



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EFICIENTE CON  
RADIADORES PARA UN VOLUMEN DE 159.03 m<sup>3</sup> QUE SE  
IMPLEMENTARA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA UNA – PUNO 2021**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JAVIER CHAMBI CHAHUARA**

**Bach. DEIVEN ROYER CAHUI CCAHUI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A DIOS, por darme salud, esperanza y fuerza para seguir adelante y guiarme por un buen camino lleno de alegría, felicidad y éxitos.*

*Con todo cariño y respeto a mis padres, quienes siempre velaron por mi futuro y la consecución de mis metas, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para llegar a ser un buen profesional.*

*A mis hermanos, por su apoyo incondicional en mi trajín profesional y a mis amigos y familiares, por su apoyo moral.*

***Javier Chambi Chahuara***



## DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, por permitirme disfrutar cada momento la vida y por guiarme por el camino que he trazado para mí*

*A mis padres por darme la vida y mi apoyo para culminar mis estudios*

*A mis hermanos, que me han brindado su apoyo en mi formación profesional, para lograr una de mis metas, ellos me dan la fortaleza para ser cada día una mejor persona*

*A los docentes de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica por su esfuerzo y dedicación en la formación de los buenos profesionales para la región.*

***Deiven Royer Cahui Ccahui***



## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano, que me acogió en sus claustros durante mi vida estudiantil.*

*A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quienes me inculcaron prácticas profesionales y conocimientos que me serán útiles en mi vida futura.*

*A mis jurados de investigación, quienes coadyuvaron para que esta investigación sea idónea.*

***Javier Chambi Chahuara***

*El agradecimiento a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por brindarme la oportunidad de acogerme en sus aulas e impartirme conocimientos para ser un profesional y ser útil para la sociedad y para el Perú*

*Al ingeniero José Manuel Ramos Cutipa, por su asesoría en la tesis. Por brindarnos su valiosa colaboración y su amistad desinteresada en el desarrollo y culminación de la presente tesis.*

*Por último, un agradecimiento muy especial a mi madre y padre ya que siempre me impulsaron en los momentos más difíciles de mi carrera.*

***Deiven Royer Cahui Ccahui***



## INDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**INDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

### **CAPITULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

1.1. Planteamiento del Problema ..... 16

1.2. Formulación del Problema ..... 16

1.2.1. Problema General ..... 16

1.2.2. Problemas Específicos..... 17

1.3. Hipótesis de la Investigación..... 17

1.3.1. Hipótesis General ..... 17

1.3.2. Hipótesis Especificas..... 17

1.4. Justificación del Problema..... 17

1.5. Objetivos de la Investigación ..... 18

1.5.1. Objetivo General ..... 18

1.5.2. Objetivos Específicos ..... 18

1.6. Características del Área de Investigación ..... 19

### **CAPITULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. Antecedentes de la Investigación. .... 20

2.1.1. Antecedentes regionales y nacionales. .... 20

2.1.2. Antecedentes internacionales ..... 22

2.2. Marco Teórico ..... 24

2.2.1. Calor ..... 24

2.2.2. Calor Especifico ..... 27

2.2.3. Capacidad Calorífica ..... 28

2.2.4. Confort Térmico ..... 28



2.2.5. Parámetros Del Confort Térmico .....	30
2.2.6. Climatización .....	36
2.2.7. Calefacción.....	40
2.2.8. Sistema De Calefacción Con Radiadores.....	42
2.2.9. Funcionamiento De Un Radiador.....	43
2.2.10. Tipos De Radiadores .....	43
2.2.11. Sistema de Instalación de Radiadores .....	46
2.2.12. Sistema de Conexión Hidráulica .....	48
2.2.13. Transferencia de Calor .....	51
2.2.14. Necesidades Caloríficas de una Vivienda .....	59
2.3. Definición de automatización.....	59
2.3.1. La parte operativa.....	59
2.3.2. La Parte de mando.....	61
2.3.3. Definición de PLC.....	63
2.3.4. Tipos de PLCs .....	64
2.3.5. Composición del software de los PLCs.....	67
2.3.6. Lenguajes De Programación .....	68

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

1.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	70
1.1.1. Tipo de investigación .....	70
1.1.2. Diseño de la investigación.....	70
1.2. Ubicación y Descripción del Ambiente de Estudio.....	71
1.2.1. Coordenadas Geográficas:.....	71
1.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	72
1.3.1. Procedimiento de Recolección de Datos .....	72
1.3.2. Procedimiento y Análisis de Datos .....	74
1.4. Equipos, Materiales e Instrumentos Utilizados.....	74
1.4.1. Diagrama de Instalación.....	74
1.4.2. Materiales y Equipos .....	75
1.4.3. Condiciones de Temperatura Interior y Exterior.....	84
1.5. Diseño y Evaluación del Sistema de Calefacción .....	85
1.6. Ubicación y condiciones del lugar disponible a investigar .....	85
1.6.1. Construcción del laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica.....	85



1.6.2. Condiciones requeridas para el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica	86
1.7. Cálculo de la carga térmica .....	86
1.7.1. Composición y materiales del laboratorio.....	86
1.7.2. Cálculo de transferencia de calor .....	86
1.7.3. Carga térmica del laboratorio de control y automatización EPIME. ....	91
1.8. CALCULO Y SELECCIÓN DE RADIADORES .....	93
1.8.1. Selección de tubería .....	95
1.8.2. Cálculo de cantidad de agua requerido .....	96
1.9. Tratamiento de agua. ....	98
1.10. Selección de electrobomba.....	98
1.11. Cálculo del caudal en la tubería .....	98
1.12. Plano de diseño e instalación del sistema de calefacción con radiadores .....	99
1.13. Costo de producción.....	100

#### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados .....	101
4.1.1. Primero: diseño del sistema de calefacción.....	101
4.1.2. Segundo: selección del radiador de aluminio y transferencia de calor .....	101
4.1.3. Tercero: medición de temperatura en los 3 radiadores instalados .....	101
4.1.4. Cálculo de la eficiencia. ....	105
4.2. Discusiones.....	106
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>114</b>

**Área : Control y automatización**

**Tema : Control**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01 de febrero del 2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Escala de temperaturas. ....	26
<b>Figura N° 2:</b> Distribución del calor para diferentes sistemas de calefacción. ....	34
<b>Figura N° 3:</b> Sistema por radiación. ....	35
<b>Figura N° 4:</b> Sistema por convección.....	36
<b>Figura N° 5:</b> Funcionamiento de un radiador.....	43
<b>Figura N° 6:</b> Tipos de radiadores.....	44
<b>Figura N° 7:</b> Radiadores De Hierro Fundido.....	44
<b>Figura N° 8:</b> Radiadores De Chapa De Acero.....	45
<b>Figura N° 9:</b> Radiadores De Paneles De Chapa.....	45
<b>Figura N° 10:</b> Radiadores De Aluminio.....	46
<b>Figura N° 11:</b> Conexión en serie.....	47
<b>Figura N° 12:</b> Conexión en paralelo.....	47
<b>Figura N° 13:</b> Sistema Bitubo.....	49
<b>Figura N° 14:</b> Conexión.....	49
<b>Figura N° 15:</b> Conexión.....	50
<b>Figura N° 16:</b> Sistema monotubo.....	51
<b>Figura N° 17:</b> Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor $\Delta x$ y área A.....	52
<b>Figura N° 18:</b> Conducción de calor.....	54
<b>Figura N° 19:</b> Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección.....	56
<b>Figura N° 20:</b> Ejemplos de PLCs compactos. Festo FEC FC660 PLC (a la izquierda), Siemens Logo (en el medio) y S7-200 PLC (a la derecha).....	64



<b>Figura N° 21:</b> Ejemplos de PLCs modulares. Siemens S7-300 PLC (en la parte izquierda) y Allen-Bradley Compact Logix PLC (en la parte derecha)	65
<b>Figura N° 22:</b> Ejemplos de PLCs de tipo montaje en rack. Siemens S7-400 PLC (en la parte izquierda) y Festo CPX PLC (en la parte derecha)	66
<b>Figura N° 23:</b> Ejemplo de un OPLC Unitronics M-90	67
<b>Figura N° 24:</b> Mapa de la región	72
<b>Figura N° 25:</b> Esquema de circuito de calefacción	74
<b>Figura N° 26:</b> Radiador de aluminio	76
<b>Figura N° 27:</b> Tubo PVC para agua fría de ½”	77
<b>Figura N° 28:</b> Tubo PVC Hidro parra agua caliente ½”	77
<b>Figura N° 29:</b> Tanque Térmico para agua de 60 litros	78
<b>Figura N° 30:</b> Bomba de 0.5 HP	79
<b>Figura N° 31:</b> Sensor de temperatura PT-100	80
<b>Figura N° 32:</b> Válvula Celenoide De 3/4 – 220 VAC	81
<b>Figura N° 33:</b> Controlador Lógico Programable (PLC) Schneider Electric	82
<b>Figura N° 34:</b> Laptop HP Core 17	82
<b>Figura N° 35:</b> Modulo de PLC	83
<b>Figura N° 36:</b> Grafico de Cargas térmicas más influyentes	92
<b>Figura N° 37:</b> Grafico de la transferencia de calor	92
<b>Figura N° 38:</b> Temperaturas influyentes en la emisión calorífica del radiador	93
<b>Figura N° 39:</b> Dimensiones y características técnicas	95
<b>Figura N° 40:</b> Curvas de temperatura del radiador N° 01	102
<b>Figura N° 41:</b> Curvas de temperatura del radiador N° 02	103
<b>Figura N° 42:</b> Curvas de temperatura del radiador N° 03	104
<b>Figura N° 43:</b> Curvas de temperatura de los tres radiadores	105



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Rango de las temperaturas de los locales a temperar .....	31
<b>Tabla N° 2:</b> Tipos de calefacción.....	41
<b>Tabla N° 3:</b> Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente	55
<b>Tabla N° 4:</b> Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección	57
<b>Tabla N° 5:</b> Tabla De Temperatura.....	84
<b>Tabla N° 6:</b> Datos del ambiente.....	85
<b>Tabla N° 7:</b> Resistencias térmicas superficiales de cerramientos.....	87
<b>Tabla N° 8:</b> Calculo de Coeficiente global de transferencia de calor para el techo .....	88
<b>Tabla N° 9:</b> Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para el piso .....	89
<b>Tabla N° 10:</b> Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para las paredes .....	90
<b>Tabla N° 11:</b> Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para ventanas..	90
<b>Tabla N° 12:</b> Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para puertas ....	91
<b>Tabla N° 13:</b> Cuadro de resultados .....	92
<b>Tabla N° 14:</b> Elementos requeridos .....	95
<b>Tabla N° 15:</b> Dimensiones de las tuberías de agua caliente y fría.....	96
<b>Tabla N° 16:</b> Costos y presupuestos .....	100
<b>Tabla N° 17:</b> Conductividades Térmicas .....	121



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

T	: Temperatura.
Q	: Calor.
m	: Masa.
Ce	: Calor específico.
°K	: Grados kelvin.
°C	: Grados Celsius.
C	: Capacidad calorífica.
$\Delta T$	: Variación de temperatura.
k	: Conductividad térmica.
A	: Área.
x	: Espesor del material.
R	: Resistencia térmica.
$h_c$	: Coeficiente de transferencia de calor por convección.
$\varepsilon$	: Emisividad.
$\sigma$	: Constante de Stefan-Boltzmann.
PLC	: Controlador lógico programable.
msnm	: Metros sobre el nivel del mar.
te	: Temperatura de entrada.
ts	: Temperatura de salida.
tm	: Temperatura media.
ta	: Temperatura ambiente.
d	: Diámetro.
l	: Longitud.
V	: Volumen.
N	: Número de elementos.
Lt	: Litros.
Q	: Caudal.
$\Delta T$	: Salto térmico.



HP : Caballos de fuerza.

PVC : Policloruro de vinilo.

U : Coeficiente global de transferencia de calor.

$\rho$  : Densidad.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone diseñar un sistema de calefacción utilizando radiadores de aluminio con el propósito de mejorar la calidad de temperatura en el interior de un ambiente y tener un buen confort térmico. La investigación es de tipo Experimental, Aplicativo y Descriptivo. Para el desarrollo del proyecto implementado en el laboratorio de control y automatización se instaló tres radiadores de aluminio con dimensiones de; 60 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm y 40 cm x 30 cm, enlazado mediante tuberías tipo hidro permitiendo la circulación de un caudal de 0.000441 m<sup>3</sup>/min, impulsado por una electrobomba de 372.85 Watts conectado al tanque térmico de 0.06 m<sup>3</sup> de capacidad, calentado mediante una resistencia eléctrica de 1000 Watts de potencia controlado por el controlador lógico programable, en la salida de cada radiador se acoplo sensores de temperatura conectados al controlador lógico programable. Todo este sistema nos permitió analizar datos durante cinco días mediante el SoMachine V4.3, el cual registra y grafica la variación de temperatura en los sensores instalados, con esto podemos verificar el cambio de temperatura mediante graficas de curvas con lo cual se pudo comprobar la eficiencia del sistema de calefacción que nos permite aplicar en diferentes ambientes interiores. Se concluye que se puede diseñar e implementar el módulo planteado, que permiten mejorar el confort térmico para ambientes en la región Puno.

**Palabras Clave:** Calefacción, Confort térmico, eficiencia, radiador, temperatura.



## ABSTRACT

The present research work proposes to design a heating system using aluminum radiators with the purpose of improving the quality of temperature inside an environment and having good thermal comfort. The research is of an Experimental, Application and Descriptive type. For the development of the project implemented in the control and automation laboratory, three aluminum radiators with dimensions of; 60 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm and 40 cm x 30 cm, connected by hydro type pipes allowing the circulation of a flow rate of 0.000441 m<sup>3</sup>/min, driven by a 372.85 Watt electric pump connected to the thermal tank of 0.06 m<sup>3</sup> of capacity, heated by means of an electrical resistance of 1000 Watts of power controlled by the programmable logic controller, at the outlet of each radiator temperature sensors connected to the programmable logic controller were attached. All this system allowed us to analyze data for five days through SoMachine V4.3, which records and graphs the temperature variation in the installed sensors, with this we can verify the temperature change through curve graphs with which it was possible to verify the efficiency of the heating system that allows us to apply in different interior environments. It is concluded that the proposed module can be designed and implemented, which allows improving thermal comfort for environments in the Puno region.

**Keywords:** Heating, Thermal comfort, efficiency, radiator, temperature.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El problema de bajas temperaturas en la región Puno y la falta de un adecuado sistema de calefacción, son el mayor problema que tiene la región Puno; entendiéndose que se originan principalmente en las temporadas de frío y helada, ocasionando problemas de salud en niños, adolescentes, adultos y adultos mayores al no contar con un confort de temperatura adecuado. Es por ello que es necesario implementar un sistema de calefacción para contrarrestar el friaje en la región Puno.

El trabajo de investigación se diseña un sistema de calefacción utilizando radiadores de aluminio con el propósito de mejorar la calidad de temperatura en el interior de un ambiente y tener un buen confort térmico.

Capítulo I, de la tesis, se refiere a la introducción, al planteamiento del problema, hipótesis de la investigación, justificación del problema y objetivos de la investigación para lograr el presente trabajo de investigación.

Capítulo II, se abarca el desarrollo del marco teórico, donde van descritos los antecedentes de la investigación, se detalla los conceptos considerados de cada tema que es de importancia para el presente trabajo de investigación.

Capítulo III, de la tesis, se da a conocer el tipo de investigación a usarse, el diseño, ubicación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos de recolección y análisis de datos, cálculos, selección y procesos para realizar la toma de datos. Para la obtención de los datos de la medición se utilizará el software SoMachine V4.3, el cual registra y grafica la variación de temperatura en los sensores instalados.



Capítulo IV, de la tesis, se realiza el análisis e interpretación de los resultados obtenidos del sistema de calefacción con radiadores.

Finalmente, en el proyecto de investigación se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

### **1.1. Planteamiento del Problema**

En la región Puno, uno de los principales problemas que se sostiene es el frío, a causa del friaje sufrimos problemas de salud leves y crónicas. Considerando que en nuestra región los establecimientos como, hospitales, colegios, bibliotecas y viviendas, requieren un ambiente con confort térmico de temperatura adecuado para realizar actividades con la comodidad posible. Los establecimientos mencionados no consideran los parámetros de confort establecido por las normas técnicas del reglamento técnico de edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, por lo que cabe la posibilidad de adquirir enfermedades respiratorias y entre otras.

Nuestra escuela profesional considerando este problema importante y con el objetivo de buscar una solución a este aspecto; se está motivando e impulsado el equipamiento de un diseño de sistema de calefacción con radiadores de aluminio para mejorar el confort térmico de temperatura en un rango de 18° a 25°C, como lo indica el reglamento nacional de edificaciones (RNE).

### **1.2. Formulación del Problema**

#### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera podemos tener una temperatura de confort térmico en un ambiente en la región de Puno en las temporadas más frías?



### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Se puede implementar un sistema de calefacción con radiadores de aluminio?

¿De qué manera podemos determinar la temperatura en los radiadores, en el tanque térmico y en un ambiente?

### **1.3. Hipótesis de la Investigación**

#### **1.3.1. Hipótesis General**

La implementación de un sistema de calefacción con radiadores de aluminio permitirá obtener un confort térmico en el ambiente.

#### **1.3.2. Hipótesis Especificas**

- El diseño y la implementación del sistema de calefacción con radiadores de aluminio permitirá calcular la eficiencia de cada radiador y de todo el sistema de calefacción.
- El sistema de calefacción con radiadores de aluminio permitirá determinar la temperatura en los radiadores, en el tanque térmico y en el ambiente a implementarse.

### **1.4. Justificación del Problema**

El desarrollo del proyecto de tesis tiene como finalidad de lograr la solución real de un problema que se tiene presente en la región puno en las temporadas de frio y heladas, viendo la necesidad de las personas y analizando algunas alternativas, se optó por conveniente en diseñar e implementar un sistema de calefacción y tener una temperatura de confort térmico adecuado.



El sistema de calefacción con radiadores de aluminio que se implementó en el laboratorio de control y automatización de nuestra escuela profesional nos permitirá obtener una temperatura de confort térmico adecuado, también nos permitirá evaluar la eficiencia de los radiadores instalados y del sistema de calefacción, logrando así la mejora de las condiciones climatológicas en las temperaturas más bajas registradas en los meses de junio, julio y agosto (SENAMHI, 2020), ver **ANEXO A**.

Todo el diseño, materiales e instrumentos que se usaran para dicho proyecto se hará entrega a la EPIME, el cual servirá a los estudiantes para que puedan realizar sus actividades académicas en un ambiente cómodo, el módulo servirá a los estudiantes para que puedan realizar ensayos experimentales, aplicar el diseño en diferentes áreas y lugares para el beneficio de cada estudiante y la región Puno.

Además, el diseño de este sistema de calefacción con radiadores de aluminio nos permitirá que la solución sea la más óptima, económica y real posible.

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de calefacción utilizando radiadores con recirculación de agua caliente de un tanque térmico mediante una resistencia eléctrica para tener un confort adecuado en el laboratorio de control y automatización EPIME.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Calcular la eficiencia de un sistema de calefacción con radiadores en el laboratorio de control y automatización EPIME.



- Determinar la temperatura en los radiadores, en el tanque térmico y en el laboratorio a implementarse.

### **1.6. Características del Área de Investigación**

El área de diseño y la implementación se localiza en el Laboratorio de Control y Automatización de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EPIME) de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) del Distrito de Puno, Provincia de Puno y Departamento de Puno.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación.

##### 2.1.1. Antecedentes regionales y nacionales.

#### **Sistema de Calefacción Solar Térmico Controlado para Mantener el Confort Térmico en un Ambiente de la FIQ.**

#### **Investigación realizada en 2017 por los autores: Edgardo Mercado Calapuja Y Helbert Machaca Cutipa de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno).**

En esta investigación los autores el presente proyecto de investigación denominado calefacción solar térmico controlado para mantener el confort térmico en un ambiente de la FIQ, consiste en aprovechar la energía solar como Fuente energética. Para la respectiva investigación del sistema de calefacción, se ha dividido en tres subsistemas: el de calentamiento de agua con energía solar, la calefacción del ambiente(biblioteca) y la recirculación del caloportador(agua). Donde concluyen que se logró implementar un sistema de calefacción solar térmico controlado que permite acondicionar y mantener el confort de temperatura en un ambiente. Con un costo aproximado de S/. 10.000 nuevos soles. La energía calorífica transferida al ambiente permitió alcanzar la temperatura de confort, en entre 3 a 5 horas llegando al rango de temperatura entre 18 y 24 °C. en el ambiente. Registrando un salto térmico de 3°C.

**confort térmico en el centro educacional para el deficiente visual - C.E.B.E. nuestra Sra. de Copacabana de la ciudad de puno,**



**Investigación realizada en 2018 por los autores: Edison Roque Mamani y Edy Eduardo Cruz Apaza de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno).**

En esta investigación los autores tienen la propuesta de “confort térmico en el centro educacional para el deficiente visual” se encuentra en una zona con clima seco y frío donde el centro educacional en las condiciones actuales presenta un alto grado de incomfortabilidad debido a Los factores de diseño, el emplazamiento y los sistemas constructivos que se usaron no fueron los adecuados, causando así la alta incidencia del frío que no permite lograr los procesos de aprendizaje adecuadamente tanto para alumnos como para docentes. La investigación busca una propuesta de solución en el tema del malestar térmico en las aulas académicas del centro educativo básico especial donde se desarrolló estrategias bioclimáticas que permiten mejorar las condiciones de confort térmico, bajo criterios ambientales. Definidas por la ganancia solar a través de las envolventes y colectores solares, para el desarrollo de la propuesta se utilizó el ecodesigner star como herramienta digital para la evaluar del comportamiento térmico en las aulas.

**Simulación del desempeño térmico en viviendas altoandinas sostenibles con climatización pasiva en la provincia de “El Collao”, 2016.**

**Investigación realizada en 2016 por el autor: Arturo Flores Condori de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno).**

En esta investigación el autor propone, la investigación, tuvo como objetivo determinar el desempeño térmico basado en método de balance de energía y lograr que la temperatura en el interior de la vivienda altoandina sea cálido y sostenible, mediante el uso del programa de simulación energético Energy Plus, haciendo énfasis en modelos matemáticos de la evaluación en los procesos de transferencia de calor. Una vivienda



sostenible es un sistema complejo que interactúa con el medio ambiente y es térmicamente dependiente de aspectos arquitectónicos (propiedades termofísicas y ópticas). Se realizó el análisis de la simulación del desempeño térmico de la vivienda altoandina sostenible propuesta, obteniendo la temperatura de la zona térmica en promedio mínimas y promedios máximos de 11°C y 17.7°C respectivamente, para una temperatura promedio mínima exterior de 2.23°C. Estos resultados contribuyen alcanzar un ambiente cálido en el interior de la vivienda, traduciéndose en una satisfacción y mejor calidad de vida saludable para el poblador rural altoandina.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

**Estudio comparativo de instalación de calefacción por radiadores y suelo radiante.**

**Investigación realizada en 2013 por: Laura Goldschmidt Alonso de la Universidad de Valladolid.**

En esta investigación el autor propone que el presente proyecto tiene como objeto definir las características técnicas y económicas que han de regir el desarrollo y puesta en marcha de la instalación de calefacción para un edificio destinado a vivienda unifamiliar. Se ha realizado el estudio de la instalación de calefacción tanto por radiadores como por suelo radiante, de tal forma que al final se realiza una comparativa, atendiendo tanto a aspectos técnicos como económicos, de las dos posibles soluciones diseñadas. Donde concluye en cuanto a la temperatura de trabajo del agua, en el sistema de calefacción por radiadores la temperatura a la que entra el agua en los emisores es de 80°C. Sin embargo, para el suelo radiante, la temperatura de trabajo del agua es de 46,89°C según cálculos. Esto hace que haya pérdidas de carga mayores en la instalación de calefacción por radiadores. También hace que se mejore el rendimiento de los equipos de generación en



el suelo radiante, lo que hace además que sea compatible con casi cualquier fuente energética, incluso con paneles solares térmicos.

**Diseño, construcción e instalación de un sistema de calefacción con energía solar.**

**Investigación realizada en 2012 por: los autores Rodríguez Calva Edwin Patricio Y Solís Córdova Fernando Daniel de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo (Ecuador).**

En esta investigación los autores proponen diseñar, construir e instalar un sistema de calefacción con energía solar. Se diseñó en base a una variante de la calefacción de un sistema por piso radiante, que consiste en instalar sobre un piso semi terminado un circuito de tuberías de cobre asentado sobre placas el aluminio, todo soportado sobre una capa de aislante térmico (espuma de poliuretano) para minimizar el flujo de calor hacia el suelo; la superficie emisora de calor colocada es de madera. Por la tubería circula agua caliente a temperaturas que oscilan entre 35 °C y 45°C. Mediante los diferentes mecanismos de transferencia de calor se eleva la temperatura de la superficie del piso hasta 27 °C y por consiguiente la del ambiente a 1,5 metros de altura se registra 20 °C, cuyas temperaturas mantienen las condiciones de confort térmico y con ello mejorar la calidad de vida de los usuarios.

**Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo.**

**Investigación realizada en 2012 por: Amangandi Aguilar Ángel Remigio de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo (Ecuador).**

En esta investigación el autor propone, Diseño de un Sistema de Climatización para el Refugio del Chimborazo, surge de la necesidad de brindar un ambiente de confort



a los turistas y deportistas que frecuentan los refugios del Chimborazo, para lo cual se ha decidido implementar un sistema de climatización que se convierta en una prioridad, debido a las condiciones climáticas que se tiene en las faldas del volcán Chimborazo, por su altitud y situación geográfica, posee bajas temperaturas inferiores a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con una humedad relativa promedio del 60%. Donde concluye que mediante el análisis en el diseño se observa que los sistemas de calefacción por radiadores, necesitan una temperatura media del agua de  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en los sistemas de calefacción por suelo radiante es suficiente una temperatura media del agua de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al trabajar con una temperatura de agua baja, se reducen las pérdidas de calor en las conducciones generales, tuberías que enlazan la fuente de calor con los circuitos, y se puede producir el agua caliente mediante cualquier fuente de calor (bomba de calor, calderas de alto rendimiento o paneles solares).

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Calor

Se denomina calor a la energía en tránsito que se reconoce solo cuando se cruza la frontera de un sistema termodinámico. Una vez dentro del sistema, o en los alrededores, si la transferencia es de adentro hacia afuera, el calor transferido se vuelve parte de la energía interna del sistema o de los alrededores, según su caso. El término calor, por tanto, se debe de entender como transferencia de calor y solo ocurre cuando hay diferencia de temperatura y en dirección de mayor a menor. De ello se deduce que no hay transferencia de calor entre dos sistemas que se encuentran a la misma temperatura. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

$$Q = C_e \times m \times \Delta T$$



DONDE:

$Q$  : Calor intercambiado (cal)

$m$  : Masa (kg)

$\Delta T$  : Variación de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

$C_e$  : Calor específico (cal/g  $^{\circ}\text{C}$ )

“Un cuerpo puede tener una mayor temperatura a nivel térmico, pero puede contener un menor contenido total de calor, a consecuencia que la cantidad de calor depende de la masa del cuerpo y de su temperatura. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

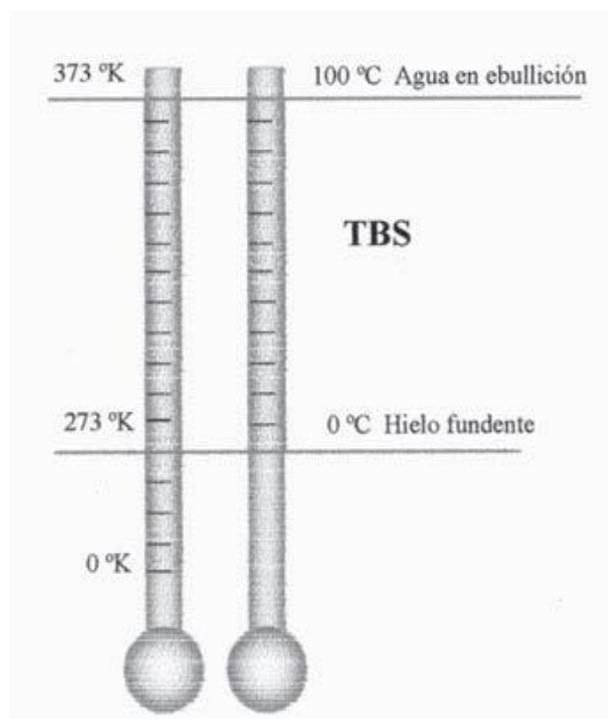
El calor puede cuantificarse entonces teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales: intensidad de calor y cantidad de calor. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

#### **2.2.1.1. Intensidad de calor – Temperatura**

Es una magnitud que depende del estado calorífico de los cuerpos. Diremos que cuando agregamos calor a un cuerpo, es decir, calentamos, aumentamos su temperatura y cuando le quitamos calor, es decir, enfriamos, disminuimos su temperatura. Salvo cuando el estado del cuerpo este en un equilibrio físico, en cual parte del calor absorbido o sustraído será utilizado para cambiar de estado, (Gaseoso-Líquido, Líquido-Sólido o Sólido-Gaseoso), producido dicho cambio recién se calentará o enfriará según corresponda. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

- **Centígrada o Celsius:** se toma como puntos de comparación la temperatura del hielo en estado de fusión en 0 °C y la del agua pura en ebullición en 100 °C, a presión atmosférica normal. La escala se divide en 100 partes, y su unidad se denomina grado centígrado y lo indicaremos °C. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)
- **Otra escala es la de temperatura absolutas en Kelvin,** (unidad base de temperatura para el Sistema Legal Argentino, SIMELA), que toma como punto inicial la mínima que se puede lograr en la naturaleza, que es de - 273,15 °C. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f))

$$T (^{\circ}\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273 \text{ }^{\circ}\text{C} - \text{En grados Kelvin}$$



**Figura N° 1:** Escala de temperaturas.

Fuente: (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, n.d.)



### 2.2.1.2. Cantidad de calor

La cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de la energía térmica de todas las moléculas que las componen, esta magnitud determina el contenido total de calor. (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

La cantidad de calor de un cuerpo quedara definida por el peso del mismo y de su temperatura. Para determinarla se establece una constante que es característica de las particularidades de cada cuerpo y que se denomina calor específico.” (Victorio, Díaz, Raúl, & Barreneche, s/f)

### 2.2.2. Calor Especifico

La capacidad calorífica específica, calor específico o capacidad térmica específica es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad; esta se mide en varias escalas. En general, el valor del calor específico depende del valor de la temperatura inicial. (Harman, 2010).

De forma análoga, se define la capacidad calorífica como la cantidad de calor que se debe suministrar a toda la masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). (Harman, 2010).

$$C_e = \frac{C}{m}$$

DONDE:

$C_e$  : Calor especifico (cal/g °C)

$C$  : Capacidad calorífica (cal/°C)



M : Masa (kg)

### 2.2.3. Capacidad Calorífica

La capacidad calorífica de una sustancia es una magnitud que indica la mayor o menor dificultad que presenta dicha sustancia para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. (Harman, 2010).

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

DONDE:

C : Capacidad calorífica (cal/°C)

Q : Calor (cal)

$\Delta T$  : Variación de temperatura (°C)

### 2.2.4. Confort Térmico

“el incremento del confort térmico es un proceso de largo plazo que felizmente ya ha sido tomado en cuenta en la nueva ley que declara de interés prioritario la aplicación del Bono Familiar Habitacional en el Área Rural, y eleva a rango de Ley el Decreto Supremo Nro. 008-2009-Vivienda. Este nuevo contexto propiciará la financiación de nuevos proyectos de construcción e investigación, orientados a brindar un mayor confort térmico en viviendas altoandinas. (Harman, 2010).

La sierra peruana es golpeada por una intensa ola de frío durante gran parte del año. Se estima que más de 6 millones de peruanos están sometidos a condiciones climáticas frías extremas en las zonas sur, centro y nororiente del país, específicamente los departamentos de Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco,



Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Moquegua, Pasco, Puno y Tacna. (Harman, 2010).

La población más vulnerable en estas condiciones son los niños y ancianos, ocasionando altos índices de mortandad, enfermedades respiratorias y desnutrición. Algunas de las causas de estos índices son la mala alimentación, carencia de viviendas adecuadas, vestimentas inadecuadas, falta de conocimiento en la población de conceptos isotérmicos, de ventilación y aprovechamiento de la energía solar, entre otros.” (Harman, 2010).

“la zona de confort térmico se encuentra entre 21°C a 27°C. Existen variaciones por la adaptación climática – una persona en la selva amazónica acepta con facilidad una temperatura de 28°C, lo que sería muy caliente para una persona de la zona andina alta. Una temperatura de 19°C es aceptable para personas climatizadas en las alturas de los andenes, pero para personas climatizadas a la selva baja ya sería frío. Temperaturas en torno de los 23°C son considerados agradables por la mayoría de personas, independientemente de su zona climática.” (Cutipa & Machaca, 2017).

“el impacto de las bajas temperaturas en la salud de las familias se debe principalmente a la prolongada exposición a temperaturas muy bajas, más que por su exposición a temperaturas extremas “pico” en la temporada de heladas (mayo a agosto). (Harman, 2010).

Una importante proporción de las pocas calorías que ingieren las personas vulnerables que viven en la zona altoandina expuesta a temperaturas frías, se va en mantener su temperatura corporal antes que, al desarrollo y crecimiento saludable, principalmente en el caso de niños pequeños. (Harman, 2010).



El mayor confort térmico asociado a viviendas saludables, integralmente acondicionadas, implica acciones intradomiciliarias paralelas y asociadas, que demandan capacitación interpersonal y acompañamiento para los siguientes temas, entre otros:

- Mejora de hábitos alimenticios: más proteínas y más micronutrientes a través de alimentos protectores como, por ejemplo, hortalizas, verduras y frutas.
- Uso de las cocinas mejoradas para disminuir los humos intradomiciliarios.
- Manejo de la ventilación de las viviendas.
- Prácticas de higiene, especialmente el lavado de manos. (Harman, 2010).

El mayor confort térmico asociado a una mejor calidad de vida tiene efectos positivos en la salud mental en las personas y coadyuva a mejores prácticas de emprendimiento y relacionamiento, así como una mayor autoestima para la familia.” (Harman, 2010).

### **2.2.5. Parámetros Del Confort Térmico**

“el confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 el confort térmico es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico. (INIA 2020, s/f)

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo. (INIA 2020, s/f).

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir cuando se alcanza el equilibrio térmico. (INIA 2020, s/f).



A continuación, exponemos algunos intervalos de valor de los parámetros de confort externos que interactúan entre sí para la consecución del confort térmico y que se encuentran representados en las Cartas Bioclimáticas: (INIA 2020, s/f)

Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 25 °C

Temperatura radiante media superficies del local: entre 18 y 25 °C

Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s

Humedad relativa: entre el 40 y el 65 % (Construible.es, s/f)

### 2.2.5.1. Temperatura del aire

Según (INIA 2020), “La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento. Esta energía interna se encuentra en equilibrio entre el sistema (plantas, animales, etc.) y el ambiente (aire).” (INIA 2020, s/f)

En la siguiente tabla 1 se puede apreciar el rango de temperaturas.

**Tabla N° 1:** Rango de las temperaturas de los locales a temperar

EDIFICACIÓN O LOCAL	TEMPERATURA DEL AMBIENTE INTERIOR (T) EN OC
<i>Vivienda</i>	18
<i>Locales de trabajo</i>	18 – 20
<i>Salas de exposiciones</i>	15 – 18
<i>Bibliotecas, archivos</i>	15 – 18
<i>Oficinas</i>	20
<i>Restaurantes</i>	20
<i>Cantinas</i>	18
<i>Grandes almacenes</i>	20
<i>Cines y teatros</i>	20

---

(Continuación...)

<i>Hospitales</i>	24
- <i>Salas de reconocimiento y de tratamiento</i>	20 – 22
- <i>Salas de hospitalización</i>	
<i>Cocinas</i>	20
<i>Tiendas</i>	20
<i>Escuelas</i>	25
- <i>Aula</i>	15 – 18
- <i>Gimnasios</i>	24
- <i>Piscinas de aprendizaje cubiertas</i>	
<i>Salas de actos</i>	20
<i>Salas de juntas</i>	18

---

Fuente: Tabla N° 17 anexo N° 4 del reglamento nacional de edificaciones.(Vivienda, 2014)

### **2.2.5.2. La velocidad del aire**

“la velocidad del aire es uno de los parámetros que se incluye en los cálculos de la sensación térmica. Se expresa en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros. (M. A. Gálvez Huerta, s/f)

En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativa alta. El movimiento del aire desplaza ese aire y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo. (M. A. Gálvez Huerta, s/f)

Es agradable la brisa en una situación de calor, puesto que mejora el enfriamiento del cuerpo; se admiten velocidades de hasta 1,50 m/s por poco tiempo. Cuando se trabaja, debe ser inferior a 0,55 m/s, porque se vuelan los papeles. (M. A. Gálvez Huerta, s/f)

El movimiento del aire es menos deseable cuando hace frío. Sin embargo, cuando el aire está inmóvil (velocidad igual a 0 m/s), la sensación es siempre desagradable, por



lo que cuando hace frío se estiman correctas velocidades comprendidas entre 0,10 y 0,15 m/s.” (M. A. Gálvez Huerta, s/f).

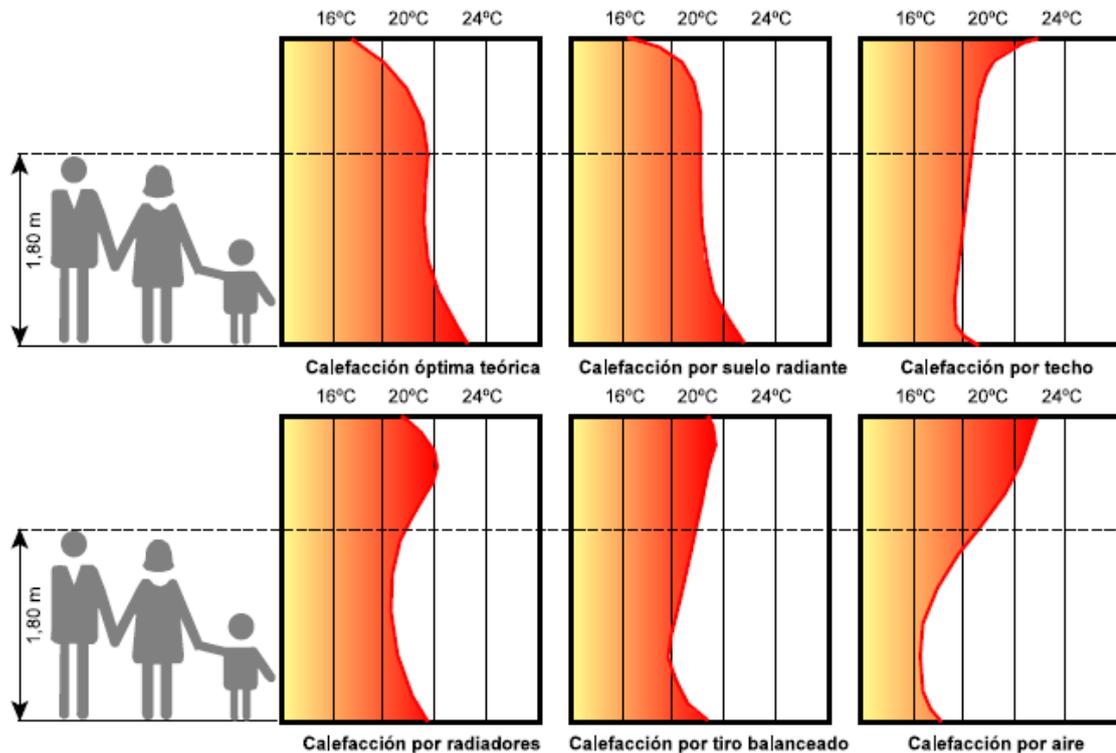
### **2.2.5.3. Humedad relativa**

“La humedad relativa (RH) es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente. Un parámetro relacionado es el del punto de rocío. (Himmelblau & Perry, R.H.; Green, s/f).

Con la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire, la tasa metabólica y el nivel de la ropa, la humedad relativa juega un papel en el confort térmico del ser humano. De acuerdo con la norma ASHRAE 55-2017: Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana, el confort térmico en interiores se puede lograr a través del método PMV con humedades relativas que varían de 0% a 100%, dependiendo de los niveles de los otros factores que contribuyen al confort térmico.<sup>4</sup> Sin embargo, el rango recomendado de humedad relativa interior en edificios con aire acondicionado es generalmente del 30-60%.” (Himmelblau & Perry, R.H.; Green, s/f).

### **2.2.5.4. Los Sistemas de Distribución del Calor Respecto del Confort.**

“El comportamiento de un sistema de distribución del calor respecto del confort higrotérmico responde a varios factores entre los que se destacan: la temperatura ambiente y la curva de distribución del calor, la temperatura media de radiación en el local, la velocidad del aire y la humedad relativa. Una óptima combinación de estos factores supone que el 95% de los individuos se encuentre en confort higrotérmico. (Gomez Calisto, 2012).



**Figura N° 2:** Distribución del calor para diferentes sistemas de calefacción.

Fuente: (Gomez Calisto, 2012)

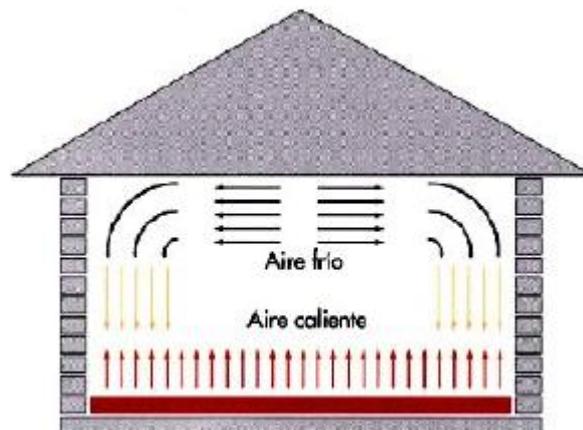
Respecto de la temperatura ambiente ya hemos tratado que normativamente con 18°C y un abrigo ligero nos encontraremos en confort o 20°C con ropa liviana. Pero hemos dicho poco sobre la distribución del calor ya que podremos tener a 1,5 m los 18°C, pero quizás nuestros pies deban soportar 15°C o menos y nuestras cabezas 23°C. De esta manera es importante conocer como responden los diversos sistemas a la homogénea distribución del calor en un ambiente o viceversa. (Gomez Calisto, 2012).

En primer término, es indispensable saber que es radiación y convección respecto de los sistemas de calefacción ambiental: (Gomez Calisto, 2012).

#### **2.2.5.5. Radiación**

Se debe a la propiedad que tienen los cuerpos y objetos de emitir y absorber calor. Un cuerpo a una temperatura  $T_c$  emite calor hacia otro a una temperatura  $T$  ( $T_c > T$ )

utilizando como soporte las ondas electromagnéticas. Por lo tanto, la radiación térmica se propaga a la velocidad de la luz y no necesita de un medio material para realizarlo. El flujo de calor emitido por radiación depende de las temperaturas absolutas del emisor, del receptor y no solamente de la diferencia de temperaturas entre emisor y receptor. En el caso de una terminal radiante como pisos, losas y techos radiantes, la emisión por radiación representa aproximadamente el 60% de la emisión total. El 40% restante se emite por convección. Los radiadores y similares solo emiten un 10% a 30% de su potencia calórica por radiación y el resto por convección. De allí su designación. (Gomez Calisto, 2012).



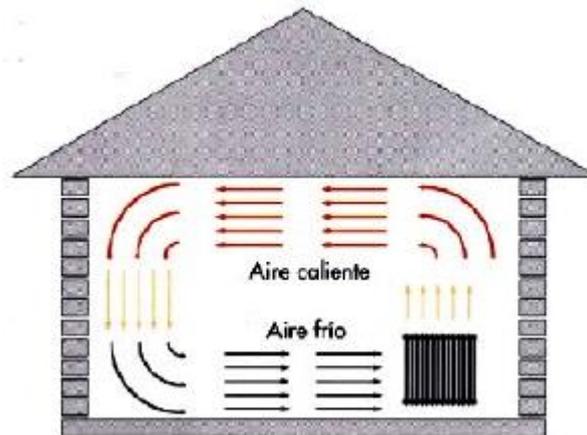
**Figura N° 3:** Sistema por radiación.

Fuente: (Gomez Calisto, 2012)

#### **2.2.5.6. Convección**

Todo fluido al recibir un aporte de calor produce una corriente o movimiento de sus moléculas. El fluido caliente, debido a su menor peso (pierde densidad) asciende, mientras el fluido frío desciende. Se producen así corrientes convectivas. Estas generan a través del espacio un transporte de calor y masa. El flujo de calor emitido por convección dependerá de: La diferencia de temperatura entre la superficie emisora y el receptor; y el

coeficiente de convección (que depende de las propiedades del fluido y de la naturaleza del movimiento de este alrededor de la superficie considerada).” (Gomez Calisto, 2012).



**Figura N° 4:** Sistema por convección

Fuente: (Gomez Calisto, 2012)

#### **2.2.6. Climatización**

“Básicamente, por Climatización se entiende la creación de condiciones adecuadas de temperatura y humedad para la comodidad de las personas y la conservación de las cosas. También pueden incluirse en esta definición los sistemas de control de la presión y limpieza del aire.” (planeta ahorro, s/f)

“El sistema de calefacción centralizada, sea por agua caliente o vapor, es indicado para edificios habitados durante el día o la mayor parte del día. Es decir, para instalaciones de funcionamiento continuo”. Por ejemplo: (Gomez Calisto, 2012).

edificios de departamentos, hospitales, oficinas de trabajo permanente.

Se pueden mencionar las siguientes ventajas: (Gomez Calisto, 2012).

- Proporciona un caldeo suave, agradable y uniforme.



- Es mínimo el enrarecimiento del aire debido a la tostación del polvo depositado sobre los calefactores, dado que la temperatura de éstos es menor de 90 °C.
- Funciona sin producir ruido alguno.
- Se puede lograr una buena regulación central, variando la temperatura del agua, pudiéndose acomodar perfectamente a las variaciones de la temperatura exterior.
- Duración considerable de las instalaciones. Por tratarse siempre de la misma agua que circula en los sistemas de calefacción, el contenido de sales y aire son mínimos, reduciéndose así casi totalmente el riesgo de la corrosión del material y la formación de depósitos incrustantes.
- Menor pérdida de calor por las cañerías, por ser las temperaturas de trabajo relativamente bajas.

Entre las desventajas se pueden mencionar: (Gomez Calisto, 2012).

- El peligro de la congelación del agua que llena las cañerías, radiadores, etc., en el caso de temperaturas exteriores muy bajas. Para evitar este fenómeno, que puede ocasionar la rotura de radiadores y cañerías, deben agregarse al agua productos que rebajen la temperatura de congelación del agua, o vaciarse la instalación cuando no se utiliza.
- Lentitud de puesta en régimen, lo que obliga a poner en funcionamiento la instalación con cierta anticipación en los casos de instalaciones por gravedad. Este defecto se atenúa notablemente utilizando bombas circuladoras.
- Sobrecalentamiento por el calor remanente en los radiadores al cesar la producción de calor, a causa del elevado calor específico del agua. Ello puede ser molesto, por ejemplo, en los locales expuestos a la radiación solar o en aquellos en que se reúnan muchas personas.



- Como la instalación está llena de agua, si se producen pérdidas se originan perjuicios en el edificio.

“Hay que señalar que el concepto de climatización va más allá de la refrigeración o la calefacción, entendiéndose estos últimos como procesos de control de temperatura únicamente. (Ramírez, 2015).

El concepto de bienestar al que se refiere dicha definición dependerá de tres factores: (Ramírez, 2015).

- **Factor humano:** la vestimenta, la actividad física o el tiempo de permanencia son factores que influyen en la comodidad térmica. Este factor no puede ser modificado, debiéndose adecuar la climatización de una estancia a su uso.
- **Aire:** es el medio con el que las personas y las cosas están en contacto y, por tanto, su temperatura, humedad, velocidad y pureza influirán en la climatización. De hecho, los sistemas de climatización están concebidos para controlar estos parámetros del aire.
- **Espacio:** otro factor muy importante es el calor que se proyecta hacia el espacio a climatizar. Para ello habrá que tener en cuenta la temperatura de las paredes, los techos y los suelos que rodean dicho espacio.

Estos tres factores son conceptos muy objetivos, ya que desde el punto de vista subjetivo la respuesta de cada persona puede ser muy variable, dependiendo de gustos, metabolismo, aclimatación o actividad física previa. (Ramírez, 2015).

Además de estos conceptos relacionados muy directamente con la climatización, existe una serie de parámetros más relacionados con la arquitectura, pero que influyen directamente en las condiciones ambientales: (Ramírez, 2015).



- **La temperatura exterior:** la envolvente del edificio o de la estancia a climatizar es conductora del calor, si bien puede aislarse.
- **La radiación solar:** cada vez es más usual el cristal en fachadas y muros, no solo en ventanas y puertas. La radiación solar sobre estas superficies puede ser favorable, en invierno, o desfavorable, en verano. Incluso en cerramientos opacos no acristalados esta radiación calentará la superficie exterior de la envolvente, transmitiendo calor al interior.
- **La ventilación:** el aire exterior puede modificar la temperatura interna del edificio o estancia, lo cual puede ser desfavorable para el sistema de climatización si la temperatura del aire exterior se aleja de la temperatura deseada en el interior.
- **La ocupación:** los edificios cada vez cuentan con un mayor número de ocupantes, cosa que no se ha de despreciar, ya que cada individuo genera entre 80 y 150 W de calor según la actividad realizada.
- **La electrónica:** en los edificios, cada vez se cuenta con mayor número de aparatos electrónicos, ya sean ordenadores, impresoras o electrodomésticos. Estos generan calor, lo cual es un hecho a tener en cuenta, sobre todo en edificios de oficinas.
- **La iluminación:** los equipos de iluminación son una importante fuente de calor, pudiéndose estimar que generan entre 15 y 25 W/m<sup>2</sup> iluminado. Esto puede actuar a favor o en contra del sistema de climatización.”

#### 2.2.6.1. Carga Térmica

El concepto de carga térmica está asociado a sistemas de climatización (calefacción y refrigeración), como a sistemas frigoríficos. Se trata de la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior



y del exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables posible. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas. (Ramírez, 2015).

#### **2.2.6.2. Ambiente no Climatizado**

Un ambiente no climatizado, se trata de un ambiente en donde la temperatura se adapta a la del ambiente, si hace calor el ambiente se encontrará caluroso, si hace frío el ambiente se encontrará helado; es decir que las temperaturas del exterior y del interior (ambiente) estarán en equilibrio. (Ramírez, 2015).

#### **2.2.6.3. Ambiente Climatizado**

Un ambiente climatizado, se refiere a un ambiente donde se la temperatura es la ideal convenientes para la salud y la comodidad de sus ocupantes. (Ramírez, 2015).

#### **2.2.7. Calefacción**

Es una necesidad de hombre de protegerse del frío o bajas temperatura en regiones donde la temperatura es demasiado baja o en lugares donde así lo necesiten. (Ramírez, 2015).

##### **2.2.7.1. Sistema de Calefacción**

“La regulación de las condiciones ambientales dentro de una vivienda, industria o Comercio, son procesos que implican sistemas de ventilación o calefacción. Un sistema de calefacción permite elevar la temperatura de determinado espacio en relación con la temperatura ambiental exterior para generar condiciones cómodas para la habitación de los seres humanos. Con este objetivo esencial de combatir

el frío y permitir un grado elevado de calidad de vida se han desarrollado diversos sistemas de calefacción. (EcuRed, s/f).

Al momento de adoptar entre los diferentes sistemas de calefacción existentes es fundamental considerar ciertas variables para que los mismos resulten eficientes. (EcuRed, s/f).

La zona geográfica donde está ubicada el espacio donde se va instalar el sistema de calefacción es la primera de las condiciones que se deben atender; si se halla en una zona climática fría se debe considerar la necesidad de un sistema de calefacción de flujo constante y en lo posible, con combustible de red o que cuente con depósitos. (EcuRed, s/f).

En caso de que el edificio se encuentre en zona anegada por nevadas o interrupciones de otro tipo. En cuanto a las zonas de temperatura moderada se pueden utilizar sistemas de calefacción básicos (incluso portátiles), con combustibles livianos.” (EcuRed, s/f)

### 2.2.7.2. Tipos De Calefacción

Estos son los tipos de calefacción que podemos encontrar:

**Tabla N° 2:** Tipos de calefacción

Sistemas de calefacción	Ventajas
<i>Emisores térmicos</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Reparte el calor gradualmente.</i></li><li>2. <i>Energéticamente eficiente.</i></li><li>3. <i>No emite humos ni gases.</i></li></ol>
<i>Calefacción de gas</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Muy habituales.</i></li><li>2. <i>Calientan con rapidez.</i></li><li>3. <i>Perfectos para lugares amplios.</i></li></ol>
<i>Calefacción de gasoil</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Independiente de redes de suministro.</i></li><li>2. <i>Calienta con rapidez.</i></li><li>3. <i>Eficiente energéticamente</i></li></ol>
<i>Estufas</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Varios tipos de combustible.</i></li><li>2. <i>Calienta espacios amplios.</i></li><li>3. <i>Combustión separada de la sala.</i></li></ol>

---

<i>Acumuladores</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Calefacción progresiva.</i></li><li>2. <i>No requiere obra.</i></li><li>3. <i>Ecológico.</i></li></ol>
<i>Caldera de gas</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Muy habitual.</i></li><li>2. <i>Velocidad de calefacción.</i></li><li>3. <i>Combustible barato.</i></li></ol>
<i>Suelo radiante</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Sensación agradable.</i></li><li>2. <i>Aprovechamiento de espacio.</i></li><li>3. <i>Eficiencia.</i></li></ol>
<i>Caldera biomasa</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Ecológico.</i></li><li>2. <i>Eficiente.</i></li><li>3. <i>Gran capacidad calorífica.</i></li></ol>
<i>Bomba de calor</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Eficiente.</i></li><li>2. <i>No emite gases ni humos.</i></li><li>3. <i>Seguro.</i></li></ol>
<i>Caldera eléctrica</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>No emite humos ni gases.</i></li><li>2. <i>No es necesaria obra de instalación.</i></li><li>3. <i>Ecológica.</i></li></ol>
<i>Radiadores</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Muy habitual.</i></li><li>2. <i>Sistema de calefacción gradual.</i></li><li>3. <i>Regulable.</i></li></ol>
<i>Calefacción por infrarrojos</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Se trata de una calefacción bastante agradable y que genera confort.</i></li><li>2. <i>Es uno de los sistemas de calefacción más seguros.</i></li><li>2. <i>Los expertos consideran que es uno de los sistemas más económicos del mercado.</i></li></ol>

---

Fuente: Tabla N° 1 HOGARSENSE. (HOGARSENSE, s/f)

### **2.2.8. Sistema De Calefacción Con Radiadores**

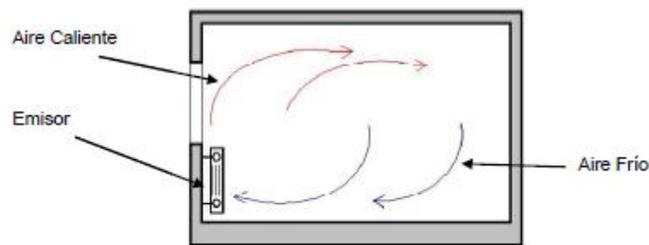
“El sistema de calefacción mediante radiadores es posiblemente el sistema más utilizado. ¿Quiere esto decir que sea el mejor? No necesariamente, pero es indudable que tiene algunas ventajas frente a otros sistemas.” (Asturias, 2016).

“El propósito de un sistema de calefacción es compensar y equilibrar las pérdidas de calor de los ocupantes del edificio. En el sistema de calefacción mediante radiadores, el agua caliente se desplaza por lo general a un máximo de 80° en la tubería de ida, mientras que la temperatura de retorno será entre 10° y 20° menor, dependiendo del tipo de instalación.” (AQUATECNIC, 2017).

### 2.2.9. Funcionamiento De Un Radiador

El sistema para calentar consiste en que a través de tuberías circula el agua a temperaturas muy altas bombeadas por una caldera o un sistema de calefacción. Al tener mayor superficie más potencia calorífica disponen los radiadores, pudiendo calentar una habitación o estancia. (AQUATECNIC, 2017).

El agua caliente pasa a través de tubos y llega hasta los radiadores, calentando la superficie de acero del radiador y desprendiendo el calor hacia la habitación. (AQUATECNIC, 2017).

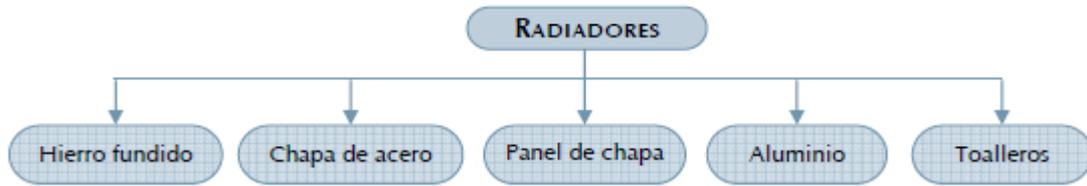


**Figura N° 5:** Funcionamiento de un radiador

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.2.10. Tipos De Radiadores

Si se va instalar o renovar el sistema de calefacción de una vivienda o un ambiente, se puede elegir entre varios tipos de radiadores. La diferencia puede parecer que esta en la forma del radiador, pero existen distintos tipos de materiales con los que son fabricados.” (AQUATECNIC, 2017).



**Figura N° 6:** Tipos de radiadores

Elaborado por el equipo de trabajo

### 2.2.10.1. Radiadores De Hierro Fundido

“Están constituidos por elementos que se unen entre si mediante manguitos de rosca derecha izquierda hasta conseguir la potencia calorífica necesaria.” (Generalidades, s/f).

“Este tipo de radiadores están tendiendo a desaparecer debido a su elevado precio. Están formados por hierro fundido y se pueden ver en algunos lugares que quieren conservar el aspecto retro que tienen. Son muy resistentes. (Generalidades, s/f).

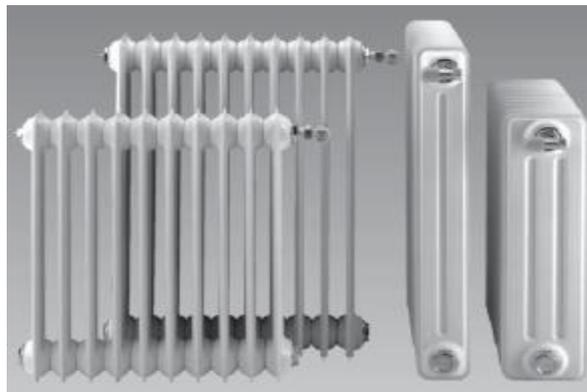


**Figura N° 7:** Radiadores De Hierro Fundido.

Fuente: (Generalidades, s/f).

### 2.2.10.2. Radiadores De Chapa De Acero

Estos tipos de radiadores se fabrican en chapa de acero estampado de poco espesor, su resistencia a la corrosión es menor que en los anteriores y por tanto su duración no es tan elevada, pero sin embargo son mucho más ligeros y poseen una inercia térmica más baja, es decir tardan menos tiempo en calentar que los de fundición, aunque también se enfrían más rápido. (Generalidades, s/f).

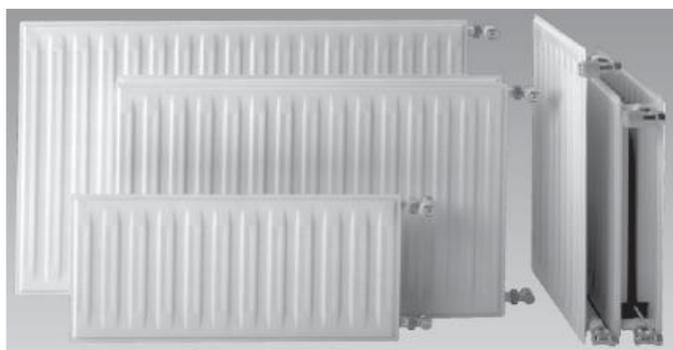


**Figura N° 8:** Radiadores De Chapa De Acero

Fuente: (Generalidades, s/f).

### 2.2.10.3. Radiadores De Paneles De Chapa

Estos radiadores están formados por paneles de chapa de acero soldadas, que al unirse forman unas columnas por la que circula agua. (Generalidades, s/f).



**Figura N° 9:** Radiadores De Paneles De Chapa

Fuente: (Generalidades, s/f)

#### 2.2.10.4. Radiadores De Aluminio

El aluminio ha sido el último material empleado en la construcción de radiadores; este tipo de radiadores tienen una gran ventaja sobre todos los anteriores por su ligereza, poseen poca inercia térmica consiguiendo la temperatura en un corto periodo de tiempo, trabajan por convección y radiación. (Generalidades, s/f).



**Figura N° 10:** Radiadores De Aluminio

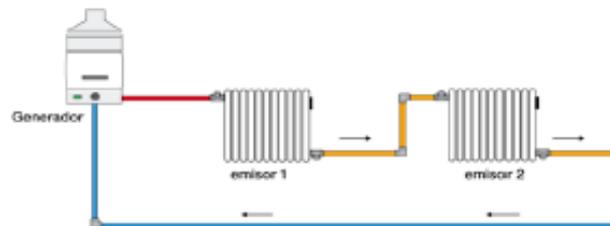
Fuente: (Generalidades, s/f).

#### 2.2.11. Sistema de Instalación de Radiadores

“Básicamente las configuraciones para las instalaciones de los radiadores de agua caliente se tienen de dos tipos: en serie y paralelo. (Cutipa & Machaca, 2017).

La instalación en serie como se observa en la figura, el agua ingresa al primer radiador por el extremo superior izquierdo y sale por el extremo inferior derecho, el cual se conecta al siguiente radiador por el extremo izquierdo superior y volviendo a salir por el extremo inferior derecho, lo mismo sucederá con el tercer radiador. Esta configuración tiene desventajas cuando se instalan más de tres radiadores. En esta configuración el agua caliente se disipa con gran potencia en el primer radiador en el ingreso y llegando agua tibia al último radiador, su eficiencia no es tan buena por lo tanto no es recomendable

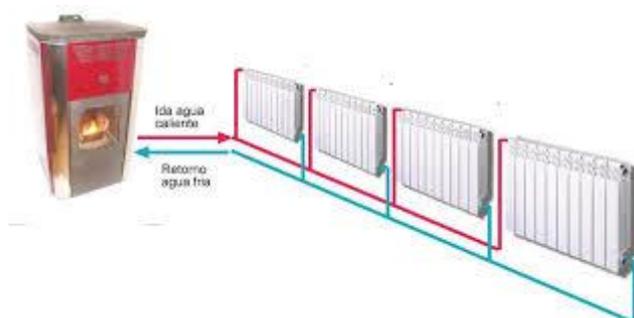
hacer este tipo de instalación para mayores de tres radiadores en serie. (Cutipa & Machaca, 2017).



**Figura N° 11:** Conexión en serie

Fuente: (Cutipa & Machaca, 2017)

La instalación en paralelo como se ve en la figura, tiene ventajas muy superiores a la anterior, porque el agua caliente se distribuye uniforme y simultáneamente a cada radiador con la misma temperatura, esto es conveniente porque los radiadores disipan por igual el calor. El ingreso del agua caliente es por el parte superior extremo izquierdo, ingresa el agua caliente para inundar todo el radiador en contra corriente del aire frío que siempre está presto en ganar calor y aumentar su temperatura para luego ascender por la diferencia de densidades, luego el agua al disipar su calor por ende baja la temperatura descende a la parte inferior saliendo por la parte inferior extremo derecho para luego dirigirse al circuito de recirculación.” (Cutipa & Machaca, 2017).



**Figura N° 12:** Conexión en paralelo

Fuente: (Cutipa & Machaca, 2017)



### **2.2.12. Sistema de Conexión Hidráulica**

Tan importante como seleccionar correctamente un radiador, en función de la potencia que debe de proporcionar, lo es su conexión hidráulica, montaje y ubicación.

*(Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f).*

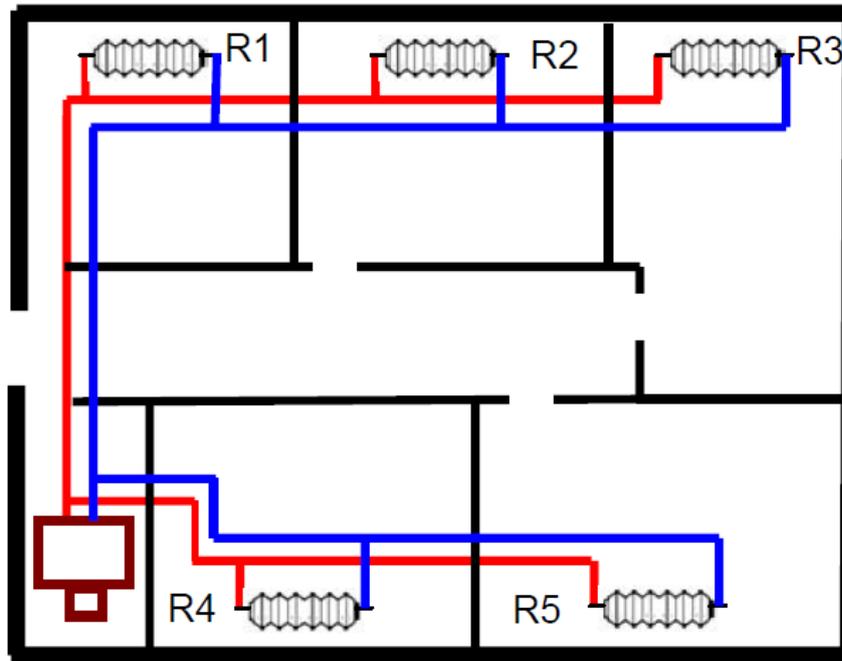
Existen dos formas de conectar hidráulicamente un radiador con el resto de la instalación: *(Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f).*

- Sistema Bitubo
- Sistema Monotubo

#### **2.2.12.1. Sistema Bitubo**

Con este sistema de conexión el agua que ha pasado por un radiador cediendo calor, no va hacia el siguiente, sino que retorna directamente a la caldera, obteniéndose así un calentamiento más rápido y uniforme que con el sistema monotubo, ya que el agua entra en todos los radiadores con una temperatura alta y similar. *(Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f).*

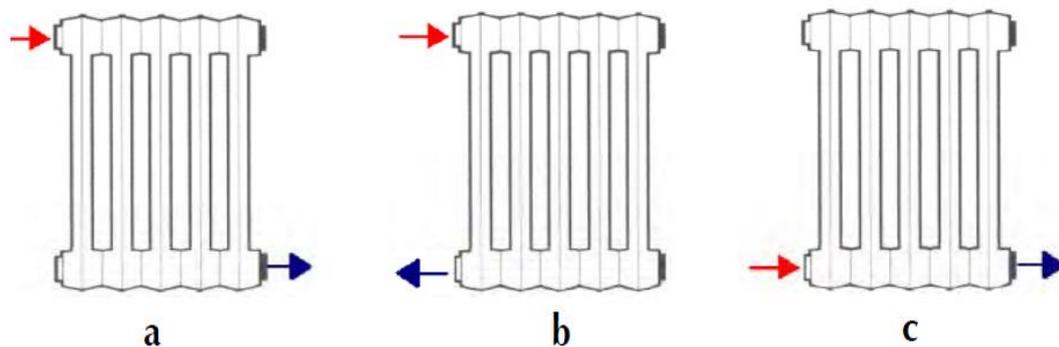
“La entrada de agua en el emisor se hace siempre por la parte superior, mientras que la salida se conecta por la inferior (en caso contrario el radiador emitiría menos potencia de la nominal), pudiéndose conectar ambos por el mismo o distinto lado. Hay que tener en cuenta que algunos paneles de chapa únicamente poseen dos tomas en el mismo lado, conectándose arriba la ida y abajo el retorno, igualmente los toalleros disponen sólo de dos tomas principales en la parte inferior conectándose indiferentemente ambos tubos.” *(Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f).*



**Figura N° 13:** Sistema Bitubo

Fuente: (Generalidades, s/f)

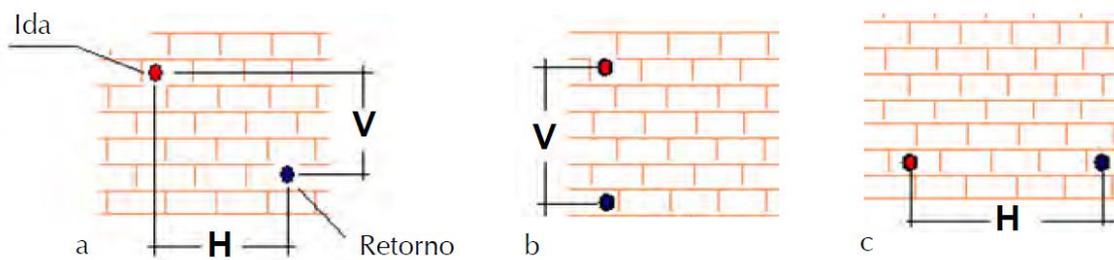
También se puede ver las distintas posibilidades de conexión hidráulica que existen para los distintos radiadores, siendo únicamente posible en el caso de los paneles de chapa la opción “b” y para los toalleros la “c”. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*).



**Figura N° 14:** Conexión

Fuente: (Generalidades, s/f)

El caso “a” es el mejor desde el punto de vista del rendimiento, lográndose de esta forma obtener la mayor potencia posible del radiador. El caso “b” ofrece un rendimiento ligeramente menor que el anterior, pero como se puede ver en la figura 15 presenta la ventaja de no tener que ajustar ninguna distancia horizontal (H) entre los tubos cuando éstos se colocan durante la obra, para que posteriormente el radiador se ajuste a su separación. Finalmente, el caso “c” aporta menos potencia que los anteriores, pero no es necesario tener en cuenta ninguna distancia vertical (V) entre tubos y además se consigue un ligero ahorro de tubo. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*).



**Figura N° 15:** Conexión

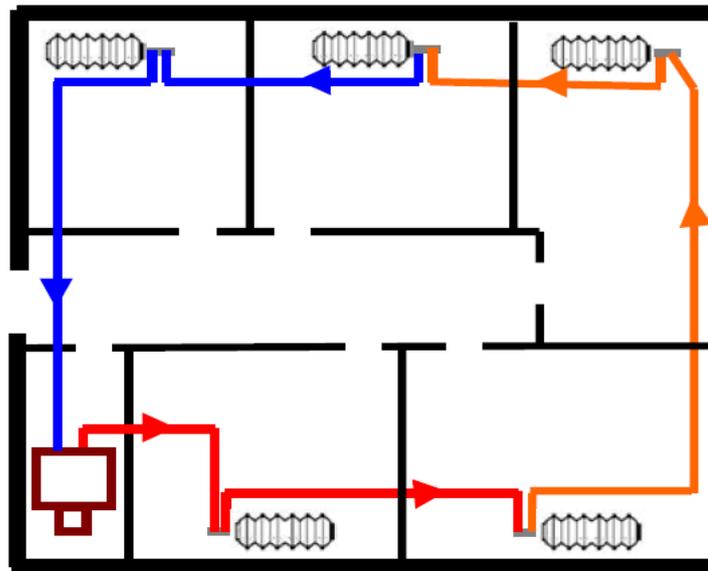
Fuente: (Generalidades, s/f)

#### 2.2.12.2. Sistema Monotubo

La ventaja de este sistema frente al anterior radica en el ahorro de tubo que se consigue al tener que llevar un solo tubo a cada radiador, siendo innecesario además el uso de tes y soldaduras. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*).

Como inconveniente destaca que el agua se va enfriando progresivamente según atraviesa los emisores (figura 16) y los que ocupan los últimos lugares deben sobredimensionarse para conseguir la potencia necesaria. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*).

Para evitar que a un radiador le llegue el agua tan fría que su rendimiento sea mínimo, no es aconsejable colocar más de seis radiadores en un anillo. Además, el cálculo que se debe realizar para seleccionar los radiadores se complica respecto al sistema Bitubo.” (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*)



**Figura N° 16:** Sistema monotubo

Fuente: (Generalidades, s/f)

### 2.2.13. Transferencia de Calor

Transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios. La parte de la física que estudia estos procesos se llama a su vez transferencia de calor p transmisión de calor o transferencia térmica. La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*)

Este proceso persiste hasta alcanzar el equilibrio térmico, es decir, hasta que las temperaturas sean iguales. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*)

Cuando existen temperaturas distintas entre dos o más objetos, la transferencia de calor no podrá ser detenida, solo se hará más lenta. (*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir, s/f*)

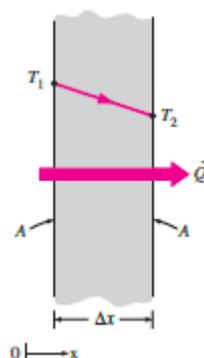
### 2.2.13.1. Mecanismos de Transferencia de Calor

“La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. (Yunus A., 2013).

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja.” (Yunus A., 2013).

### 2.2.13.2. Transferencia de Calor por Conducción

“Se llama conducción a la transferencia de calor mediante el contacto directo de las partículas de un material con las de otro, sin transferir materia entre los cuerpos. Ocurre en todos los estados de agregación: sólido, líquido o gaseoso, aunque en estos dos últimos suele preferirse la convección.” (Cengel, 2004).



**Figura N° 17:** Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor  $\Delta x$  y área  $A$



Fuente: Yunus Cengel

“La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica. La propiedad inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.” (Cengel, 2004).

Ley de Fourier de la conducción de calor

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Luego

$$Q = \frac{kA}{x} (T_1 - T_2)$$

Donde:

Q : Flujo de calor (W)

k : Es la conductividad térmica. (W/m°C)

A : Es el área de la superficie de contacto. (m<sup>2</sup>)

x : Es el espesor del material. (m)

(T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>) : Es la diferencia de temperatura entre el foco caliente y el frío (°C)

“La cantidad de calor que se transfiere mediante la conducción está determinada por la ley de Fourier, según la cual la velocidad de transferencia del calor a través de un cuerpo es proporcional al gradiente de temperaturas que existe en el mismo. (Cengel, 2004).

La experiencia ha demostrado que cuando un gradiente de temperatura en un cuerpo, hay una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de la baja temperatura.” (Cengel, 2004).

### 2.2.13.2.1. Resistencia Térmica

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo de temperatura. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica. (Cengel, 2004).

$$R_t = \frac{e}{kA}$$

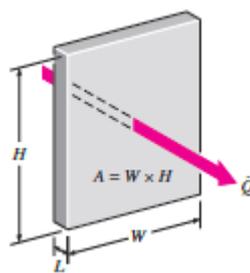
Donde

$R_t$ : Resistencia térmica

$e$ : Espesor del material

$k$ : Conductividad térmica

$A$ : Área



**Figura N° 18:** Conducción de calor

Fuente: Yunus Cengel



### 2.2.13.2.2. Conductividad Térmica

Se ha visto que los diferentes materiales almacenan calor en forma diferente y se ha definido la propiedad de calor específico  $C_p$  como una medida de la capacidad de un material para almacenar energía térmica. (Cengel, 2004).

**Tabla N° 3:** Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente

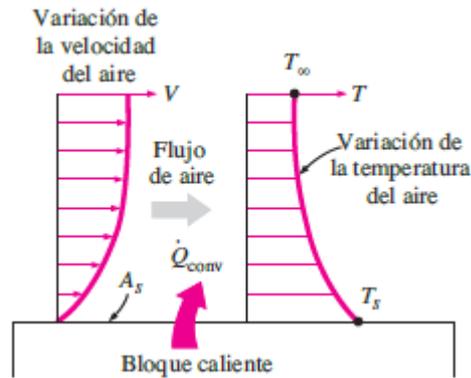
MATERIAL	$K = W/m \text{ } ^\circ C$
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

Fuente:(Yunus A., 2013)

### 2.2.13.3. Transferencia de Calor por Convección

La transferencia de calor por convección es semejante a la conducción, excepto que ocurre en los casos en que el fluido recibe calor y se mueve para transmitirlo dentro de un espacio donde este contenido es decir se trata del transporte de calor por medio del movimiento de un fluido, sea este gaseoso o fluido. (Cengel, 2004).

La convección es transferencia de calor por movimiento de una masa de fluido de una región del espacio a otra. Como ejemplos conocidos tenemos los sistemas de calefacción domésticos de aire caliente y de agua caliente. (Cengel, 2004).



**Figura N° 19:** Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección

Fuente: Yunus Cengel

### 2.2.13.3.1. Ley de Enfriamiento de Newton

La ley de enfriamiento de Newton o enfriamiento newtoniano establece que la tasa de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus alrededores. (Cengel, 2004).

$$Q_{conv} = h_c A_s (T_s - T_{f,\infty})$$

$$Q_{conv} = \frac{T_s - T_{f,\infty}}{R_{conv}}$$

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c A_s}$$

Donde:

$Q_{conv}$  : Calor por convección

$h_c$  : Coeficiente de transferencia de calor por convección.

$A_s$  : Área de la superficie.

$(T_s - T_{f,\infty})$  : Diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido.

$R_{conv}$  : Resistencia térmica por convección

“El coeficiente de transferencia de calor por convección  $h$  no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo. En la tabla 1 se dan valores típicos de  $h$ .” (Cengel, 2004).

#### 2.2.13.3.2. Resistencia Térmica por Convección

**Tabla N° 4:** Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

TIPO DE CONVECCIÓN	$h = \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
<i>Convección libre de gases</i>	2 – 5
<i>Convección libre de líquidos</i>	10 – 1 000
<i>Convección forzada de gases</i>	25 – 250
<i>Convección forzada de líquidos</i>	50 – 20 000
<i>Ebullición y condensación</i>	2 500 – 100 000

Fuente: Transferencia de calor y masa Yunus A. Cengel

#### 2.2.13.4. Transferencia de Calor por Radiación

De acuerdo al autor (Nick Connor.), “La radiación es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas como la luz visible, el infrarrojo y la radiación ultravioleta.

Todo cuerpo, aun a temperaturas ordinarias, emite en forma de radiación electromagnética. A temperaturas ordinarias, digamos  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , casi toda la energía se transporta en ondas de infrarrojo con longitudes de onda mucho mayores de las de la luz visible. Al aumentar la temperatura, las longitudes de onda se desplazan hacia valores mucho menores.



Como se escribió, la ley de Stefan-Boltzmann da la intensidad radiante de un solo objeto. Pero usando la ley de Stefan-Boltzmann, también podemos determinar la transferencia de calor por radiación entre dos objetos. Dos cuerpos que se irradian entre sí tienen un flujo de calor neto entre ellos. El flujo neto de calor entre ellos viene dado por:” (Nick Connor, 2019)

$$Q_{rad} = \varepsilon\sigma A_s(T_s^4 - T_{alred}^4)$$

Donde:

$Q_{rad}$	: Calor transferido por radiación
$\varepsilon$	: Emisividad
$\sigma$	: Constante de Stefan-Boltzmann
$A_s$	: Área superficial
$T_s^4 - T_{alred}^4$	: Variación de temperatura

“En donde  $\varepsilon$  es la emisividad de la superficie. La emisividad cuyo valor está en el intervalo  $0 < \varepsilon < 1$ , es una medida de cuán próxima está una superficie de ser un cuerpo negro, para el cual  $\varepsilon = 1$ .”(Yunus A., 2013)

“Donde  $\sigma$  es una constante física fundamental llamada constante de Stefan-Boltzmann, que es igual a  $5.6697 * 10^{-8} W/m^2K^4$ . La constante de Stefan-Boltzmann lleva el nombre de Josef Stefan (quien descubrió la ley de Stefan-Boltzman experimentalmente en 1879) y Ludwig Boltzmann (que la derivó teóricamente poco después). Como se puede ver, la transferencia de calor por radiación es importante a temperaturas muy altas y en el vacío.” (Nick Connor, 2019)



#### **2.2.14. Necesidades Caloríficas de una Vivienda**

Para efectuar el cálculo de las necesidades caloríficas de una vivienda, primeramente, debemos de determinar las pérdidas de calor por transmisión en paredes, ventanas, suelo, techo, puertas y las pérdidas por infiltraciones de aire para cada uno de los locales que componen la vivienda. Además, deberá añadirse unos suplementos por orientación norte, intermitencia y por dos o más paredes al exterior. Para facilitar y determinar, de un modo rápido y aproximado, la potencia calorífica de una vivienda, puede utilizarse el siguiente método.

#### **2.3. Definición de automatización**

“La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. (Martinez, 2002).

Un sistema automatizado consta de dos partes principales: (Martinez, 2002).

- Parte de operativa
- Parte mando

##### **2.3.1. La parte operativa**

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, transductores.



### **2.3.1.1. Detectores y Captadores**

Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

- La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- El estado físico de sus componentes.

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

- Transductores todo o nada: Suministran una señal binaria claramente diferenciada. Los finales de carrera son transductores de este tipo.
- Transductores numéricos: Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.
- Transductores analógicos: Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

Algunos de los transductores más utilizados son: fotoceldas, botones, encoders, etc.

### **2.3.1.2. Accionadores y Preaccionadores**

El accionador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.



Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra de más utilidad para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los más utilizados en la industria son: cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Los accionadores son controlados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta preamplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador.

Los preaccionadores disponen de: parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

### **2.3.2. La Parte de mando**

La parte de mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relevadores electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos que lo constituyen.



### **2.3.2.1. Tecnologías cableadas**

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- Relevadores electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas electrónicas.

### **2.3.2.2. Tecnologías programadas**

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas en la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

- Las computadoras.
- Los autómatas programables.

La computadora, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.



Un autómatas programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos de la computadora. (Martinez, 2002)

### 2.3.3. Definición de PLC

“Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es: (UNED, 2011a).

*“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.* (UNED, 2011a).

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada

dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado. (UNED, 2011a).

### 2.3.4. Tipos de PLCs

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de I/O, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías: (UNED, 2011a).

#### 2.3.4.1. PLC compactos

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/Ss digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/Ss analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de una PLC compacta individual se incrementa (además) los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLCs de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés. (UNED, 2011a).



**Figura N° 20:** Ejemplos de PLCs compactos. Festo FEC FC660 PLC (a la izquierda), Siemens Logo (en el medio) y S7-200 PLC (a la derecha)

Fuente: (UNED, 2011)

#### 2.3.4.2. PLC modular

Es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero, en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web, etc. (UNED, 2011a).



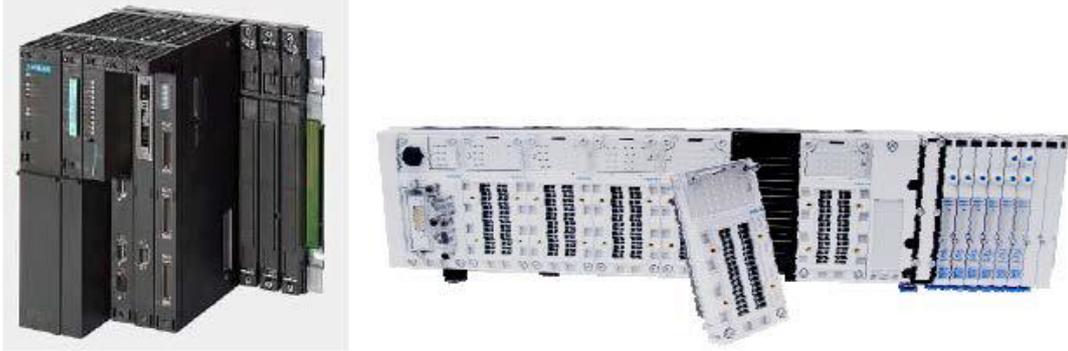
**Figura N° 21:** Ejemplos de PLCs modulares. Siemens S7-300 PLC (en la parte izquierda) y Allen-Bradley Compact Logix PLC (en la parte derecha)

Fuente: (UNED, 2011)

#### 2.3.4.3. PLC de tipo montaje en rack

Son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con

una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor. (UNED, 2011a).



**Figura N° 22:** Ejemplos de PLCs de tipo montaje en rack. Siemens S7-400 PLC (en la parte izquierda) y Festo CPX PLC (en la parte derecha)

Fuente: (UNED, 2011)

#### **2.3.4.4. PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)**

Posee una interfaz HIM para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema.” (UNED, 2011a).



**Figura N° 23:** Ejemplo de un OPLC Unitronics M-90

Fuente: (UNED, 2011)

#### **2.3.4.5. Otros tipos de PLC**

- Con ordenador industrial (PC industrial).
- PLC de tipo de ranura.
- PLC de tipo software.

#### **2.3.5. Composición del software de los PLCs.**

“(El software de un (Programmable Logic Controller), se compone principalmente de: (UNED, 2011a).

- Un sistema operativo
- Un entorno de programación que puede soportar uno o más lenguajes de programación.

Además, existen una serie de componentes adicionales para el software de estos dispositivos como pueden ser aquellos programas utilizados para diagnosticar y encontrar fallos, los que permiten la visualización de los resultados o la comunicación entre diversos



dispositivos. Muy a menudo, este tipo de programas forma parte del sistema operativo. (UNED, 2011a).

El sistema operativo puede ser de tipo de convencional, como un PLC basado en un PLC (ej. Windows, Linux, Mac OS). (UNED, 2011a).

### **2.3.6. Lenguajes De Programación**

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como puede ser un ordenador. (UNED, 2011a).

En resumen, los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales (SFC, FBD y LAD) admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Sin embargo, los escritos (ST e IL o STL) son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar. Los programadores de PLC poseen formación en múltiples disciplinas y esto determina que exista diversidad de lenguajes. Los programadores de aplicaciones familiarizados con el área industrial prefieren lenguajes visuales, por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática optan, inicialmente por los lenguajes escritos. A continuación, se expondrán las características y funciones más básicas de este tipo de lenguajes, así como un extracto representativo de cada uno de ellos.” (UNED, 2011b)

Así se definieron los siguientes cinco lenguajes: (UNED, 2011a).

- Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC) – un lenguaje de bloques de funciones secuenciales.



- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD) – un lenguaje de diagramas de bloques secuenciales.
- Diagramas de Tipo Escalera (LAD) – un lenguaje de diagramas de relés (denominado de tipo escalera).
- Texto Estructurado (ST) – un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal).
- Lista de instrucciones (IL o STL) – lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

El enfoque de la presente investigación es de tipo experimental aplicativo, porque se realizará la recolección de datos reales de las temperaturas en los tres radiadores instalados, tanque térmico y en el ambiente, los alcances de la investigación a desarrollarse serán descriptivo y aplicativo, porque se quiere hallar y hacer un análisis del funcionamiento del sistema de calefacción y a su vez calcular si eficiencia.

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

Para realizar el diseño de un sistema de calefacción eficiente con radiadores de aluminio implantado en el laboratorio de control y automatización EPIME mediante el método planteado se desarrolló los siguientes pasos:

Primero: realizaremos la evaluación de las condiciones de temperatura interior y exterior, evaluación del sistema de calefacción que consiste en ubicación, condiciones climatológicas y materiales con los que está construido el ambiente.

Segundo: desarrollaremos el cálculo de la carga térmica, cálculo de la transferencia de calor.

Tercero: desarrollaremos el cálculo y selección de radiadores, selección de tuberías, cálculo de cantidad de agua requerido, tratamiento de agua, selección de la electrobomba y cálculo del caudal.



Cuarto: realizaremos los planos del diseño y la implementación del sistema de calefacción con los radiadores seleccionados, las tuberías, tanque térmico, resistencia eléctrica y la electrobomba.

Quinto: instalaremos el módulo de PLC, los radiadores, las tuberías, los accesorios necesarios, los sensores de temperatura, la electrobomba, la resistencia eléctrica, realizamos las conexiones de los sensores, la resistencia eléctrica, sensores de nivel, válvulas senoidales, electrobomba, variador de velocidad, contactor, termomagnéticos y los módulos para medir la temperatura al PLC.

Sexto: realizaremos la toma de datos de las temperaturas de cada radiador individual, conjuntamente y del ambiente a implementarse.

Finalmente, con la obtención de los datos validaremos la hipótesis planteada.

### **3.2. Ubicación y Descripción del Ambiente de Estudio**

El ámbito de estudio en donde se realizará e implementara el prototipo experimental y también donde se desarrollarán las pruebas se ubica en:

Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Puno

Lugar: Laboratorio de Control y Automatización de la Escuela

Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica UNA – PUNO.

#### **3.2.1. Coordenadas Geográficas:**

Latitud: 15°49'28.00'' Sur

Longitud: 70°01'06.28" Oeste

Altitud: 3800 m.s.n.m.



**Figura N° 24:** Mapa de la región

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Los datos recolectados en el laboratorio de control y automatización serán tomadas mediante sensores de temperatura los cuales estarán instalados en el módulo de PLC y programado para la recolección de datos automáticamente una vez puesto en marcha el sistema de calefacción.

#### 3.3.1. Procedimiento de Recolección de Datos

Para el desarrollo se seguirá los siguientes pasos:

- Se buscará información de los tipos de radiadores y de su funcionamiento, implementación del sistema de calefacción, materiales y costos. Tesis relacionadas, artículos, revistas u otros.



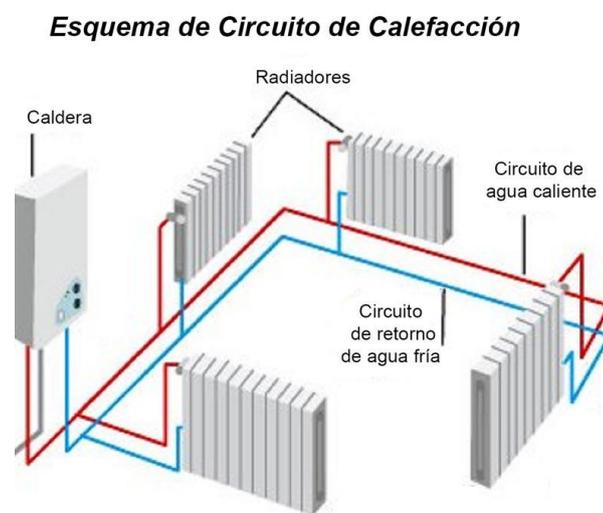
- Se adquirirá los materiales y equipos necesarios para la implementación de los equipos.
- Diseño del módulo experimental de calefacción por radiadores.
- Se realiza el montaje del módulo experimental.
- Para la obtención y recolección de datos se utilizará el software SoMachine V4.3, el cual estará programado con el lenguaje ladder para controlar la resistencia eléctrica, electrobomba, válvulas senoidales, módulo de PLC y sensores de temperatura instalados en el ambiente, cuando se encienda el módulo de PLC automáticamente la resistencia recibirá la señal que el agua está a menos de 57 °C y empezará a calentar el agua en el tanque térmico hasta los 60 °C, una vez llegado a esta temperatura la electrobomba recibirá la señal de impulsar el agua caliente hacia los radiadores y estos emitirán calor hacia el ambiente, el agua con menor temperatura a lo que ingreso al radiador retornara hacia el tanque térmico, provocando que baje la temperatura del tanque, para mantener la temperatura del agua en el tanque térmico la resistencia volverá a encenderse cada vez que registre la temperatura menor a los 57 °C.
- Luego se procedió a la recolección de datos basado en realizar mediciones de temperatura interior, así como también temperaturas de salida de cada radiador, tanque térmico y en el ambiente.
- Para la obtención de los datos de la medición se utilizará el software SoMachine V4.3, el cual estará programado con el lenguaje ladder para obtener los datos correspondientes y realizar el análisis correspondiente.

### 3.3.2. Procedimiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizarán estudios similares realizados, también de diferentes fórmulas establecidas en los textos que se describen en la bibliografía.

### 3.4. Equipos, Materiales e Instrumentos Utilizados

#### 3.4.1. Diagrama de Instalación



**Figura N° 25:** Esquema de circuito de calefacción

Elaborado por el equipo de trabajo

El funcionamiento del sistema de calefacción iniciara encendiendo el módulo de PLC donde automáticamente mandara la señal a la resistencia para el calentamiento del agua en el tanque térmico, una vez llegado a una temperatura de 60°, la electrobomba recibirá la señal de impulsar el agua caliente hacia las tuberías e ingresar a los radiadores, luego de transferir calor hacía en ambiente, seguidamente el agua sale de los radiadores a una temperatura menor a la que ingreso para retornar por las tuberías de agua fría y llegar al tanque térmico para que pueda ser calentada nuevamente.



Todo este procedimiento será controlado por medio del software PLC Schneider Electric, el cual controlará la temperatura en el tanque térmico, el encendido y apagado de la electrobomba con la variación de la temperatura, encendido y apagado de la resistencia eléctrica y la recolección de datos temperatura en los radiadores y el ambiente mediante sensores de temperatura.

El procedimiento y la programación del sistema de calefacción mediante el módulo de PLC se ve reflejado en **ANEXO B**.

### **3.4.2. Materiales y Equipos**

#### **3.4.2.1. Materiales**

Para el diseño de un sistema de calefacción son importantes algunos materiales que se mencionaran a continuación, para que este prototipo pueda funcionar.

#### **3.4.2.2. Radiador de Aluminio**

Es un elemento que proporciona una calefacción de forma casi instantánea, esto es debido a que el interior de su cuerpo está elaborado de aluminio, teniendo un diseño que permite una mayor transferencia y distribución del calor en los diferentes espacios.

Además, cuenta con una altura desde los 300mm y una potencia que va desde los 80 vatios, permitiendo ofrecer una alta calidad y resistencia, perfecta para cualquier tipo de instalación. Es decir, que gracias a su exclusivo diseño y su perfecto acabado en los detalles, nos permite obtener una estabilidad exclusiva de este sistema.

El radiador más común, debido a su reducido coste y poco peso, es el de aluminio. También existen radiadores de hierro fundido, que tienen un rendimiento mayor pero que

son menos habituales porque son más caros, más pesados y eso hace que su instalación sea menos cómoda.

#### **3.4.2.2.1. Características**

Fabricantes:	Ferrolli, Baxi Y Global Radiatori
Modelos:	Xian N, Europa C, Dubal, Oscar
Tamaños:	30, 45, 60, 70, 80



**Figura N° 26:** Radiador de aluminio  
Elaborado por el equipo de trabajo

#### **3.4.2.3. Tuberías para Agua**

Destinado a instalaciones de fontanería de todo tipo, estos tubos de PVC se convierten en uno de los mejores materiales para la instalación de agua. En distintos diámetros y longitudes

##### **3.4.2.3.1. Características**

Tipo de tubería:	Tubo de PVC para agua fría.
Longitud de tubería 1/2:	15 metros, espesor de (e=0.7mm)
Aplicaciones:	instalaciones de agua



**Figura N° 27:** Tubo PVC para agua fría de ½”

Elaborado por el equipo de trabajo

Tipo de tubería:	Tubo Hidro para agua caliente.
Longitud de tubería 1/2:	15 metros, espesor de (e=0.7mm)
Aplicaciones:	instalaciones de agua



**Figura N° 28:** Tubo PVC Hidro para agua caliente ½”

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.4.2.4. Tanque Térmico para Agua

Almacena agua en las mejores condiciones para ser utilizado y satisfacer necesidades hidráulicas. Estas son de forma cilíndrica y se diseñan de manera vertical u horizontal.

Este tanque térmico será utilizado para calentar agua mediante resistencias.

#### **3.4.2.4.1. Características**

Capacidad: 60 litros

Material: PVC



**Figura N° 29:** Tanque Térmico para agua de 60 litros

Elaborado por el equipo de trabajo

#### **3.4.2.5. Electrobomba**

Las electrobombas son un tipo de bombas hidráulicas que se caracterizan por ser accionadas a través de un motor eléctrico.

Las electrobombas funcionan de manera sencilla generando un vacío que posibilita succionar el agua de una fuente o suministro para luego impulsarla.

##### **3.4.2.5.1. Características**

Potencia: 0.5 HP

Modelo: Centrifuga

Voltaje: 380/220 V

Caudal máximo 90 L/min



**Figura N° 30:** Bomba de 0.5 HP

Elaborado por el equipo de trabajo

#### **3.4.2.6. Accesorios para Tuberías de Agua**

Los accesorios son para ser unidos a la tubería de tipos roscas al exterior o al interior con el fin de permitir la transición a otro tipo de tubería.

Hay distintos tipos de accesorios los cuales son los siguientes:

- Te (T): Accesorio en forma de T que permite realizar una conexión a tres bandas.
- Ye (Y): Accesorio con forma de Y, para unir tres pasos.
- Codo: Accesorio de tubería que tiene una curva a 90° grados, empleada para desviar la dirección recta de la misma.
- Expansiones/Reducciones: Accesorio de forma cónica que permiten aumentar o disminuir el diámetro de las tuberías según las necesidades de cada tramo.
- Uniones: Es un accesorio que permite unir tuberías que no alcanzan la distancia requerida.

### **3.4.2.7. Equipos**

#### **3.4.2.7.1. Sensor de Temperatura PT-100**

El PT100 es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia. Aparte de la forma de montaje, son sus características las que básicamente determinan las propiedades técnicas de medida del sensor.



**Figura N° 31:** Sensor de temperatura PT-100

Elaborado por el equipo de trabajo

#### **3.4.2.7.2. Válvula Celenoide De 3/4 – 220 VAC**

La válvula solenoide eléctrica sólida normalmente cerrada (N/C) está construida con un cuerpo de latón duradero, conexiones de rosca hembra de 0.7 in (3/4") (NPT) y junta Viton resistente al calor y al aceite. Adecuado para uso con agua caliente o fría, gas, aire, líquidos de muy baja viscosidad (< 20 cst), aceites e hidrocarburos, gasolina, queroseno o combustible diésel.



**Figura N° 32:** Válvula Celenoide De 3/4 – 220 VAC

Elaborado por el equipo de trabajo

#### **3.4.2.7.3. Controlador Lógico Programable (PLC)**

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electropneumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción, así como atracciones mecánicas.

El autómata programable o PLC recibe información de los sensores o dispositivos de entrada conectados, procesa los datos y activa las salidas basándose en parámetros programados.

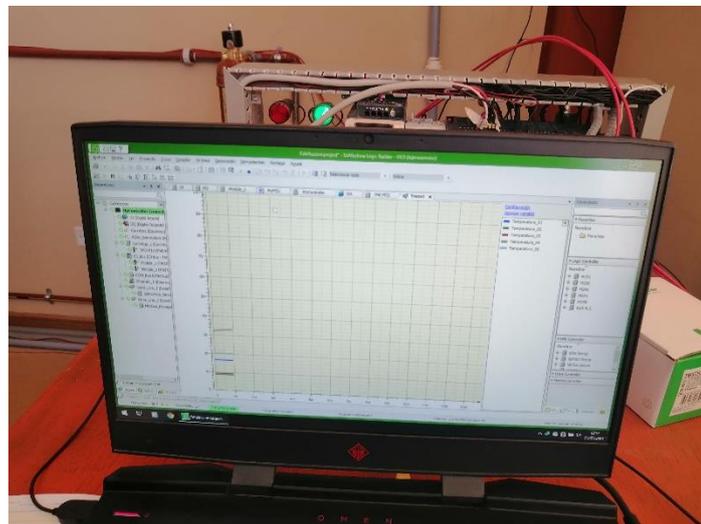


**Figura N° 33:** Controlador Lógico Programable (PLC) Schneider Electric

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.4.2.7.4. Laptop

Equipo para monitorear el sistema de calefacción mediante el software PLC Schneider Electric y recolección de datos, con sistema Windows 10 Core i7, marca HP Pavilion.



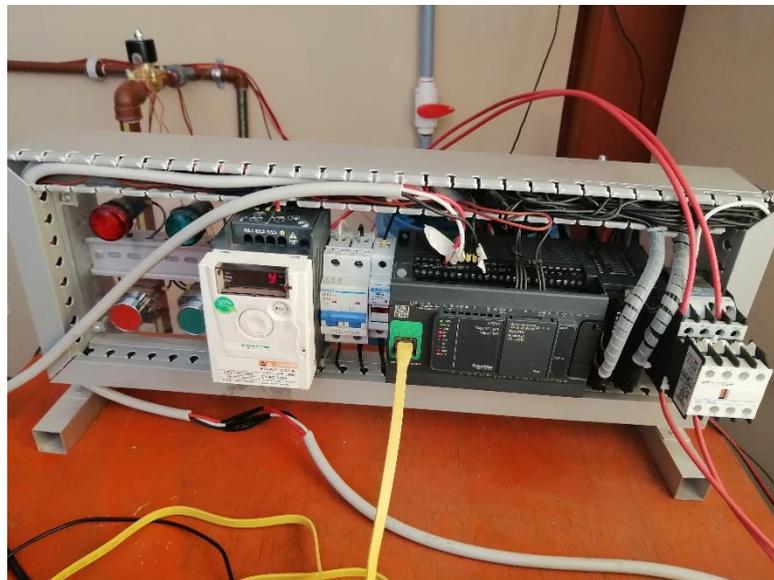
**Figura N° 34:** Laptop HP Core i7

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.4.2.7.5. Módulo de PLC con sus accesorios

Este módulo es el controlador de todo el sistema calefacción donde se tiene instalado todos los componentes necesarios que de detallas a continuación.

- Variador de velocidad.
- Temporizador
- Termomagnético de 40 A
- Termomagnético diferencial de 32 A
- Contactor
- Módulos de entradas analógicas
- Cables
- Pulsadores
- Otros



**Figura N° 35:** Modulo de PLC

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.4.3. Condiciones de Temperatura Interior y Exterior

#### 3.4.3.1. Temperatura Exterior

Como condiciones de temperatura exterior mínima y máxima se recurre y se tomaran en cuenta del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

**Tabla N° 5:** Tabla De Temperatura

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Precipitación (Lluvia) MI.
<i>Enero</i>	15.5	5.6	174
<i>Febrero</i>	15.3	5.4	149
<i>Marzo</i>	15.2	5.2	131
<i>Abril</i>	15.3	3.7	59
<i>Mayo</i>	14.9	0.8	9
<i>Junio</i>	14	-0.9	6
<i>Julio</i>	<b>14.1</b>	<b>-1.3</b>	<b>3</b>
<i>Agosto</i>	14.9	0	12
<i>Setiembre</i>	15.9	1.7	23
<i>Octubre</i>	16.5	3.4	53
<i>Noviembre</i>	16.8	4.3	54
<i>Diciembre</i>	16.6	5.3	87

Fuente: SENAMHI 2021

De la tabla se muestra que el mes de julio se tiene una temperatura promedio mínima de -1.3 °C, el cual es la temperatura más baja que soporta la ciudad de puno, también se visualiza que la temperatura más alta que soportara es en el mes de noviembre con una temperatura promedio de 16.8 °C.

#### 3.4.3.2. Temperatura Interior

Las condiciones que se adoptaran en el interior del laboratorio de control y automatización, el cual fue medido y es el siguiente:

- Temperatura 13 °C en promedio.



### 3.5. Diseño y Evaluación del Sistema de Calefacción

Para el diseño del sistema de calefacción se considerará condiciones como la ubicación de la zona a investigar, condiciones climatológicas, materiales con los que están contruidos y otras consideraciones que se tomaran en cuenta.

### 3.6. Ubicación y condiciones del lugar disponible a investigar

El laboratorio de control y automatización de la escuela profesional de ingeniera mecánica eléctrica de la universidad nacional del altiplano, está situado en la región de Puno provincia y distrito de Puno.

En sus alrededores existe una temperatura promedio entre  $-1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes de julio y  $16.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes de noviembre (datos obtenidos del SENAMHI 2021).

**Tabla N° 6:** Datos del ambiente

	Lab. Control y Automatización (Puno)	Unidad
<i>Localidad</i>	<i>Puno (UNA PUNO)</i>	
<i>Este</i>	<i>390897.39</i>	<i>m</i>
<i>Norte</i>	<i>8250221.37</i>	<i>m</i>
<i>Altitud</i>	<i>3812</i>	<i>msnm</i>
<i>Presión atmosférica</i>	<i>1032</i>	<i>hPa</i>
<i>Humedad relativa</i>	<i>29 %</i>	
<i>Mes de calculo</i>	<i>Julio</i>	

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.6.1. Construcción del laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica

En la actualidad el laboratorio de control y automatización se encuentra en un estado que no brinda un confort térmico adecuado para la realización de las actividades académicas. En este ambiente se propone realizar un diseño de sistema de calefacción, para que sea un lugar confortable y confort térmico de temperatura.



### **3.6.2. Condiciones requeridas para el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica**

Las condiciones recomendadas según la norma RNE, para tener un confort térmico adecuado en las temporadas de frío debe de ser una temperatura de 18 a 25 °C.

## **3.7. Cálculo de la carga térmica**

### **3.7.1. Composición y materiales del laboratorio**

El laboratorio de control y automatización cuenta con el siguiente diseño arquitectónico:

- Techo. - el techo está constituido de una capa de acabado, concreto y ladrillo.
- Pared interior. - la pared interior está constituido de una capa de acabado, y un muro de ladrillos y mortero; de los dos lados al laboratorio se cuenta con ambientes.
- Pared exterior. - está constituido de una capa de acabado, y un muro de ladrillo con mortero de cemento, la pared se encuentra a las afueras de la calle.
- Piso – contrapiso. - este compuesto de un mortero de cemento, mortero de cemento y ladrillo.
- Ventanas. - son de vidrio claro transparente.

Puerta. - es de material de madera.

### **3.7.2. Cálculo de transferencia de calor**

La composición del ambiente y los materiales del techo, paredes, piso y ventanas para el laboratorio, se determinará el coeficiente de la transferencia de calor.

La conductividad térmica de los materiales fue tomada del **ANEXO C** y se realiza el siguiente calculo.

Para los cálculos de transferencia de calor se tomará en cuenta la resistencia térmica superficial exterior e interior para determinar la resistencia total.

**Tabla N° 7:** Resistencias térmicas superficiales de cerramientos

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor.		Resistencia térmica superficial exterior, en $m^2 K/W$ (Rse)	Resistencia térmica superficial interior, en $m^2 K/W$ (Rsi)
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal.		0.04	0.13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (techo).		0.04	0.10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo).		0.04	0.17

Fuente: Ministerio de Fomento – Código Técnico de la Electrificación

La transmitancia térmica es la cantidad calor que atraviesa en la unidad de tiempo, una unidad de superficie de un elemento constructivo de caras plano paralelas, cuando entre dichas caras hay un gradiente térmico unidad. Da exactamente el mismo valor si la medición de ese gradiente térmico se realiza en  $^\circ C$  o  $^\circ K$ . Aunque  $1^\circ C$  no sea la misma temperatura que  $1^\circ K$ , el "tamaño" de cada grado por separado es el mismo, por eso no hay que hacer conversión de unidades.

### 3.7.2.1. Transferencia de calor para el techo

El coeficiente global de transferencia de calor para el techo del laboratorio de control y automatización EPIME es de  $3.21 W/m^2,^\circ K$ ; esta influenciada por el espesor

y la conductividad térmica del concreto y ladrillo, estos conforman el techo y que a través de esta se transfiere el calor.

**Tabla N° 8:** Calculo de Coeficiente global de transferencia de calor para el techo

N°	Material	Densidad $\rho = kg/m^3$	Espesor $e = m$	Conductividad Térmica $k = \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$	Resistencia calculada $R = \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$
1	Resistencia superficial exterior (viento a 30Km/h)	-	-	-	0.10
2	Concreto	1920	0.02	1.4	0.028
3	Ladrillo comun	1922	0.18	0.72	0.13
4	Revoque de cemento y arena (estucado 19mm)	1860	0.019	0.72	0.014
5	Resistencia superficial interior	-	-	-	0.04
Resistencia total					0.312
Coeficiente global de transferencia de calor			$U=1/R$	3.21	$W/m^2, ^\circ K$

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.2.2. Transferencia de calor para el piso

El coeficiente global de transferencia de calor del piso del laboratorio de control y automatización es de  $1.69 W/m^2, ^\circ K$ ; esta influenciada por el espesor y la conductividad térmica del concreto, ladrillo y el mortero, estos conforman el piso y que a través de esta se transfiere el calor. Por ello determinamos que por el piso se transfiere menos calor que los demás materiales que forman parte constructivo del laboratorio.

**Tabla N° 9:** Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para el piso

N°	Material	Densidad $\rho = kg/m^3$	Espesor $e = m$	Conductividad	Resistenci
				Termica $k = \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$	a calculada $R = \frac{m^2 \cdot K}{W}$
1	Resistencia superficial interior (lamina de aire)	-	-	-	0.17
2	Mortero de cemento	1860	0.15	1.40	0.21
3	Concreto	1920	0.02	1.40	0.028
4	Ladrillo comun	1922	0.18	0.72	0.13
5	Revoque de cemento y arena (estucado 19mm)	1860	0.019	0.72	0.014
6	Resistencia superficial interior (lamina de aire)	-	-	-	0.04
Resistencia total					0.592
Coeficiente global de transferencia de calor			$U=1/R$	1.69	$W/m^2, ^\circ K$

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.2.3. Transferencia de calor para paredes.

El coeficiente global de transferencia de calor para las paredes del laboratorio de control y automatización es de  $2.72 W/m^2, ^\circ K$ ; esta influenciada por el espesor y la conductividad térmica de los ladrillos y el mortero, estos conforman las paredes y que a través de esta se transfiere el calor.

**Tabla N° 10:** Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para las paredes

N°	Material	Densidad $\rho = kg/m^3$	Espesor $e = m$	Conductivida	Resistencia
				d Termica $k = \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$	calculada $R = \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W}$
1	Resistencia superficial exterior	-	-	-	0.13
2	Revoque de cemento y arena (estucado 19mm)	1860	0.019	0.72	0.014
3	Ladrillo para fachada	2082	0.13	1.30	0.169
4	Revoque de cemento y arena (estucado 19mm)	1860	0.019	0.72	0.014
5	Resistencia superficial interior (lamina de aire)	-	-	-	0.04
Resistencia total					0.367
Coeficiente global de transferencia de calor			U=1/R	2.72	$W/m^2, ^\circ K$

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 3.7.2.4. Transferencia de calor para ventana.

El coeficiente global de transferencia de calor para las ventanas del laboratorio de control y automatización es de  $4.76 W/m^2, ^\circ K$ ; esta influenciada por el espesor y la conductividad térmica del vidrio material del que está fabricada la ventana y que a través de esta se transfiere el calor.

**Tabla N° 11:** Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para ventanas

N°	Material	Densidad $\rho = kg/m^3$	Espesor $e = m$	Conductividad	Resistencia
				Termica $k = \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$	calculada $R = \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W}$
1	Resistencia superficial exterior (viento a 30Km/h)	-	-	-	0.13
2	Vidrio	2530	0.04	1.00	0.04
3	Resistencia superficial interior	-	-	-	0.04
Resistencia total					0.21
Coeficiente global de transferencia de calor			U=1/R	4.76	$W/m^2, ^\circ K$

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.7.2.5. Transferencia de calor para puerta.

El coeficiente global de transferencia de calor para la puerta del laboratorio de control y automatización es de  $5.65 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{K}$ ; esta influenciada por el espesor y la conductividad térmica de la madera material del que está fabricada la puerta y que a través de esta se transfiere el calor. Por ello determinamos que por la puerta se transfiera más calor que por los demás materiales que forman parte constructivo del laboratorio.

**Tabla N° 12:** Cálculo de Coeficiente global de transferencia de calor para puertas

N°	Material	Densidad $\rho = \text{kg/m}^3$	Espesor $e = \text{m}$	Conductividad	Resistencia
				Termica $k = \frac{W}{\text{m}^\circ\text{K}}$	calculada $R = \frac{\text{m}^2\text{K}}{W}$
1	Resistencia superficial exterior	-	-	-	0.13
2	Madera	721	0.045	0.159	0.007
3	Resistencia superficial interior (lamina de aire)	-	-	-	0.04
Resistencia total					0.177
Coeficiente global de transferencia de calor			$U=1/R$	5.65	$W/\text{m}^2, ^\circ\text{K}$

Elaborado por el equipo de trabajo

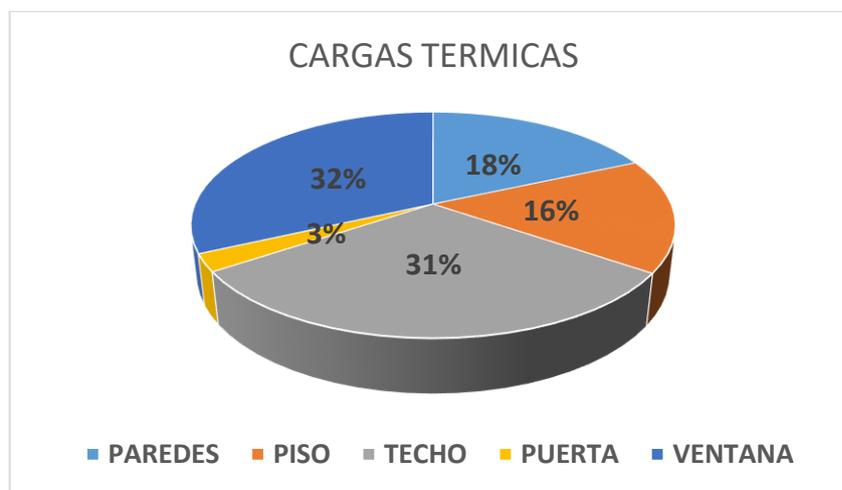
### 3.7.3. Carga térmica del laboratorio de control y automatización EPIME.

Los cálculos de pérdidas de cargas en las paredes, techo, piso, ventanas y puerta en el laboratorio de control y automatización; la diferencia de temperatura se determina con la temperatura exterior de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  y temperatura interior de  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  de acuerdo a las mediciones realizadas, los resultados se exponen en la siguiente tabla N° 13.

**Tabla N° 13:** Cuadro de resultados

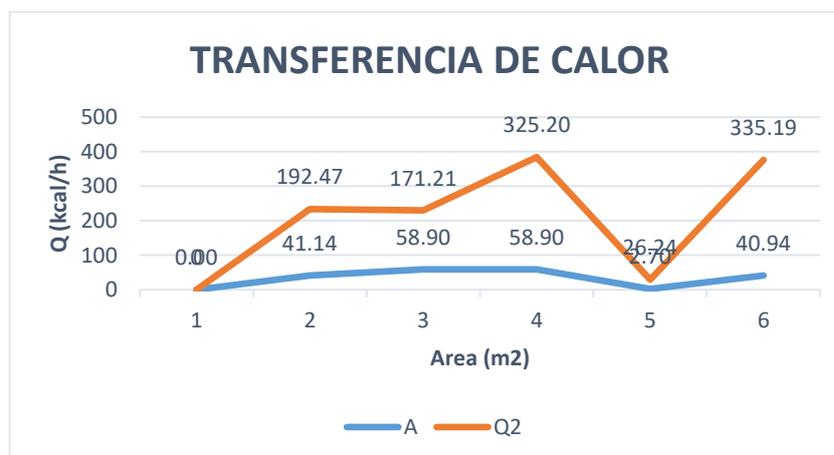
ORIENTACION	LUGAR	U $W/m^3, ^\circ C$	A $m^2$	DT $^\circ C$	Q $W$	Q2 $kcal/h$
PAREDES	Laboratorio	2.72	41.14	2	223.80	192.47
PISO	Laboratorio	1.69	58.90	2	199.08	171.21
TECHO	Laboratorio	3.21	58.90	2	378.14	325.20
PUERTA	Laboratorio	5.65	2.70	2	30.51	26.24
VENTANA	Laboratorio	4.76	40.94	2	389.75	335.19
TOTAL						1050.30

Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura N° 36:** Grafico de Cargas térmicas más influyentes

Elaborado por el equipo de trabajo

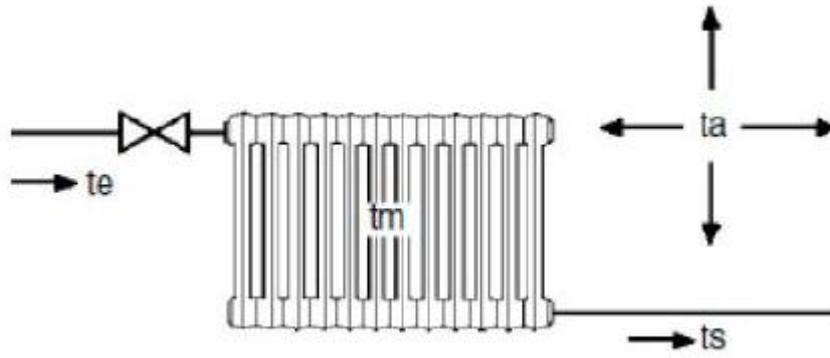


**Figura N° 37:** Grafico de la transferencia de calor

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.8. CALCULO Y SELECCIÓN DE RADIADORES

Lo primero a realizar será calcular la emisión calorífica de los elementos emisores. Las temperaturas que influyen en dicha emisión calorífica de un radiador están representadas en la siguiente figura.



**Figura N° 38:** Temperaturas influyentes en la emisión calorífica del radiador

Elaborado por el equipo de trabajo

Donde:

te: Temperatura de entrada.

ts: Temperatura de salida.

tm: Temperatura media.

ta: Temperatura ambiente.

La temperatura de entrada y salida para una determinada temperatura de ambiente, es características fundamentales en el momento de calcular el salto térmico  $\Delta t$  de un radiador. (Alonso, 2013)

El salto térmico es la diferencia entre la temperatura media del agua en el radiador y la del ambiente en el que se está instalando el radiador.

$$Tm = \frac{Te+Ts}{2} \dots\dots\dots Ecuación 1$$

$$\Delta T = Tm - Ta \dots\dots\dots Ecuación 2$$

Donde:

$\Delta T$ : Salto térmico

Para la instalación del radiador de aluminio en el ambiente primero calcularemos el salto térmico con temperatura de entrada al radiador de 60 °C, temperatura de salida en el radiador de 55 °C.

$$Tm = \frac{60 + 55}{2}$$

$$Tm = 57.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura que se requiere en el ambiente es de 25 °C.

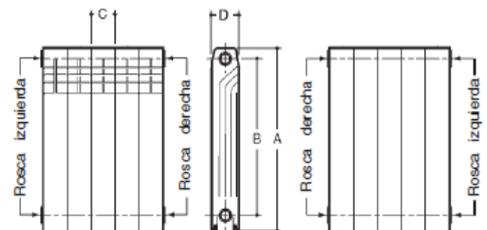
$$\Delta T = 57.5 - 25$$

$$\Delta T = 32.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El salto térmico es de 32.5 °C, para lo cual se muestra la tabla de dimensiones y características técnicas en la figura 47.

**Dimensiones y Características Técnicas**

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h				Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			Frontal aberturas (1)	Frontal aberturas (2)	Frontal plano (1)	Frontal plano (2)	Frontal aberturas	Frontal plano
<b>DUBAL 30</b>	288	218	80	147	0,27	1,45	84,9	71,3	86,7	70,5	1,30	1,29
<b>DUBAL 45</b>	421	350	80	82	0,29	1,13	112,8	79,5	108,7	76,2	1,35	1,35
<b>DUBAL 60</b>	571	500	80	82	0,36	1,43	147,7	103,9	142,6	99,0	1,35	1,34
<b>DUBAL 70</b>	671	600	80	82	0,43	1,63	170,9	119,1	165,7	113,7	1,34	1,34
<b>DUBAL 80</b>	771	700	80	82	0,50	1,83	189,9	133,7	184,0	127,9	1,33	1,34



(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para  $\Delta t = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$  (A título informativo)  
 (2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para  $\Delta t = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\Delta t = (T \text{ media radiador} - T \text{ ambiente})$  en  $^\circ\text{C}$   
 Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Los orificios de los elementos van roscados a 1" derecha a un lado e izquierda al otro.  
 Al realizar el pedido, prestar especial atención en la acertada elección del sentido de rosca de las reducciones y tapones.

**Figura N° 39:** Dimensiones y características técnicas

Fuente: Proveedor “Materiales de calefacción”

De acuerdo al salto térmico calculado de 32.5 °C y según la tabla se tomará un salto térmico de  $\Delta T=50$  °C, el cual nos lleva a seleccionar el modelo del radiador **DUBAL 70**, este ofrece una potencia por elemento de 119.1 kcal/h.

**Tabla N° 14:** Elementos requeridos

<b>RADIADOR</b>	<b>Calor Emitido por Cada Elemento</b>	<b>n</b>	<b>Calor Requerido</b>	<b>Total, de Elementos Requeridos</b>
<i>DUBAL 70</i>	<i>119.10</i>	<i>1.34</i>	<i>1050.30</i>	<i>7.00</i>

Elaborado por el equipo de trabajo

Para un volumen de 159.03 m<sup>3</sup> se necesita 7 elementos como mínimo, por ende, utilizaremos 22 elementos, los cuales serán distribuidos en 03 radiadores de aluminio; un radiador de 10 elementos y 02 radiadores de 06 elementos, con el fin de determinar la eficiencia en cada radiador y del sistema de calefacción.

### **3.8.1. Selección de tubería**

Seleccionados los radiadores que se instalaron en el ambiente, procedemos a seleccionar las tuberías desde el tanque hasta el radiador.

En esta instalación se seleccionó tuberías para agua caliente y para fría.



**Tabla N° 15:** Dimensiones de las tuberías de agua caliente y fría

	Tubo para agua caliente	Tubo para agua fría
<i>Material</i>	<i>PVC</i>	<i>PVC</i>
<i>Tipo</i>	<i>Hidro</i>	<i>Normal</i>
<i>Medidas</i>	<i>1/2 " x 5 m</i>	<i>1/2 " x 6 m</i>
<i>Módulo de elasticidad lineal a 20°C, mínimo</i>	<i>28.000 kp/cm<sup>2</sup></i>	<i>28.000 kp/cm<sup>2</sup></i>
<i>Densidad</i>	<i>De 1.35 a 1.46 kg/dm</i>	<i>De 1.35 a 1.46 kg/dm</i>
<i>Características</i>	<i>Tubo flexible, no toxico.</i>	
<i>Color</i>	<i>Rojo</i>	<i>Plomo</i>

Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.8.2. Cálculo de cantidad de agua requerido

Para el cálculo se considerará parámetros como se describen a continuación.

- **Volumen de la instalación**

Para el cálculo del volumen de instalación, consideramos el volumen en la tubería y el volumen en los radiadores.

- **Volumen en la tubería**

$$V_{tub-H} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$V_{tub-H}$ : Volumen de tubería hidro

d: diámetro de la tubería (0.0166m)

l: longitud total de la tubería (63m)

$$V_{tub-H} = \frac{\pi \times (0.0166)^2 \times 63}{4}$$



$$V_{tub-H} = 0.0136m^3$$

- **Volumen en los radiadores**

Cada elemento del radiador tiene su capacidad en litros, por lo siguiente para calcular el volumen de cada radiador se multiplica el número de elementos por su capacidad.

$$V_{rad} = V \times N \dots\dots\dots Ecuación 4$$

Donde:

$V_{rad}$ : Volumen total del radiador

V: volumen de cada elemento del radiador (0.47 lt)

N: Número total de elementos (22 elementos)

$$V_{rad} = 0.47 \times 22$$

$$V_{rad} = 10.34 \text{ lt} = 0.01034 \text{ m}^3$$

- **Volumen total de la instalación**

$$V_{instalado} = V_{tub-H} + V_{radiador} \dots\dots\dots Ecuación 5$$

$$V_{instalado} = 0.0136 + 0.01034$$

$$V_{instalado} = 0.02394 \text{ m}^3$$

- **Volumen del tanque térmico**

$$V_{tanque} = 60 \text{ lt} = 0.06 \text{ m}^3$$



El volumen total deseado para la instalación es de  $0.023.94 m^3$ , nosotros usaremos un tanque térmico de volumen de  $0.06 m^3$ . De capacidad para no tener escasez de agua, porque al momento de calentar el agua este se disminuirá por la evaporación, por este motivo tendremos abastecido un total de  $0.06 m^3$ . como reserva de agua.

### **3.9. Tratamiento de agua.**

El agua utilizada para el proceso tendrá que ser limpia y tratada, esto a fin de no producir lama dentro de las tuberías, tanque térmico y radiadores cuando no esté en funcionamiento el sistema de calefacción, con el propósito de evitar desperfecciones en las tuberías y en los radiadores de aluminio. Por lo cual en este proyecto de tesis se utiliza agua tratada o desinfectada, como por ejemplo agua destilada o agua de mesa.

### **3.10. Selección de electrobomba**

Para la instalación y selección de la electrobomba tomaremos tres aspectos más relevantes. Primero el tipo de bomba según la altura y la distancia que queremos impulsar el agua y segundo la potencia para que el rendimiento sea optimo.

Por lo tanto, seleccionamos una electrobomba de 0.5 HP centrifuga de forma caracol con impulsor de alavés radiales.

### **3.11. Cálculo del caudal en la tubería**

$$Q = AV \dots\dots\dots Ecuación 6$$

Donde:

Q = caudal  $m^3/s$

A = Área  $m^2$



$V = \text{Velocidad } m/s$

Calculamos:

$$A = \pi 0.0083^2$$

$$A = 0.00002164m^2$$

Para la velocidad del flujo se obtuvo del variador de velocidad:

$$V = 30 \text{ hz}$$

$$V = 0.034 \text{ m/s}$$

De acuerdo a los resultados anteriores se obtiene un caudal:

$$Q = 0.00002164 * 0.034$$

$$Q = 0.00000735 \text{ m}^3/s$$

### **3.12. Plano de diseño e instalación del sistema de calefacción con radiadores**

Para el diseño del sistema de calefacción que se implantará en el laboratorio de control y automatización, se desarrollará los planos correspondientes, donde se tendrá plano de la ubicación de los radiadores, tuberías de agua caliente y de agua fría, tanque térmico, electrobomba, válvulas, sensores, modulo PLC, también se desarrollara el plano de detalle y planos de tuberías, los cuales se muestran en el ANEXO J.



### 3.13. Costo de producción

Tabla N° 16: Costos y presupuestos

COSTOS Y PRESUPUESTOS				
DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	COSOTO UNITARIO (S/.)	CANTIDAD	COSOTO TOTAL (S/.)
Radiadores de Aluminio con sus accesorios	UND.	S/.500.00	3	S/.1,500.00
PLC MODICON TM241 schneider electric	UND.	S/.2,000.00	1	S/.2,000.00
Sensor PT 100	UND.	S/.75.00	5	S/.375.00
Electroválvula senoidal de 3/4"	UND.	S/.155.00	2	S/.310.00
Electrobomba trifásica de 1/2 HP	UND.	S/.370.00	1	S/.370.00
Resistencia eléctrica de 1000 Watts	UND.	S/.65.00	1	S/.65.00
Módulo de PLC	UND.	S/.384.75	2	S/.769.50
Tanque térmico de PVC	UND.	S/.100.00	1	S/.100.00
Tubería de agua hidro de 5 m de 1/2"	m.	S/.26.00	7	S/.182.00
Tubería de agua de 5 m de 1/2"	m.	S/.18.00	7	S/.126.00
Codo en hidro de 1/2"	UND.	S/.1.50	6	S/.9.00
Codo de 1/2"	UND.	S/.1.00	6	S/.6.00
Tee en hidro de 1/2"	UND.	S/.1.50	2	S/.3.00
Tee de 1/2"	UND.	S/.1.00	3	S/.3.00
Uniones en hidro de 1/2"	UND.	S/.1.50	5	S/.7.50
Uniones 1/2"	UND.	S/.1.00	10	S/.10.00
Unión universal en hidro de 1/2"	UND.	S/.2.00	4	S/.8.00
Válvulas en PVC de 1/2"	UND.	S/.12.00	4	S/.48.00
Reducción de 1" a 1/2"	UND.	S/.3.00	6	S/.18.00
Reducción de 3/4" a 1/2"	UND.	S/.2.00	6	S/.12.00
cable de 16 mm	m.	S/.5.00	3	S/.15.00
consumo de energía de la resistencia por 12 horas al día por mes	W.			S/.180.00
TOTAL				S/.6,117.00

Elaborado por el equipo de trabajo



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

De acuerdo a la instalación del sistema de calefacción los resultados que se obtuvieron son mediante: recolección y evaluación de datos de temperaturas en los radiadores y en el ambiente.

##### 4.1.1. Primero: diseño del sistema de calefacción

Se implemento el sistema de calefacción mediante radiadores de aluminio en el laboratorio de control y automatización de la EPIME.

##### 4.1.2. Segundo: selección del radiador de aluminio y transferencia de calor

Para la instalación se seleccionó el radiador **DUBAL70**, que se requiere con un total de 22 elementos.

La transferencia de calor que se dará en el ambiente, se entiende que habrá perdidas de calor, como se muestra en la tabla 13.

De la figura 38, se tiene lo siguiente: el techo tiene una carga térmica mayor con un 31% y la puerta con menor carga térmica de 3%.

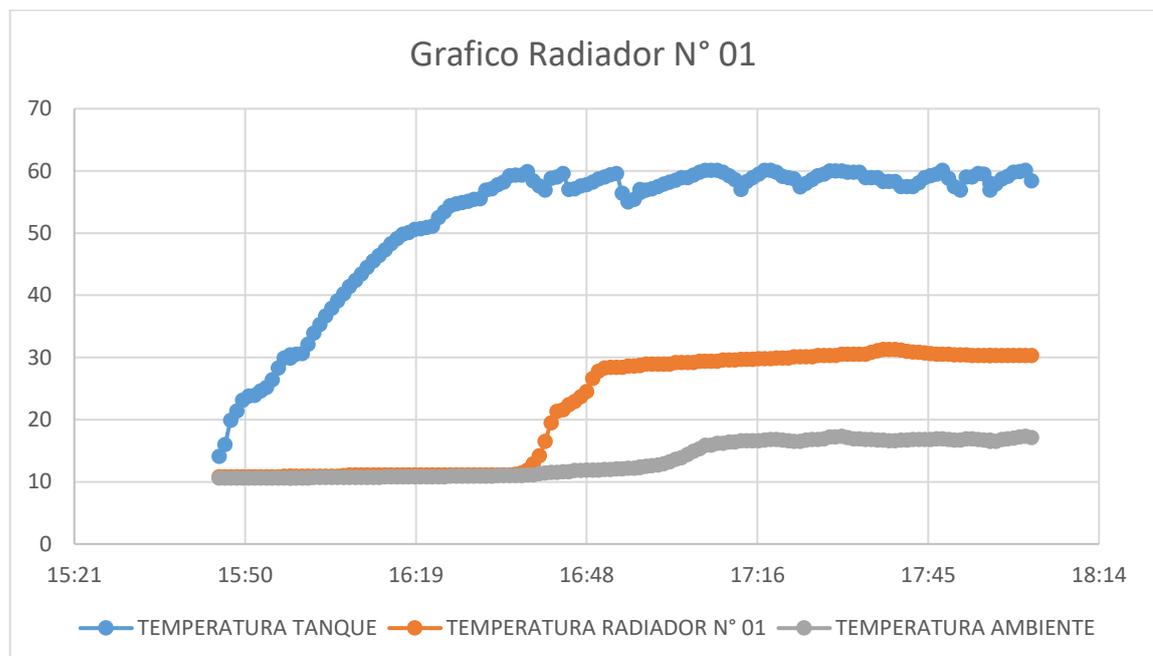
##### 4.1.3. Tercero: medición de temperatura en los 3 radiadores instalados

###### 4.1.3.1. Medición en el radiador N° 01 de 06 elementos

En la figura 40 podemos observar que en un periodo de tiempo de 40 minutos la temperatura del tanque térmico llega a 60°C y luego la electrobomba recibe la señal de impulsar el agua hacia el radiador N° 01 por medio de las tuberías; luego de 8 min aproximadamente observamos que en el grafico se tiene una variación de temperatura de

salida llegando a 28 °C en el radiador el cual proporciona calor al ambiente, una hora después observamos que se llega a una temperatura en el ambiente de 17.3 °C. Por ende, nos lleva a determinar que el radiador N° 01 no puede climatizar el ambiente a la temperatura deseado de 25 °C, por lo cual no tenemos un confort térmico adecuado.

En el grafico 40 también observamos cómo varia la temperatura en el tanque térmico, esta variación se debe a que el agua de salida del radiador esta retornando al tanque a una temperatura menor a lo que inicialmente ingreso al radiador, por lo cual varia la temperatura en el tanque y esto hace que automáticamente se enciende la resistencia para calentar nuevamente el agua hasta llegar a la temperatura deseada.



**Figura N° 40:** Curvas de temperatura del radiador N° 01

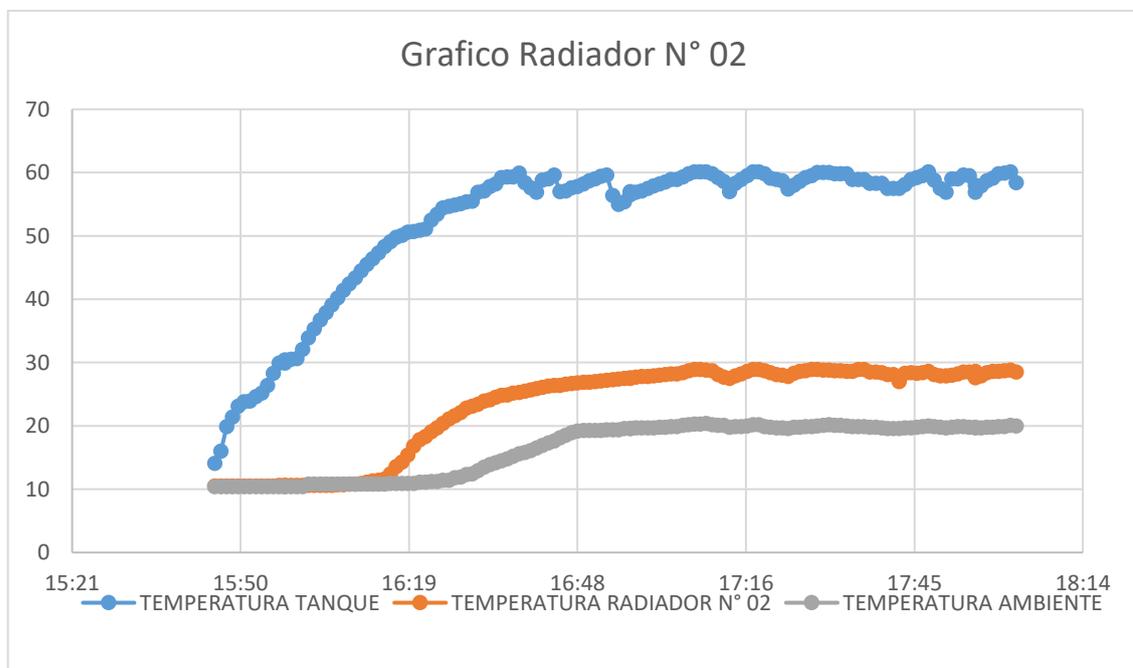
Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.3.2. Medición en el radiador N° 02 de 06 elementos

En la figura 41 podemos observar que en un periodo de tiempo de 40 minutos la temperatura del tanque térmico llega a 60°C y luego la electrobomba recibe la señal de impulsar el agua hacia el radiador N° 02 por medio de las tuberías; luego de 8 min

aproximadamente observamos que en el grafico se tiene una variación de temperatura de salida llegando a 28.9 °C en el radiador el cual proporciona calor al ambiente, una hora después observamos que se llega a una temperatura en el ambiente de 20 °C. Por ende, nos lleva a determinar que el radiador N° 02 también no puede climatizar el ambiente a la temperatura deseado de 25 °C, por lo cual no tenemos un confort térmico adecuado.

En el grafico 41 también observamos cómo varia la temperatura en el tanque térmico, esta variación se debe a lo mismo que sucede en el radiador N° 01 y se repite el mismo proceso.



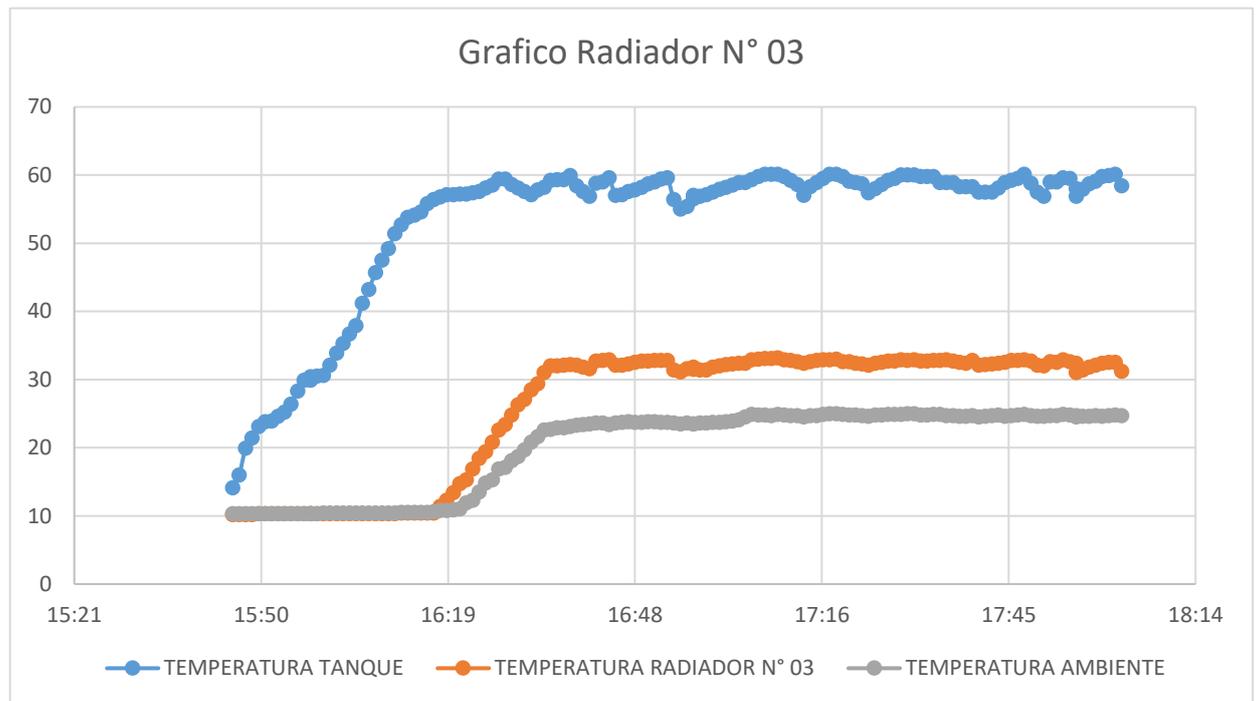
**Figura N° 41:** Curvas de temperatura del radiador N° 02

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.3.3. Medición en el radiador N° 03 de 10 elementos

En la figura 42 podemos observar que en un periodo de tiempo de 40 minutos la temperatura del tanque térmico llega a 60°C y luego la electrobomba recibe la señal de impulsar el agua hacia el radiador N° 03 por medio de las tuberías; luego de 8 min aproximadamente observamos que en el grafico se tiene una variación de temperatura de

salida llegando a 32 °C el cual proporciona calor al ambiente, una hora después observamos que se llega a una temperatura en el ambiente de 25 °C. Por ende, nos lleva a determinar que el radiador N° 03 si puede climatizar el ambiente a la temperatura deseado de 25 °C, por lo cual tenemos un confort térmico adecuado.

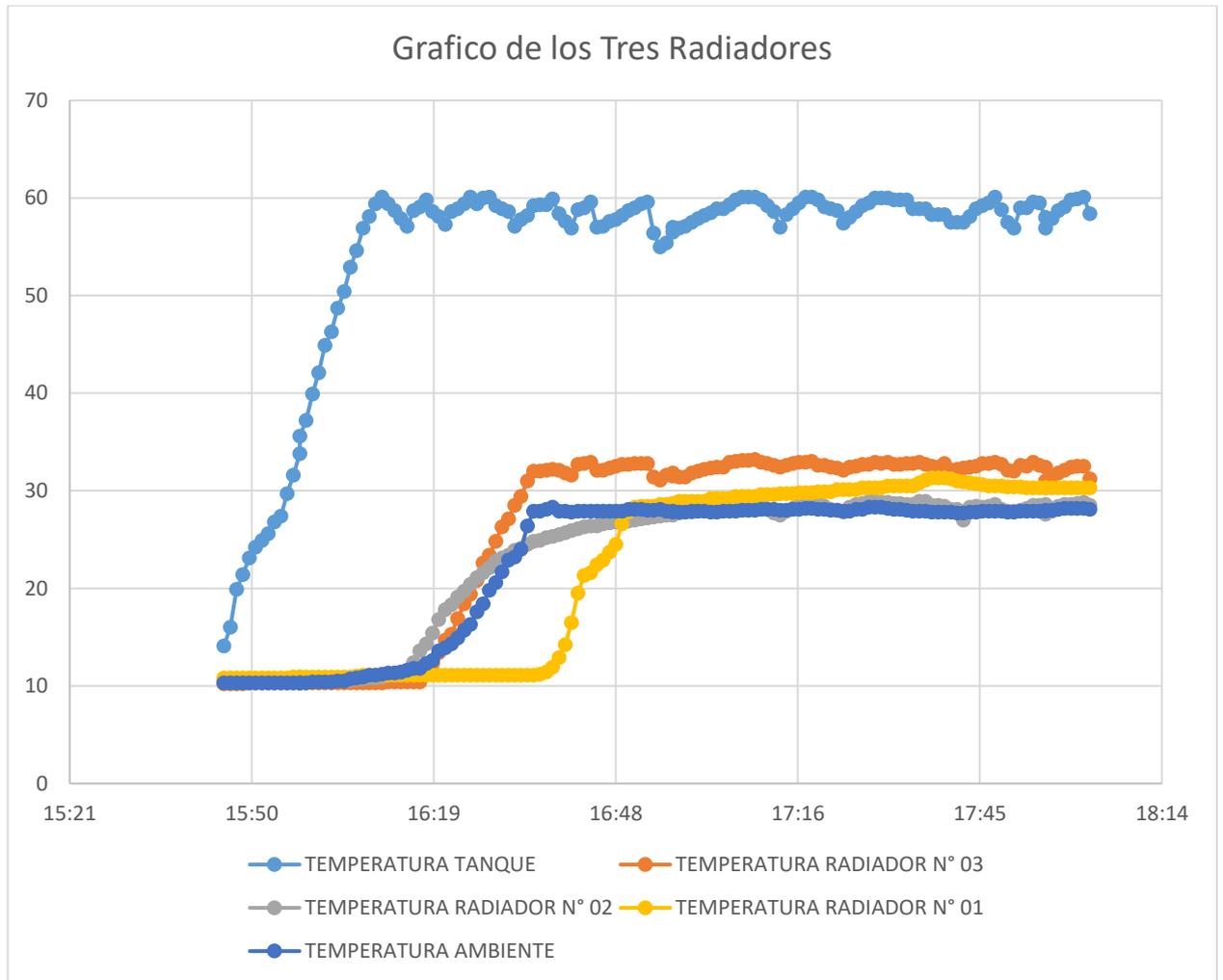


**Figura N° 42:** Curvas de temperatura del radiador N° 03

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.3.4. Medición en los tres radiadores juntos

En la figura 43 podemos observar que en un periodo de tiempo de 40 minutos la temperatura del tanque térmico llega a 60°C y luego la electrobomba recibe la señal de impulsar el agua hacia los radiadores por medio de las tuberías; al trabajar simultáneamente los radiadores proporcionan al ambiente una temperatura de 28 °C. Por ende, nos lleva a determinar que los tres radiadores pueden climatizar el ambiente a la temperatura deseado superando los 25 °C, por lo cual obtenemos un confort térmico adecuado.



**Figura N° 43:** Curvas de temperatura de los tres radiadores

Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.4. Cálculo de la eficiencia.

$$\varepsilon = \frac{\text{Temperatura del radiador}}{\text{Temperatura en el tanque}} 100\%$$

Radiador N° 01

$$\varepsilon = \frac{28\text{ }^{\circ}\text{C}}{60\text{ }^{\circ}\text{C}} 100\%$$

$$\varepsilon = 46.7\%$$

Radiador N° 02



$$\varepsilon = \frac{28.9 \text{ }^{\circ}\text{C}}{60 \text{ }^{\circ}\text{C}} 100\%$$

$$\varepsilon = 48.2 \%$$

Radiador N° 03

$$\varepsilon = \frac{32 \text{ }^{\circ}\text{C}}{60 \text{ }^{\circ}\text{C}} 100\%$$

$$\varepsilon = 53.4 \%$$

Radiador N° 01, 02 y 03 trabajando simultáneamente

$$\varepsilon = \frac{35 \text{ }^{\circ}\text{C}}{60 \text{ }^{\circ}\text{C}} 100\%$$

$$\varepsilon = 58.4 \%$$

#### 4.2. Discusiones

Se interpretan los resultados obtenidos del diseño, y se comparan con los conocimientos previos que a continuación se describe:

De los resultados obtenidos, podemos afirmar que el presente proyecto de investigación realizado e implementado nos permite obtener una temperatura adecuada de hasta 28 °C para el confort térmico, según lo establecido por las normas técnicas del reglamento técnico de edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, nos indica que la temperatura de confort debe ser alrededor de 18 °C a 25 °C en nuestro caso por encontrarnos en zona fría es de 25°C.

Por consiguiente, según (Cutipa & Machaca, 2017), en su estudio de sistema de calefacción solar térmico; teniendo en cuenta las condiciones propias del lugar, como es el caso de la temperatura, nos indica que alcanzaron una temperatura de confort térmico entre 3 a 5 horas a un rango de temperatura entre 18 y 24 °C, el cual nos indica que



nuestros resultados son satisfactorios y óptimos, entonces según (Mamani & Apaza, 2018), en su proyecto realizado busca una propuesta de solución en el tema del malestar térmico en las aulas académicas y según (Flores Condori, 2018), en su proyecto realizo análisis de simulación del desempeño térmico de la vivienda altoandina obteniendo temperatura de la zona térmica entre 11 y 17.7 °C, con lo cual afirmamos que nuestro proyecto de investigación es una solución al malestar térmico en las aulas académicas y también es una solución a la temperatura de confort térmico para viviendas altoandinas.

Según el objetivo específico, “calcular la eficiencia de un sistema de calefacción por radiadores en el laboratorio de control y automatización EPIME”, se pudo obtener los resultados mostrados en la figura N° 40, N° 41, N° 42 y N° 43, que nos permite ver la variación de temperaturas en cada radiador, en el tanque térmico y en el ambiente, resultados promedios de temperaturas con los que se calculó la eficiencia de cada radiador y del sistema de calefacción, por ende, podemos asegurar que el sistema de calefacción con radiadores de aluminio es eficiente.

Obtenido estos resultados, según (Alonso, 2013), en su trabajo de investigación concluye que en el sistema de calefacción por radiadores la temperatura a la que entra el agua en los emisores es de 80 °C, sin embargo para el suelo radiante la temperatura del agua es de 46.89 °C, por consiguiente la calefacción del ambiente por medio de un radiador de aluminio es eficiente.

Según el objetivo específico “determinar la temperatura en los radiadores, en el tanque térmico y en el laboratorio a implementarse”, con los datos obtenidos y mostrados en la figura N° 40, N° 41, N° 42 y N° 43, se asegura que con los sensores de temperatura y monitoreado con el PLC se puede determinar la temperatura en los radiadores, tanque



térmico y en el ambiente, por lo cual afirmamos que obtuvimos una temperatura de confort térmico adecuado.

Entonces comparando los resultados obtenidos de las temperaturas, según (Calva, Patricio, Córdova, Daniel, & Previa, 2012) y según (Amangandi Aguilar, 2012), en sus trabajos de investigación lograron determinar la temperatura propuesta con diferente métodos, por lo cual afirmamos que si se puede determinar la temperatura propuesta con diferente métodos o aplicaciones.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERO:** A través del desarrollo del trabajo de investigación se logró el objetivo general, diseñar un sistema de calefacción utilizando radiadores de aluminio con recirculación de agua caliente de un tanque térmico para tener un confort adecuado en el laboratorio de control y automatización EPIME.

**SEGUNDO:** Mediante los datos obtenidos se logró calcular la eficiencia de cada radiador y del sistema de calefacción con radiadores de aluminio teniendo como resultado que cuando los tres radiadores trabajan simultáneamente se llega a obtener una temperatura de confort térmico adecuado de 25 °C a más.

**TERCER:** Con los resultados obtenidos se logró determinar la temperatura en los radiadores, tanque térmico y en el ambiente a implementarse, estos datos se lograron gracias a los sensores de temperatura que se instaló en el módulo y el software (PLC) Schneider Electric, los datos obtenidos de las temperaturas en los radiadores son: radiador N°1 de 6 elementos con 28°C, radiador N°2 de 6 elementos 28.9°C, radiador N°3 de 10 elementos con 32 °C.



## VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Tomar como referencia el presente trabajo de investigación para el diseño e implementación de un sistema de calefacción y poder aplicar otros métodos con respecto al calentamiento de agua y reducir el costo de producción.

SEGUNDO: Se recomienda que para aumentar la eficiencia del sistema de calefacción utilizar una instalación de sistemas bitubulares porque los radiadores trabajan todos a la misma temperatura y es más sencillo que estén equilibrados, y usar tuberías de cobre porque estos resisten temperaturas más altas; la instalación de la tubería de entrada del agua caliente siempre es por la parte superior y la salida por la parte inferior, esto se hace para que no haya pérdida de potencia.

TERCERO: Es importante realizar mantenimiento a los sensores, módulo de PLC y al sistema de calefacción; para reducir el costo de producción con respecto al PLC se recomienda usar otro método de medición de temperaturas.



## VII. REFERENCIAS

- Alonso, G. (2013). *Estudio comparativo de instalación de calefacción por radiadores y suelo radiante*.
- Amangandi Aguilar, Á. R. (2012). *Diseño de un Sistema de climatización para el refugio del Chimborazo*. 185.
- AQUATECNIC. (2017). *Sistema de calefacción por radiadores*.
- Asturias, gobierno del ppincipadi de. (2016). *Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de Frío, Climatización y Producción de Calor*. (I), 10–12.
- Calva, R., Patricio, E., Córdova, S., Daniel, F., & Previa, G. (2012). *Diseño, Construcción E Instalación De Un Sistema De Calefacción Con Energía Solar*.
- Cengel, Y. A. (2004). *Transferencia de calor*.
- Construible.es. (s/f). Confort Térmico | Construpedia, enciclopedia construcción. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de [https://www.construmatica.com/construpedia/Confort\\_Térmico](https://www.construmatica.com/construpedia/Confort_Térmico)
- Cutipa, E. M., & Machaca, C. H. (2017). “*SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR TÉRMICO CONTROLADO PARA MANTENER EL CONFORT TÉRMICO EN UN AMBIENTE DE LA FIQ*”. 2006–2011.
- EcuRed. (s/f). Calefacción. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://www.ecured.cu/Calefacción>
- Flores Condori, A. (2018). *Simulación Del Desempeño Térmico En Viviendas Altoandinas Sostenibles Con Climatización Pasiva En La Provincia De “El Collao”*. 134.



- Generalidades, P. I. (s/f). *Sumario general*. (I), 10–12.
- Gomez Calisto, A. (2012). *SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Sistemas centralizados de calefacción*.
- Harman, L. (2010). Confort Térmico en Viviendas Altoandinas un enfoque integral. *Confort térmico en viviendas altoandinas*, 28.
- Himmelblau, D. M., & Perry, R.H.; Green, D. W. (s/f). Humedad relativa - Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad\\_relativa](https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa)
- HOGARSENSE. (s/f). Diferentes tipos de calefacción para el hogar. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://www.hogarsense.es/calefaccion/tipos-de-calefaccion>
- INIA 2020. (s/f). Temperatura del aire. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de [http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/le/cc\\_tempe.htm](http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/le/cc_tempe.htm)
- M. A. Gálvez Huerta. (s/f). Velocidad del aire - Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad\\_del\\_aire](https://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_del_aire)
- Mamani, E. R., & Apaza, E. E. C. (2018). *CONFORT TERMICO EN EL CENTRO EDUCACIONAL PARA EL DEFICIENTE VISUAL - C.E.B.E. NUESTRA SRA. DE COPACABANA DE LA CIUDAD DE PUNO TESIS*. 2006–2011.
- Martinez, I. P. A. (2002). *en opcion al grado de maestro en ciencias de la ingeniería de manufactura con especialidad en automatización*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2007.12221.x>
- Nick Connor. (2019, septiembre). ¿Qué es la transferencia de calor por radiación? - Definición.



planeta ahorro. (s/f). Qué se entiende por Climatización · Planeta AHORRO. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <http://climatizacion10.com/planeta-ahorro/que-se-entiende-por-climatizacion.html>

Ramírez, A. J. M. (2015). *Eficiencia Energética en las Instalaciones de Climatización en los edificios*.

*Sumario general Conocimientos que deberías adquirir.* (s/f).

UNED. (2011a). *ESTRUCTURA GENERAL, COMPONENTES. TIPOS DE PLCs. FUNCIONAMIENTO*. 1–21. <https://doi.org/10.1109/taee.2012.6235460>

UNED. (2011b). *PLC - SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN*. 1–22.

Victorio, I., Díaz, S., Raúl, I., & Barreneche, O. (s/f). *Acondicionamiento térmico de edificios*.

Vivienda, 2006 ministerio de. (2014). Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. *Reglamento Nacional de edificaciones*.

Yunus A., Ç. (2013). Transferencia de Calor y Masa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(9), 1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>



## ANEXOS

**ANEXO A:** Datos meteorológicos recolectado del SENAMHI dirección zonal Puno del año 2020.



"SENAMHI ORGANISMO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN CO. 115035 -PUNO

LATITUD 15°49'34.5" S DEPARTAMENTO PUNO  
LONGITUD 70°00'43.5" W PROVINCIA PUNO  
ALTITUD 3812 m.s.n.m. DISTRITO PUNO  
PARÁMETRO: DIRECCIÓN DEL VIENTO y VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) PROMEDIO MENSUAL  
FRECUENCIA: Mes

Código	Estación	Año	Mes	Dirección	Velocidad Viento
708	PUNO	2020	1	S	1.82
708	PUNO	2020	2	S	1.73
708	PUNO	2020	3	S	1.86
708	PUNO	2020	4	C	1.76
708	PUNO	2020	5	S	1.99
708	PUNO	2020	6	S	1.89
708	PUNO	2020	7	S	1.65
708	PUNO	2020	8	S	2.33
708	PUNO	2020	9	S	2.18
708	PUNO	2020	10	S	2.14
708	PUNO	2020	11	S	2.46
708	PUNO	2020	12	S	2.98



PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN ACUMULADA Y PROMEDIO MENSUAL (mm)

FRECUENCIA: Mes

CODIGO	PLANIL	PARAMETRO	Año	Condición /mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
708	52	PT 101	2020	Promedio	5.70	5.85	3.80	1.14	0.26	0.43	1.04	0.00	0.12	1.47	0.81	2.99
708	52	PT 101	2020	Acumulado	1.71.10	1.52.10	1.14.10	33.20	7.80	12.90	32.10	0.00	3.60	45.50	22.70	89.80

PARÁMETRO: TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL (°C)

FRECUENCIA: Mes

CODIGO	PLANILLA	PARAMETRO	Año	Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
708	52	TM 102	2020		16.0	15.3	15.1	15.7	15.5	14.0	14.8	15.0	16.8	16.6	19.1	17.8

PARÁMETRO: TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL (°C)

FRECUENCIA: Mes

CODIGO	PLANILLA	PARAMETRO	Año	Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
708	52	TM 103	2020		5.8	6.2	6.0	4.3	1.6	1.0	1.2	1.4	2.4	5.5	6.6	6.1

LSH

INFORMACIÓN PROCESADA PARA : JAVIER CHAMBI CHAHUARA

PRESUPUESTO N°: 201909130004 – SENAMHI - 2021

Puno 23 de Junio del 2021

Shiro Pitalúa Cerón  
Rep. Metodológico Numérico  
SENAMHI - 0213 - PUNO

Shiro Pitalúa Cerón  
Director Zonal  
SENAMHI



**ANEXO B:** diagrama de programación con PLC con el programa y software Schneider Electric para el sistema de calefacción con radiadores de aluminio.

## Project Documentation

File: Calefaccion.project

Date: 14/11/2021

Profile: V1.57.11.0



---

Tabla de contenido

## Tabla de contenido

1	POU: MyPOU	3
---	------------	---

---

Calefaccion.project  
14/11/2021 16:19



---

1 POU: MyPOU

---

## 1 POU: MyPOU

```
1 PROGRAM MyPOU
2 VAR
3 END_VAR
4 VAR_INPUT
5     Start : BOOL ;
6     Stop  : BOOL ;
7 END_VAR
8
```

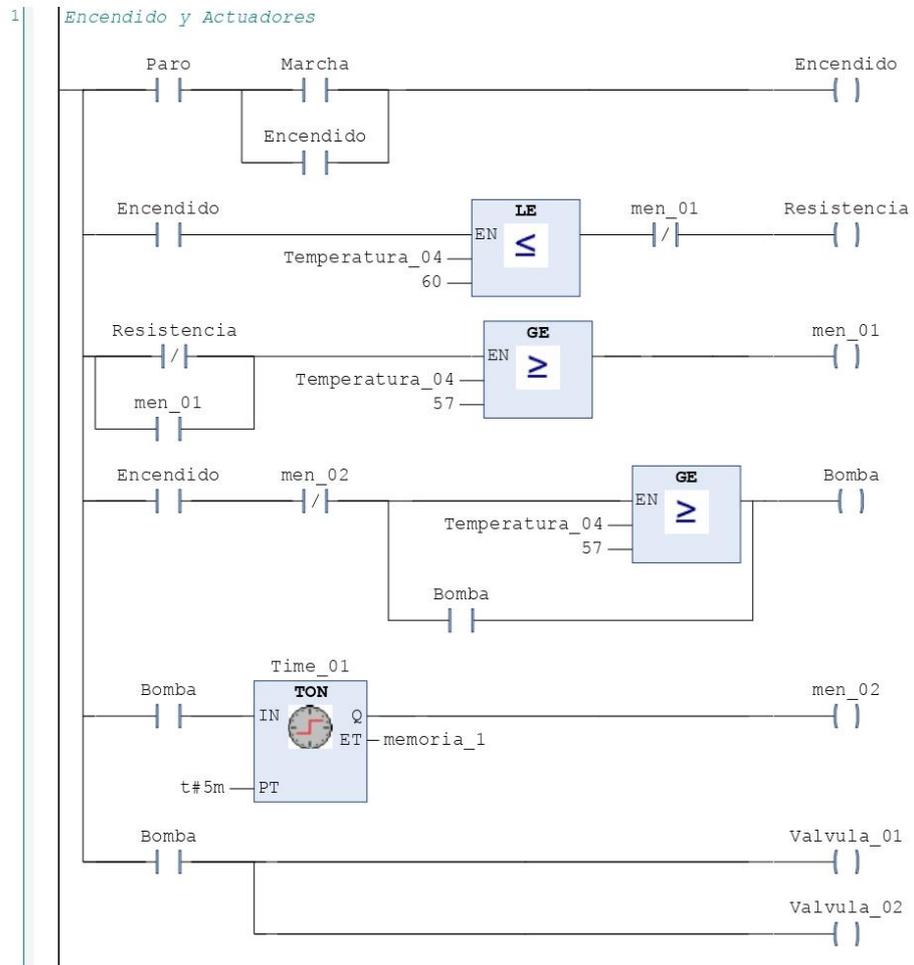
---

---

Calefaccion.project  
14/11/2021 16:19



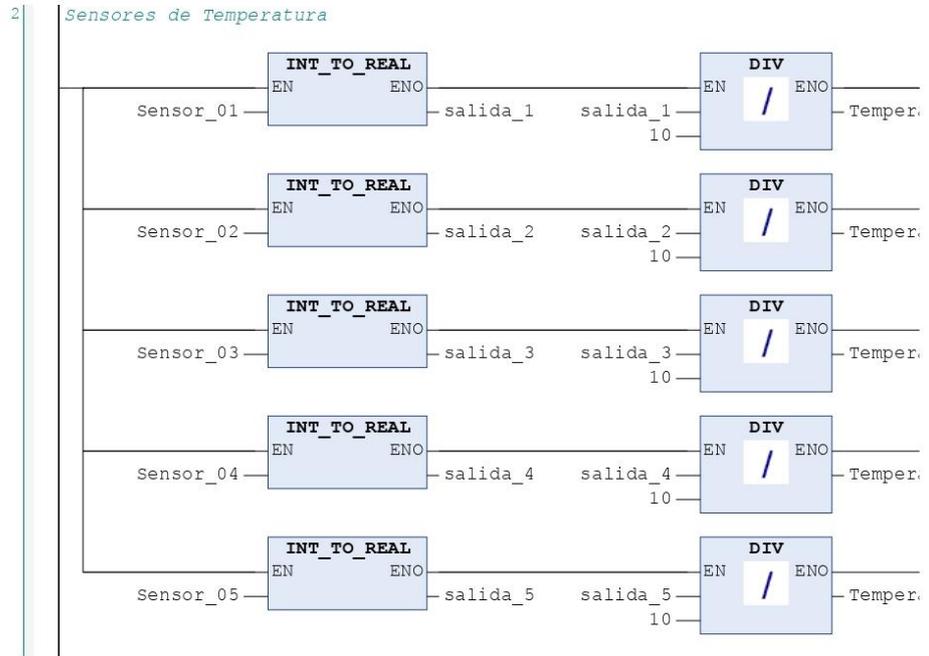
1 POU: MyPOU



Calefaccion.project  
14/11/2021 16:19



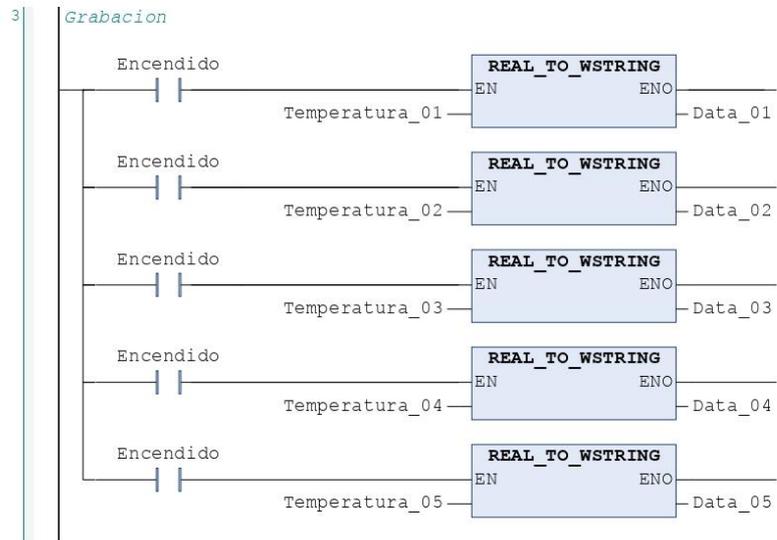
1 POU: MyPOU



Calefaccion.project  
14/11/2021 16:19



1 POU: MyPOU



Calefaccion.project  
14/11/2021 16:19

## ANEXO C:

Tabla 1 Lista de materiales y sus propiedades térmicas a temperatura ambiente

	Material	$\lambda$	$\rho$	$C_p$	$a$	$b$
		W/mK	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK	m <sup>2</sup> /s	J/m <sup>2</sup> K's
1	Poliuretano	0,026	30	1400	6,19E-7	3,30E+1
2	Aire	0,026	1,223	1063	2,02E-5	5,85E+0
3	Poliestireno	0,035	50	1675	4,18E-7	5,41E+1
4	Espuma fenólica	0,038	30	1400	9,05E-7	3,99E+1
5	Lana de vidrio	0,041	200	656	3,13E-7	7,33E+1
6	Corcho comprimido	0,085	540	2000	7,87E-8	3,03E+2
7	Mortero de cemento	0,090	1920	669	7,01E-8	3,40E+2
8	Madera de construcción	0,130	630	1360	1,52E-7	3,34E+2
9	Madera de pino	0,148	640	2512	9,19E-8	4,87E+2
10	Madera pesada	0,200	700	1250	2,29E-7	4,18E+2
11	Concreto celular	0,220	600	880	4,17E-7	3,41E+2
12	Tierra con paja	0,300	400	900	8,33E-7	3,29E+2
13	Concreto celular	0,330	800	880	4,69E-7	4,82E+2
14	Yeso	0,488	1440	837	4,05E-7	7,67E+2
15	Mortero cemento/arena	0,530	1570	1000	3,38E-7	9,12E+2
16	Agua	0,582	1000	4187	1,39E-7	1,56E+3
17	Ladrillos de arcilla	0,814	1800	921	4,91E-7	1,16E+3
18	Tierra muro portante	0,850	2000	900	4,72E-7	1,24E+3
19	Vidrio plano	1,160	2490	830	5,61E-7	1,55E+3
20	Arcilla	1,279	1460	879	9,97E-7	1,28E+3
21	Piedra arenisca	1,300	2000	712	9,13E-7	1,36E+3
22	Concreto pesado	1,750	2300	920	8,27E-7	1,92E+3
23	Piedra	1,861	2250	712	1,16E-6	1,73E+3
24	Mármol	2,900	2590	800	1,40E-6	2,45E+3
25	Granito	3,500	2500	754	1,86E-6	2,57E+3
26	Acero	50	7800	512	1,25E-5	1,41E+4
27	Aluminio	160	2800	896	6,38E-5	2,00E+4
28	Cobre	389	8900	385	1,13E-4	3,65E+4
	<b>Máx</b>	389,000	8900	4187	1,13E-4	3,65E+4
	<b>Mín</b>	0,026	1	385	7,01E-8	5,85E+0
	<b>Rango</b>	388,974	8899	3802	1,13E-4	3,65E+4

Fuente: Arquitecto E. M. González

Tabla N° 17: Conductividades Térmicas

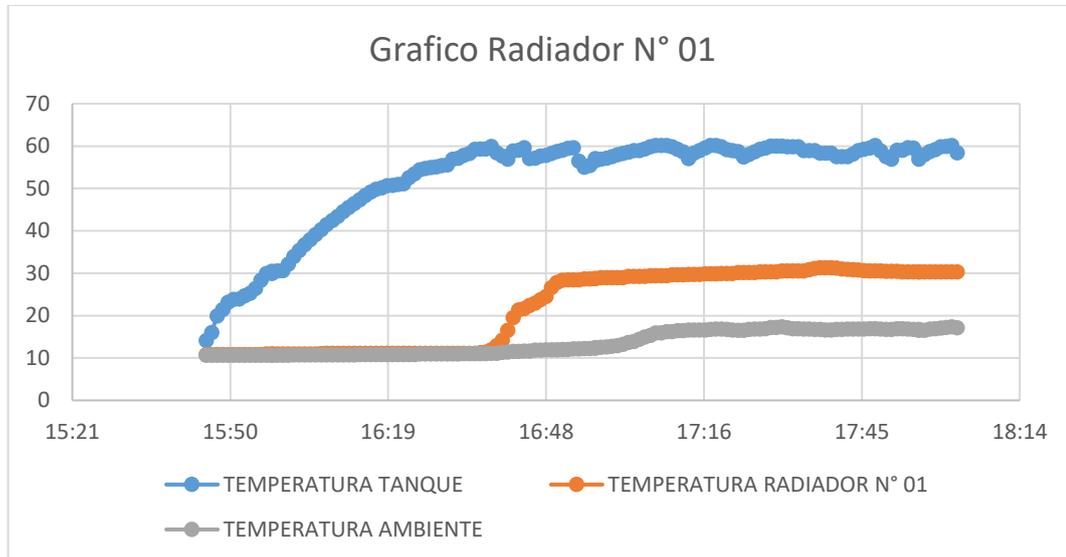
Sustancia	k(W/mK)
Aluminio	205.0
Latón	109.0
Cobre	385.0
Plomo	34.7

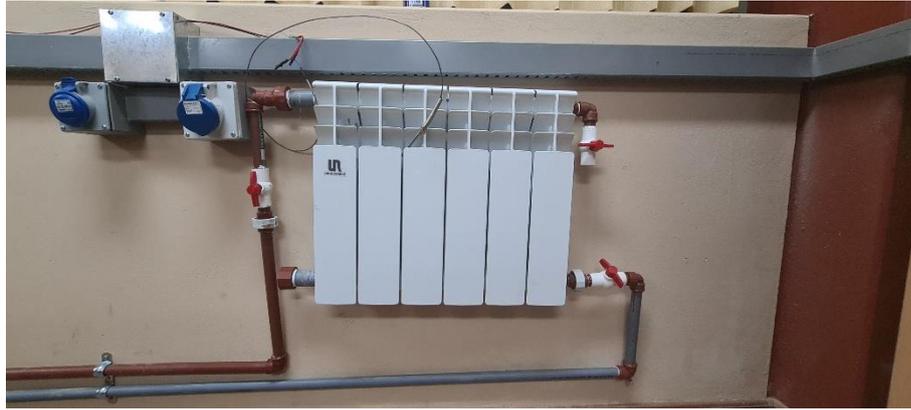
(Continuación...)

<i>Mercurio</i>	8.3
<i>Plata</i>	406.0
<i>Acero</i>	50.2
<i>Ladrillo aislante</i>	0.15
<i>Ladrillo rojo</i>	0.6
<i>Hormigón</i>	0.8
<i>Corcho</i>	0.04
<i>Fieltro</i>	0.04
<i>Fibra de vidrio</i>	0.04
<i>Vidrio</i>	0.8
<i>Hielo</i>	1.6
<i>Lana mineral</i>	0.04
<i>Espuma de poliestireno</i>	0.01
<i>Madera</i>	0.12 - 0.04
<i>Aire</i>	0.024
<i>Argón</i>	0.016
<i>Helio</i>	0.14
<i>Hidrógeno</i>	0.14
<i>Oxígeno</i>	0.023

Fuentes: Serway. Physics for Scientists and Engineers, Sears, Z & Y. Física Universitaria

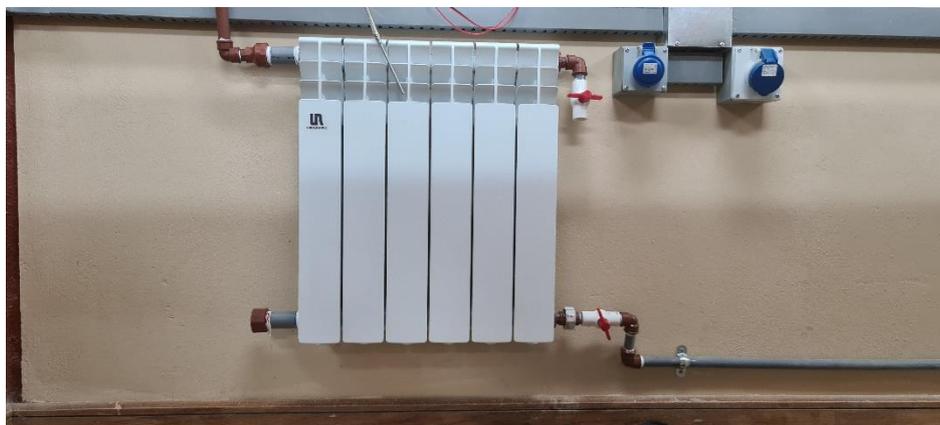
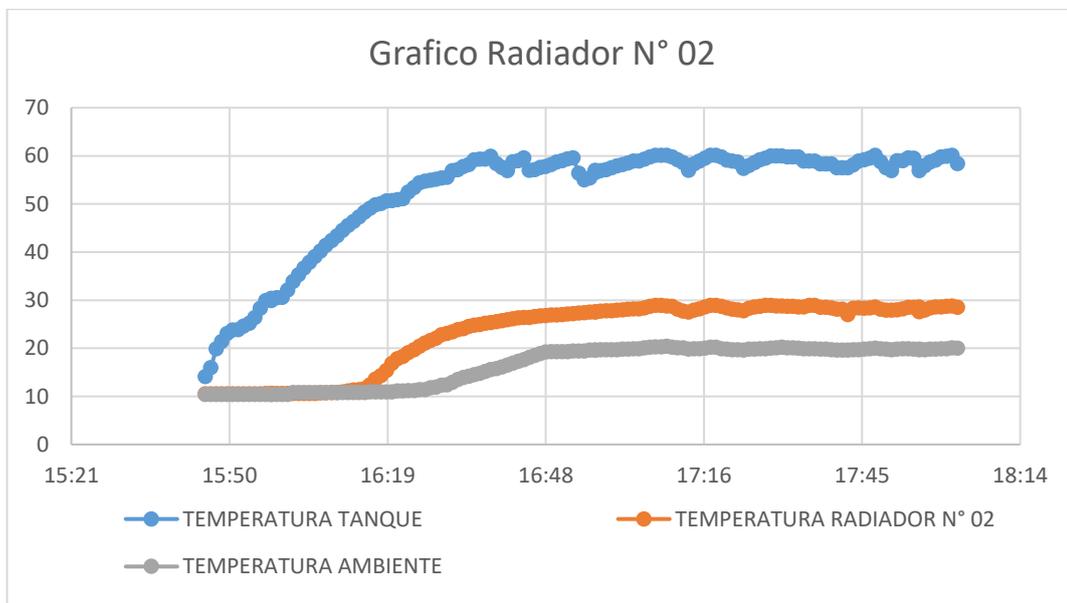
**ANEXO D:** Grafico de curvas de las temperaturas en el radiador N° 01 y su instalación.





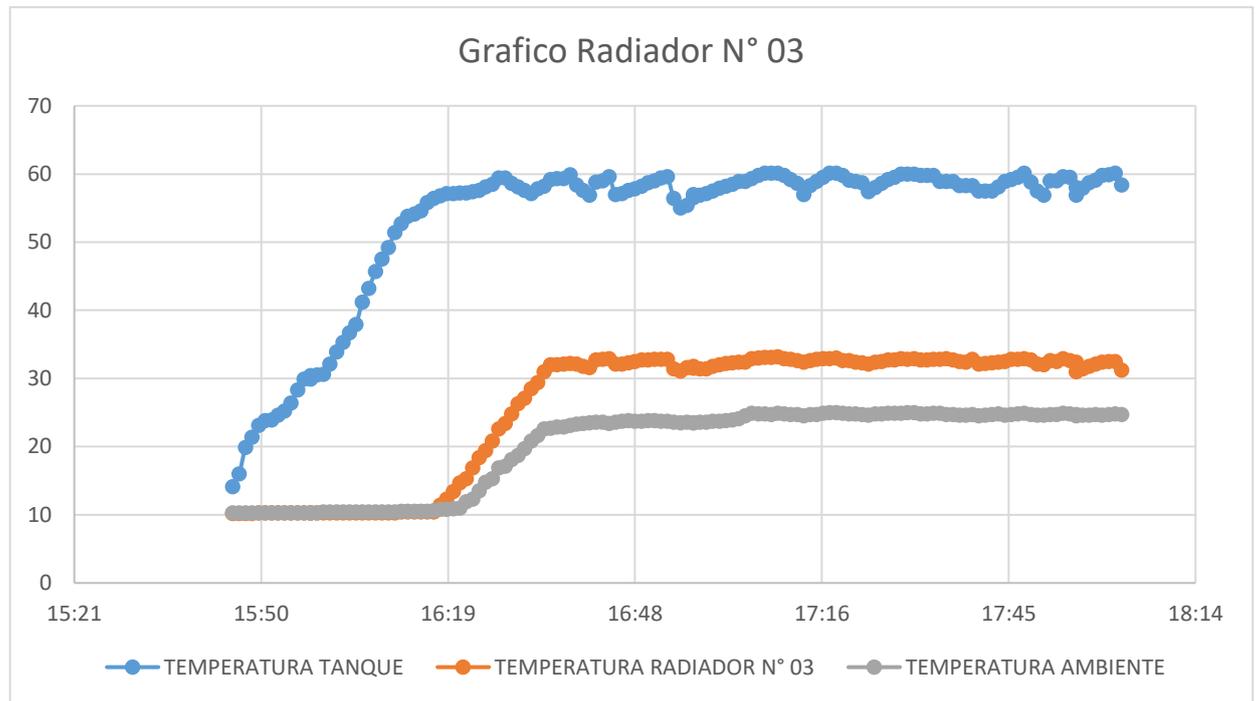
Elaborado por el equipo de trabajo.

**ANEXO E:** Grafico de curvas de las temperaturas en el radiador N° 02 y su instalación.



Elaborado por el equipo de trabajo

**ANEXO F:** Grafico de curvas de las temperaturas en el radiador N° 03 y su instalación.



Elaborado por el equipo de trabajo

**ANEXO G:** Ecuaciones que se utilizaron en este proyecto correctamente enumerados.

$T_m = T_e + T_{s2}$ .....	Ecuación 1 .....	94
$\Delta T = T_m - T_a$ .....	Ecuación 2 .....	94
$V_{tub} - H = \pi \cdot d^2 \cdot l^4$ .....	Ecuación 3 .....	96
$V_{rad} = V \times N$ .....	Ecuación 4.....	97
$V_{instalado} = V_{tub} - H + V_{radiador}$ .....	Ecuación 5.....	97
$Q = AV$ .....	Ecuación 6 .....	98



## ANEXO H: Guía de instalación.

### GUÍA DE INSTALACIÓN PARA LE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EFICIENTE CON RADIADORES PARA UN VOLUMEN DE 159.03 m<sup>3</sup> QUE SE IMPLEMENTARA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA UNA – PUNO 2021

#### 1. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es servir de guía de instalación y uso del sistema de calefacción.

Este manual se compone de los siguientes capítulos:

- ✓ Guía de instalación.
- ✓ Tuberías.
- ✓ Almacenamiento.
- ✓ Prueba hidráulica de estanqueidad.
- ✓ Uniones roscadas.
- ✓ Llenado de circuito.
- ✓ Puesta en marcha.

#### 2. INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

##### 2.1 Guía de instalación del radiador

###### Ubicación

Se recomienda la instalación de los radiadores sobre paredes orientadas al exterior de la vivienda, próximas a las ventanas o debajo de ellas, debido a que, por lo general, estas suelen ser las zonas más frías de los ambientes.

###### Colocación

Los radiadores deberán colocarse a una distancia de 12 cm del piso.

Aplomado con respecto a la pared y con un desnivel (ascendente) del 1% respecto de la horizontal del piso, hacia el grifo de purga, para permitir la correcta evacuación del aire.

###### Colocación de las válvulas

En todos los casos el grifo de purga se instalará en la parte superior del radiador y del lado opuesto a la entrada de agua. Los radiadores cuentan con reducciones a 1/2” para la colocación de válvulas y uniones dobles de retorno.

La entrada de agua del radiador se ejecutará por la parte superior del mismo y la salida por la parte inferior, ambas del mismo lado.

Las válvulas de los radiadores deberán colocarse de tal forma que permitan aumentar, de ser necesario, el número de elementos de la batería, sin modificar la posición de las tuberías de alimentación de agua al radiador.



## 2.2 Tuberías

### Tipo de tuberías

Las tuberías de distribución de agua tienen que ser de material PVC, tanto para agua fría como para el agua caliente.

### Distribución de tuberías

El tendido de las tuberías, se llevará por debajo del nivel inferior de los radiadores y por la parte superior de los radiadores, evitando trampas de aire (sifones invertidos) que dificulten la circulación del agua. En estos casos, se buscará racionalizar el diseño con el objetivo de disminuir las pérdidas de carga y el total de metros necesarios de tuberías.

Los diámetros de las tuberías, se calcularán en función del diseño del circuito, de la cantidad de elementos radiantes de cada batería y del tipo de bomba circuladora disponible, teniendo en cuenta, que la diferencia de temperatura entre el agua de la entrada y salida del radiador no deberá ser superior a  $6/8^{\circ}\text{C}$  para instalaciones Bitubo.

## 2.3 Almacenamiento

### Tanque térmico

Todas las instalaciones de radiadores, deberán contar con un tanque para el almacenamiento del agua.

El tanque térmico debe tener la capacidad de igual o mayor que el 6% del contenido total de agua de la instalación incluyendo radiadores.

## 2.4 Prueba hidráulica de estanqueidad

### Prueba hidráulica de estanqueidad

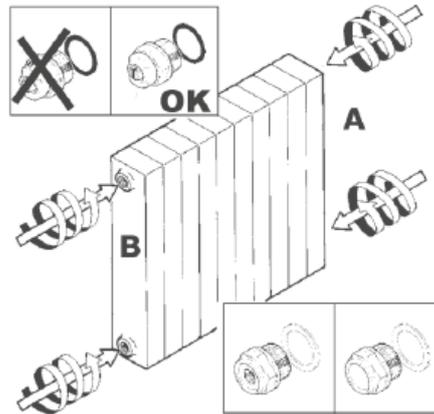
Para determinar la estanqueidad de las tuberías es imprescindible realizar una prueba de presión hidráulica del tendido de tuberías, una vez finalizada la ejecución de la misma. Esta tarea se realiza antes de proceder al tapado de la instalación.

## 2.5 Uniones roscadas

### Uniones roscadas

Las uniones roscadas entre válvulas y reducciones de radiadores o entre elementos de tuberías deberán estar selladas, o similar para garantizar la estanqueidad de la unión.

Los accesorios del lado A se roscan en sentido horario (hacia la derecha) y los accesorios del lado B se roscan en sentido antihorario (hacia la izquierda).



## 2.6 Llenado del circuito

El circuito deberá llenarse con agua pura (preferentemente)

No se debe utilizar aguas de procedencia y calidad desconocida.

En el caso de utilización de sistemas en zonas extremadamente frías donde exista la posibilidad de congelamiento del agua del circuito por falta de uso se recomienda vaciar el circuito de calefacción.

## 2.7 Puesta en marcha

### Puesta en marcha

Primeramente, se calienta el agua en el tanque térmico mediante la resistencia eléctrica, que esta se calienta hasta un 60 °C

Al calentarse al agua hasta los 60 °C, para que luego mediante el controlador PLC accione a la electrobomba para que pueda impulsar el agua hacia los radiadores mediante las tuberías hasta llegar a los radiadores.

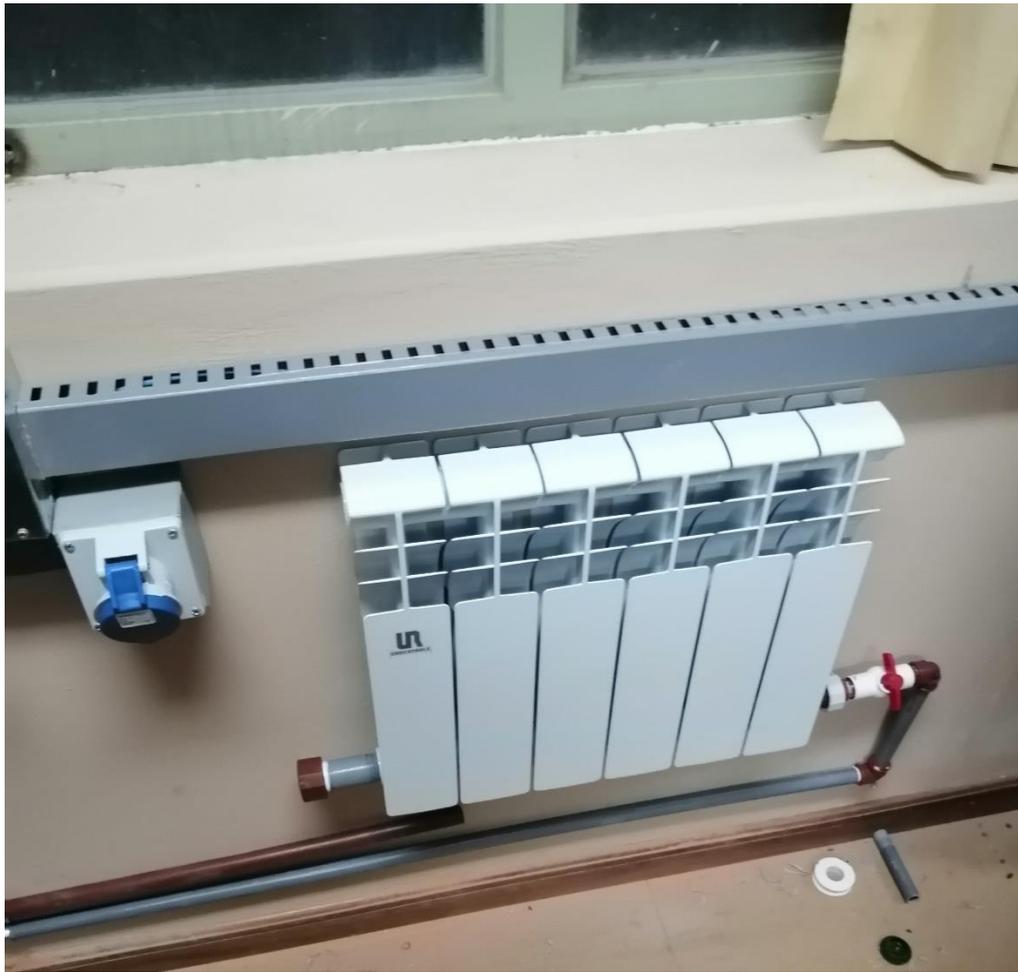
Para liberar de aire a los radiadores utilizar los grifos de purga, abriéndolos y dejando salir aire hasta que comience a salir agua. Una vez finalizada la tarea de purga se restituirá el nivel de presión del circuito de calefacción como se indicará en el punto anterior.

Una vez los radiadores estén llenos de agua caliente, estos brindaran aire caliente para poder poner el ambiente en estado de confort.

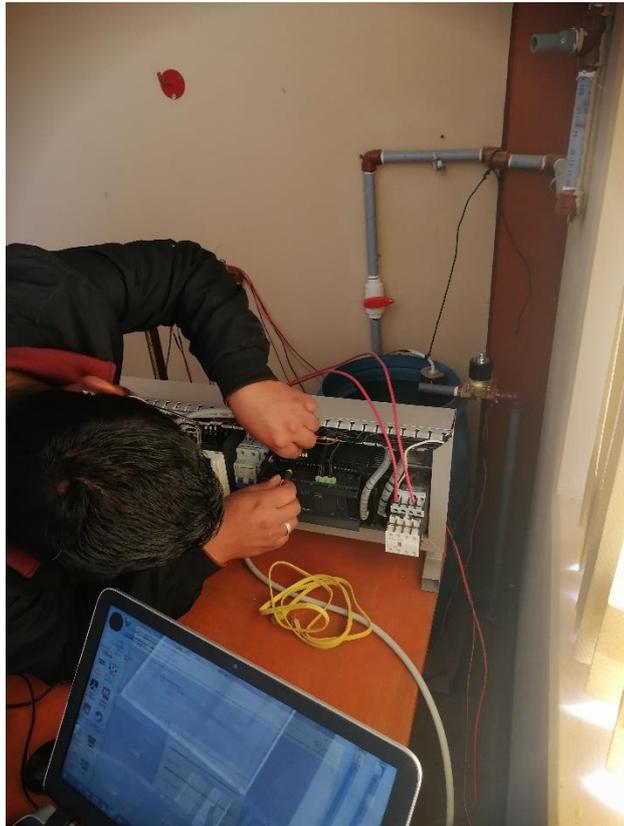
Luego el agua de los radiadores saldrá por la parte inferior que es la salida para retornar al tanque y luego ser calentada nuevamente.

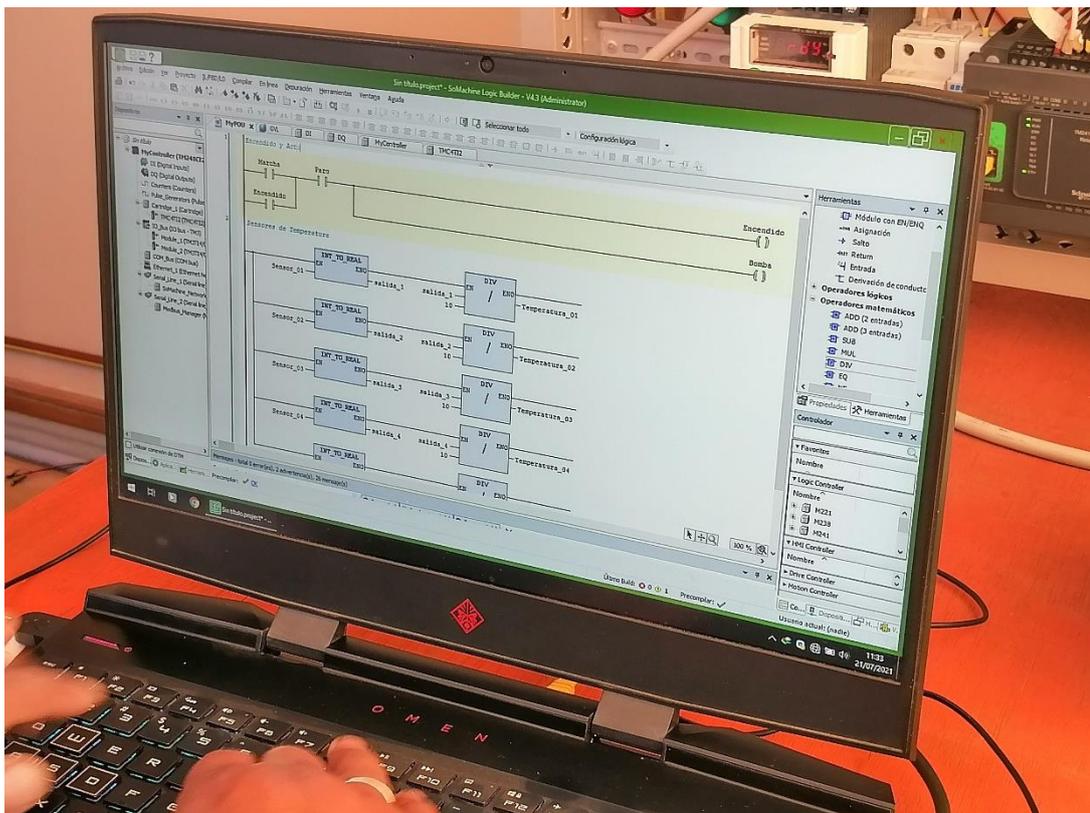
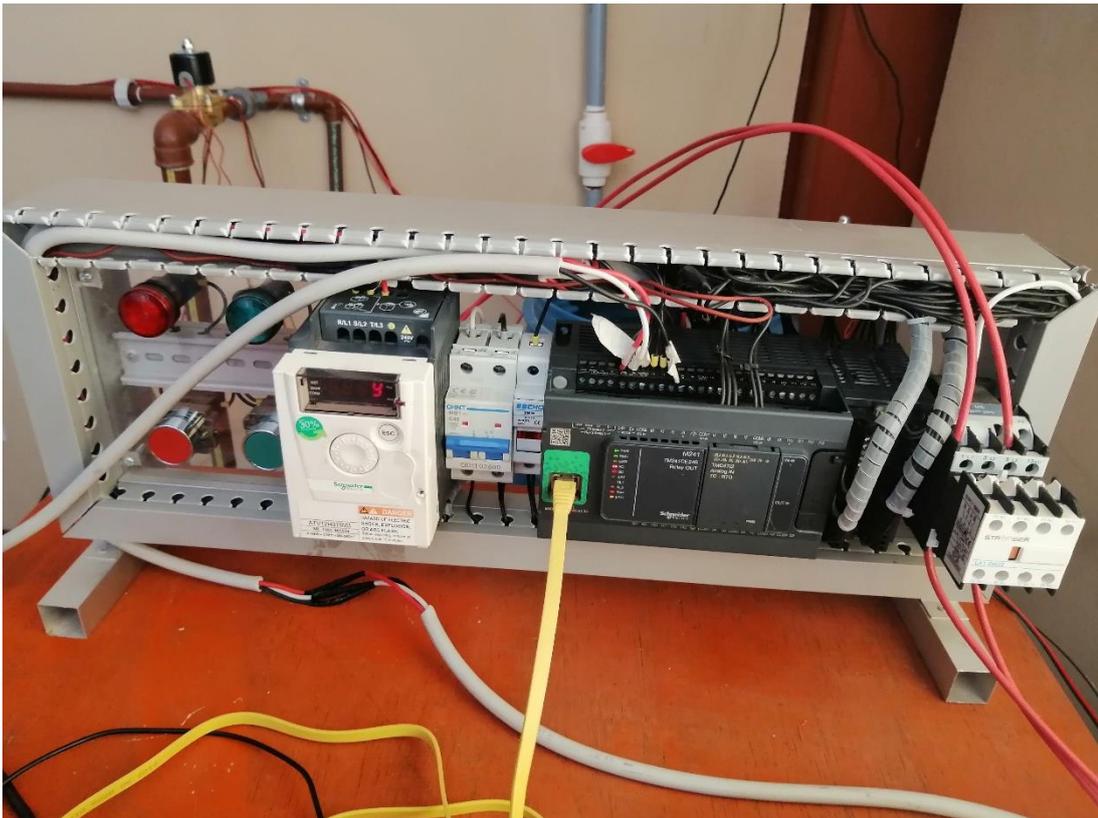
Este sistema de calefacción será un ciclo cerrado Bitubo con recirculación constante.

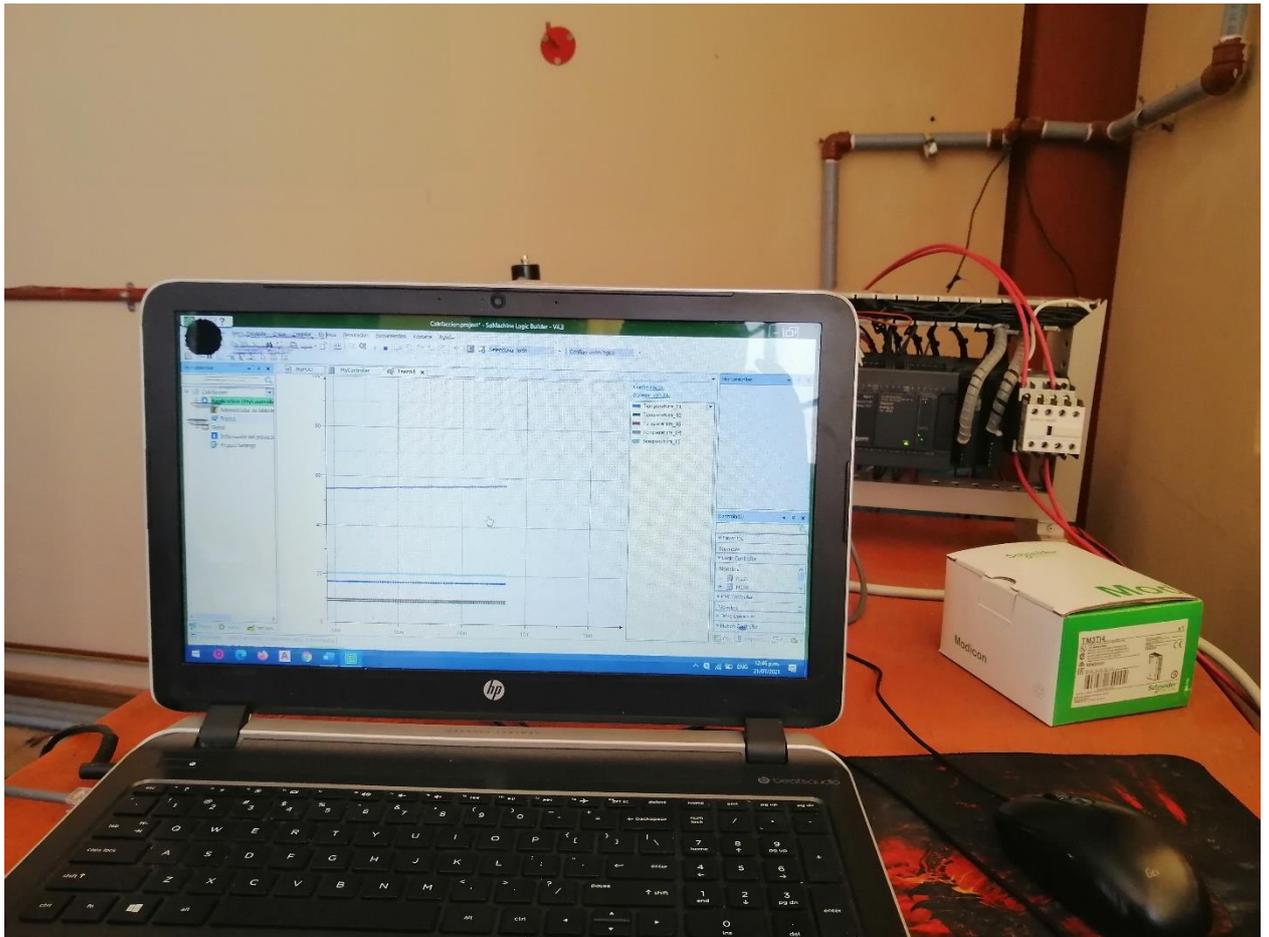
**ANEXO I:** Panel fotográfico.











## ANEXO J: PLANOS