

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA

“Diseño, construcción e implementación de un horno de curado automatizado para el postratamiento de superficies metálicas aplicadas con pintura electrostática para la empresa Ferroalúvidrio.”

AUTORES: Aragón Cuichan, Cristhian Roberto

Flores Mise, Andrés Guillermo

DIRECTOR: Ing. Olmedo Salazar, José Fernando.

SANGOLQUÍ

2023





Antecedentes y Justificación

Estado del arte

Situación inicial y metodología

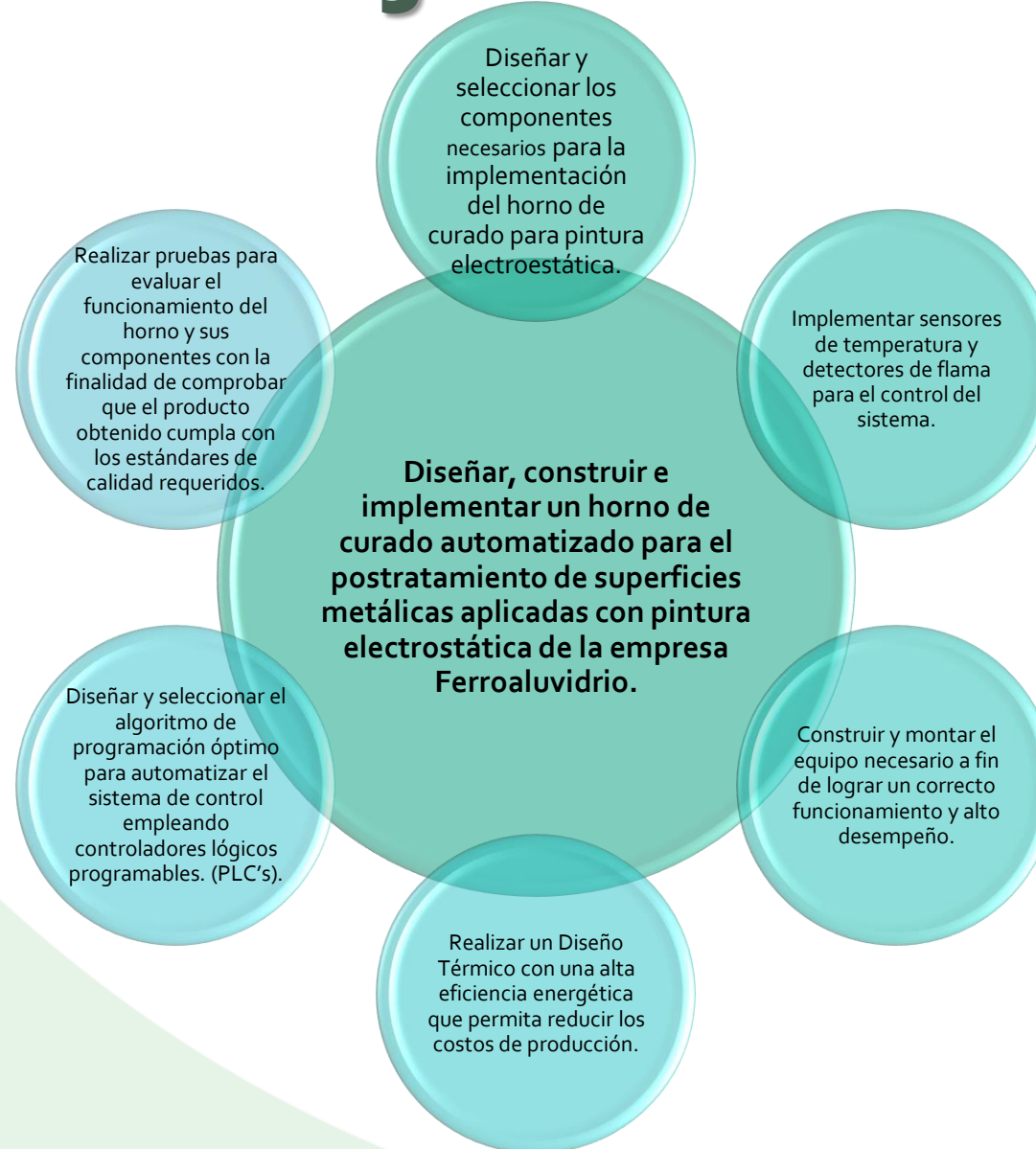
Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Objetivos





Antecedentes

Antecedentes y Justificación

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Enfoque
económico



Enfoque
industrial



Enfoque
tecnológico



Antecedentes y Justificación

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Planteamiento del Problema

Deficiente acabado superficial en trabajos de metalmecánica.

Tiempos de producción muy elevados.

Poco valor agregado en los productos de la empresa.

Perdida de clientes debido a la competencia.

Carencia de procesos de fabricación automatizados

Inversión elevada para la importación de un horno de curado para pintura electrostática



Justificación e Importancia

Antecedentes y Justificación

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- Mejorar e incrementar los procesos de producción en tiempo, calidad y ahorro energético para la empresa Ferroalúvidrio.



- Disminuir los tiempos de producción en el área de pintura.
- Mejorar el acabado superficial del producto final.
- Disminuir el consumo eléctrico y combustible.
- Obtener una capa de pintura fuertemente adherente, insoluble y estable
- Mayores ingresos para la empresa.



Situación inicial

Antecedentes y
Justificación

Estado del arte

Situación inicial y
metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

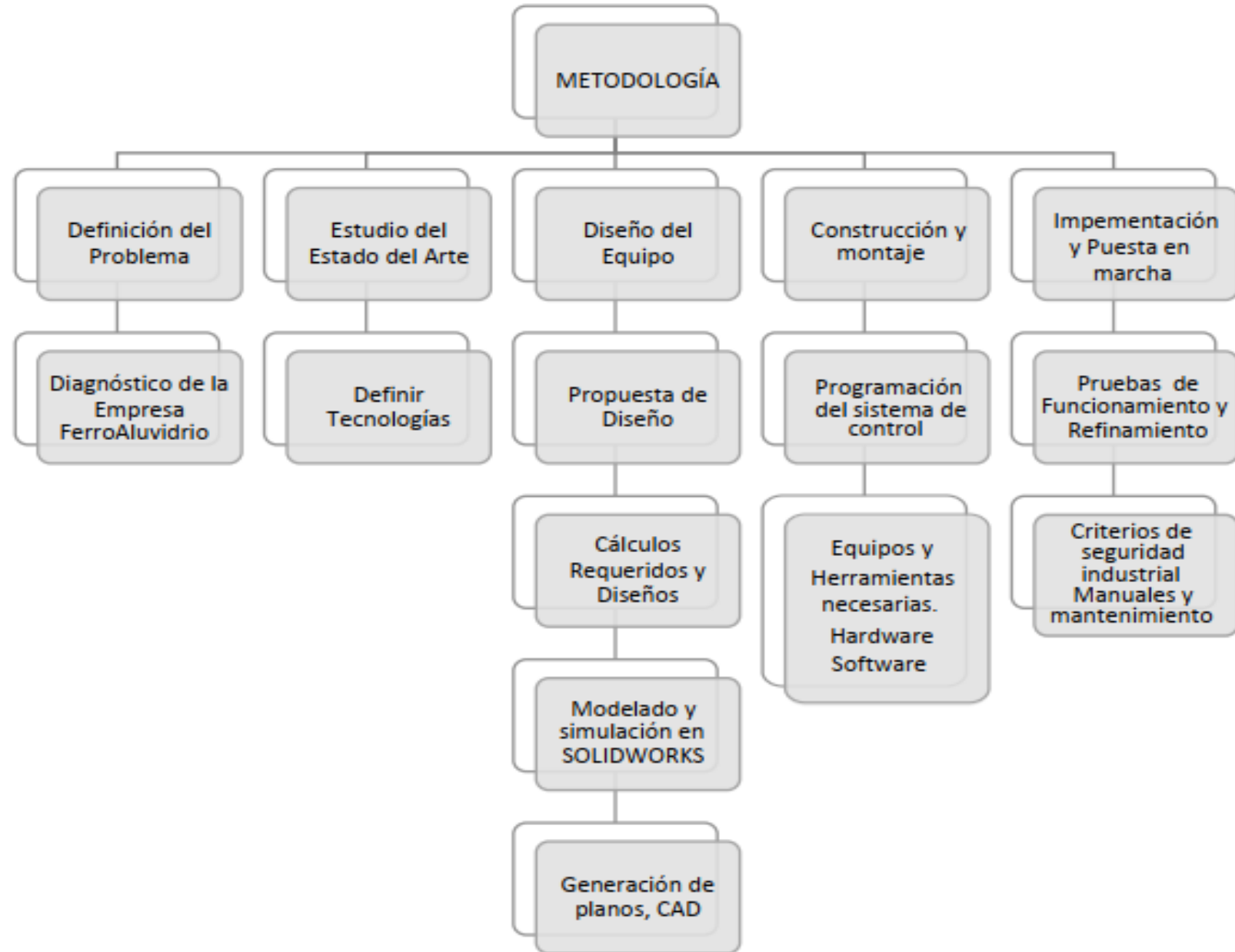
El sistema de pintura electrostática consiste en aplicar tensión a las partículas de pintura en polvo, lo que crea la adherencia de la pintura sobre la superficie a pintar por fuerza electrostática.

En comparación con las pinturas tradicionales, la pintura tiene mejores propiedades, lo que garantiza una mayor durabilidad y resistencia.

Este proyecto se centrará en los hornos de baja temperatura. Esto se debe a que el curado de los recubrimientos a base de polvo electrostáticos es un proceso de polimerización que tiene lugar a temperaturas en el rango de los 200 °C.



MARCO METODOLÓGICO



Antecedentes y Justificación

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño del sistema Subsistema mecánico

Introducción

Estado del arte

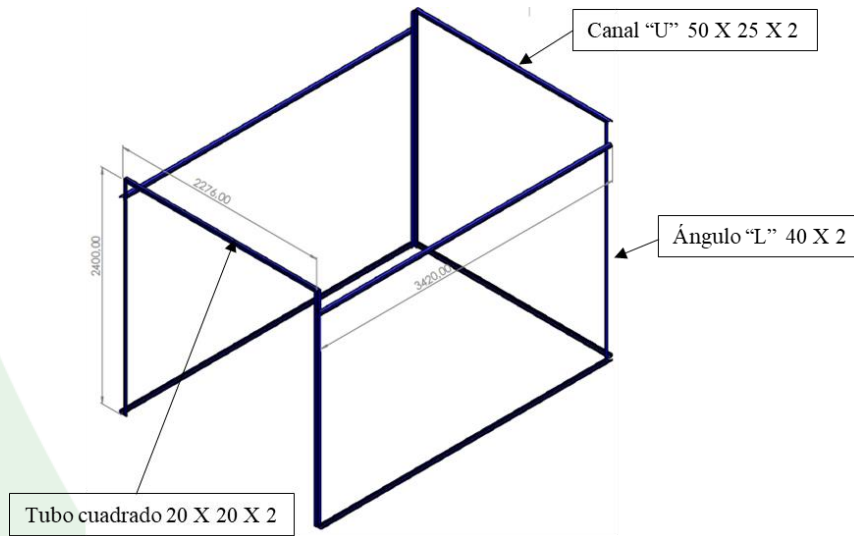
Situación inicial y
metodología

Diseño y
construcción

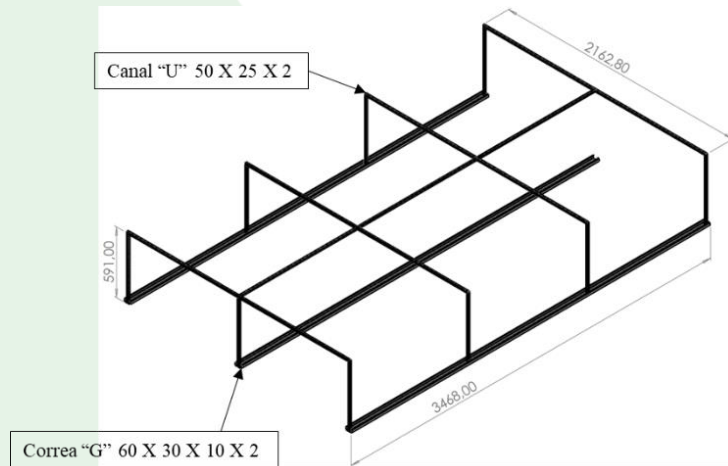
Pruebas y
Resultados

Conclusiones

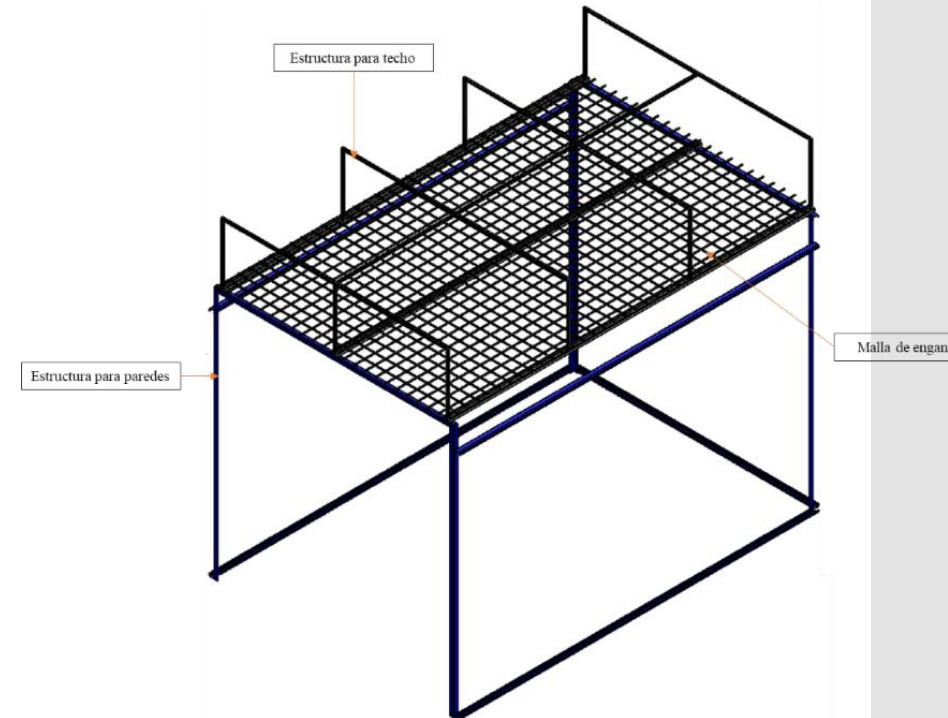
Recomendaciones



Estructura para las paredes del horno



Estructura para el techo del horno



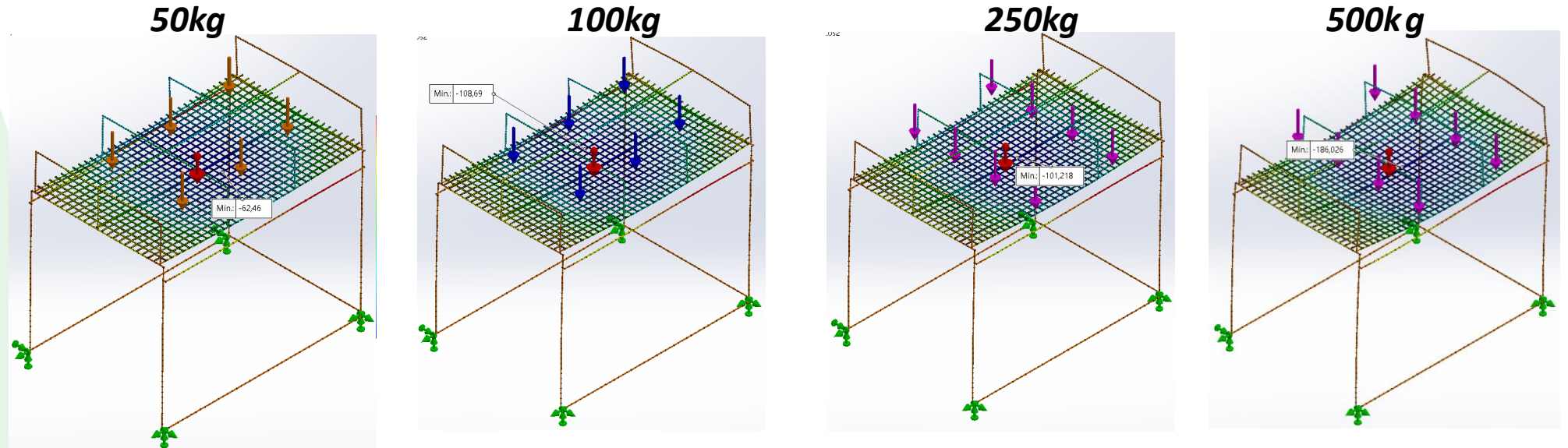
Estructura total para horno

Dimensiones del horno de curado	
Alto	2.50 m
Ancho	2.30 m
Largo	3,40 m



Diseño del sistema Subsistema mecánico

Cálculos de esfuerzo en la estructura



Carga	Esfuerzo máx. [MPa]	Desplazamient o máx. eje Y [mm]	FS
50kg	38.82	0.6246	6.44
100kg	76.45	1.08	3.27
250kg	87.11	1.01	2.87
500kg	96.53	1.86	2.59

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y
metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño del sistema Análisis Térmico

Calor requerido por el horno de curado

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

$$V = e \times A$$

$$m = V \times \rho$$

Para las paredes laterales se utilizan un total de 6 paneles:

$$V_{pared\ lateral} = 0.6 \times 10^{-3} m(2.2m)(1.14m) = 0.0015m^3$$

$$m_{paredes\ lateral} = 6 \times 0.0015m^3 \times 7850 \frac{kg}{m^3} = 70.88kg$$



Para la pared posterior se utiliza un total de 2 paneles:

$$V_{pared\ posterior} = 0.6 \times 10^{-3} m(2.4m)(1.14m) = 0.0016m^3$$

$$m_{pared\ posterior} = 2 \times 0.0015m^3 \times 7850 \frac{kg}{m^3} = 25.77kg$$

Con los datos de masa obtenidos se realiza el cálculo de calor requerido por las paredes.

$$Q_{paredes} = (70.88 + 25.77)(0.487)(453 - 283)$$

$$Q_{paredes} = 8001.65[KJ]$$

$$V_{piso} = (1.14m \times 3)(1.14m \times 2)(10cm) = 0.779m^3$$

$$m_{piso} = 0.779m^3 \times 2300 \frac{kg}{m^3} = 1793.45kg$$

Con el dato de masa, se procede a calcular el calor requerido por el piso:

$$Q_{piso} = (1793.45)(0.88)(453 - 283)$$

$$Q_{piso} = 26829.9[KJ]$$



Diseño del sistema

Análisis Térmico

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

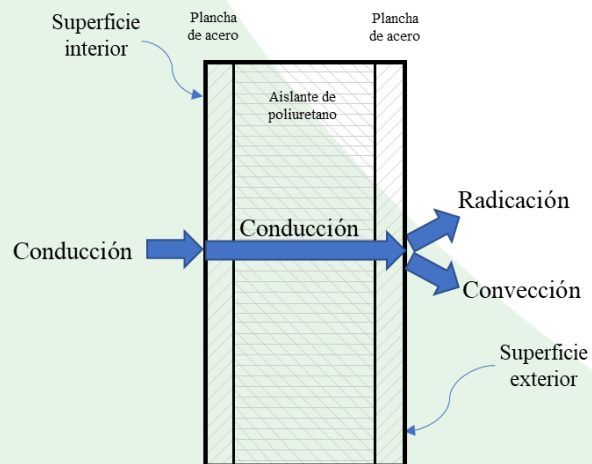
Calor requerido para carga de piezas

$$Q_{\max_{carga}} = 2(500)(0.487)(453 - 283)$$

$$Q_{\max_{carga}} = 8279[KJ]$$

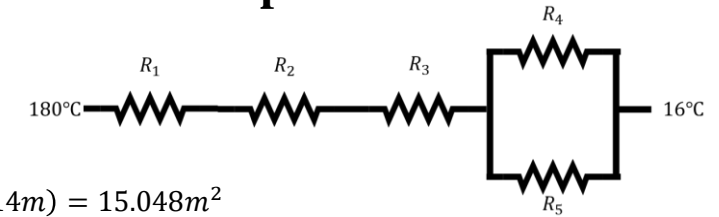
$$Q_{\min_{carga}} = 6(50)(0.487)(295 - 283)$$

$$Q_{\min_{carga}} = 2483.7[KJ]$$



Calor perdido en las paredes

$$R = \frac{L}{KA}$$



$$A_{pared\ lateral} = 6(2.2m)(1.14m) = 15.048m^2$$

$$A_{pared\ posterior} = 2(2.4m)(1.14m) = 5.472m^2$$

$$A_{Total} = 20.52m^2$$

$$R_{TOTAL_{paredes}} = R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}$$

$$R_{TOTAL_{paredes}} = 6.22 \times 10^{-7} + 0.106 + 6.22 \times 10^{-7} + \frac{1}{\frac{1}{0.0051} + \frac{1}{48.73}} = 0.11$$

$$U = \frac{1}{R_{TOTAL} \times A}$$

$$U_{paredes} = \frac{1}{0.11(20.52)} = 0.44 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

$$Q = \frac{U \times A \times \Delta T}{1000}$$

$$Q_{perdido_{paredes}} = \frac{0.44(20.52)(453 - 283)}{1000} = 1.53[KW]$$



Diseño del sistema

Análisis Térmico

Calor perdido por el piso

$$A_{piso} = (1.14m \times 3)(1.14m \times 2) = 7.79m^2$$

$$R_{1piso} = \frac{0.1m}{\left(0.22 \frac{W}{\text{K} \cdot m}\right) (7.79m^2)} = 0.0583 \frac{\text{K}}{W}$$

$$R_{TOTALpiso} = 0.0583 + 0.151 = 0.209 \frac{\text{K}}{W}$$

$$U_{piso} = \frac{1}{0.209(7.79)} = 0.614 \left[\frac{W}{m^2 \cdot \text{K}} \right]$$

$$Q_{perdido_{piso}} = \frac{0.614(7.79)(453 - 283)}{1000} = 0.813 [KW]$$

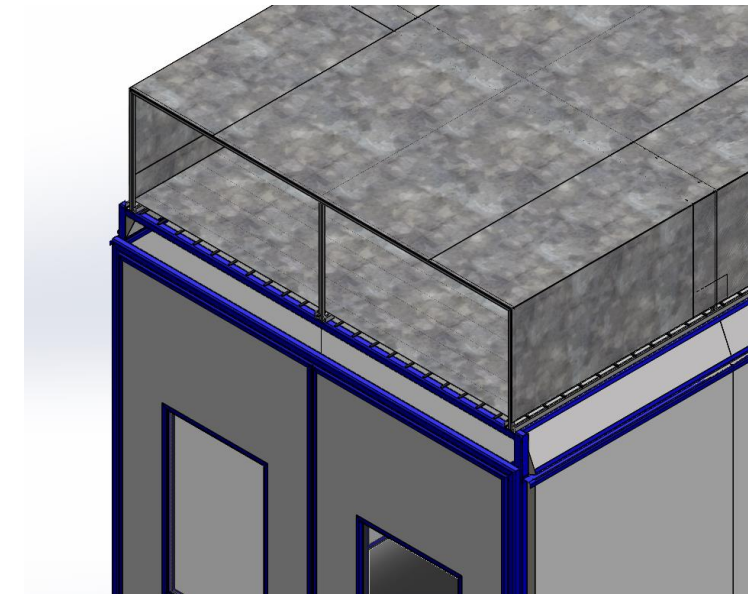
Calor perdido por el techo

$$R_{TOTALtecho} = 5.46 \times 10^{-6} + 2.96 + 5.46 \times 10^{-6} + \frac{1}{\frac{1}{0.013} + \frac{1}{128.36}} = 2.973 \frac{\text{K}}{W}$$

$$U_{techo} = \frac{1}{2.973(7.79)} = 0.043 \left[\frac{W}{m^2 \cdot \text{K}} \right]$$

$$Q_{perdido_{techo}} = \frac{0.043(7.79)(453 - 283)}{1000} = 0.057 [KW]$$

Se entiende que la pérdida en el techo es menor debido a la cámara de aire que existe entre las dos planchas de acero, esto se diseña para generar una cámara de recirculación de aire.



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño del sistema

Análisis Térmico

Potencia total requerida para el interior del horno.

$$Q_{\text{horno/carga}} = \frac{Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{maxcarga}}}{t}$$

$$Q_{\text{horno/carga}} = \frac{8001.65 + 26829.9 + 8279}{10\text{min} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}}} = 71.85[\text{KW}]$$

Se realiza el cálculo de la potencia para las pérdidas provocadas por techo, paredes y piso

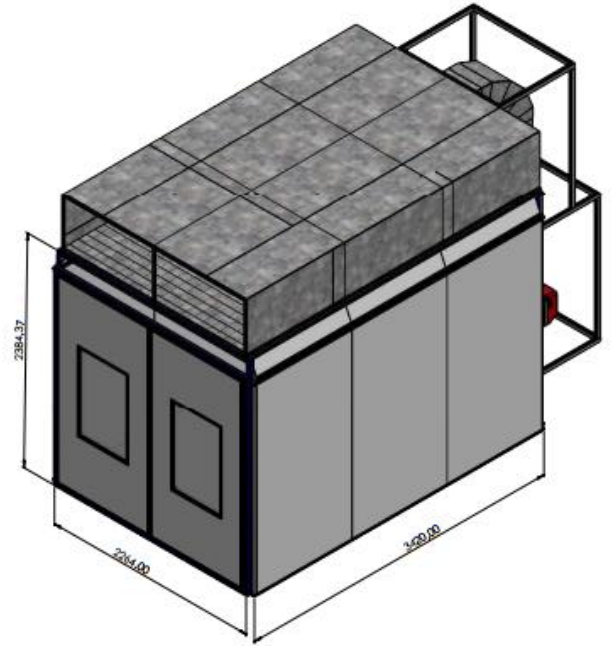
$$Q_{\text{perdido}_{TOTAL}} = Q_{\text{perdido}_{paredes}} + Q_{\text{perdido}_{piso}} + Q_{\text{perdido}_{techo}}$$

$$Q_{\text{perdido}_{TOTAL}} = 1.53 + 0.813 + 0.057 = 2.4[\text{KW}]$$

Estos valores sirven para calcular la potencia total requerida por el horno de curado, lo cual se realiza con la suma de los mismos.

$$Q_{TOTAL} = Q_{\text{horno/carga}} + Q_{\text{perdido}_{TOTAL}}$$

$$Q_{TOTAL} = 71.85 + 2.4 = 74.25[\text{KW}]$$



Eficiencia Térmica del Horno.

La eficiencia viene dada por la formula:

$$\eta = \frac{Q_p}{Q_{in}}$$

Donde:

- Q_p : energía requerida para la carga de piezas
- Q_{in} : energía total.

$$\eta(\%) = \frac{Q_{\text{maxcarga}}}{Q_{in}} = \frac{54}{74.25} \times 100 = 72.72\%$$

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

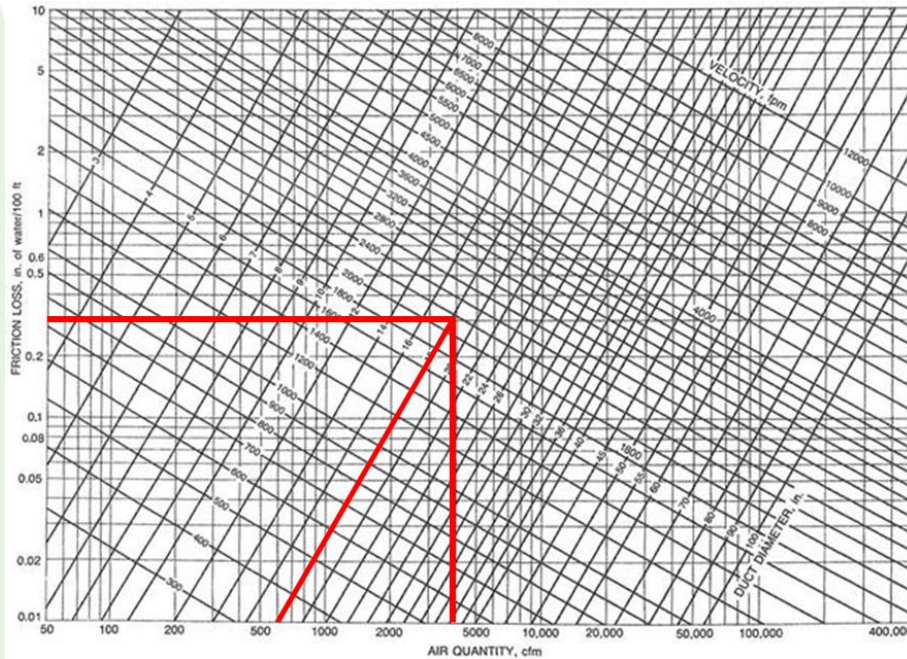
Conclusiones

Recomendaciones



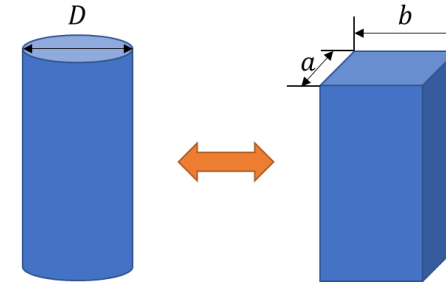
Diseño del sistema Ductos

Fricción del aire en conductos



Los valores de 4000cfm y 0.3 de la pérdida de fricción se observa que el diámetro recomendado para el ducto $D = 18in$

Relación ducto circular y rectangular

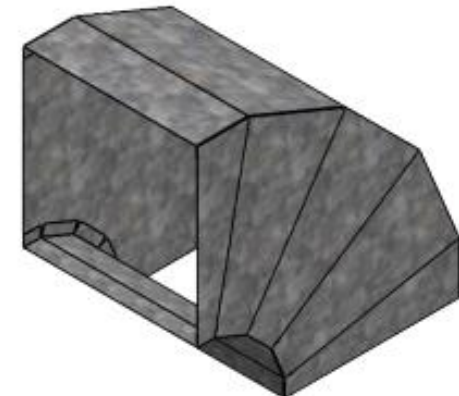


$$D = \frac{1.3(a \times b)^{0.625}}{(a + b)^{0.25}}$$

Como se menciona anteriormente, se necesita que $a = b = l$, se obtiene lo siguiente:

$$D = \frac{1.3(l)^{1.25}}{(2l)^{0.25}} = 1.093 [l]$$

$$a = b = l = 16.46 [in] \cong 40 [cm]$$



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño del sistema

Selección del ventilador

La presión estática es la presión que permite que fluya el aire por el ducto:

$$P_{st} = 0.8 \text{ in } H_2O$$

$$P_d = \left(\frac{V}{4005} \right)^2$$

$$P_d = 0.17 \text{ in } H_2O$$

La presión total es la suma de la presión estática y la presión dinámica:

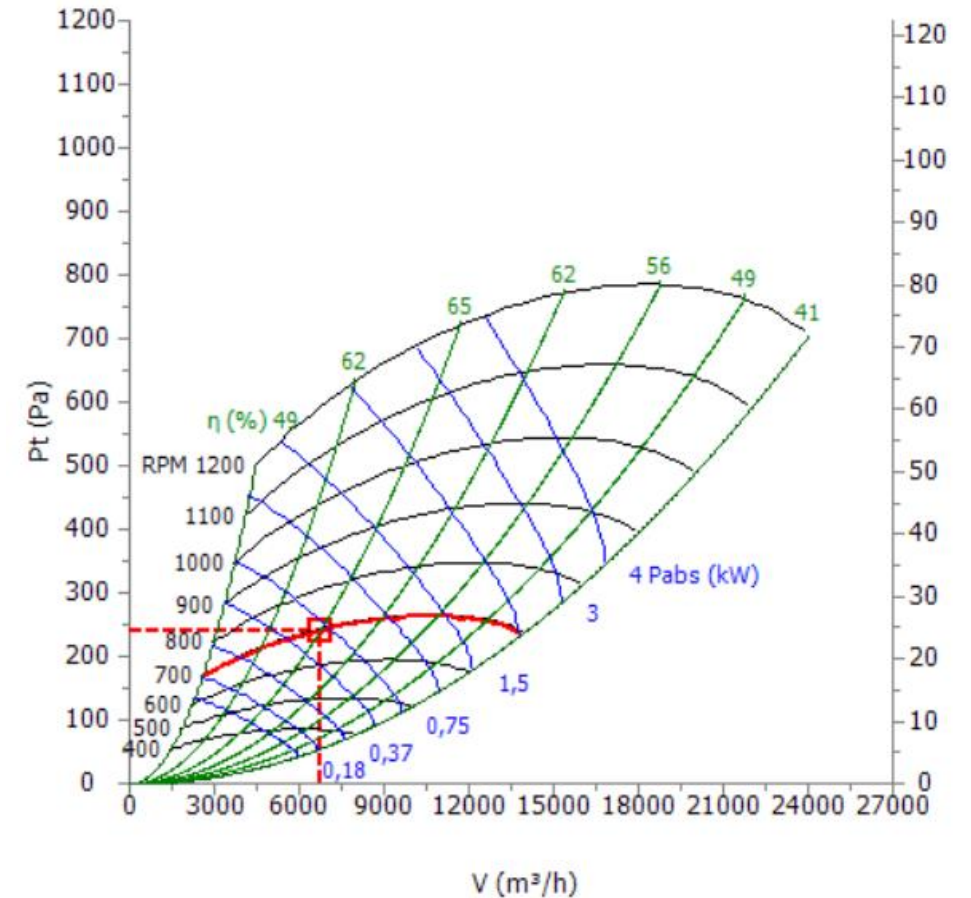
$$P_T = P_{st} + P_d$$

$$P_T = 0.97 \text{ in } H_2O$$

$$P_T = 0.97 \text{ in } H_2O = 241.37 [\text{Pa}]$$

$$4000 \text{ cfm} = 6796.043 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$P_{Motor} = 0.75 [\text{KW}] \times 1.5 = 1.1 [\text{KW}]$$



Relación entre flujo de aire y potencia total

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño del sistema

Sensor de Temperatura

Matriz de ponderación de sensores de temperatura (Termistor, Termocupla y RTD)

CARACTERISTICAS	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS		
		TERMISTOR	TERMOCUPLA	RTD
Precio	40	40	40	20
Rango de temperatura	20	20	20	20
Linealidad	20	10	18	20
Necesidad de Acondicionamiento	20	5	10	20
PUNTUACION TOTAL	100	75	88	80

TERMOPAR	TIPO J
Rango Temperatura:	- 200 a 700 °C
Recubierto:	Acero Inoxidable
Precisión	1%
Composición:	Hierro, Cobre y Níquel

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

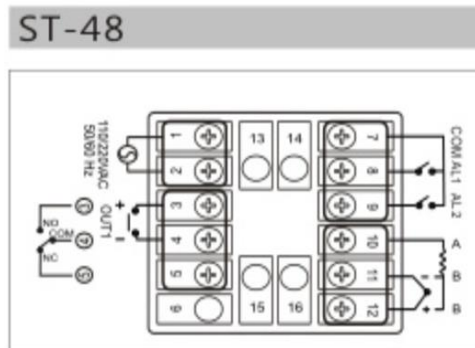
Recomendaciones



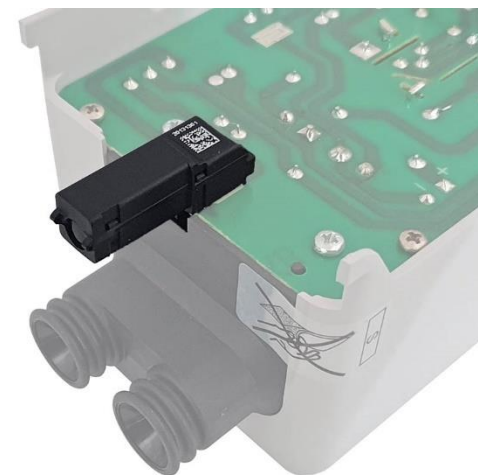
Subsistema eléctrico y electrónico

Elementos de control

Controlador de Temperatura HTEC Modelo ST-48



Fotocelda – Sensor de Flama



RIELLO



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Controlador de Temperatura PID	Marca	HTEC
	Modelo	ST-48
Entrada fotovoltaica	Tipo de entrada	Termocupla (KJTRESBN)
		RTD (Pt100, JPt100)
		Lineal (1~5V, 4~20mA)
Modo de control	Banda Proporcional (P)	0,0 ~ 3000
	Tiempo Integral (I)	0 ~ 3600
	Tiempo derivado (D)	0 ~ 900
	Tiempo del ciclo	0 ~ 150
	banda muerta	0,0 ~ 200,0

Modelo:	Riello R40 - R20132573
Sensibilidad /color de carcasa:	Normal/Negro
Longitud de carcasa	50 mm.
Rango de Iluminación:	Frontal o lateral (90°)



Subsistema eléctrico y electrónico

Actuadores

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Quemador - Riello 40 F10



TIPO	Quemador a Diesel RIELO 40 F10
Caudal – Potencia térmica	4,5 ÷ 9 kg/h - 54 ÷ 107 kW
Combustible	Gasóleo, viscosidad máx. a 20 °C: 6 mm ² /s
Alimentación eléctrica	Monofásica, 230V ± 10% ~ 50Hz

Ventilador	
Caudal máx. ($V_{máx}$)	12350 m ³ /h
RPM (n_{max})	1200 min ⁻¹
Potencia absorbida máx. (P_{absmax})	4 kW

Ventilador Centrífugo – TDA 1515 L



Motor Eléctrico	
Marca Motor	WEG
Potencia	2 HP
RPM	658 rev
Voltaje	220V
AMP	8.8 Amp
Frecuencia	60 Hz
Potencia motor mínima	0.85 KW
Rendimiento	65 %



Subsistema eléctrico y electrónico

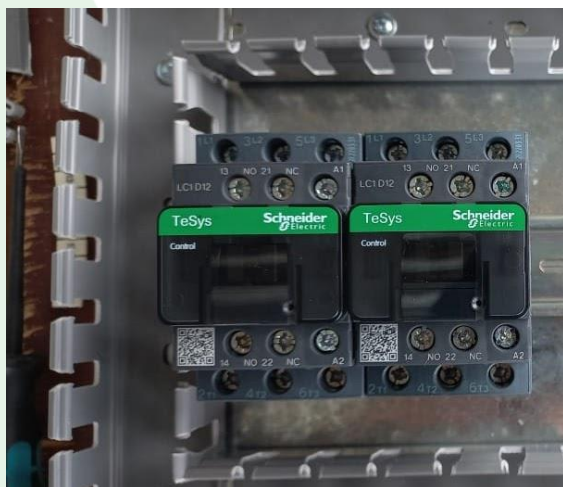
Relé Térmico

CARACTERISTICA	QUEMADOR	VENTILADOR
Voltaje de operación	220 V	220 V
Amperaje Nominal	3.5 Amp	8.8 Amp
Disponibilidad en el mercado	SI	SI

Interruptores Termomagnéticos *EZ9F56210*



Contactor modelo LC1D12BD



Contactor	Uso
Interruptor termomagnético F1	Alimentación Principal
Interruptor termomagnético F2	Quemador 220 V
Interruptor termomagnético F3	Ventilador 220 V
Interruptor termomagnético F4	Circuito de Control
Interruptor termomagnético F5	Circuito de alimentación

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Subsistema eléctrico y electrónico

Temporizador analógico modelo AH3-AM

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Modelo:	Temporizador analógico multirango 8 pines Camsco ah3-am
Tensión nominal:	AC 110 V, 220 V, 380 V, 440 V DC 12 V, 24 V
Frecuencia nominal:	50/60Hz
Voltaje de funcionamiento:	AC 85-110 % del voltaje nominal DC 80-110 % del voltaje nominal
Potencia consumida:	2VA para AC 2W para DC
Método de control:	operación de límite de tiempo reinicio automático
Temperatura ambiente:	-10°C ~ +55°C
Clasificación de contacto:	250 V CA 10 A (PF = 1)



Luces Piloto





Subsistema de control

Introducción

Estado del arte

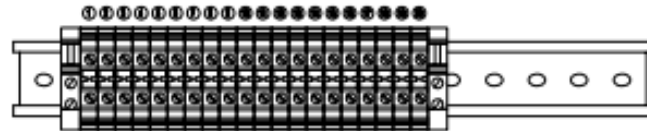
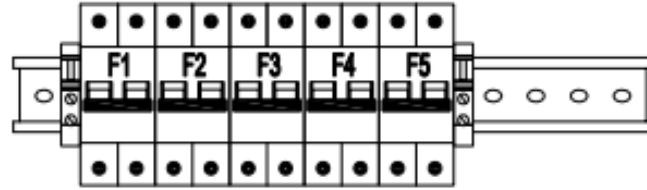
Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



COMPONENTES INSTALADOS

ELM	DESCRIPCIÓN
F1	ALIMENTACIÓN PRINCIPAL
F2	QUEMADOR 220V
F3	VENTILADOR 220V
F4	CIRCUITO DE CONTROL
F5	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN
KM1	CONTACTOR QUEMADOR
KM2	CONTACTOR VENTILADOR
KM3	CONTACTOR ILUMINACION
KM4	RELÉ DE CONTROL

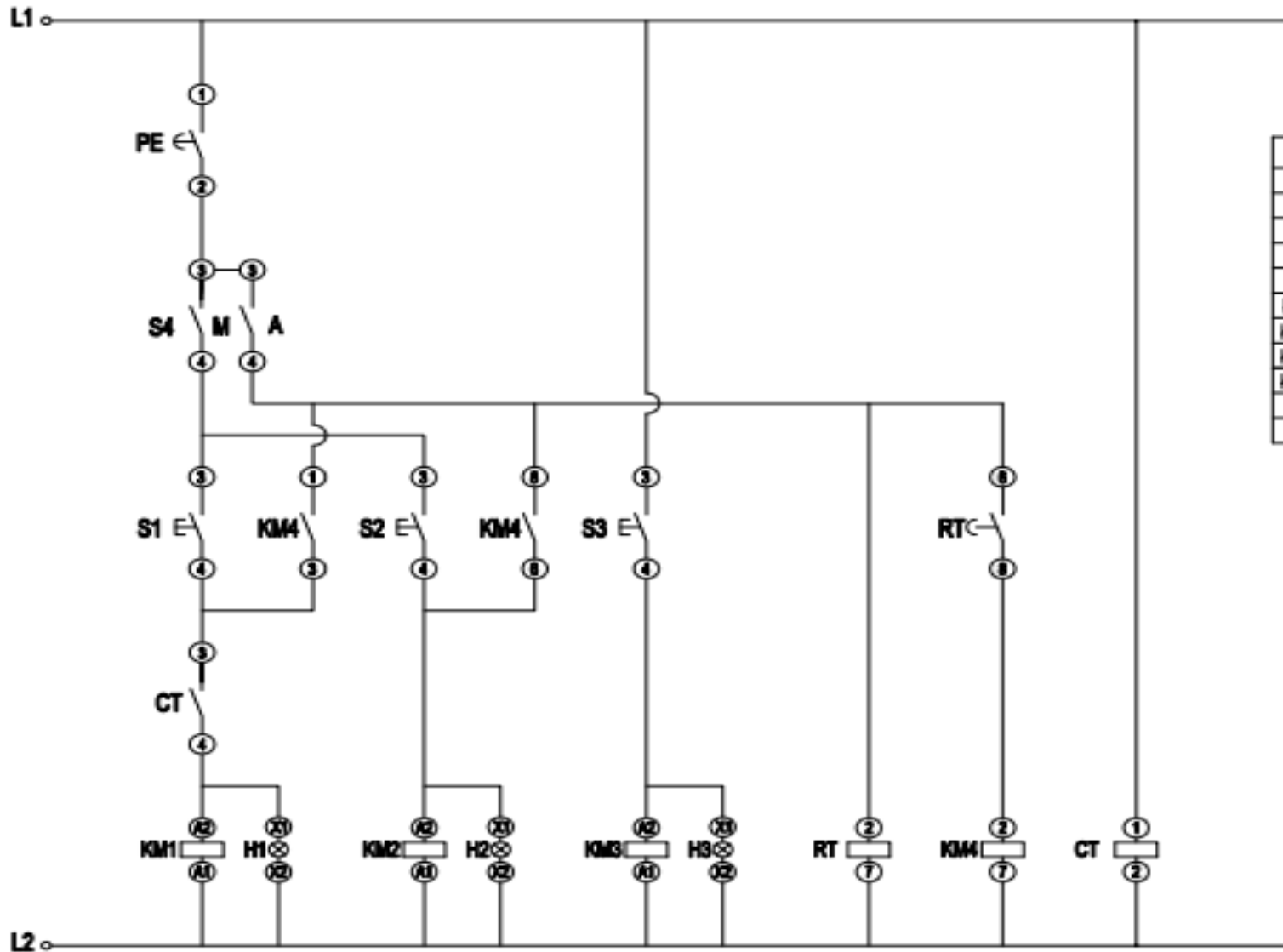
CONEXIÓN DE BORNERAS

1	ALIMENTACIÓN (L1)
2	ALIMENTACIÓN (L2)
3	ALIMENTACIÓN (N)
4	QUEMADOR L1
5	QUEMADOR L2
6	
7	VENTILADOR L1
8	VENTILADOR L2
9	
10	CONTACTO NO (CT)
11	CONTACTO NO (CT)
12-15	LUMINARIAS (L)
16-19	LUMINARIAS (N)
20	CONTROL (L1)



Subsistema de control

DIAGRAMA CIRCUITO DE CONTROL



COMPONENTES INSTALADOS	
PE	BOTÓN PARO DE EMERGENCIA
S1	SELECTOR ON/OFF QUEMADOR
S2	SELECTOR ON/OFF VENTILADOR
S3	SELECTOR ON/OFF ILUMINACIÓN
S4	SELECTOR MANUAL/OFF/AUTOMÁTICO
KM1	CONTACTOR QUEMADOR
KM2	CONTACTOR VENTILADOR
KM3	CONTACTOR ILUMINACIÓN
KM4	RELÉ DE CONTROL
RT	RELÉ TEMPORIZADOR
CT	CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Construcción y Montaje

Aplicación de anticorrosivo a la estructura base



Anclaje de estructura al piso



Fijación de la estructura metálica



Paredes laterales y puertas.



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Construcción y Montaje

Soldadura de las bisagras para puertas



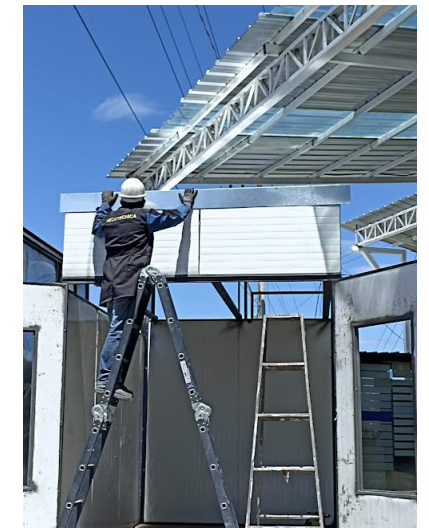
Fijación de la estructura para soporte de paneles de iluminación



Construcción de los paneles de iluminación



Estructura para el soporte de la cámara de calor.



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Construcción y Montaje

Colocación y montaje de las planchas de acero galvanizado para la cámara de calor

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

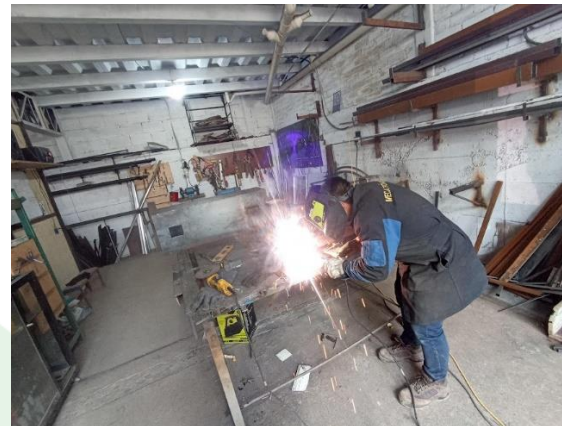
Conclusiones

Recomendaciones



Cierre del compartimiento de la cámara de calor

Toma de circulación de aire.





Construcción y Montaje

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Iluminación al interior del horno de curado



Ubicación de la termocupla tipo J



Instalación de la fotocelda en el quemador



Montaje del Quemador Riello 40F10 y ventilador centrifugo TDA 1515L





Construcción y Montaje

Conexión, marquillaje, protección y montaje del tablero de control

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Construcción y Montaje

Horno de curado para pintura electrostática

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y
metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Pruebas

Piezas de carpintería metálica



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Limpieza de superficies de piezas





Introducción

Estado del arte

Situación inicial y
metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Pruebas

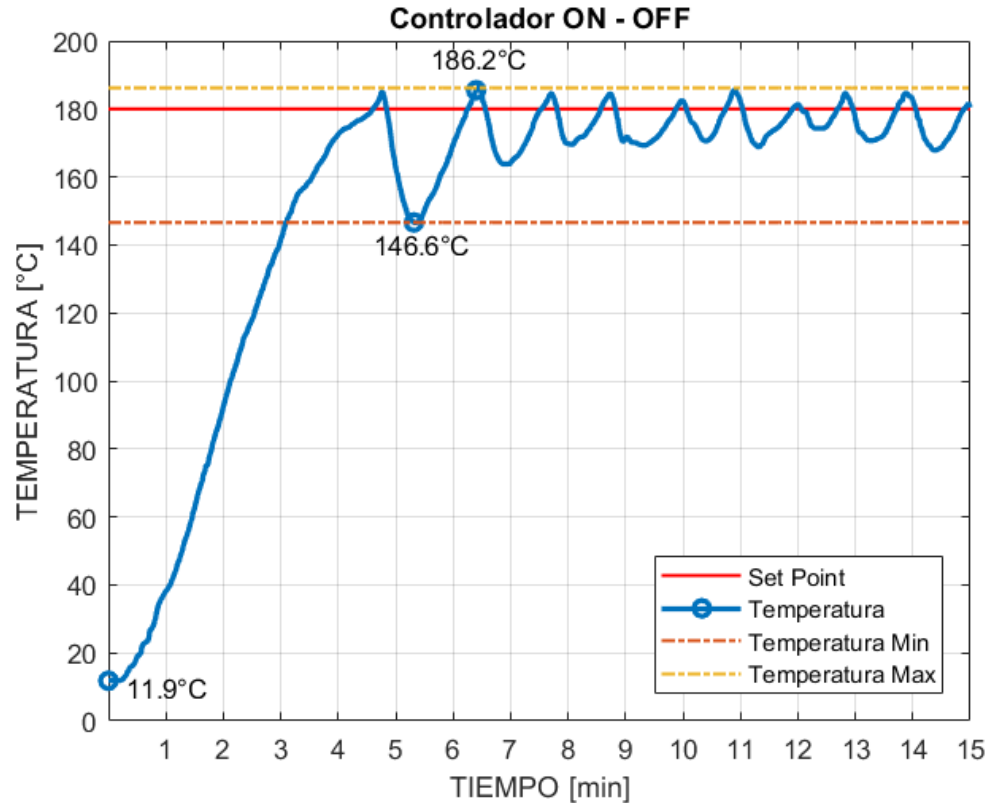
Montaje de piezas en el horno



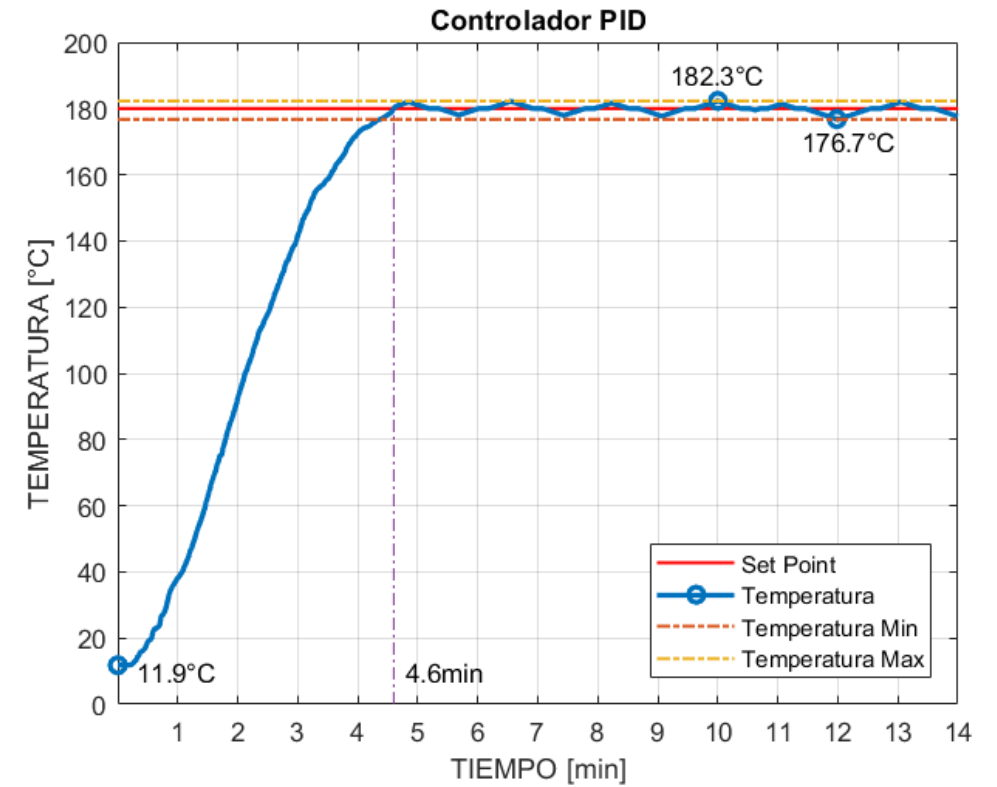


Pruebas

Gráfica de resultados obtenidos aplicando un modo de control ON/OFF



Gráfica de resultados obtenidos aplicando un modo de control PID



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas

Tiempo de calentamiento a diferentes pruebas de curado

Curado	Tiempo de calentamiento [min]
1	4.6
2	4.3
3	4.9
4	4.8
5	4.4

Parámetros óptimos de curado obtenidos mediante pruebas experimentales

Parámetro	Cantidad
Consumo por hora	2 galón
Tiempo de calentamiento	4.6 min
Tiempo de curado	10 minutos
Temperatura de curado	180°C

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

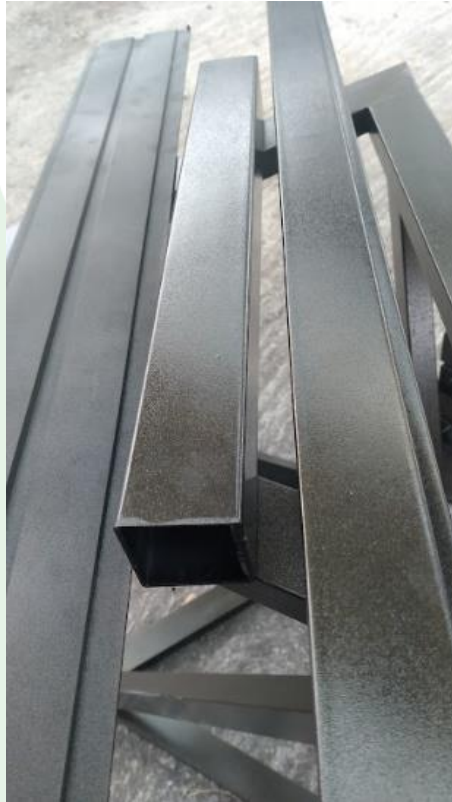
Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas

Prueba de rayada en 2 tubos cuadrados de espesor 2 mm.



Prueba de Impacto



Prueba de frotación



Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Resultados

Introducción



Estado del arte



Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones



Recomendaciones



Conclusiones

Introducción

La estructura del horno se diseña con perfiles metálicos y angulares estructurales los cuales darán soporte, además, se subdivide en una estructura para paredes y otra para el techo de la cabina de curado. También, se diseñó una estructura para mantener a los equipos protegidos contra elementos externos, únicamente se da acceso para realizar labores de mantenimiento. Para facilitar el montaje de las paredes del horno se usa paneles de Poliuretano tipo sándwich compuestas por planchas de acero de 0.6mm y relleno de poliuretano de 45 mm, permitiendo mantener una cámara completamente sellada y hermética en su interior.

Estado del arte

Se selecciona el quemador modelo Rielo 40 F10 cuya fuente de calor es el Diesel, ecológico por sus ventajas económicas y ambientales. Se considera un sistema estable ya que de esta forma el calor es suministrado por 1 quemador el cual fue seleccionado de acuerdo a la potencia calorífica requerida en su interior, el sistema a Diesel implementado cubre todo el horno con la temperatura estable necesaria con el fin de garantizar la homogeneidad del curado de la pintura electrostática a la salida del horno.

Situación inicial y metodología

El horno de curado cuenta con un sistema de ventilación el mismo que permite recircular el aire dentro de la cabina, se diseña el sistema de ductos para que el flujo de aire sea constante. La forma de los ductos es rectangular debido a las limitaciones de espacio, el ducto comienza desde la salida del ventilador hasta la cámara de aire.

Diseño y construcción

Se utiliza una termocupla Tipo J, la misma que se ubica en la pared lateral del horno a media altura. Se opta por esta posición debido a que la mayoría de piezas que se procura curar se encuentran suspendidas en la malla de enganche. El rango de trabajo de la termocupla es $5^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$, lo cual se encuentra dentro de los parámetros de curado.

Pruebas y Resultados

El sensor de flama se encuentra dentro del quemador a Diesel, su función es la escanear el interior del cañón, cuyo valor cambia a alto en el momento en que detecta la flama generada por la chispa entre los electrodos, de esta manera se inicia con el proceso de combustión.

Conclusiones

El proceso de curado requiere de 10 minutos una vez alcanzado la temperatura de 180°C , el tiempo necesario de calentamiento es aproximadamente 4 minutos, lo cual representa que el tiempo que el horno necesita estar en funcionamiento para un proceso de curado es 15 minutos a máxima capacidad, este corto periodo de tiempo se logra gracias al diseño térmico de paredes, quemador y ventilador para obtener una cabina completamente hermética, obteniendo así una alta eficiencia térmica.

Recomendaciones



Conclusiones

Para controlar de forma precisa el proceso, se utiliza un controlador de temperatura PID Programable, el mismo que procesa la señal de la termocupla y ejecuta secuencias generadas hacia el quemador, el controlador de temperatura está equipado con una pantalla LED doble, que puede mostrar tanto la temperatura de medición como la temperatura de ajuste establecida.

Se utiliza la lógica cableada para realizar el control de temperatura dentro de la cabina con los respectivos elementos de protección y control como relés térmicos, disyuntores y contactores. Se utiliza un controlador PID para el quemador y un controlador ON- OFF para el ventilador en un lapso de tiempo de aproximadamente 30 segundos.

Se diseñó el tablero de control con indicadores visuales para que el operador visualice en tiempo real el estado del proceso en los equipos principales como: quemador, ventilador e iluminación de esta manera comprobar su correcto funcionamiento. Además, se incluyó un botón de paro de emergencia como elemento de seguridad.

Se realizó diversas pruebas de funcionamiento de la cabina de curado como medida para el control de calidad de las diferentes piezas, las pruebas que se realizaron fueron, rayado, impacto y frotado, cada una de estas pruebas permitieron analizar la calidad del curado, el tiempo y temperatura óptima establecida, de esta manera se logró concluir con grandes resultados manteniendo la calidad e integridad de la pintura en las piezas tratadas.

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Recomendaciones

Para el correcto uso y manejo del horno se recomienda utilizar el manual de usuario de igual manera el manual de operación donde se detalla cada uno de los aspectos y elementos destinados a su operación.

Se recomienda implementar un cuarto dedicado especialmente para el pintado de las diferentes piezas metálicas, para de esta manera aprovechar al máximo la reutilización de la pintura en polvo.

Se debe realizar un mantenimiento preventivo y correctivo en los diferentes actuadores, y componentes del horno de curado, de igual manera el cambio en los filtros de ventilación se lo debe realizar periódicamente cada 6 meses.

Se recomienda el uso de equipo protección personal (EPI) necesario para el proceso de pintura, el cual debe incluir mascarilla, gafas y traje de protección debido a que se trabaja con polvos tóxicos que pueden afectar la integridad y salud de las personas involucradas en el proceso.

El personal destinado para el uso del horno de curado debe estar altamente capacitado en todos los aspectos técnicos, de control y de seguridad operacional, este personal podrá manipular el tablero de control para definir la temperatura necesaria para el curado, además es responsabilidad de todos proteger el interior del tablero de control, para evitar que se ocasionen problemas en el sistema.

La calidad de curado de pintura electrostática depende directamente de la calidad de pintura que se aplica a las piezas, se recomienda el uso de pinturas de buena calidad y certificación, así evitar problemas de adherencia y mala calidad del acabado. Es necesario indicar que el fabricante de la pintura establece el tiempo y temperatura de curado de acuerdo al color a pintar, esto para evitar normalizar estas variables.

Para obtener una mejor calidad y adherencia de la pintura es necesario incluir un proceso de limpieza adicional previo al pintado, con el objetivo de descartar impurezas y grasa que puede estar en las piezas. Existen diferentes métodos y productos de limpieza, siendo el más común la utilización de disolvente, también el uso de productos químicos como el fosfato.

Introducción

Estado del arte

Situación inicial y metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



GRACIAS POR SU ATENCIÓN