



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Tutor Académico: Ing. Ángelo Villavicencio

Estudiantes: Avila Navarrete, Jose Eduardo y Espinosa Coronel, Camila Patricia

Título: Repotenciación, rediseño térmico, y el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para un banco de temperaturas y conducción transitoria, del Laboratorio de Conversión de la Energía



CONTENIDO

- Objetivos
- Antecedentes
- Diseño Mecánico
- Diseño Térmico
- Construcción
- Adquisición de Datos
- Interfaz de usuario (HMI)
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la repotenciación, rediseño térmico, y el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para un banco de temperaturas y conducción transitoria, del Laboratorio de Conversión de la Energía



OBJETIVO ESPECIFICOS

OBJETIVOS

Realizar la evaluación técnica del equipo mediante el análisis detallado del rendimiento actual de los componentes.

Diseñar e implementar un sistema eficiente de refrigeración y rediseño térmico para el equipo, garantizando así un entorno óptimo para las prácticas del laboratorio.

Desarrollar un diseño mecánico innovador y funcional que potencie la eficiencia y fiabilidad del banco de temperaturas y conducción transitoria.

Realizar el diseño e implementación del sistema de adquisición de datos a través del uso de un PLC.



ANTECEDENTES

Banco de temperaturas

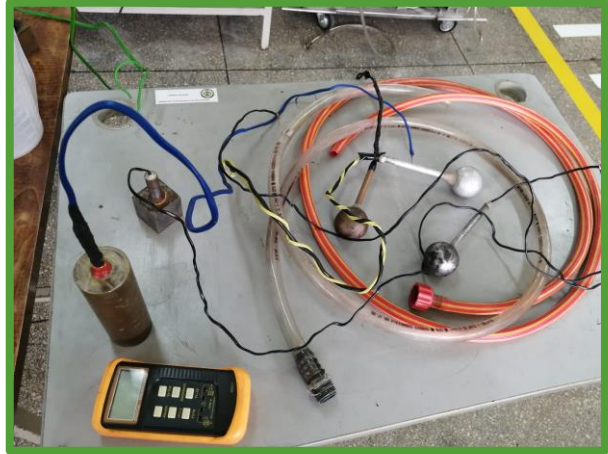


ANTECEDENTES



ANTECEDENTES

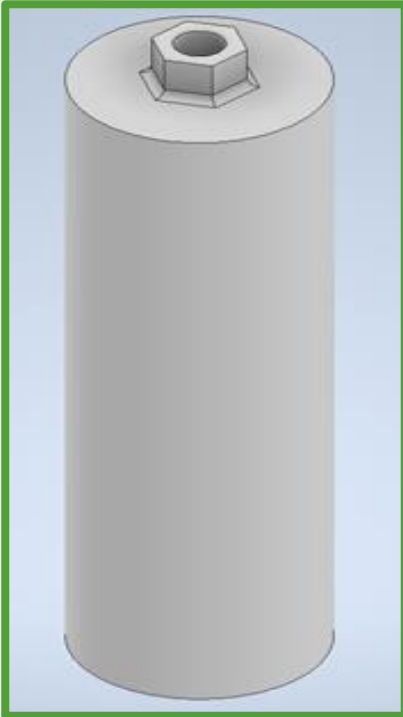
Conducción transitoria





Diseño Mecánico

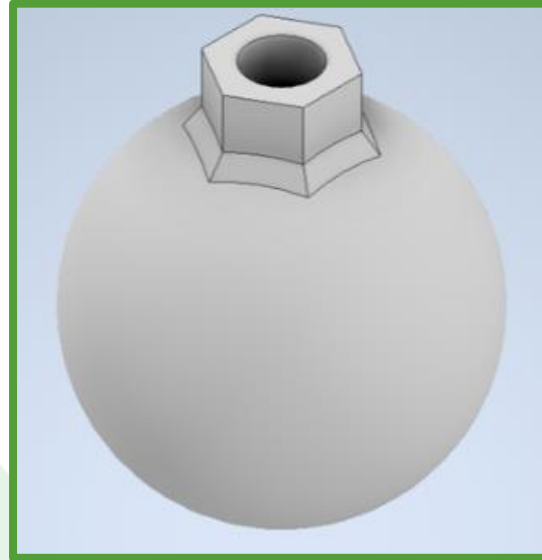
Figuras Geométricas



D = 50 mm

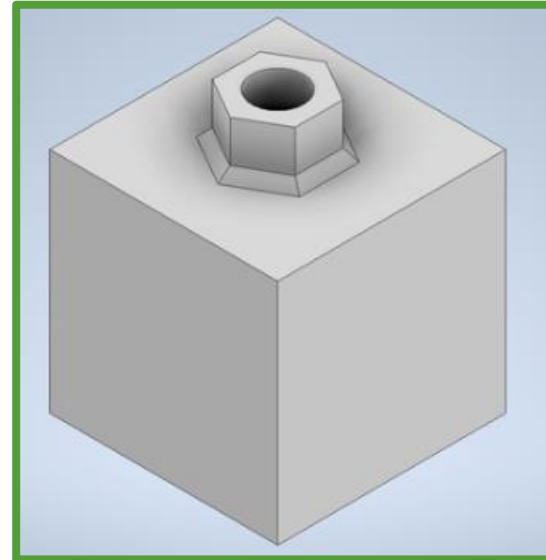
H = 150 mm

Rosca NPT M8



D = 50 mm

Rosca NPT M8



L = 45 mm

Rosca NPT M8

Parámetros Preexistentes

Mejoramiento calidad

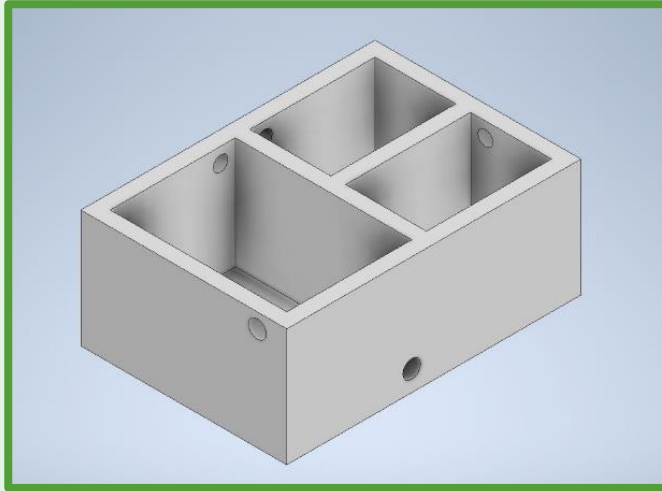
Mejora de eficiencia y confiabilidad

Mediciones más precisas

Materiales:

- Acero Inoxidable
- Bronce
- Aluminio

TANQUE



Espesor del tanque

- Banco de temperaturas
- Conducción transitoria

$$t_1 = 0.0797 \text{ in} = 2 \text{ mm}$$

$$t_2 = 0.096 \text{ in} = 2.438 \text{ mm}$$

Dimensionamiento de la tubería

Tabla 1

Datos para determinar el flujo másico del refrigerante

Datos	
Cp agua	4187 J/kg*K
Cp refrigerante (R404a)	1640 J/kg*K
Temperatura del agua (exterior)	20 C
Temperatura del agua (interior)	3 C
\dot{m}_{agua}	0.3 kg/min

$$A = \frac{\dot{m}_{R404a}}{\rho * Velocidad}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * \dot{m}_{R404a}}{\rho * Velocidad * \pi}}$$

$$\phi = 4.839 \text{ mm}$$

$$\phi = \frac{3}{8} \text{ in} = 9.525 \text{ mm}$$



ESTRUCTURA

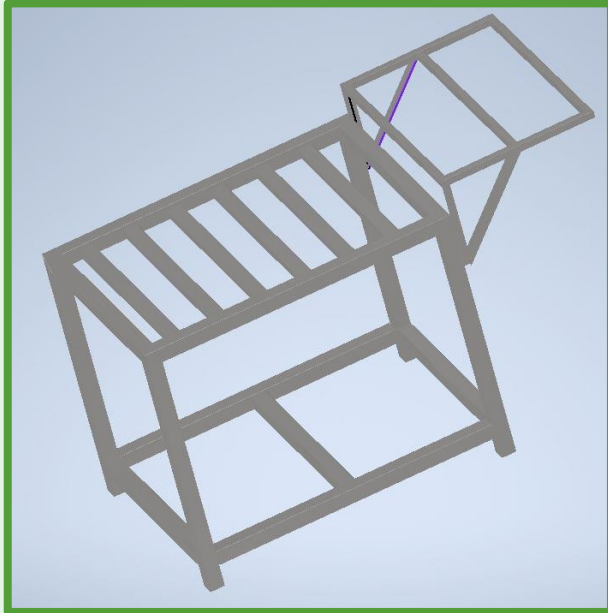
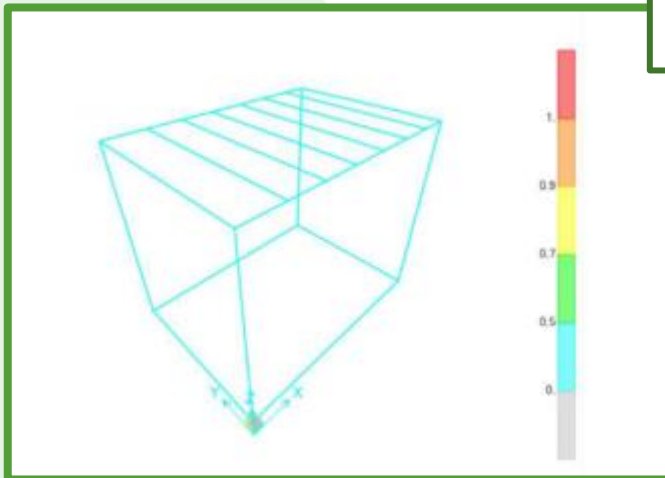


Tabla 4

Comparación de materiales de la estructura para selección

Parámetros	Escala	Ponderación	Perfil		
	0-10		%	1,5x1,5x2	1x1x2
Deformación	10	70	$5 \cdot 0,7 = 3,5$	$2 \cdot 0,7 = 1,4$	$10 \cdot 0,7 = 7$
Precio	10	20	$7 \cdot 0,2 = 1,4$	$8 \cdot 0,2 = 1,6$	$5 \cdot 0,2 = 1$
Disponibilidad en el Mercado	10	10	$8 \cdot 0,1 = 0,8$	$8 \cdot 0,1 = 0,8$	$8 \cdot 0,1 = 0,8$
		100	5,7	3,8	8,8





Diseño Térmico

Sistema de Refrigeración

Carga térmica del equipo

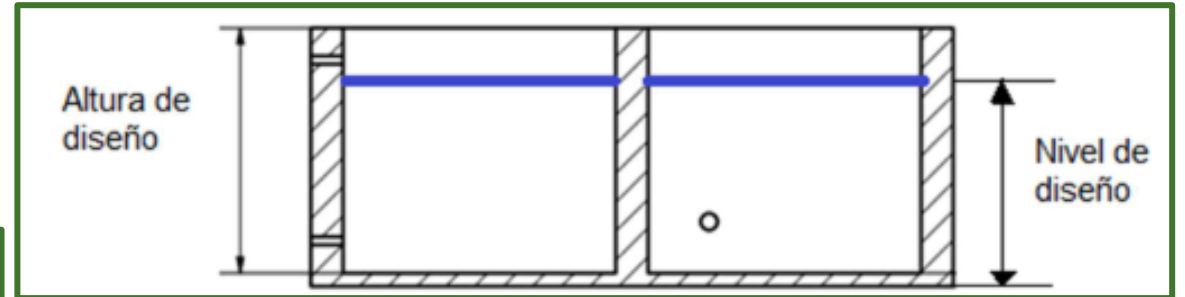
Para calentar:

Banco de temperaturas

$$Q_{1H} = -m\dot{1}_{agua} * Cp_{agua} * \frac{(T_f - T_i)}{3600}$$
$$Q_{1H} = 71 \text{ kg/h} * 4187 \text{ J} * \text{K} / \text{kg} * \frac{(343\text{K} - 293\text{K})}{3600}$$
$$Q_{1H} = 4129 \text{ W}$$

Figuras Geométricas

$$Q_{2H} = -m\dot{2}_{agua} * Cp_{agua} * \frac{(T_f - T_i)}{3600}$$
$$Q_{2H} = 33 \text{ kg/h} * 4187 \text{ J} * \text{K} / \text{kg} * \frac{(343\text{K} - 293\text{K})}{3600}$$
$$Q_{2H} = 1917 \text{ W}$$



Para enfriar:

Banco de temperaturas

$$Q_{1C} = m\dot{1}_{agua} * Cp_{agua} * \frac{(T_f - T_i)}{3600}$$

$$Q_{1C} = -1404 \text{ W}$$



Dimensionamiento del serpentín

$$q_{requerido} = U \cdot A \cdot \Delta T_m$$

$$m_{PR404} = \frac{-Q1_{aguaC}}{h_{fR404}} = 7.065 \frac{kg}{s}$$

$$\Delta T1 = T_{i_{cond}} - T_{o_{cond}} = 40$$

$$\Delta T2 = T_{o_{evap}} - T_{i_{evap}} = 10$$

$$\Delta T1_m = \frac{(\Delta T1 - \Delta T2)}{\ln\left(\frac{\Delta T1}{\Delta T2}\right)} = 21.64$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{fR404}} + \frac{1}{h_{agua}} + \frac{0.0008}{k_{cobre}}} = 111.085$$

$$A_{tubo} := \frac{\frac{-Q1_{aguaC}}{4}}{U \cdot \Delta T1_m} = 0.114 \quad m^2$$

$$D_{ext} := \frac{9.525}{1000} = 9.525 \times 10^{-3} \quad m$$

$$L_{tubo} := 0.40 \quad m$$

$$n := \frac{A_{tubo}}{\pi \cdot D_{ext} \cdot L_{tubo}} = 9.487$$

$$T = \frac{1441}{351}$$

$$T = 4 \text{ horas}$$

$$A_{tubo1} := \frac{-Q1_{aguaC}}{U \cdot \Delta T1_m} = 0.454 \quad m^2$$

$$D_{ext1} := \frac{9.525}{1000} = 9.525 \times 10^{-3} \quad m$$

$$L_{tubo1} := 0.40 \quad + \quad m$$

$$n1 := \frac{A_{tubo1}}{\pi \cdot D_{ext1} \cdot L_{tubo1}} = 37.948$$

$$T = \frac{1441}{1441}$$

$$T = 1 \text{ horas}$$

$$S_{tubo} := \frac{2D_{ext} \cdot 10000}{\sqrt{n_{real}}} = 27.496 \quad mm$$

$$S_{real} := 30 \quad mm$$

$$n_{real} = 48$$

$$L_{real} = n_{real} \cdot L_{tubo} = 19.2 \text{ m}$$

$$L_{comercial} = 15 \text{ m}$$

$$n_{tubos} = \frac{L_{real}}{L_{comercial}} = 1.28$$



COP

$$h_1 := 185 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \quad \text{salida valvula de expansion}$$

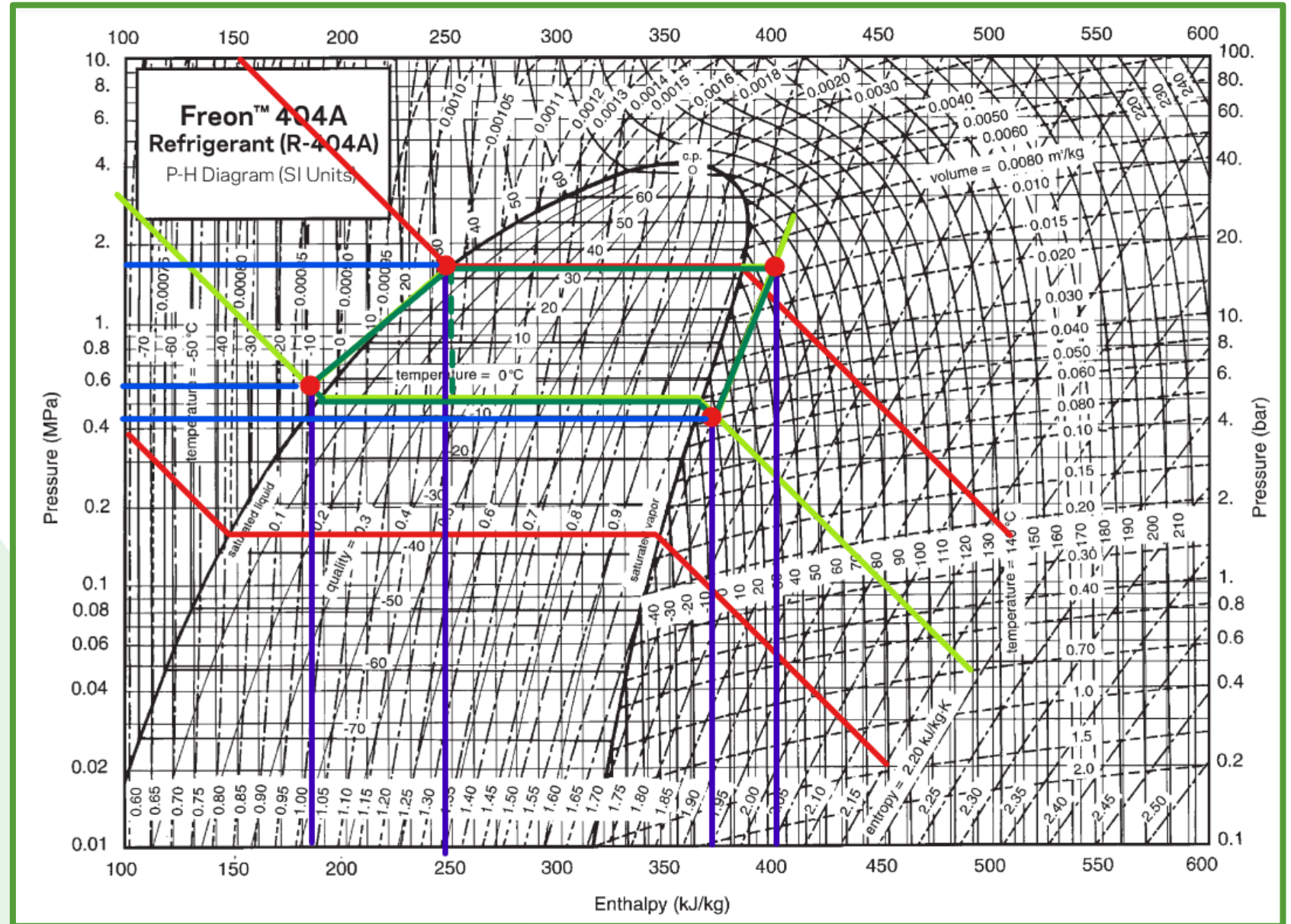
$$h_2 := 370 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \quad \text{salida del evaporador}$$

$$h_3 := 405 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \quad \text{salida del compresor}$$

$$h_4 := 250 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\text{COP} := \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2} = 5.286$$

$$\text{ER} := h_2 - h_1 = 185 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$





Bomba de Agua

Volumen de entrada

$$V1 = 30 \text{ L}$$

Tiempo estimado

$$t = 120 \text{ (s)}$$

Caudal

$$Q = \frac{V1}{t} = \frac{30}{120} = 0.00025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Altura Manométrica (H)

Altura de succión

$$h1 = 0.8 \text{ m}$$

Altura de Impulsión

$$h2 = 1.40 \text{ m}$$

Altura Geométrica

$$h3 = h1 + h2 = 0.8 + 1.40 = 2.20 \text{ m}$$

Diámetro Tubería

$$d_{in} = 12.7 \text{ mm}$$

Perdidas

Codo de 90° = 1

$$P_{codo90^\circ} = 5 \text{ m}$$

Altura Manométrica:

$$H = h.3 + P_{codo90^\circ} = 2.2 + 5 = 7.2 \text{ m}$$

Potencia Requerida

Datos:

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\eta = 0.86$$

$$P = \frac{g * \rho * Q * H}{\eta} = 20.53 \text{ W}$$

Potencia Comercial:

$$\frac{P_1}{8} = 93.21 \text{ W}$$

Potencia Seleccionada:

$$P_{lav} = 35 \text{ W}$$





Construcción

Figuras Geométricas

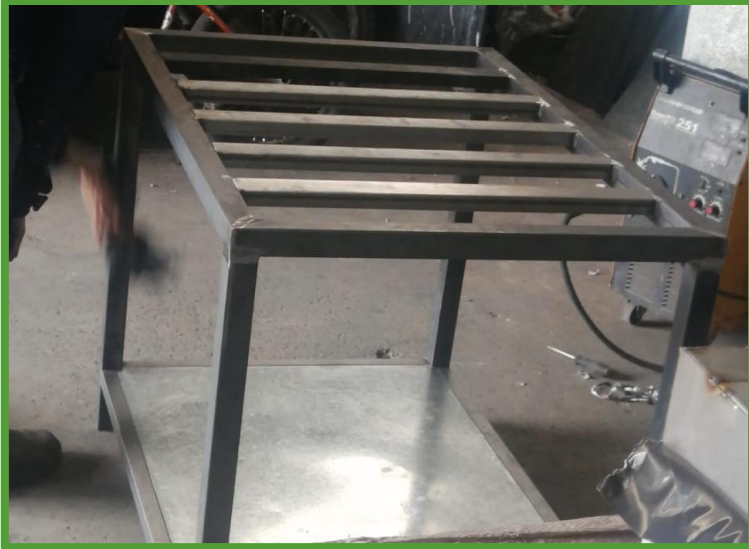
CONSTRUCCIÓN





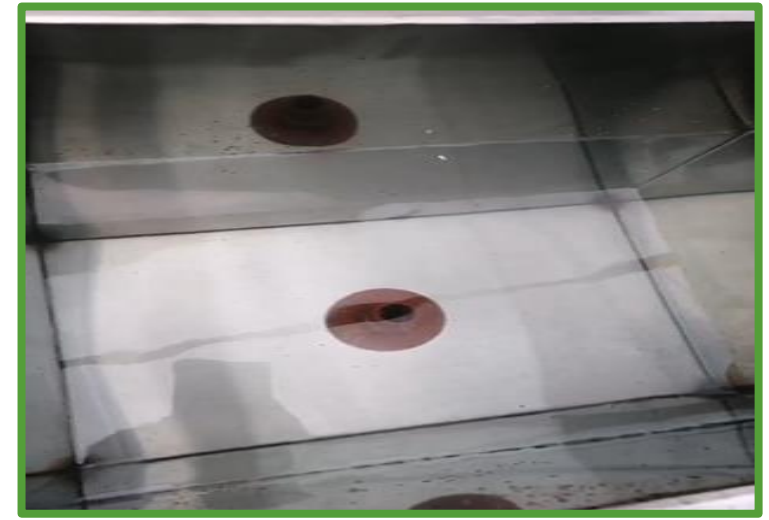
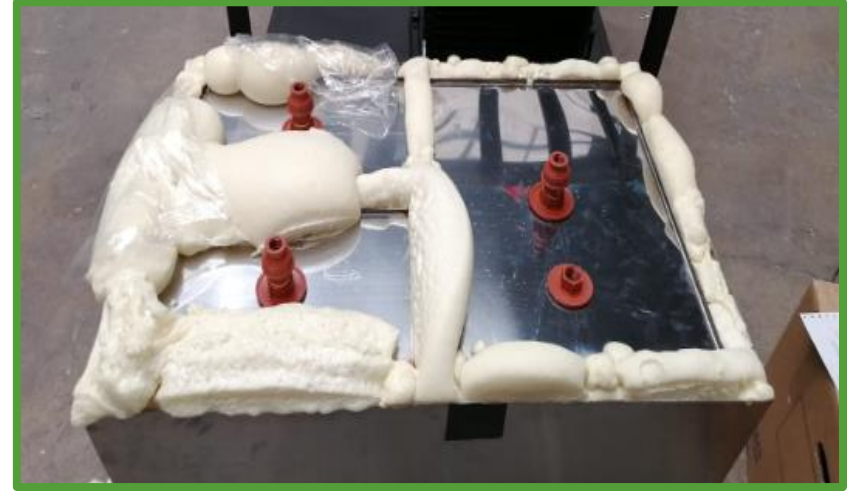
CONSTRUCCIÓN

Construcción Estructura Metálica





Construcción Tubería y Aislamiento





Construcción Sistema de Refrigeración

CONSTRUCCIÓN



MHBP



Grupos de condensación específicos*

MODELO	POTENCIA FRIGORIFICA 43° amb., 18° exterior., 24° interior. Temperatura de evaporación (°C)							POT. FRIGD. ENTREGA T _e -28°C		P. int. (kVA) + 10%	Carga total refrig. m³/h	Vol. Dep.	Diámet. Tub.		Peso total bruto Kg	N.º Torn.	Inclinación máx. según código norma	
	-25°	-18°	-10°	-5°	0°	5°	18°	Rend. (W)	COP (kW)				Asp.	De al.			F2	T2
CAJTA/T38023MR	429	748	804	1183	1378	1634	2245	1299	1,69	38	1130	1,50	1,2"	3/8"	3740	M300	7,3	3,4
CAJTA/T381023MR	548	827	1168	1426	1711	2025	2781	1827	1,74	39	1180	1,50	5/8"	3/8"	4241	M320	9,2	3,4





Construcción Serpentín





CONSTRUCCIÓN

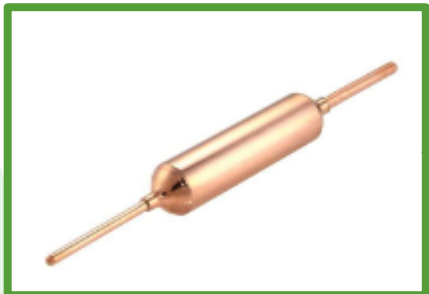
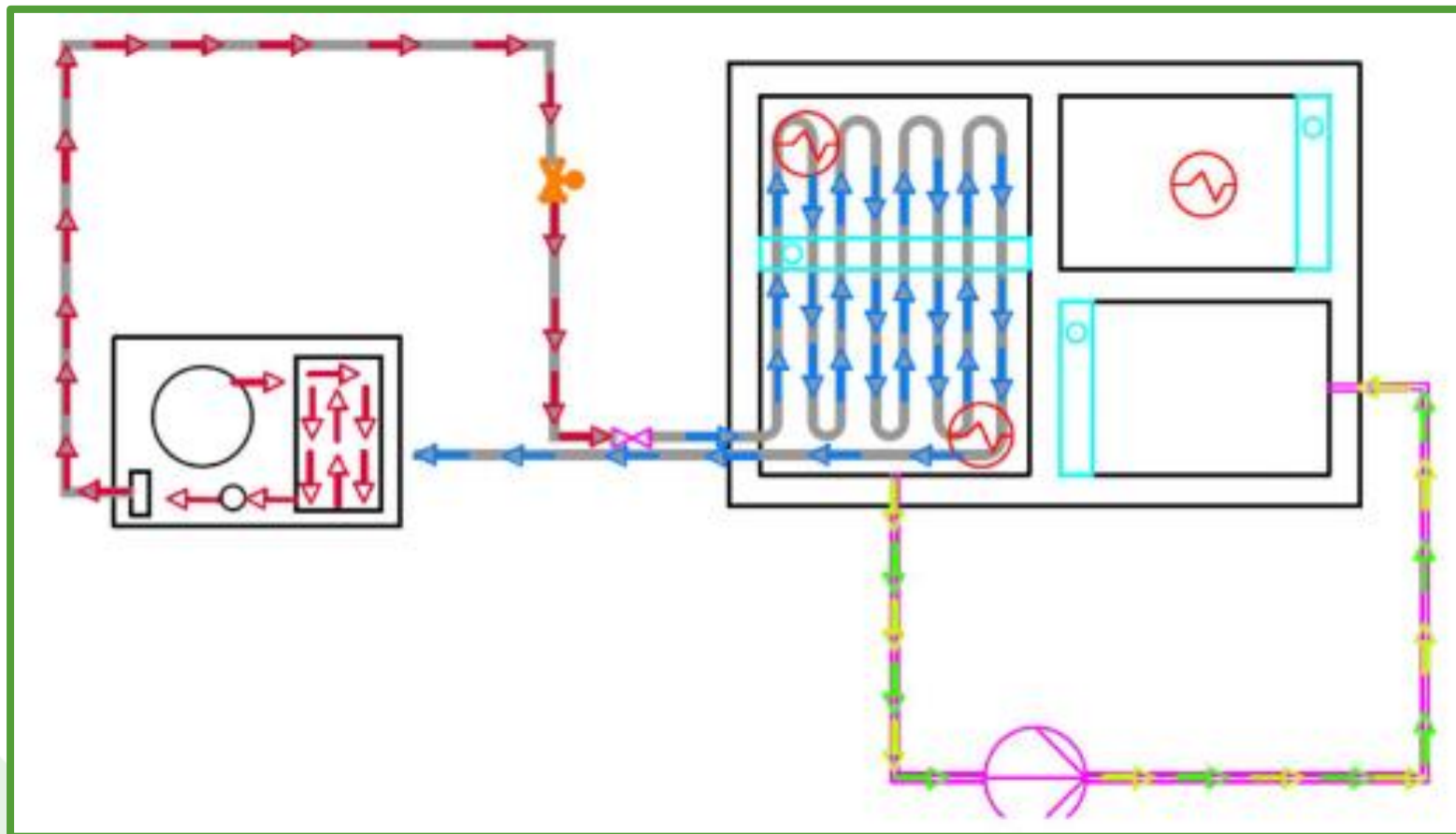




Diagrama P&ID del Sistema de Refrigeración





Construcción Complementos





Adquisición de Datos

Diseño Sist. Eléctrico

Diagrama de potencia

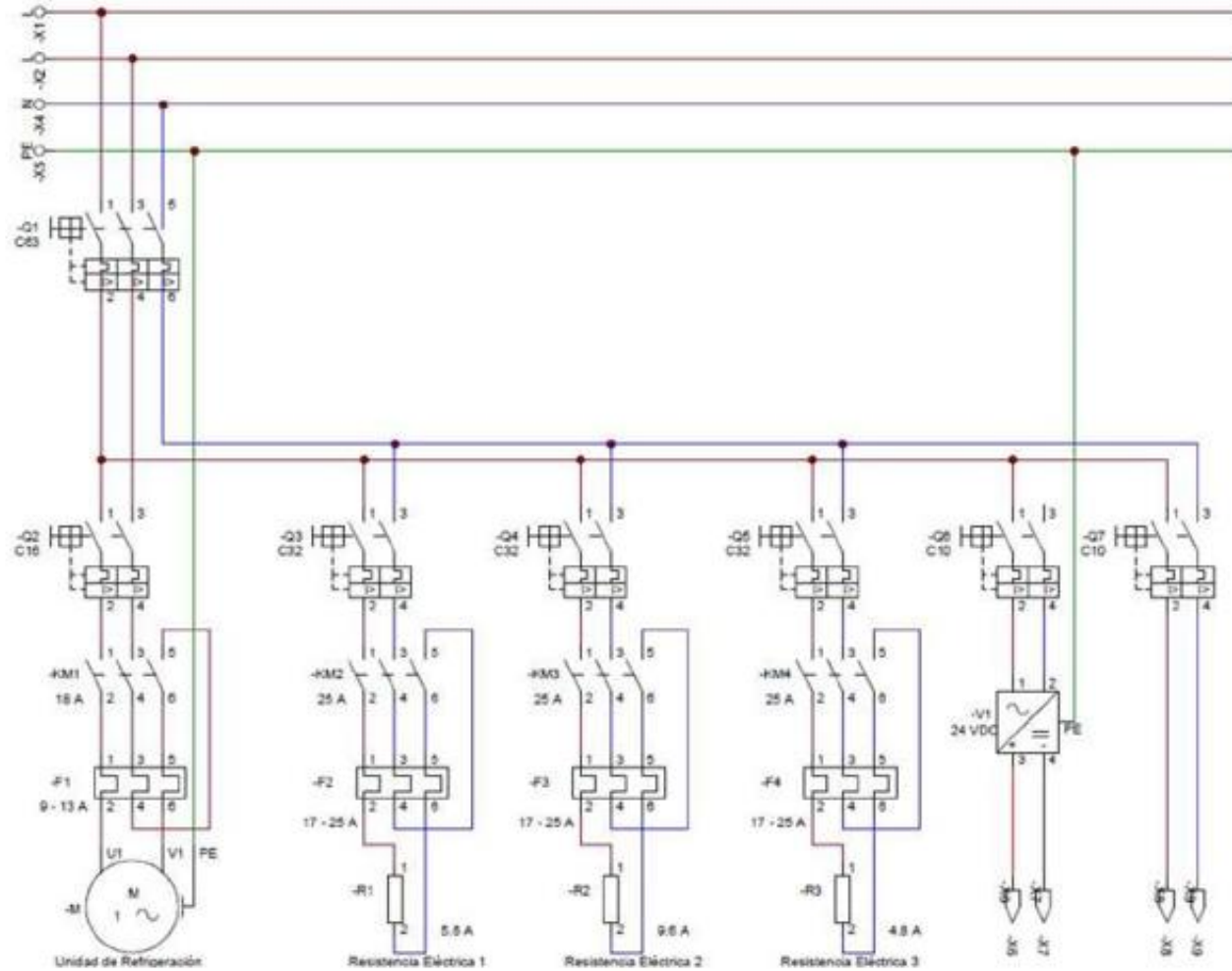
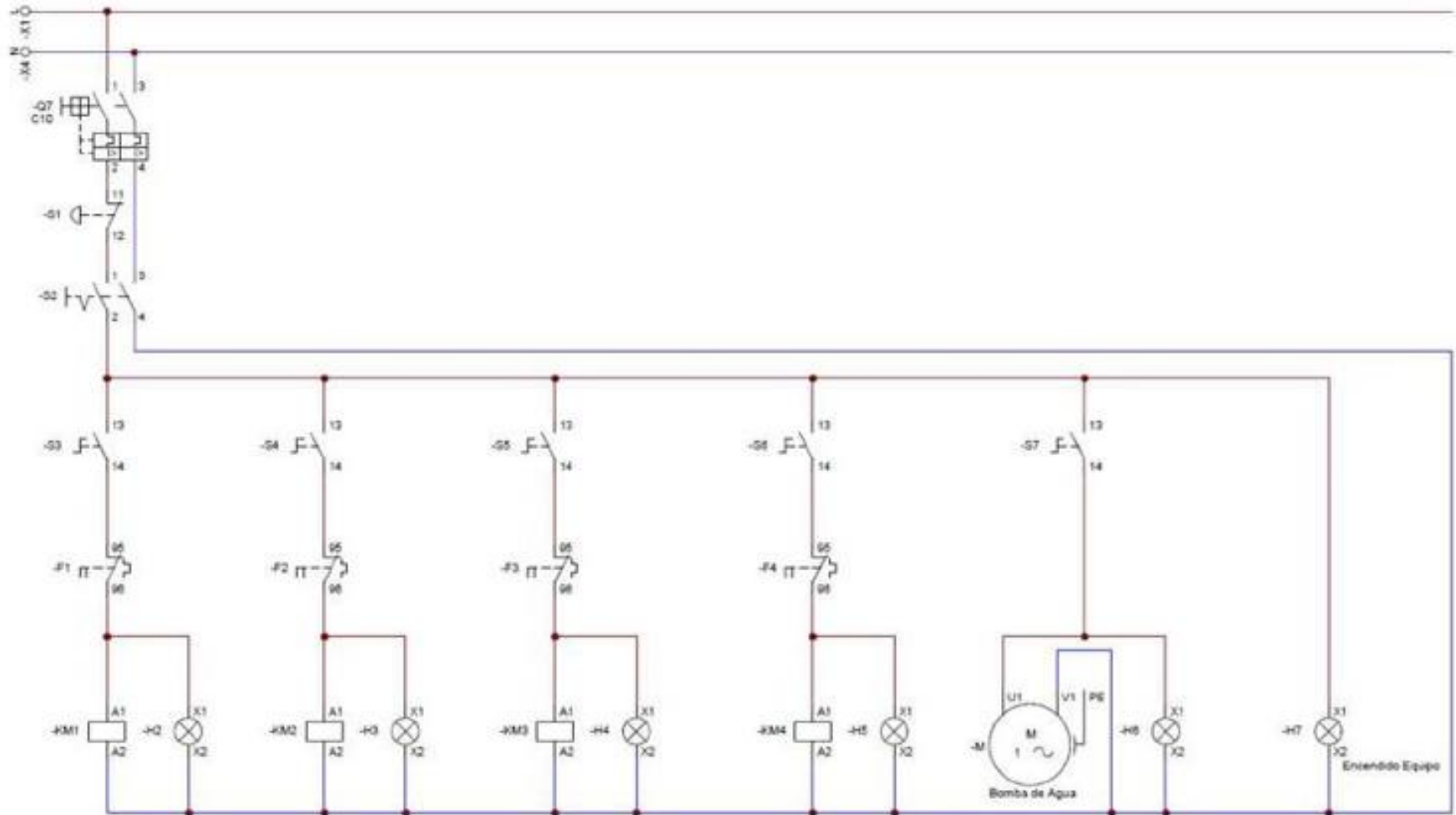




Diagrama de mando





Identificación de Actuadores

Datos compresor Sist. de refrigeración

Característica	Especificación
Voltaje Nominal	208-220V
Frecuencia	60 Hz
Amperaje de carga Nominal (RLA)	7.5 A
Refrigerante	R404a

$$I_{\text{carga}} = 0.32 \text{ A}$$

$$I_{\text{conductor}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{termomagnético}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25(7.5 \text{ A})$$

$$I_{\text{conductor}} = 9.375 \text{ A}$$

$$F_t = 1$$

$$F_a = 70\%$$

$$I_{\text{carga}} = \frac{I_{\text{carga}}}{(F_t \times F_a)}$$

$$I_{\text{carga-f}} = \frac{7.5}{(1 \times 0.7)}$$

$$I_{\text{carga-f}} = 10.72 \text{ A}$$

∴ El conductor seleccionado según la I_{carga} es un AWG 18 THHN

∴ El termomagnético seleccionado según la I_{carga} es de 16 A



Datos resistencia eléctrica 1

Característica	Especificación
Potencia	2KW
Voltaje Nominal	127 v
Corriente Nominal	15.75 A

$$I_{\text{carga}} = 15.75 \text{ A}$$

$$I_{\text{conductor}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{termomagnético}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25(15.75 \text{ A})$$

$$I_{\text{conductor}} = 19.7 \text{ A}$$

$$F_t = 1$$

$$F_a = 70\%$$

$$I_{\text{carga-f}} = \frac{I_{\text{carga}}}{(F_t \times F_a)}$$

$$I_{\text{carga-f}} = \frac{15.75}{(1 \times 0.7)}$$

$$I_{\text{carga-f}} = 22.5 \text{ A}$$

∴ El conductor seleccionado según la I_{carga} es un AWG 14 THHN

∴ El termomagnético seleccionado según la I_{carga} es de 25 A



Datos bomba de agua

Característica	Especificación
Potencia	35 w
Voltaje Nominal	110 v
Corriente Nominal	0.32 A

$$I_{\text{carga}} = 0.32 \text{ A}$$

$$I_{\text{conductor}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{termomagnético}} \geq 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25 I_{\text{carga}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1.25(0.32 \text{ A})$$

$$I_{\text{conductor}} = 0.4 \text{ A}$$

$$F_t = 1$$

$$F_a = 70\%$$

$$I_{\text{carga}} = \frac{I_{\text{carga}}}{(F_t \times F_a)}$$

$$I_{\text{carga}} = \frac{0.4}{(1 \times 0.7)}$$

$$I_{\text{car}} = 0.6 \text{ A}$$

∴ El conductor seleccionado según la I_{carga} es un AWG 18 SPT

∴ El termomagnético seleccionado según la I_{carga} es de 10 A



Diseño Sist. Adquisición de Datos





ECUADOR

SISTEMA ADQUISICIÓN DE DATOS



la primera fila de izquierda a derecha encontramos:

- Interruptor termomagnético
- Repartidor de carga
- PLC (módulo principal)
- Módulos de expansión
- Fuente de alimentación

Segunda fila

- Breaker de las resistencias de 32A
- Breaker 10^a X2 (Fuente DC, Mando)
- Borneras de alimentación

Tercera fila

- Contactores resistencias
- Relé térmico
- Borneras tierras
- Borneros sensores

Cuarta fila

- Borneras conexiones actuadores
- Borneras Termocuplas

Selección de Instrumentación



Tabla de decisión para la selección del controlador

Parámetro	Escala (0-10)	Ponderación n 100%	Arduino UNO	Sm 1231 de Sieme-s	PLC modular DVP20SX2
Núm. entradas analógicas	10	40	$8/0.4=3.2$	$10/0.4=4$	$9/0.4=3.6$
Disponibilidad en el mercado	10	25	$7/0.25=1.75$	$8/0.25=2$	$8/0.25=2$
Tipo de entrada analógica 4-20mA	10	5	$7/0.05=0.35$	$7/0.05=0.3$ 5	$9/0.05=0.4$ 5
Programación	10	5	$8/0.05=0.4$	$7/0.05=0.3$ 5	$9/0.05=0.4$ 5
Costo	10	20	$10/0.2=2$	$5/0.2=1$	$9/0.2=1.8$
Facilidad de instalación	10	5	$8/0.05=0.4$	$7/0.05=0.3$ 5	$10/0.05=0.2$ 2
Puntuación total		100	8.1	7.9	8.4



Tabla de decisión para el sensor de temperatura figuras geométricas

Parámetros	Escala	Ponderación	Equipo		
			Tipo K	Tipo J	Tipo T
Precisión	10	50	$10 \times 0,5 = 5$	$4 \times 0,5 = 2,5$	$3 \times 0,5 = 1,5$
Rango de Temperatura	10	30	$7 \times 0,3 = 2,1$	$4 \times 0,3 = 1,5$	$9 \times 0,3 = 2,7$
Disponibilidad en el Mercado	10	20	$10 \times 0,2 = 2$	$8 \times 0,2 = 1,6$	$6 \times 0,2 = 1,2$
Puntuación total		100	9,1	5,6	5,4

Características de la termocupla tipo K

Característica	Descripción
Voltaje de alimentación	24 VDC
Rango de temperatura	0 a 600 °C
Tipo de sensor	Tipo K
material de sonda	



Tabla de decisión para la selección de sensores

Parámetros	Escala	Ponderación	Equipo		
	0-10		%	PT100	PT500
Costo	10	40	$10 \times 0,4 = 4$	$5 \times 0,4 = 2$	$3 \times 0,4 = 1,2$
Precisión	10	30	$3 \times 0,3 = 0,9$	$5 \times 0,3 = 1,5$	$10 \times 0,3 = 3$
Disponibilidad en el Mercado	10	20	$10 \times 0,2 = 2$	$5 \times 0,2 = 1$	$3 \times 0,2 = 0,6$
Rango de Temperatura	10	10	$10 \times 0,1 = 1$	$10 \times 0,1 = 1$	$5 \times 0,1 = 0,5$
Ponderación Total		100	7,9	5,5	5,3

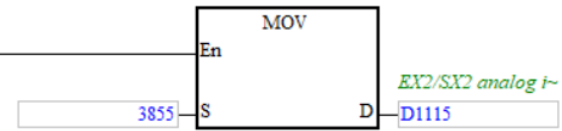
Características del PT100

Característica	Descripción
Voltaje de alimentación	24 VDC
Rango de temperatura	-50 a 150 °C
Salida	4 – 20 mA
Modelo	HDT500
Tipo de sensor	PT100
material de sonda	Acero inox 306L
Rango de precisión	0.2 °C
Nivel de protección	IP65



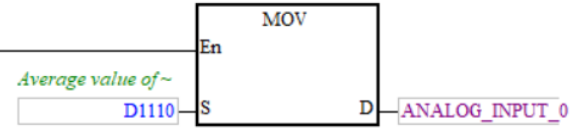
Network 2

CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS 4 -20 mA



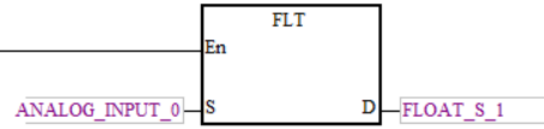
Network 3

ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS DEL SENSOR 1



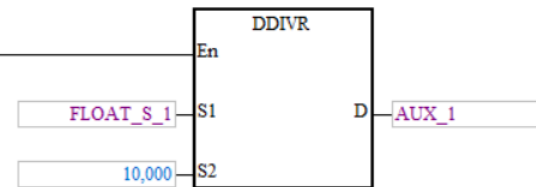
Network 4

CONVERSIÓN DE ENTERO A FLOTANTE DEL VALOR DEL SENSOR 1

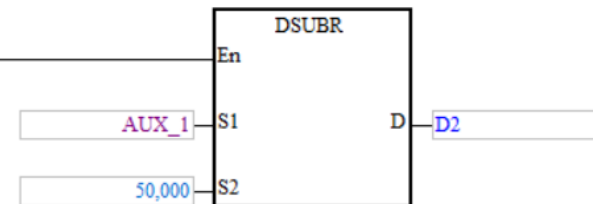


Network 5

ESCALAMIENTO DEL SENSOR PT100 (1)



Network 6

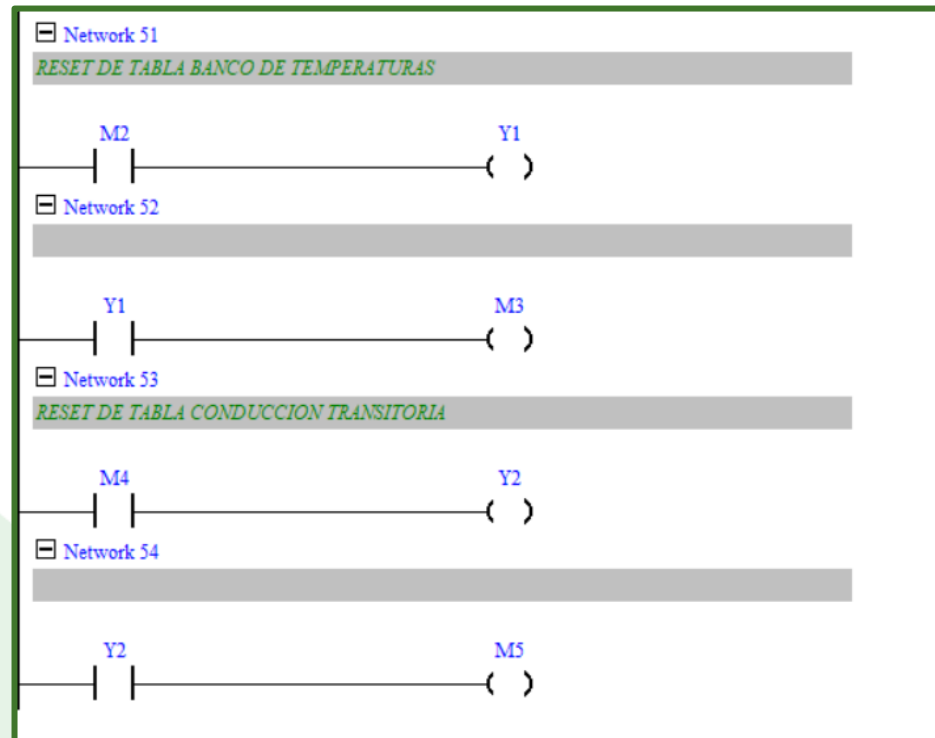
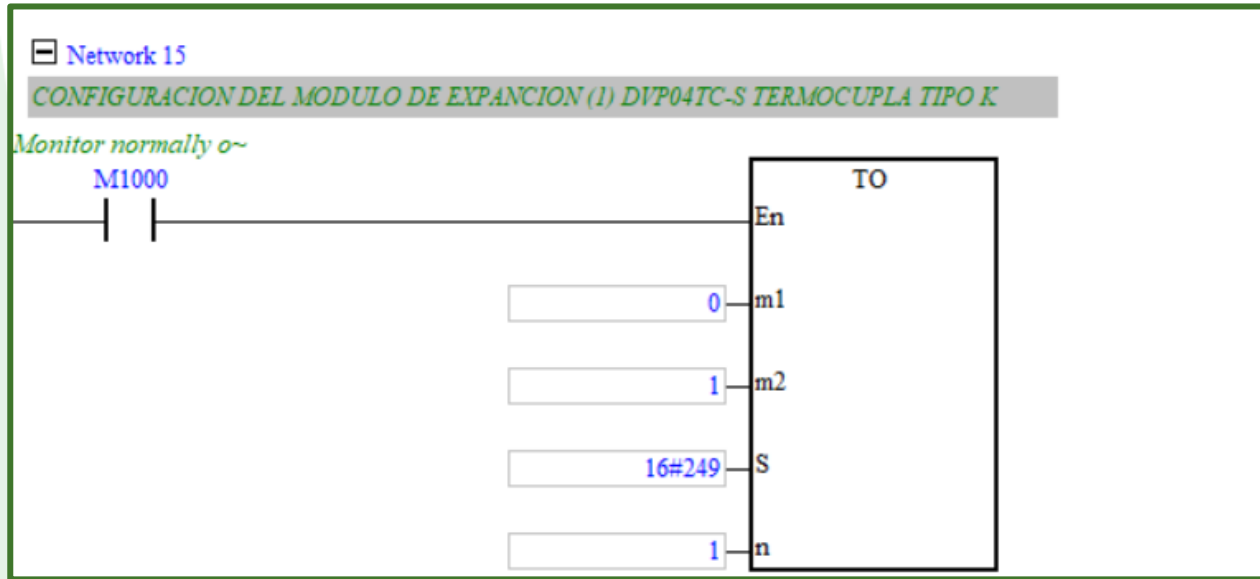


Programación PLC

Configuración de entradas y almacenamiento de datos



SISTEMA ADQUISICIÓN DE DATOS



Asignación para el reseteo de la tabla de datos



Configuración IP

Programación Interfaz

HMI Attribute

HMI System Information Text | Security Levels Setting | User Permissions Setting | Historical Events Storage | Print Setting
Internet Time Synchronization/summer time | Mail | COM0 Setting | COM2 Setting | Extended Memory
HMI | Task Bar | HMI License Setting | HMI Extended Attributes

Network Setting

Enable FTP Password: 888888 Network Device Setting
Data Transmission Setting

Multi route cross network segment System Param Setting

Network 0 Setting

IP: 192 . 168 . 0 . 253 Subnet Mask: 255 . 255 . 255 . 0 Default Gateway: 192 . 168 . 0 . 1
DNS1: 0 . 0 . 0 . 0 DNS2: 0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

Network 1 Setting

IP: 192 . 168 . 1 . 253 Subnet Mask: 255 . 255 . 255 . 0 Default Gateway: 192 . 168 . 0 . 1
DNS1: 0 . 0 . 0 . 0 DNS2: 0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

Wi-Fi Setting

IP: 192 . 168 . 2 . 253 Subnet Mask: 255 . 255 . 255 . 0 Default Gateway: 192 . 168 . 0 . 1
DNS1: 0 . 0 . 0 . 0 DNS2: 0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

Display Setting

PLC Attribute

PLC

Station No. 1

Network Ports Setting

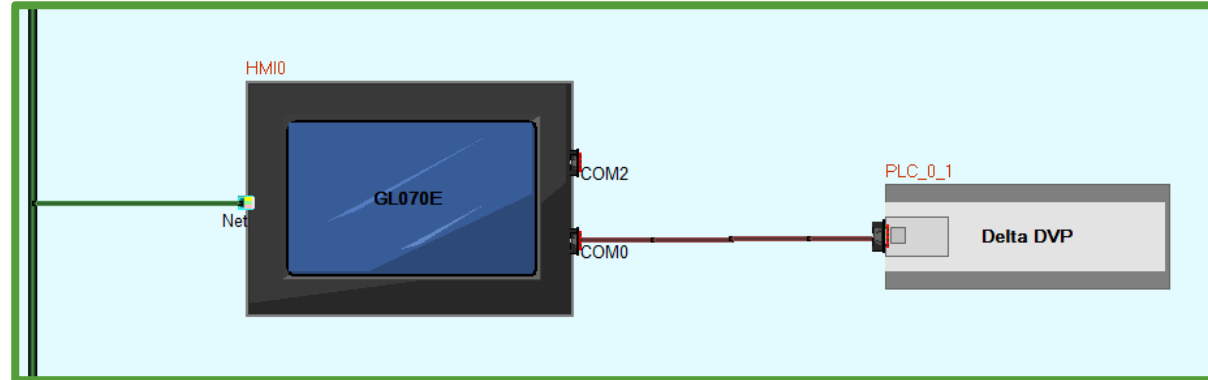
IP: 192 . 168 . 0 . 2 advanced settings

Port: 502



Programación Interfaz

Red de comunicación PLC – HMI



Pantalla de inicio HMI

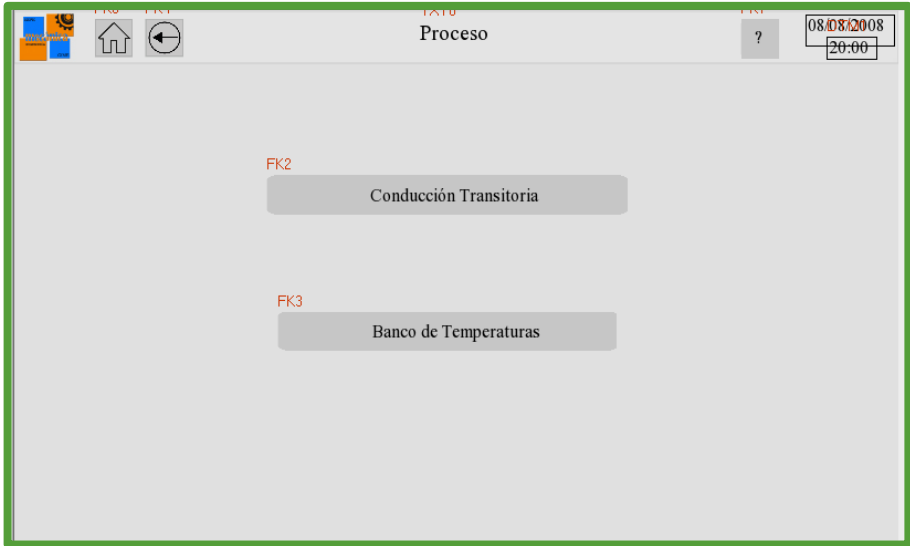




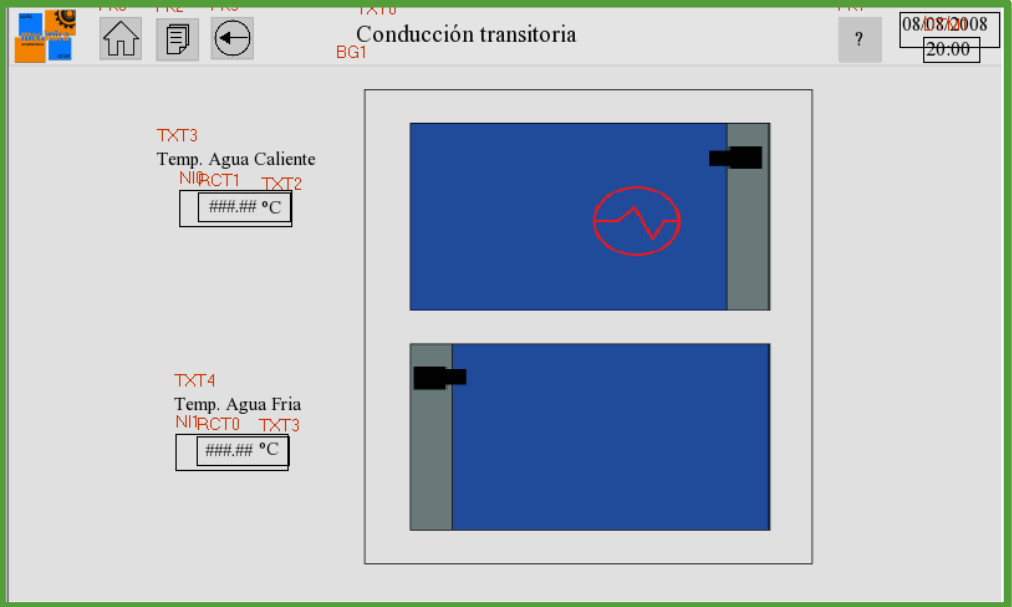
ECUADOR

Programación Interfaz

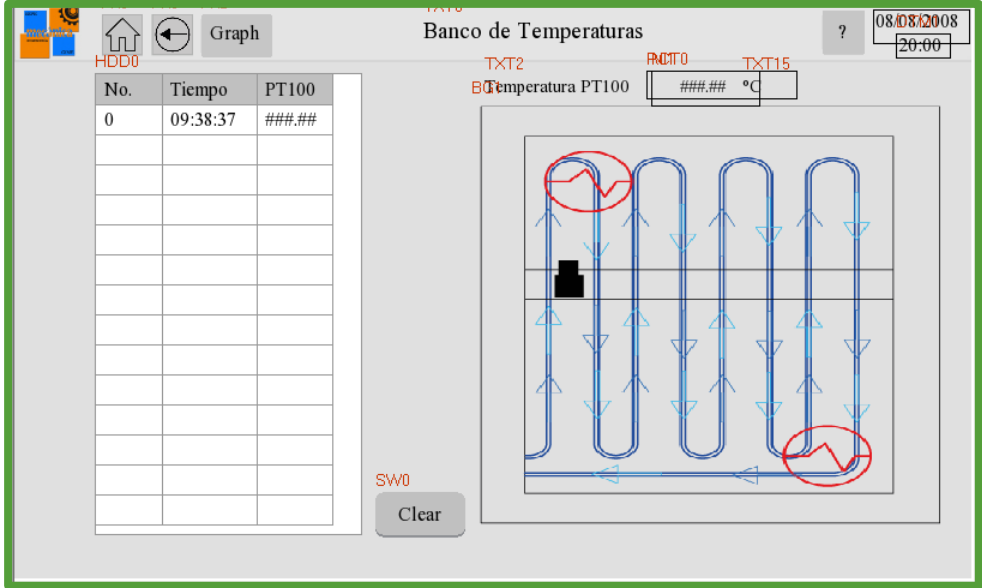
Menú de procesos



Conducción Transitoria



Banco de temperaturas





ECUADOR

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Resultados de las pruebas

Tabla de datos acero

Cilindro				Cubo				Esfera			
Subida		Bajada		Subida		Bajada		Subida		Bajada	
Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura
0	27	34	50	0	25,4	0	50,2	0	26,2	0	50,4
14	32,2	48	45	13	29,7	3	45	12	30,5	4	45
28	37	61,8	40,1	18	35,2	7	40	15	34,6	11	40,2
47	42	72	35,2	23	40,6	12	35,2	20	40,3	27	35,1
65,6	47,1	85,8	29,9	30	45,5	22	30,2	27	45,6	50	29,9
119	50	127,2	25	36	50,1	36	24,9	36	50,2	79	25,1

Tabla de datos aluminio

Cilindro				Cubo				Esfera			
Subida		Bajada		Subida		Bajada		Subida		Bajada	
Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura
0	25,1	12	50,2	0	26,3	0	50	0	256	0	50,1
4	29,5	20	44,8	11	30,5	2	45,8	5	30	3	44,8
8	35,1	27	39,8	15	35,8	6	39,7	9	35	7	39,6
14	39,8	36	34,9	17	40,1	10	34,9	12	40,9	12	35,2
20	45,2	47	29,9	21	46	16	30	16	45,9	23	30,1
32	50,2	61,2	24,9	25	50,4	27	25	21	50,6	41	25

Tabla de datos bronce

Cilindro				Cubo				Esfera			
Subida		Bajada		Subida		Bajada		Subida		Bajada	
Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura
0	25	18	50	0	28,2	0	50	0	24,5	0	50,3
7	30,2	25	45,2	4	29,9	3	44,1	8	30,4	4	45,4
13	35,4	35	39,7	9	35,3	6	40,5	11	35,8	7	39,7
19	40,1	47	35,2	13	41	11	35,4	14	39,6	11	35,3
28	45,2	61,8	29,9	18	44,6	22	29,8	19	45,5	20	30,1
41	50,1	73,8	25,1	20	50	40	25,1	26	49,9	42	25,1



Cálculos y Gráficos de Resultados

CÁLCULOS Y GRÁFICOS DE RESULTADOS

Figuras Geometricas

Esferas

$$\rho = 7854 \text{ Kg/m}^3$$

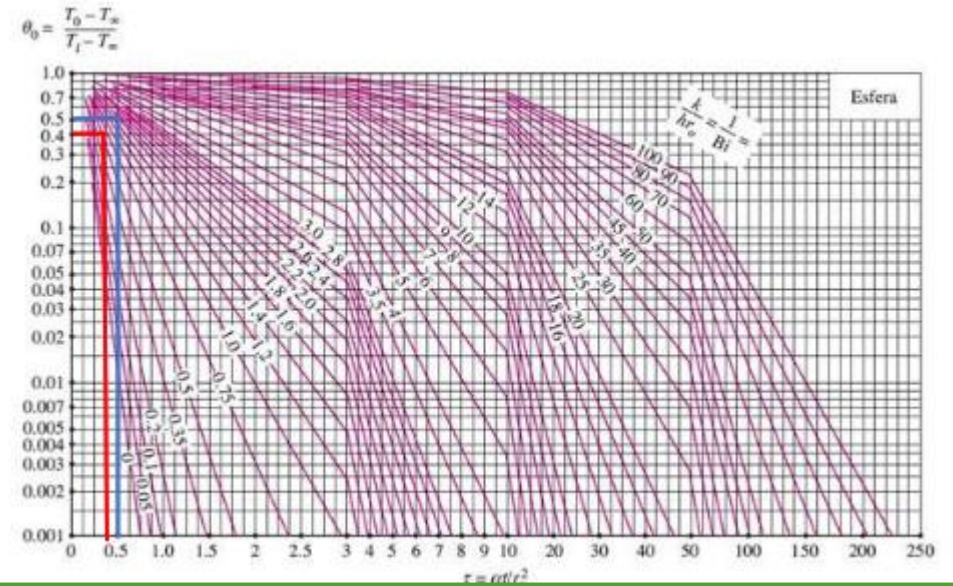
$$Cp_{a 300^\circ K} = 434 \left[\frac{J}{kg^\circ K} \right]$$

$$Cp_{a 400^\circ K} = 487 \left[\frac{J}{kg^\circ K} \right]$$

$$\alpha = 17.7 \cdot 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$h = \frac{\rho C_p L_C}{t} \ln \left(\frac{T_i - T_\infty}{T - T_\infty} \right)$$

$$T_m = \frac{(57 + 2.5)^\circ C}{2} + 273 = 303^\circ K$$



$$Cp = \frac{(T - T_{300})}{(T_{400} - T_{300})} (Cp_{a 400^\circ K} - Cp_{a 300^\circ K}) + Cp_{a 300^\circ K}$$

$$Cp = \frac{(303 - 300)}{(400 - 300)} (487 - 434) + 434 = 435.59 \left[\frac{J}{kg^\circ K} \right]$$

$$h_1 = \frac{7854 \cdot 435.59 \cdot 0.00833}{12} \ln \left(\frac{26.2 - 57}{30.5 - 57} \right) = 357.25 \left[\frac{W}{m^2^\circ K} \right]$$

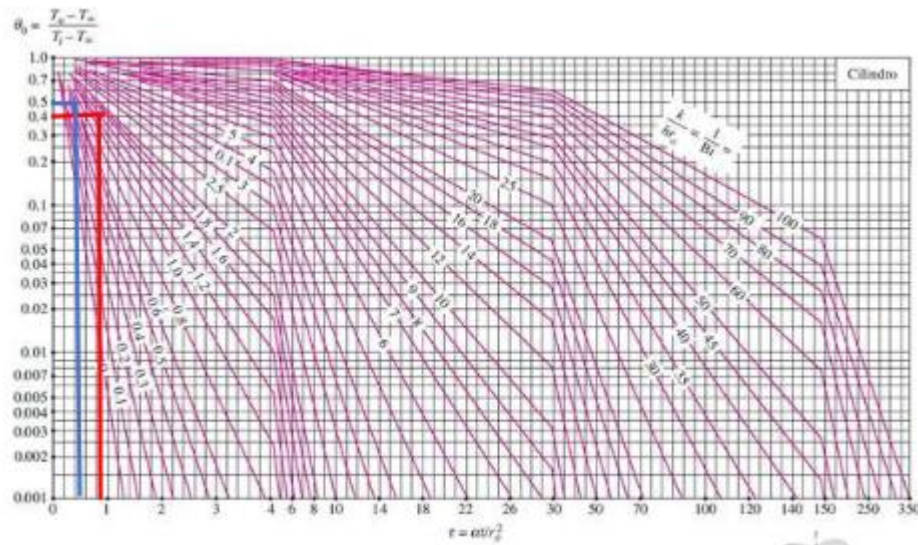
$$h_{prom \text{ ascenso}} = \frac{h_1 + \dots + h_6}{6} = 816.16 \left[\frac{W}{m^2^\circ K} \right]$$

Temp [°C]	Tiempo ascenso[s]	k	Error %
26,2	0		
30,5	12	62,38	3,30
34,6	15	58	3,95
40,3	20	58,86	2,53
45,6	27	60,36	0,04
50,2	36	62,74	3,90
Promedio			2,74

Temp [°C]	Tiempo descenso[s]	k	Error %
50,4	0		
45	4	63,32	4,86
40,2	11	60,74	0,59
35,1	27	60,37	0,03
29,9	50	61,05	1,10
25,1	79	57,52	4,75
Promedio			2,26



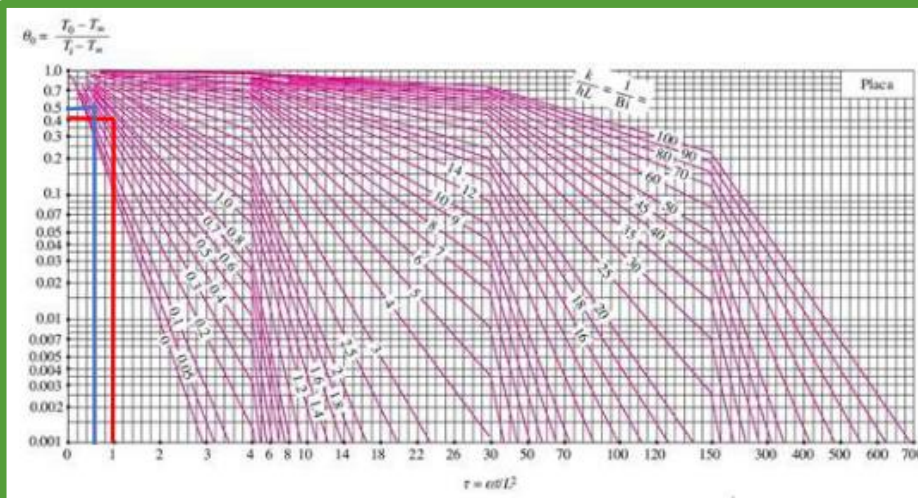
Cilindro



Temp [°C]	Tiempo ascenso[s]	k	Error %
27	0		
32,2	14	61,21	1,36
37	28	57,5	4,78
42	47	63,2	4,66
47,1	65,6	61,17	1,30
50	119	59,1	2,13
Promedio			2,85

Temp [°C]	Tiempo descenso[s]	k	Error %
50	0		
45	14	59,64	1,24
40,1	27,8	60,75	0,60
35,2	38	57,58	4,65
29,9	51,8	61,49	1,83
25	93,2	60,21	0,29
Promedio			1,72

Cubo



Temp [°C]	Tiempo ascenso[s]	k	Error %
25,4	0		
29,7	13	60,87	0,80
35,2	18	59,34	1,73
40,6	23	62,22	3,04
45,5	30	61,27	1,46
50,1	36	63,30	4,83
Promedio			2,37

Temp [°C]	Tiempo descenso[s]	k	Error %
50,2	0	-	-
45	3	63,39	4,97
40	7	59,69	1,15
35,2	12	60,04	0,57
30,2	22	58,61	2,94
24,9	36	58,12	3,75
Promedio			2,86



ECUADOR

Banco de Temperaturas

Tabla de resultados banco de temperaturas

	Tiempo	Mercurio	PT100 °C	Termómetro de carátula	Termómetro Bimetálico Digital	Termocupla tipo K
Calentamiento 1	1	25	24,8	20	24,6	25,4
Calentamiento 2	2	30	29,6	24	29,6	31,3
Calentamiento 3	3	35	34,7	30	34,8	38,8
Calentamiento 4	4	40	39,8	35	40,3	45,4
Calentamiento 5	5	45	44,6	40	45,4	51,6
Calentamiento 6	6	50	49,7	45	49,6	57,6
Calentamiento 7	7	55	54,3	50	54,5	64
Calentamiento 8	8	60	59,7	55	60,4	70,4
Calentamiento 9	9	65	64,7	60	64,6	76,4
Enfriamiento 1	1	60	60	57	60,9	70,6
Enfriamiento 2	2	55	54,5	50	54,7	63,7
Enfriamiento 3	3	50	48,9	45	48,7	55,1
Enfriamiento 4	4	45	45,3	39	44,8	48,7
Enfriamiento 5	5	40	39,7	36	39,7	43
Enfriamiento 6	6	35	34,8	30	35	37,7
Enfriamiento 7	7	30	29,7	25	30,5	30,8
Enfriamiento 8	8	25	24,9	20	24,7	24,7
Enfriamiento 9	9	20	19,6	14	19,5	17,7



ECUADOR

CÁLCULOS Y GRÁFICOS DE RESULTADOS

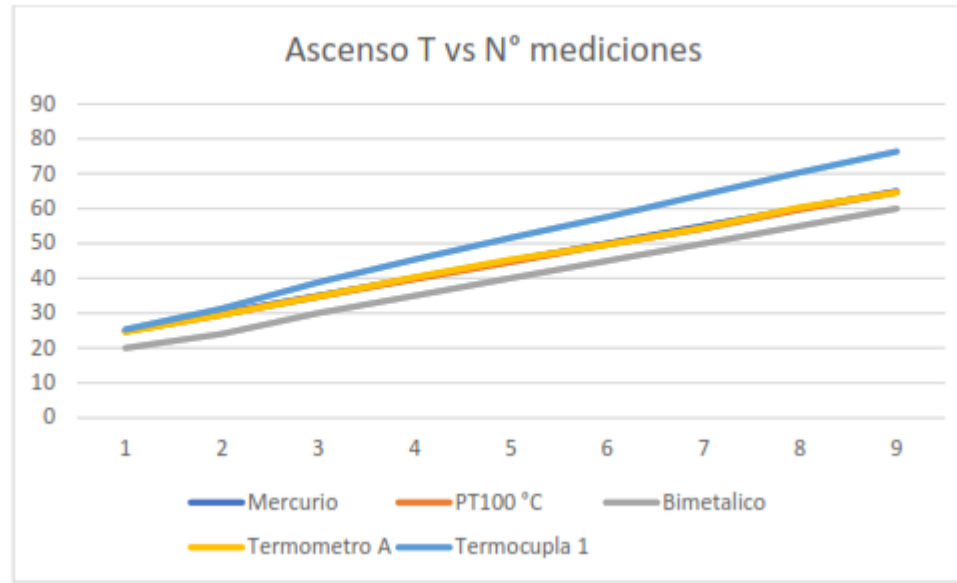
	Mercurio	PT100 °C	Error r%	Termómetro de caratula	Error r%	Termómetro Bimetálico Digital	Error r%	Termocupla tipo K	Error r%
Calentamiento 1	25	24,8	0,80	20	20,00	24,6	1,60	25,4	1,60
Calentamiento 2	30	29,6	1,33	24	20,00	29,6	1,33	31,3	4,33
Calentamiento 3	35	34,7	0,86	30	14,29	34,8	0,57	38,8	10,86
Calentamiento 4	40	39,8	0,50	35	12,50	40,3	0,75	45,4	13,50
Calentamiento 5	45	44,6	0,89	40	11,11	45,4	0,89	51,6	14,67
Calentamiento 6	50	49,7	0,60	45	10,00	49,6	0,80	57,6	15,20
Calentamiento 7	55	54,3	1,27	50	9,09	54,5	0,91	64	16,36
Calentamiento 8	60	59,7	0,50	55	8,33	60,4	0,67	70,4	17,33
Calentamiento 9	65	64,7	0,46	60	7,69	64,6	0,62	76,4	17,54
		Error Prom.	0,80	Error Prom.	12,56	Error Prom.	0,90	Error Prom.	12,38

Enfriamiento 1	60	60	0,00	57	5	60,9	1,50	70,6	17,67
Enfriamiento 2	55	54,5	0,91	50	9,09	54,7	0,55	63,7	15,82
Enfriamiento 3	50	48,9	2,20	45	10,00	48,7	2,60	55,1	10,20
Enfriamiento 4	45	45,3	0,67	39	13,33	44,8	0,44	48,7	8,22
Enfriamiento 5	40	39,7	0,75	36	10,00	39,7	0,75	43	7,50
Enfriamiento 6	35	34,8	0,57	30	14,29	35	0,00	37,7	7,71
Enfriamiento 7	30	29,7	1,00	25	16,67	30,5	1,67	30,8	2,67
Enfriamiento 8	25	24,9	0,40	20	20,00	24,7	1,20	24,7	1,20
Enfriamiento 9	20	19,6	2,00	14	30,00	19,5	2,50	17,7	11,50
		Error Prom.	0,94	Error Prom.	14,26	Error Prom.	1,25	Error Prom.	9,17

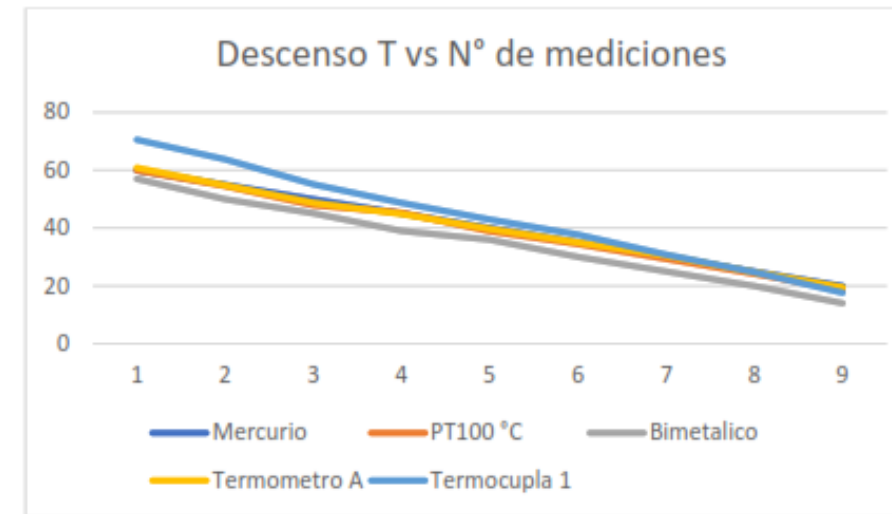
$$Error = \frac{Valor\ teórico - Valor\ real}{Valor\ teórico} * 100$$



Gráfica de temperaturas en ascenso



Gráfica de temperatura en descenso



Ascenso								
Patrón	PT100	Error %	Caratula	Error %	Bimetalico	Error %	Termocupla	Error %
1	0,9999	0,01	0,9995	0,05	0,9994	0,06	0,9994	0,06
Descenso								
Patrón	PT100	Error %	Caratula	Error %	Bimetalico	Error %	Termocupla	Error %
1	0,9998	0,02	0,997	0,3	0,998	0,2	0,9974	0,26



PROYECTO FINAL





CONCLUSIONES

- El proceso de fabricación del equipo ha representado una oportunidad para la aplicación y consolidación de los conocimientos adquiridos en el ámbito de la Ingeniería Mecánica, particularmente en áreas fundamentales como Termodinámica, Transferencia de Calor, Máquinas Térmicas y Estructuras Metálicas.
- La contribución al Laboratorio de Energías de la Universidad de las Fuerzas Armadas mediante la entrega de un equipo renovado y funcional destaca la importancia de la investigación aplicada en la mejora de infraestructuras educativas. Este equipo proporcionará a las generaciones futuras de estudiantes la oportunidad de participar en prácticas más dinámicas y comprensibles, enriqueciendo así su experiencia de aprendizaje.
- La ejecución exitosa de la repotenciación, rediseño térmico y desarrollo de un sistema de adquisición de datos para el banco de temperaturas y conducción transitoria del Laboratorio de Conversión de Energía subraya la capacidad para aplicar los principios teóricos en entornos prácticos y resolver desafíos técnicos complejos de manera efectiva.



- La evaluación del rendimiento actual del equipo y sus componentes evidencia mejoras significativas, con errores de medición inferiores al 5% en comparación con estándares de referencia. Asimismo, se confirma que el equipo cumple con los criterios térmicos necesarios para optimizar las prácticas experimentales, representando una mejora substancial respecto a su versión anterior.
- La implementación de un sistema de refrigeración que satisface los requisitos de temperatura y tiempos necesarios para las prácticas demuestra una eficaz gestión de recursos y tiempos en el laboratorio, lo que contribuye a una mayor eficiencia en las actividades de enseñanza e investigación



RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la ingeniería mecánica y energía, se sugiere explorar nuevas oportunidades para la optimización de equipos y procesos, así como la integración de tecnologías emergentes que puedan mejorar la eficiencia y funcionalidad de los laboratorios.
- El Laboratorio de Energías de la Universidad de las Fuerzas Armadas debe considerar la continua inversión en la actualización y mantenimiento de equipos, así como en la formación del personal técnico, con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de los laboratorios y la calidad de la enseñanza ofrecida.
- Se recomienda la difusión y compartición de los resultados y experiencias obtenidos en este proyecto a través de publicaciones académicas y presentaciones en conferencias, con el propósito de enriquecer el conocimiento en el campo de la ingeniería mecánica y de energía y fomentar el intercambio de buenas prácticas entre la comunidad académica y profesional.



*GRACIAS POR SU
ATENCIÓN*