

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA



TESIS

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO
INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA EL LABORATORIO
DE INGENIERIA ELECTRONICA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

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

Autores: Bach. Dávila Flores Víctor Alexis
Bach. Santa Cruz López Dany Alberto

Asesor: Dr. Quispe Rojas Julio Ernesto

Lambayeque, 2021

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:



**Ing. RAMÍREZ CASTRO MANUEL
PRESIDENTE**



**Ing. MARTIN A. NOMBERA LOSSIO
SECRETARIO**



**Ing. LUCIA ISABEL CHAMAN CABRERA
VOCAL**



**Dr. JULIO ERNESTO QUISPE ROJAS
ASESOR**

ACTA DE SUSTENTACION



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DECANATO
Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 025-2021-D/FACFyM

Siendo las 10:00 am del día 16 de julio del 2021, se reunieron vía plataforma virtual, <http://meet.google.com/omx-upae-wdn> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada: **“Diseño e Implementación de un Módulo Intercambiador de Calor para el Laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”** Designados por Resolución N° 859-2019.D/FACFyM de fecha 21 junio 2019 Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio	Secretario
Mg. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera	Vocal

La tesis fue asesorada por el Dr. Ing. Julio Ernesto Quispe Rojas, nombrado por Resolución N° 1208-2018 D/FACFyM de fecha 09 de Octubre de 2018

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 440-2021-VIRTUALD/FACFyM de fecha 12 de Julio 2021

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Dávila Flores Víctor Alexis y Santa Cruz López Dany Alberto, y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 15 (Quince) en la escala vigesimal, mención Regular.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:30 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

Mg. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera

Vocal

Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio
Secretario

Dr. Julio Ernesto Quispe Rojas

Asesor



Declaración Jurada de Originalidad

Nosotros, Víctor Alexis Dávila Flores identificado con D.N.I. No 73703431 y Dany Alberto Santa Cruz López identificado con el D.N.I. No 72686353, Investigadores principales y Julio Ernesto Quispe Rojas, asesor del trabajo de investigación “Diseño e implementación de un Módulo Intercambiador de Calor para el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo” declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En este caso se demostrará lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar.

Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, (fecha)

Investigadores:

Víctor Alexis Dávila Flores

Dany Alberto Santa Cruz López

Asesor:

Julio Ernesto Quispe Rojas

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, por el apoyo incondicional y su amor durante todos los momentos de mi vida, por inculcar en mí valores y enseñarme a luchar por lo que queremos.

A mi novia por ser mi fortaleza durante todos estos años juntos, por su amor incondicional y ayudarme a encontrar la dirección a mi vida, dándome el regalo más preciado dentro de ella.

A mis hermanos y demás familiares por sus consejos y palabras de aliento durante los momentos difíciles en el transcurso de mi vida universitaria.

VICTOR ALEXIS DAVILA FLORES

A mis padres Franco Alberto y Margarita, por su apoyo incondicional en cada paso que doy, por su esfuerzo incansable para sacar adelante a cada uno de sus hijos y por ser mi fuente de motivación y superación en la vida.

A mis hermanas Cinthya y Nicole, por su apoyo y comprensión en cada noche de desvelo que me tocó pasar.

DANY ALBERTO SANTA CRUZ LOPEZ

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a Dios por guiarnos en todos los caminos que tomamos en nuestras vidas.

A nuestros familiares quienes con su apoyo y consejos nos ayudan a seguir creciendo personal y profesionalmente.

Al Dr. Julio Ernesto Quispe Rojas, quien aceptó ser nuestro asesor y nos apoyó en todo momento con el planteamiento y ejecución del proyecto de tesis.

LOS AUTORES

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el diseño e implementación de un módulo intercambiador de calor para el laboratorio de Ingeniería Electrónica, buscando una mejora continua en el aprendizaje de los alumnos de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.

El proyecto está dividido en tres partes: la primera comprende el reconocimiento del proceso que se va automatizar y el cálculo de los parámetros para su dimensionamiento. La segunda parte comprende el diseño mecánico, eléctrico y electrónico del módulo intercambiador de calor y el módulo de caldera eléctrica. Asimismo, se realiza la selección de sensores y equipos necesarios para la implementación del equipo en conjunto.

La tercera parte comprende la evaluación de funcionamiento del módulo y los beneficios que genera, el proceso da inicio con el ingreso manual de la temperatura deseada en la caldera y en el intercambiador de calor, a través de un Relé controlador de temperatura. Una vez indicadas las temperaturas deseadas, se da inicio de forma manual al liberar el botón de emergencia y presionar el botón start. El programa en modo automático hace que las bombas se enciendan y empiecen a llenar tanto a la caldera como al intercambiador de calor, cuando el agua alcance la boya de nivel mínimo en la caldera, esta mediante su resistencia empezará a funcionar, elevando la temperatura del agua hasta llegar al valor ingresado y abriendo una válvula solenoide para el paso de vapor hacia el intercambiador de calor. Finalmente, el sensor de temperatura (PT100) es el encargado de generar la señal para abrir la válvula solenoide de salida al alcanzar la temperatura deseada. Esta temperatura puede ser visualizada mediante un termómetro instalado en la tubería de salida del agua, pudiendo así realizar la evaluación correspondiente por parte de la persona que realiza este proceso.

Se concluye; que el diseño e implementación de este equipo permite el aprendizaje del control manual y de dos posiciones de un módulo intercambiador de calor, demostrando así las competencias adquiridas en los cursos de Sistemas de Control Industrial y, generando una mejora tanto en la enseñanza práctica como en el aprendizaje de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Palabras clave: Módulo intercambiador de calor, Control de dos posiciones, Módulo de caldera eléctrica con resistencia.

ABSTRACT

The objective of this research is the design and implementation of a heat exchanger module for the Electronic Engineering laboratory, looking for a continuous improvement in the learning process of the students of the professional school of Electronic Engineering.

The project is divided into three parts: the first one comprises the recognition of the process to be automated and the calculation of the parameters for its sizing. The second part comprises the mechanical, electrical and electronic design of the heat exchanger module and the electric boiler module. Also, the selection of sensors and equipment necessary for the implementation of the equipment as a whole is carried out.

The third part includes the evaluation of the module operation and the benefits it generates, the process begins with the manual input of the desired temperature in the boiler and heat exchanger, through a temperature controller relay. Once the desired temperatures are set, the program starts manually by releasing the emergency button and pressing the start button. The program in automatic mode makes the pumps turn on and start filling both the boiler and the heat exchanger, when the water reaches the minimum level buoy in the boiler, this through its resistance will begin to operate, raising the water temperature to reach the entered value and opening a solenoid valve for the passage of steam to the heat exchanger. Finally, the temperature sensor (PT100) is in charge of generating the signal to open the outlet solenoid valve when the desired temperature is reached. This temperature can be visualized by means of a thermometer installed in the water outlet pipe, thus being able to make the corresponding evaluation by the person who performs this process.

It is concluded that the design and implementation of this equipment allows the learning of manual control and two positions of a heat exchanger module, thus demonstrating the skills acquired in the courses of Industrial Control Systems and generating an improvement in both practical teaching and learning of students of the Professional School of Electronic Engineering of the National University Pedro Ruiz Gallo.

Keywords: Heat exchanger module, Two-position control, Electric boiler module with resistance.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	21
ABSTRACT	22
CAPITULO I	28
INTRODUCCIÓN	28
1.1. Aspecto Informativo	28
1.1.1. Título	28
1.1.2. Personal Investigador	28
1.1.3. Línea de Investigación	28
1.1.4. Lugar de Ejecución	28
1.1.5. Duración estimada del proyecto	28
1.2. Aspectos de la Investigación	29
1.2.1. Síntesis de la situación problemática	29
1.2.2. Formulación del Problema de investigación	29
1.2.3. Hipótesis	29
1.2.4. Objetivos	30
1.2.4.1. Objetivo General	30
1.2.4.2. Objetivos Específicos	30
CAPITULO II	31
DISEÑO TEÓRICO	31
2.1. Antecedentes	31
2.1.1. Antecedentes Internacionales	31
2.1.2. Antecedentes Nacionales	31
2.1.3. Antecedentes Regionales	32
2.2. Bases Teóricas	33
2.2.1. Automatización Industrial	33
2.2.2. Sistemas de Control	33
2.1.2.1. Sistema de Control de Lazo Abierto	33
2.1.2.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado	34
2.2.3. Módulos didácticos para el control de procesos	34
2.2.4. Transferencia de Calor	35
2.2.5. Modos de Transferencia de Calor	35
2.2.5.1. Transferencia de calor por Conducción:	35
2.2.5.2. Transferencia de calor por Convección	36

2.2.5.3.	Transferencia de calor por Radiación	36
2.2.6.	Intercambiador de Calor.....	37
2.2.6.1.	Intercambiadores de Calor según su construcción:	37
2.2.6.2.	Intercambiadores de calor de acuerdo a la Disposición de Fluidos... 40	
2.2.6.3.	Intercambiadores de Calor de acuerdo al tipo de servicio brindado.. 42	
2.2.7.	Caldera	43
2.2.7.1.	Clasificación de Calderos.....	43
2.2.8.	Sensores	45
2.2.8.1.	Tipos de sensores.....	45
2.2.9.	Controlador Lógico Programable (PLC).....	47
2.2.9.1.	Zelio PLC	47
2.3.	Operacionalización de Variables:	48
CAPÍTULO III		50
DISEÑO DEL MODULO INTERCAMBIADOR		50
3.1.	Introducción.....	50
3.2.	Descripción del Sistema.....	50
3.3.	Diagrama de bloques del Sistema	50
3.4.	Diagrama de Funcionamiento del Sistema.....	51
3.5.	Diagrama de Ilustración del Sistema	52
3.6.	Parte Mecánica del Sistema.....	52
3.6.1.	Parámetros de Dimensionamiento	52
3.6.2.	Acople entre Intercambiador y Caldera	54
3.7.	Parte Eléctrica y Electrónica del Sistema.....	56
3.7.1.	Componentes eléctricos y electrónicos	57
3.7.2.	Diseño Eléctrico	63
3.7.3.	Diseño Electrónico.....	63
3.7.4.	Diseño de Programación del Módulo	64
3.7.4.1.	Diagrama de Flujo de la Programación	64
3.7.4.2.	Programación Final del Zelio	65
3.8.	Cálculo de parámetros para construcción:	66
3.9.	Etapas de la Investigación	70
CAPÍTULO IV		71
CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS		71
4.1.	Construcción del Equipo	71
4.1.1.	Parte mecánica.....	71

4.1.2.	Parte eléctrica y electrónica.....	76
4.1.2.1.	Tablero de control.....	77
4.2.	Selección de Equipos	78
4.2.1.	Selección de Relé Modular Zelio	78
4.2.2.	Selección de Caldera Eléctrica	79
4.2.3.	Selección de Sensor de Temperatura	80
4.2.4.	Selección de Sensor de Nivel	81
4.2.5.	Selección de Válvulas Solenoides	82
4.2.6.	Selección de la Fuente de Alimentación:	83
4.2.7.	Selección de Electrobomba	84
4.3.	Funcionamiento del Sistema	84
4.4.	Presupuesto.....	85
4.4.1.	Costos del Sistema de Control del Módulo Implementado.....	85
CAPÍTULO V		88
EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS BENEFICIOS		88
CAPÍTULO VI.....		93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93
6.1.	Conclusiones.....	93
6.2.	Recomendaciones	93
BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA		94
ANEXOS		96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Sistema de Control de Lazo abierto.....	33
Figura 2:	Sistema de Control de Lazo cerrado.....	34
Figura 3:	Conducción de Calor a través de una pared plana de espesor Δx y área A ...	35
Figura 4:	Ejemplo de transferencia de calor por convección natural en un radiador. ...	36
Figura 5:	Representación de los modos de transferencia de calor	37
Figura 6:	Intercambiador de calor de doble tubo	38
Figura 7:	Intercambiador de calor de Tubo y Coraza.....	39
Figura 8:	Intercambiador de Calor de Placa.....	40
Figura 9:	Intercambiador de Calor de Paso Único	41

Figura 10: Intercambiador de Calor de Pasos Múltiples.....	41
Figura 11: Caldera piro tubular	44
Figura 12: Caldero acuotubular	44
Figura 13: Sensores de presión.....	45
Figura 14: Sensores de nivel	46
Figura 15: Sensores de temperatura	46
Figura 16: Sensor de flujo electromagnético	47
Figura 17: Ejemplo de arquitectura de un Zelio Logic.....	48
Figura 18: Diagrama de bloques del sistema.	50
Figura 19: Diagrama de funcionamiento del sistema.	51
Figura 20: Ilustración del sistema	52
Figura 21: Diseño mecánico frontal del módulo intercambiador de calor	55
Figura 22: Diseño mecánico lateral- posterior	55
Figura 23: Diseño preliminar de tablero de control.....	56
Figura 24: Contactor eléctrico.....	57
Figura 25: Interruptor termomagnético Riel	57
Figura 26: Piloto luminoso XB7	58
Figura 27: Electrobomba para agua.....	58
Figura 28: Toma industrial.....	59
Figura 29: Válvula solenoide	59
Figura 30: Termómetro Industrial Ritherm.....	60
Figura 31: Manómetro industrial.....	60
Figura 32: Clases de fuentes de alimentación conmutadas.....	61
Figura 33: Controlador de temperatura.....	62
Figura 34: Relé Universal automático	62
Figura 35: Diagrama eléctrico.....	63
Figura 36: Diagrama de conexiones	63
Figura 37: Diagrama de Flujo de la Programación	64
Figura 38: Programa Zelio	65
Figura 39: Programa Zelio	65
Figura 40: Moldeo para forma de carcaza	71
Figura 41: Arreglo de tubería	72
Figura 42: Bridas para ambos lados del intercambiador	73
Figura 43: Acondicionamiento de mamparas	73
Figura 44: Tapa trasera del intercambiador	74

Figura 45: Tapa de para salida de producto	74
Figura 46: Tuberías de acople entre intercambiador y caldera	75
Figura 47: Módulo intercambiador de calor	76
Figura 48: Selección de materiales	76
Figura 49: Estructura externa del tablero de control	77
Figura 50: Estructura interna del tablero de control	78
Figura 51: Relé Modular Zelio Logic 26 E/S	79
Figura 52: Caldera eléctrica con resistencia de 5000 W	80
Figura 53: Sensor PT 100 con cabezal	80
Figura 54: Sensor de Nivel tipo boya	81
Figura 55: Válvula Solenoide para agua	82
Figura 56: Válvula Solenoide para vapor	83
Figura 57: Fuente de Alimentación Conmutada Regulada	83
Figura 58: Electrobomba del módulo	84
Figura 59: Manipulación de tablero de control	89
Figura 60: Verificación de temperatura de salida	89
Figura 61: Verificación interna del sistema de mando	90
Figura 62: Verificación de temperatura de salida	90
Figura 63: Manipulación de equipo para pruebas de funcionamiento	91
Figura 64: Verificación de modulo intercambiador de calor	91
Figura 65: Identificación de materiales / equipos	92
Figura 66: Identificación de componentes de panel de control	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Operacionalización de Variables</i>	49
Tabla 2: <i>Listado de materiales que constituyen el tablero</i>	77
Tabla 3: <i>Presupuesto del Sistema de Control del Módulo implementado</i>	86
Tabla 4: <i>Presupuesto de mano de obra en el Módulo implementado</i>	87
Tabla 5: <i>Inversión Total del Módulo implementado</i>	87
Tabla 6: <i>Listado de estudiantes que realizaron las pruebas</i>	88

INTRODUCCIÓN

1.1. Aspecto Informativo

1.1.1. Título

Diseño e implementación de un módulo intercambiador de calor para el laboratorio de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.1.2. Personal Investigador

1.1.2.1. Autor

Nombre : Dany Alberto Santa Cruz Lopez
E-mail : dsantacruzlopez@gmail.com
Teléfono : 983163152

1.1.2.2. Autor

Nombre : Víctor Alexis Dávila Flores
E-mail : v_davilaf@hotmail.com
Teléfono : 944903363

1.1.2.3. Asesor

Dr. Julio Ernesto Quispe Rojas

1.1.3. Línea de Investigación

Ingeniería Electrónica – Control y Automatización

1.1.4. Lugar de Ejecución

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.1.5. Duración estimada del proyecto

06 meses

1.2. Aspectos de la Investigación

1.2.1. Síntesis de la situación problemática

Actualmente una enseñanza de calidad se enfoca en que el estudiante aprenda una parte teórica sobre la materia y desarrolle otra parte práctica sobre la misma, este modelo de enseñanza es llevado a cabo de forma íntegra en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Los laboratorios de Ingeniería Electrónica cuentan con módulos de nivel y de presión, así como mini plantas industriales y otro tipo de instrumentos que permiten a los estudiantes manipular y tener un enfoque real del funcionamiento de los distintos equipos industriales, también se realizan diferentes visitas técnicas a empresas donde se logra conocer el uso de estos equipos a mayor escala. Se conoce también que los estudiantes elaboran proyectos de desarrollo tecnológico durante el semestre, teniendo como objetivo determinar las características y parámetros adecuados para la construcción de un equipo determinado.

Siguiendo con esta consigna y en busca impulsar una mejora continua en el aprendizaje, se propone la construcción de un prototipo que permita aprender el control manual y de dos posiciones con banda diferencial de un intercambiador de calor, como un módulo adicional en el laboratorio.

1.2.2. Formulación del Problema de investigación

¿Cómo contribuir a la mejora del aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en el manejo de los sistemas intercambiadores de calor?

1.2.3. Hipótesis

Si se diseña e implementa un módulo intercambiador de calor, que permita a los estudiantes mejorar sus habilidades en la práctica de lo desarrollado teóricamente, además de aprender el control manual y de dos posiciones con banda diferencial de un intercambiador y conocer las características y parámetros para la adecuada calibración de un módulo intercambiador de calor, entonces se contribuirá a la mejora en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en el manejo de sistemas intercambiadores de calor.

1.2.4. Objetivos

1.2.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un módulo intercambiador de calor para contribuir al aprendizaje del control manual y de dos posiciones con banda diferencial de un intercambiador de calor en el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.4.2. Objetivos Específicos

Determinar las características y parámetros para la adecuada calibración de un módulo intercambiador de calor, que permita contribuir al aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica.

Diseñar el equipo intercambiador de calor y seleccionar los materiales, software y demás elementos a utilizar, cumpliendo con los parámetros y características adecuados para su realización.

Implementar el módulo intercambiador de calor de acuerdo al diseño realizado.

Evaluar el funcionamiento y los beneficios que brinda al aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica, el módulo intercambiador de calor diseñado y construido.

DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

2.1.1.1. En **Análisis de sensibilidad del Intercambiador de calor de tubo y coraza del Laboratorio de Plantas térmicas de la Universidad Libre** (Cardona, 2018) en Colombia, se utilizó el análisis de sensibilidad de un intercambiador de calor de tubo y coraza para realizar una parametrización del equipo determinando la variable más sensible a los cambios de los flujos másicos de los fluidos del intercambiador. Al realizar la simulación se determinó un desfase con el modelo experimental, sin embargo, se tomó en cuenta que la sensibilidad se realizó de manera relativa llegando al modelo de sensibilidad de las variables y obteniendo resultados favorables en la comparación.

2.1.1.2. En **Automatización de la planta piloto intercambiador de calor del laboratorio de automatización y procesos industriales de la Universidad Javeriana de Cali** (Burbano, 2015) en Colombia, se realizó la propuesta de una estrategia de control automático para la Planta Piloto Intercambiador de Calor, presente el en Laboratorio de Automatización y procesos industriales. Se realizó el diseño de una metodología basada en las siguientes etapas: fase uno, descripción de variables de proceso; fase dos, obtención de los datos del proceso; fase tres, obtención del modelo matemático del proceso; fase cuatro, elaboración del diseño de la estrategia de control; fase cinco, implementación y evaluación de la estrategia de control; y, por último, fase seis, Implementación del sistema de supervisión y pruebas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

2.1.2.1. En **Evaluación de la eficiencia energética de un intercambiador de calor tipo coraza y tubo en el laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la FIQ-UNCP** (Amaro & Fernández, 2015) en la Universidad Nacional del Centro del Perú se realizó la evaluación de la eficiencia energética de un

intercambiador de calor tipo coraza y tubo. Las pruebas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química, donde se realizaron pruebas experimentales de calentamiento, utilizando al agua como fluido caliente y frío. Finalmente se destaca la contribución de la investigación al desarrollo de los estudiantes de la Facultad Ingeniería Química para la mejor comprensión de un proceso de transferencia de calor.

2.1.2.2. En Diseño de intercambiador de calor de tubo y coraza para ampliación de capacidad de producción de cal hidratada – Cal & Cemento Sur S.A. (Huanca, 2016) en la Universidad Nacional del Altiplano en Perú, se realizó la aplicación de procesos de transferencia de calor en la producción de cal hidratada, con la finalidad de incrementar en la capacidad de producción de cal hidratada en un 25%, debido a la gran demanda existente en el mercado minero. El presente trabajo de tesis, inició con la inquietud de querer mejorar el proceso de producción de cal hidratada y ello conllevó al planteamiento de calentar agua con el vapor de agua del proceso exotérmico saliente al exterior por la chimenea del pugmill (amasadora).

2.1.3. Antecedentes Regionales

2.1.3.1. En Diseño de una Mini Planta Intercambiadora de Calor controlada por un Sistema HMI/SCADA para la capacitación de los Alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Flores, 2017) en Lambayeque, se realizó el diseño de una mini-planta intercambiadora de calor, controlada por un sistema HMI/SCADA, para la capacitación de los alumnos de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Asimismo, la investigación incluye el diseño del intercambiador de calor, el diseño estructural de la mini-planta, el diseño y simulación del sistema de control mediante el estudio de metodologías de desarrollo de interfaces, utilizando el software de programación Labview V.2015 de la empresa National Instruments, con la finalidad de poder visualizar el comportamiento de los principales elementos del sistema de control.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Automatización Industrial

La automatización industrial está definida como la aplicación de diferentes tecnologías para el control y monitoreo de un proceso, máquina, aparato o dispositivo que normalmente cumple funciones repetitivas, logrando que este sea operado automáticamente y se disminuya la intervención humana. Esta aplicación de tecnologías tiene como finalidad la generación de mayores cantidades de producto en el menor tiempo posible, buscando reducir costos y garantizando la estandarización de la calidad.

La Automatización Industrial la encontramos en muchos sectores de la economía, como en la fabricación de Alimentos, Productos Farmacéuticos, Productos Químicos, en la Industria Gráfica, Petrolera, Automotriz, Plásticos, Telecomunicaciones entre otros, sectores en los cuales generan grandes beneficios. (Crespo, 2011)

2.2.2. Sistemas de Control

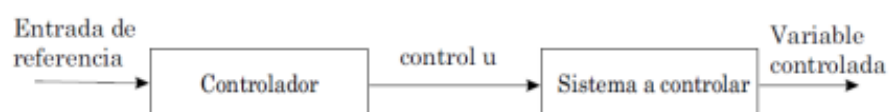
Un sistema de control es aquel que se encuentra conformado por un conjunto de dispositivos que se encargan de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento realizado por otro sistema, esto con la finalidad de minimizar la probabilidad de aparición de fallos y así lograr los objetivos propuestos.

2.1.2.1. Sistema de Control de Lazo Abierto

Un Sistema de Control de Lazo Abierto es aquel donde la señal de salida no llega a influir sobre la acción de control, es decir, el controlador no tiene conocimiento del valor de señal de la salida, ni se compara con esta señal para decidir algún acto sobre el sistema. Un ejemplo típico de un sistema de lazo abierto lo constituye una lavadora eléctrica, ya que su sistema de control modifica sus procesos en base a las indicaciones del usuario y no en función del nivel de lavado de la ropa (objetivo de control).

Figura 1

Sistema de Control de Lazo abierto



Fuente: Internet

2.1.2.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado

En un sistema de control de lazo cerrado existe una relación directa de realimentación de la señal de salida y la variable a controlar. Es decir, en este tipo de sistemas se compara la variable a controlar con la señal de referencia de manera que el controlador modifica la acción de control sobre los actuadores del sistema.

Un sistema de lazo cerrado presenta ventajas sobre un sistema de lazo abierto si se llega a producir perturbaciones o variaciones impredecibles sobre el sistema.

Figura 2

Sistema de Control de Lazo cerrado



Fuente: Internet

2.2.3. Módulos didácticos para el control de procesos

Un módulo didáctico se define como una planta de procesos a escala reducida enfocada en el control de procesos industriales, la finalidad que tiene es que al diseñar, construir y operar una planta piloto de un determinado proceso se determine si es técnica y económicamente viable. Un módulo didáctico en general es mucho más flexible, ya que fue diseñado con la finalidad de investigar o estudiar un proceso, es por ello que permite trabajar en un amplio rango de valores y de esta manera se puedan realizar experimentos o ensayos con valores distintos de las variables y así poder determinar valores óptimos.

Las variables típicas a medir cuando se tiene un módulo didáctico de control suelen ser: presión, temperatura, humedad, flujo, nivel, etc.

Así mismo, un módulo didáctico es fabricado con componentes industriales y comerciales reales, fácilmente identificados y comúnmente utilizados en las plantas industriales.

2.2.4. Transferencia de Calor

La transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios, este proceso se produce cuando se ponen en contacto dos sistemas con diferentes temperaturas y persiste hasta que se igualan las temperaturas.

La transferencia de calor es componente importante de muchos procesos industriales y puede influir significativamente en la operación de una gran variedad de sistemas de ingeniería. (Romero-Méndez et al, 2001)

2.2.5. Modos de Transferencia de Calor

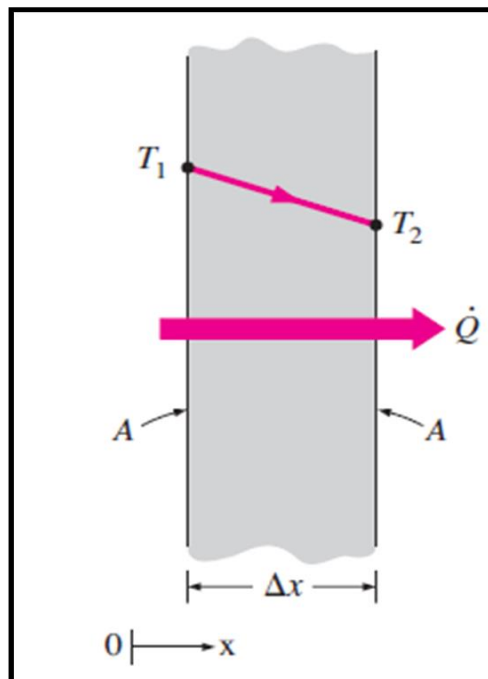
Los mecanismos a través de los cuales se realiza la transferencia de calor son: conducción, convección y radiación.

2.2.5.1. Transferencia de calor por Conducción:

El calor es conducido por medio de sólidos, líquidos y gases, esto mediante la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes. (Burbano, 2015)

Figura 3

Conducción de Calor a través de una pared plana de espesor Δx y área A



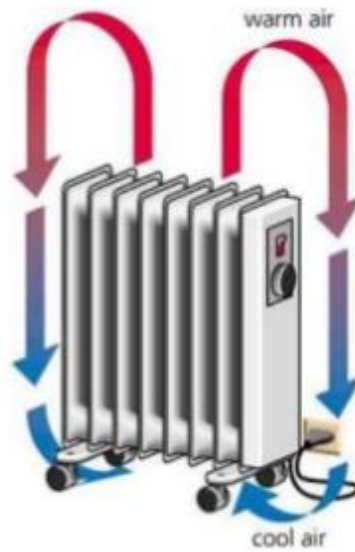
Fuente: (Incropera & DeWitt, 1999)

2.2.5.2. Transferencia de calor por Convección

La convección es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de mezcla. La transferencia de calor por convección se puede dar por convección natural o libre y por convección forzada. (Amaro & Fernández, 2015)

Figura 4

Ejemplo de transferencia de calor por convección natural en un radiador.



Fuente: (Incropera & DeWitt, 1999)

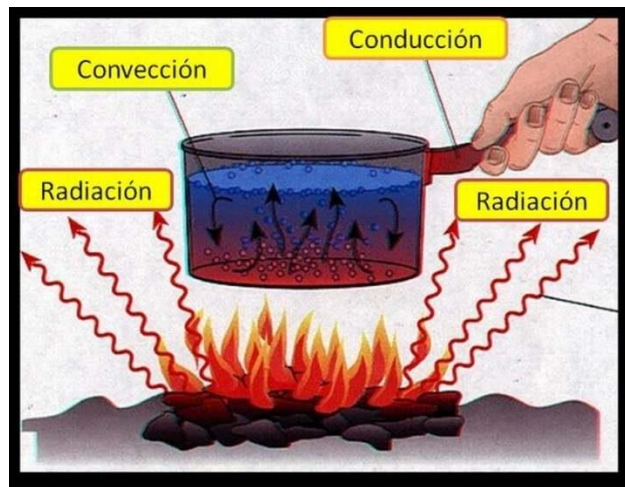
2.2.5.3. Transferencia de calor por Radiación

La radiación involucra la transferencia de energía radiante desde una fuente a un receptor.

Cuando la radiación se emite desde una fuente a un receptor, parte de la energía se absorbe por el receptor y parte es reflejada por él. En la transferencia de calor radiante el calor puede ser transmitido por radiación a través del vacío absoluto. (Arboleda, 2003)

Figura 5

Representación de los modos de transferencia de calor



Fuente: (Incropera & Dewitt, 1999)

2.2.6. Intercambiador de Calor

Un intercambiador de calor es aquel dispositivo utilizado para transferir energía de un medio a otro, por ejemplo, es usado en uno de los procesos más frecuentes e importantes en la ingeniería, como es el intercambio térmico entre fluidos.

Los intercambiadores de calor son equipos de transferencia de calor. En los sistemas químicos como en otros sistemas, ocurre que el calor debe ser transferido de un lugar a otro, o bien, de un fluido a otro.

Los intercambiadores de calor son dispositivos que permiten realizar dicha tarea. Es necesario un entendimiento básico de los componentes mecánicos de los intercambiadores de calor para comprender cómo estos funcionan y operan para un adecuado desempeño. (Amaro & Fernández, 2015)

Existen tipos de intercambiadores de calor en función del flujo y operación, construcción, regeneración y aplicación. Existen tipos de intercambiadores de calor en función del flujo y operación, construcción, regeneración y aplicación.

2.2.6.1. Intercambiadores de Calor según su construcción:

Los intercambiadores de calor presentan una gran variedad de formas y tamaños. Según su construcción presentan las siguientes categorías: doble tubo, coraza y tubo y placas.

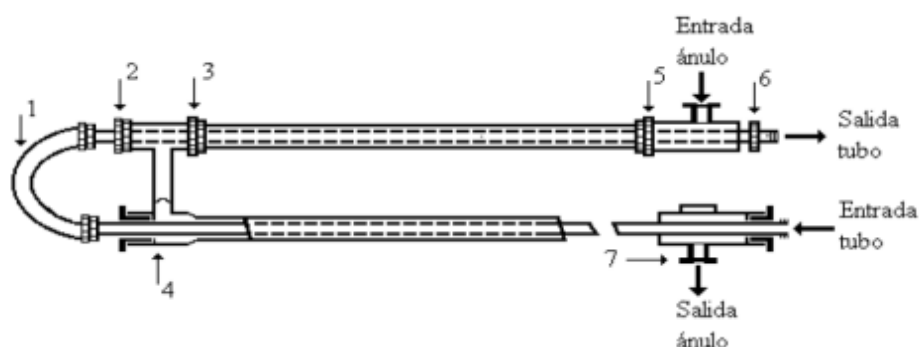
2.2.6.1.1. Intercambiador de Calor de Doble Tubo

Este tipo de intercambiadores son los más sencillos que existen, ya que están contruidos por dos tubos concéntricos de diferentes diámetros.

Las partes principales de este tipo de intercambiador son dos juegos de tubos concéntricos, dos "T" conectoras [7], un cabezal de retorno [4] y un codo en "U" [1] La tubería interior se soporta mediante estóperos, y el fluido entra a ella a través de una conexión localizada en la parte externa del intercambiador. Las "T" tienen conexiones que permiten la entrada y salida del fluido que circula por el ánulo y el cruce de una sección a la otra a través de un cabezal de retorno. La tubería interior se conecta mediante una conexión en "U" que generalmente se encuentra expuesta al ambiente y que no proporciona superficie efectiva de transferencia de calor.

Figura 6

Intercambiador de calor de doble tubo



Fuente: (Flores, 2016)

2.2.6.1.2. Intercambiador de Calor de Tubo y Coraza

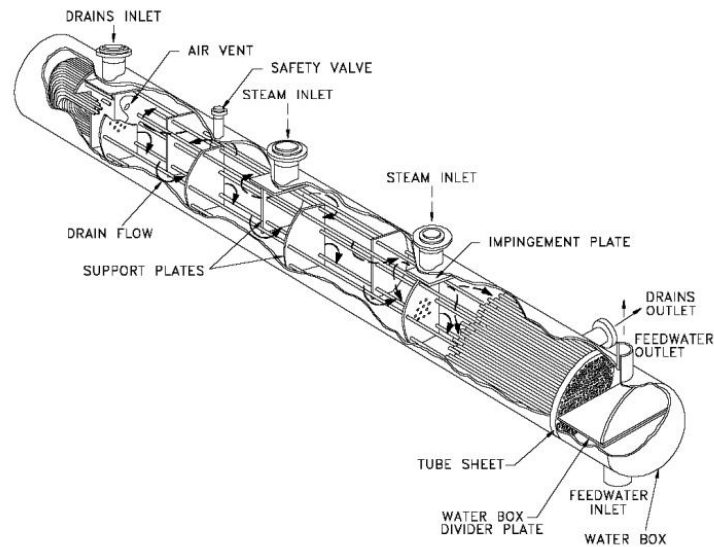
Este es el tipo de intercambiador de calor más utilizado en plantas químicas y refinerías. Entre sus principales características encontramos que:

- Proporciona flujos de calor elevados en relación con su peso y volumen.
- Su construcción es relativamente fácil y existe gran variedad de tamaños.

- ❑ Su mantenimiento es relativamente fácil.
- ❑ Es versátil y puede ser diseñado para cumplir prácticamente con cualquier aplicación.

Figura 7

Intercambiador de calor de Tubo y Coraza



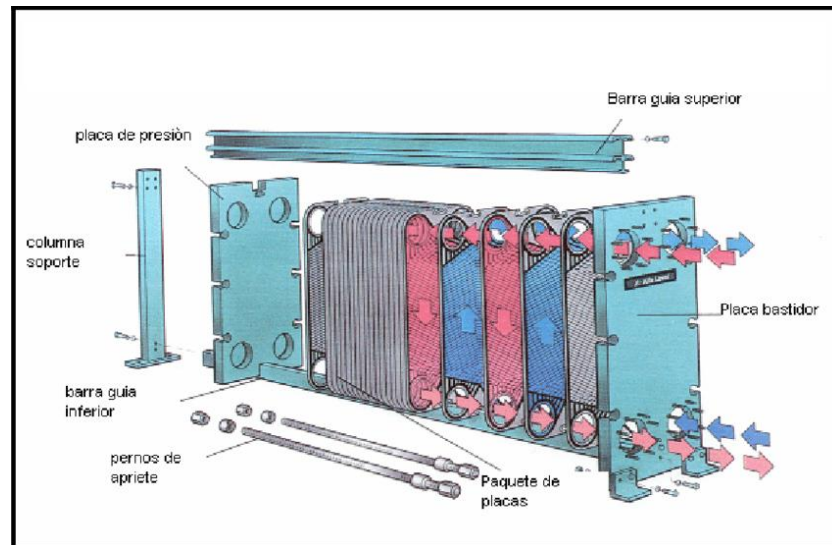
Fuente: (Jaramillo, 2007)

2.2.6.1.3. Intercambiadores de Calor de Placas

Este tipo de intercambiador sustituye los tubos por placas, esto para separar dos fluidos, caliente y frío. Los líquidos calientes y fríos se alternan entre cada una de las placas y los baffles son los que dirigen el flujo del líquido entre las placas. El área superficial de estas placas es extremadamente grande, debido a esto, este tipo de intercambiador es capaz de transferir más calor que uno de carcaza y tubos de volumen semejante.

Figura 8

Intercambiador de Calor de Placa



Fuente: (Amaro & Fernández, 2015)

2.2.6.2. Intercambiadores de calor de acuerdo a la Disposición de Fluidos

La disposición de flujo en particular depende de la eficiencia de intercambio requerida, los esfuerzos térmicos permitidos, los niveles de temperatura de los fluidos, entre otros factores. Algunas de las disposiciones de flujo más comunes son:

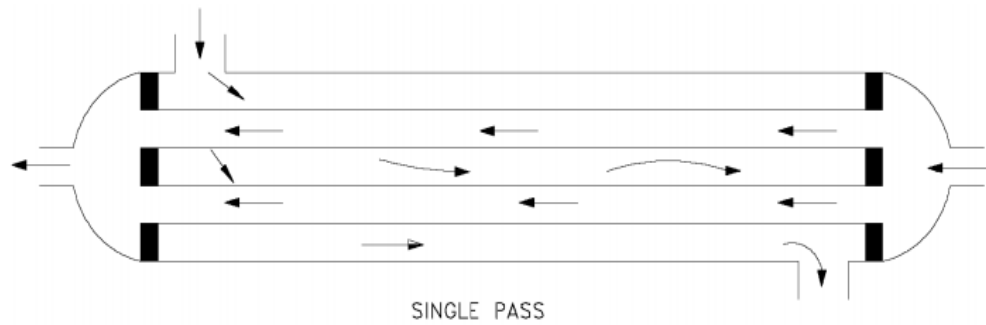
2.2.6.2.1. Intercambiadores de Calor de Paso Único

- ❑ **Flujo en Paralelo:** En este tipo de intercambiador, ambos fluidos entran por el mismo extremo, fluyen en la misma dirección y salen por el extremo opuesto. Este tipo de intercambiadores son usados en caso los materiales sean muy sensibles y cuando se desea mantener la efectividad en un amplio intervalo de flujo.
- ❑ **Flujo en contracorriente:** En este tipo de intercambiador, los fluidos van en direcciones opuestas. Esta es la disposición de flujo termodinámicamente superior a cualquier otra.

- ❑ **Flujo cruzado:** En este tipo de intercambiador los flujos son normales uno al otro, la efectividad de estos equipos es intermedia a las dos anteriores.

Figura 9

Intercambiador de Calor de Paso Único



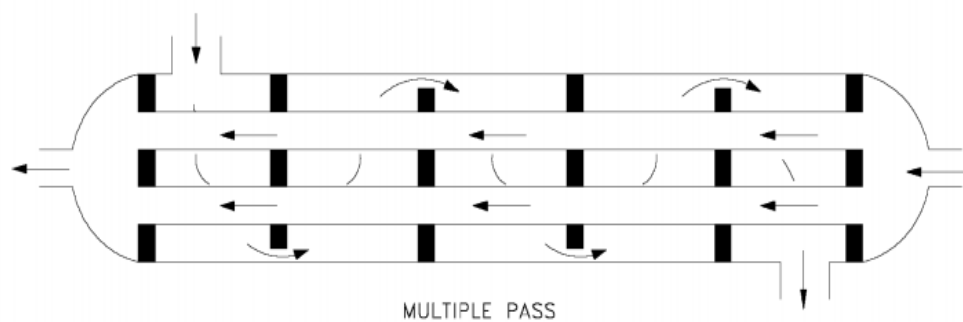
Fuente: (Jaramillo, 2007)

2.2.6.2.2. Intercambiadores de Calor de Pasos Múltiples

Una de las ventajas de este tipo de intercambiadores es que los pasos múltiples logran una mejora en el rendimiento del intercambiador.

Figura 10

Intercambiador de Calor de Pasos Múltiples



Fuente: (Jaramillo, 2007)

2.2.6.3. Intercambiadores de Calor de acuerdo al tipo de servicio brindado

2.2.6.3.1. Enfriador

Es una unidad en la cual una corriente de proceso intercambia calor con agua o aire sin que ocurra cambio de fase.

2.2.6.3.2. Calentador

Es aquel intercambiador de calor que aumenta la entalpía de una corriente, sin que se genere un cambio de fase. Por ejemplo, la descarga de un reactor operado a temperaturas elevadas.

2.2.6.3.3. Refrigerador

Es aquel intercambiador que utiliza una unidad refrigerante para hacer el enfriamiento de un fluido, hasta lograr una temperatura menor.

2.2.6.3.4. Condensador

Es aquel intercambiador que convierte los vapores generados en su proceso de manera total o parcial en líquidos. El termino condensador de superficie se refiere específicamente a aquellas unidades de carcaza y tubos que se utilizan para la condensación del vapor de desecho, proveniente de las máquinas y de las turbinas a vapor.

2.2.6.3.5. Evaporador

Son aquellos intercambiadores diseñados específicamente para aumentar la concentración de las soluciones acuosas mediante la evaporación de una parte del agua.

2.2.6.3.6. Vaporizador

Aquellos intercambiadores que convierten líquido a vapor.

2.2.6.3.7. Rehervidor

Hay dos tipos generales de rehervidores, aquellos que envían dos fases a la torre para separar el vapor del líquido y los que retornan vapor solamente. Los primeros pueden operar mediante circulación natural (comúnmente llamados

termosifones) o circulación forzada. (Amaro & Fernández, 2015)

2.2.6.3.8. Generadores de vapor

Son un tipo especial de intercambiadores usados para producir vapor de agua. Llamados también “Calderas de recuperación de Calor”, ya que generalmente se utiliza el calor que no se llega a utilizar en el proceso.

2.2.6.3.9. Sobrecalentador

Este tipo de intercambiadores calientan el vapor por encima de su temperatura de saturación.

2.2.7. Caldera

La caldera es un aparato térmico construido con la finalidad de generar vapor, dicho aparato utiliza el calor procedente de cualquier fuente de energía y lo transforma en energía térmica, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. (Huamancayo, 2017)

Debido a que el vapor de agua, tiene amplias aplicaciones, la caldera es un aparato muy utilizado en la industria, con la finalidad de ser utilizado en:

- Esterilización: comúnmente utilizado en hospitales para la esterilización de instrumentos médicos y en comedores con capacidad industrial, para la desinfección de los cubiertos.
- Calentamiento de fluidos: utilizado en la industria petrolera, para el calentamiento de petróleos pesados y así mejorar su fluidez.
- Generación de electricidad: las calderas son partes fundamentales de las centrales termoeléctricas.

2.2.7.1. Clasificación de Calderos

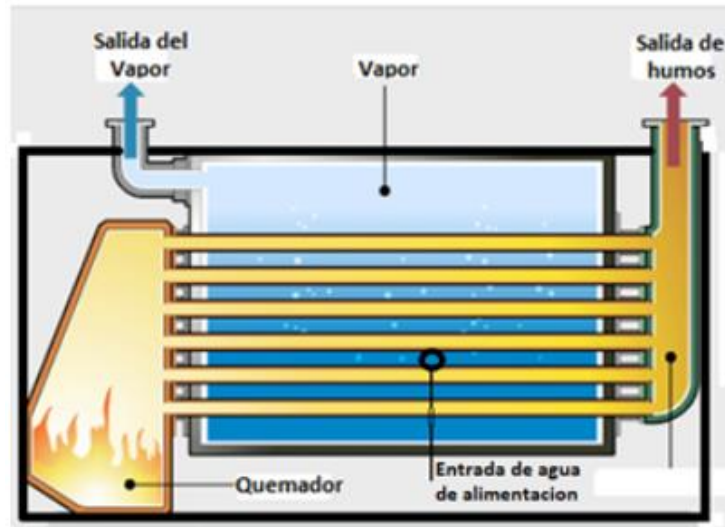
Existen dos tipos básicos de calderas, utilizados principalmente para procesos y calentamiento industrial.

2.2.7.1.1. Calderas de tubos de fuego o piro tubulares

En este tipo de calderas, las llamas o productos generadores de combustión, pasan a través de los tubos y el agua caliente rodea los interiores y bancos de tubos. Asimismo, estas calderas son pequeñas y eficientes, tienen un diseño simple y manejan presiones de hasta 300 psi.

Figura 11

Caldera piro tubular



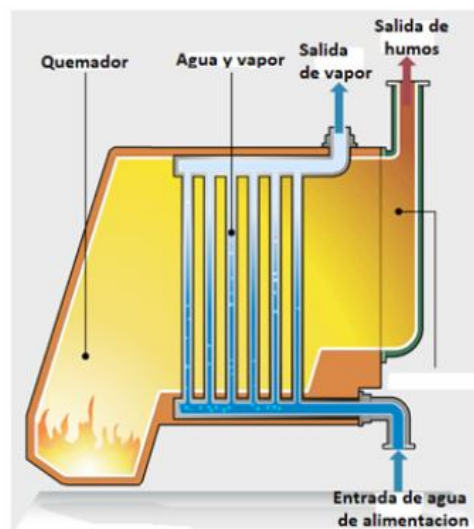
Fuente: www.portalelectromecanico.org

2.2.7.1.2. Calderas de agua o acuotubulares

En este tipo de calderas, los productos de la combustión rodean los bancos de tubos y el agua que circula por el interior de los tubos. Asimismo, estos equipos pueden ponerse en marcha con mayor rapidez y trabajan con presiones que superan los 300 psi.

Figura 12

Caldero acuotubular



Fuente: www.portalelectromecanico.org

2.2.8. Sensores

Los sensores son aparatos que convierten cierto tipo de energía en impulsos eléctricos que son captados por máquinas de control.

2.2.8.1. Tipos de sensores

2.2.8.1.1. Sensores de Presión

Son aquellos dispositivos que tienen la capacidad de medir la presión de gases o líquidos. En la industria existe un amplio rango de sensores de presión de un fluido sobre una membrana.

Figura 13

Sensores de presión



Fuente: Internet

2.2.8.1.2. Sensores de Nivel

Son aquellos dispositivos empleados especialmente en la medición de nivel continua de líquidos y productos a granel. En la medición de líquidos, se puede obtener el nivel determinando primero el diferencial de presión, que consiste en detectar la diferencia de presión entre el fondo del líquido y la parte superior del mismo, y la densidad del líquido.

Asimismo, los sensores de nivel se dividen en: Capacitivo, radar, flotador, ultrasónico.

Figura 14

Sensores de nivel



Fuente: Internet

2.2.8.1.3. Sensores de Temperatura

En los procesos industriales una de las variables que se miden con más frecuencia es la temperatura, ya que esta variable se utiliza con la finalidad de inferir otras variables del proceso.

Un sensor de temperatura es un dispositivo usado para medir la temperatura del aire o la temperatura superficial de los líquidos y sólidos.

Figura 15

Sensores de temperatura



Fuente: Internet

2.2.8.1.4. Sensores de Flujo

El flujo es una de las dos variables de proceso que se miden con más frecuencia, por ello existen diversos tipos de sensores de flujo.

Un sensor de flujo es un dispositivo que va instalado en línea con una tubería y permite determinar la cantidad de líquido o gas que está circulando por dicha tubería.

Figura 16

Sensor de flujo electromagnético



Fuente: Internet

2.2.9. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un Controlador Lógico Programable o PLC es una máquina electrónica programable diseñada para automatización industrial, para el control de una máquina o un proceso industrial.

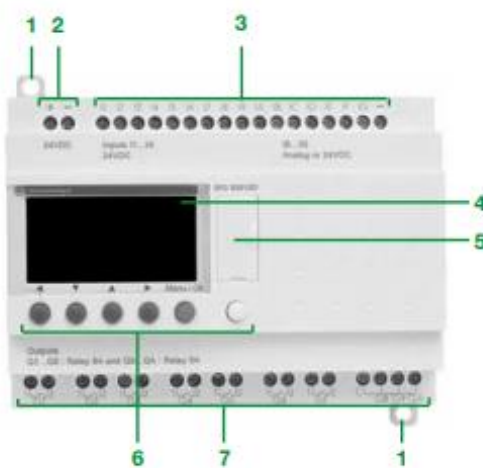
A diferencia de un computador tradicional, un PLC no tiene teclado, pantalla ni ratón, tampoco tiene disco duro ni Windows. Pero internamente sí es un computador, con su hardware: procesadores, memoria, puertos de comunicación, etc. y con su software: un sistema operativo (llamado Firmware), y una programación específica para la aplicación o el caso particular en que se está usando. (Dahl-Skog, 2012)

2.2.9.1. Zelio PLC

Zelio es una gama de relés inteligentes o pico-PLC autónomos que incluyen entradas digitales o analógicas para la conexión de sensores, finales de carrera, pulsadores, interruptores, etc., una serie de salidas para la conexión de contactores, lámparas, válvulas, variadores de velocidad, etc., y una pantalla para mostrar textos al usuario. El relé programable Zelio incluye contadores, temporizadores, comparadores y otra serie de funciones internas con las que se pueden llegar a controlar sistemas automatizados sencillos. (Forpro, 2013)

Figura 17

Ejemplo de arquitectura de un Zelio Logic



Los módulos Zelio Logic modulares incluyen en la parte frontal:

- 1 Dos patas de fijación retráctiles.
- 2 Dos bornas de alimentación.
- 3 Bornas de conexión de las entradas.
- 4 Un visualizador LCD retroiluminado de 4 líneas de 18 caracteres.
- 5 Un emplazamiento para cartucho de memoria y conexión al PC o interface de comunicación por módem.
- 6 Un teclado de 6 teclas para la programación y el paramétraje.
- 7 Bornas de conexión de las salidas.

Fuente: Schneider Electric

2.3. Operacionalización de Variables:

En el presente estudio se distinguen las siguientes variables:

- Diseño e implementación de un módulo intercambiador de calor. (Variable Independiente)
- Mejora del aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica. (Variable Dependiente)
- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (Variable Interviniente)

Tabla 1*Operacionalización de Variables*

Variables	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores
INDEPENDIENTE:			
Diseño e implementación de un módulo intercambiador de calor	Módulo intercambiador de calor	Dispositivo encargado de la transferencia de calor entre dos fluidos, creado con el objetivo de favorecer y enriquecer el proceso de aprendizaje.	Eficiencia, transferencia de calor, diferencia de temperatura entre la entrada y la salida
DEPENDIENTE:			
Mejora en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Aprendizaje de los estudiantes	Proceso de adquisición de conocimientos, habilidades, valores y actitudes, posibilitado mediante el estudio, la enseñanza o la experiencia.	Evaluaciones de rendimiento, recursos de aprendizaje, nivel de enseñanza de la institución
	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	La Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) es una institución de formación profesional, ubicada en la ciudad de Lambayeque.	Infraestructura, nivel de satisfacción, tasa de empleabilidad

Nota. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL MÓDULO INTERCAMBIADOR

3.1. Introducción

A continuación, se describirá el diseño del módulo intercambiador propuesto, dicho diseño constará de dos partes:

La parte mecánica, que contiene la determinación de los parámetros para diseño mecánico del módulo intercambiador de calor y la parte eléctrica y electrónica, que está constituida por la selección de equipos y materiales, además de la instrumentación necesaria para la materialización del presente proyecto que dará lugar al funcionamiento del sistema de control del módulo intercambiador de calor.

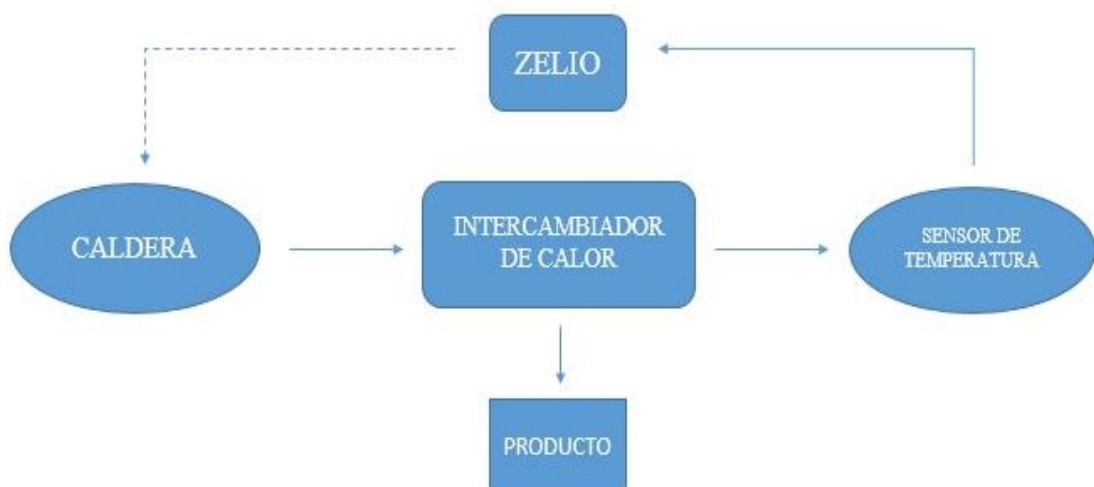
3.2. Descripción del Sistema

El presente proyecto se utilizará para el control de temperatura del agua en la salida de un intercambiador de calor, mediante el uso de una caldera eléctrica, además de sensores PT100, sensores de nivel tipo boya y un Relé inteligente modular Zelio Logic de la marca SCHNEIDER ELECTRIC, los cuales se encargarán de controlar las variables que intervienen en el proceso.

3.3. Diagrama de bloques del Sistema

Figura 18

Diagrama de bloques del sistema.

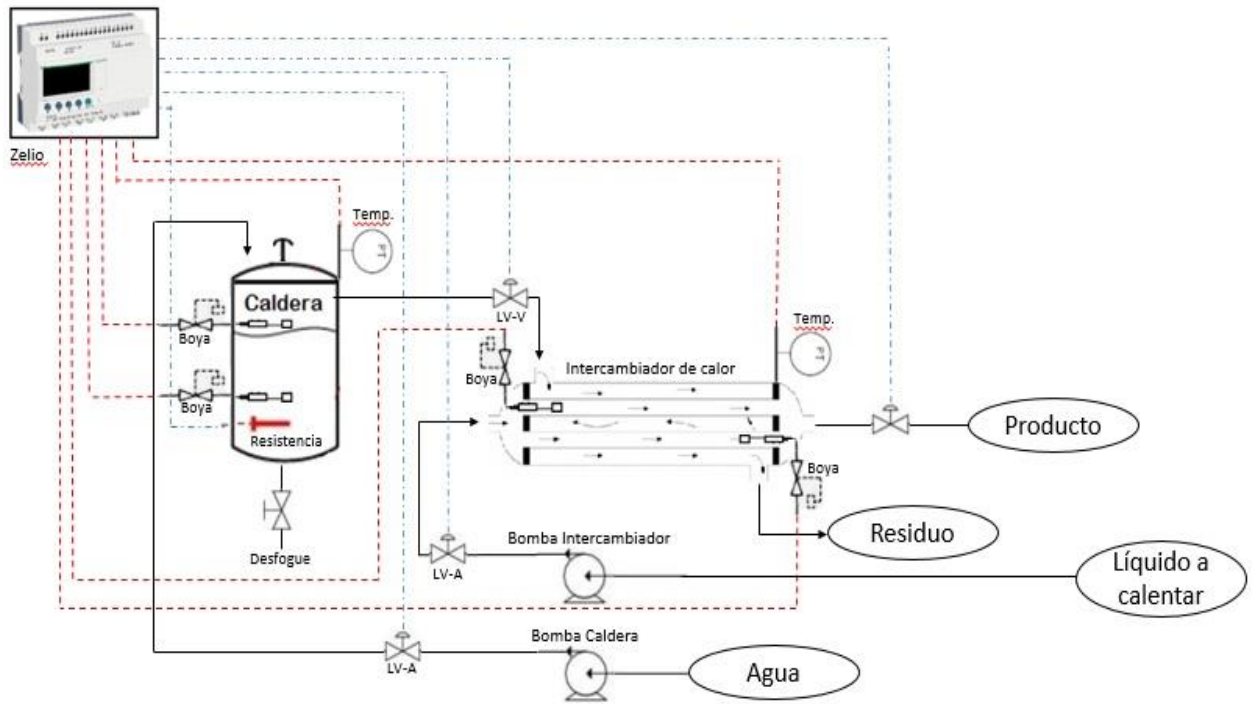


Fuente: Elaboración propia.

3.4. Diagrama de Funcionamiento del Sistema

Figura 19

Diagrama de funcionamiento del sistema.

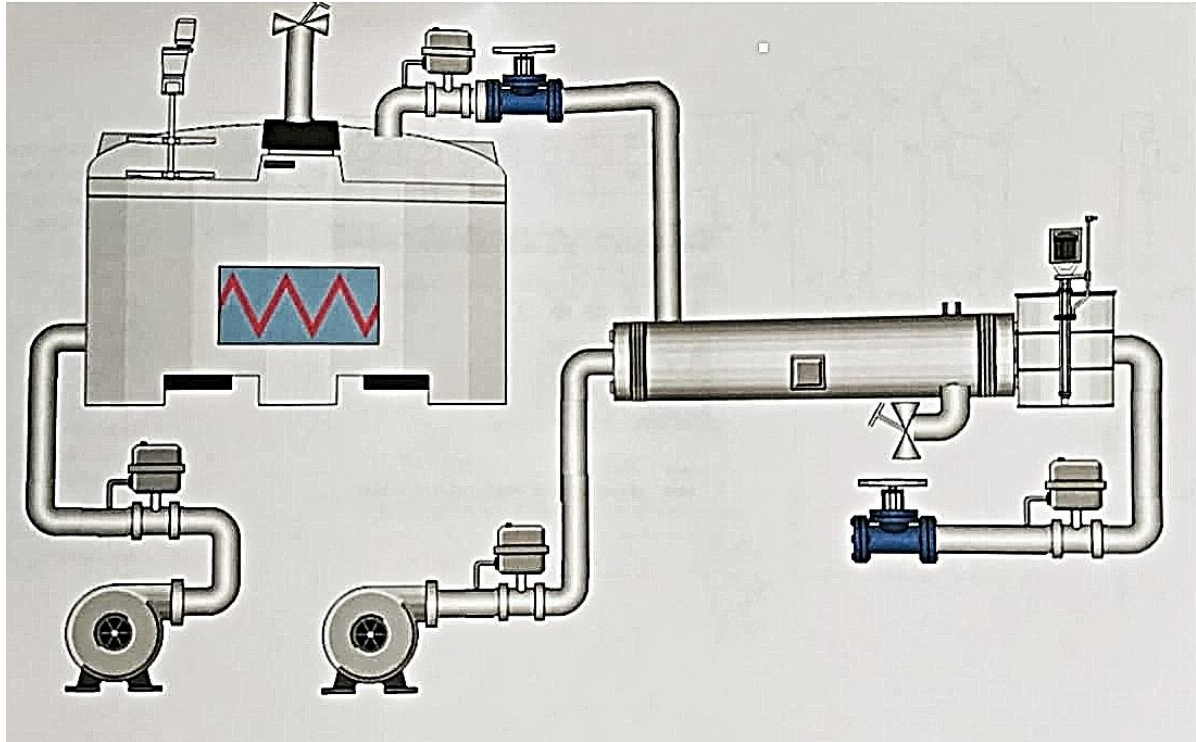


Fuente: Elaboración propia.

3.5. Diagrama de Ilustración del Sistema

Figura 20

Ilustración del sistema



Fuente: Elaboración propia

3.6. Parte Mecánica del Sistema

El diseño mecánico se inicia con el cálculo de parámetros y construcción del intercambiador de calor, posteriormente se realizará el acople con la caldera que contiene la resistencia previamente seleccionada, para así obtener la estructura final denominada: Módulo Intercambiador de Calor.

3.6.1. Parámetros de Dimensionamiento

Se determinó el diseño y construcción de un intercambiador de calor de tubos y coraza debido a que este tipo de equipo tiene la ventaja de llegar a resistir altas temperaturas de operación, además de tener bajos costos de mantenimiento y una gran variedad de aplicaciones en la industria.

- Se determina el material adecuado para la construcción del equipo intercambiador de calor.

- ❑ Se determinará la forma más adecuada, de acuerdo a las necesidades requeridas, para la construcción del equipo.
- ❑ Se hará el cálculo de la Diferencia de Temperatura media logarítmica LMTD, de acuerdo a las temperaturas de entrada y salida del módulo intercambiador de calor, para ello se usará la siguiente fórmula:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (1)$$

- ❑ Se determinará el tipo de arreglo de la hilera de tubos, buscando que el arreglo seleccionado garantice una mayor transferencia de calor, asimismo, se seleccionará el tipo de tubos y el diámetro de éstos.
- ❑ Con la selección de tubería realizada se podrán determinar los valores de la longitud de paso entre fluidos (L_{tp}), el diámetro externo de la tubería (D_{otl}) y el diámetro de arreglo de los tubos (D_{ctl}) que conforman el intercambiador, estos valores serán calculados mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$L_{tp} = 1.5(D_{et}) \quad (2)$$

$$D_{otl} = D_{is} - L_{bb} \quad (3)$$

$$D_{ctl} = D_{otl} - D_{et} \quad (4)$$

- ❑ Asimismo, se procederá a determinar el número de tubos del arreglo y la longitud de los mismos de acuerdo al diseño seleccionado. Estos valores serán determinados mediante las siguientes fórmulas:

$$N_{tubos} = \frac{0.78(D_{ctl})^2}{C_1 (L_{tp})^2} \quad (5)$$

$$L_{ti} = \frac{A_o}{\pi \cdot D_{et} \cdot N_t} \quad (6)$$

- ❑ Una vez calculada la longitud y cantidad de tubos necesarios para la construcción de intercambiador de calor, se procederá a la selección del material y diámetro de las bridas de los cabezales.
- ❑ Asimismo, se realizará la selección del tipo de espejo, su material y espesor necesarios para el correcto funcionamiento. Estos datos se tomaron con referencia a los de la brida para lograr un buen montaje y ensambles entre ambos componentes durante su instalación.

- Posteriormente, se realizará la selección y el cálculo para el dimensionamiento de las mamparas se realiza mediante las siguientes fórmulas:

$$L_{sb} = 1.6 + 0.004D_{is} \quad (7)$$

$$D_b = D_{is} - L_{sb} \quad (8)$$

- Una vez obtenido el cálculo del diámetro entre mamparas, se determina el número de mamparas necesarias para el diseño requerido, esto se hace mediante la siguiente fórmula:

$$N_b = \frac{L_{ti}}{L_{bc}} - 1 \quad (9)$$

- Luego, se hará la elaboración de las tapas necesarias para el intercambiador de calor, este trabajo se realizará con apoyo del torno de acuerdo a las necesidades requeridas.
- Finalmente, se realizará el cálculo del flujo de calor que requiere generar la caldera eléctrica por medio de la resistencia, mediante las siguientes ecuaciones

$$Q_{resistencia} = M * C_p * \Delta T$$

$$Q_{resistencia} = \frac{V * \rho * C_p * \Delta T}{T_{límite}} \quad (10)$$

3.6.2. Acople entre Intercambiador y Caldera

Se realizó el diseño del acople entre el equipo intercambiador de calor y la caldera necesaria para su correcto funcionamiento; además, en dicho diseño se tomaron en cuenta las válvulas, bombas, sensores y el panel de control, encargado del funcionamiento del módulo intercambiador de calor, buscando que la implementación cumpla con los parámetros establecidos y los objetivos propuestos.

Figura 21

Diseño mecánico frontal del módulo intercambiador de calor



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Diseño mecánico lateral- posterior



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Parte Eléctrica y Electrónica del Sistema

El módulo intercambiador de calor que se ha implementado está compuesto por diferentes dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos interconectados entre sí para lograr el funcionamiento del mismo.

El módulo intercambiador de calor está controlado principalmente por un Zelio Logic el cual gobierna el proceso, dicho proceso se inicia insertando los valores requeridos en los dos relés de control de temperatura, también se tienen cuatro sensores de nivel tipo boya instalados en la caldera y el intercambiador, dos electrobombas para agua; de igual forma se han añadido dos sensores de temperatura PT 100, así como cuatro válvulas solenoides para el paso de agua fría o caliente, también se instalaron válvulas para paso de agua y finalmente diferentes elementos eléctricos que se encuentran dentro del tablero del equipo.

Para el montaje de los componentes del módulo intercambiador se realizó el diseño de un tablero de control, dicho tablero deberá tener las dimensiones necesarias para la distribución de los materiales que permitirán controlar el equipo.

A continuación, se muestra el diseño previo del tablero de control, de acuerdo a las especificaciones y tamaño requerido para el montaje de los componentes eléctricos y electrónicos.

Figura 23

Diseño preliminar de tablero de control



Fuente: Elaboración propia

3.7.1. Componentes eléctricos y electrónicos

3.7.1.1. Contactores. - Un contactor es un aparato eléctrico de mando que funciona de manera remota, donde su principal aplicación es la de efectuar la apertura y cierre de circuitos eléctricos.

Figura 24

Contactor eléctrico



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.2. Interruptor Termomagnético. - Dispositivo cuya función es interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites al combinar los efectos de magnetismo y calor.

Figura 25

Interruptor termomagnético Riel



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.3. Piloto Luminoso. - Es un indicador de tipo óptico, también llamado testigo, que proporciona una señal luminosa relativa al funcionamiento del sistema.

Figura 26

Piloto luminoso XB7



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.4. Electrobomba para Agua. - Una electrobomba es un dispositivo que produce el desplazamiento de un fluido por medio de la presión ejercida por esta, a través de tuberías o mangueras.

Figura 27

Electrobomba para agua



Fuente: Werken

3.7.1.5. Toma Industrial. - Una toma industrial es un dispositivo eléctrico que permite la conexión y desconexión de cargas eléctricas con un alto índice de seguridad y facilidad.

Figura 28

Toma industrial



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.6. Válvula Solenoide para agua y vapor. – Una válvula solenoide se define como un dispositivo, cuya finalidad es controlar el flujo de líquidos y gases. Este dispositivo es accionado eléctricamente y, además, puede ser instalado en lugares remotos, ya sea de difícil acceso o sometido a condiciones de trabajo hostiles. Este tipo de válvula puede ser controlado por interruptores eléctricos simples, termostáticos, de flotador, entre otros. (Revista Electro Industria, 2019)

Figura 29

Válvula solenoide



Fuente: AST s.p.A.

3.7.1.7. Termómetro Industrial. – Es un instrumento diseñado específicamente para la medición de variaciones de temperatura en el desarrollo de actividades industriales.

Figura 30

Termómetro Industrial Ritherm



Fuente: propia

3.7.1.8. Manómetro Industrial. – Instrumento usado para la medición de la presión de un fluido o gas en el interior de un circuito ya establecido, es de vital importancia para la obtención de información y regulación en los circuitos donde se instala.

Figura 31

Manómetro industrial



Fuente: GENE BRE

3.7.1.9. Sensor de Temperatura PT100. - Un PT100 es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohms y al ir aumentando la temperatura, también aumenta su resistencia eléctrica. Las PT100 industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable, estando en un extremo el alambre de platino y en el otro el terminal eléctrico.

3.7.1.10. Relé Modular Zelio. - Un dispositivo Zelio es una gama de relés inteligentes que incluyen entradas digitales o analógicas para la conexión de sensores, fines de carrera, pulsadores, etc. además de una serie de salidas para diferentes fines. El Zelio incluye funciones para el control de sistemas automatizados sencillos.

3.7.1.11. Fuente de Alimentación Conmutada. - Las fuentes de alimentación conmutada son aquellos dispositivos electrónicos que operan directamente sobre el lado de alta tensión, con elevados rendimientos (usualmente mejor al 70 u 80%), de bajo costo y utilizando pocos componentes.

Figura 32

Clases de fuentes de alimentación conmutadas



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.12. Controlador de Temperatura. - Instrumento usado para el control de la temperatura, basado en un regulador que compara la temperatura real con la temperatura de control deseada y proporciona una salida a un elemento de control.

Figura 33

Controlador de temperatura



Fuente: Schneider Electric

3.7.1.13. Relé Universal. - Dispositivo controlado por un circuito eléctrico, que, por medio de una bobina y un electroimán, acciona un juego de uno o varios contactos que a su vez permitan abrir o cerrar circuitos eléctricos independientes.

Figura 34

Relé Universal automático



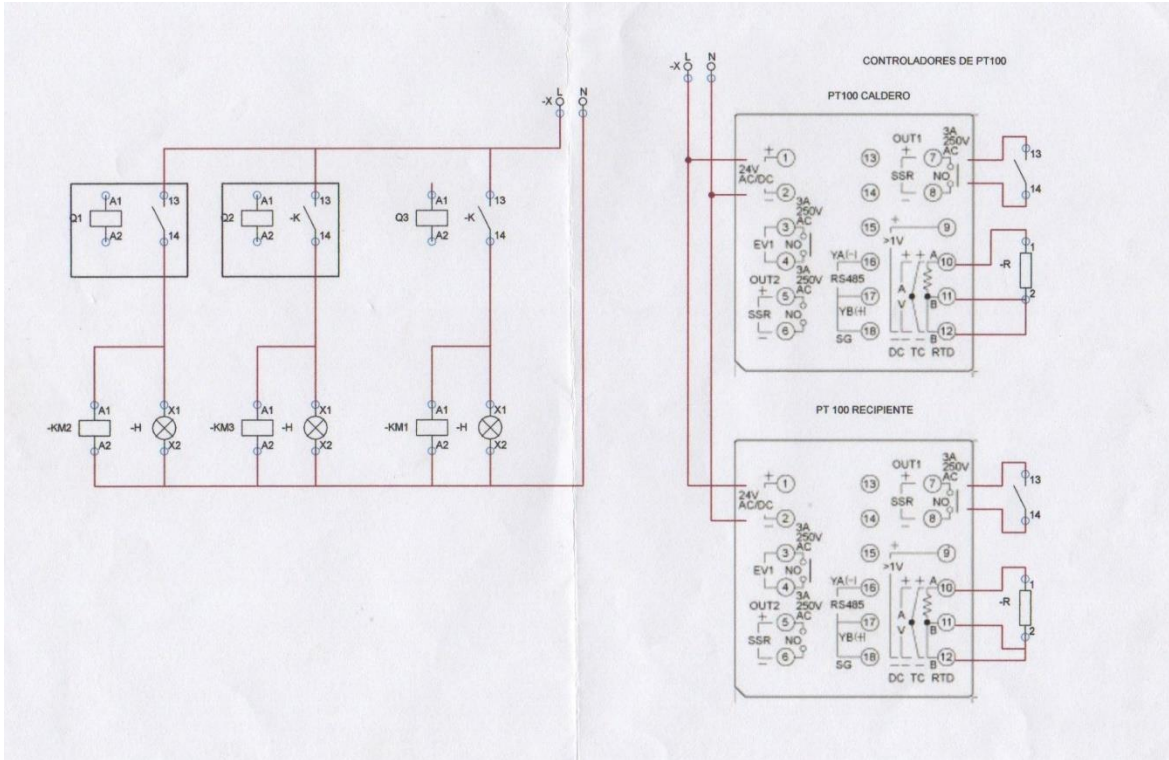
Fuente: Schneider Electric

3.7.1.14. Sensor de Nivel. - Un sensor de nivel es un dispositivo electrónico utilizado para detectar el nivel del líquido en un tanque u otro recipiente. Este tipo de sensor generalmente funciona como una alarma ya que manda una señal al ser accionado por el líquido, indicando un sobre llenado cuando el nivel deseado ha sido adquirido o por el contrario si el nivel está debajo de lo necesitado.

3.7.2. Diseño Eléctrico

Figura 35

Diagrama eléctrico

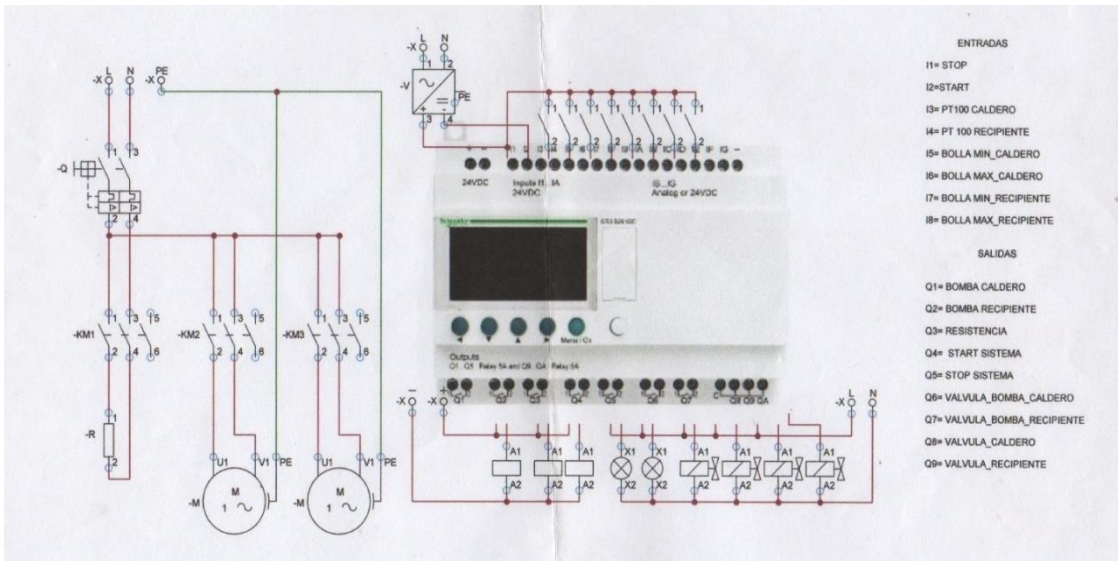


Fuente: Elaboración propia

3.7.3. Diseño Electrónico

Figura 36

Diagrama de conexiones



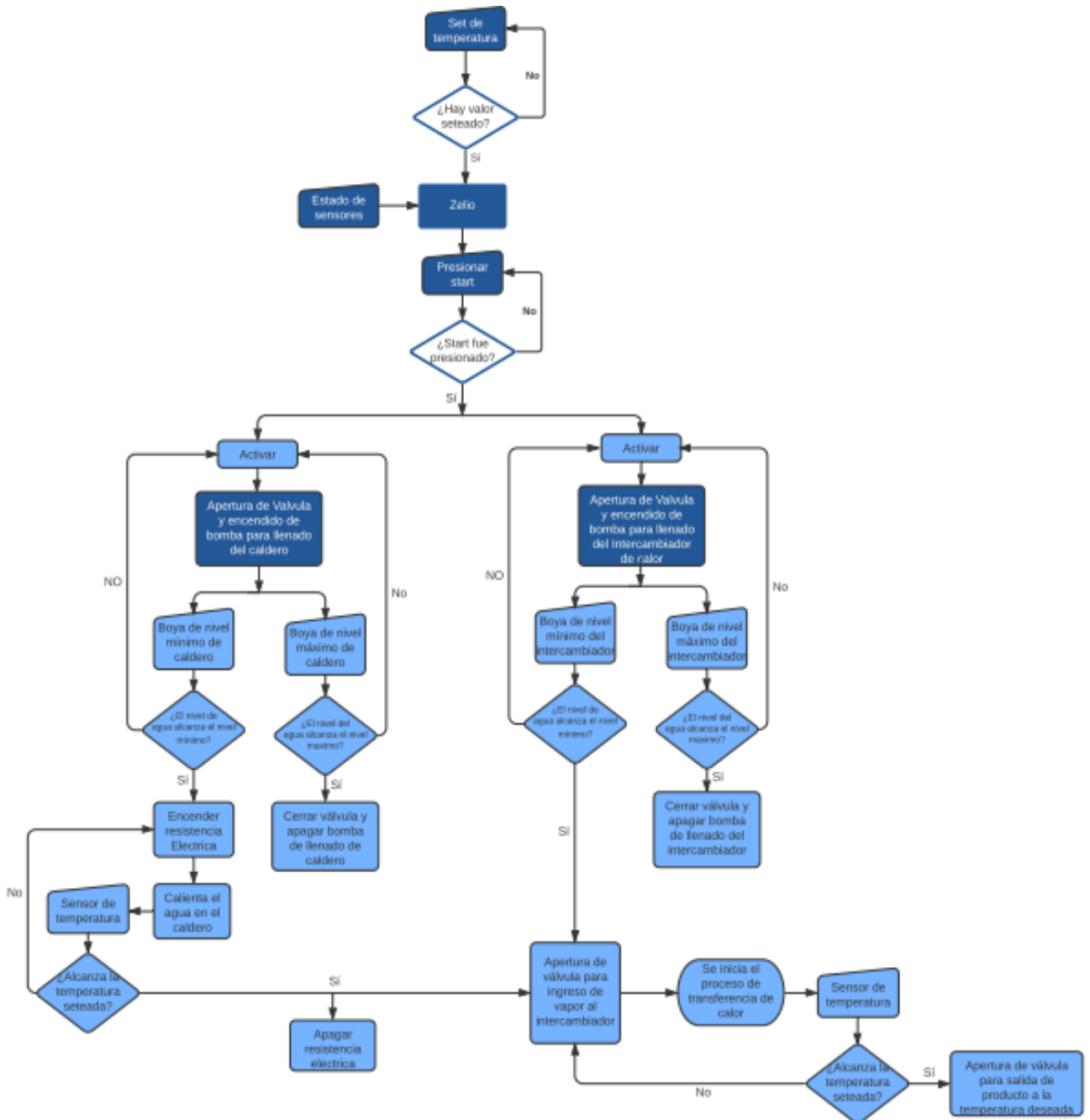
Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Diseño de Programación del Módulo

3.7.4.1. Diagrama de Flujo de la Programación

Figura 37

Diagrama de Flujo de la Programación

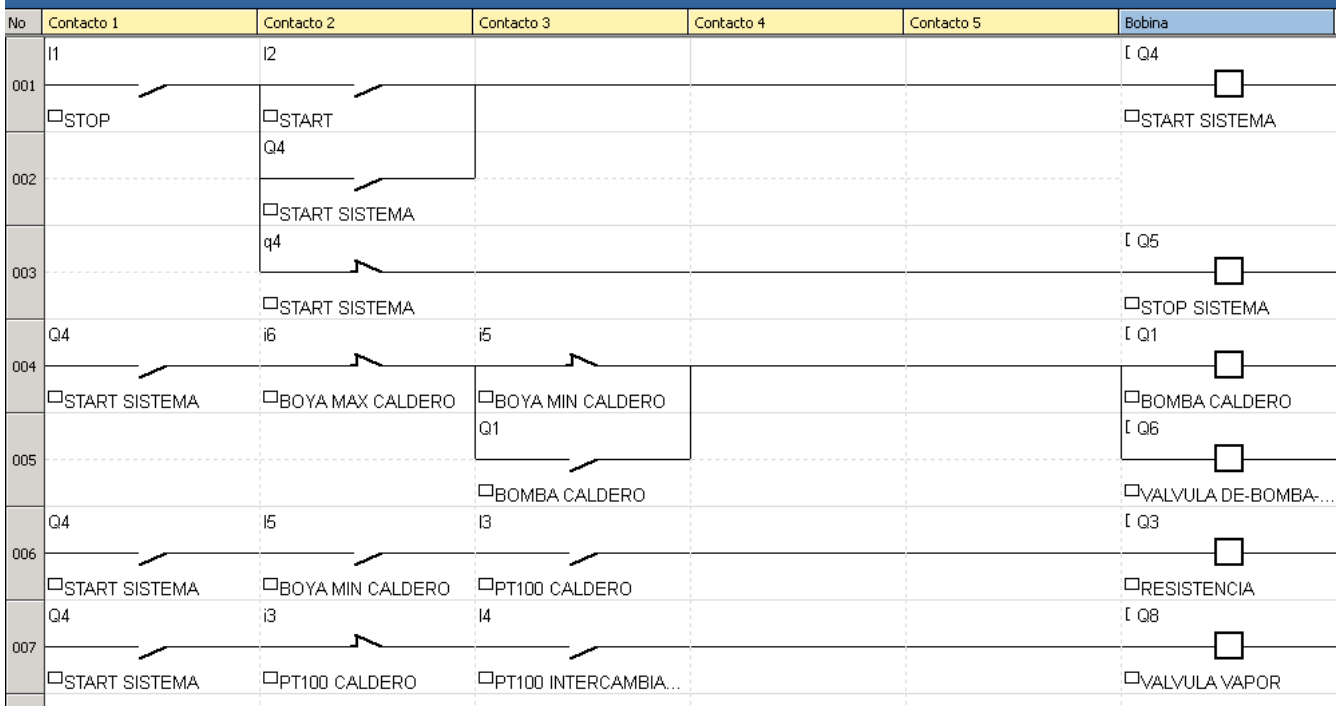


Fuente: Elaboración propia

3.7.4.2. Programación Final del Zelio

Figura 38

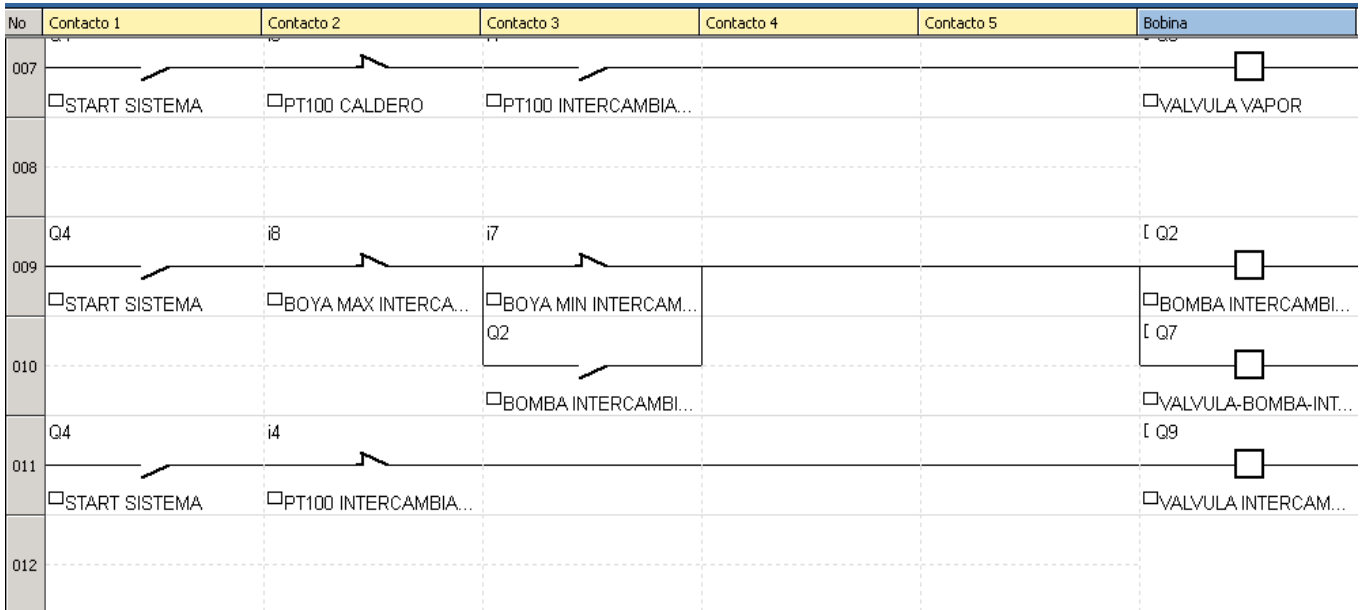
Programa Zelio



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Programa Zelio



Fuente: Elaboración propia

3.8. Cálculo de parámetros para construcción:

Se realizó el diagnóstico de las características y parámetros para la adecuada calibración del módulo intercambiador de calor, con el objetivo de contribuir al aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica.

Para la obtención de estos parámetros, se ha seguido el siguiente procedimiento:

3.8.1. Cálculo de la Diferencia de Temperatura media logarítmica LMTD (1):

Sabiendo que:

T: fluido caliente

t: fluido frío

1: entrada

2: salida

Entonces:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)}$$
$$LMTD = \frac{(108.84 - 70) - (108.84 - 20)}{\ln\left(\frac{108.84 - 70}{108.84 - 20}\right)}$$

$$LMTD = 60.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.8.2. Cálculo del paso de fluido entre tubos (2):

Sabiendo que:

L_{tp} : Paso de fluido entre tubos

D_{et} : Diámetro externo de los tubos (21.3 mm)

Entonces:

$$L_{tp} = 1.5(D_{et})$$
$$L_{tp} = 1.5(21.3 \text{ mm})$$

$$L_{tp} = 31.95 \text{ mm}$$

3.8.3. Cálculo del diámetro exterior del arreglo de tubos (3):

$$D_{otl} = D_{is} - L_{bb}$$

$$D_{otl} = 185 \text{ mm}$$

3.8.4. Cálculo del diámetro del arreglo de tubos (4):

Sabiendo que:

D_{otl} : Diámetro exterior del arreglo de tubos
 D_{et} : Diámetro externo de los tubos (21.3 mm)

Entonces:

$$D_{ctl} = D_{otl} - D_{et}$$
$$D_{ctl} = 185 \text{ mm} - 21.3 \text{ mm}$$

$$D_{ctl} = 163.7 \text{ mm}$$

Se determinó que el arreglo de tubos en nuestro equipo debe tener un diámetro de 163.7 mm.

3.8.5. Cálculo del número de tubos necesarios para la construcción (5):

Sabiendo que:

D_{ctl} : Diámetro del arreglo de tubos
 L_{tp} : Paso de fluido entre tubos
 C_1 : Constante para arreglo triangular (0.866)

Entonces:

$$N_{tubos} = \frac{0.78(D_{ctl})^2}{C_1 (L_{tp})^2}$$

$$N_{tubos} = \frac{0.78(163.7)^2}{0.866(31.95)^2}$$

$$N_{tubos} = 23.64$$

Se calculó que la cantidad necesaria de tubos es 23.64, por lo tanto, el número de tubos que se usará en el arreglo del equipo será 23.

3.8.6. Cálculo de la longitud de la tubería (6):

Sabiendo que:

L_t : Longitud total de los tubos
 A_o : Área de transferencia (1.87 m²)
 N_t : Número de tubos

D_{et} : Diámetro externo de los tubos (21.3 mm)

Entonces:

$$L_{ti} = \frac{A_o}{\pi \cdot D_{et} \cdot N_t}$$
$$L_{ti} = \frac{1.87 \text{ m}^2}{\pi \cdot (21.3 \text{ mm}) \cdot (23.64)}$$
$$L_{ti} = 1182.646 \text{ mm}$$

De acuerdo al cálculo realizado, la longitud de la tubería utilizada para el arreglo del equipo deberá ser 1182.646 mm.

3.8.7. Cálculo del claro mínimo entre mampara y coraza (7):

Sabiendo que:

L_{sb} : Claro mínimo entre mampara y coraza
 D_{is} : Diámetro interno de la coraza (185 mm)

Entonces:

$$L_{sb} = 1.6 + 0.004D_{is}$$
$$L_{sb} = 1.6 + 0.004(185 \text{ mm})$$
$$L_{sb} = 2.34 \text{ mm}$$

De acuerdo al cálculo realizado, el claro a tener en cuenta entre la mampara y la coraza debe tener una longitud de 2.34 mm.

3.8.8. Cálculo del diámetro de las mamparas (8):

Sabiendo que:

D_b : Diámetro de las mamparas
 L_{sb} : Claro mínimo entre mampara y coraza

Entonces:

$$D_b = D_{is} - L_{sb}$$
$$D_b = 185 \text{ mm} - 2.34 \text{ mm}$$
$$D_b = 182.66 \text{ mm}$$

De acuerdo al cálculo realizado, el diámetro de las mamparas necesarias para el equipo deberá ser de 182.66 mm.

3.8.9. Cálculo del número de mamparas (9):

Sabiendo que:

N_b : Número de mamparas

L_{ti} : Longitud total de los tubos

L_{bc} : Distancia entre mamparas centrales (160 mm)

Entonces:

$$N_b = \frac{L_{ti}}{L_{bc}} - 1$$
$$N_b = \frac{1182.65 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} - 1$$

$$N_b = 6.39$$

De acuerdo al cálculo realizado, las mamparas necesarias para el equipo son 6.39, por lo que el número de mamparas a utilizar será 6.

3.8.10. Cálculo del flujo de calor que requiere generar la caldera (10):

Sabiendo que:

Volumen aproximado de agua a calentar = 100 Litros (0.1 m³)

Capacidad calorífica del agua (20°C) = 4.182 KJ/Kg °C

Densidad del agua (20°C) = 998.29 Kg/m³

Tiempo límite para el calentamiento = 180 segundos

Entonces:

$$Q_{\text{resistencia}} = M * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{resistencia}} = \frac{V * \rho * C_p * \Delta T}{T_{\text{límite}}}$$

$$Q_{\text{resistencia}} = \frac{0.1 * 998.29 * 4.182 * 10}{180}$$

$$Q_{\text{resistencia}} = 4.174 \text{ KW}$$

De acuerdo al cálculo necesario, el flujo mínimo de calor que deberá generar la caldera seleccionada es 4.174 KW. Teniendo en cuenta la pérdida de calor que puede influir en el equipo se determinó la adquisición de una caldera que genere aproximadamente un flujo de calor de 5 KW.

3.9. Etapas de la Investigación

Para lograr los objetivos trazados en la presente investigación se ha descrito el proceso de implementación del módulo intercambiador de calor en las siguientes etapas:

3.9.1. Visita Técnica. – Se realizó una visita al laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, con la finalidad de realizar la identificación del estado actual de los módulos didácticos que se encuentran en dicho centro universitario.

3.9.2. Dimensionamiento del Prototipo. – Se realizó el modelamiento y dimensiones del módulo intercambiador de calor propuesto.

3.9.3. Selección de Materiales. - Se realizó la selección de los materiales necesarios para la construcción del módulo intercambiador de calor, teniendo en cuenta aspectos como costos, características necesarias, capacidad de trabajo, etc.

3.9.4. Diseño de acople entre el intercambiador y la caldera. – Se realizó el diseño para acoplar el intercambiador y la caldera, mediante el uso de niples para su correcta conexión.

3.9.5. Pruebas de Funcionamiento previo. – Se realizaron las pruebas de cada elemento de manera individual para verificar su correcto funcionamiento.

3.9.6. Montaje Final. – Se realizó la integración de todos los elementos del prototipo, de acuerdo a lo planificado en los diagramas diseñados.

3.9.7. Pruebas de Funcionamiento Final. – Se realizaron las calibraciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del módulo intercambiador de calor y finalmente se hará la puesta en marcha del proyecto.

3.9.8. Resultados. – Se realizó un análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento.

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

4.1. Construcción del Equipo

Se realizó el diseño mecánico, eléctrico y electrónico del módulo intercambiador de calor, la selección de los materiales, software y demás elementos necesarios para su construcción.

La realización del diseño del módulo intercambiador se constituye de dos partes:

4.1.1. Parte mecánica

La parte mecánica inició con la construcción del equipo intercambiador de calor, de acuerdo a los parámetros calculados.

Se determinó que el material adecuado para la construcción del intercambiador de calor en costo-beneficio es el acero galvanizado. Así también el intercambiador de calor estará en forma horizontal y tendrá una forma cilíndrica (coraza) las medidas de esta serán de diámetro interno de 185 mm con una longitud de 1163.60 mm.

Figura 40

Moldeo para forma de carcaza



Fuente: Propia

El intercambiador de calor contará con una hilera de tubos paralelos en un arreglo triangular de 30°, debido a que este arreglo garantiza una mayor transferencia de calor.

Mediante el cálculo de los parámetros anteriormente establecidos, de determinó que la cantidad de tubos de acero galvanizado de ½ pulgada en arreglo triangular es 23 y la longitud de la tubería necesaria en el intercambiador de calor es de 1182.65 mm.

Figura 41

Arreglo de tubería



Fuente: Propia

Las bridas de los cabezales seleccionadas fueron de fierro de 3/8 '' con un espesor de 9.53 mm y se le realizaron orificios para el encaje de la tubería.

Figura 42

Bridas para ambos lados del intercambiador



Fuente: Propia

El espejo seleccionado fue de tipo fijo, el cual también se utiliza como brida, el material fue fierro de 3/8 '' y teniendo un espesor de 9.53 mm. Estos datos se tomaron con referencia a los de la brida para lograr un buen montaje y ensambles entre ambos componentes durante su instalación. Asimismo, se determinó que la cantidad de mamparas necesarias en la construcción del intercambiador de calor son 6, se utilizaron 3 bridas de 25 cm y 3/8 de espesor. Además, se observó que la mampara más apropiada para este caso, es la mampara simple con un corte horizontal del 57.50% (107.38 mm).

Figura 43

Acondicionamiento de mamparas



Fuente: Propia

En la elaboración de las tapas se tuvo en cuenta diferentes factores, por lo que lo más apropiado fue realizar dos tapas diferentes, de acuerdo a las necesidades.

Para la elaboración de una de las tapas se unió una brida de 30cm de 3/8 '' de espesor con una de 25 cm de 1'' de espesor y mediante el trabajo en el torno la tapa quedó finalmente con un diámetro de 245 mm y un grosor de 34.93 mm.

Figura 44

Tapa trasera del intercambiador



Fuente: Propia

Mientras tanto la otra tapa se realizó de forma particular, debido a que dentro de ella se instalaron sensores de nivel necesarios en el funcionamiento del equipo.

Figura 45

Tapa de para salida de producto



Fuente: Propia

Se realizó la adquisición de la caldera necesaria, de acuerdo a los cálculos de flujo de calor realizados. Posterior a ello y para un correcto acople entre el intercambiador de calor y la caldera eléctrica, fueron necesarias la fabricación de niples y codos de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ " y 1".

Figura 46

Tuberías de acople entre intercambiador y caldera



Fuente: Propia

Asimismo, el acople de dichos equipos fue fijado a una estructura metálica para su mayor estabilidad, sumado a ello se realizó el recubrimiento de los equipos con un material que cumple la función de aislante térmico, garantizando así la seguridad al momento de manipular el equipo cuando este se encuentra funcionando.

Finalmente, se añadieron válvulas, bombas, sensores y un panel de control en la estructura del módulo intercambiador, para el funcionamiento del sistema de control del equipo.

Figura 47

Módulo intercambiador de calor



Fuente: Propia

4.1.2. Parte eléctrica y electrónica

El diseño de la parte eléctrica y electrónica del módulo intercambiador de calor se inició con la selección de materiales y equipos. Luego, se adquirieron los materiales seleccionados y posteriormente se realizó la integración de todos los elementos seleccionados en el módulo intercambiador de calor, de acuerdo a lo planificado en los diagramas diseñados, teniendo como controlador principal un Zelio Logic, equipo que se programó de acuerdo a las necesidades requeridas por los testistas.

Figura 48

Selección de materiales



Fuente: Propia

4.1.2.1. Tablero de control

El tablero de control estará fijado a la estructura del módulo intercambiador de calor, hecho de acero estructural y cubierto con una lámina de acrílico de 3 mm de espesor.

Figura 49

Estructura externa del tablero de control



Fuente: Propia

A continuación, se definirá el listado de los equipos que contiene el tablero de control:

Tabla 2

Listado de materiales que constituyen el tablero

Elemento	Cantidad	Referencia
Zelio Logic	01	SR3B261BD
Fuente de alimentación conmutada	01	ABL8MEM24012
Toma industrial Schneider	01	PKF32W423
Relé universal automático Schneider	03	RUMC21P7
Controlador de Temperatura Schneider	02	RTC48PUN1RNHU
Contactador TeSys 440 V Schneider	03	LC1D09M7
Interruptor termomagnético Schneider	01	Riel IC60N
Piloto luminoso Schneider	05	XB7
Pulsadores Schneider	02	Harmony XB4
Botón de emergencia Schneider	01	Harmony XB4
Cable 14 AWG	10 m	INDECO

Nota. En la presente tabla se detallan la cantidad y los códigos de referencia de los materiales usados.

En dicho tablero se fijarán y montarán los elementos de control que componen el sistema propuesto, controlado principalmente por el Relé Modular Zelio Logic.

Figura 50

Estructura interna del tablero de control



Fuente: Propia

4.2. Selección de Equipos

4.2.1. Selección de Relé Modular Zelio

Los requerimientos mínimos para la elección de este equipo son los siguientes:

- Alimentación monofásica 220 VA, o a tensión 24 VDC.
- 11 entradas (sensores de temperatura, sensores de nivel, controladores)
- 9 salidas (Lámparas, válvulas)
- Fácil acceso de manipulación del sistema
- Rango de temperatura ambiente en funcionamiento - 40 a 70 °C

El Zelio que cumple con estas características corresponde a un Relé Inteligente Modular Zelio Logic 26 E/S.

Figura 51

Relé Modular Zelio Logic 26 E/S



Fuente: Schneider Electric

4.2.2. Selección de Caldera Eléctrica

Los requerimientos mínimos para la elección de este equipo son los siguientes:

- Volumen de agua a calentar aproximadamente = 100 Litros (0.1 m³)
- Capacidad calorífica del agua (20°C) = 4.182 KJ/Kg °C
- Densidad del agua (20°C) = 998.29 Kg/m³
- Tiempo límite para el calentamiento = 180 segundos
- Material de la resistencia: Cobre Niquelado
- Material de la caldera: Fierro recubierto con fibra de vidrio
- Conexión a proceso de resistencia: 2"
- Instalación de resistencia en caldera: Horizontal

Teniendo en cuenta estos datos, se calculó el flujo de calor que requiere generar la caldera eléctrica por medio de la resistencia:

$$Q_{\text{resistencia}} = M * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{resistencia}} = \frac{V * \rho * C_p * \Delta T}{T_{\text{límite}}}$$

$$Q_{\text{resistencia}} = \frac{0.1 * 998.29 * 4.182 * 10}{180} = 4.174 \text{ KW}$$

Se obtiene que la resistencia de la caldera eléctrica debe suministrar 4.174 KW. Por lo que se adquirió una resistencia de 5000 W, generando el calor suficiente para los resultados requeridos.

Figura 52

Caldera eléctrica con resistencia de 5000 W



Fuente: Propia

4.2.3. Selección de Sensor de Temperatura

Para la selección del sensor de temperatura se tuvo en cuenta que uno de los principales requerimientos fue realizar un módulo intercambiador que tenga bajo costo, de la misma manera que tenga un tamaño y forma adecuados para su correcta instalación. Además, debe ser capaz de medir valores de temperatura que se encuentren en el rango de 20°C a 50°C. Teniendo como base estos requisitos se optó por seleccionar una PT 100.

Figura 53

Sensor PT 100 con cabezal



Fuente: Google

Datos Técnicos:

- Señal de entrada: resistencia PT100
- Caja de terminales: cabezal de terminal (aluminio)
- Señal de salida: salida de 3 hilos
- Conexión: rosca BSP de 1/2 "
- Diámetro de la sonda: 6 mm
- Material de la sonda: acero inoxidable
- Longitud de cable: 1 m
- Resistente al agua

4.2.4. Selección de Sensor de Nivel

Para la selección del sensor de nivel, se determinó que uno de los requerimientos era que tenga un tamaño y forma adecuada, por lo que se optó por un sensor de nivel tipo boya metálica.

Figura 54

Sensor de Nivel tipo boya



Fuente: Google

Datos Técnicos:

- Tensión Máxima de Trabajo: 100V
- Corriente Máxima: 0.1 A
- Temperatura de Operación: -30 a 125 °C
- Material de construcción: Acero inoxidable
- Señal de salida: salida de dos hilos
- Dimensiones: 106 (largo) x 12.7 (diámetro hilo) x 85 mm (brazo móvil)

4.2.5. Selección de Válvulas Solenoides

Para la selección de las válvulas solenoides se determinó la necesidad de contar con válvulas tanto para el funcionamiento con agua, así como válvulas para funcionamiento con vapor.

Datos técnicos de válvula solenoide para agua:

- Fácil de instalar y desmontar
- Alta sensibilidad que permite cambios precisos de dirección
- Material adecuado para trabajos con agua a altas temperaturas (Teflón)
- Clase de protección en la bobina: IP65
- Temperatura de ambiente de trabajo: -20 a 100 °C
- Rosca de salida: ½ “
- Presión: 0 – 150 PSI
- Aislamiento: Clase H

Figura 55

Válvula Solenoide para agua



Fuente: Google

Datos técnicos de válvula solenoide para vapor:

- Fácil de instalar y desmontar
- Estilo: normalmente cerrado (encender la electricidad, la válvula de solenoide comenzará a trabajar, apague la electricidad la válvula de solenoide dejará de funcionar).
- Material adecuado para trabajos con agua a altas temperaturas
- Clase de protección en la bobina: IP65
- Temperatura de ambiente de trabajo: 5 a 80 °C

- Rosca de salida: ½ “– 19 mm
- Presión: 0 – 150 PSI
- Aislamiento: Clase H

Figura 56

Válvula Solenoide para vapor



Fuente: Google

4.2.6. Selección de la Fuente de Alimentación:

Para la alimentación de los dispositivos electrónicos, se seleccionará la fuente de alimentación teniendo en cuenta el consumo de energía de cada elemento.

Figura 57

Fuente de Alimentación Conmutada Regulada



Fuente: Schneider Electric

Datos técnicos de la fuente de alimentación:

- Tipo de fuente de alimentación: Modo de encendido regulado
- Tensión nominal de entrada: 100-240 V AC
- Tensión de salida: 24 V DC
- Corriente de salida de alimentación: 1.2 A
- Tipo de protección: Fusible integrado
- Temperatura de ambiente de funcionamiento: -25 a 55 °C

4.2.7. Selección de Electrobomba

Para el abastecimiento del intercambiador de calor y la caldera, se consideró necesario la selección de dos electrobombas que permitan un correcto funcionamiento del módulo.

Figura 58

Electrobomba del módulo



Fuente: Propia

Datos técnicos de la electrobomba:

- Alimentación: 220 V – 60 Hz.
- Caudal máximo: 40 litros/minuto.
- Potencia de motor: 0.5 HP.
- Conexiones: 1" x 1"
- Altura máxima: 9 m.
- Tipo de agua: aguas claras – no agresivas.

4.3. Funcionamiento del Sistema

El funcionamiento es el siguiente:

El usuario u operador del equipo, inicia el proceso mediante el relé de control de temperatura, este relé tiene preestablecidos valores de inicio del sistema, sin embargo, permite ingresar manualmente la temperatura deseada en la caldera para la generación de vapor y en el intercambiador de calor para obtener el producto final. Una vez indicadas las temperaturas deseadas, se da inicio de forma manual al liberar el botón de emergencia y presionar el botón START.

Automáticamente el Zelio recibe la señal de los sensores de nivel (boyas) instaladas tanto en el caldero como en el intercambiador, con el objetivo de indicar el nivel de líquido que contienen ambos equipos, de acuerdo a esta señal el controlador ordena el encendido de las bombas de caudal, que son las encargadas de llenar el caldero con agua y el intercambiador con el líquido que se desea calentar. Para permitir el llenado, el Zelio controla también dos válvulas solenoides que se abren permitiendo el paso de los fluidos hacia los equipos.

En la caldera, cuando el agua sobrepasa la boya de nivel mínimo se produce el encendido de la resistencia, quien es la encargada de calentar el agua hasta su temperatura de ebullición y generar el vapor requerido para la transferencia de calor. Así mismo, la temperatura dentro de la caldera será medida por un sensor de temperatura PT 100 y cuando se llegue a la temperatura deseada, mandará una señal al controlador para la apertura de una tercera válvula solenoide, en este caso especial para vapor, y se permitirá el acceso del mismo hacia el interior del intercambiador.

En el intercambiador de calor, el sistema de llenado se desarrolla de la misma forma que en la caldera, pero en este caso será un sistema de medición continuo, ya que cuenta con 2 boyas que determinarán el nivel de líquido dentro del intercambiador, cuando el nivel sea el adecuado, indicarán al controlador apagar la bomba de caudal y cerrar la válvula solenoide de paso. Finalmente, el encargado de indicar la temperatura del líquido será un sensor PT 100, el cual al detectar la temperatura que se ingresó al inicio del proceso, se encargará de enviar la orden de abrir la válvula solenoide, permitiendo así la salida del líquido requerido como producto.

4.4. Presupuesto

4.4.1. Costos del Sistema de Control del Módulo Implementado

Los dispositivos que conforman el módulo intercambiador de calor fueron adquiridos en diferentes lugares del mercado nacional, esto con la finalidad de tener los mejores precios disponibles para la implementación.

A continuación, se detallan en tablas el estudio económico del módulo implementado:

Tabla 3*Presupuesto del Sistema de Control del Módulo implementado*

Equipo	Unidad	Cant.	Precio Unit. (S/.)	Precio Sub Total (S/.)
Zelio modular Schneider SR3	UNI	01	572.47	572.47
Cable de conexión PC-USB	UNI	01	275.94	275.94
Fuente Alimentación Conmutada Schneider	UNI	01	210.00	210.00
Contactador Schneider 9 A	UNI	02	86.85	173.70
Contactador Schneider 40 A	UNI	01	345.68	345.68
Interruptor termomagnético 63A	UNI	01	94.59	94.59
Sensor de temperatura PT 100	UNI	02	89.00	178.00
Sensor de nivel tipo boya	UNI	04	160.00	640.00
Relé Universal automático	UNI	03	29.84	89.52
Base para relé universal	UNI	03	14.20	42.60
Relé para Control de temperatura	UNI	02	250.00	500.00
Toma industrial Schneider	UNI	01	27.14	27.14
Enchufe aéreo Schneider	UNI	01	14.74	14.74
Cable 16 AWG INDECO	MTS	100	0.69	69.00
Cable vulcanizado NLT 2x14 AWG INDECO	MTS	10	2.92	29.20
Botón de emergencia	UNI	01	15.00	15.00
Lámpara para tablero eléctrico	UNI	05	5.00	25.00
Electrobombas para agua	UNI	02	150.00	300.00
Válvula solenoide para agua	UNI	02	175.00	350.00
Válvula solenoide para vapor	UNI	01	350.00	350.00
Caldera eléctrica	UNI	01	4000.00	4000.00
OTROS			300.00	300.00
Totalizado en Soles				S/. 8602.58

Nota. En la presente tabla se denotan las cantidades parciales utilizadas en el diseño y construcción del módulo intercambiador de calor.

Tabla 4

Presupuesto de mano de obra en el Módulo implementado

Descripción	Precio Unit. (S/.)
Diseño, montaje e instalación de los equipos	2500.00
Programación del Zelio	1500.00
Totalizado en Soles	S/. 4000.00

Nota. Esta tabla muestra las cantidades estimadas a utilizar para la mano de obra.

Tabla 5

Inversión Total del Módulo implementado

Descripción	Precio Unit. (S/.)
Sistema de Control	8602.58
Mano de obra	4000.00
Totalizado en Soles	S/. 12,602.58

Nota. Esta tabla describe la totalidad de la inversión para la construcción e implementación de un módulo intercambiador de calor.

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS BENEFICIOS

En el presente capítulo se detallará la realización de las pruebas de funcionamiento y los beneficios que otorga el módulo intercambiador de calor diseñado y construido.

Para llevar a cabo lo antes mencionado se realizó la selección de CUATRO (04) alumnos del octavo ciclo de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.

Siguiendo estrictamente los protocolos de bioseguridad (doble mascarilla, protector facial y desinfección del ambiente) por la coyuntura que actualmente atravesamos, se acordó citar en una fecha diferente a cada estudiante para la realización de las pruebas de funcionamiento del equipo, posterior a ello se les hará llegar, por medio de correo electrónico, un formato donde podrán realizar la evaluación del equipo, sus beneficios y observaciones para su mejora.

La visita y pruebas de funcionamiento del equipo serán documentadas mediante el formato antes mencionado y un registro fotográfico de la realización de las pruebas y explicación del funcionamiento del módulo intercambiador de calor.

A continuación, se dará la lista de los estudiantes que fueron parte de las pruebas para la evaluación de funcionamiento y beneficios del módulo intercambiador de calor construido:

Tabla 6

Listado de estudiantes que realizaron las pruebas

Nombres	Edad	Código	Ciclo académico
Lenin Estalin Guevara Torres	25	152431E	VIII
Luis Enrique Guevara Paz	24	150905J	VIII
Elvis Neison Camizan Guerrero	25	150897G	VIII
Yian Marco Chávez Hernandez	27	152426A	VIII

Nota. Esta tabla describe la información de los alumnos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, que van a realizar pruebas de funcionamiento en el módulo.

DÍA N°1

Nombre del estudiante: Lenin Estalin Guevara Torres.

Día de realización de pruebas: 08-05-2021

Figura 59

Manipulación de tablero de control



Figura 60

Verificación de temperatura de salida



DÍA N°2

Nombre del estudiante: Elvis Neison Camizan Guerrero.

Día de realización de pruebas: 10-05-2021

Figura 61

Verificación interna del sistema de mando



Figura 62

Verificación de temperatura de salida



DÍA N°3

Nombre del estudiante: Luis Enrique Guevara Paz.

Día de realización de pruebas: 12-05-2021

Figura 63

Manipulación de equipo para pruebas de funcionamiento



Figura 64

Verificación de modulo intercambiador de calor



DÍA N°4

Nombre del estudiante: Yian Marco Chávez Hernandez.

Día de realización de pruebas: 14-05-2021

Figura 65

Identificación de materiales / equipos



Figura 66

Identificación de componentes de panel de control



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Se logró contribuir al aprendizaje de los estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el control manual y de dos posiciones con banda diferencial de un intercambiador de calor, mediante las pruebas de funcionamiento que un grupo de estudiantes realizaron.
2. Se logró determinar las características y parámetros necesarios para una adecuada calibración de un módulo intercambiador de calor.
3. Se diseñó el equipo intercambiador de calor, asimismo, se seleccionó correctamente los sensores de temperatura, sensores de nivel, relés de control de temperatura y el Zelio necesarios para el funcionamiento del sistema, además se utilizó el software propio de Zelio Logic para su programación y el software AutoCAD para la realización de los planos, cumpliendo con los parámetros y características adecuadas para su realización.
4. Se logró implementar satisfactoriamente el módulo intercambiador de calor de acuerdo al diseño realizado, con una inversión total de S/. 12,602.58, además se concluye que se obtuvo un equipo funcional y económico, que cumple con el objetivo de conseguir una mejora continua en el aprendizaje de los alumnos de Ingeniería Electrónica.

6.2. Recomendaciones

1. Para hacer el proceso más eficiente en cuestión de tiempo de funcionamiento, se recomienda disminuir el tiempo de calentamiento de caldera para el paso de vapor en el intercambiador, esto se podría lograr disminuyendo el volumen total del recipiente o mediante la recirculación del agua tratada.
2. Para realizar una mejora en el sistema, se recomienda tener un flujo de agua constante e independiente tanto para la caldera como el intercambiador.
3. Se recomienda el uso de cable siliconado en la caldera eléctrica, ya que este tipo de cable es el adecuado para trabajos con altas temperaturas.

BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA

- Amaro Quispe, H. & Fernández Chuquirachi, G. (2015). *Evaluación de la eficiencia energética de un intercambiador de calor tipo coraza y tubo en el laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la FIQ-UNCP*. Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú .
- Arboleda Ramírez, L. (2003). *Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos Alimenticios Don Rafa LTDA”*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. (6ª ed.). Editorial Episteme.
https://issuu.com/fidiasgerardoarias/docs/fidias_g.arias.el.proyecto.de.inv.8.96991d0bdcefe
- Burbano Valencia, A. (2015). *Automatización de la planta piloto intercambiador de calor del laboratorio de automatización y procesos industriales de la universidad javeriana de Cali*. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cardona Soler, R. (2018). *Análisis de sensibilidad del intercambiador de calor de tubo y coraza del laboratorio de plantas térmicas de la universidad libre*. Bogotá: Universidad Libre.
- Corral, Y. (2010). *DISEÑO DE CUESTIONARIOS*. Valencia - Estado Carabobo: Universidad de Carabobo.
- Crespo, W. (2011). *Que es la automatización industrial*. España: Wordpress.
Recuperado de
<https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- Dahl-skog, R. (2012). *Introducción a la programación de controladores lógicos . Introducción a la programación de controladores lógicos , 3-43*.
- Flores Sandoval, M. (2016). *Diseño de una Mini Planta Intercambiadora de Calor controlada por un Sistema HMI/SCADA para la capacitación de los Alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Forpro. (03 de Septiembre de 2013). *Fundación para la formación profesional . Obtenido de Intrducción al Zelio soft: www.Fundacionforpro. org*
- Fundación para la Formación Profesional (2013). *Introducción a Zelio Soft*. Castilla-La Mancha. Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad social.
<https://www.fundacionforpro.org/blog/introduccion-a-zelio-soft/>
- Huanca Butron , F. (2016). *Diseño de intercambiador de calor de tubo y coraza para ampliacion de capacidad de producción de CAL Hidratada - CAL & CEMENTO SUR SA*. Puno : Universidad del Altiplano.

- Huamancayo Inga, C. (2017). *Análisis de un caldero pirotubular de 300 BHP, usando combustibles diesel y glp, para mejorar la eficiencia, en la empresa Agromantaro S.A.C.* Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Incropera, F. y DeWitt, D. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor.* (4ª ed.). Editorial Prentice Hall.
https://www.u-cursos.cl/usuario/cfd91cf1d8924f74aa09d82a334726d1/mi_blog/r/INCROPERA_-_Transferencia_de_calor.pdf
- Jaramillo Salgado, O. A. (2007). *Intercambiadores de Calor. Centro de Investigación en energía.* Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de Transferencia de Calor.* Compañía Editorial Continental.
<https://fdocumento.com/document/procesos-de-transferencia-de-calor-kern.html>
- León Cam, J. J. (2008). La Educación en el siglo XXI. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(1), 1-2. Recuperado en 23 de febrero de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000100001&lng=es&tlng=es
- Mejía-Navarrete, J. (2018). El proceso de la educación superior en el Perú. La descolonialidad del saber universitario. *Cinta de moebio*, (61), 56-71.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2018000100056>
- Romero-Méndez, R., Mihir, S., Walfre, F. & Hernández-Guerrero, A. (2001). Efecto en la hidrodinámica y transferencia de calor del desfase entre placas de un intercambiador de calor de placas onduladas. *Interciencia*, 26(9), 383-389. Recuperado en 21 de enero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001000900003&lng=es&tlng=es.

ANEXOS

Anexo A. Ficha Técnica de relé modular Zelio Logic

Ficha técnica del producto Características

SR3B261BD

Relé inteligente modular Zelio Logic - 26 E S - 24 V CC - 16 entradas - 10 salidas - con reloj - visor



Principal

Gama de producto	Zelio Logic
Tipo de producto o componente	Reles inteligente modular

Complementario

Visualización local	Donde
Número de líneas de esquema de control	0...500 con capacidad de sujeción: FBD programac 0...240 con capacidad de sujeción: Ladder programac
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de backup	10 años en 25 °C
Deriv. reloj	12 min/año en 0...55 °C 6 s/mes en 25 °C
Comprobaciones	Memoria de programa en cada inicialización
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V
Límites tensión alimentación	19.2...30 V
Corriente de alimentación	190 mA - tipo de cable: sin extensión) 300 mA - tipo de cable: con extensiones)
Potencia disipada en W	10 W con extensiones 6 W sin extensión
Protección contra inversión de polaridad	Con
De pie conducto	16 acorde a EN/IEC 61131-2 tipo 1
Tipo de entrada digital	Resistivo
Voltaje entrada	24 V DC
Corriente de entrada discreta	4 mA
Frecuencia de contaje	1 kHz for discrete input
Estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR >= 15 V para IB...IG usado como circuito de entrada digital
Estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR

14/02/2021

Life is On | Schneider
Electric

1

	<= 5 V para IB...IG usado como circuito de entrada digital
Corriente estado 1 garantizada	>= 1.2 mA - tipo de cable: IB...IG usado como circuito de entrada digital) >= 2.2 mA - tipo de cable: circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR)
Corriente estado 0 garantizada	<= 0.5 mA - tipo de cable: IB...IG usado como circuito de entrada digital) <= 0.75 mA - tipo de cable: circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR)
Fase marcador	3-wire proximity sensors PNP for discrete input
Número de entrada analógica	6
Tipo de entrada analógica	Modo comum
Rango de entrada analógica	0...10 V 0...0,24 V
Tensión máxima admisible	30 V para circuito entrada analógica
Resolución de entrada analógica	8 bits
Clip-en las cubiertas	39 mV para circuito entrada analógica
Tiempo conversión	Tempo de ciclo de relés inteligente para circuito entrada analógica
Error de conversión	+/- 5 % en 25 °C para circuito entrada analógica +/- 6.2 % en 55 °C para circuito entrada analógica
Precisión de repetición	+/- 2 % en 55 °C para circuito entrada analógica
Distancia de funcionamiento	10 m entre estaciones, con cable blindado (sensores no aislado) para circuito entrada analógica
Tapa de conexiones trasero	12 kOhm para IB...IG usado como circuito de entrada analógica 12 kOhm para IB...IG usado como circuito de entrada digital 7.4 kOhm para circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR
Número de salidas	10 relay
Límites de tensión de salida	24...250 V AC (relay output) 5...30 V CC - tipo de cable: salida del relé)
Tipo de contactos y composición	NA para salida del relé
Corriente térmica de salida	5 A para 2 salidas para salida del relé 8 A para 8 salidas para salida del relé
Durabilidad eléctrica	AC-12, estado 1 500000 ciclos en 230 V, 1.5 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 AC-15, estado 1 500000 ciclos en 230 V, 0.9 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 DC-12, estado 1 500000 ciclos en 24 V, 1.5 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 DC-13, estado 1 500000 ciclos en 24 V, 0.6 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1
Capacidad de conmutación en mA	>= 10 mA en 12 V - tipo de cable: salida del relé)
Rango de operación en hz	0.1 Hz - tipo de cable: a) para salida del relé 10 Hz - tipo de cable: sin carga) para salida del relé
Durabilidad mecánica	10000000 ciclos para salida del relé
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV acorde a EN/IEC 60947-1 y EN/IEC 60664-1
Reloj	Donde
Tiempo respuesta	10 ms - tipo de cable: de estado 0 a estado 1) para salida del relé 5 ms - tipo de cable: de estado 1 a estado 0) para salida del relé
Conexiones - terminales	Terminales de tornillo, 1 x 0,2...1 x 2,5 mm ² - tipo de cable: AWG 25...AWG 14) semi-sólido Terminales de tornillo, 1 x 0,2...1 x 2,5 mm ² - tipo de cable: AWG 25...AWG 14) sólido Terminales de tornillo, 1 x 0,25...1 x 2,5 mm ² - tipo de cable: AWG 24...AWG 14) Flexible con terminal Terminales de tornillo, 2 x 0,2...2 x 1,5 mm ² - tipo de cable: AWG 24...AWG 16) sólido Terminales de tornillo, 2 x 0,25...2 x 0,75 mm ² - tipo de cable: AWG 24...AWG 19) Flexible con terminal
Par de apriete	0.5 N.m
Categoría de sobretensión	III acorde a EN/IEC 60664-1
Peso del producto	0.4 kg

Anexo B. Hoja de instrucciones de Relé modular Zelio

mm
in.

71,2/2.8
59,9/2.35

124,6/4.9
113,3/4.46

100
3.93

100
3.93

27.5
1.08

35
1.37

27.5
1.08

90/3.54

107.6/4.23

59.5/2.32

70/2.75

SR3 B261JD

V ≥ 3.1

CDROM
SR2 SFT01

SR2MAN01EN
SR2MAN01FR
SR2MAN01DE
SR2MAN01SP
SR2MAN01IT
SR2MAN01PO

- 1 - Retractable mounting feet / Pattes de fixations retractables / Einziehbare Befestigungslaschen / Patas de fijaciones retractables / Asole estraibili di fissaggio / Patilhas de fixação retrácteis
- 2 - Power supply terminals / Borniers à vis d'alimentation / Schraubklemmen für die Anschlussspannung / Terminales de tornillos de alimentación / Morsettiera di alimentazione / Terminais de parafusos alimentação
- 3 - LCD display / Afficheur LCD / LCD-Anzeige / Afficheur LCD / Pantalla LCD / Visualizzatore LCD / Visor LCD
- 4 - Input terminals / Borniers à vis des entrées / Schraubklemmen für die Eingänge / Terminales de tornillos de las entradas / Morsettiera a viti degli ingressi / Terminais de parafusos das entradas
- 5 - Navigation keys or Z pushbutton keys after configuration / Touches de navigations ou après configuration boutons poussoir Z / Navigationstasten bzw.nach Konfiguration Z-Drucktasten / Teclas de navegación o después de configuración, entradas manuales Z / Tasti di navigazione o dopo configurazione pulsanti Z / Teclas de navegação ou após configuração botões Z
- 6 - EEPROM cartridge or PC cable connection / Emplacement cartouche EEPROM ou câble de raccordement PC / Anschluß EEPROM-Speicher bzw. PC Anschlußkabel / Emplazamiento del cartucho EEPROM o cable de conexión / Ubicazione cartuccia EEPROM o cavo di collegamento / Posição cartucho EEPROM ou cabo de ligação
- 7 - Output terminals / Borniers à vis des sorties / Schraubklemmen für die Ausgänge / Borne con tornillos de las salidas / Morsettiera a vite delle uscite / Caixa de terminais de parafusos das saídas
- 8 - 35 mm rail clip-in spring / Ressort de clipsage sur rail de 35 mm / Klemmfeder auf 35 mm Schiene / Resorte de clipsado en carril 35 mm / Molla di aggancio su barra metallica da 35 mm / Mola de engate sobre carril de 35 mm

en Electrical equipment should be installed, operated, serviced, and maintained only by qualified personnel.
No responsibility is assumed by Schneider Electric for any consequences arising out of the use of this manual.

fr Les équipements électriques doivent être installés, exploités et entretenus par un personnel qualifié.
Schneider Electric n'assume aucune responsabilité des conséquences éventuelles découlant de l'utilisation de cette documentation.

es Sólo el personal de servicio cualificado podrá instalar, utilizar, reparar y mantener el equipo eléctrico.
Schneider Electric no asume las responsabilidades que pudieran surgir como consecuencia de la utilización de este manual.

Anexo C. Ficha técnica de Controlador de temperatura

Ficha técnica del producto Características

RTC48PUN1RNHU

temperature control relay RTC - 48x48 mm -
100..240 V AC - 1 relay, alarm



Principal

Gama de producto	Zelio Control
Tipo de producto o componente	Relés modulares de medición y control
Tipo de relé	Relés de control temperatura
Aplicación específica de producto	Embalaje Máquinas industriales Calefacción o refrigeración HVAC
Nombre de relé	RTC

Complementario

Dimensión exterior	1/16 DIN 48 x 48 mm
Tipo de entrada analógica	Termopar - tipo de cable: thermocouple J, K, R, B, S, T, E, N, PLII, C(W/Re5-26) (**)) Sonda temperatura (sonda de temperatura: Pt 100, JPt 100) Tensión 0...1 V DC Tensión 0...5 V DC Tensión 1...5 V DC Tensión 0...10 V DC Corriente 0...20 mA Corriente 4...20 mA
[Us] tensión de alimentación nominal	100...240 V AC
[Us] tensión de alimentación asignada	100...240 V AC
Límites tensión alimentación	85...264 V
Precisión de medida	0.2 % full scale (**))
Duración del muestreo	250 ms
Número de salidas	1 relé salida con capacidad de sujeción: NA contacto para output 1 (**))
Tipo de salida	Relé salida en 250 V AC / 3 A on resistive load (**)) Relé salida en 250 V AC / 1 A em carga indutiva
Salida de alarma	1 C/O
Consumo de potencia en VA	8 VA en 250 V AC
Función disponible	Sintonización automática PID
Marcado	CE
Posición de funcionamiento	Cualquier posición

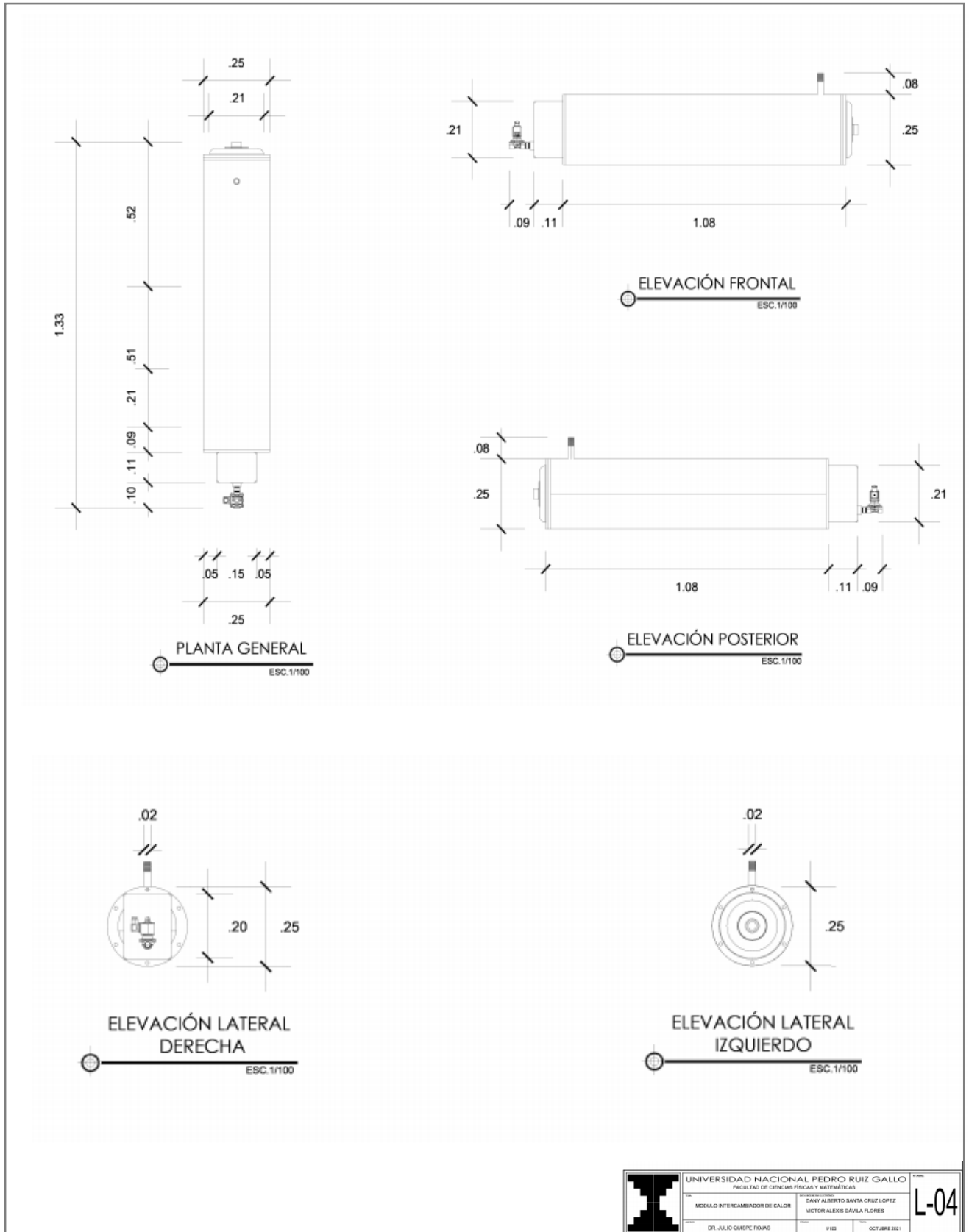
25/05/2021

Life Is On | Schneider
Electric

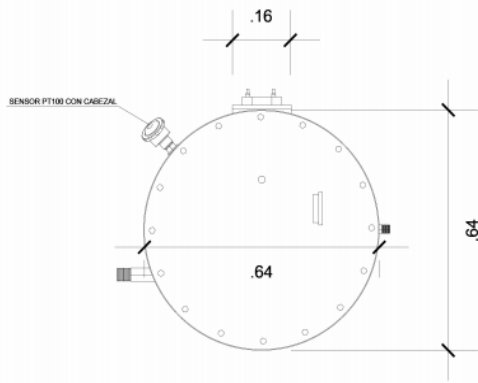
1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

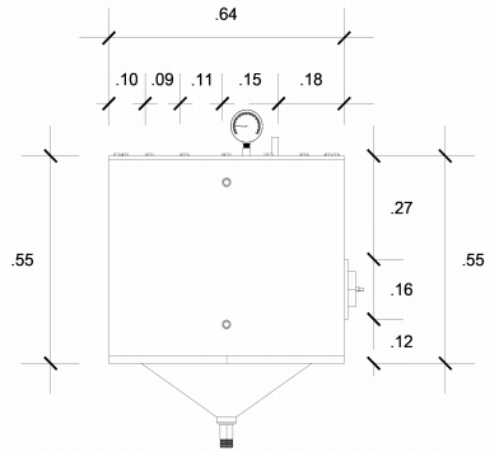
Anexo D. Planos de diseño del intercambiador de calor



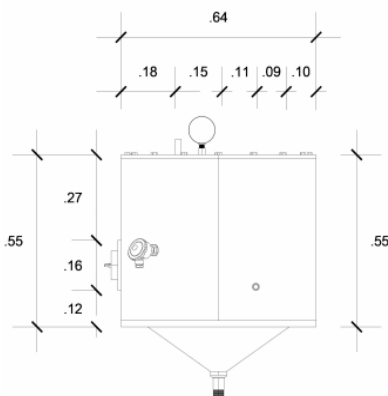
Anexo E. Planos de diseño de caldera eléctrica



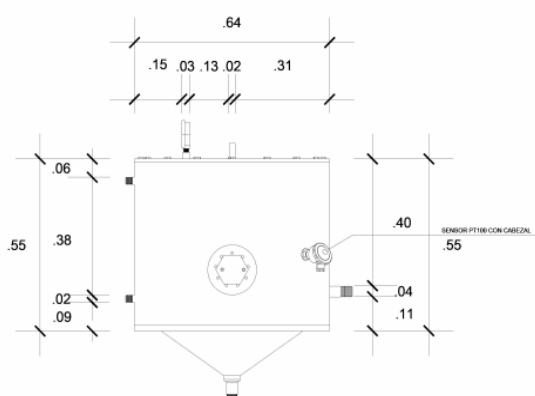
PLANTA GENERAL
ESC. 1/100



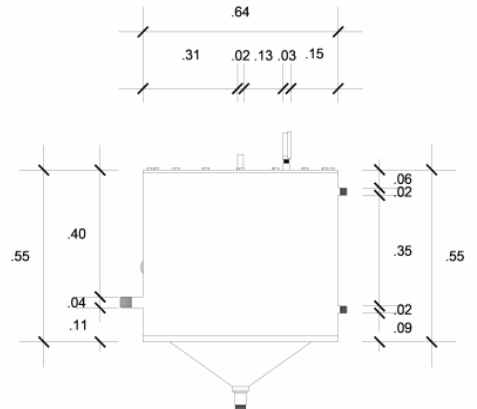
ELEVACIÓN FRONTAL
ESC. 1/100



ELEVACIÓN POSTERIOR
ESC. 1/100



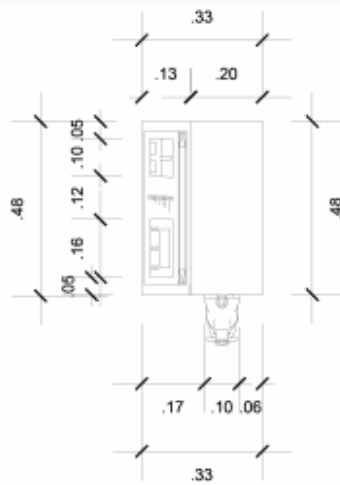
ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA
ESC. 1/100



ELEVACIÓN LATERAL DERECHA
ESC. 1/100

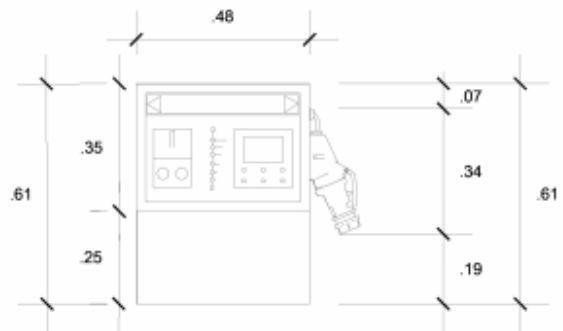
	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS			L-02
	TÍTULO: MODULO INTERCAMBIADOR DE CALOR		AUTOR: DANY ALBERTO SANTA CRUZ LOPEZ VICTOR ALEXIS DAVILA FLORES	
	PROFESOR: DR. JULIO OLASPE ROJAS	FECHA: 1/18	PERIODO: OCTUBRE 2021	

Anexo F. Planos de diseño del tablero de control



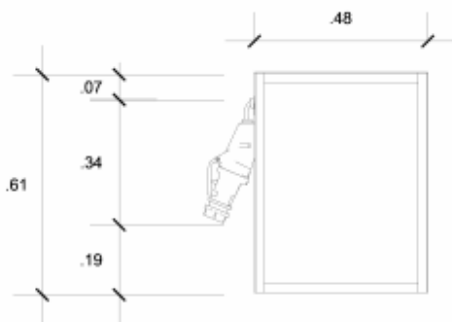
PLANTA GENERAL

ESC. 1/100



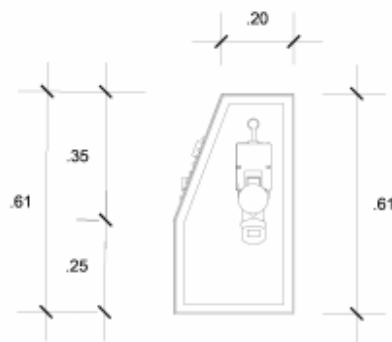
ELEVACIÓN FRONTAL

ESC. 1/100



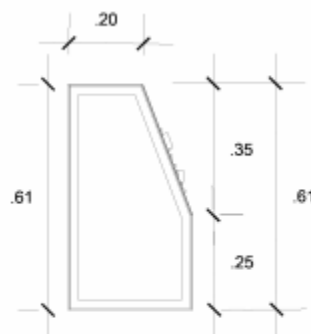
ELEVACIÓN POSTERIOR

ESC. 1/100



ELEVACIÓN LATERAL DERECHO

ESC. 1/100

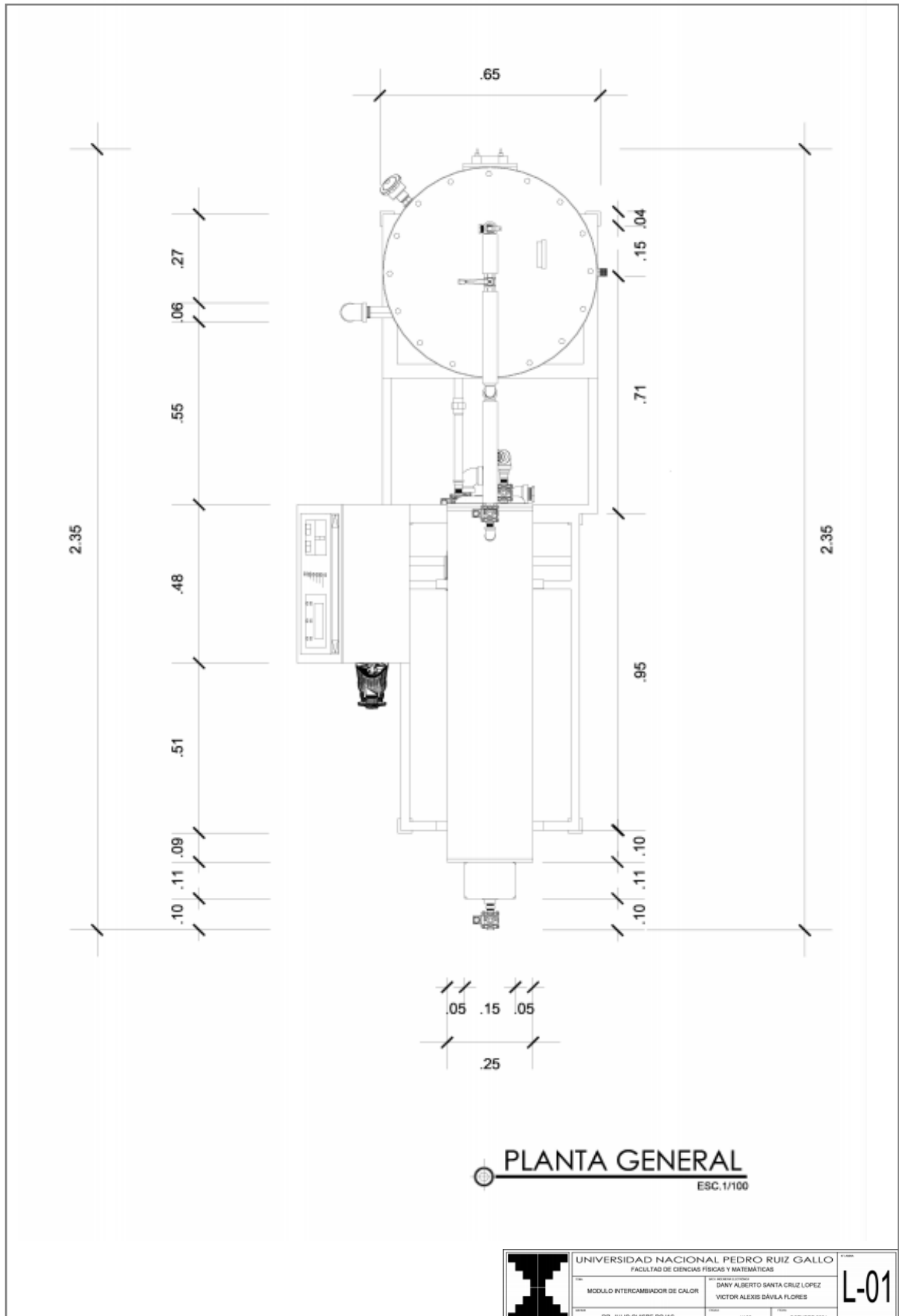


ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDO

ESC. 1/100

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS		L-05
	MÓDULO INTERCAMBIADOR DE CALOR	DANI ALBERTO SANTA CRUZ LÓPEZ VÍCTOR ALEXIS DÁVALOS FLORES	
	1/100		OCTUBRE 2021

Anexo G. Plano General del módulo intercambiador de calor



Anexo H. Formato del Informe de pruebas de funcionamiento.



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**INFORME DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MODULO
INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Responsables: Br. Dany Alberto Santa Cruz Lopez.
Br. Víctor Alexis Dávila Flores.

INSTRUCCIONES: El presente documento será entregado por los tesisistas al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y deberá ser debidamente llenado luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo intercambiador de calor, quedando registrados los datos del alumno, la fecha en que fue realizado y las opiniones que el estudiante haya percibido al momento de manipular equipo.

I. Datos del estudiante encuestado:

Nombre y apellidos:

Edad:

DNI:

Código:

II. Datos de Funcionamiento del equipo:

Opinión General del Equipo:

Indicar el proceso de ejecución de las pruebas:

Aportes para mejora del equipo:

Aportes para retirar elementos no convenientes en el equipo:

Firma del estudiante

Fecha de realización:

ANEXO I. Formatos llenados por estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

INFORME DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MODULO INTERCAMBIADOR DE CALOR

Responsables: Br. Dany Alberto Santa Cruz Lopez.
Br. Víctor Alexis Dávila Flores.

INSTRUCCIONES: El presente documento será entregado por los tesisistas al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y deberá ser debidamente llenado luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo intercambiador de calor, quedando registrados los datos del alumno, la fecha en que fue realizado y las opiniones que el estudiante haya percibido al momento de manipular equipo.

I. Datos del estudiante encuestado:

Nombre y apellidos: Lenin Estalin Guevara Torres

Edad: 25

DNI: 48757533

Código: 152431E

II. Datos de Funcionamiento del equipo:

Opinión General del Equipo:

El proyecto estuvo muy bien desarrollado, ya que cumple con las expectativas plantadas en la problemática, cumple con las condiciones iniciales del laboratorio de la transferencia de calor y esta automatizado al 100% que es el fin del proyecto para eliminar el trabajo manual.

Indicar el proceso de ejecución de las pruebas:

Una vez puesta en marcha el equipo; se estableció un set point para el nivel de calor, luego dicha temperatura pasa a través de tubos de acero para alimentar la salida del sistema en el que se quiere controlar que es previamente determinada a través de un set point y finamente trabaje automáticamente.

Aportes para mejora del equipo:

Se debe usar mas resistencias calentadoras para así desarrollar más rápido el funcionamiento del equipo, también se debe conectar a un flujo de agua constante.

Aportes para retirar elementos no convenientes en el equipo:

Se debe retirar la electrobomba y conectar la alimentación de agua a una caída de agua de cierta altura con alimentación constante

Firma del estudiante

Fecha de realización: 08/05/2021



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**INFORME DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MODULO
INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Responsables: Br. Dany Alberto Santa Cruz Lopez.
Br. Víctor Alexis Dávila Flores.

INSTRUCCIONES: El presente documento será entregado por los tesisistas al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y deberá ser debidamente llenado luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo intercambiador de calor, quedando registrados los datos del alumno, la fecha en que fue realizado y las opiniones que el estudiante haya percibido al momento de manipular equipo.

I. Datos del estudiante encuestado:

Nombre y apellidos: ELVIS NEISON CAMIZAN GUERRERO

Edad: 25

DNI: 76833630

Código: 150897G

II. Datos de Funcionamiento del equipo:

Opinión General del Equipo:

El proyecto de intercambiador de calor de nuestros compañeros estuvo bien desarrollado, ya que cumple las teorías de transferencia de calor y está muy bien automatizada.

Indicar el proceso de ejecución de las pruebas:

Empezando el proceso se tiene que poner en marcha el equipo, donde se estableció un set point para el nivel de calor para luego alimentar la variable que se desea controlar en este caso se probó con agua y el sistema funcionando de manera automática.

Aportes para mejora del equipo:

Mejorar el tiempo en calentar la entrada para obtener vapor en un tiempo más corto, ya que el proceso demora demasiado tiempo y lo óptimo para el proceso sería disminuir y tener un proceso más rápido.

Aportes para retirar elementos no convenientes en el equipo:

Se debe retirar una electrobomba.

Firma del estudiante

Fecha de realización: 10/05/2021



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**INFORME DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MODULO
INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Responsables: Br. Dany Alberto Santa Cruz Lopez.
Br. Víctor Alexis Dávila Flores.

INSTRUCCIONES: El presente documento será entregado por los tesisistas al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y deberá ser debidamente llenado luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo intercambiador de calor, quedando registrados los datos del alumno, la fecha en que fue realizado y las opiniones que el estudiante haya percibido al momento de manipular equipo.

I. Datos del estudiante encuestado:

Nombre y apellidos: Luis Enrique Guevara Paz

Edad: 24 años

DNI: 74581859

Código: 150905J

II. Datos de Funcionamiento del equipo:

Opinión General del Equipo:

El proyecto expuesto cumplió las expectativas establecidas y demostrando así la transferencia de calor de manera automática poniendo en práctica el control PID, esto se realizó mediante el desarrollo e implementación de una estrategia de control para el correcto funcionamiento del sistema

Indicar el proceso de ejecución de las pruebas:

Primero se procedió a calentar el agua hasta llegar a la temperatura establecida, luego en el set point se configura un nivel de temperatura que se desea recibir al final del proceso, este pasa por un tubo de acero intercambiando calor con el fluido y así llegar a la temperatura configurada en el set point, en la salida.

Aportes para mejora del equipo:

- Mejorar en el aislamiento térmico del tanque de almacenamiento de agua del intercambiador de calor, para evitar transferencia de calor con el ambiente.
- Reducir el tiempo necesario para calentar el agua.
- Hacer independientes las entradas de agua, ya que hubo momentos en que entraba aire en las tuberías.

Aportes para retirar elementos no convenientes en el equipo:

No retiraría ningún elemento.

Firma del estudiante

Fecha de realización: 12/05/2021



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**INFORME DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MODULO
INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Responsables: Br. Dany Alberto Santa Cruz Lopez.
Br. Víctor Alexis Dávila Flores.

INSTRUCCIONES: El presente documento será entregado por los tesisistas al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y deberá ser debidamente llenado luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo intercambiador de calor, quedando registrados los datos del alumno, la fecha en que fue realizado y las opiniones que el estudiante haya percibido al momento de manipular equipo.

I. Datos del estudiante encuestado:

Nombre y apellidos: Yian Marco Chavez Hernandez

Edad: 27

DNI: 48328132

Código: 152426a

II. Datos de Funcionamiento del equipo:

Opinión General del Equipo:

Mi opinión con respecto al proyecto es que es un proyecto muy bueno ya que cumple con las expectativas sobre la transferencia de calor, ya que tiene un buen diseño para la disponibilidad de la construcción del prototipo.

Indicar el proceso de ejecución de las pruebas:

Para poner a prueba el equipo lo esencial es que esté conectado a la corriente y sus dos entradas de agua una que es para obtener el vapor y la otra que sería calentar el fluido a través del vapor. Una vez que ya el proyecto estaba en marcha el control de manejo era automático.

Aportes para mejora del equipo:

En que demore menos tiempo en calentar la entrada para obtener el vapor ya que más o menos demora unos 40 minutos y lo esencial sería reducir el tiempo el tiempo a la mitad o si es posible tal vez un menor tiempo.

Aportes para retirar elementos no convenientes en el equipo:

Sería retirar la bomba ya que se puede conectar a un caño de agua que tenga una buena presión.

Firma del estudiante

Fecha de realización: 14/05/2021