladores para inyector a la combustión el exceso de aire que nos permita quemar de una manera correcta el combustible. A continuación detallaremos los sistemas que se requieren para el control del caldero, en los cuales se incluyen los elementos que hemos descrito.

- Sistema de Control de Nivel y Alimentación de agua
- Sistema de Control de Llama
- Sistema de Control de temperatura
- Sistema de Control de Presión
- Circuito de Integración para todos los sistemas de control

1.4.2 Sistema de control de nivel y alimentación de agua

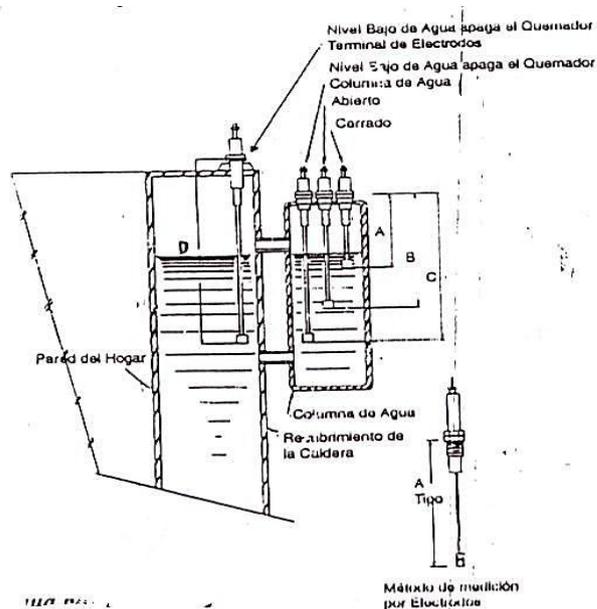
En las calderas Pirotubulares es muy importante garantizar que el nivel cubra a todos los tubos, de esta manera se evita situaciones peligrosas de operación en nuestro equipo. La variable a manejar en este caso es el nivel de agua, el sistema de control debe permitir realizar funciones correctivas para obtener en el caldero un nivel de agua óptimo y seguro, por lo tanto el control de nivel debe enfocarse a realizar básicamente tres acciones, apagado por bajo nivel de agua, encendido o apagado del quemador y control sobre la bomba de alimentación.

En este tipo de calderas se debe tener especial cuidado en mantener toda la pared del tubo cubierta con agua de lo contrario la temperatura de los gases de combustión hará que los tubos tiendan a fragilizarse e inclusive a deformarse. Existen básicamente dos tipos de control de nivel, los de control por electrodos y por flotador Mc.Donnell.

1.4.2.1 Control de nivel por electrodos

Este tipo de control utiliza la conductividad eléctrica del agua para el control del nivel, por ello se lo utiliza cuando en el agua del caldero existen minerales de disolución que permitan una buena conductividad, el diagrama típico se representa en el siguiente gráfico, en donde se puede observar la disposición de los cuatro electrodos, uno se ubica en el cuerpo del caldero D y los tres restantes en recipiente de agua para el control de nivel. La secuencia de operación es la siguiente.

Gráfico N° 2 Control de nivel de agua por electrodos



Fuente: Control automáticos de procesos – Smith Corripio, editorial Limusa

El circuito entre el electrodo D fijado a la carcasa y otro ubicado en el recipiente de nivel, controlan el encendido del quemador una vez que el nivel sea el adecuado para trabajar. El otro par de electrodos enciende o apaga a la bomba de alimentación de agua.

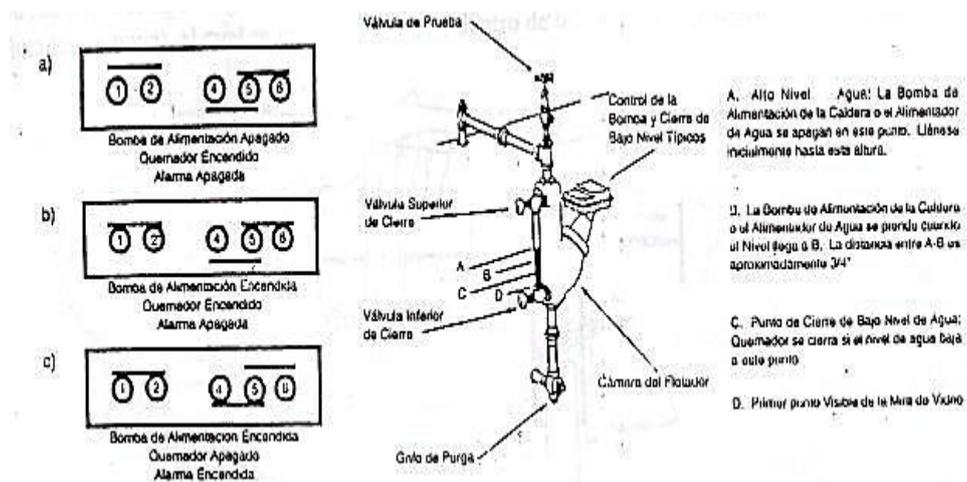
Cuando se inicia la operación del caldero con el nivel de agua bajo, la bomba arranca automáticamente ya que no existe circuito entre los dos electrodos de que controlan el apagado de la bomba, el nivel de agua seguirá aumentando hasta llegar al electrodo más corto(A) en ese instante se producirá el cortocircuito para apagar a la bomba.

De igual manera sucede con el circuito que controla el quemador, únicamente cuando al nivel de agua llega a los electrodos más grandes se inicia el trabajo del quemador. Durante el proceso dentro del caldero existe evaporación esto provoca que el nivel de agua baje hasta un punto intermedio entre el máximo y mínimo, interrumpiéndose otra vez el circuito que mantenía apagada la bomba, de esta manera es posible reponer constantemente el nivel de agua.

1.4.2.2 Control de nivel flotador Mc Donnell

Estos controles de nivel son accionados por un flotador que responde al aumento o disminución del nivel de agua. Cuando la boya cambia su altura debido a la variación en el nivel de agua, acciona una barra que presiona un diafragma sobre el cual están colocados tres bulbos de mercurio que pivotean en su centro, estos cambian su posición y el mercurio líquido que se encuentra en su interior se desplaza gradualmente hasta conectar o desconectar los contactos de acuerdo a la disposición del circuito de control. Generalmente el circuito de control es el siguiente:

Gráfico N° 3 Operaciones esquemáticas de los contactos en el Mc Donnell



Fuente: Control automáticos de procesos – Smith Corripio, editorial Limusa

Cuando la caldera inicia su operación, la boya se encuentra en su nivel más bajo, en este estado, el bulbo número 1 de dos contactos se encuentra cerrado permitiendo el paso de corriente para encender la bomba de alimentación de agua. En este instante los contacto 1 y 2 se encuentran cerrados como vemos en número 2, caso c, paralelamente a esto el bulbo número dos que comanda el encendido del quemador se encuentra abierto, terminales 5 y 6, y el encendido para el sistema de alarmas cerrado en los terminales 4 y 5.

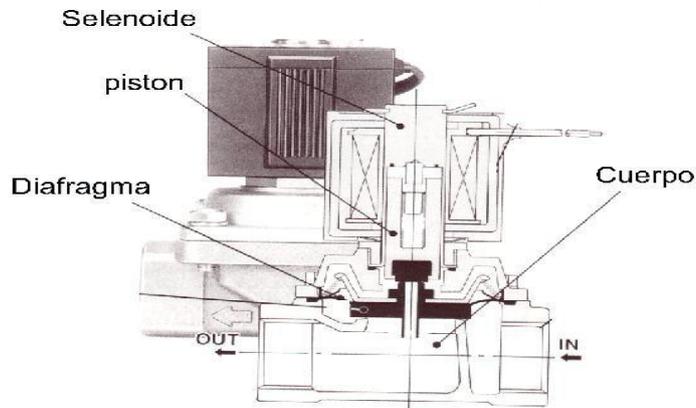
A medida que se incremente el nivel de agua la boya mediante su barra de accionamiento inclinaran hacia el otro lado los bulbos logrando que el mercurio se desplace y deje libre los contactos de las alarmas y cierre el circuito de encendido del quemador gráfico N° 2 caso b. El caldero se mantendrá funcionando normalmente en esta manera hasta que el nivel de agua suba lo suficiente para inclinar la boya y esta a su vez al bulbo; de tal manera que se abran los contactos 1 y 2 que controla en encendido de la bomba, mientras que los contactos 5 y 6 permanezcan cerrados gráfico N° 2 caso a. La evaporación del agua provocará que el nivel de la misma disminuya hasta un mínimo permitido, en donde se debe reponer el agua, en este momento el bulbo numero 1 cierra nuevamente los contactos 1 y 2 para encender la bomba, mientras los contactos 5 y 6 del quemador se mantiene cerrados.

1.4.2.3 Sistema de control de llama

Dentro de los sistemas de control de un caldero, el control de llama es uno de los más delicados ya que se debe garantizar el buen manejo y distribución del combustible, de esta manera se obtiene la transferencia de calor adecuada y sobre todo se garantiza la seguridad del sistema. Básicamente lo que se debe manejar en este sistema son el paso de combustible, la chispa de encendido y la seguridad de la llama.

En lo que respecta al control y regulación del paso de combustible un elemento muy utilizado para realizar esta función son las electroválvulas, elementos eléctrico que permiten abrir o cerrar el paso de un fluido mediante un pulso eléctrico.

Gráfico N° 4 Electro válvula



Fuente: Catálogo SMC instrumentación neumática

Así también se tiene las válvulas manuales de regulación de caudal, para obtener un flujo de combustible de acuerdo a lo requerido por el sistema.

En los quemadores, el encendido de la llama generalmente es provocado por un arco eléctrico generado por un transformador que eleva la tensión, este voltaje es conducido hacia un par de electros los cuales están ubicados en la boca del quemador, muy juntos entre sí, cuando se realiza la descarga, un arco atraviesa de un electrodo hacia el otro, el combustible aprovecha el calor generado por este cortocircuito y comienza a combustionarse, claro está que este sistema también debe ser controlado, para ello se utiliza el conocido Protector Relay, que no es nada más que un temporizador, que mantiene el arco eléctrico durante un tiempo programado generalmente 15 segundos y luego corta la tensión para parar el corto circuito, así protegemos los electrodos y el transformador.

La parte del control del proceso de ignición del combustible, está cubierta por un sensor de luminosidad más conocido como fotocélula, este elemento detecta si existe o no la presencia de llama el momento en el que la válvula de combustible se encuentra abierta. Si el funcionamiento del ciclo de combustión es el correcto la fotocélula detectará la luminosidad de la llama y dejará abierto el paso del combustible, en el caso en donde la combustión falle la fotocélula que en este caso

hace la función de un contacto normalmente cerrado, ante la ausencia de la llama, se abrirá eliminando la tensión en la bobina de la electro válvula lo que provoca que se cierre el paso de combustible.

Gráfico N° 5 Foto Célula Ultravioleta



Fuente: Catálogo Allen Bradley, pág.49

Generalmente los quemadores en la actualidad ya vienen con un sistema de control de llama incorporado, lo que facilita el manejo en las instalaciones de los calderos, es necesario entonces analizar esquemáticamente el circuito completo de funcionamiento de un quemador.

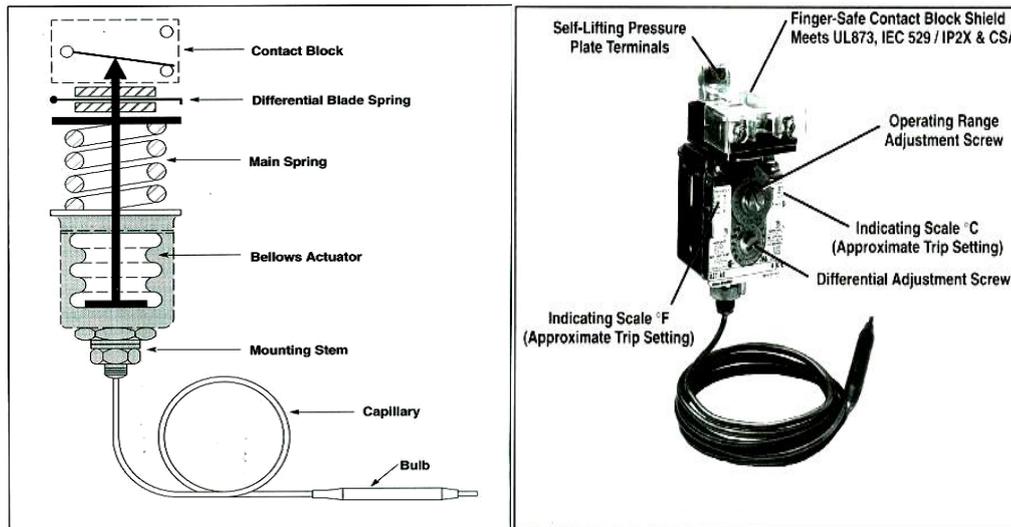
1.4.2.4 Sistema de control de temperatura

Este sistema se encuentra regido en su totalidad por un termostato que funciona de la siguiente manera:

El termostato no es nada más que un contacto On/Off, que abre o cierra un circuito cuando llega a sus límites de máxima y mínima temperatura, El incremento de la temperatura en un material conductor hace que varíe la

resistencia del mismo, en este caso la temperatura afecta al diafragma que se encuentra en el interior del termostato, haciendo que active o desactive un contacto.

Gráfico N° 6 Esquema de funcionamiento de un termostato



Fuente: Catálogo Allen Bradley

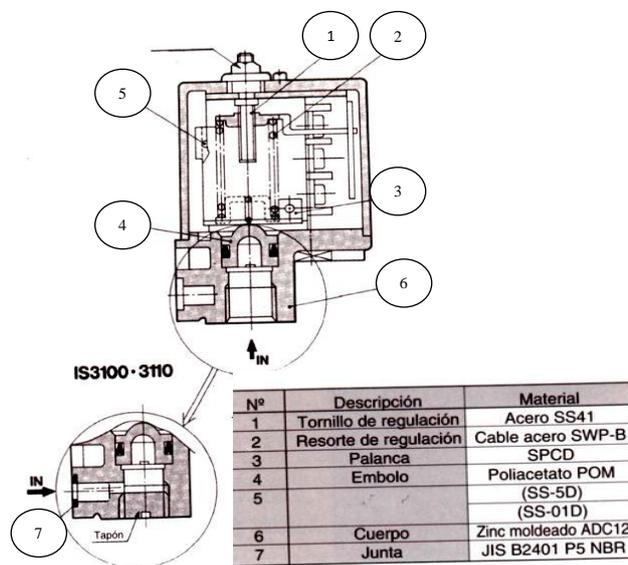
De esta manera práctica se puede controlar en el caldero la temperatura mínima y la máxima a la que se desee que llegue a operar de acuerdo al requerimiento del sistema de procesos.

1.4.2.5 Sistema de control de presión

Es muy importante tener nuestro caldero un instrumento que nos permita controlar los rangos de presión de trabajo dentro. El elemento que nos permite realizar esta función es el Presostato, este equipo electromecánico poseen en si interior dos contactos ON/OFF, cada contacto pertenece a un límite inferior y superior respectivamente.

Su principio de funcionamiento es el siguiente, un diafragma previamente calibrado es el que activa o desactiva los contactos, cuando la presión de trabajo es superior a la resistencia mecánica del resorte, este cede y cambia la posición de su contacto, de igual manera cuando la presión disminuye la fuerza del resorte se vuelve superior a la provocada por la presión de trabajo en ese instante el resorte hace que su contacto nuevamente cambie de posición.

Gráfico N° 7 Esquema de funcionamiento de un Presostato



Fuente: Catálogo Allen Bradley

De acuerdo a la calibración que se realice en el presóstato se puede hacerlo trabajar de tal manera que mantenga un rango de presión entre un mínimo un máximo controlando así la presión de trabajo.

1.5 PLC (Controlador Lógico Programable)

Los PLC (por sus siglas en inglés, ProgrammableLogicController) o Controladores Lógicos Programables son dispositivos electrónicos computarizados utilizados en Automatización de Procesos Industriales. A

diferencia de las computadoras en general, el PLC está diseñado para poseer múltiples entradas y salidas, soportar amplios rangos de temperatura, ser inmune a sobrecargas eléctricas y ser resistente a las vibraciones y el impacto. Los programas para el control de la operación del sistema son almacenados en una memoria no volátil o respaldada por una batería. Este equipo controla en tiempo real los procesos secuenciales, ya que los resultados generados por las salidas se producen como respuestas a las condiciones de entrada en tiempos infinitesimales.

Gráfico N° 8 Controlador Lógico Programable (PLC)



Fuente:<http://www.sc.edu.es/sbweb/webcentro/automatica>

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como; lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 – 5 VDC, 4 – 20 mA, entre otros.), varios tipos de máquinas o procesos".

1.5.1 Clasificación de los PLC

Debido a la gran cantidad de tipos de PLC, es conveniente realizar una clasificación en base a aspectos relevantes y distintivos de estos aparatos. Los dos criterios más utilizados para este fin son el tipo de construcción y el número de entradas y salidas que disponga el equipo, ya que en los demás aspectos estructurales son bastante parecidos.

1.5.1.1 Por construcción

Modular

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son: Rack, Fuente de Alimentación, CPU, Módulos de E/S (Entrada y Salida). La sujeción de los mismos se hace por carril, placa perforada o sobre Rack, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos.

De estos tipos existen desde los denominados Micro PLC que soportan gran cantidad de E/S, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de E/S.

Semimodular

Se caracteriza por separar las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programay fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S. Son los PLCde gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

Compacto

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulosde E/S en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas E/Shasta

varios cientos (alrededor de 500 E/S), su tamaño es superior a los NanoPLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de E/S

Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

1.5.1.2 Por número de entradas y salidas

- Nano (< 64 E/S)
- Micro (64 E/S)
- Pequeño (65 a 255 E/S)
- Mediano (256 a 1023 E/S)
- Grande (> 1024 E/S)

1.5.2 Ventajas y desventajas de los PLC

Sin duda un PLC posee grandes ventajas respecto a los anteriores sistemas de control, por lo cual su uso se ha difundido en diversos campos. Como todo instrumento sujeto a ser perfeccionado posee también unas pocas desventajas. Estas ventajas y desventajas dependen en gran medida del modelo, tipo, marca e innovaciones del PLC. Sin embargo, de modo general se pueden enumerar algunas de estas:

1.5.2.1 Ventajas

- La capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande para la mayoría de aplicaciones.
- La cantidad de materiales se reduce significativamente por lo que se facilita el desarrollo de proyectos de ingeniería.
- Se reduce el espacio de ocupación del sistema de control en general.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- El mantenimiento se torna más fácil y económico que los sistemas antiguos de relés. Se aumenta la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, estos dispositivos pueden detectar averías.
- Posibilidad de controlar varios equipos con un mismo PLC. Inclusive si algún equipo queda fuera de servicio, el PLC se puede utilizar en otra aplicación.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado e instalación.
- Flexibilidad de configuración y programación.
- Reducción de costos en especial en el control de sistemas complejos.
- Los avances computacionales permiten obtener un control más sofisticado.
- La confiabilidad en los componentes le permite operar durante muchos años antes de que se produzca una falla.
- Excelente respuesta a grandes variaciones en los sistemas de vapor, manteniendo la precisión en la presión de vapor.

1.5.2.2 Desventajas

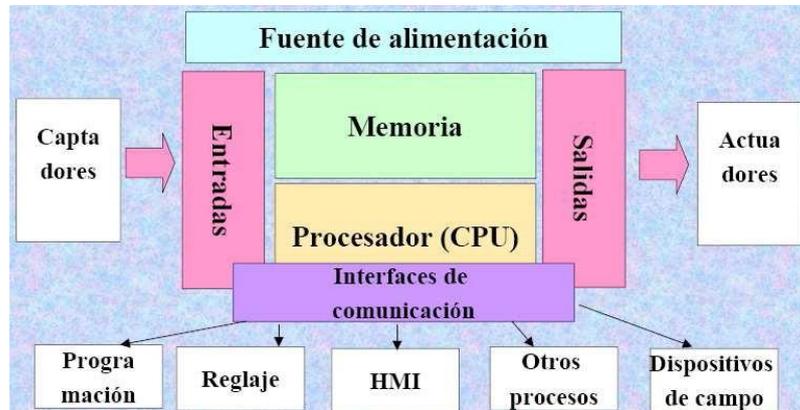
- Para la aplicación del PLC se requiere de personal técnico capacitado en la programación de este equipo, que puede hacerse en distintos lenguajes. Este programador debe conocer la lógica del control a realizar, los parámetros buscados y poseer habilidades informáticas.
- El coste inicial del equipo puede ser elevado mientras más sofisticado sea el PLC requerido.

1.5.3 Estructura de un PLC

La estructura básica de un PLC está constituida por los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entradas
- Módulo de salidas
- Terminal de programación
- Periféricos
- Interfaces de comunicación
- Memoria

Gráfico N° 9 Estructura de un PLC



Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

1.5.3.1 Fuente de alimentación

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220 V AC, a baja tensión necesaria para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema del PLC. La alimentación a la CPU puede ser de 24 V DC, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o a 110/220 V AC. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La alimentación a los circuitos de E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 V AC o en continua a 12/24/48 V DC.

La fuente de alimentación del PLC puede incorporar una batería, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el PLC.

1.5.3.2 CPU

La CPU (Central Processing Unit) o Unidad Central de Procesamiento es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y consultando el módulo de entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

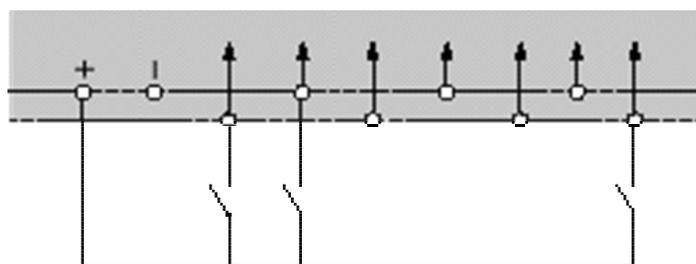
- Procesador
- Memoria monitor del sistema
- Circuitos auxiliares

1.5.3.3 Módulo de entradas

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, otros.). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas:

- Captadores pasivos Los captadores pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado – no activado, por medio de una acción mecánica, como interruptores, pulsadores, entre otros.

Gráfico N° 10 Representación de captadores pasivos



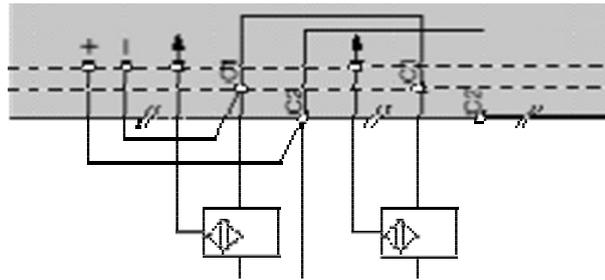
Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

Captadores activos

Los captadores activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes

tipos de detectores (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos). Muchos de estos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del PLC.

Gráfico N° 11 Representación de captadores activos



Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

1.5.3.3.1 Tipos de entradas

Entradas digitales

Los módulos de entrada digitales permiten conectar captadores de tipo 1 ó 0 como finales de carrera, pulsadores, otros. Trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan 0 voltios se interpreta como un "0".

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas:

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador

Entradas analógicas

Los módulos de entradas analógicas permiten que los PLC programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal. Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómatas. Lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómatas suele trabajar con señales digitales.

Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (período muestreo). Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

1.5.3.3.2 Módulos de salida

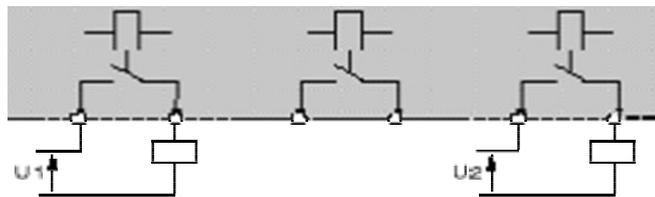
El módulo de salidas del PLC es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, otros.). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que éstas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el PLC, se puede utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

Módulos de salidas a relés

Son usados en circuitos de corriente continua y alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.

Gráfico N° 12 Representación de salidas a relés

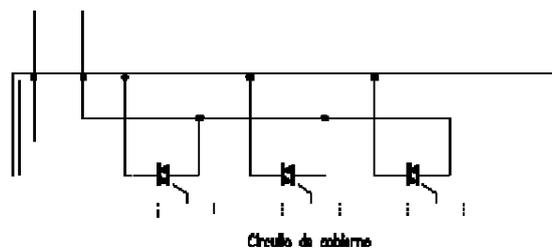


Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

Módulos de salidas a triacs

Se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesiten maniobras de conmutación muy rápidas.

Gráfico N° 13 Representación de salidas a triacs

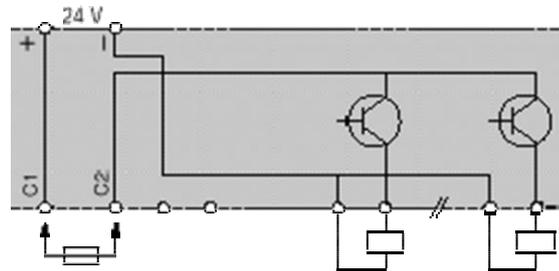


Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

Módulos de salidas a transistores a colector abierto

El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de DC. Igualmente que en los de triacs, es utilizado en circuitos que necesiten maniobras de conexión/desconexión muy rápidas.

Gráfico N° 14 Representación desalidasatransistoresacolectorabierto



Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

1.5.3.3.3 Tipo de salidas

Salidas digitales

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan órdenes de tipo todo o nada. El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos (bornero), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo. Los módulos de salidas estáticas al suministrar tensión, sólo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la mismatensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)

- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

Salidas analógicas

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómatas se convierta en tensión o intensidad. Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómatas solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (período de muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura; permitiendo al PLC realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico
- Conversión D/A
- Circuitos de amplificación y adaptación
- Protección electrónica de la salida

1.5.3.4 Terminal de programación

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el PLC, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

Gráfico N° 15 Terminal de programación portátil



Fuente: <http://www.wikiciencia.org>

Gráfico N° 16 Terminal de programación compatible PC



Fuente: <http://www.wikiciencia.org>

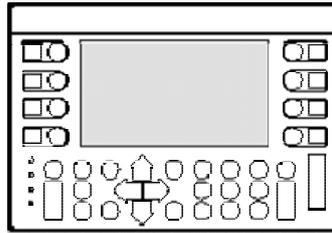
1.5.3.5 Periféricos

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del PLC, sin embargo facilitan la labor del operador.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EEPROM.
- Visualizadores y paneles de operación OP.

Gráfico N° 17 Panel de operación



Fuente:<http://www.wikiciencia.org>

Gráfico N° 18 Conexión de un visualizador a un PLC



Fuente:<http://www.wikiciencia.org>.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA DE LA PRÁCTICA

2.1. El pensum académico y los estudiantes de la facultad

El pensum académico es la parte fundamental para el desarrollo profesional de los estudiantes, ya que este es la base en toda carrera universitaria, para el año 2010 se tuvo el último pensum académico actualizado, el cual tiene 10 semestres para la formación profesional, en la que se evidencia materias para la formación humana, formación básica, formación profesional y materias que son optativas.

Existen asignaturas en las cuales los estudiantes tienen insuficiencias, ya que no se cuenta con un recurso didáctico para las pruebas de las mismas, a continuación se detallan las asignaturas:

- Química y laboratorio
- Termodinámica
- Ingeniería de métodos y laboratorio
- Operaciones unitarias
- Investigación de operaciones
- Procesos industriales

El pensum académico de la carrera de Ingeniería Industrial tuvo un cambio, ya que en el año 2009 la carrera era por modalidad años académicos pasando este en la actualidad a ser por modalidad semestre, este cambio se da debido al mejoramiento continuo que tiene la carrera, beneficiando a los estudiantes ya que se encuentran en los mismos niveles educativos que otras importantes universidades a nivel nacional.

Estas asignaturas que se describen anteriormente necesitan de la implementación de un caldero didáctico por lo que en la actualidad no se cuenta con uno para

poder realizar pruebas de laboratorio, ya que estas dentro de su proceso de enseñanza requieren de un equipo que permita realizar pruebas de funcionamiento. Es por esta razón que se hace necesaria la implementación de un caldero didáctico para fines académicos en beneficio de los estudiantes y la carrera.

A continuación se presenta el pensum académico de la carrera de ingeniería industrial:

Gráfico N° 19 Pensum académico

PENSUM ACADÉMICO POR ÁREA DE CONOCIMIENTO

PRIMER SEMESTRE	FB 101 FÍSICA Y LAB. I	FP 102 DIBUJO INDUSTRIAL I	FB 103 QUÍMICA Y LAB. I	FB 104 CÁLCULO DIFERENCIAL	FH 105 INFORMÁTICA I	FH 106 DERECHO	FB 101 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL
SEGUNDO SEMESTRE	FB 201 FÍSICA Y LAB. II	FP 202 DIBUJO INDUSTRIAL II	FB 203 QUÍMICA Y LAB. II	FB 204 CÁLCULO INTEGRAL	FH 205 INFORMÁTICA II	FB 206 TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES I	
TERCER SEMESTRE	OP 301 MECÁNICA ANALÍTICA I	OP 302 ELECTRICIDAD IND Y LAB. I	FB 303 TERMODINÁMICA	FB 304 MATEMÁTICA SUPERIOR I	FP 305 MECÁNICA IND. Y TALLER I	FB 306 TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES II	
CUARTO SEMESTRE	OP 401 MECÁNICA ANALÍTICA II	OP 402 ELECTRICIDAD IND Y LAB. II	FB 403 TERMODINÁMICA Y LAB.	FB 404 MATEMÁTICA SUPERIOR II	FP 405 MECÁNICA IND Y TALLER II	OP 406 ESTADÍSTICA	
QUINTO SEMESTRE	OP 501 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES I	OP 502 SISTEMA DE CONTROLES ELÉCTRICOS Y	FB 503 OPERACIONES UNITARIAS Y LAB.	OP 504 ESTADÍSTICA PARA INGENIERÍA	FP 505 INGENIERÍA DE MÉTODOS Y LAB. I	FP 506 CONTABILIDAD GENERAL	
SEXTO SEMESTRE	OP 601 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES II	OP 602 SISTEMA DE CONTROLES ELÉCTRICOS Y LAB.	FB 603 OPERACIONES UNITARIAS II Y LAB.	FP 604 MÉTODOS NUMERICOS I	FP 605 INGENIERÍA DE MÉTODOS Y LAB. II	FP 606 CONTABILIDAD DE COSTOS	
SEPTIMO SEMESTRE	FP 701 ELEMENTOS DE MAQUINAS	FP 702 SEGURIDAD INDUSTRIAL	FP 703 PROCESOS INDUSTRIALES I	FP 704 MÉTODOS NUMÉRICOS II	FP 705 INVESTIGACIÓN OPERACION I	FB 706 INGENIERÍA ECONÓMICA	
OCTAVO SEMESTRE	FP 801 DISEÑO DE PLANTA	FP 802 SEGURIDAD INTEGRAL	FP 803 PROCESOS INDUSTRIALES II	FP 804 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN I	FP 805 INVESTIGACIÓN DE OPERACIÓN II	FP 806 INGENIERÍA ECONÓMICA II	
NOVENO SEMESTRE	FP 901 DESARROLLO INDUSTRIAL	OP 902 IMPACTO AMBIENTAL	FP 903 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN I	FP 904 GESTIÓN DE CALIDAD I	FP 905 PROYECTOS INDUSTRIALES I	OP 906 METODOLOGÍA INVESTIGACIÓN II	
DÉCIMO SEMESTRE	FP 1001 ESTRATEGIAS DE EMPRENDIMIENTO	OP 1002 GESTIÓN AMBIENTAL	FP 1003 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN II	FP 1004 GESTIÓN DE CALIDAD II	OP 1005 PROYECTOS INDUSTRIALES II	FP 1006 RELACIONES INDUSTRIALES	

EJES
TRANSVERSALES
FB=FORMACIÓN BÁSICA
FH=FORMACIÓN HUMANA
FP=FORMACIÓN PROFESIONAL
OP=OPTATIVA

Análisis de la Malla Curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial

En análisis a la malla curricular detallada anteriormente, se evidencia que a partir del tercer y cuarto semestre se encuentra la asignatura de termodinámica y la asignatura de termodinámica y laboratorio, la asignatura de procesos industriales se dicta a partir del séptimo como procesos industriales I y en octavo semestre como procesos industriales II, también se observa que la asignatura de operaciones unitarias son dictadas en el quinto semestre como operaciones unitarias y laboratorio, y en el sexto semestre como operaciones unitarias II y laboratorio, estas asignaturas son las que sirven para aplicar el conocimiento de procesos termodinámicos con sistemas industriales que se deban de complementar con argumentos reales que se puedan poner en práctica por medio de un prototipo diseñado para ejecutar pruebas de funcionamiento y adquirir mayor experiencia en sistemas de vapor

2.2. Investigación y Análisis de las insuficiencias de las asignaturas que tienen horas prácticas y necesidad de instalaciones eléctricas. Aplicaciones de encuestas a estudiantes

Para poder identificar las diferentes insuficiencias que tienen ciertas asignaturas de la carrera de ingeniería industrial en relación a pruebas de laboratorio, ya que en las materias mencionadas anteriormente se realizan procesos que requieren del uso de laboratorios termodinámicos, en el transcurso de la investigación se utilizó diferentes técnicas e instrumentos que ayudan a la obtención de resultados para de esta manera poder elaborar un informe de los trabajos realizados, estableciendo los principales puntos que son vulnerables y donde se pondrá énfasis en la posible solución del problema.

2.2.1. Estudio de la práctica en la asignatura de Termodinámica

Dentro de los procesos industriales es necesario que se apliquen principios basados en la termodinámica, entre los que se puede mencionar se encuentran, los sistemas de las potencias para generar electricidad, además los análisis energéticos, como también el conocimiento del ciclo de refrigeración.

Los diferentes estudios de las propiedades que tiene la termodinámica en cuanto a los fluidos que circulan por los diferentes dispositivos, agua, aire, gases, los gases mezclados y los refrigerantes. De esta misma forma el estudio de los diferentes procedimientos para poder llegar a analizar a las instalaciones energéticas que tienen los sistemas de refrigeración, el acondicionamiento de aire y los procesos de combustión, los cuales son de gran interés.

Es por este motivo que se considera a esta asignatura como importante para la formación de los ingenieros, ya que por la adquisición de los conocimientos en esta asignatura se dan los pasos previos para la ingeniería. Con todo lo antes expuesto y la necesidad de aplicar los conocimientos impartidos en un sistema funcional, se puede realizar la práctica con máquinas y equipos térmicos, por medio de la utilización de un caldero pirotubular.

2.2.2. Estudio de la práctica en la asignatura de Procesos industriales

Esta asignatura dentro de la formación de los nuevos ingenieros es importante por lo que permitirá a los estudiantes analizar y evaluar los diferentes procesos de manufactura y producción, que generaran en los estudiantes una formación integral y profesional para una vida laboral.

Para generar un mejor aprendizaje en las asignaturas los estudiantes deberán emplear sistemas didácticos que se puedan relacionar, que a lo largo de los semestres de estudios no se los ha venido realizando, por lo que se hace necesario

el diseño y la implementación de un caldero pirotubular didáctico para la comprensión de esta asignatura, con el fin de mejorar la formación profesional de los estudiantes.

2.2.3. Estudio de la práctica en la asignatura de Operaciones Unitarias.

Esta asignatura trata sobre la adquisición de los conocimientos que son básicos para lograr el diseño de las operaciones donde se hace necesaria modificar las diferentes composiciones de soluciones y mezclas, por medio de los métodos que no aplican las reacciones químicas, los cuales se basan en los diferentes fenómenos de transferencia de calor y de masa simultáneamente o tan solo de masa.

En esta asignatura, no se realizan muchas pruebas debido a que no se tiene un instrumento didáctico para la realización de la misma, que es un problema para los estudiantes en el momento de poner en funcionamiento los conocimientos impartidos, limitando la comprensión de las asignaturas estudiadas.

2.3 Análisis investigativo referente a la problemática

El punto de relación en la investigación se promueve en base a la cantidad de estudiantes que fueron entrevistados en una encuesta que se realizó para poder evaluar la problemática consecuente a la problemática de aprendizaje. Este cálculo se obtuvo mediante datos estadísticos realizados por población y muestra.

2.3.1. Población y Muestra

Población

La población es el conjunto de personas que tienen una o varias características comunes, los cuales serán estudiados para determinar los diferentes puntos de vistas que tienen.

En la carrera existen aproximadamente 130 estudiantes en su totalidad, quienes por medio de sus opiniones ayudarán a evidenciar la problemática existente dentro de la Carrera de Ingeniería Industrial, para luego buscar las soluciones a este problema presente.

CUADRO N° 1
POBLACIÓN

Ítems	Población
Estudiantes	130
Total	130

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

Muestra

El cálculo de la muestra se la realizará con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N}{(e^2 (N-1) + 1)}$$

Dónde:

$N = \text{Universo}$

$e = \text{Error permitido elevado al cuadrado}$

$n = \text{Muestra}$

Cálculo muestra probabilística Estudiantes

$$n = \frac{130}{0,05^2(130 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{130}{0,0025 (129) + 1}$$

$$n = \frac{130}{1.3225}$$

$$n = 98.29$$

$$n = 98$$

Para la realización de las encuestas a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial se procedió a realizar entrevistas con preguntas cerradas de respuestas sencillas.

2.3.2. Aplicación de encuestas

1. ¿Tienes problemas con la práctica en la asignatura de Termodinámica por la falta de laboratorios?

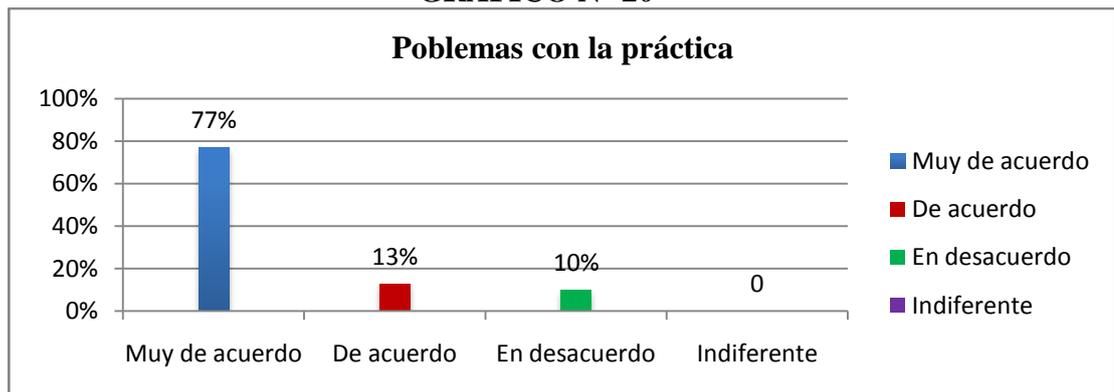
TABLA N° 1

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	Muy de acuerdo	75	77
	De acuerdo	13	13
	En desacuerdo	10	10
	Indiferente	0	0
	TOTAL		98

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 20



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

Análisis

Los estudiantes encuestados respondieron de la siguiente manera, el 77% manifestó muy de acuerdo, el 13% dijo que de acuerdo y finalmente el 10% afirmó estar en desacuerdo; los estudiantes en su mayoría presentan problemas en las diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería Industrial, debido a que no se cuenta con una caldera didáctica para el desarrollo de la práctica.

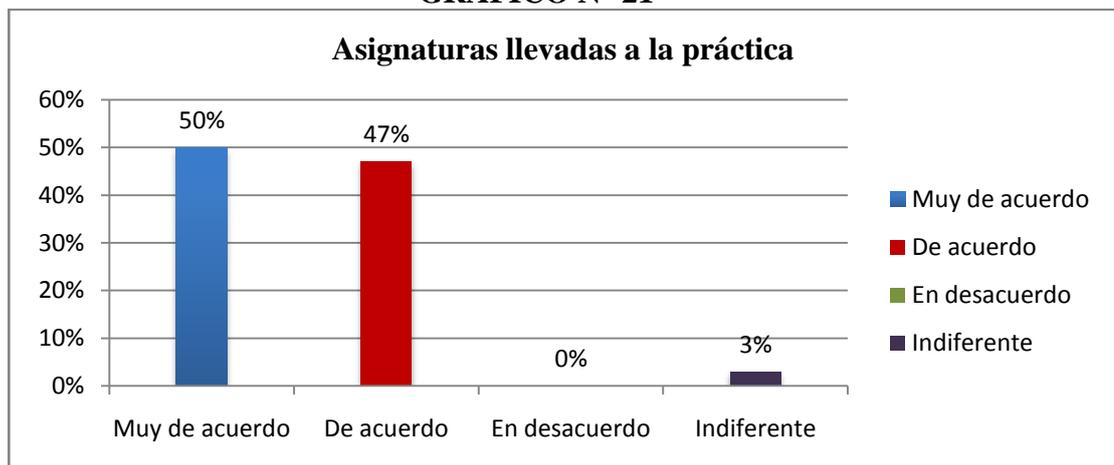
2. ¿Consideras que es importante que las asignaturas se las lleve a la práctica?

TABLA N° 2

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	Muy de acuerdo	49	50
	De acuerdo	46	47
	En desacuerdo	0	0
	Indiferente	1	3
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 21



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

Análisis

El 50% de los encuestados respondieron estar muy de acuerdo, el 47% dijo estar de acuerdo, mientras que el 3% se mostró indiferente ante esta interrogante planteada; se concluye que los estudiantes en su mayoría concuerdan en que es importante que se lleve la parte teórica de las asignaturas a la práctica ya que por medio de esta pueden aplicar lo aprendido en el aula de clases.

3. ¿Considera que la facultad debería de adquirir equipos termodinámicos didácticos apropiados para la práctica de las asignaturas?

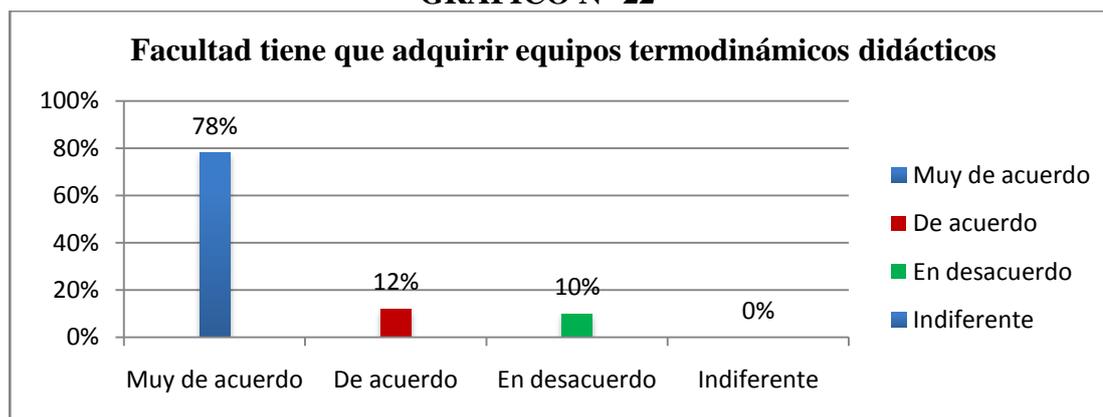
TABLA N° 3

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3	Muy de acuerdo	76	78
	De acuerdo	12	12
	En desacuerdo	10	10
	Indiferente	0	0
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 22



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

Análisis

El 78% de los estudiantes respondieron que muy de acuerdo, el 12% manifestó estar de acuerdo, en tanto que el 10% se mostró en desacuerdo; con estos datos obtenidos de la encuesta realizada se concluye que en la Facultad de Ingeniería Industrial deberán adquirir equipos termodinámicos didácticos, para la enseñanza de las diferentes asignaturas dictadas en la Universidad.

4. ¿La falta de práctica genera que los estudiantes tengan dificultades para adquirir los conocimientos necesarios para asimilar de mejor manera la asignatura?

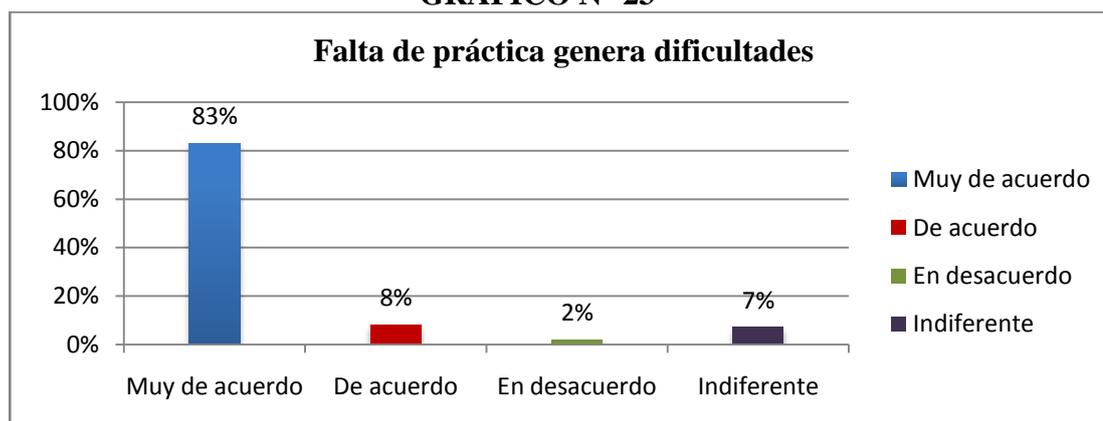
TABLA N° 4

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
4	Muy de acuerdo	82	83
	De acuerdo	8	8
	En desacuerdo	2	2
	Indiferente	6	7
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 23



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

Análisis

El 83% de los encuestados respondieron estar muy de acuerdo, el 8% dijo estar de acuerdo, el 2% manifestó estar en desacuerdo y finalmente el 7% se mostró indiferente; con esta información se concluye que la mayoría de los estudiantes concuerdan en que la falta de práctica ocasiona que se tengan inconvenientes en las asignaturas.

5. ¿Los recursos didácticos con los que cuenta la carrera satisfacen las necesidades que tienen los estudiantes en las materias relacionadas con termodinámica, procesos industriales y operaciones unitarias?

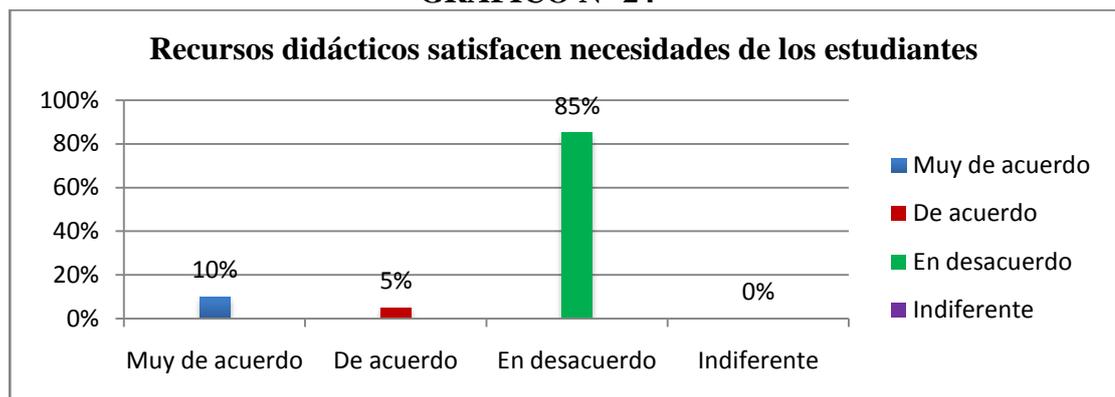
TABLA N° 5

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5	Muy de acuerdo	10	10
	De acuerdo	5	5
	En desacuerdo	83	85
	Indiferente	0	0
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 24



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

Análisis

Se puede observar que el 10% de los estudiantes encuestados respondieron muy de acuerdo, el 5% de acuerdo, finalmente el 85% manifestó estar en desacuerdo con esta información; se concluye que en su mayoría los estudiantes concuerdan que los recursos didácticos con los que cuenta la carrera no logran satisfacer las necesidades educativa de los estudiantes.

6. ¿Has practicado con calderos pirotubulares en la Universidad?

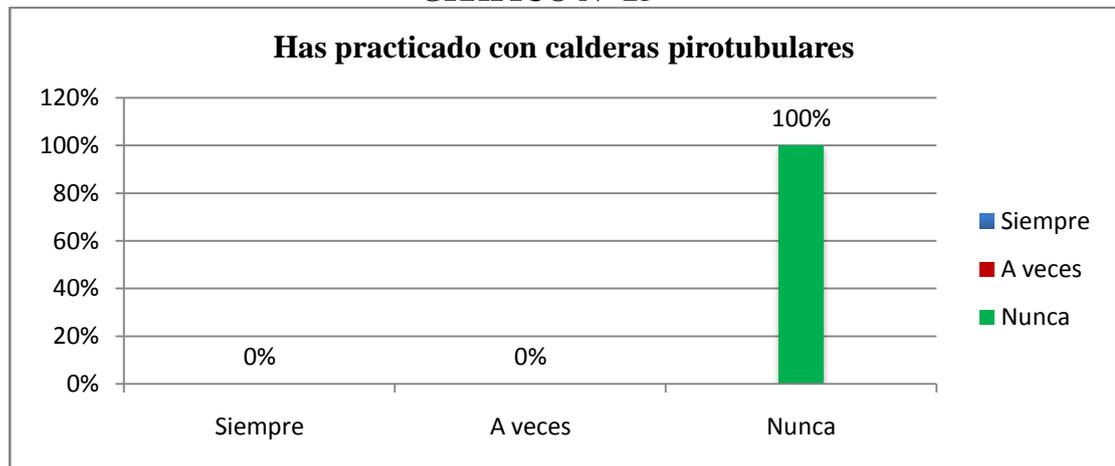
TABLA N° 6

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
6	Siempre	0	0
	A veces	0	0
	Nunca	98	100
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 25



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

Análisis

El 100% de las personas encuestadas respondieron que no han practicado con calderos pirotubulares, lo cual ha dificultado el aprendizaje de los estudiantes, en las diferentes asignaturas, ya que la teoría no es llevada a la práctica limitando el desarrollo de conocimientos para la vida profesional.

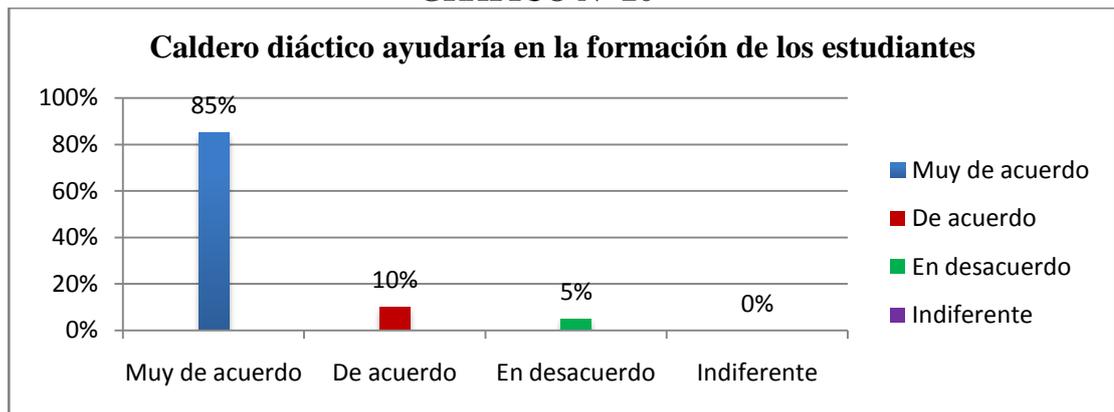
7. ¿Crees que la construcción de un caldero pirotubular didáctico ayudaría en la formación de los estudiantes de la carrera de Industrial?

TABLA N° 7

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
7	Muy de acuerdo	83	85
	De acuerdo	10	10
	En desacuerdo	5	5
	Indiferente	0	0
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 26



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

Análisis

De la encuesta realizada a los estudiantes de la carrera se tiene que el 85% de ellos respondieron que muy de acuerdo, el 10% manifestó estar de acuerdo, mientras que el 5% en desacuerdo; se puede concluir que con la construcción de un caldero pirotubular didáctico ayudaría de mucho en la formación profesional de los estudiantes, ya que se podría practicar lo aprendido en la teoría.

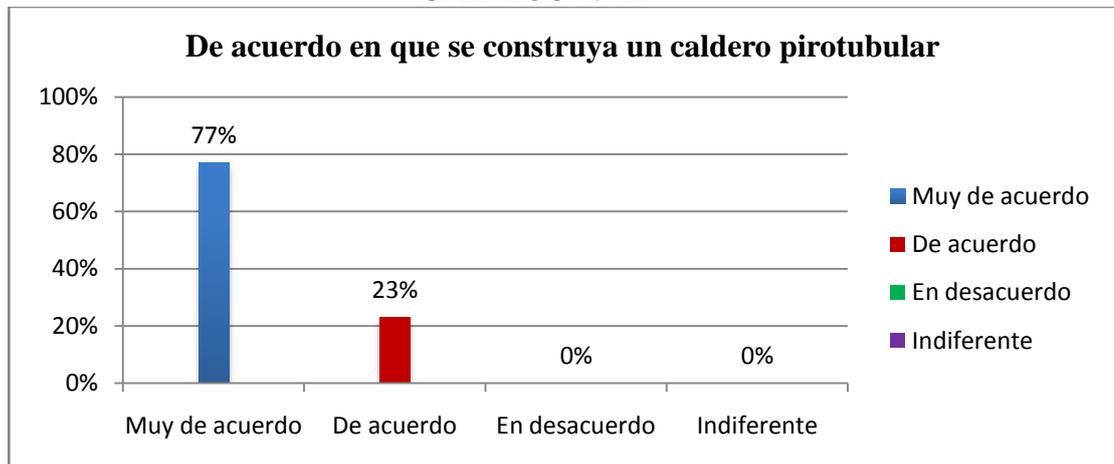
8. ¿Estarías de acuerdo que se construya un caldero pirotubular con fines didácticos?

TABLA N° 8

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
8	Muy de acuerdo	75	77
	De acuerdo	23	23
	En desacuerdo	0	0
	Indiferente	0	0
	TOTAL	98	100

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

GRÁFICO N° 27



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial
Elaborado por: David Castillo

Análisis

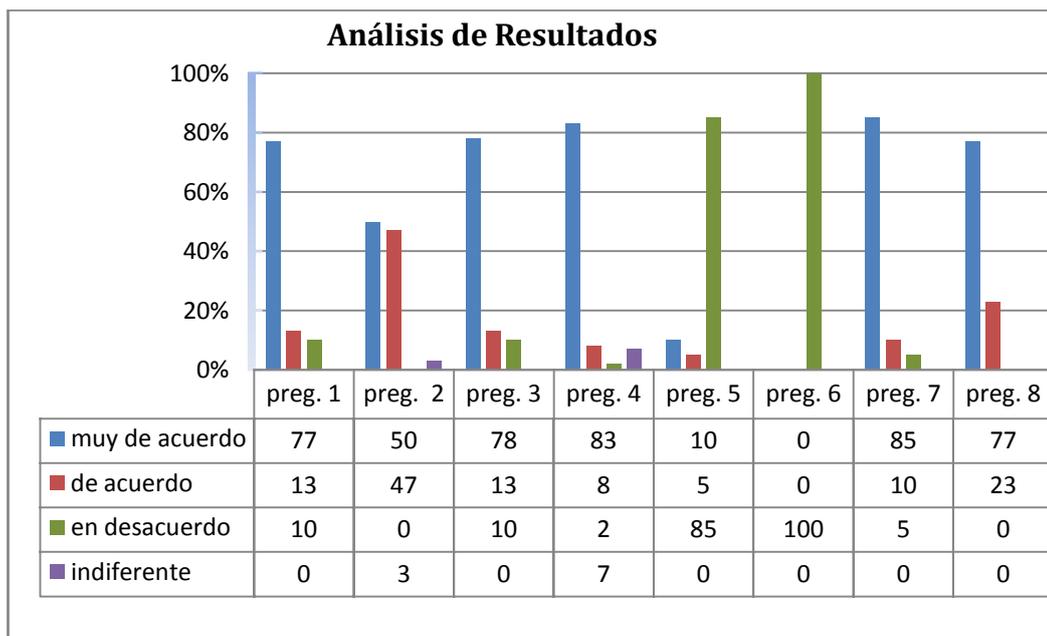
Se puede observar de la encuesta realizada que los estudiantes en su totalidad es decir, en un 100% concuerdan en que es necesaria la construcción de un caldero pirotubular didáctico para de esta manera contribuir en la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

2.3.3. Análisis de resultados

Una vez realizado el análisis correspondientes en las encuestas elaboradas a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, donde pudimos obtener información estadística, que servirá para procesar nuestro grafico de análisis de resultados en donde se percibe un porcentaje considerable que están muy de acuerdo en la implementación de sistemas didácticos que puedan promover y mejorar el sistemade enseñanza a los estudiantes de la carrera.

Así como también conocer sobre el funcionamiento real y operación de diferentes sistemas termodinámicos que son muy comunes en las industrias notando los riesgos que se puedan presentar para poder aprender a dominar los peligros que se puedan generarse en el ambiente industrial. Debido a la falta de recursos didácticos los estudiantes poseen poca experiencia en el manejo de sistemas termodinámicos, por lo que es necesario promover recursos para implementar equipos que sirvan para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la carrera

GRÁFICO N° 28



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial

Elaborado por: David Castillo

2.4. Matriz de identificación y evaluación de necesidades

TABLA N°9 Matriz de identificación y evaluación

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN						
Identificación	Incidencia	Impacto	Evaluación			Módulo de impacto
			Alto	Medio	Bajo	
Operaciones Unitarias						
Tratamiento, operaciones y circulación de sólidos	D	Calculo sobre las operaciones y su aplicación en la práctica de la asignatura	10			10
Tratamiento y circulación de fluidos	D	Cálculo sobre la circulación que tienen los fluidos	10			10
Operaciones combinadas Sólido-Líquido	D	Cálculo sobre las operaciones sólido y líquido	10			10
						30

Termodinámica						
Mezcla de vapor - gas	D	Práctica por medio de sistemas de destilacion	9			9
Operaciones de contacto gas - líquido	D	Cálculo y su aplicación con sistemas de condensacion	10			10
Operaciones diabáticas	D	Cálculo y su aplicación con intercambiadores de calor	9			9
Análisis de procesos básicos en mezcla de aire	D	Práctica con equipos de combustion y turbinas	10			10
						38
Procesos industriales						
Mantenimiento productivo total	D	Conocimientos teóricos pero no aplicados en la práctica	10			10
						10
Incidencia: Directa (D) Indirecta (I)						

Fuente: Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Elaborado por: David Castillo

Para la realización de la matriz de evaluación de identificación y evaluación de los riesgos se consideró las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y procesos industriales, los cuales tienen una incidencia (D) Directa, con una calificación de 10 como calificación alta y 1 como calificación baja. Con lo antes expuesto se llega a la siguiente conclusión:

Las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y procesos industriales tienen una incidencia directa en la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, es por esta razón que es necesario que los estudiantes realicen pruebas con sistemas didácticos que se puedan manejar.

2.5. Análisis y conclusiones

- Los estudiantes presentan problemas en las asignaturas de termodinámica, operaciones unitarias y procesos industriales, ya que no se realizan trabajos de laboratorio, generando problemas en la comprensión de las asignaturas antes mencionadas.
- Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial no cuentan con un laboratorio didáctico que ayude a los estudiantes a ejecutar trabajos de laboratorio que les permita adquirir los conocimientos necesarios en las diferentes asignaturas que requieren de la operación con un caldero.
- La importancia de contar con un recurso didáctico como una caldera pirotubular para la adquisición de los conocimientos necesarios que ayuden a los estudiantes a entender con mayor facilidad las asignaturas.
- Es necesario que se construya una caldera pirotubular didáctica para la adquisición de los conocimientos de los estudiantes.

- Uno de los principales problemas que se presentan en los nuevos profesionales es la poca experiencia en el manejo de equipos, limitando de esta manera su correcto desenvolvimiento en las funciones que se le asignen.

CAPÍTULO III

DISEÑO, Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO

3.1. Plano de ubicación del caldero y de los equipos y complementos eléctricos y electrónicos.

El presente caldero estará ubicado en La Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), que se encuentra ubicada en el Cantón La Libertad en la Provincia de Santa Elena.

Grafico N° 29

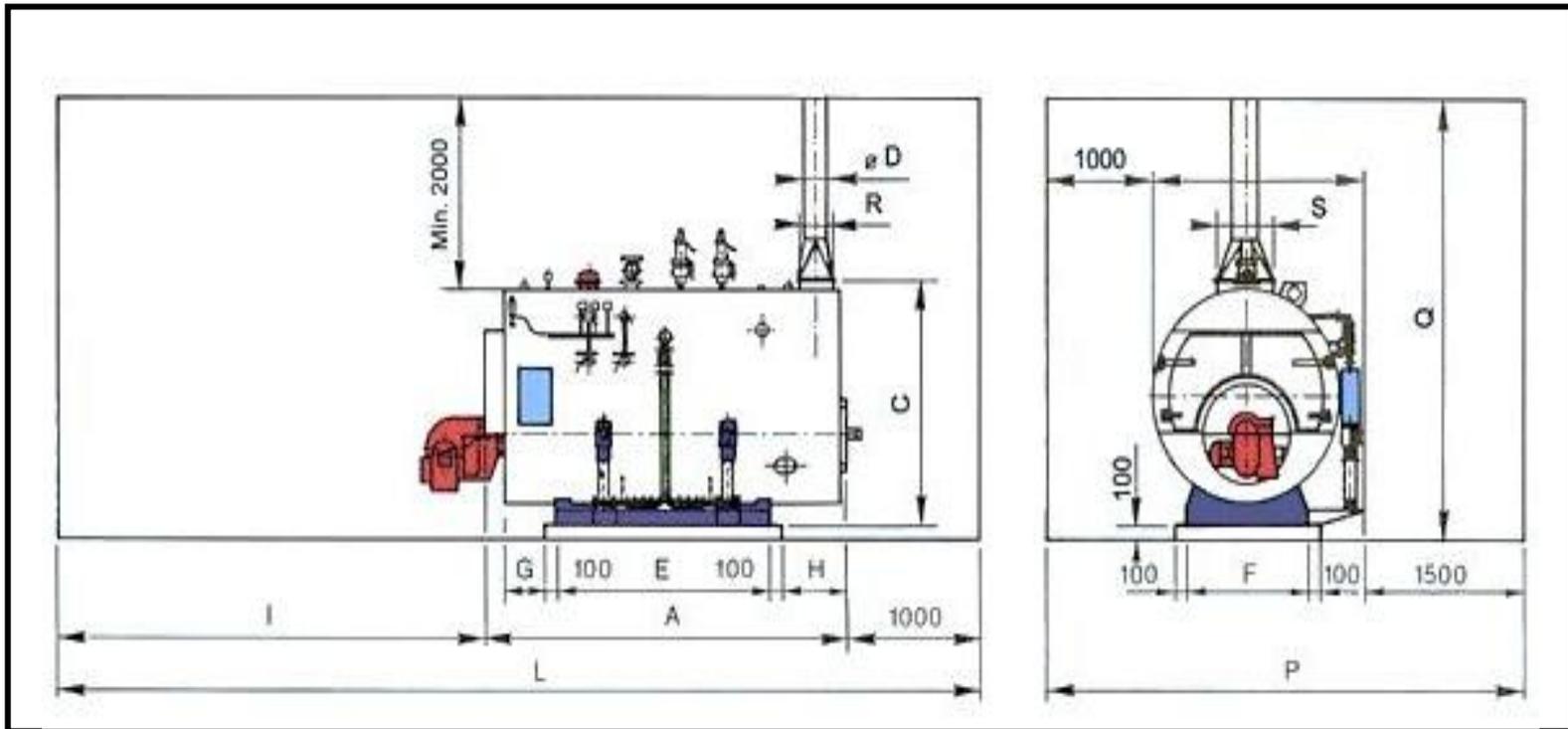
Ubicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena



Fuente: Google Earth

3.2 Diseño del caldero pirotubular

Gráfico N° 30



Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: David Castillo

El presente gráfico muestra el diseño de la caldera pirotubular, el cual será utilizado para la implementación del sistema eléctrico que servirá de prototipo para un sistema didáctico aplicado al aprendizaje de los estudiantes de ingeniería industrial realizando pruebas de funcionamiento y conocimiento de sus componentes eléctricos y mecánicos.

3.3. Componentes eléctricos y electrónicos

3.3.1 Control de presión

Al presóstato se lo conoce como un interruptor que actúa mediante la presión, este componente cierra y abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura que este le dé a la presión de los fluidos.

Figura N° 1 Presostato

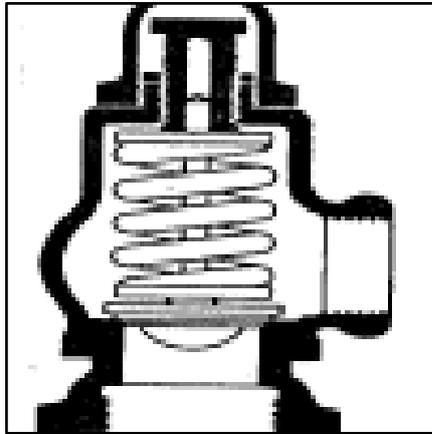


Fuente: David Castillo S.

3.3.2 Válvula de seguridad

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), establece que una válvula de seguridad es un elemento automático de alivio de presiones activado por la presión estática del fluido y caracterizado por una acción de abertura total de la válvula.

Figura N° 2 Válvula de seguridad de resorte



Fuente:<http://ib.cnea.gov.ar>

La operación de una válvula de seguridad, está basada en las leyes naturales de los gases y la mecánica de los fluidos, estas son:

- Los líquidos son relativamente incompresibles.
- Gases y vapores son compresibles por consiguiente expandibles.
- La mayoría de líquidos y gases se expanden en presencia de calor.
- Un cambio de fase (sólido, líquido o gas) puede ocurrir dependiendo de las condiciones de temperatura y presión.

3.3.3 Control de nivel de agua

Este sistema proporcionará un control de todo el nivel de líquido que se encuentra dentro de la caldera, es decir permite un control modulante o todo / nada (on/off) el cual es regulable.

3.2.4 Flotador

Los controles de nivel de agua de este tipo tienen en su interior una boya, que se desplazará en respuesta al aumento o disminución del nivel de agua. Básicamente son de dos tipos: De accionamiento mecánico y de accionamiento magnético.

A continuación se muestra el sistema de control de nivel LC2250.

Figura N° 3 Control tipo flotador



Fuente: David Castillo

3.3.5 Válvula termostática

Figura N° 4 Válvula termostática



Fuente: <http://www.koboldmessring.com>

Esta válvula controlará el flujo del conducto de los fluidos, esta tiene dispositivos mecánicos que al cambiar la temperatura modula la posición de apertura de la válvula.

3.3.6 Control de flama

Figura N° 5 Control de flama on / off Marca Honeywell



Fuente: David Castillo

Este es un secuenciador de llama para quemador de tipo on/off, tiene la función de supervisar la llama para controlar el fuego que se produce en el quemador y en caso de no encender no permita el paso de combustible sin quemarse al hogar del caldero.

3.3.7 Fotocelda para control de llama

Figura N° 6 Fotocelda marca Honeywell



Fuente: <http://www.tecnocalderas.com/productos/instrumentacion-marca-honeywell.html>

Este es un equipo detector de la llama, detecta luz ultra violeta, luz visible e infrarrojo.

3.3.8 Modutrol

Figura N° 7 Modutrol marca Honeywell



Fuente: <http://www.tecnocalderas.com/productos/instrumentacion-marca-honeywell.html>

Este es un motor para el control de la rata llama, esta tiene una señal de entrada de 0 al 135 ohm y de 4 a 20 ma.

3.3.9 Switch de alta y baja presión

Figura N° 8 Presostato marca Penn



Fuente: David Castillo S.

Switch de aire, este es un interruptor de diafragma para controlar la presión de la línea del aire de atomización del quemador.

3.3.10 Quemador a Diesel

Figura N° 9 Quemador a Diesel



Fuente: www.gastecnic.com

3.3.11 Termostato

Figura N° 10 Termostato



Fuente: www.gastecnic.com

Este dispositivo tiene la finalidad de controlar la temperatura de calefacción y refrigeración de algún sistema termodinámico.

3.3.12 Manómetro

Figura N° 10 Manómetro



Fuente: www.tubocobre.net

El manómetro es un instrumento que sirve para medir la presión de vapor en el interior de la caldera.

3.3.13 Gabinete eléctrico

Figura N° 11 Gabinete eléctrico



Fuente: David Castillo S.

Este gabinete contiene los elementos y componentes que constituyen los circuitos que controlarán la caldera

3.3.14 Relé térmico



Fuente: David Castillo S

Figura N° 12 Relé térmico

Este dispositivo servirá para proteger el motor del caldero, impidiendo que funcione en condiciones de sobrecarga en donde se puede generar calor extremo.

3.3.15 Sensor de presión

Figura N° 13 Sensor de presión

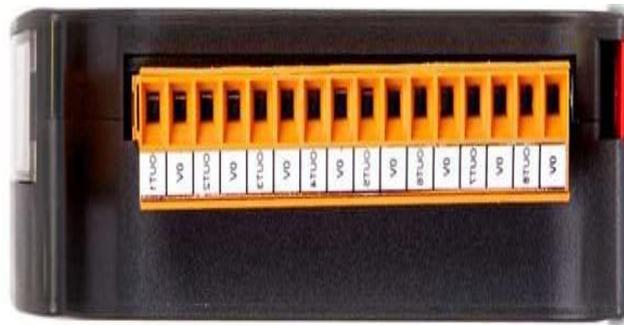


Fuente: www.hansaindustria.com.bo

Este dispositivo es un elemento de seguridad el cual actúa por medio de la presión de los medios líquidos y gaseosos de la caldera, el exceso de presión puede producir un corte de energía que desactivará el sistema de control eléctrico dejándola inoperativa.

3.3.16 Riel din 35mm

Figura N° 14 Riel din 35mm



Fuente: www.directindustry.es

Este dispositivo sirve para sujeta elementos eléctricos de esta manera se pueden ubicar los contactores y demás elementos que se usan en el funcionamiento.

3.3.17 Luces piloto (rojo, verde, azul)

Figura N° 15 Luces piloto (rojo, verde, azul)



Fuente: www.aliexpress.com

Estas luces ayudarán al control del funcionamiento de la caldera.

3.3.18 Pulsado tipo hongo

Figura N° 16 Pulsado tipo hongo



Fuente: www.ab.com

Este dispositivo de emergencia que cumplirá la función de desactivar manualmente, para detener el funcionamiento del caldero y activarlo si se corrige el problema.

3.3.19 Cable de control

Figura N° 17 Cable

de control



Fuente: <http://rcacomercial.com/>

Cables utilizados para la conexión de los equipos electrónicos de la caldera.

3.3.20 Contactor de bomba monofásico

Figura N° 18 Contactor de bomba monofásico



Fuente: David Castillo S.

Este es un elemento eléctrico que alimenta de energía eléctrica a los motores del equipo y es comandado por los elementos de control que permitan la activación y desactivación de los mismos mediante señales eléctricas de operación programados dentro un rango ajustable.

3.4 Características de maquinarias, equipos y herramienta para la construcción del sistema eléctrico

3.4.1 Especificaciones requeridas del equipo

- Presión nominal de trabajo: 70 psi
- Presión máxima de trabajo (Pts): 80 psi
- Presión mínima de trabajo (Pti): 60 psi
- Presión de alivio de seguridad (Pal): 120 psi
- Capacidad de almacenamiento del tanque: 35 – 40 lt.
- Tipo de control: Semiautomático con un PLC

- Tipo de generación: Vapor Saturado
- Nivel máximo de líquido: 70% del volumen total del tanque
- Nivel mínimo de líquido: 50% del volumen total del tanque
- Nivel crítico de líquido: 40% del volumen total del tanque

3.4.2 Selección de los materiales a utilizar

TABLA N°10

Componentes	Características
Gabinete eléctrico	80x60x25 cm
Bomba de agua	Potencia nominal 1 hp
Sensor de nivel	Tipo flotador o electrodos
Control de presión	Presostato 0 – 100 psi.
Quemador	110V 0,25 – 0,5 G.P.H.
Contactador de quemador	1 Contactador 15 Amp. 110V 1 ph
Contactador bomba	1 Contactador 15Amp. 110V 1 ph
Relé térmico de quemador	Relé 10-16A
Relé térmica bomba	1 relé térmico
Porta fusibles	bipolar
Rieles din	35 mm 3 metros

Luces piloto	Color verde, rojo y azul
Pulsadores	2 pulsadores on - off
Pulsador de emergencia	Pulsador tipo hongo
Sensor de presión	Rango 0- 100 psi, 4 – 20mA
Cables	De fuerza y control dimensionados según corriente nominal

Elaborado por: David Castillo

3.4.3 Máquinas y herramientas a utilizar

Para poder ejecutar el presente trabajo de investigación se utilizarán las siguientes maquinarias, herramientas y materiales:

TABLA N° 11

MATERIALES Y ACCESORIOS

MATERIALES	HERRAMIENTAS	ACCESORIOS
	Destornilladores	Terminales
Pernos de sujeción		
Rieles DIN	Taladro	Aisladores
Gabinete	Alicates	Soportes

Cables #12, 14, 16

Fluxómetro

Abrazaderas

plásticas

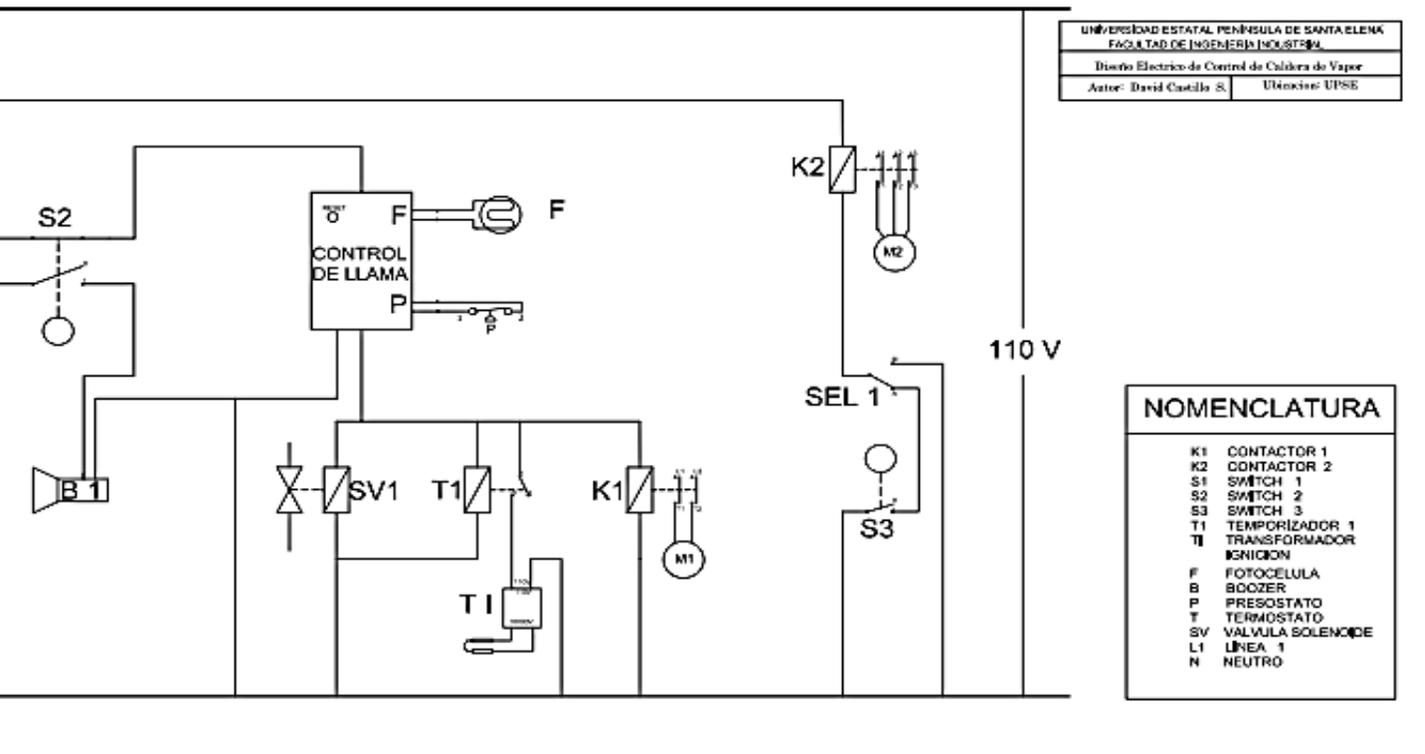
Cinta aislante

Multímetro

3.5 Los planos eléctricos para el funcionamiento de la caldera.

Gráfico N° 31 Plano eléctrico: Monofásico, trifásico, otros necesarios

DIAGRAMA ELECTRICO DE CONTROL DE CALDERA DE VAPOR



3.5.1 Descripción del diagrama

Este diagrama va a contar con un switch S1 de encendido on / off para alimentación de la caldera, el switch S2 controla el nivel de agua permisible para la operación, si el nivel de agua de la caldera es suficiente este da a lugar a la activación para que pueda permanecer encendida, pero si no se encuentra en los niveles normales esperados ó sea muy bajos se desconecta del circuito de control dejándola fuera de operación y activa al Boozer (alarma auditiva), el contactor (K1) controla el motor del blower (soplador) y bomba de combustibles simultáneamente, T1 es el dispositivo temporizador el cual limita el tiempo de encendido del transformador de ignición del quemador de la caldera, TI hace referencia al transformador de ignición de alto voltaje que produce un arco eléctrico para el encendido de la llama de la caldera mediante los electrodos ubicados en el quemador.

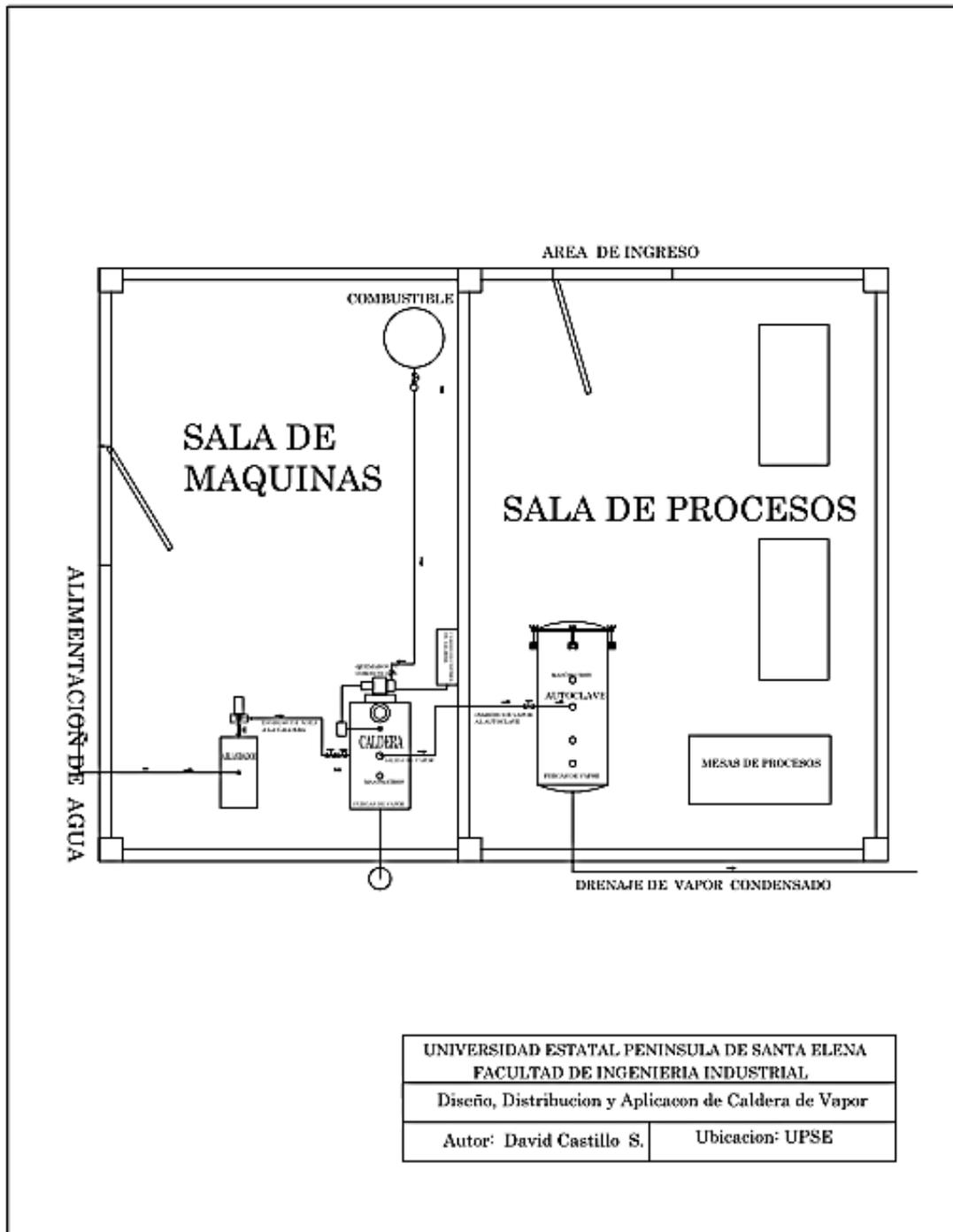
En lo referente al contactor K2, este controla el arranque de la bomba de agua de alimentación de la caldera, K2 se encuentra alimentado a la línea L1 y N controlado por un selector SEL1 de funciones manual o automático operado manualmente, el cual activa o desactiva la bomba de agua dependiendo de la función seleccionada mediante el switch S3, cuando se encuentre en función automática corrige los niveles de agua deseados dentro de la cámara y cuando se trabaje con la función manual la bomba trabajada de manera directa controlada por el operador del equipo, la SV1 es la válvula solenoide eléctrica que al estar energizada permite el paso de combustible hacia el quemador que produce la llama; todos estos componentes y switch, son supervisados por el CONTROL DE LLAMA Honeywell R8184G, el mismo que recibe una señal de operación de una fotocélula F y un presostato P, si existiera alguna falla de señal emitida por la fotocélula F o la orden de corte de P esta hará que el control de llama corte la alimentación de energía al quemador y sus accesorios y paralice el funcionamiento de la caldera hasta que se revise y se pueda diagnosticar el motivo de la avería producida en el equipo, luego que se haya corregido ó reparado el

problema se podrá resetear o restaurar el sistema nuevamente para entrar en funcionamiento.

La caldera funcionará con un quemador a diésel, bomba de agua de alimentación controlada por el sistema eléctrico construido para esta función, la caldera deberá de tener una alimentación con energía eléctrica de 110v. 60Hz

3.5.2 Planos de construcción civil para el complemento de las construcciones eléctricas.

Gráfico N° 32



En el presente plano de construcción civil en donde se puede demostrar la distribución del área que se va a ocupar para el montaje del sistema eléctrico que contaría la caldera y sala de procesos en donde se elaborarían productos que utilizan vapor como fuente de energía calorífica aplicada a los sistemas termodinámicos.

Los cuartos para la edificación se utilizan para la Sala de Máquinas y Sala de Procesos independientemente para que no exista contacto o contaminación entre los productos elaborados y los combustibles que utiliza la caldera.

3.6 Construcción e Instalaciones de los equipos eléctricos y electrónico al caldero

El primer paso para la instalación de los componentes del sistema eléctrico, es obtener una fuente de alimentación eléctrica adecuada confiable y que cumpla con los requerimientos utilizados en nuestro sistema con la siguiente descripción:

110 VAC 60 Hz 1Ph

Esto quiere decir que el voltaje de alimentación por línea tenga 110 voltios, en una corriente alterna entre fase y neutro y una frecuencia de 60 hertz. Esta fuente de alimentación eléctrica será utilizada para el sistema de control de la caldera.

Este mismo sistema puede servir para implantarlo en un sistema trifásico si este es utilizado de forma industrial, por lo que solo servirá para alimentar los motores de mayor potencia y capacidad que serán utilizados en una caldera industrial

Se debe instalar una acometida trifásica para luego proceder a la instalación del caldero, una vez instalado el caldero se procede a la instalación del tablero eléctrico en el cual se encuentran los elementos de control del caldero. El tablero de control está compuesto por tres partes, en la parte superior del tablero se

encuentra un amperímetro y tres luces que identifican cada una de las líneas de sistema, en la segunda parte se encontrará el switch de encendido del caldero con sus respectivo botón de paro de emergencia, un selector de función manual y automática para la bomba de agua, la tercera y última parte consta de cuatro luces las cuales muestran el funcionamiento de cada uno de sus componentes.

3.7 Manuales para el funcionamiento, mantenimiento y seguridad industrial en el sistema eléctrico de la caldera.

Tareas periódicas

- Comprobar si la bomba de alimentación de agua está funcionando adecuadamente, inspeccionando el manómetro de presión de alimentación y realizando pruebas de arranque.
- Realizar pruebas de funcionamiento del termostato de operación, y de los demás componentes como: Válvula de seguridad, instrumentos de presión y niveles de líquidos.
- Chequear que todas las conexiones eléctricas se encuentren bien conectadas y con el ajuste correcto.
- Revisar que las conexiones de combustible se encuentren bien conectadas y con el ajuste correcto de manera hermética para evitar fugas.
- Inspeccionar las salidas de los gases de combustión que son evacuado por la chimenea no tengan obstrucciones, y que el calor que esta emite no afecte al funcionamiento del equipo y no cause peligro cuando se encuentre en funcionamiento.

- Mantener limpio los elementos que componen el quemador y revisar que los tubos de la caldera no tengan hollín o residuos que puedan obstruir el flujo de los gases de combustión.

3.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales en la construcción de instalaciones eléctricas del caldero

TABLA N° 12 Matriz de identificación de riesgos biológicos en base a la gestión ambiental

IDENTIFICACIÓN RIESGO BIOLÓGICO						Gestión Ambiental							
No.	ACTIVIDAD (A) PRODUCTO (P) SERVICIO (S)	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD / PRODUCTO / SERVICIO	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	GESTIÓN AMBIENTAL		EVAL CUANTITATIVA					EVAL. LEG.
						IMPACTO	CLASE	S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal	MI: Módulo de Impacto	RELACIÓN CON LEGISLACIÓN / OTROS REQUISITOS
1	(A)	Funcionamiento del caldero	(N)	(P)	(D)	Ruido que provoca el funcionamiento del caldero	(N)	2	2	2	2	2	SI
2	(A)	Limpieza del caldero	(N)	(P)	(D)	Emisión de olores y gases	(A)	2	2	3	3	2,5	SI
3	(A)	Mantenimiento	(N)	(P)	(D)	Olores y gases en el aire	(A)	2	2	0	2	1,5	SI
4	(A)	Evaporación del agua	(N)	(P)	(D)	Emisión de gases en el aire	(N)	2	1	2	1	1,5	SI
5	(A)	Ambiente	(N)	(P)	(D)	Generación de calor	(N)	2	2	2	3	2,25	SI

Elaborado por: David Castillo

Para una mejor comprensión de la matriz se detallarán los siguientes puntos tomados en consideración para la evaluación del impacto ambiental:

El significado de las nomenclaturas es el siguiente:

(A)= Actividad

(N)= Normal

(P)= Permanente

(D)= Directo

(AN)= Anormal

Escala de evaluación es la siguiente:

1= Moderado

2=Importante

3= Intolerable

3.8.1. Resumen del análisis de la matriz de identificación de riesgos

En análisis a la matriz de identificación de riesgos biológicos, se tienen los siguientes resultados; la mayor influencia de las actividades realizadas por el caldero demuestra en el módulo de incidencia, que representa un riesgo importante, se obtuvo una incidencia de 2,25, el cual representa una incidencia importante en el módulo de impacto, con esta información se concluye que, los riesgos biológicos tienen una incidencia considerable en la implementación del sistema eléctrico del caldero.

3.8.2. Identificación de riesgos físicos

TABLA N° 13 matriz de riesgos físicos

IDENTIFICACIÓN RIESGO FÍSICO						Gestión Ambiental							
No.	ACTIVIDAD (A) PRODUCTO (P) SERVICIO (S)	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD / PRODUCTO / SERVICIO	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	GESTIÓN AMBIENTAL		S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal	MI: Módulo de Impacto	EVAL LEG.
						IMPACTO	CLASE						
1	(A)	Funcionamiento del caldero	(N)	(P)	(D)	Contaminación auditiva debido a su funcionamiento	(N)	1	2	1	2	1,5	SI
2	(A)	Conexiones eléctricas	(N)	(P)	(D)	Deterioro de las conexiones eléctricas del caldero	(N)	2	1	2	1	1,5	SI
3	(A)	Evaporación del agua	(N)	(P)	(D)	Emisión de gases dentro del laboratorio	(N)	1	1	1	1	1	SI
4	(A)	Infraestructura del caldero	(N)	(P)	(D)	Deterioro de la infraestructura eléctrica del caldero	(N)	2	2	2	2	2	SI
5	(A)	Sistemas eléctrico del caldero	(N)	(P)	(D)	Mal estado de los sistemas eléctricos del caldero	(N)	1	1	2	3	1,75	SI

Elaborado por: David Castillo

En la presente tabla se puede observar que existe riesgo tolerable en la infraestructura del caldero, con un valor de 2 en el módulo de impacto siendo este un riesgo considerable, además se tiene que en el sistema eléctrico del caldero se tiene una calificación de 1,75 en el módulo de impacto, siendo este un riesgo importante, por lo tanto se puede concluir que los riesgos físicos a los que se encuentra expuesto el operador del caldero, esto se debe de tomar en consideración ya que tienen riesgosaltos.

Por esto se debe de utilizar equipo de protección personal para preservar la salud del personal que opera estos equipos para evitar lesiones que puedan causar alguna consecuencia en el ambiente laboral.

3.8.3 Identificación de impacto social

TABLA N° 14 matriz de identificación de impacto social

IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL							Gestión Ambiental					EVAL LEG.	
No.	ACTIVIDAD (A) PRODUCTO (P) SERVICIO (S)	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD / PRODUCTO / SERVICIO	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	GESTIÓN AMBIENTAL		S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal	MI: Módulo de Impacto	RELACIÓN CON LEGISLACIÓN / OTROS REQUISITOS
						IMPACTO	CLASE						
1	(A)	Educación	(N)	(P)	(D)	Mejora en la educación de los estudiantes en las asignaturas de termodinámica, química, operaciones unitarias	(N)	3	3	3	3	3	SI

Elaborado por: David Castillo

En análisis a la presente matriz se puede observar que se tiene un alto impacto positivo incidiendo en esto el beneficio para la facultad con la mejora en la educación de los estudiantes, ya que con la implementación del sistema eléctrico del caldero pirotubular, la Facultad de Ingeniería Industrial podrá impartir a los alumnos mejores condiciones de enseñanza en donde ejecutaran pruebas de funcionamiento en las diferentes asignaturas que son dictadas en la carrera de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA PROPUESTA

4.1. Inversión total de la propuesta: Activos fijos, costos y gastos

La inversión total es considerada como la cantidad de efectivo que se necesita para la ejecución del presente proyecto, la cual se encuentra estructurada por activos fijos, costos y gastos.

El presente estudio económico de la propuesta permitirá determinar el costo total de la inversión de la instalación del sistema eléctrico del caldero pirotubular, que permitirá a los estudiantes contar con un recurso didáctico que será empleado en las pruebas de laboratorio combinando con la teoría recibida en el aula de clases.

TABLA N° 15

Descripción	Valor total
Materiales y accesorios eléctricos	\$ 4.846,18
Construcción civil	\$ 1.420,00
Costos y gastos operativos	\$ 2.250,00
Total	\$ 8.416,18

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: David Castillo

4.1.1. Valor de materiales y accesorios de controles eléctricos y electrónicos empleados para la construcción del sistema didáctico

TABLA N° 16

CANT.	UNIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
50	Horas	Mano de obra	\$ 35,00	\$ 1.750,00
1	Pulgadas	Control de nivel de agua	\$ 119,00	\$ 119,00
1	Unidad	Quemador 99 FRD	\$ 936,00	\$ 936,00
1	Unidad	Manómetro 0-150 psi	\$ 24,30	\$ 24,30
10	Unidad	Pernos ¼"	\$ 0,30	\$ 3,00
1	Unidad	Presostato 0- 100 psi	\$ 197,00	\$ 197,00
1	Unidad	Termostato 0-200°C	\$ 131,40	\$ 131,40
1	Unidad	Control de llama Honeywell	\$ 438,50	\$ 438,50
3	Unidad	Switchon- off 15 A	\$ 11,60	\$ 34,80
1	Unidad	Gabinete eléctrico	\$ 250,00	\$ 250,00
3	Unidad	Contactador de quemador	\$ 40,00	\$ 120,00
1	Unidad	Contactador de bomba monofásico	\$ 30,00	\$ 30,00
3	Unidad	Relé térmico de quemador	\$ 25,00	\$ 75,00
1	Unidad	Relé térmico Bomba	\$ 27,50	\$ 27,50
1	Unidad	Porta fusible tripolar	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Metro	Relés din 35 mm	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Unidad	Pulsador tipo hongo	\$ 32,45	\$ 32,45
1	Unidad	Sensor de presión	\$ 28,00	\$ 28,00
15	Metros	Cable de control	\$ 2,00	\$ 30,00
7	Metros	Cable de fuerza	\$ 4,00	\$ 28,00
1	Unidad	Fotocélula	\$ 25,00	\$ 25,00
3	Unidad	Luces piloto (rojo, verde, azul)	\$ 4,00	\$ 12,00
			Sub total	\$ 4.326,95
			Iva	\$ 519,23
			Total	\$ 4.846,18

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: David Castillo

4.1.2. Valor de construcciones civiles para los equipos eléctricos y electrónicos

Para el cálculo de los valores de la construcción civil se tomarán en consideración los siguientes puntos:

TABLA N°17

Descripción	Valor Unitario	Valor total
Construcción civil de salas de máquinas y procesos de caldero y autoclave	\$ 1110,00	\$ 1.110,00
Soportes para el sistema de control eléctrico de la caldera	\$ 80,00	\$ 80,00
Montaje de la red de alimentación eléctrica de acometida	\$ 230,00	\$ 230,00
	TOTAL	\$ 1.420,00

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: David Castillo

4.2. Costos y gastos operativos de instalación.

Los otros gastos en los que se incurrirá en el presente trabajos son los siguientes:

TABLA N° 18

Detalle	Costo
Dirección técnica	\$ 500,00
Montaje completo, mano de obra	\$ 1.750,00
	\$ 2.250,00

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: David Castillo

4.3. Fuentes de financiamiento de la propuesta

Se puede decir que el financiamiento es un recurso monetario que permite la ejecución de las diferentes actividades económicas, particularmente son dineros productos de préstamos realizados.

Para la ejecución y montaje del sistema eléctrico de la caldera pirotubular se puede utilizar recursos proporcionados por el GADPSE, ya que uno de los principales objetivos de la construcción de una caldera eléctrica es fomentar la producción en áreas rurales en donde se necesita el emprendimiento de nuevos sistemas de trabajo.

4.4. Evaluación social de la propuesta en beneficio de la educación profesional de la Facultad de Ing. Industrial

Con la implementación y puesta en marcha del sistema eléctrico de la caldera pirotubular, se estaría realizando un aporte con una herramienta importante para el desarrollo de habilidades de los conocimientos que se imparten en las diferentes asignaturas expuestas en la carrera de Ingeniería Industrial.

En lo referente a la evaluación económica de la propuesta se concluye que es viable la construcción de un caldero pirotubular eléctrico que da un valor de implementación de \$ 8416,18 los cuales podrán ser financiados por el GADPSE (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena), siendo este un aporte para el desarrollo de proyectos en beneficio de la comunidad.

Con la puesta en marcha de este trabajo se podrá erradicar las insuficiencias que se tienen durante la formación de los nuevos profesionales de la carrera de ingeniería, mejorando así el proceso de aprendizaje en las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y procesos industriales

CONCLUSIONES.

La Facultad de Ingeniería Industrial no posee sistemas didácticos apropiados para la enseñanza de pruebas de funcionamiento de sistemas termodinámicos que son aplicados a sistemas industriales.

Las materias de Química, Termodinámica, Operaciones Unitarias y Procesos Industriales son impartidas en las aulas de la facultad, pero no se realizan ensayos de laboratorio de diferentes sistemas impartidos teóricamente, por la falta de equipos didácticos que satisfagan las necesidades de conocer el funcionamiento de los mismos.

Los estudiantes de la carrera de ingeniería que fueron sometidos a encuestas en un porcentaje considerable del 83% poseen poco conocimiento sobre el funcionamiento de procesos industriales, lo que genera incertidumbre en el campo laboral. Por lo que se debería diseñar y construir sistemas didácticos apropiados

La Facultad de Ingeniería no ha realizado una inversión adecuada por lo que se hizo un estudio económico para poder elaborar la implementación de materiales y sistemas didácticos termodinámicos que ayuden a los estudiantes a mejorar la calidad de aprendizaje para poder capacitarse en mejores condiciones profesionales.

RECOMENDACIONES.

La Facultad de Ingeniería debería de contar con sistemas didácticos de enseñanza, esto aumentara la calidad de aprendizaje para que los alumnos puedan desarrollar habilidades en el área profesional.

Las materias relacionadas a procesos termodinámicos impartidas en las aulas de la carrera de ingenierías deberían de contar con materiales apropiados de enseñanza para mejorar la calidad de aprendizaje, en donde los alumnos puedan realizar ensayos de los conocimientos adquiridos y poder saber su funcionamiento y aplicación apropiada.

El estudio económico realizado servirá para que la facultad de ingeniería proponga la inversión e implementarse de equipos y sistemas didácticos aplicados a sistemas termodinámicos que sirvan a los estudiantes a elaborar prácticas de laboratorio. Siendo esto motivo para aumentar el prestigio de la facultad de Ingeniería Industrial y por ende de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

La Carrera de Ingeniería Industrial es una rama orientada en formar ingenieros que están dispuestos a respaldar en las diferentes ramas, y como tal se deberá de capacitar de manera apropiada con la debida experiencia a los futuros profesionales que saldrán a formar parte las industrias promoviendo el desarrollo de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- Automatismos eléctricos e industriales, Editorial Lexus

- Ing. Ángel Vargas Zúñiga, Calderas industriales y marinas, Editorial series VZ
- Catalogo Allen Bradley 2014
- Catalogo Honeywell 2012
- Instrumentación Neumática, Catalogo SMC
- Smith Corripio, Control automático de procesos, Editorial Limusa
- [Http://www.gastecnics.com](http://www.gastecnics.com)
- [Http://www.tecnocalderas.com/productos/instrumentación](http://www.tecnocalderas.com/productos/instrumentación) marca Honeywell
- John H. Perry, Manual del ingeniero químico, Editorial UTHEA
- Maynard, Manual del ingeniero industrial, Tomo I, McGrawHill