



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de un horno de secado de pintura para optimizar el pintado de piezas automotrices en la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Santisteban Antón, William (ORCID:0000-0002-7895-654X)

**ASESOR:**

Mg. Panta Carranza, Dante Omar (ORCID: 0000-0002-4731-263X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, a mis hermanos por ser fortaleza en mi vida, por haberme brindado el apoyo necesario, a nuestra prestigiosa universidad por brindarnos el conocimiento durante toda mi formación profesional para concluir con satisfacción este presente proyecto.

**William Santisteban Antón**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios, por darnos la vida, por su gracia y favor en nuestras vidas. Por qué sin él no habiéramos llegado hasta aquí. A mis padres quienes han mostrado interés por nuestra formación académica y apoyo. A nuestros profesores quienes nos formaron en este camino universitario y que nos forjaron de conocimiento valioso para nuestra vida profesional y asesores de tesis por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento para guiarnos durante el desarrollo de la tesis. A todos los colaboradores de taller, por habernos brindado su tiempo y habernos permitido realizar nuestra investigación.

**William Santisteban Antón**

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.1.1 A nivel Internacional .....	1
1.1.2 A nivel Nacional.....	4
1.1.3 A nivel Local .....	5
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 TEORÍAS EN RELACIÓN AL DISEÑO. ....	9
2.1.1 El Diseño Mecánico.....	9
2.1.2 Fases del Proceso de diseño .....	11
2.1.3 Herramientas y recursos del diseño .....	13
2.1.3.1 Herramientas computacionales.....	13
2.1.3.2 Adquisición de información técnica .....	13
2.1.4 Códigos y normas.....	13
2.1.5 Economía .....	13
2.1.5.1 Tamaños estándar .....	14
2.1.5.2 Tolerancias amplias .....	14
2.1.5.3 Puntos de equilibrio.....	14
2.1.6 El Diseño Térmico .....	14
2.1.6.1 Transferencia de Calor por Conducción.....	14
2.1.6.2 Transferencia de calor por convección.....	16
2.1.6.3 Transferencia de calor por radiación .....	16
2.1.7 Intercambiador de calor.....	17
2.1.7.1 Poliuretano Mono capa MC 600-654 Automotriz.....	18
2.1.7.2 Características técnicas de la pintura.....	19
2.1.7.3 Preparación de la superficie y aplicación. ....	20
2.1.7.4 Mezcla de los componentes de la pintura .....	20
2.1.8 Equipos de aplicación para el pintado.....	21
2.1.8.1 Pistola por Gravedad (HVLP- High Volumen Low Pressure): .....	21

2.1.8.2	Pistolas de Succión: .....	22
2.1.9	Características de los aceros de los vehículos:.....	23
2.1.9.1	Aceros convencionales (HSS).....	23
2.1.9.2	Aceros de alta resistencia. ....	24
2.1.9.3	Aceros de muy alta resistencia.....	24
2.1.9.4	Aceros de ultra alta resistencia. ....	25
2.1.10	Autopartes Nor Autos Chiclayo SAC.....	25
2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	26
2.3	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DEL DISEÑO.....	26
2.3.1	Técnica.....	26
2.3.2	Económica.....	26
2.3.3	Social.....	26
2.3.4	Ambiental. ....	27
2.4	HIPÓTESIS. ....	27
2.5	OBJETIVOS. ....	27
2.5.1	Objetivo General.....	27
2.5.2	Objetivos Específicos .....	27
III.	METODOLOGÍA .....	28
3.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.1.1	No experimental .....	28
3.1.2	Descriptiva.....	28
3.2	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	29
3.2.1	Variable Independiente.....	29
3.2.2	Variable Dependiente .....	29
3.2.3	Operacionalización de las Variables.....	29
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	31
3.3.1	Población.....	31
3.3.2	Muestras.....	31
3.4	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	31
3.4.1	Técnicas de Recolección de datos .....	31
3.4.1.1	Observación .....	31
3.4.1.2	Revisión Documentaria .....	32
3.4.2	Instrumentos de Recolección de Datos .....	32
3.4.2.1	Ficha parámetros de diseño .....	32
3.4.3	Validez.....	33
3.4.4	Confiabilidad.....	33
3.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	33
3.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	34
IV.	RESULTADOS.....	35

4.1	CARACTERIZAR LOS TAMAÑOS DE LAS DIFERENTES PIEZAS QUE INGRESAN PARA TRABAJO DE PINTURA A LA EMPRESA NOR AUTOS CHICLAYO SAC. PARA EL PROCESO DE PINTURA.....	35
4.1.1	Puerta delantera lado izquierdo auto Yaris: .....	35
4.1.2	Puerta posterior lado derecho auto corolla:.....	36
4.1.3	Para choque delantero auto Yaris:.....	36
4.1.4	Para choque posterior auto corolla:.....	37
4.1.5	Compuerta posterior de tolva de HILUX 4X4: .....	37
4.1.6	Tolva de camioneta HILUX 4X4: .....	38
4.2	DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL HORNO DE SECADO DE PINTURA. ....	39
4.3	DISEÑO TERMODINÁMICO .....	39
4.3.1	Calor perdido para el secado de la pintura Q1.....	40
4.3.2	Calor absorbido por la autoparte Q2. ....	41
4.3.3	Calor perdido en las paredes interiores del horno Q3. ....	42
4.3.3.1	Calor perdido a través de las paredes laterales. ....	45
4.3.3.2	Calor perdido a través de las paredes frontales y traseras. ....	47
4.3.3.3	Calor perdido a través del techo.....	48
4.3.3.4	Calor perdido a través del piso.....	48
4.3.4	Calor absorbido por renovaciones de aire dentro del horno Q4. ....	50
4.3.5	Calor para calentar el aire dentro del horno Q5. ....	53
4.3.6	Calor perdido en la estructura Q6.....	55
4.4	CON EL CALOR TOTAL NECESARIO SELECCIONAMOS UN CALENTADOR O QUEMADOR A GLP. ....	60
4.4.1	Sistema de control de temperatura.....	62
4.4.2	Calculamos el intercambiador de calor.....	64
4.4.2.1	Cálculo del flujo másico del aire .....	64
4.4.2.2	Cálculo del flujo másico del gas .....	65
4.4.3	Cálculo del flujo luminoso total necesario.....	76
4.4.3.1	Determinar la superficie de la cámara:.....	77
4.4.3.2	Determinar los coeficientes de reflexión:.....	78
4.4.3.3	Determinar el coeficiente de mantenimiento ( <b>Cm</b> ) o conservación de la instalación:.....	79
4.4.3.4	Cálculo del número de luminarias que se precisa alcanzar el nivel de iluminación adecuado. ....	80
4.4.4	Cálculo del sistema de ventilación.....	81
4.4.4.1	Cálculo del diámetro del ducto .....	82
4.4.4.2	Calculamos las pérdidas en los ductos .....	82
4.4.4.3	Cálculo de las pérdidas en las tuberías.....	83
4.4.4.4	Cálculo de las pérdidas de los accesorios .....	84
4.4.5	Filtros de aire para la cabina del horno .....	87
4.4.5.1	Cálculo del número de secciones libres entre deflectores .....	88

4.5	ANALIZAR ECONÓMICAMENTE EL IMPACTO DEL DISEÑO UN HORNO DE SECADO DE PINTURA PARA LA EMPRESA NOR AUTOS CHICLAYO SAC.....	91
4.5.1	Costos de producción.....	91
4.5.2	Costo de demanda .....	92
4.5.3	Costo del Mercado .....	92
4.5.4	Valor Actual Neto.....	94
4.5.5	Tasa Interna de Retornos.....	95
V.	DISCUSIÓN .....	96
VI.	CONCLUSIONES .....	97
VII.	RECOMENDACIONES .....	98
	REFERENCIAS.....	99
	ANEXOS .....	103

## Índice de Tablas

Tabla 1: Autopartes de Nor Autos Chiclayo SAC. ....	25
Tabla 2: Muestreo de la investigación .....	28
Tabla 3: Estudio del diseño .....	30
Tabla 4: Recolección de reseñas e instrumentos .....	31
Tabla 5: Dimensiones de autopartes y peso. ....	39
Tabla 6: Especificaciones de pinturas .....	40
Tabla 7: De los metales.....	41
Tabla 8: Conductividad de los materiales a usarse. ....	44
Tabla 9: Coeficientes peculiares del aire en diversas superficies: .....	44
Tabla 10: Propiedades del aire.....	53
Tabla 11: Propiedades de los materiales. ....	56
Tabla 12: Tablas de corrección .....	79
Tabla 13: Del sistema de iluminación.....	79
Tabla 14: Materia prima del proyecto .....	91
Tabla 15: Servicio de Montaje y Otros .....	92
Tabla 16: Egreso Mensual.....	93
Tabla 17: Ingreso Mensual.....	93
Tabla 18: Datos del diseño y valores .....	93
Tabla 19: Valor Actual Neto.....	94
Tabla 20: Tasa Interna de Retornos.....	95



## Índice de Figuras

Figura 1. El nuevo proceso de pintado del Ferrari.....	2
Figura 2. Cámara de secado de pintura automotriz. ....	3
Figura 3. Funcionamiento de cabina en el proceso de pintado. ....	6
Figura 4. Fases del proceso del diseño.....	12
Figura 5. Transferencia de calor de un material a otro.....	15
Figura 6. Intercambiador de calor tipo placas.....	18
Figura 7. Pistolas por gravedad Sagola-HVLP.....	22
Figura 8. Pistolas Sealey S701-S775.....	23
Figura 9. Temperaturas exterior e interior de la cabina.....	24
Figura 10. Puerta delantera LH auto Yaris. ....	35
Figura 11. Puerta posterior RH Auto corolla.....	36
Figura 12. Para choque delantero auto Yaris.....	37
Figura 13. Para choque posterior auto corolla.....	37
Figura 14. Compuerta posterior de tolva Hilux 4x4. ....	38
Figura 15. Tolva de camioneta de Hilux 4x4. ....	38
Figura 16. Medidas del diseño del horno .....	46
Figura 17. Cabina del horno tipo campana de boca cuadrada .....	50
Figura 18. Planchas del diseño del horno. ....	56
Figura 19. Medidas de los tubos de la estructura del horno.....	58
Figura 20. Quemador RIELLO 40 GS 10/M, 22/105 KW.....	61
Figura 21. Diagrama de instalación del quemador.....	62
Figura 22. Control de temperatura del quemador.....	63
Figura 23. Especificaciones del control de temperatura.....	63
Figura 24. Dimensiones geométricas del intercambiador de placas. ....	64
Figura 25. Intercambiador de placas planas. ....	76
Figura 26. Medidas de la iluminaria en la cabina. ....	77
Figura 27. Normas EM.030 ministerio de vivienda y construcción. ....	81
Figura 28. Diagrama de tuberías en mm.....	83
Figura 29. Selección de ventiladores centrífugos.....	86
Figura 30. Ventilador centrifugo .....	86

Figura 31. Filtros de aire multibolsa. ....	87
Figura 32. diseño del horno en Solid Works.....	89
Figura 33. Visualización de los componentes del horno en solid works.....	90
Figura 34. componentes externos del horno.....	103
Figura 35. Medidas del horno en 3D. ....	104
Dimensiones del horno de pintura.....	105
Figura 36. Medidas de la cabina de secado.....	105
Figura 37. medidas de la parrilla soporte de filtros.....	106
Figura 38. medidas del ducto de salida de aire.....	107
Figura 39. medidas del calentador eléctrico.....	108
Figura 40. medidas del ventilador motor y su base.....	109
Figura 41. Medidas del ducto de entrada de aire caliente.....	110
Figura 42. Medidas de la puerta de la entrada a la cámara.....	111
Figura 43. Transferencia de calor y masa.....	112
Figura 44. Efectividad del intercambiador de calor.....	113
Figura 45. Fuente Nor Autos Chiclayo SAC.....	114

## Resumen

El propósito de este proyecto describe el diseño del horno para el secado de pintura de piezas automotrices en la Empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

El proceso de diseño comienza debido a una necesidad, llevando a un estudio técnico de las características de la pintura, económico, social y ambiental. El objetivo de este proyecto es mejorar el ahorro del material de la pintura obteniendo el calor necesario para el secado de la pintura ( $Q = mp * cp(Ti - T\infty)$ ) y el cuidado de la salud del personal de pintura determinando el cálculo del caudal del aire a aspirar de la cabina del horno ( $Q = Vasp.N$ )

Teniendo en cuenta las características del diseño, las dimensiones geométricas de las piezas mecánicas, los parámetros del diseño del horno, analizar el impacto económico. Para los fines de optimizar el pintado de la pintura que se dan dentro de la cabina, se está aplicando Los parámetros de la ficha de registro, nos permitirá el registro de las dimensiones geométricas de las diversas piezas que requieren el proceso de pintura en el taller. Teniendo en cuenta los cálculos. Es viable realizar la construcción mediante la utilización de estos Manuales, en el análisis térmico se obtuvo un calentador de una potencia de 29.06 KW, con un caudal de aire 2115 m<sup>3</sup>/h. la efectividad del diseño es el aprovechamiento máximo de energía en la cabina con las autopartes a pintar de los vehículos.

**Palabras Claves:** Piezas automotrices, optimización del pintado, eficiencia energética.

## Abstract

The purpose of this project describes the design of the oven for drying automotive parts paint at the Nor Autos Chiclayo SAC Company.

The design process begins due to a need, leading to a technical study of the characteristics of the paint, economic, social and environmental. The objective of this project is to improve the saving of the paint material by obtaining the necessary heat for the drying of the paint ( $Q = m_p * c_p (T_i - T_\infty)$ ) and the health care of the painting personnel by determining the calculation of the air flow rate to be drawn from the oven cabinet ( $Q = V_{asp} \cdot N$ )

Taking into account the characteristics of the design, the geometric dimensions of the mechanical parts, the parameters of the furnace design, analyze the economic impact. For the purposes of optimizing the painting of the paint that occurs inside the booth, the parameters of the registration form are being applied, it will allow us to record the geometric dimensions of the various pieces that require the painting process in the workshop. Taking into account the calculations. It is feasible to carry out the construction by using these Manuals, in the thermal analysis a heater with a power of 29.06 KW was obtained, with an air flow of 2115 m<sup>3</sup> / h. The effectiveness of the design is the maximum use of energy in the cabin with the auto parts to be painted for the vehicles.

**Keywords:** Automotive Parts, paint optimization, energy efficiency.

## I. INTRODUCCIÓN

Acerca del aprovechamiento de la energía térmica en hornos tenemos las siguientes referencias:

### 1.1 Realidad Problemática

#### 1.1.1 A nivel Internacional

“Actualmente la firma Ferrari en autos es el primer fabricante en el mundo en patrocinar el curado de la pintura en baja temperatura, con pinturas que aprueban un proceso más eficientemente. Si bien sabemos que los procesos de manufactura de un automóvil son de gran jerarquía, la etapa de pintado de las autopartes del vehículo es vital. Ante esta situación los fabricantes de automóviles continuamente despliegan tecnologías en el aplicado de la pintura, uno de los casos más recientes es el innovador sistema de pintura a baja temperatura del Ferrari. (...). Igualmente, las barnices Low Cure empleadas contienen un novedoso endurecedor que mejora la resistencia química y mecánica del recubrimiento” (Hernandez, Luis, 2018, pág. 5).



**Figura 1. El nuevo proceso de pintado del Ferrari.**

“En este diseño nos indica sobre el número de iluminarias infrarrojas que les ayudo a mejorar el secado de las partes del vehículo, en relación al tiempo que demoraban al pintar los vehículos ayudo a aumentar la producción en dicha empresa. El diseño o boceto, construcción e implementación del diseño llevo a cabo un profundo análisis a su absoluta forma de transmisión de energía en dicho proyecto” (Ortega Sanchez, 2016, pág. 12).

“El presente proyecto tiene como objetivo primordial el diseñar una cámara de pintura automotriz que funcione con (GLP), con la finalidad de cubrir una necesidad de los talleres de mantenimiento en la ciudad de El Alto. La gran mayoría de los talleres no cuentan con estos equipos, y tal tarea se realiza a la intemperie, es decir, un secado al aire libre con la única de fuente de calor como es el sol. Este trabajo

aborda el análisis y diseño para la implementación de una cámara de secado, en los talleres de la ciudad de El Alto” (Quispe Aslla, 2015, pág. 4).



**Figura 2. Cámara de secado de pintura automotriz.**

“Este proyecto nos habla de la importancia del desarrollo y crecimiento del taller automotriz, se desarrollaron simulaciones dinámicas y térmicas regímenes utilizando un programa de Solid Works con el cual se realizaron las pruebas satisfactorias de la cabina de la pintura, aunque la relación es poca con los objetivos planteados” (Guevara Zambrano, 2016, pág. 12).

“Aquella investigación tiene como finalidad desarrollar, formular un plan de (KAIZEN) con el fin de establecer una organización operativa en “SAITCAR”. Donde analizamos las causas de los reprocesos (MUDA) y tiempo en cada área para establecer un modelo de optimización de la materia prima, establecido en la reducción de tiempos, desperdicios, materia prima y movimientos, generando una mayor rentabilidad en la empresa y una ventaja competitiva con el mercado de la

localidad. (...). Se busca reducir un alto porcentaje mediante la aplicación de un modelo (KAIZEN), y así aumentar la eficiencia en el taller” (Torres Almeida & Campaña Guevara, 2017, pág. 11).

“Para la especialidad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la ESPOCH, utilizando el reglamento SAE 2017-2018, se realizó un análisis para el diseño de portones de un auto de alta gama empleando fibra de carbono, para ello se realizaron varias investigaciones en relación a las características de los portones con la ayuda de los programas de Solid Works para su modelación en CAD, siendo así el análisis y la elección del más eficiente la aerodinámica del vehículo de la formula SAE” (Llerena Naranjo & Maygualema León, Llerena Naranjo, Alexander Leonel; Maygualema León, Cristhian Hernán, 2018, pág. 17).

### **1.1.2 A nivel Nacional.**

“Esta investigación enfocó su estudio en el área de B&P, debido a que tienen trabajos reprocessados los cuales afectan mucho a la empresa trabajos en la planta para con el personal, inadecuadas condiciones de trabajo, incorrectas posturas al momento de realizar dicho trabajos y no cuentan con las infraestructuras adecuadas para el trabajo asignado, el siguiente propósito es mejorar los procesos de planchado y pintura, se realizó una propuesta de mejora con las herramientas adecuadas en el área de B&P y aplicación de métodos de trabajo, logrando aumentar el número de servicios por siniestro y así aumentar la productividad en la concesionaria ” (Olazo Carrasco & Palacios Lezama, 2018, pág. 12)



### **1.1.3 A nivel Local**

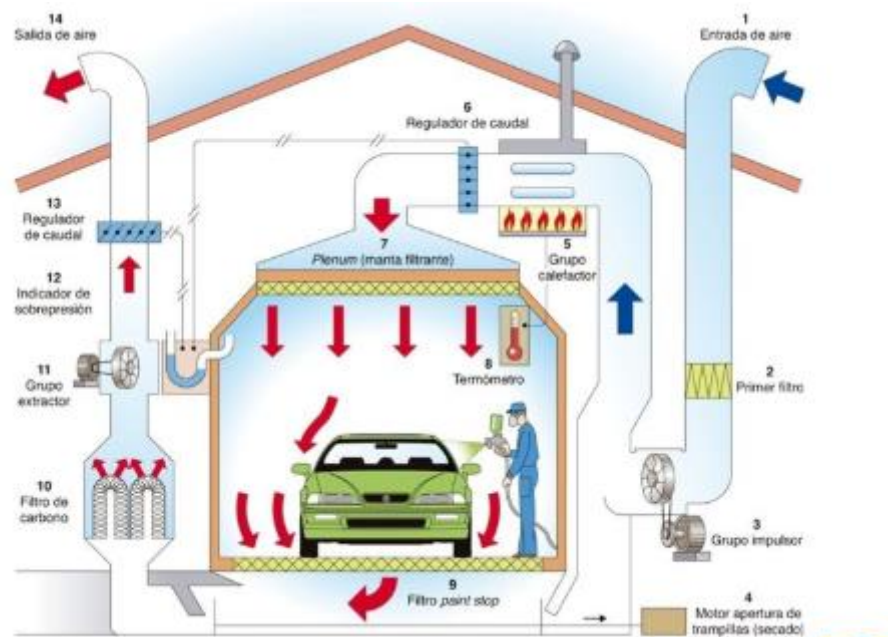
La empresa Nor Autos Chiclayo SAC. No cuenta con un horno de pintura que cumple el funcionamiento de quemar la pintura de las autopartes pequeñas de los vehículos automotrices de la marca, por lo cual el secado de las piezas pequeñas se da en el horno grande y lo cual implica gastos económicos y tiempo de secado de la pintura y optimización de la pintura.

El problema es el ambiente amplio del horno para piezas pequeñas lo cual se lleva a cabo una alta calidad de los trabajos.

## **1.2 Trabajos Previos.**

“Diseño y construcción de una cámara de secado de pintura express para piezas automotrices para el mejoramiento de la productividad de la empresa fixauto de la ciudad de ampato, indica lo siguiente. El objetivo del presente proyecto técnico fue el de diseñar y construir una cámara de secado de pintura express, para lo cual se desarrolló un estudio de la clase de cabinas y cuartos limpios de pintura que fueron: de flujo vertical, semi vertical y horizontal, tomando en cuenta parámetros de funcionamiento como la temperatura del aire, velocidad del flujo del aire, razón de transferencia de calor, dimensiones físicas y costo; siendo la mejor elección una cámara de secado rápido, la cual es una combinación en tamaño y requerimiento funcional de la empresa. Después se realizó el análisis y diseño de cada una de sus partes, obteniendo las medidas necesarias para la construcción. Durante la etapa de diseño se realizó simulaciones de funcionamiento lo cual estableció parámetros para la construcción, la misma que se realizó en un tiempo de 25 días y que en su etapa de funcionamiento estuvo un mes en prueba de donde se obtuvieron datos con los que se analizó la productividad y se determinó en

comparación a los datos registrados por la empresa de carros entregados en meses anteriores al realizar refacciones de tipo express un aumento del 80% de entrega en el mes de análisis, un acabado de superficie de panel que no necesita de pulido y una reducción del 40% del tiempo empleado para las reparaciones de este tipo, considerando que todos los productos de pintura utilizados en la cámara son de secado rápido a temperaturas de 60 °C” (Salazar Navarrete, 2017, pág. 19).



**Figura 3. Funcionamiento de cabina en el proceso de pintado.**

“Este proyecto cuenta con un aislamiento térmico de poly espuma de 1.27 cm de espesor. El material aislante se encuentra en las paredes de la cabina-horno de autopartes plásticas, este diseño está proyectado para secar las piezas plásticas a una temperatura de 50°C” (Guaña Cruz & Altamirano Caicedo, 2016, pág. 15).

“Manual de diseño y construcción de una cabina-horno para el pintado de vehículos livianos en la ciudad de Loja, indica lo siguiente, este trabajo de tesis tiene el propósito fundamental de contribuir en el manual de diseño y construcción

del diseño para el correspondiente pintado de los automóviles livianos en la ciudad de Loja. El objetivo propuesto es la elaboración de manuales. En virtud a eso se ha logrado el diseño e implementación del horno tipo semiautomático para el acabado superficial de calidad en el proceso de pintado. Además, se sistematizó temas precisos que serán de gran ayuda al momento de entender y estudiarlo. (...). Para de esta forma lograr nuestro objetivo profesional entre las mejores” (Rivera Requelme, 2014, pág. 9).

“Diseño y construcción de un cuarto de secado de pintura electroestática para tableros eléctricos combinando energía renovable y no renovable, indica lo siguiente. El presente proyecto del diseño y construcción de un horno o cuarto se fundamenta con la recopilación de información acerca de la pintura electroestática de tableros eléctricos para la empresa SOLELEC SAC, realizando un estudio en relación a las partes contribuyentes del sistema de control básico para su funcionamiento del cuarto de secado. (...). El diseño del cuarto de secado se inicia analizando varias alternativas de estructuras y seleccionando la más eficiente con respecto a los varios criterios de selección para así seleccionar las dimensiones del cuarto de secado de tableros eléctricos con la ayuda de los programas de simulación de Solid Works, Autodesk, Inventor, se realizó el dimensionamiento y ensamble de las partes constituyentes del cuarto de secado” (Portalanza Brito, 2014, pág. 25).

“Este proyecto se estableció con un propósito de someter principalmente la humedad del plástico, (...) con este diseño se obtuvo una eficacia de 87.6% y una disminución de humedad en un 28%, para lo cual con este equipo debemos de

tener cuidado con las protecciones de seguridad para el personal que lo asiste, y evitar los peligros que se puedan presentar al momento de usarlos en la cabina-horno” (Abarca Sánchez & Aldaz Flores, 2014, pág. 17).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Teorías en relación al diseño.

#### 2.1.1 El Diseño Mecánico

“Para presentar un diseño el ingeniero requiere de muchas habilidades, primero de ideas que son presentadas y luego revisadas para lograr un óptimo desarrollo al momento de la ejecución del proyecto” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 4)

$$F = MLT^{-2}$$

#### Ecuación 1: De la segunda ley de Newton.

Dónde la F = Es la fuerza, M = Es la masa, L = La longitud y T = El tiempo

Los ingenieros utilizan dos sistemas gravitacionales que son los más empleados en las naciones de dialecto inglés como los estados unidos, tenemos el (foot-pound-second) y el sistema (inch-pound-second), la unidad de masa en el (fps) es:

$$M = \frac{FT^2}{L} = \frac{(\text{libra-fuerza})(\text{segundo})^2}{\text{pie}} = \text{lbf} \cdot \text{s}^2 / \text{ft} = \text{slug}$$

#### Ecuación 2: De la masa en (fps).

En el sistema gravitacional (ips) la unidad de masa es:

$$M = \frac{FT^2}{L} = \frac{(\text{libra-fuerza})(\text{segundo})^2}{\text{pulgada}} = \text{lbf} \cdot \text{s}^2 / \text{pulg}$$

#### Ecuación 3: De la masa en (ips).

El (SI) Sistema internacional de unidades es un sistema absoluto. Las unidades base son el kilogramo (para la masa), el segundo (s) y el metro (m). Se deduce la

unidad de fuerza mediante la segunda ley de Newton y se llama Newton (N). Las unidades que lo constituyen son:

$$F = \frac{ML}{T^2} = \frac{(\text{kilogramo})(\text{metro})}{(\text{segundo})^2} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

#### **Ecuación 4: De la fuerza.**

“El peso de un objeto es la fuerza ejercida por la gravedad. Si la aceleración se elige como  $g$  y el peso se designa como  $W$ . Se tiene” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 21).

$$W = mg$$

#### **Ecuación 5: Del peso.**

El (fps, pie-libra-gramo) en el sistema internacional la gravedad estándar es  $g = 32.1740 \frac{ft}{s^2}$ . Se redondea en la mayoría de casos a  $32.2 \frac{ft}{s^2}$ . Y el peso de una masa de 1 slug en el sistema fps es:

$$W = mg = (1 \text{ slug}) (32.2 \frac{ft}{s^2}) = 32.2 \text{ lbf}$$

#### **Ecuación 6: Del peso en (fps).**

La gravedad estándar en el sistema ips es 386.088 o alrededor de  $386 \frac{pulg}{s^2}$  en proporción, en este sistema, una masa unitaria pesa.

$$W = (1 \text{ lbf} \frac{pulg}{s^2}) (386 \frac{pulg}{s^2}) = 386 \text{ lbf}$$

#### **Ecuación 7: Del peso en (ips).**

“La gravedad estándar con unidades del sistema internacional es 9.806 o alrededor de  $9.81 \frac{m}{s}$ . Entonces el peso de una masa de 1 kg es” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 22).

$$W = (1 \text{ kg}) (9.81 \frac{m}{s^2}) = 9.81 \text{ N}$$

### **Ecuación 8: Del peso en (SI).**

“El diseño comienza con un bosquejo en el cual se presenta por una necesidad o solucionar algún inconveniente. Si el diseño llega a ser realmente efectivo, confiable y útil, se llevará a cabo dicho proyecto” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 4).

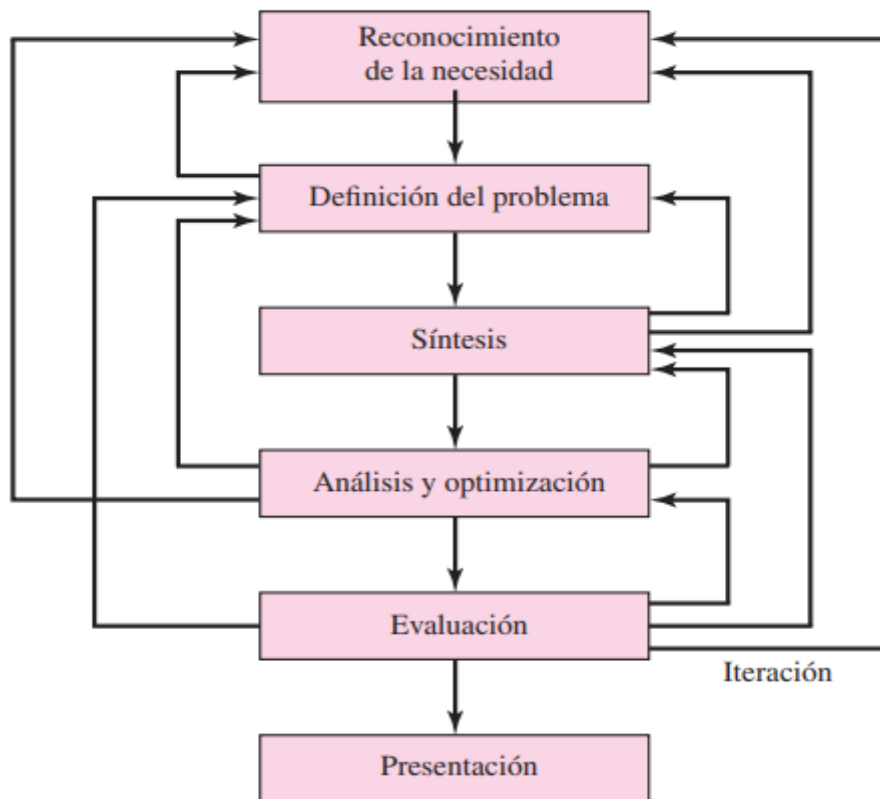
“El diseñar es una etapa altamente participativo e innovador la cual implica mucha investigación para llevar a cabo dicho proyecto, aunque en algunas veces se tiene que realizar con muy poca información, para ello es muy importante tomar sus propias decisiones para dar solución ante los problemas que se puedan presentar” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 4).

#### **2.1.2 Fases del Proceso de diseño**

“En el diseño las fases del proceso comienzan en la identificación de una necesidad. Con el reconocimiento y expresión constituyendo un acto muy creativo, porque la necesidad quizá sea un sentimiento de inquietud o la detención de que algo no está bien. Entre la necesidad y la identificación de un problema existe una gran diferencia que es muy notable” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 25).

“para realizar un diseño se debe tener en cuenta la problemática para así obtener la información propicia y las especificaciones que nos permiten definir el coste de los procesos de mano de obra, la materia prima, el intervalo, la temperatura de operación y confiabilidad” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 5).

“En este concepto nos habla de las investigaciones a realizarse para concretar un proyecto, y a medidas que se evalúan los parámetros del sistema se llegan a tomar los más propicios para mejorar el diseño y los que no se desechan” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 6).



**Figura 4. Fases del proceso del diseño.**

“Debe destacarse, que para llevar a cabo un proyecto recíproco se tiene que evaluar analizando e investigando a través de las variedades de herramientas que tenemos hoy en día para analizar y optimizar la información más resaltante del diseño” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 7).



### **2.1.3 Herramientas y recursos del diseño**

En esta época, el ingeniero tiene una gran diversidad de recursos y herramientas favorables que nos ayudan a corregir inconvenientes del diseño.

#### **2.1.3.1 Herramientas computacionales**

“Las herramientas computacionales son muy importantes ya que contamos con un sinnúmero de herramientas como programas de diseño (Solid Works), Auto Cad entre otros que nos facilitan los trabajos y el acceso al internet para buscar la información y complementar nuestras ideas para el diseño” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 8).

#### **2.1.3.2 Adquisición de información técnica**

“La información que debemos tener para este diseño la obtenemos de las herramientas computacionales y los cálculos realizados para realizar una comparación, demostrando ser flexibles, eficaz y libre de errores” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 9).

#### **2.1.4 Códigos y normas**

“Las normas son referencias, detalles, procesos con el fin de lograr una igualdad, validez y cantidades específicas” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 12).

“El código es un conjunto de detalles que proporcionan una relación veraz y efectiva” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 12).

#### **2.1.5 Economía**

“Para presentar un diseño se debe evaluar los gastos, es por ello que los proyectos nos permiten primeramente resolver problemas identificados, los cuales

nos sirven para mejorar las condiciones de vida del estudio, además nos permiten acceder a diversas fuentes de financiación las cuales basan sus decisiones en diseño de estrategias” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 12).

#### **2.1.5.1 Tamaños estándar**

La utilización de tamaños estándar o normales es la apertura primordial de la deflación del coste.

#### **2.1.5.2 Tolerancias amplias**

“Entre los efectos de los detalles de diseño sobre los costes, talvez los de las tolerancias sean los más reveladores. Las tolerancias del diseño influyen de varias maneras en la factibilidad de fabricación del proyecto final, las tolerancias escritas quizá precisen gestiones adicionales en el proceso” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 13).

#### **2.1.5.3 Puntos de equilibrio**

“En este diseño ciertas veces ocurre o se confiere el coste de más de 2 direcciones, para cuantificar la producción se debe tener en cuenta la rapidez con que uno elabora dicho proyecto y las herramientas que se utiliza para facilitar el avance del diseño” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008, pág. 13).

### **2.1.6 El Diseño Térmico**

#### **2.1.6.1 Transferencia de Calor por Conducción**

“La transferencia de energía en forma de calor por conducción es un proceso que está basado en un contacto directo entre dos cuerpos, pero sin intercambio de materia” (Holman, 1999, pág. 18).

$$\frac{q}{A} \sim \frac{at}{ax}$$

### Ecuación 9: Transferencia de calor por conducción.

Cuando se inserta la variable de proporción,

$$q = -kA \frac{at}{ax}$$

### Ecuación 10: Por conducción con la 2da ley de termodinámica.

Dónde:

$q$  = Es la precipitación de transferencia de calor.

$\frac{at}{ax}$  = Es el gradiente de temperatura en la trayectoria del flujo de calor.

$-k$  = Es la conductividad térmica del material (el signo menos se inserta para satisfacer el 2do principio de la termodinámica.

$A$  = Es la constante positiva.

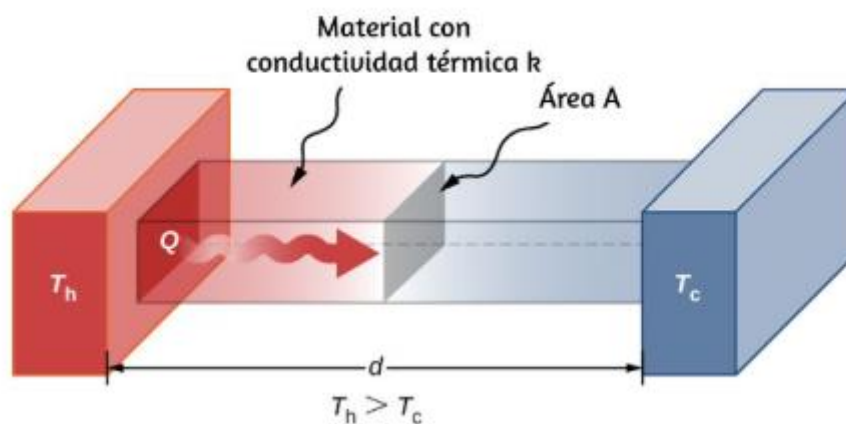


Figura 5. Transferencia de calor de un material a otro.

### **2.1.6.2 Transferencia de calor por convección.**

“La transferencia por convección es de calor entre un área sólida y el fluido adyacente a ella, es decir el calor es cedido hacia afuera de la placa o lamina, esta puede darse de forma de convección natural cuando el fluido adyacente se desplaza producto de la temperatura de la placa o convección forzada cuando existe un sistema mecánico que fuerza el movimiento del fluido circundante a la placa o lamina” (Holman, 1999, pág. 28).

$$q = hA (T_w - T_{\infty})$$

**Ecuación 11: Ley de enfriamiento de Newton.**

$T_w$  = Es la temperatura de la placa.

$T_{\infty}$  = Es la temperatura del fluido.

$h$  = Es el coeficiente de transferencia de calor por convección.

$A$  = Es el área del plano.

### **2.1.6.3 Transferencia de calor por radiación**

“La transferencia de calor por radiación se da por medio de ondas electromagnéticas, la radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura específica desde una fuente hacia el exterior en todas las trayectorias” (Holman, 1999, pág. 29).

$$q = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

**Ecuación 12: Ley de radiación térmica de Stefan-Boltzmann.**

Donde  $\sigma$  es la constante de gran proporción y se llama constante de Stefan Boltzmann con el valor de  $5.669 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ .

$$q = F_e F_g \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

**Ecuación 13: En función de emisividad y geométrica.**

**Dónde:**

$F_e$  = Es la función de emisividad.

$F_g$  = Es la función geométrica de factor de vista.

$\sigma$  = Es la constante de proporcionalidad.

$A$  = Área de superficie.

$T_1^4 - T_2^4$  = son las temperaturas de la superficie de los cuerpos

### **2.1.7 Intercambiador de calor**

El intercambiador de calor es un dispositivo cuya función es transferir el calor de un fluido a otro de menor temperatura. La transferencia de calor se produce a través de una placa metálica o tubo que favorezca el intercambio entre fluidos sin que estos se mezclen. Dentro de ellos dos tipos de intercambiadores el más eficiente es el de placas metálicas. Alcanzan una presión de 28 bar (400 PSI) y una temperatura de 185 °C (366 °F).

#### Advantages of AIC Brazed Plate Heat Exchangers

Compact models with high heat transfer capacity.

Stainless steel plates with corrugated surface ensure turbulent flow and structural support to the unit.

Single or double wall option. Copper or nickel brazing material available.

Exclusive design with titanium plates (TX Line).  
Quick and easy installation.

- 1 STAINLESS STEEL CONNECTIONS
- 2 CORRUGATED PLATE SURFACE
- 3 STAINLESS STEEL (316) HEAT TRANSFER PLATES
- 4 COPPER OR NICKEL BRAZING MATERIAL

#### APPLICATIONS

- Condensers and Evaporators in Refrigeration Systems.
- Oil Coolers.
- Close approach fluid-to-fluid heat transfer.



Figura 6. Intercambiador de calor tipo placas.

En la descripción del producto hallamos todo lo relacionado a las formas de aplicación de la pintura. Edición 2017.

#### 2.1.7.1 Poliuretano Mono capa MC 600-654 Automotriz.

“Es una pintura de 2 componentes, un acabado monocapa es aquel que su color, brillo y dureza están compuestos en una sola capa empleando un solo proceso al momento de realizar el pintado” (Pinturas Sipa, 2017, pág. 1).

#### Usos recomendados:

“Su uso de aquella pintura (MC 600-654) es para la terminación del pintado, sobre las autopartes del vehículo de aceros dulces preliminarmente protegidos con Primer PU HS 41-260, Primer minicomponente 41-107, o inhibidor de la corrosión HB-30,

para las autopartes de la carrocería de los vehículos, no se recomienda guardar por mucho tiempo una vez utilizados dichos productos” (Pinturas Sipa, 2017, pág. 1)

### **2.1.7.2 Características técnicas de la pintura.**

Naturaleza química	:	Poliuretano Alifático
N.º de componentes	:	Dos, base y Catalizador R-922.
Relación de la mezcla en volumen:		4:1:1, 4A+1B+1 de Diluyente PU-200 <Automotriz>
Maduración de la mezcla	:	5-10 minutos antes de aplicar.
Vida útil de la mezcla 20°C	:	4-6 horas, menor a mayor temperatura.
Terminación	:	Brillante.
Colores	:	De acuerdo a cartilla.
Contenido de sólidos en volumen	:	49±2 %
Rendimiento teórico	:	73 m <sup>2</sup> /galón-1 miles de espesor de película seca.
Rendimiento práctico	:	47±5 m <sup>2</sup> /gal/mano, a 1 miles de espesor seco.
Número de capas recomendadas	:	1 a 3, con un oreo de 5-10 minutos.
Espesor seco recomendado por capa:		30-50 micrones.
Temperatura de aplicación	:	10°C-40°C, sobre 3°C del punto de rocío.
Humedad Relativa	:	Menor a 80%.
Temperatura de superficie	:	10-30°C.
Aplicación	:	Pistola con aire, gravedad y succión.
Diluyente	:	PU-200 <Automotriz R>
Dilución para pistola con aire	:	4:1:1, 4A+1B+1 de Diluyente PU-200.

Viscosidad de aplicación	: ±16 seg. Copa Ford N°4-20°C,
Flash point	: 31° C.
Condiciones de secado	: 20° C, 60%, HR y 50 micrones húmedo.
Secado libre de polvo a 20°C	: 5-10 minutos.
Secado Tacto 20°C	: 1-2 horas.
Secado Repintado a 20°C	: 24-48 horas
Condiciones de secado	: Horno 60° C, y 50 micrones espesor húmedo.
Libre de polvo 60°C	: 5-10 minutos.
<b>Secado Tacto 60°C</b>	<b>: 20-30 minutos.</b>
Secado Repintado 60°C	: 1-2 horas.
Secado total <curado>	: 5-7 días a 20°C.
Estabilidad de almacenaje	: 12 meses para el B, y 12 meses para el A, en Envase
Herméticamente cerrados 10-30°C y H.R menor a 8	

### **2.1.7.3 Preparación de la superficie y aplicación.**

“Para la aplicación de la pintura las superficies de acero deben estar sin corrosión, secas y libres de grasas, suciedades en general o polvo, y debidamente recubiertas con pintura epóxicas, el Primer PU HS 41-620 de 2 componentes, o el Inhibidor de la corrosión HB-30. Antes de pintar, recomendamos eliminar el polvo pasando por el área un paño gomoso (3M) que se utiliza para eliminar todas las partículas del ambiente” (Pinturas Sipa, 2017, pág. 2)

### **2.1.7.4 Mezcla de los componentes de la pintura**

Homogenice cada componente por separado con una espátula plana, después mézclelos en la proporción indicada, 4 de A, más 1 de B (R-922>, más 1 de



Diluyente PU-200, y fíltrelo si es necesario por una Malla N°60 Nieve (coladores 3M); no exceda la vida útil de 4 horas.

### **2.1.8 Equipos de aplicación para el pintado**

Para una buena aplicación, elegir el tamaño adecuado de la boquilla y la presión, verificando que la línea esté libre de contaminantes.

#### **2.1.8.1 Pistola por Gravedad (HVLP- High Volumen Low Pressure):**

Utilizan una baja presión para pulverizar la pintura y un gran volumen para pintar, es decir utilizan un gran volumen de aire a baja presión, está diseñada para pintar con pinturas de altos niveles de viscosidad pueden ser aspiradas precisamente por ser tan viscosas y por ese motivo se aprovecha la ley de la gravedad que la hace bajar hasta la boquilla. Consumen menos pintura que las de succión, su pulverización es mínima, para la base o pintura se usan pistolas de gravedad HVLP con boquilla de 1.4, para pinturas mono capas y barnices se usan pistolas HVLP de gravedad con boquilla de 1.3, para pequeñas reparaciones se pueden usar pistolas MINI-JET de boquilla de 1.0, una de las más reconocidas son la pistola de marca Sagola M260603, Trabajan con compresores a una presión mínima de 1,5 HP y el fabricante recomienda trabajar con una presión máxima de 2 Bar-29.01 PSI trabajando a 150 L/minuto.



**Figura 7. Pistolas por gravedad Sagola-HVLP.**

### **2.1.8.2 Pistolas de Succión:**

El funcionamiento de la pistola por succión es por aspiración consiste en que la pintura que está en el depósito es elevada hasta la boquilla por el efecto del aire por succión. Dicho aire viene de un compresor de aire. Este está conectado a la pistola por una manguera. Está diseñada para trabajar con pinturas poco viscosas, las cuales funcionan a la perfección con la técnica de aspiración, se caracterizan por llevar el depósito en el lado inferior de la pistola, dentro de ellas en marcas tenemos la Sealey S701- con boquilla de 1,8 mm, Sealey S775 con boquilla de 1,7 mm, Cevik CA-1855/3 pistola para pintar acero aluminio profesional con boquilla de 1,4 a 2 mm, Silverine 196536 con boquilla de 1,5 mm, Yae Tek con boquilla de 1,8 mm (DE COMPRESORES, 2019, pág. 5).



Este producto Sealey S701 – Pistola de spray alimentada por succión, (1,8 mm)



Sealey S775 pistola de pintar por succión Siegen marca, 1,7 mm Configuración

**Figura 8. Pistolas Sealey S701-S775.**

Conclusiones sobre las pistolas a usar, por su uso al momento de pintar sería las más usadas de tipo GRAVEDAD su pulverización es mínima lo cual implica optimización de la pintura, que es lo más primordial para este diseño. (Amazon, 2019, pág. 1)

### **2.1.9 Características de los aceros de los vehículos:**

Existen cuatro tipos de aceros, aceros convencionales (HSS), aceros de alta resistencia, aceros de muy alta resistencia, aceros de ultra alta resistencia.

#### **2.1.9.1 Aceros convencionales (HSS).**

“Los aceros convencionales son **Dulces** (los más usados en las autopartes de los vehículos) **y IF**. Su proceso de obtención son aceros endurecidos en horno (BH) aceros (HSLA), su bajo límite de elasticidad (<220 N/mm) lo convierte en un material para usar en aletas, paneles de puertas portones posteriores de la misma

manera el bajo contenido en aleantes lo confiere en una buena soldabilidad su resistencia es de 2100-5500 Bar” (Autocasion , 2012, pág. 1).

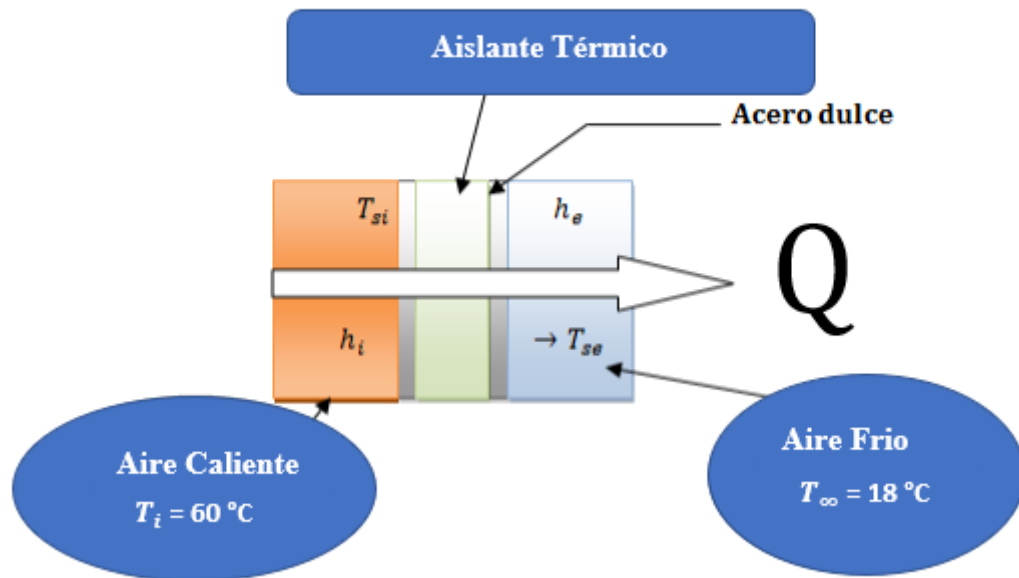


Figura 9. Temperaturas exterior e interior de la cabina.

### 2.1.9.2 Aceros de alta resistencia.

“Son Bake Hardening Microleado Refosforado, su proceso de precipitación es de solución sólida, su rango de elasticidad es de ( $>220, <450\text{ N/mm}$ ) se usan en puertas, capot, portones, aletas delanteras y techo, piezas estructurales bastidores inferiores, refuerzos y travesaños. Su resistencia al acero con YS es 4500-8000 Bar” (Autocasion , 2012, pág. 1).

### 2.1.9.3 Aceros de muy alta resistencia.

“Son de fase doble (FD) plasticidad inducida por transformación (TRIP) fase compleja (FC). El proceso de reconformado de estos aceros es por lo general difícil como consecuencia de su mayor límite elástico por presentar mayor límite elástico ( $>450, \geq 800$ ). Su uso empleado en los vehículos es de, estribo el montaje A,

correderas de asientos, cimbras de techo larguero, traviesas, refuerzos de pilar B. Su resistencia al acero es de 5000 a 8000 Bar” (Autocasion , 2012, pág. 1).

#### **2.1.9.4 Aceros de ultra alta resistencia.**

“Son los aceros son de Martensíticos (MS) aceros Boron o aceros al boro (BOR), se caracterizan por su alta rigidez, la absorción de grandes energías y su capacidad para no deformarse. Su proceso de obtención es de fases duras se usan en el refuerzo en el denominado pilar B, habitáculos del motor y maletero su rango límite de elástico es de >800 N/mm y su resistencia al acero es de 9000 a 17000 Bar” (Autocasion , 2012, pág. 1).

#### **2.1.10 Autopartes Nor Autos Chiclayo SAC.**

Estas son las autopartes que llegan al taller por remodelación o trabajos de pintura por golpes, ralladuras, o choques.

Tabla 1: Autopartes de Nor Autos Chiclayo SAC.

<b>AUTOPARTES DE NOR AUTOS CHICLAYO SAC.</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD MENSUAL</b>	<b>SINIESTRO</b>
1	Puerta del. LH Yaris	10	Golpes en la Puerta Del. LH
2	Puerta post. RH Corolla	10	Golpes en la Puerta Post. RH
3	Compuerta Posterior	5	Golpes Posteriores
4	Tolva de Camioneta	2	Golpes Laterales LH Y RH
5	Para choque Post. Corolla	10	Golpes Posterior
6	Para choque Del. Yaris	10	Golpes Frontal
<b>TOTAL, DE AUTOPARTES</b>		<b>47</b>	<b>POR TRABAJOS DE PINTURA</b>

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

## **2.2 Formulación del Problema.**

¿Es factible diseñar un horno de secado de pintura para optimizar los procesos del pintado de piezas automotrices en la empresa Nor Autos Chiclayo SAC?

## **2.3 Justificación del estudio del diseño.**

### **2.3.1 Técnica.**

La presente investigación tiene un impacto positivo ya que va a permitir optimizar el proceso de secado de pintura, ya que permitirá que todas las piezas que se pinten en la empresa sean secadas de forma adecuada, mejorando la calidad del proceso de pintura, además de poder desarrollar ciencias aplicadas a nuestra realidad, respetando las normas vigentes y el medio ambiente.

### **2.3.2 Económica**

Esta investigación permitirá a la empresa ofertar este servicio a sus clientes con el fin de brindarles un mejor servicio lo que traerá consigo mayores ingresos económicos, beneficiándose también el personal de la empresa, además al contar con un horno del tamaño adecuado para las piezas vehiculares será más eficiente y con llevar a ahorros de económicos en gastos por energía.

### **2.3.3 Social**

Esta investigación permitirá que los clientes de la empresa Nor Autos Chiclayo SAC, puedan contar con un mejor servicio para sus vehículos en tiempo y calidad, además de que los trabajadores puedan realizar todos los procesos de secado de la pintura de forma adecuada técnicamente y segura siendo también beneficiados.

#### **2.3.4 Ambiental.**

El diseño de este horno de un tamaño adecuado para poder realizar el proceso de secado de piezas vehiculares representa una optimización de los recursos lo que trae consigo un impacto ambiental positivo.

#### **2.4 Hipótesis.**

Si es factible diseñar una cabina-horno de secado para la pintura y así optimizar el pintado de piezas automotrices para la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

#### **2.5 Objetivos.**

##### **2.5.1 Objetivo General**

- ✓ Diseñar un horno de secado de pintura para piezas automotrices en la empresa Nor Autos Chiclayo S.AC.

##### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Caracterizar los tamaños de las diferentes piezas que ingresan para trabajo de pintura a la empresa Nor Autos Chiclayo SAC, y optimizar el proceso de la pintura.
- ✓ Determinar los parámetros de diseño del horno de secado de pintura.
- ✓ Diseñar el horno de secado de pintura tomando en cuenta los parámetros de trabajo.
- ✓ Analizar económicamente el impacto del diseño un horno de secado de pintura par la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de Investigación.

##### 3.1.1 No experimental

Nuestra investigación en relación al diseño es no experimental debido a que no se hace un trabajo premeditado con respecto a la variable autónoma, para poder ver su resultado en otras variables, se establece el análisis de la variable en el contexto original para su siguiente análisis. Nuestra investigación inicia con la búsqueda de los parámetros del diseño, para que a partir de allí se inicie el diseño del horno de secado de la pintura en consideración a los cálculos mecánicos y térmicos teniendo en cuenta las normas vigentes en la actualidad.

##### 3.1.2 Descriptiva

La presente investigación es descriptiva por qué se encarga de puntualizar las características de la población, esta metodología que se está estudiando, en este caso nuestro diseño del horno el por qué, el lugar porque se está realizando dicho diseño el investigador.

Tabla 2: Muestreo de la investigación.

Estudio	T1
Muestra 1	Observación 1
Muestra 2	Observación 2

Fuente: M1 y M2 son muestras O1 Y O2 Son Observaciones



## **3.2 Variables, Operacionalización**

### **3.2.1 Variable Independiente**

Diseño de un horno de pintado de piezas automotrices

### **3.2.2 Variable Dependiente**

Optimizar los procesos de secado de la pintura

### **3.2.3 Operacionalización de las Variables**

Tabla 3: Estudio del diseño.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	
Variable Independiente: Diseño de un horno de pintado de piezas automotrices	“El diseño de máquinas es un proceso mediante el cual se observan las dimensiones, materiales, tecnología y funcionamiento de una máquina” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008)	El presente diseño del horno nos permite ahorrar costos de energía eléctrica, tiempo de secado de la pintura.	Potencia	KW	Ficha de registros de piezas automotrices.	
			Mecánica			Pascal
			Presión			N-m
Variable Dependiente: Optimizar los procesos de secado de la pintura	La optimización de un proceso consiste en observar cómo se desarrolla dicho proceso, a partir de allí establecer mejoras.	En el proceso de secado de la pintura nos permite optimizar la pintura en el pintado de las piezas automotrices. plasmadas para este diseño.	Torque	de °C	Ficha de control de diseño.	
			Rango			
			Temperatura			
			Material	tipo	Para editar el diseño del horno, tablas, y la edición de la tesis.	
			Programas	Solid Works, Excel, Microsoft Word.		
			Tiempo	horas	Observaciones de los técnicos en tiempo de secado.	
			Costo	\$	Reducción de costos en la pintura.	

Fuente: Estudio de proyecto de investigación.

### 3.3 Población y Muestra.

#### 3.3.1 Población.

Diseño de un horno de secado de pintura para piezas automotrices y optimizar el pintado de piezas automotrices en la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

#### 3.3.2 Muestras.

Nuestro prototipo es una representativa, subconjunto que recoge todas las características automotrices para el diseño del horno de secado de pintura para piezas automotrices y optimizar el pintado de Piezas automotrices en la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

### 3.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

Tabla 4: Recolección de reseñas e instrumentos.

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Observación	Determinación de las medidas del diseño del horno de secado de pintura	Ficha registro de piezas automotrices
Revisión Documentaria	Estimación del diseño del horno de secado de pintura Pesquisa de datos técnicos y elementos operativos para el diseño.	Reseña de inspección del diseño Ficha de revisión documentaria

Fuente: Técnicas del diseño del proyecto

#### 3.4.1 Técnicas de Recolección de datos

##### 3.4.1.1 Observación

La técnica de la observación se empleará para poder determinar las dimensiones geométricas de las piezas que ingresan al taller en los últimos 6 meses para determinar las dimensiones óptimas que debe tener el horno de secado de pintura.

También se usará esta técnica para realizar la evaluación del diseño del horno para secado de pintura.

#### **3.4.1.2 Revisión Documentaria**

Esta habilidad nos permite encontrar algunos parámetros que se necesitan para nuestro diseño del horno de secado de pintura, como la temperatura de secado de acuerdo al tipo de pintura que se use, método de preparación y aplicación de la pintura y la superficie del horno, además de la exploración de la materia prima para el horno de secado, selección de piezas estandarizadas para el horno de secado como conductores, resistencias eléctricas.

#### **3.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos**

##### **3.4.2.1 Ficha parámetros de diseño**

La ficha de registro de parámetros de diseño, nos permitirá el registro de las dimensiones geométricas de las diversas piezas que requieren el proceso de pintura en el taller Nor Autos. Esta herramienta constituye de 2 fragmentos en la 1ra los datos globales del investigador para realizar dicho registro, así como también la hora y fecha del registro, en la segunda parte detallaremos las dimensiones geométricas de las piezas que ingresan al taller de Nor Autos para realizar el proceso de pintura, características de la pintura a usar y a las condiciones de temperatura y tiempo para la realización de este proceso.

##### **3.4.2.1.1 Ficha de control de diseño**

Con esta herramienta vamos a evaluar el diseño del horno para secado de la pintura, sus parámetros de operación, temperaturas de operación, dimensiones

geométricas, potencia etc. La ficha cuenta con dos fragmentos, en la 1ra colocamos los datos del estimador, fecha de apreciación, en la segunda detallamos las medidas del diseño a evaluar en el horno para secado de pintura.

#### **3.4.2.1.2 Ficha de revisión documentaria**

Esta ficha de estudio de documentos permite acarrear un control de varias documentaciones consultados que nos brindan los datos y teorías para el diseño del horno de secado de pintura, tales como libros manuales folletos de referencias estandarizadas, pesquisa técnica de dispositivos efectivos en el mercado, para la estimación y posterior requerimiento para el presente diseño.

#### **3.4.3 Validez**

Nuestra investigación va a ser validada por los expertos en el rubro del componente, se refiere al grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir. Hace referencia a la capacidad que se tiene para nuestro diseño.

#### **3.4.4 Confiabilidad**

La confiabilidad es un instrumento de medición que se refiere al grado de precisión o exactitud de la medida, en el sentido de que si aplicamos repetidamente el instrumento al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados.

### **3.5 Métodos de análisis de datos**

El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

### **3.6 Aspectos éticos**

Los siguientes aspectos éticos en una investigación debe tener valor, lo que representa un juicio sobre la importancia social, científica de la investigación, la cual está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Caracterizar los tamaños de las diferentes piezas que ingresan para trabajo de pintura a la empresa Nor Autos Chiclayo SAC. Para el proceso de pintura.

Las necesidades de la empresa del presente proyecto se tomaron en consideración a la demanda de vehículos siniestrados y a las dimensiones de las autopartes del vehículo como se mencionan:

Dentro de las autopartes más siniestradas en los vehículos son las siguientes:

**4.1.1 Puerta delantera lado izquierdo auto Yaris:** Es la que se ubica en la parte principal del auto donde va el conductor y muchas veces ingresa a pintado por ralladuras o pequeños raspones, su material de fabricación es acero, son muy frecuentes las veces que se requiere del servicio. Sus dimensiones son 0.10m espesor, 1.0m de altura, 1.23m de longitud.



**Figura 10. Puerta delantera LH auto Yaris.**

**4.1.2 Puerta posterior lado derecho auto corolla:** Está ubicada a continuación del conductor, donde se trasladan los pasajeros, esta pieza son pintadas por ralladuras, rozones, etc. Sus dimensiones son 0.10m de espesor, 1.05m de altura, 1.23m de longitud.



**Figura 11. Puerta posterior RH Auto corolla.**

**4.1.3 Para choque delantero auto Yaris:** Se ubica en el lado frontal del auto, está expuesta a ralladuras, choques, rozones, etc. Su material de fabricación es de fibra de vidrio plastificado. Son muy frecuentes los requerimientos para esta pieza. Su dimensión son 0.010m de espesor, 0.70m de altura, 1,73m de longitud.





**Figura 12. Para choque delantero auto Yaris.**

**4.1.4 Para choque posterior auto corolla:** Está compuesta en fibra de vidrio plastificado esta pieza se ubica en la parte final del auto y muchas veces está expuesta a choques. etc. Sus dimensiones son 0.010m de espesor, 0.70m de altura, 1.72longitud.



**Figura 13. Para choque posterior auto corolla.**

**4.1.5 Compuerta posterior de tolva de HILUX 4X4:** Es de acero y esta ubica en la parte final de la camioneta sus requerimientos del servicio es muy frecuentes por

ralladura, etc. Sus dimensiones 0,10m de espesor, 0.40m de altura, 1.37m de longitud.



**Figura 14. Compuerta posterior de tolva Hilux 4x4.**

**4.1.6 Tolva de camioneta HILUX 4X4:** Se ubica en la parte posterior de la camioneta el material de fabricación es el acero sus medidas son, 0.10m de espesor, 1.30m de altura, 1.80 de longitud.



**Figura 15. Tolva de camioneta de Hilux 4x4.**

## 4.2 Determinar los parámetros de diseño del horno de secado de pintura.

Para definir los parámetros de diseño, principalmente las dimensiones de la cabina se ha tomado la siguiente consideración.

Se ha realizado un estudio de las piezas que llegan hacer pintadas al taller y por lo consecuente se tuvo las siguientes especificaciones.

Tabla 5: Dimensiones de autopartes y peso.

Auto partes	Dimensiones de la cabina de pintura y secado en metros(m)			
	Longitud	Espesor	Altura	Peso kg
Puerta del. LH auto Yaris	1,23	0,10	1	30
Puerta post. RH auto corolla	1,23	0,10	1,05	30
Para choque del. Yaris	1,73	0,010	0,70	5
Para choque post. auto corolla	1,72	0,010	0,70	5
Compuerta Post. de camioneta Hilux 4x4	1,37	0,10	0,40	20
Tolva camioneta Hilux 4x4	1,80	0,10	1,30	150

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

### Las dimensiones del diseño del horno son las siguientes:

Longitud 4.2 m; Altura 2.8 m; Ancho 3.6 m.

## 4.3 Diseño termodinámico

Nuestro diseño termodinámico se llevará a cabo para hallar la suma de energía calorífica que se necesita para calentar una cantidad de aire en la cabina-horno de pintura y secado de la misma. Hallando las temperaturas del calor total a través de paredes y techo, calor sensible de la estructura de la cabina, calor sensible de la autoparte del vehículo, y el calor para el secado de la pintura.

### 4.3.1 Calor perdido para el secado de la pintura Q1.

Para realizar los cálculos para el calor necesario para el secado de la pintura se tomarán los datos de tabla, los datos de una lata de pintura de un litro que es 2kg, pero para un buen pintado son tres capas que sumarian un total de 6 kg, y el tiempo de secado de la pintura oscila entre 1 y 2 horas, se toma el tiempo máximo de 120 minutos.

Tabla 6: Especificaciones de pinturas.

P (densidad del aire)	Cp. (calor específico de la pintura)	K (conductividad térmica)
$\frac{K}{m^3}$	$\frac{J}{kg - k}$	$\frac{W}{m - k}$
24	1.6	0.023

Fuente: *Transferencia de Calor, Yunus A. Cengel.*

El calor absorbido por la pintura lo hallamos con la siguiente formula del calor:

$$Q_p = m_p * c_p (T_i - T_e) \quad \text{Ec. 14}$$

**Dónde:**

$Q_p$ : Calor perdido por la pintura en [J].

$m_p$ : Es la masa de la pintura en [kg].

$c_p$ : Calor específico de la pintura [ $\frac{KJ}{kg^{\circ}C}$ ].

$T_i$ : Temperatura interna de la cámara de secado [°C].

$T_e$ : Temperatura de ambiente [°C].

Reemplazando en la ecuación del calor absorbido por la pintura.

$$Q_p = 6\text{kg} * 1.6 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg} - \text{c}^\circ} \right) (60 - 18)$$

$$Q_p = 403200 \text{ j}$$

$$Q_p = 403200 \text{ j} * \frac{1\text{kwh}}{3.6 * 10^6\text{j}}$$

$$Q_p = 0,112\text{kwh/h}$$

Ahora lo calculamos por el tiempo de secado, 120 minutos. (Especificaciones técnicas de la pintura)

$$Q_p = 0,112\text{kwh}/2 \text{ horas}$$

$$Q_p = 0.056 \text{ kw}$$

#### 4.3.2 Calor absorbido por la autoparte Q2.

El calor absorbido por la autoparte lo tomamos de la autoparte de la tolva ya que es la autoparte con mayor peso 150 kg.

Tabla 7: De los metales.

Acero dulce			
Sustancia	Densidad p kg/m3	Calor especifico K	Cp kj/kg.
Metales	7,830	0,500	

Fuente: Tablas de (Cengel & Michael A. Boles, 2012).

Con la siguiente tabla del acero dulce de Cengel, hallamos el calor de la autoparte con la siguiente fórmula:

$$Q = m. Cp. \Delta t \quad \text{Ec. 15}$$

**Dónde:**

m= masa de la autoparte en kg.

C<sub>p</sub>= calor específico de la autoparte (Material de Acero 500 J/kg°C).

Δt =variación de temperatura T<sub>i</sub> T<sub>e</sub>

$$Q = 150\text{kg} * \frac{0,500\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (60 - 18)^\circ\text{C}$$

$$Q = 3150 \text{ Kj}$$

$$Q = 3150000 \text{ j} * \frac{1\text{kwh}}{3,6 * 10^6\text{j}}$$

$$Q = 0,875 \text{ kwh}$$

Lo calculamos por el tiempo de secado máximo de la pintura 120 minutos.

$$Q = 0.44 \text{ kw}$$

### **4.3.3 Calor perdido en las paredes interiores del horno Q3.**

El aire que hay que calentar dentro de la cabina es muy importante, ya que hay que evitar que el calor se disipe con el material aislante y alcanzar el nivel óptimo del aire para el secado correspondiente de la pintura dentro de la estructura del horno para ello empezamos hallando el calor de las paredes con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{T_i - T_e}{R_{tt}} \quad \text{Ec. 16}$$

**Dónde:**

Q = Es el calor total perdido en las paredes en m.

R<sub>t</sub> = Es la resistencia térmica total que se pierde en las paredes en °C/W.

$T_i$  = Es la temperatura interior para el secado de la pintura en °C.

$T_e$  = Es la temperatura exterior o ambiente en °C.

$R_{t.t.e}$  = Es la resistencia total térmica expresada.

La siguiente formula de la resistencia total térmica es empleada para hallar el calor perdido en las paredes.

$$R = \frac{1}{h_i A} + \frac{\Delta x_1}{K_1 A} + \frac{\Delta x_2}{K_n A_n} + \dots + \frac{\Delta x_n}{K_n A_n} + \frac{1}{h_e A} \left( \frac{W}{K} \right) \quad \text{Ec. 17}$$

**Dónde:**

$R$  = Es la resistencia térmica total que se pierde en las paredes °C/W.

$\Delta x_n$  = Es el espesor de las capas que forman la pared en m.

$h_i$  = Es el coeficiente de convección superficial interior  $\left( \frac{W}{m^2} * ^\circ K \right)$ .

$A_n$  = Es el área superficial del horno en  $m^2$ .

$k_n$  = Es el coeficiente de conductividad térmica de las capas  $\left( \frac{kcal}{hm} * ^\circ K \right)$ .

$h_e$  = Es el coeficiente de convección superficial del exterior del horno  $\left( \frac{W}{m^2} * ^\circ K \right)$ .

Para hallar el calor perdido dentro de toda la estructura debemos denotar el área correspondiente de las paredes del techo y del piso, los materiales que se trabajaran en este diseño son fundamentales en relación al aislante térmico que se empleara debido a que se tendrá presente la baja conductividad que debemos tener en cuenta para que no se disipe el calor que se encuentra dentro de la cabina, que generara en su operación de secado de la pintura, para ello usamos la siguientes tablas.

Tabla 8: Conductividad de los materiales a usarse.

Materiales	Acero dulce	Fibra de vidrio
Conductividad térmica	45.3 W/m. °K	0.036 W/m. °K

Fuente: yunus a. Cengel.

Tabla 9: Coeficientes peculiares del aire en diversas superficies.

Superficie de las paredes	Coeficiente peculiar kcal/hm <sup>2</sup> °C
Madera lisa o enlucido	7.8+0.9*v
Muy lisa	6.8+0.85*v
Hormigón fundido	9.8+1.2*v

Fuente: yunus a Cengel.

Para hallar el cálculo del calor perdido en las paredes interiores dentro del horno tenemos que hallar el coeficiente de convección externo e interno usando los coeficientes peculiares de la superficie muy lisa.

Para la expresión del coeficiente de convección interna, vamos a usar dentro de la cámara del horno la velocidad del aire en 0.25 (m/s), tenemos que transformar a km/h que es equivalente a 0.90 km/h.

$$h_i = 6,8 + 0,85 * v \quad \text{Ec. 18}$$

$$h_i = 6,8 + 0,85 * 0.90$$

$$h_i = \frac{7,56 \text{kCal}}{h} * m^2 * ^\circ C$$

$$h_i = 8,7 \frac{w}{m^2} * ^\circ k$$



Para la expresión del coeficiente de convección externa, usaremos para el diseño del horno una velocidad exterior de 0,50 (m/s) que es equivalente a 1,8 km/h.

$$h_e = 6,8 + 0,85 * v \quad \text{Ec. 19}$$

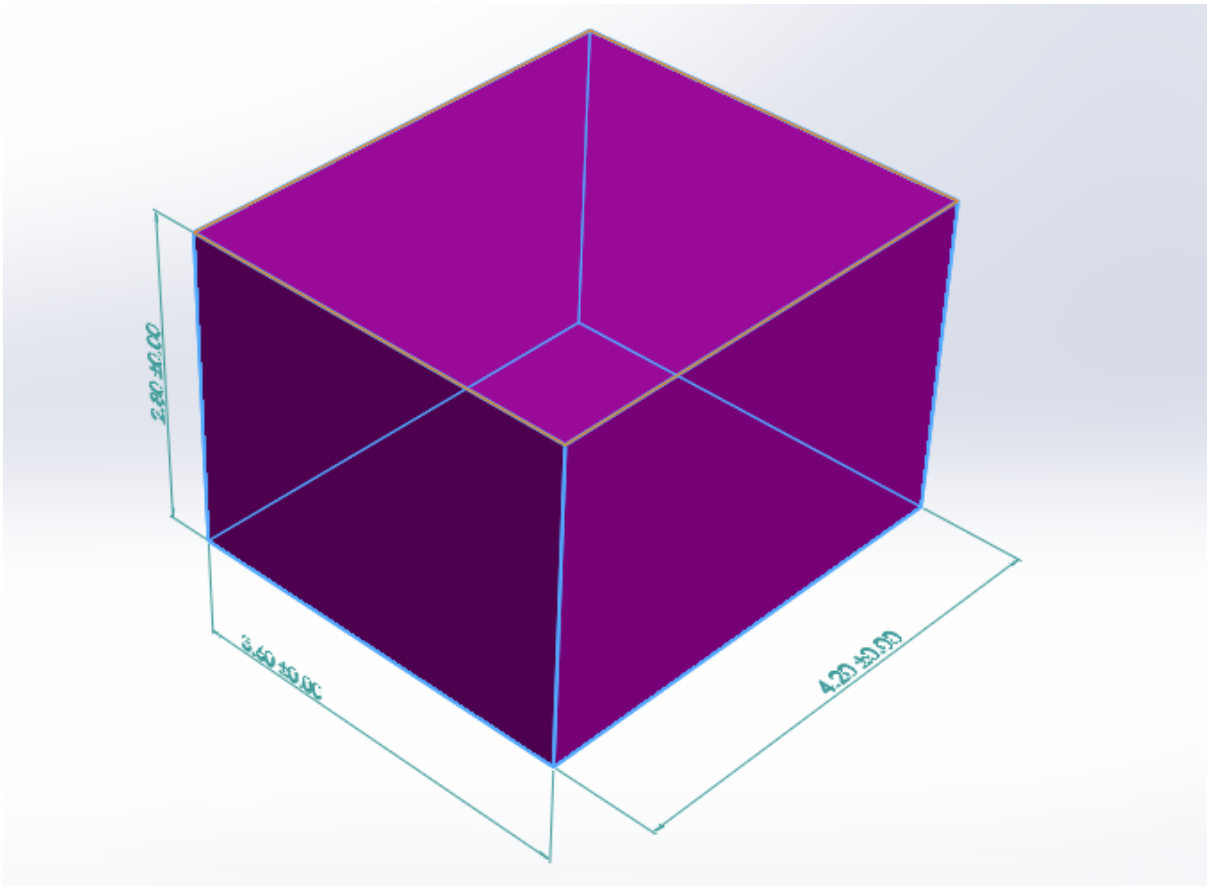
$$h_e = 6,8 + 0,85 * 1,8$$

$$h_e = \frac{8,6 \text{kCal}}{h} * m^2 * ^\circ C$$

$$h_e = 10 \frac{w}{m^2} * ^\circ k$$

#### ***4.3.3.1 Calor perdido a través de las paredes laterales.***

Para hallar el calor perdido de las paredes laterales hallamos el área dimensional de todo el horno.



**Figura 16. Medidas del diseño del horno**

$$A_{\text{paredes.laterales}} = 2.8\text{m} * 4.2\text{m} = 11.76\text{m}^2$$

$$A_{\text{pared.frontal y trasera}} = 2.8\text{m} * 3.6\text{m} = 10.08\text{m}^2$$

$$A_{\text{techo,piso}} = 4.2\text{m} * 3.6\text{m} = 15.12\text{m}^2$$

El área total de la cámara o estructura del horno es la  $\Sigma$  de las paredes del horno  
 $58.8\text{m}^2$

El volumen de aspiración de la cámara es  $42.34 \text{ m}^3$

Usando la siguiente formula de la resistencia térmica de las paredes laterales:

$$R = \frac{1}{A_{p,lateral}} * \left[ \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{1}{h_e} \right]$$

Reemplazamos Ec. 17 con los datos conjuntamente con el área total de la pared lateral 11.76 m<sup>2</sup>

$$R = \frac{1}{2 * (11.76m^2)} \left[ \frac{1}{8.7 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.114m}{0.036 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} \right]$$

$$R = 0.14 \left[ \frac{W}{K} \right]$$

#### 4.3.3.2 *Calor perdido a través de las paredes frontales y traseras.*

Para calcular la resistencia térmica de las paredes frontales y traseras usamos la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{A_{p,fron,tras.}} * \left[ \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{1}{h_e} \right]$$

Reemplazamos Ec. 17 con los datos conjuntamente con el área total de la pared frontal y trasera 10.08 m<sup>2</sup>.

$$R = \frac{1}{2 * (10.08m^2)} * \left[ \frac{1}{8.7 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.114m}{0.036 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} \right]$$

$$R = 0.16 \left[ \frac{W}{K} \right]$$

#### 4.3.3.3 Calor perdido a través del techo.

Para calcular la resistencia térmica del techo usamos la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{A_{p.techo}} * \left[ \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{1}{h_e} \right]$$

Reemplazamos la Ec. 17 con los datos conjuntamente con el área total del techo 15.12 m<sup>2</sup>.

$$R = \frac{1}{(15.12m^2)} \left[ \frac{1}{8.7 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.114m}{0.036 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{0.0008m}{45.3 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} \right]$$

$$R = 0.22 \left[ \frac{W}{K} \right]$$

#### 4.3.3.4 Calor perdido a través del piso.

Para calcular la resistencia térmica del piso usamos la siguiente formula.

$$R = \frac{1}{A_{p.piso}} * \left[ \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{1}{h_e} \right]$$

Reemplazamos la Ec. 17 con los datos conjuntamente con el área total del piso 15.12 m<sup>2</sup>

$$R = \frac{1}{(15.12m^2)} \left[ \frac{1}{8.7 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} + \frac{0.15m}{1.4 \frac{W}{m * ^\circ k}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 * ^\circ k}} \right]$$

$$R = 0.021 \left[ \frac{W}{K} \right]$$

Para hallar el calor total perdido dentro del horno lo hallamos con los datos del calor perdido de las paredes laterales, frontales y traseras, piso, techo y las temperaturas interna y externa del horno con la siguiente fórmula:

**Dónde:**

$T_i$  = Temperatura interior para el secado de la pintura a  $60=333^\circ K$ .

$T_e$  = Temperatura exterior o ambiente  $18^\circ C = 291^\circ C$ .

Reemplazamos datos con la Ec. 16 con la  $\Sigma$  de los calores perdidos en la cabina.

$$Q = \frac{(333 - 291)^\circ K}{0.14 \frac{W}{^\circ K}} + \frac{(333 - 291)^\circ K}{0.16 \frac{W}{^\circ K}} + \frac{(333 - 291)^\circ K}{0.22 \frac{W}{^\circ K}} + \frac{(333 - 291)^\circ K}{0.021 \frac{W}{^\circ K}}$$

$$Q = 2753.4 (w) = 2.8 \text{ kw}$$

2.8 KW es el calor perdido por todas las paredes, techo, piso.

#### 4.3.4 Calor absorbido por renovaciones de aire dentro del horno Q4.

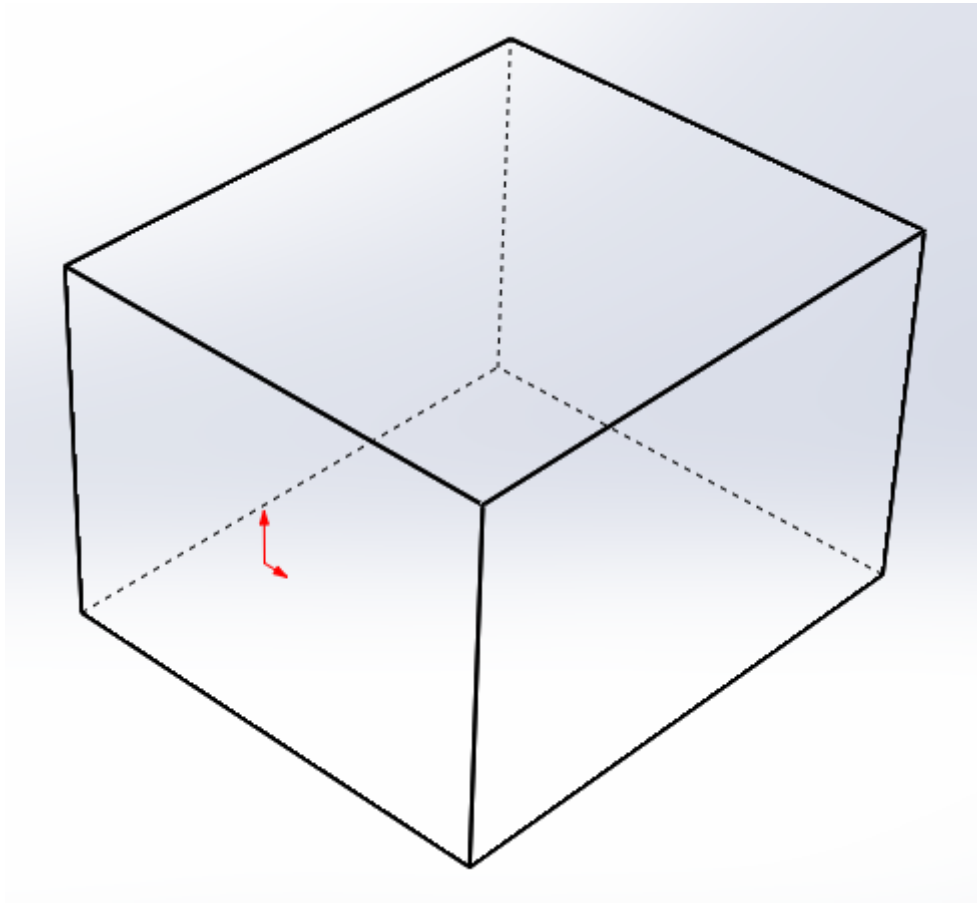


Figura 17. Cabina del horno tipo campana de boca cuadrada

Las renovaciones del aire dentro de la cabina son muy importantes ya que el obrero necesita tener una mayor fluidez con la aspiración de aire para su salud y la aspiración para eliminar las partículas que se obtienen a través de los desechos de la pulverización de la pintura para la autoparte al momento del secado de la pintura. Lo hallamos con el número de renovaciones/hora N con la siguiente fórmula:

$$Q = V * p * Cp * (T_i - T_e)(w) \quad \text{Ec. 18}$$

Q = Es el calor perdido por renovaciones de aire en W.

$V$  = Es el caudal de aire por renovaciones en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

$p$  = Es la densidad perdida por renovaciones del aire en  $W$ .

$C_p$  = Es el calor especifico por renovaciones de aire en  $W$ .

$T_e$  = Es la temperatura exterior en  $^{\circ}\text{C}$ .

$T_i$  = Es la temperatura interior de la cámara en  $^{\circ}\text{C}$ .

Hallamos el volumen de la cámara de número de renovaciones con la siguiente fórmula:

$$V_{\text{renov}} = V_{\text{asp}} * N \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad \text{Ec. 19}$$

**Dónde:**

$V$  = es el volumen de la cámara de secado  $42.3 \text{ (m}^3\text{)}$ .

$N$  = Es el número de renovaciones hora  $40 = (\text{n}^{\circ}/\text{h})$ .

El volumen de aspiración de la cabina lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$V = l * a * h \quad \text{Ec. 20}$$

**Dónde:**

$l$  = Es la longitud de la cabina en  $\text{m}^3$ .

$a$  = Es la altura de la cabina en  $\text{m}^3$ .

$h$  = Es el ancho de la cabina en  $\text{m}^3$ .

Reemplazamos con la siguiente EC. 20:

$$V = l * a * h$$

$$V = 4.2\text{m} * 2.8\text{m} * 3.6\text{m}$$

$$V = 42.3\text{m}^3$$

v = es el volumen de aspiración de la cámara de secado es 42.3 m<sup>3</sup>

Reemplazando la Ec. 19 del volumen de renovaciones:

$$V = v_{\text{asp}} * n \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

$$V = 42.3\text{m}^3 * 40 \left( \frac{\text{renovaciones}}{\text{h}} \right)$$

$$V = 1692 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

Determinamos el calor perdido por renovaciones hora con la fórmula:

Datos:

$$V_{\text{renov}} = 1692\text{m}^3/\text{h}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.278\text{kg}/\text{m}^3$$

$$C_{p.a} = \frac{1.007\text{kJ}}{\text{kg}} * ^\circ\text{C}$$

$$T_e = 18 ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 60 ^\circ\text{C}$$

Reemplazamos los datos para la Ec. 18 para hallar el calor perdido por renovaciones:

$$Q = 1692\text{m}^3/\text{h} * 1.278\text{kg}/\text{m}^3 * \frac{1.007\text{kJ}}{\text{kg}} * ^\circ\text{C} * (60^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C})$$

$$Q = 91455.53 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} * \frac{1\text{kwh}}{3.6 * 10^6 \text{ j}}$$

$$Q = 25.4 \text{ kw}$$



#### 4.3.5 Calor para calentar el aire dentro del horno Q5.

El calor que hay que transmitirle al aire ingresado al horno es importante para hallar la temperatura de operación para el secado de la pintura con los datos para la siguiente Ec. 15.

$$Q = m * C_p * (T_e - T_i)$$

**Dónde:**

Q = Es el calor del aire necesario a calentar en el horno en kw.

m = Es la masa del aire a calentar en el horno en kg.

C<sub>p</sub> = Es el calor específico del aire en kw.

T<sub>e</sub> = Es la temperatura exterior en °C.

T<sub>i</sub> = Es la temperatura interior en °C.

Necesitamos hallar cuantos kilogramos de aire para la cabina del horno con una temperatura interior de 60 °C.

Tabla 10: Propiedades del aire.

T (temperatura)	p. (densidad del aire)	C <sub>p</sub> (calor específico de aire)
°C	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} - ^\circ\text{C}}$
60	1.059	1.007

Fuente: Transferencia de Calor, Yunus A. Cengel.

Necesitamos hallar la masa del aire a calentar dentro del horno con la siguiente fórmula:

$$m = p * V_c \quad \text{Ec. 21}$$

**Dónde:**

m = Es la masa de aire dentro de la cámara en kg.

p = Es la densidad del aire según tabla 1.059 ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ).

$V_c$  = Es el volumen de la cámara en 42.3 m<sup>3</sup>.

Reemplazando datos:

$$m = 1.059 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 42.3\text{m}^3$$

$$m = 44.79 \text{ kg}$$

Pasamos a hallar el calor del aire a calentar dentro de la cabina del horno con la masa de aire dentro de la cámara con la Ec. 15.

$$Q = 44.79\text{kg} * 1.007 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} - ^\circ\text{C}} * (60 - 18)^\circ\text{C}$$

$$Q = 1894.34 \text{ kJ}$$

$$Q = 1894348 \text{ J} \frac{1\text{kwh}}{3.6 * 10^6}$$

$$Q = 0.53 \text{ kwh}$$

Luego lo calculamos por el tiempo de secado de la pintura que es 120 minutos:

$$Q = 0.27 \text{ kw}$$

#### 4.3.6 Calor perdido en la estructura Q6

El calor de la estructura es necesario hallar para aumentar la temperatura de la pintura al momento del secado dentro de ellos vamos a hallar todos los componentes correspondientes dentro del diseño del horno, los hallamos con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{estructura}} = m_{p.\text{acero}} * C_{p.\text{acero.ext}} * m_{p.\text{acero}} * C_{p.\text{acero.int}} * m_{t.\text{acero}} * C_{p-t.\text{acero}} * m_{f.\text{vidrio}} * C_{p-f.\text{vidrio}} * \Delta T \quad \text{Ec. 22}$$

$Q_{\text{estructura}}$  = Es el calor que se necesita para calentar toda la estructura en kw.

$m_{p.\text{acero}}$  = Es la masa de las planchas de acero de las paredes externas en kg.

$C_{p.\text{acero.ext}}$  = Es el calor que se necesita para calentar toda la estructura en kw.

$m_{p.\text{acero}}$  = Es la masa de las planchas de acero.

$C_{p.\text{acero.int}}$  = Es el calor especifico del acero de las paredes internas en kg.

$m_{t.\text{acero}}$  = Es la masa de los tubos de acero en kg.

$C_{p-t.\text{acero}}$  = Es el calor especifico del acero en  $\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$ .

$m_{f.\text{vidrio}}$  = Es la masa de lana de fibra de vidrio en kg.

$C_{p-f.\text{vidrio}}$  = Es el calor especifico de la lana de fibra de vidrio en  $\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$ .

$\Delta T$  = Es la variación de temperatura interna y externa de la cámara de secado en  $^{\circ}\text{C}$ .

Tabla 11: Propiedades de los materiales.

Materiales	Densidad Cp (kj/kg*°K)	Calor especifico k(w/m*°K)	Conductividad térmica k(w/m*°K)	Espesor del aislante en (mm)
Acero dulce	7833	0.502	45.3	0.8
Fibra de vidrio	95	0.96	0.036	114
Concreto	2300	0.88	1.4	150

Fuente: Transferencia de calor Yunus A. Cengel.

Con las siguientes tablas de los materiales dentro de la cabina del horno hallamos el calor perdido en toda la estructura,

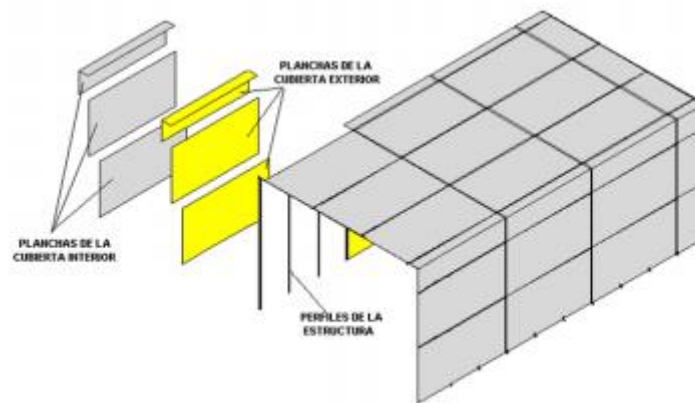


Figura 18. Planchas del diseño del horno.

Primero empezamos hallando el volumen exterior de la plancha con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{exterior}} = A_{p.\text{externas}} * e \quad \text{Ec. 23}$$

$$V_e = 60.26\text{m}^2 * 0.0008\text{m}$$

$$V_e = 0.048\text{m}^3$$

Ahora calculamos la masa de la plancha 1 con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{m = p * v \quad Ec. 24}$$

$$m = 7833 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.048\text{m}^3$$

$$m_{\text{exterior}} = 375.98\text{kg}$$

Segundo calculamos el volumen interior con la Ec.23.

$$\mathbf{V_{\text{interior}} = A_{\text{planchas}} * e}$$

$$V_{\text{interior}} = 58.8\text{m}^2 * 0.0008\text{m}$$

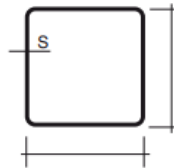
$$V_{\text{interior}} = 0.047\text{m}^3$$

Ahora calculamos la masa de la plancha interior con la siguiente Ec. 24.

$$\mathbf{m = p * v}$$

$$m = \frac{7833\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.047\text{m}^3$$

$$m_{\text{interior}} = 368.151\text{kg}$$



**Tubo cuadrado**

Soldado de acero al carbono, fabricado según norma DIN 2395  
Conformado en frío.

Medidas Exteriores mm.	Espesores en mm.											
	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
	Peso teórico Kg./m.											
10x10	0,240	0,296	0,345									
12x12	0,280	0,345	0,408	0,499								
14x14	0,339	0,419	0,497	0,610	0,789							
15x15	0,359	0,440	0,527	0,647	0,839							
16x16	0,379	0,469	0,556	0,684	0,879							
18x18	0,418	0,513	0,616	0,758	0,986	1,200	1,400					
20x20	0,477	0,592	0,704	0,869	1,130	1,380	1,630					
22x22	0,536	0,666	0,793	0,980	1,280	1,570	1,850					
25x25	0,615	0,764	0,912	1,120	1,480	1,810	2,140					
30x30	0,734	0,912	1,090	1,350	1,780	2,190	2,590	3,350				
35x35		1,090	1,300	1,610	2,120	2,620	3,100	4,040				
40x40		1,210	1,440	1,830	2,410	2,990	3,550	4,630	5,305			
45x45		1,380	1,650	2,050	2,710	3,360	3,990	5,230	6,415			
50x50			1,820	2,270	3,010	3,730	4,440	5,820	7,150			

**Figura 19. Medidas de los tubos de la estructura del horno.**

Las dimensiones de las tuberías de acero de aspiración son 7.1m:

Los tubos de la estructura del horno:

La  $\Sigma$  de los tubos de aspiración de la cabina son de diámetro 40.64cm, de espesor 1 mm y un peso de 0.86kg/m que forman una longitud total de 7.1m, más La  $\Sigma$  de los tubos de la estructura de la cabina so de 30x30mm, de espesor 1mm y un peso de 0.912kg/m que forman una longitud de 121.8m.

Ahora determinamos la masa total de los tubos de acero al carbono con la siguiente fórmula de la masa:

$$m_{total} = m_{tubo} * l_{total} \quad \text{Ec. 25}$$

$$m_{total} = \frac{1.772kg}{m} * 128.9m$$

$$m_{total \text{ de tubos}} = 228.4kg$$

Hallando la masa y el volumen de fibra de vidrio, realizamos en función al área utilizada como aislante en la cámara del horno, para ello utilizamos la fórmula de la masa:

$$v = A_t * e \quad \text{Ec. 26}$$

$$v = 58.8\text{m}^2 * 0.114\text{m}$$

$$v = 5.9622\text{m}^3$$

Hallamos la masa de fibra de vidrio con la Ec. 24.

$$m = p * v$$

$$m = \frac{95\text{kg}}{\text{m}^3} * 5.9622\text{m}^3$$

$$m = 566.409\text{kg}$$

Con las masas encontradas procedemos hallar el calor absorbido por la estructura con la Ec. 24.

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = m * C_p + m * C_p + m * C_p + m * C_p * (\Delta T)$$

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = (375.98 * 0.052 + 368.151 * 0.052 + 228.41 * 0.502 + 566.40 * 0.96)\text{KJ/KG} * ^\circ\text{K} (333 - 291)^\circ\text{K}$$

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = 697.100632\text{kJ}$$

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = 697100\text{j} \frac{1\text{kwh}}{3.6 * 10^6}$$

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = 0.19\text{kwh}$$

Luego calculamos por el tiempo de secado de la pintura que es 120 minutos:

$$\Sigma Q_{\text{estructura}} = 0.095 \text{kw}$$

Ahora determinamos el cálculo térmico total del horno con la  $\Sigma$  de todos los calores hallados

Datos:

$$Q_{\text{pintura}} = 0.056 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{autoparte}} = 0.44 \text{kw}$$

$$Q_{\text{estructura}} = 0.095 \text{kw}$$

$$Q_{\text{aire}} = 0.27 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{p.por paredes}} = 2.8 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{renov}} = 25.4 \text{ kw}$$

$$\Sigma Q_{\text{total}} = (0.056 + 0.44 + 0.095 + 0.27 + 2.8 + 25.4) \text{kw}$$

$$\Sigma Q_{\text{total}} = 29.06 \text{kw}$$

#### **4.4 Con el calor total necesario seleccionamos un calentador o quemador a GLP.**

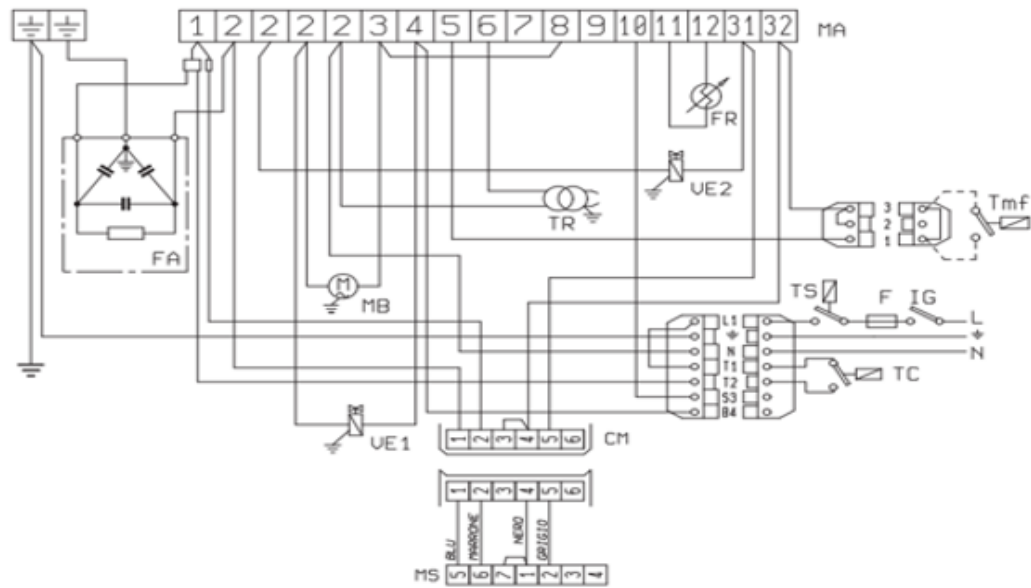
Nuestros módulos para incrementar la temperatura del aire incorporan una cámara de combustión e intercambiador de calor de elevado rendimiento térmico, dispone de un panelado exterior aislado y un cuadro de control de temperatura para ordenar el arranque y paro del quemador y del ventilador.





**Figura 20. Quemador RIELLO 40 GS 10/M, 22/105 KW.**

Datos técnicos Modelo: RIELLO 40 GS 10/M, la presión mínima es 10 mbar y la máxima es 360mbar. combustible Gasoil, Gas natural y GLP, potencia térmica: de dos etapas 22-105 KW, Este equipo cumple con la norma europea EN676 y con las directivas europeas para EMC. Baja tensión, maquinaria y eficiencia en calderas.



**LEYENDA:**

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| CM: Conector                    | MS: Bloque terminal motor aire          |
| F: Fusible                      | TC: Termostato del horno                |
| FA: Filtro de anti distribución | TR: Transformador de encendido          |
| FR: Fotorresistor               | TS: Termostato de seguridad             |
| IG: Interruptor general         | TMF: Termostato de modulación de llama  |
| MA: Bloque terminal del equipo  | VE1: Válvula electromagnética 1ra etapa |
| MB: Motor del quemador          | VE2: Válvula electromagnética 2da etapa |

**Figura 21. Diagrama de instalación del quemador.**

**4.4.1 Sistema de control de temperatura**

El RWF55 se utiliza principalmente para la regulación de la temperatura, la función del termostato integrada enciende y apaga el calentador o quemador de acuerdo a la temperatura establecida interna para el secado de la pintura en el horno a 60°C como se muestra en el diseño.



Figura 22. Control de temperatura del quemador.








<b>SIEMENS</b>		
RWF55.60A9	AC 110...240 V, +10/-15 %, 48...63 Hz, 20 VA Relays 1...4: 240 VAC, 2 A, $\cos\phi > 0,6$ -20 T 50 IP66 / IP20 70/00573882 0182814801013260001	 
Made in Germany	Siemens AG  RWF55.60A9  2606130000	  

Figura 23. Especificaciones del control de temperatura.

#### 4.4.2 Calculamos el intercambiador de calor

Necesitamos hallar el cálculo del intercambiador de calor, para ello necesitamos el cálculo la velocidad del flujo de aire que ingresa a la cámara de secado del horno y la velocidad del flujo másico de los gases quemados en estado gaseoso.

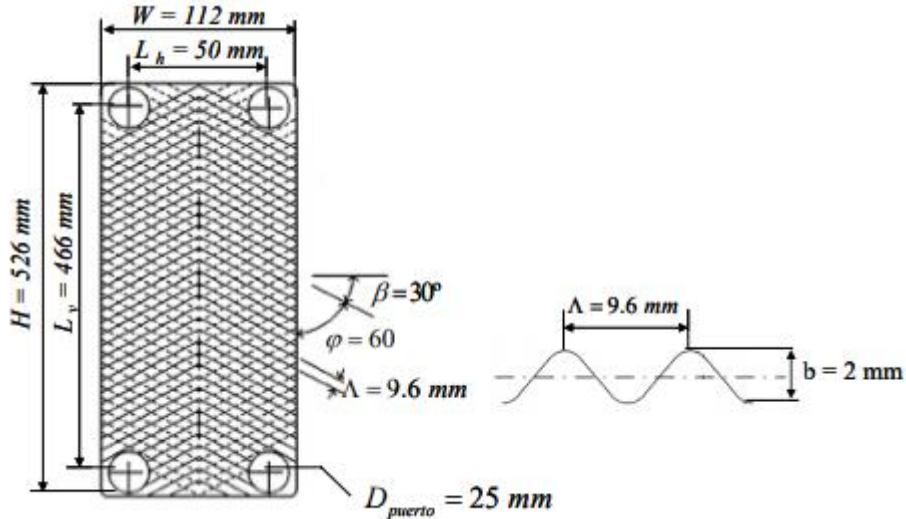


Figura 24. Dimensiones geométricas del intercambiador de placas.

##### 4.4.2.1 Cálculo del flujo másico del aire

Calculamos el flujo con la siguiente fórmula de la masa del flujo másico de aire, la velocidad de aire en los ductos es 8 m/s.

$$m = p * v * A \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \quad \text{Ec. I}$$

Dónde:

$p$  = Es la densidad del aire es 1.059 (kg/s) A 60°C.

$v$  = Es la velocidad del aire en los ductos 8 (m/s).

$A$  = Es el área de la sección transversal de la cámara  $9 \times 10^{-3} (8 \text{m}^2)$

$$m = \frac{1.059 \text{kg}}{\text{m}^3} * 8 \text{m/s} * 0.059 \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \text{m}^2$$

$$m = 0.5 \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)$$

#### 4.4.2.2 Cálculo del flujo másico del gas

Para hallar el flujo másico del gas necesitamos las propiedades físicas y químicas del GLP tenemos que el propano es igual a 2220000 kJ/kmol y el butano es 2877100 kJ/kmol y la potencia térmica para el proceso de secado de la pintura, la realizaremos con la siguiente fórmula:

$$m_{\text{gas}} = p_{\text{gas}} * Q_{\text{glp-gas}} \text{ kg/s} \quad \text{Ec. II}$$

Despejamos datos:

Propano  $\text{C}_3\text{H}_8 = 60\% = 1332000 \text{ kJ/kmol}$

Butano  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 40\% = 1150840 \text{ kJ/kmol}$

$P_{\text{termica}} = 60000 \text{ kcal/h}$

$\text{PCS. GLP} = 2482840 \text{ kJ/kmol} * \frac{1 \text{ kmol}}{22.47 \text{ m}^3(\text{N})}$

$\text{PCS. GLP} = 110495.77 \text{ kJ/m}^3\text{N}$

Ahora se procede a hallar el caudal del gas consumido con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{glp}} = P_t * \text{PCS. GLP} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad \text{Ec. III}$$

$$Q_{\text{glp}} = \left( \frac{60000 \text{ kcal}}{\text{h}} \right) * \left( \frac{4.19 \text{ kJ}}{\text{kcal}} \right) * \left( \frac{1 \text{ m}^3}{110495.77 \text{ kJ}} \right)$$

$$Q_{\text{glp}} = 2.27 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

Procedemos a realizar la sumatoria de ambos gases llegando un total de

$$m = \text{gas} - \text{glp} = 102\text{g/mol}(\text{peso molecular})$$

Hallamos la densidad del gas con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{p * R * T}{P} \left[ \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right] \quad \text{Ec. IV}$$

Datos:

$$M_{\text{glp}} = 102\text{g/mol.}$$

$$R = 0.082 \text{ atm*lt/mol*}^\circ\text{K.}$$

$$T = 18^\circ\text{C} = 291^\circ\text{K.}$$

$$P = 0.62 \text{ atm.}$$

Despejamos la densidad con la Ec. IV reemplazando los siguientes datos:

$$p_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{GLP}} * P}{R * T} = \frac{\left(\frac{102\text{g}}{\text{mol}}\right) * (0.62\text{atm})}{\left(0.082\text{atm} * \frac{\text{lt}}{\text{mol}} * \text{K}\right) * (291)^\circ\text{K}} = 2.65\text{g/lt}$$

$$p_{\text{gas}} = 2.65 \frac{\text{g}}{\text{lt}} * \frac{1\text{kg}}{10^3\text{g}} * \frac{10^3}{1\text{m}^3}$$

$$p_{\text{gas}} = 2.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Ahora calculamos el caudal del gas en estado gaseoso, tomando como referencia:

$$1\text{lt gas líquido (glp)} = 242 \text{ lt de gas gaseoso}$$

La fórmula siguiente:

$$Q_{\text{glp-liq}} = \left(\frac{2.27\text{m}^3}{\text{h}}\right) * \left(\frac{10\text{lt} - \text{liq}^3}{1\text{m}^3}\right) * \left(\frac{242\text{lt} - \text{gas}}{1\text{lt} - \text{liq}}\right) = 549340\text{lt} - \text{gas/h}$$

$$Q_{\text{glp-gas}} = (549340 \text{lt - gas/h}) * \left( \frac{1 \text{m}^3}{10 \text{lt}^3} \right) = 549.34 \text{m}^3/\text{h}$$

Pasamos a calcular el flujo másico del gas con la siguiente Ec. II.

$$m_{\text{gas}} = \rho_{\text{gas}} * Q_{\text{glp-gas}} \text{kg/s}$$

$$m_{\text{gas}} = 2.65 \text{kg/m}^3 * 549.34 \text{m}^3/\text{h}$$

$$m_{\text{gas}} = \frac{1455 \text{kg}}{\text{h}} = 0.41 \text{kg/seg}$$

Procedemos con los datos del aire y del gas a realizar:

#### **Datos del aire**

$$m_{\text{aire}} = 0.57 \text{kg/s.}$$

$$T_{\text{aire}} = 18^\circ\text{C} = 291^\circ\text{K.}$$

#### **Datos del gas**

$$m_{\text{gas}} = 0.41 \text{kg/s.}$$

$$T_{\text{gas}} = 708^\circ\text{K} = 435^\circ\text{C.}$$

Ahora calculamos el área de la sección transversal del ducto del aire y del gas por ducto.

$$A_{\text{aire}} = a * b = (0.112 \text{m} * 0.526 \text{m}) = 0.059 \text{m}^2$$

$$A_{\text{gas}} = a * b = (0.112 \text{m} * 0.526 \text{m}) = 0.059 \text{m}^2$$

Procedemos a calcular el área de la transferencia de calor con todas las placas 50.

$$A = H * L = 0.52 \text{m} * 0.47 \text{m} * 50$$

$$A = 12.22 \text{m}^2$$

La longitud del ducto del aire es 0.112 m, ahora calculamos el diámetro hidráulico del aire del gas con la siguiente fórmula:

$$D_h = 4 \frac{a * b}{2(a + b)} \quad \text{Ec. V}$$

Diámetro hidráulico del aire:

$$D_{h\text{-aire}} = 4 \frac{0.059\text{m}^2}{2(0.112 + 0.526)\text{m}}$$

$$D_{h\text{-aire}} = 0.18\text{m}$$

Diámetro hidráulico del gas:

$$D_{h\text{-gas}} = 4 \frac{0.059\text{m}^2}{2(0.112 + 0.526)\text{m}}$$

$$D_{h\text{-gas}} = 0.18\text{m}$$

Los coeficientes de transferencia de calor se evaluarán con la siguiente relación:

$$\frac{L_{\text{aire}}}{D_{h\text{-aire}}} = \frac{0.112\text{m}}{0.18\text{m}} = 25$$

$$\frac{L_{\text{gas}}}{D_{h\text{-gas}}} = \frac{0.112\text{m}}{0.18\text{m}} = 25$$

Se selecciona una temperatura de salida de aire a 333°K y de gas 551°K, por lo tanto, se calculará entre ambas temperaturas de entrada y de salida.

Calculando la temperatura del ducto con la siguiente fórmula:

$$T_{\text{ducto}} = T_{e\text{-gas}} - T_{e\text{-aire}} \quad \text{Ec. VI}$$



**Dónde:**

$$T_{\text{entrada-aire}} = 333^{\circ}\text{K}$$

$$T_{\text{entrada-gas}} = 551^{\circ}\text{K}$$

$$T_{\text{ducto}} = 551^{\circ}\text{K} - 333^{\circ}\text{K} = 218^{\circ}\text{K}$$

La temperatura promedio de aire con una entrada de 270°K y salida de 333°K la hallamos con la fórmula:

$$T_{\text{m-aire}} = \frac{(T_{\text{e-aire}} + T_{\text{s-aire}})^{\circ}\text{K}}{2} \quad \text{EC. VII}$$

$$T_{\text{m-aire}} = \frac{(270 + 333)^{\circ}\text{K}}{2} = 301.5^{\circ}\text{K}$$

De acuerdo a la temperatura promedio de 301.5 °K tomamos los siguientes datos:

$$u_{\text{aire}} = 1.865 \cdot 10^{-5} \text{kg/m} \cdot \text{s}.$$

$$p_{\text{r-aire}} = 0.7291.$$

$$K_{\text{aire}} = 0.02576 \text{w/m} \cdot ^{\circ}\text{K}.$$

$$C_{\text{p-aire}} = 1007 \text{j/kg} \cdot ^{\circ}\text{K}.$$

La temperatura promedio del gas con una entrada de 708 °K y salida de 551°K la hallamos con la Ec. VII.

$$T_{\text{m-gas}} = \frac{(T_{\text{e-gas}} + T_{\text{s-gas}})^{\circ}\text{K}}{2}$$

$$T_{\text{m-gas}} = \frac{(708 + 551)^{\circ}\text{K}}{2} = 629.5^{\circ}\text{K}$$

De acuerdo a la temperatura encontrada 629.5°K tomamos los siguientes datos:

$$u_{\text{gas}} = 3.108 \cdot 10^{-5} \text{kg/m} \cdot \text{s}.$$

$$\rho_{\text{gas}} = 0.6938.$$

$$K_{\text{gas}} = 0.04759 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}.$$

$$C_{p_{\text{gas}}} = 1057 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}.$$

Entonces las razones del flujo masico por unidad de área son:

$$m/a_{\text{aire}} = \left( \frac{\frac{0.57 \text{ kg}}{\text{s}}}{(25) * (1.8 * 10^{-3}) \text{ m}^2} \right) = \frac{12.67 \text{ kg}}{\text{m}^2} * \text{s}$$

$$m/a_{\text{gas}} = \left( \frac{\frac{0.44 \text{ kg}}{\text{s}}}{(24) * (1.8 * 10^{-3}) \text{ m}^2} \right) = \frac{10.18 \text{ kg}}{\text{m}^2} * \text{s}$$

Pasamos a calcular los números de Reynolds del aire

$$R_e = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{a}}\right) * D_h}{u} \quad \text{EC. VIII}$$

$$R_e = \frac{(12.67 \text{ kg/m}^2 * \text{s}) * (0.18 \text{ m})}{\left(\frac{1.865 * 10^{-5} \text{ kg}}{\text{m}} * \text{s}\right)}$$

$$R_e = 122284.18 > 2000 \text{ flujo turbulento}$$

Pasamos a calcular con la Ec. VIII los números de Reynolds del gas

$$R_e = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{a}}\right) * D_h}{u} = \frac{(10.18 \text{ kg/m}^2 * \text{s}) * (0.18 \text{ m})}{\left(\frac{3.108 * 10^{-5} \text{ kg}}{\text{m}} * \text{s}\right)}$$

$$R_e = 58957.53 > 2000 \text{ flujo turbulento}$$

Con la siguiente ecuación de Nusselt para los ductos del aire:

$$\text{Nu}_{Dh} = \frac{h_c \cdot Dh}{K} = 0.023 * \text{Re}_{Dh}^{0.8} * \text{Pr}_{Dh}^n \quad \text{Ec. IX}$$

**Dónde:**

$\text{Nu}_{Dh}$  = Numero de Nusselt.

$h_c$  = Coeficiente de convección interno (w/m<sup>2</sup>\*°K).

$D_h$  = Diámetro hidráulico (m).

$K$  = Coeficiente de conductibilidad (w/m\*°K).

$\text{Re}_{Dh}$  = Numero de Reynolds.

$\text{Pr}_{Dh}$  = Numero de Prandt.

Despejamos la Ec. IX el coeficiente de convección interno del aire reemplazando datos siendo n= 0.4 para calentamiento y n= 0.3 para enfriamiento.

$$h_{\text{aire}} = \frac{0.023 * K * \text{Re}^{0.8} * \text{Pr}^n}{D_h}$$

$$h_{\text{aire}} = \frac{0.023 * \left(\frac{0.02576 \text{w}}{\text{m}} * ^\circ\text{K}\right) * 122284.18^{0.8} * 0.7291^n}{0.18 \text{m}}$$

$$h_{\text{aire}} = \frac{28.19 \text{w}}{\text{m}^2} * ^\circ\text{K}$$

La ecuación desarrollada presenta un margen de error de +-4% para flujo turbulento en tubos largos, sabiendo que LD es > que 20 pero < que 60 se recomienda utilizar la siguiente formula puesto que la relación de aire es igual a 25, se debe corregir el coeficiente de convección interno de transferencia de calor.

$$F = 1 + a\left(\frac{L}{D_h}\right)^b$$

$$a = \frac{24}{\text{Re}_{Dh}^{0.23}} = \frac{24}{122284.18^{0.23}} = 1.62$$

$$b = (2.08 * 10^{-6}) * \text{Re}_{Dh} - 0.815 = (2.08 * 10^{-6}) * 122284.18 - 0.815 = -0.56$$

Reemplazamos datos:

$$F = 1 + 1.62(25)^{-0.80} = 1.12$$

Entonces:

$$h_{\text{aire}} = F * h = 1.12 * \left(\frac{28.19w}{m^2} * ^\circ K\right)$$

$$h_{\text{aire}} = \frac{31.57w}{m^2} * ^\circ K$$

Con este dato corregido del coeficiente de convección del aire, se podrá calcular el coeficiente global de transferencia de calor.

Con la siguiente ecuación de Nusselt para los ductos del aire con la Ec. IX.

$$\text{Nu}_{Dh} = \frac{h_c * d_h}{K} = 0.023 * \text{Re}_{Dh}^{0.8} * \text{Pr}_{Dh}^n$$

**Dónde:**

$\text{Nu}_{Dh}$  = Numero de Nusselt.

$h_c$  = Coeficiente de convección interno (w/m<sup>2</sup>\*°K).

$D_h$  = Diámetro hidráulico (m).

$K$  = Coeficiente de conductibilidad (w/m\*°K).

$\text{Re}_{Dh}$  = Numero de Reynolds.

$\text{Pr}_{Dh}$  = Numero de Prandtl.

Despejamos con la Ec. IX el coeficiente de convección interno del gas reemplazando datos siendo  $n= 0.4$  para calentamiento y  $n= 0.3$  para enfriamiento.

$$h_{\text{gas}} = \frac{0.023 * K * Re^{0.8} * Pr^n}{D_h}$$

$$h_{\text{gas}} = \frac{0.023 * \left(\frac{0.04759w}{m} * ^\circ K\right) * 58957.53^{0.8} * 0.6938^n}{0.18m}$$

$$h_{\text{gas}} = \frac{27.64w}{m^2} * ^\circ K$$

La ecuación desarrollada presenta un margen de error de  $\pm 4\%$  para flujo turbulento en tubos largos, sabiendo que  $LD$  es  $>$  que 20 pero  $<$  que 60 se recomienda utilizar la siguiente formula puesto que la relación del gas es igual a 25, se debe corregir el coeficiente de convección interno de transferencia de calor.

$$F = 1 + a\left(\frac{L}{D_h}\right)^b$$

$$a = \frac{24}{Re_{Dh}^{0.23}} = \frac{24}{58957.53^{0.23}} = 1.92$$

$$b = (2.08 * 10^{-6}) * Re_{Dh} - 0.815 = (2.08 * 10^{-6}) * 58957.53 - 0.815 = -0.69$$

Reemplazamos datos:

$$F = 1 + 1.92(25)^{-0.80} = 1.15$$

Entonces:

$$h_{\text{gas}} = F * h = 1.15 * \left(\frac{27.64w}{m^2} * ^\circ K\right)$$

$$h_{\text{gas}} = \frac{31.79w}{m^2} * ^\circ K$$

Ahora calculamos el coeficiente global de transferencia de calor con la siguiente fórmula:

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{aire}} * A} + \frac{1}{h_{\text{gas}} * A}} \quad \text{Ec. X}$$

**Dónde:**

U = Coeficiente global de transferencia de calor (w/m<sup>2</sup>\*°K).

A = Área de transferencia de calor (m<sup>2</sup>).

h<sub>aire</sub> = Coeficiente de convección de transferencia de calor del aire (w/m<sup>2</sup>\*°K).

h<sub>gas</sub> = Coeficiente de convección de transferencia de calor del gas (w/m<sup>2</sup>\*°K).

Reemplacemos datos para la siguiente Ec. X:

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{\frac{31.57\text{w}}{\text{m}^2} * \text{°K} * 12.22\text{m}^2} + \frac{1}{\frac{31.79\text{w}}{\text{m}^2} * \text{°K} * 12.22\text{m}^2}}$$

$$UA = 1.30\text{w}/\text{°K}$$

El número de unidades de transferencia de calor, con base en el gas tiene el coeficiente de capacidad más pequeño, es:

$$NTU = \frac{UA}{C_{\text{min}}} \quad \text{Ec. XI}$$

$$NTU = \frac{1.30\text{w}/\text{°K}}{\frac{0.41\text{kg}}{\text{s}} * \frac{1007\text{j}}{\text{kg}} * \text{°K}}$$

$$NTU = 3.15$$

La relación del coeficiente de capacidad calorífica será:

$$\frac{C_{\text{gas}}}{C_{\text{aire}}} = \frac{\left(\frac{0.41\text{kg}}{\text{s}}\right) * \left(\frac{1007\text{j}}{\text{kg}} * ^\circ\text{K}\right)}{(0.5\text{kg/s}) * 1057\text{j/kg} * ^\circ\text{K}}$$

$$\frac{C_{\text{gas}}}{C_{\text{aire}}} = 0.78 = 25\%$$

La eficiencia aproximada del intercambiador de calor corresponde a un 25% para el calentamiento del aire con gas.

Calculamos la temperatura de salida del gas:

$$T_{\text{salida-gas}} = T_{\text{entrada-gas}} - e * \Delta T_{\text{max}} ^\circ\text{K}$$

$$T_{\text{salida-gas}} = 708 - 3.15 * 708 - 291^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{salida-gas}} = 293,92^\circ\text{K}$$

Calculamos la temperatura de salida del aire:

$$T_{\text{salida-aire}} = T_{\text{entrada-gas}} - e * \Delta T_{\text{max}} ^\circ\text{K}$$

$$T_{\text{salida-aire}} = 291 + 0.78 * 3.15 * 708 - 291^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{salida-aire}} = 383,27^\circ\text{K}$$

Comprobamos que las temperaturas con los valores establecidos en la salida del aire a 333°K y 551°K, pero en el lado de los gases se obtuvo un cálculo más minucioso y se concluyó que la temperatura del aire tiene una salida en el quemador que llega a calentar desde 18°C hasta los 76°C y por ello no sobrepasa a temperaturas muy extremas.



**Figura 25. Intercambiador de placas planas.**

#### **4.4.3 Cálculo del flujo luminoso total necesario**

Con este cálculo determinamos el flujo luminoso total que necesitamos hallar en el interior del horno y aplicaremos la fórmula siguiente:

$$\Phi_t = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad \text{Ec. XI}$$

**Dónde:**

$\Phi_t$  = Es el flujo luminoso total en lúmenes.

S = Superficie a iluminar dentro del horno en m<sup>2</sup>.

$E_m$  = Nivel de iluminación que se pretende conseguir en LUX.

$C_u$  = Coeficiente de utilización.



$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento.

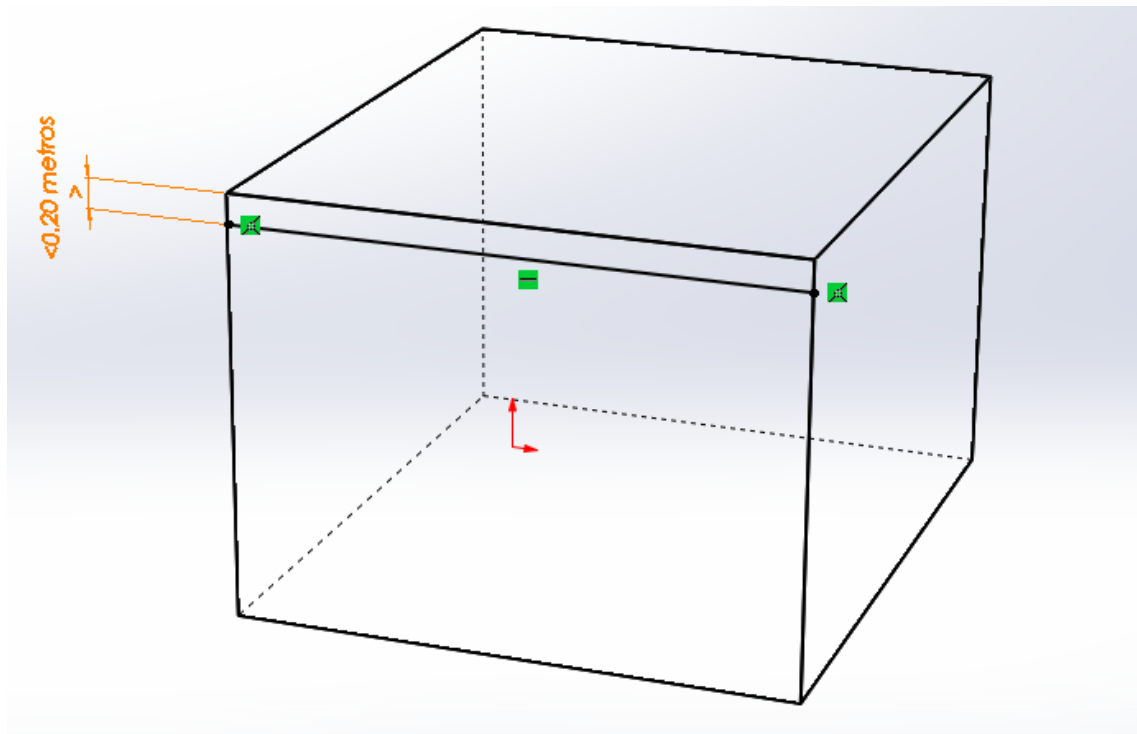
#### 4.4.3.1 Determinar la superficie de la cámara:

$$S = \text{ancho} * \text{largo}(\text{m}^2)$$

$$S = 3,60 * 4,20 = 15.12 \text{ m}^2$$

Para el coeficiente de utilización, tenemos que hallar el índice local:

El plano de trabajo en relación a la iluminación del interior del horno será 2,6 m sobre el suelo para conseguir un nivel de luminaria de 700 lux.



**Figura 26. Medidas de la iluminaria en la cabina.**

Entonces el índice de la cabina (K) se averigua a partir de la geometría de este diseño.

Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa.

$$k = \frac{a * b}{h(a + b)} \quad \text{Ec. XII}$$

Calcular el valor de h.

Altura del plano de las luminarias = h' = 0,20m

$$h = (2,8 - 0,20)\text{m} \quad h = 2,6\text{m}$$

$$k = \frac{3.6 * 4.2}{2,6(3.6 + 4.2)}$$

$$k = 0.75$$

Se determina el índice de la cabina **k= 0,75**

#### **4.4.3.2 Determinar los coeficientes de reflexión:**

La reflexión de la iluminación depende del material o área en el que incide, por lo tanto, no es igual a la iluminación exterior o del local en relación a la iluminaria del interior del horno. Los coeficientes de reflexión del techo, paredes y suelo están tabulados en los diferentes acabados.

En este momento ya he establecido mi índice de mi cabina (k=0,75), por lo tanto, ya puedo averiguar mi coeficiente de utilización.

Tabla 12: Tablas de corrección.

		Tabla de corrección				
Techo		0.70	0.70	0.7	0.5	0
Pared		0.70	0.50	0.2	0.2	0
Suelo		0.50	0.20	0.2	0.1	0
k	0.6	77	58	49	48	45
k	1.0	100	77	69	67	63
k	1.5	116	91	84	80	77
k	2.5	129	100	95	90	86
k	3.0	133	103	99	93	89

Fuente: El autor.

La lectura directa no es posible, así que has de interpolar:  $(77+58) / 2=68$

Como este valor es un porcentaje, en realidad, estamos hablando de  $C_u= 0,68$

#### 4.4.3.3 Determinar el coeficiente de mantenimiento ( $C_m$ ) o

##### **conservación de la instalación:**

Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene el flujo que emiten las lámparas luminarias de grado de limpieza de aquellas. Por lo consiguiente dependerá del grado de suciedad en el ambiente y la periodicidad que se realice la limpieza en la cabina-horno. Para determinarlo, suponiendo un mantenimiento periódico en limpieza tomaremos los siguientes valores.

Para el coeficiente de mantenimiento ( $C_m$ )

Tabla 13: Del sistema de iluminación.

Tipo de ambiente	Factor de mantenimiento ( $C_m$ )
Mala	0.5
Regular	0.65
Buena	0.8

Fuente: (Diseño del sistema de iluminación,2013)

Se considera en la cabina un factor de mantenimiento  $C_m = 0.8$

Remplazando en la Ec. XI se obtiene que el flujo de iluminación total es:

$$\phi_t = \frac{700 * 15.12}{0,6 * 0.8}$$

$$\phi_t = 22050(\text{lumenes})$$

**4.4.3.4 Cálculo del número de luminarias que se precisa alcanzar el nivel de iluminación adecuado.**

Se determina el número de lámparas que necesitamos para iluminar el interior de la cámara.

$$NL = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_l} \quad \text{Ec. XIII}$$

**Dónde:**

NL = Numero de luminarias.

$\phi_t$  = Flujo luminoso total necesario para la cabina-horno.

$\phi_l$  = Flujo luminoso de lámparas (catalogo).

n = Numero de lámparas que tiene la luminaria.

Se empleará lámparas fluorescentes de 30 w de catálogo flujo luminoso 2750 lm entonces reemplazamos la Ec. XIII:

$$NL = \frac{22050}{2750}$$

$$NL = 8,01 = 8$$

El número de lámparas se redondea a NL= 8 se debe utilizar equipos de 2 lámparas, entonces el número de equipos serán,  $8/2= 4$  equipos.

#### 4.4.4 Cálculo del sistema de ventilación

El sistema de ventilación para este diseño es de extracción de aire caliente y salida de aire horizontal, realizaremos el cálculo que necesitamos para hallar el caudal del aire con la siguiente fórmula, utilizando una renovación de aire de la cámara de 40 renovaciones /hora del volumen total de la cámara.

Según la norma EM.030 del ministerio de vivienda y construcción del sistema de ventilación para ambientes cerrados determina que el número de renovaciones/hora debe ser en nuestro diseño de 20 a 50 Renovaciones/hora, a fin de garantizar el cuidado de la salud de las personas y el cuidado del medio ambiente.

<b>TIPO DE LOCAL</b>	<b>RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)</b>
Talleres de decapado	5-15
Tintorerías	10-20
Locales de pintura a pistola	20-50

Figura 27. Normas EM.030 ministerio de vivienda y construcción.

Con estos datos pasamos a calcular el flujo del aire con el número de renovaciones hora con la siguiente fórmula del caudal del aire de ventilación

$$Q = V * R/H \quad \text{Ec. XIV}$$

**Dónde:**

Q = Es el caudal en m<sup>3</sup>/s.

V = Es el volumen de aspiración en la cabina m<sup>3</sup>.

R/H = Es las renovaciones/hora del aire en m<sup>3</sup>.

$$Q = 42.3\text{m}^3 * 40\text{ren/h}$$

$$Q = 1692\text{m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0.5\text{m}^3/\text{seg}$$

#### **4.4.4.1 Cálculo del diámetro del ducto**

Para calcular el diámetro en el ducto utilizamos la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad \text{Ec. XV}$$

**Dónde:**

Q = Es el caudal en 0.5 m<sup>3</sup>/seg

v = Es la velocidad del aire en los ductos 8 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.5\text{m}^3/\text{s}}{\pi \times 8\text{m}/\text{s}}}$$

$$D = 0.28\text{m} \approx 30\text{cm}$$

Entonces el diámetro de los ductos es 30 cm.

#### **4.4.4.2 Calculamos las pérdidas en los ductos**

Con estos valores calculamos las pérdidas de carga  $h_{ta}$  por el razonamiento del aire y tenemos:

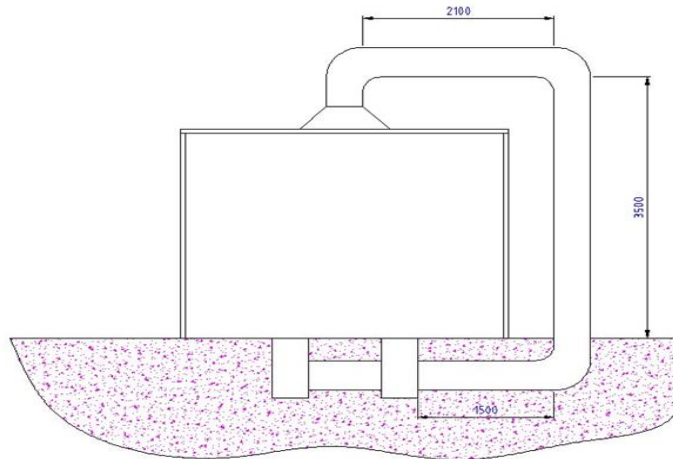
$$h_{ta} = 1.6 \frac{\text{pa}}{\text{m}} \quad \text{Ec. XVI}$$

Tenemos que la las dimensiones de las tuberías son:

$$L_{\text{tub}} = I1 + I2 + I3 \quad \text{Ec. XVII}$$

$$L_{\text{tub}} = 1.5\text{m} + 3.5\text{m} + 2.1\text{m}$$

$$L_{\text{tub}} = 7.1\text{m}$$



**Figura 28. Diagrama de tuberías en mm.**

#### **4.4.4.3 Cálculo de las pérdidas en las tuberías**

El cálculo de las pérdidas totales en las tuberías y las pérdidas por unidad de longitud por las longitudes totales de las tuberías con la siguiente fórmula:

$$h_t = h_{ta} \times l_{\text{tub}} \quad \text{Ec. XVIII}$$

$$h_t = 1.6\text{pa/m} \times 7.1\text{m}$$

$$h_t = 11.36 \text{ pa}$$

Para convertir en mmc.d.a realizamos el procedimiento con la siguiente fórmula:

$$h_t = 11.36\text{Pa} \left| \frac{1\text{mm c. d. a}}{10\text{Pa}} \right|$$

$$h_t = 11.36\text{mmc. d. a}$$

la tubería a seleccionar será de tubo cuadrado, escogemos una tubería de las siguientes dimensiones, 30x30 cm = 900cm<sup>2</sup>.

#### **4.4.4.4 Cálculo de las pérdidas de los accesorios**

Para el cálculo de la presión en las tuberías para los codos la hallamos con la siguiente formula teniendo en cuenta que para encontrar la presión dinámica con la velocidad de 8m/s tenemos una Pd=4 mmc.d.a tenemos 3 codos de 90° n=1.6

$$h_c = n * N * Pd \quad \text{Ec. XIX}$$

$$h_c = 1.6 * 3 * 4$$

$$h_c = 19.2\text{mmc. d. a.}$$

Para encontrar la altura del ventilador utilizamos la siguiente fórmula del teorema de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_t + h_c \quad \text{Ec. XX}$$

**Dónde:**

$p_1$  = Presión termodinámica

$\gamma$  = Peso específico

$Z_1$  = Altura

$V_1^2$  = Velocidad

$g$  = Gravedad

La presión 1 y la presión 2 se consideran 0 por ser la presión atmosférica, así como la altura 1 y 2 por no estar a una altura considerable.



El ventilador tendrá un diámetro de 30cm. Entonces la velocidad sería igual a:

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Ec. XXI}$$

$$V_1 = \frac{4 \times 0.5875}{3.14 \times 0.3^2} = \frac{8.31 \text{ m}}{\text{s}}$$

**Dónde:**

Q = Es el caudal en [m<sup>3</sup>/s].

Q = 2115m<sup>3</sup>/h = 0.5875 m<sup>3</sup>/s.

D = Diámetro del rodete en [m].

Reemplazando todos estos datos tenemos la presión estática:

$$H_m = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + ht + hc \quad \text{Ec. XXII}$$

$$H_m = \frac{8^2}{2 \times 9.81} - \frac{8^2}{2 \times 9.81} + 1.136 + 19.2$$

$$H_m = 20.34 \text{ mmc.d.a.}$$

Presión estática  $H_m = 20.34$  mmc.d.a. y un caudal de aire  $Q = 2115 \text{ m}^3/\text{h} = 0.5875 \text{ m}^3/\text{s}$ , la velocidad del aire en los ductos  $8 \text{ m/s}$ . Con los datos obtenidos del caudal y la presión escogemos el siguiente ventilador o extractor.

## CURVAS CARACTERÍSTICAS-Motor monofasico-Serie CBM



Figura 29. Selección de ventiladores centrífugos.

Extractores centrífugos de álabes radiales Dimensiones y curvas características.



Figura 30. Ventilador centrifugo.

Ventilador centrifugo SDM/F extraen el aire hasta una temperatura de 300 °C Max, envolvente en chapa de acero, la turbina es en chapa de acero galvanizado trifásicos 230/400 v 50 Hz el aire que transportan estos ventiladores son de -25°C - +300°C y cumplen con mis cálculos de entrada y salida del aire a calentar de mi intercambiador de calor que es de 18°C a 76°C.

#### 4.4.5 Filtros de aire para la cabina del horno

Los filtros de aire para las cabinas de pintura precisan grandes cantidades de aire por motivos de salud y fiabilidad operacional y cuidado del medio ambiente, y evitar que el pintado de las piezas automotrices sea dañado por partículas propiamente de la pintura o contaminantes extraños. Gracias a su gran capacidad de filtración y su duración.

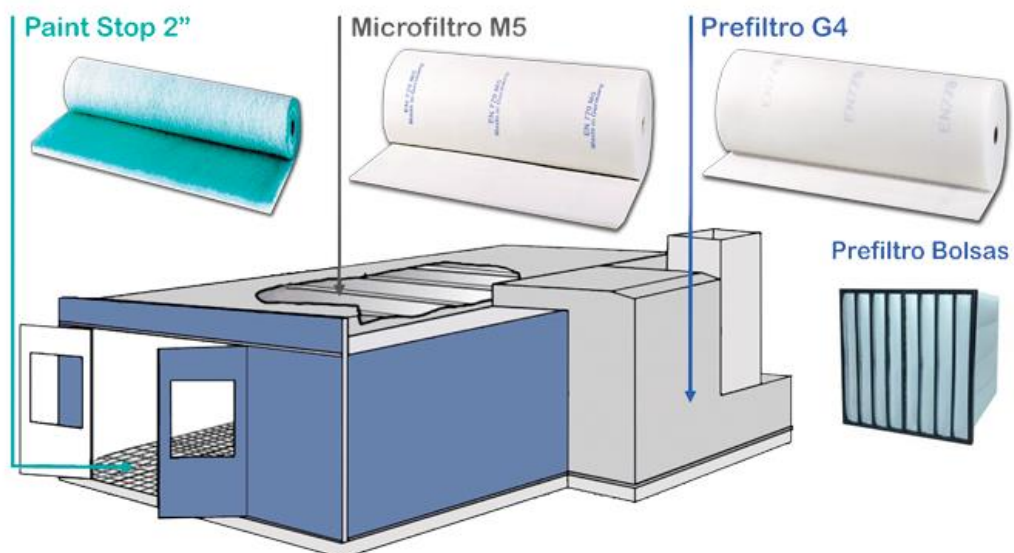


Figura 31. Filtros de aire multibolsa.

#### 4.4.5.1 Cálculo del número de secciones libres entre deflectores

Para el cálculo de secciones libres utilizamos la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} = \frac{Q_{\text{aire}}}{V} * N_s \quad \text{Ec. XXIII}$$

##### Datos:

$N^{\circ}$  = Es el número de secciones libres para la circulación.

$Q_a$  = Es el caudal del aire  $2115\text{m}^3/\text{h}$ .

$A_l$  = Es el área libre de los deflectores  $0.048\text{m}^2$ .

$V_{z1-d}$  = Es la velocidad del aire entre los deflectores  $\frac{0.25\text{m}}{\text{h}} = 900\text{m}/\text{s}$ .

Reemplazamos Ec. XXI:

$$N^{\circ} = \frac{2115\text{m}^3/\text{h}}{\frac{900\text{m}}{\text{h}} * 0.048\text{m}^2 * 4} * 105$$

$$N^{\circ} = 12.24 \text{ secciones libres}$$

## DISEÑO DEL HORNO EXTERIOR

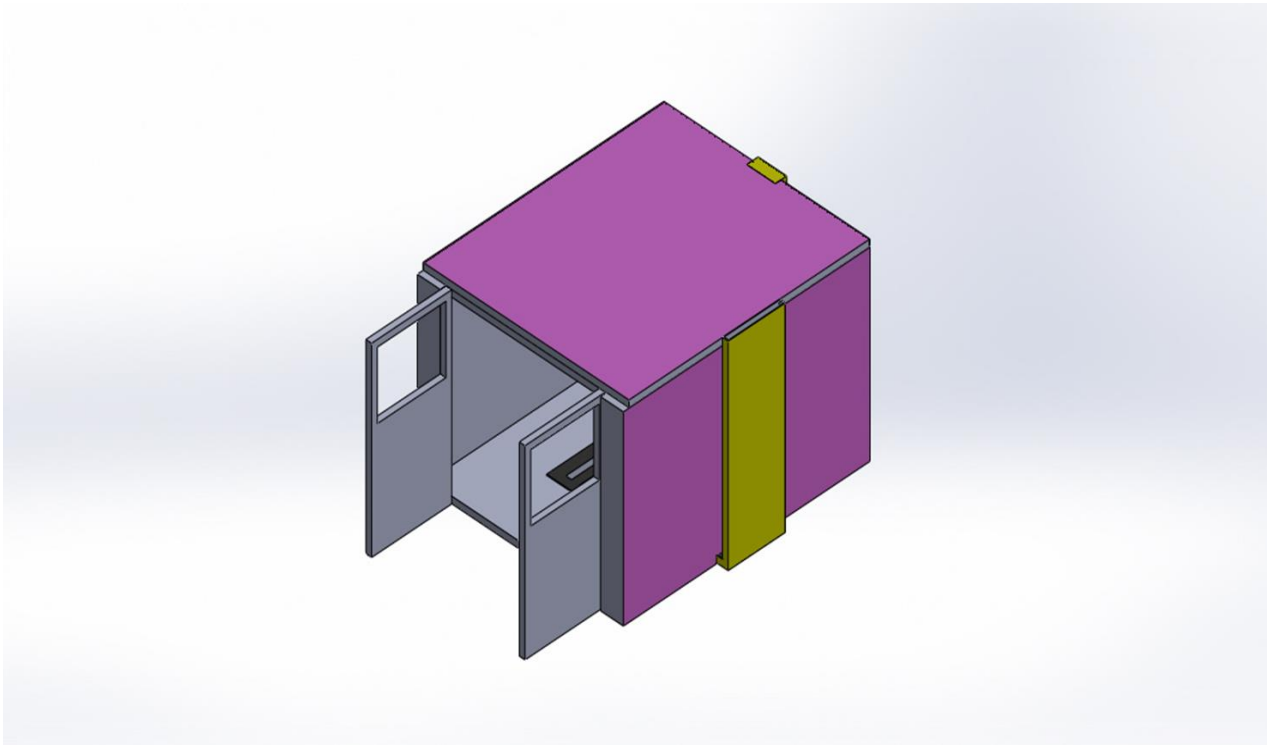


Figura 32. diseño del horno en Solid Works.

Horno de secado de pintura de repuestos automotrices con las visualizaciones de todas sus aristas

### VISUALIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORNO EN 3D

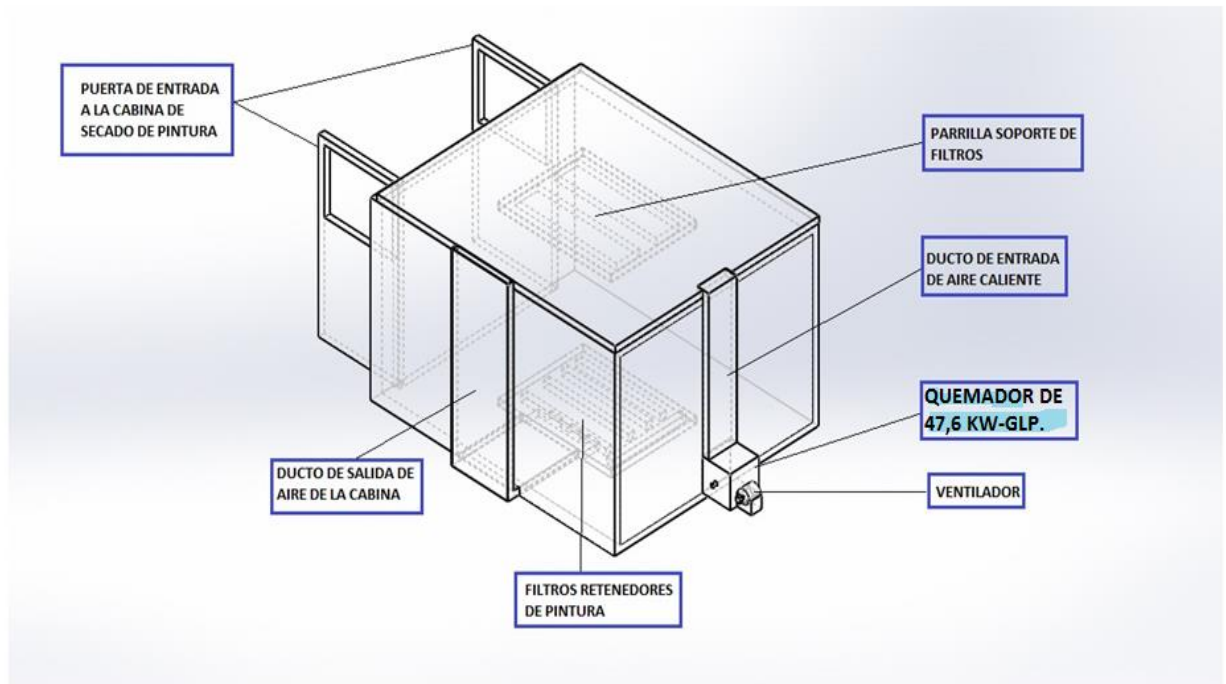


Figura 33. Visualización de los componentes del horno en solid works.

#### 4.5 Analizar económicamente el impacto del diseño un horno de secado de pintura para la empresa Nor Autos Chiclayo SAC.

Este análisis se realizó con el objetivo de plasmar el costo del mercado para así obtener los resultados del valor actual neto y la tasa de interés de retornos, si es viable o de lo contrario no.

##### 4.5.1 Costos de producción

Los costos de producción también llamados costos de operación son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una empresa o compañía, la diferencia entre el ingreso por ventas y otras entradas y el costo de producción indica el beneficio bruto.

Tabla 14: Materia prima del proyecto.

<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U.M</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Calentador Quemador GLP	1	unidad	S/1,750.00	S/1,750.00
2	Sistema de ductos para el aire	8	unidad	S/157.50	S/1,260.00
3	Ventilador de extracción de aire	2	unidad	S/1,000.00	S/2,000.00
4	Filtro MULTIBOLSA	1	unidad	S/1,500.00	S/1,500.00
5	Plancha de acero 120cmx240cmx1mm	16	m2	S/105.00	S/1,680.00
6	Tablero de fuerza y de control	1	unidad	S/750.00	S/750.00
7	Perfil C 50mmx25mmx3mm	16	m2	S/24.00	S/384.00
<b>Sub Total 1: MATERIA PRIMA</b>					<b>S/9,324.00</b>

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

Tabla 15: Servicio de Montaje y Otros.

<b>SERVICIO DE MONTAJE Y OTROS</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U.M</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Herramientas	1	unidad	S/250.00	S/250.00
2	Movilidad	1	unidad	S/300.00	S/300.00
3	Soldadura	1	unidad	S/1,500.00	S/1,500.00
4	Diseño	1	unidad	S/1,000.00	S/1,000.00
5	Obra Civil	1	unidad	S/2,000.00	S/2,000.00
6	Aislante Térmico	16	m2	S/210.00	S/3,360.00
7	Montaje Estructural	1	unidad	S/2,000.00	S/2,000.00
<b>Sub Total 1: MATERIA PRIMA</b>					<b>S/10,410.00</b>

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

#### **4.5.2 Costo de demanda**

En términos de economía, la demanda sería la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos, a los distintos precios que propone el mercado, por los consumidores en un momento determinado.

#### **4.5.3 Costo del Mercado**

Teniendo en cuenta la evaluación del costo de demanda, el precio promedio varía mucho según el tiempo que se demore la autoparte del vehículo a secar. Antes se cobraba 300 soles parte paño de pintura ahora se requiere cobrar lo mismo, pero la diferencia es que no va haber gastos adicionales, en combustibles. Con estos datos anteriormente hallaremos el cálculo del VAN Y TIR.



Tabla 16: Egreso Mensual.

<b>EGRESO MENSUAL</b>				
<b>DÍAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
15	Técnicos de Pintados	1	S/2,500.00	S/2,500.00
1	Mantenimiento	1	S/500.00	S/500.00
15	Electricidad y Gas	1	S/3,000.00	S/3,000.00
<b>Sub Total 1: MATERIA PRIMA</b>				<b>S/6,000.00</b>

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

Tabla 17: Ingreso Mensual.

<b>INGRESO MENSUAL TALLER</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Puerta del. LH Yaris	10	S/300.00	S/3,000.00
2	Puerta post. RH Corolla	10	S/300.00	S/3,000.00
3	Compuerta Posterior	5	S/300.00	S/1,500.00
4	Tolva de Camioneta	2	S/300.00	S/600.00
5	Para choque Post. Corolla	10	S/300.00	S/3,000.00
6	Para choque Del. Yaris	10	S/300.00	S/3,000.00
<b>Sub Total 1: MATERIA PRIMA</b>				<b>S/14,100.00</b>

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

Tabla 18: Datos del diseño y valores.

<b>DATOS</b>	<b>VALORES</b>
Número de Periodos	4
Tipo de Periodo	MENSUAL
Tasa de Descuento	10%

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

#### 4.5.4 Valor Actual Neto

El valor actual neto es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esta inversión, también se conoce como valor actual neto (VAN) o valor presente neto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ec. XIV}$$

$F_t$  = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = Es la cantidad de periodos considerados.

i = Es la tasa de descuento por cada t.

Tabla 19: Valor Actual Neto.

DATOS	INVERSIÓN INICIAL		S/19,734.00	
	TASA DE DESCUENTO		10%	
PERIODO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE
0			- S/19,734.00	-S/19,734.00
1	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/7,363.64
2	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/14,727.27
3	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/22,090.91
4	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/29,454.55
				S/73,636.36
		<b>VAN</b>	<b>S/5,941.91</b>	

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

#### 4.5.5 Tasa Interna de Retornos

La TIR o tasa interna de retorno, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. Y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión. Esto quiere decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá este proyecto, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto.

$$\text{TIR} = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ec. XXV}$$

$F_t$  = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

r = Es la tasa interna de rendimiento.

Tabla 20: Tasa Interna de Retornos.

DATOS	INVERSIÓN INICIAL			
	S/19,734.00			
	TASA DE DESCUENTO		10%	
PERIODO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE
0			-S/19,734.00	-S/19,734.00
1	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/7,363.64
2	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/14,727.27
3	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/22,090.91
4	S/14,100.00	S/6,000.00	S/8,100.00	S/29,454.55
				S/73,636.36
		<b>TIR</b>	<b>23%</b>	

Fuente: Nor Autos Chiclayo SAC.

## V. DISCUSIÓN

Mediante los datos obtenidos se logró determinar el “DISEÑO DE UN HORNO DE SECADO DE PINTURA PARA OPTIMIZAR EL PINTADO DE PIEZAS AUTOMOTRICES EN LA EMPRESA NOR AUTOS CHICLAYO SAC”. Este proyecto se realizó debido a la demanda que se obtuvo el taller en autopartes de los vehículos para pintar y para mejorar los avances de los trabajos, y así lograr la satisfacción de los clientes y mejora en ingresos para la empresa.

Es viable realizar la construcción mediante la utilización de estos Manuales, en el análisis térmico se obtuvo un calentador a gas de una potencia de 29.06 KW.

## VI. CONCLUSIONES

- En nuestro primer objetivo es realizar un diagnóstico y Caracterizar los tamaños de las diferentes piezas que ingresan para trabajo de pintura a la empresa. Y tomando esas referencias realizar el diseño según el requerimiento.
- Se estableció las medidas del bosquejo de la cabina-horno, tales como: Diseño termodinámico, Diseño del sistema de ventilación y Diseño estructural, mediante medidas reales de materiales de construcción donde se tomó en cuenta los factores de diseño estandarizados, aislantes térmicos fáciles de encontrar en el mercado.
- El diseño del horno genera una sobre carga de trabajo (MUDA), en el pintado de las pequeñas piezas automotrices.
- El diseño del horno para el pintado de las piezas automotrices evitara gastos, tiempo y la optimización de la pintura.
- La eficiencia del diseño del horno consta en aprovechar al máximo la cantidad de autopartes a quemar en el horno.

## VII. RECOMENDACIONES

- Construir la cabina que esté acorde a los manuales de diseño elaborados, definiendo los parámetros y los requerimientos del sistema esto con el fin de hacer un equipo amigable con el ambiente y con las personas que la operan, para ello se debe considerar medidas reales y exactas de los equipos y materiales a utilizar.
  
- Seleccionar ventiladores comercializados en nuestro medio
  
- Un factor primordial a ser considerado en el diseño debe de ser el tema económico, ver una viabilidad económica que esté al alcance del presupuesto considerado en el proyecto y ver materiales resistentes a las especificaciones deseada.
  
- Mi presupuesto de inversión inicial es S/. 19,734.00 y un VAN que asciende a S/. 5,941.91 y un TIR igual a 23%, si se recomienda realizar dicha inversión para implementar el presente proyecto demostrado y sostenible en el tiempo.

## REFERENCIAS

- Abarca Sánchez, A. E., & Aldaz Flores, M. F. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR ROTATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE ESCAMAS PET*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Técnica El Chimborazo.
- Amazon. (2019). *Amazon.com*. Obtenido de [https://www.amazon.com/-/es/Sagola-4600-Xtreme-1-3XL-Clear/dp/B076C19798/ref=pd\\_lpo\\_60\\_t\\_0/132-2236403-3439666?\\_encoding=UTF8&pd\\_rd\\_i=B076C19798&pd\\_rd\\_r=5453241f-a9b9-4bd3-bfce-56461d900f36&pd\\_rd\\_w=44ytM&pd\\_rd\\_wg=sW4JS&pf\\_rd\\_p=7b36d496-f366-4631-94d3-61b8](https://www.amazon.com/-/es/Sagola-4600-Xtreme-1-3XL-Clear/dp/B076C19798/ref=pd_lpo_60_t_0/132-2236403-3439666?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B076C19798&pd_rd_r=5453241f-a9b9-4bd3-bfce-56461d900f36&pd_rd_w=44ytM&pd_rd_wg=sW4JS&pf_rd_p=7b36d496-f366-4631-94d3-61b8)
- Autocasion . (16 de Agosto de 2012). *Autocasion*. Obtenido de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/tipos-de-aceros-en-las-carrocerias>
- Budynas, R. G., Nisbett, J. K., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. Mexico, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Budynas, R., Nisbett, J., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY* (Octava ed.). D.F., Mexico: McGraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Michael A. Boles. (2012). *Termodinamica Septima edicion*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

construccion, M. d. (11 de Junio de 2006). *Normas EM. 030*. Obtenido de <http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20E dificaciones/63%20EM.030%20INSTALACIONES%20DE%20VENTILACI%C3%93N.pdf>

DE COMPRESORES. (15 de Noviembre de 2019). *Amazon es*. Obtenido de Amazon de suministros para Industria, empresa y ciencia.: <https://decompresores.com/todo-sobre-las-pistolas-para-pintar-por-succion/>

Guaña Cruz, A. J., & Altamirano Caicedo, A. F. (2016). *Diseño y Construcción de un horno para el secado de partes plásticas automotrices por medio de colectores solares planos de doble cubierta semitransparente con placa absorbidora corrugada*. Quito - Ecuador: Universidad Internacional de Ecuador.

Guevara Zambrano, L. F. (Marzo de 2016). *Repositorio Institucional*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11997>

Hernandez, Luis. (07 de 08 de 2018). *Ferrari muestra avances en procesos de pintura automotriz*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.pe/2018/08/07/ferrari-muestra-avances-en-procesos-de-pintura-automotriz>.

Holman, J. P. (1999). *Transferencia de Calor*. Impreso en Mexico.: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.

Llerena Naranjo, A. L., & Maygualema León, C. H. (26 de Octubre de 2018). *Llerena Naranjo, Alexander Leonel; Maygualema León, Cristhian Hernán*. Obtenido de Llerena Naranjo, Alexander Leonel; Maygualema León, Cristhian Hernán



- Llerena Naranjo, A. L., & Maygualema León, C. H. (26 de Octubre de 2018). *Repositorio institucional UPNBOX*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/14208>
- Olazo Carrasco, E. G., & Palacios Lezama, G. P. (26 de 10 de 2018). *Repositorio institucional UPNBOX*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/14208>
- Ortega Sanchez, G. F. (Mayo de 2016). *Repositorio digital*. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14140>
- Pinturas Sipa. (Septiembre de 2017). *Poliuretano Monocapa MC 600-654 Automotriz*. Obtenido de Codelpa: <https://www.codelpa.cl/fichas/hojas-tecnicas/poliuretano-monocapa-mc-600-654>
- Portalanza Brito, J. A. (2014). *Diseño y consrución de un cuarto de secado de pintura electroestáica para tableros eléctricos combinando energía renovable y no renovable*. Ecuador: Escuela Porlitecnica Nacional.
- Quispe Aslla, W. R. (Mayo de 2015). *Repositorio*. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/8986>
- Rivera Requelme, E. H. (2014). *MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA-HORNO PARA EL PINTADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE LOJA*. Loja - Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Salazar Navarrete, R. I. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO*. AMbato - Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato.

Torres Almeida, M. A., & Campaña Guevara, A. P. (Noviembre de 2017).

*Repositorio* *PUCESA*. Obtenido de

<http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2128>

## ANEXOS

### Diseño del horno de pintura en Solid Works

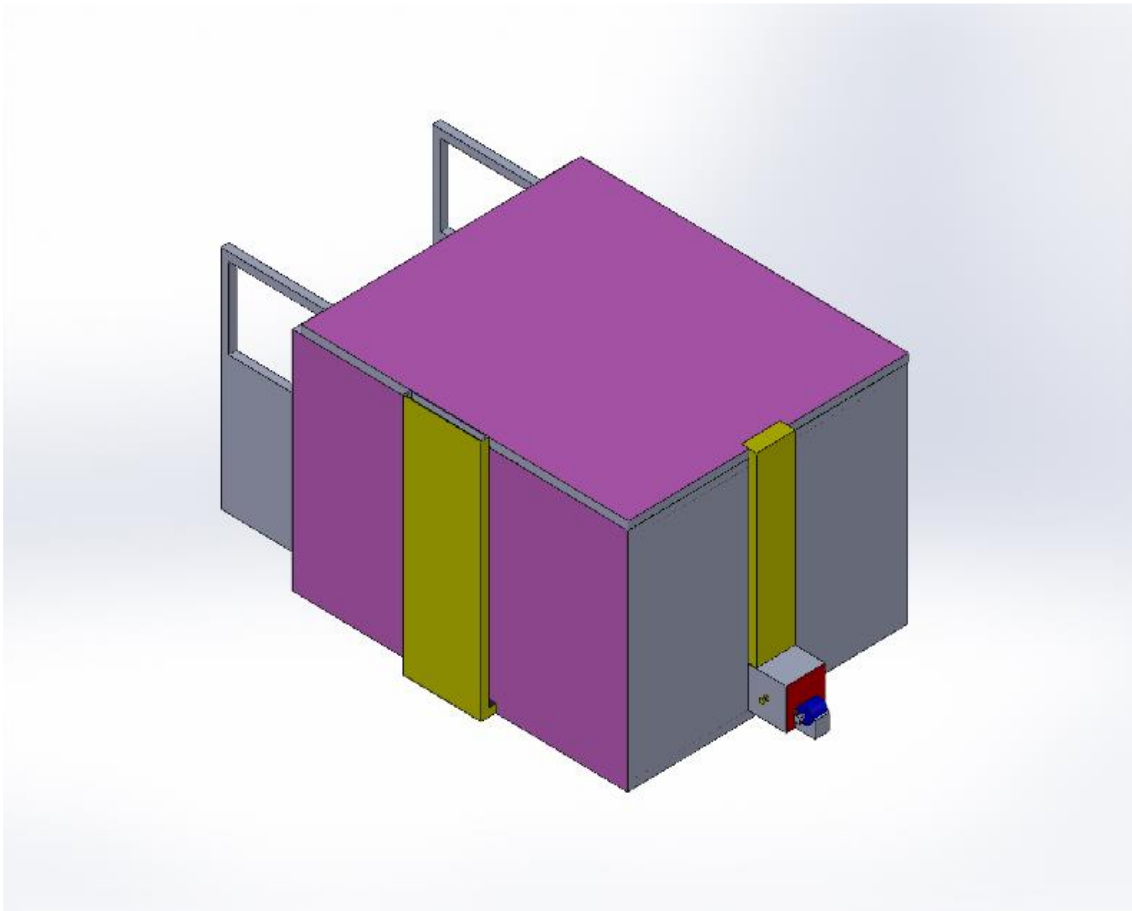


Figura 34. componentes externos del horno.

## Medidas para dibujar el horno en Solid Works

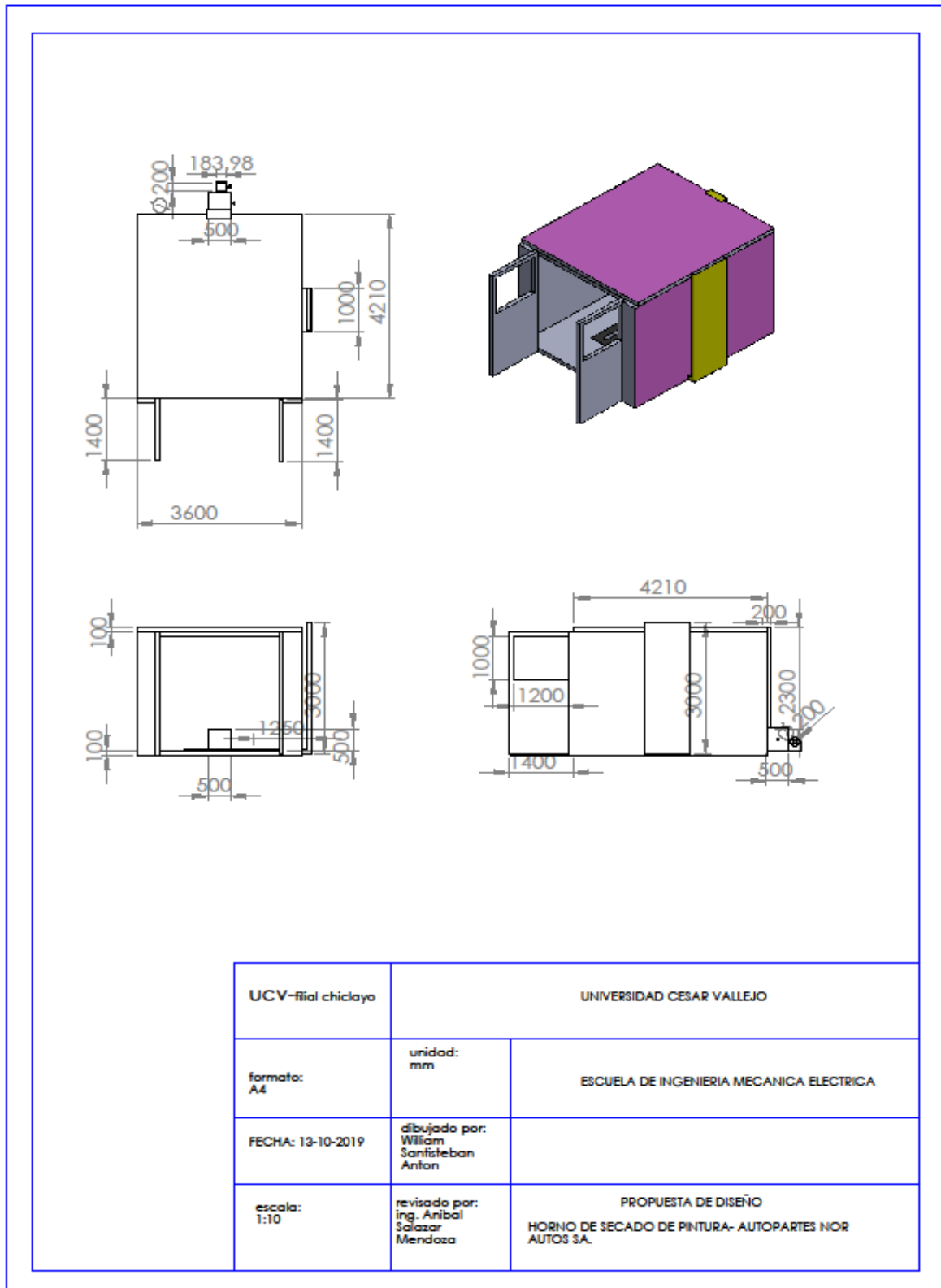


Figura 35. Medidas del horno en 3D.

## Dimensiones del horno de pintura

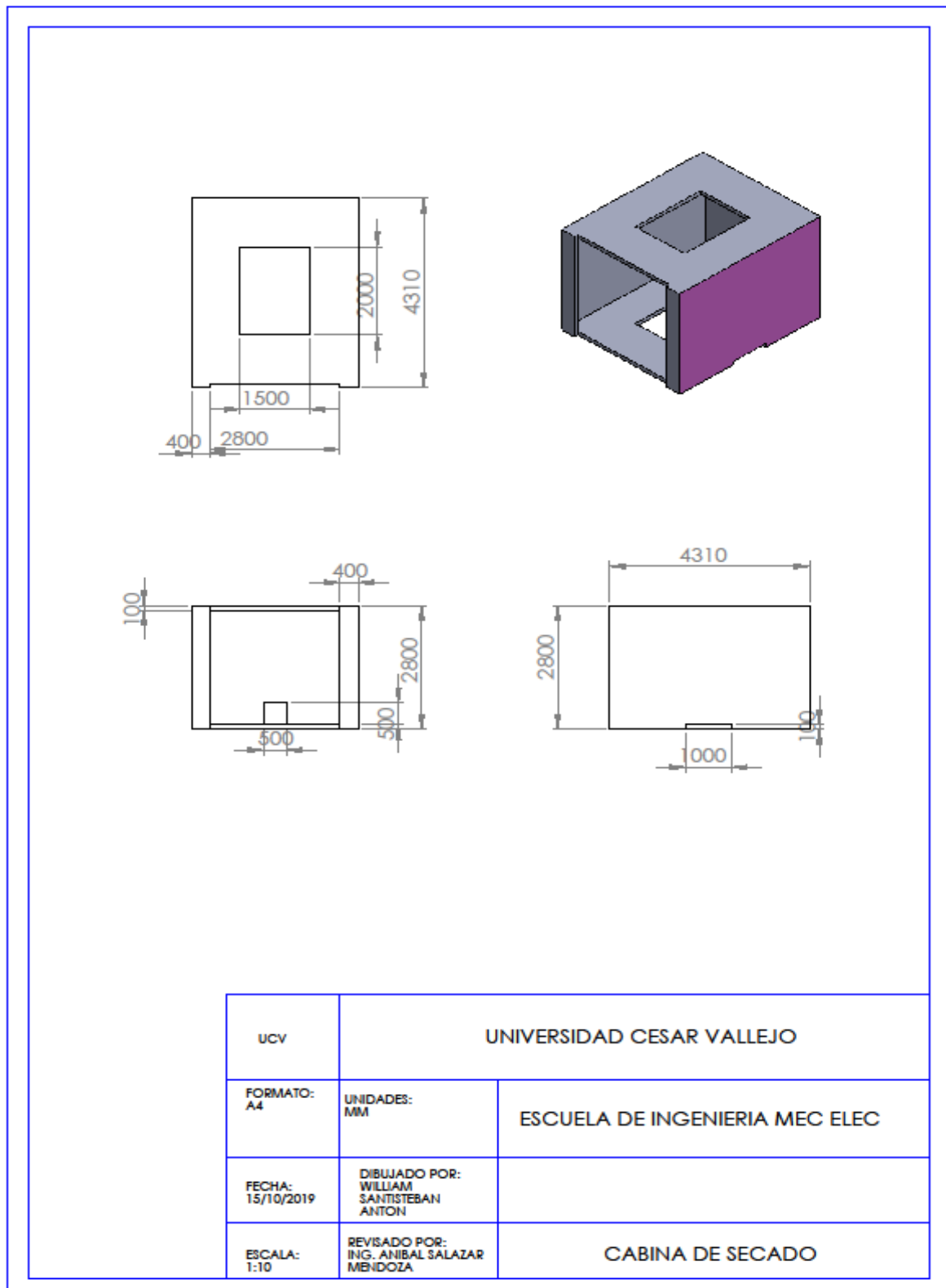


Figura 36. Medidas de la cabina de secado.

## Dimensiones de la parrilla del horno de secado

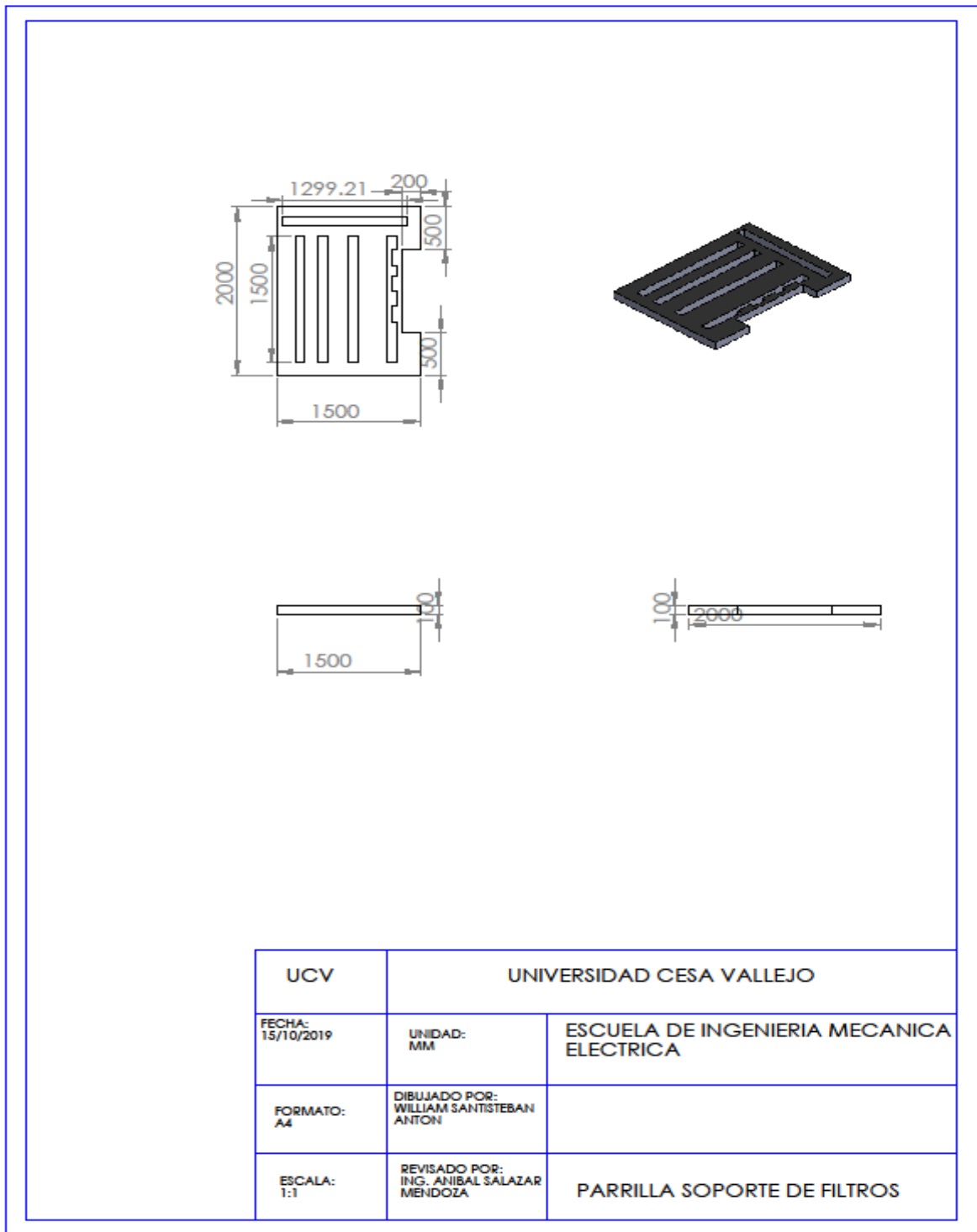


Figura 37. medidas de la parrilla soporte de filtros.

### Dimensiones del ducto de salida de aire.

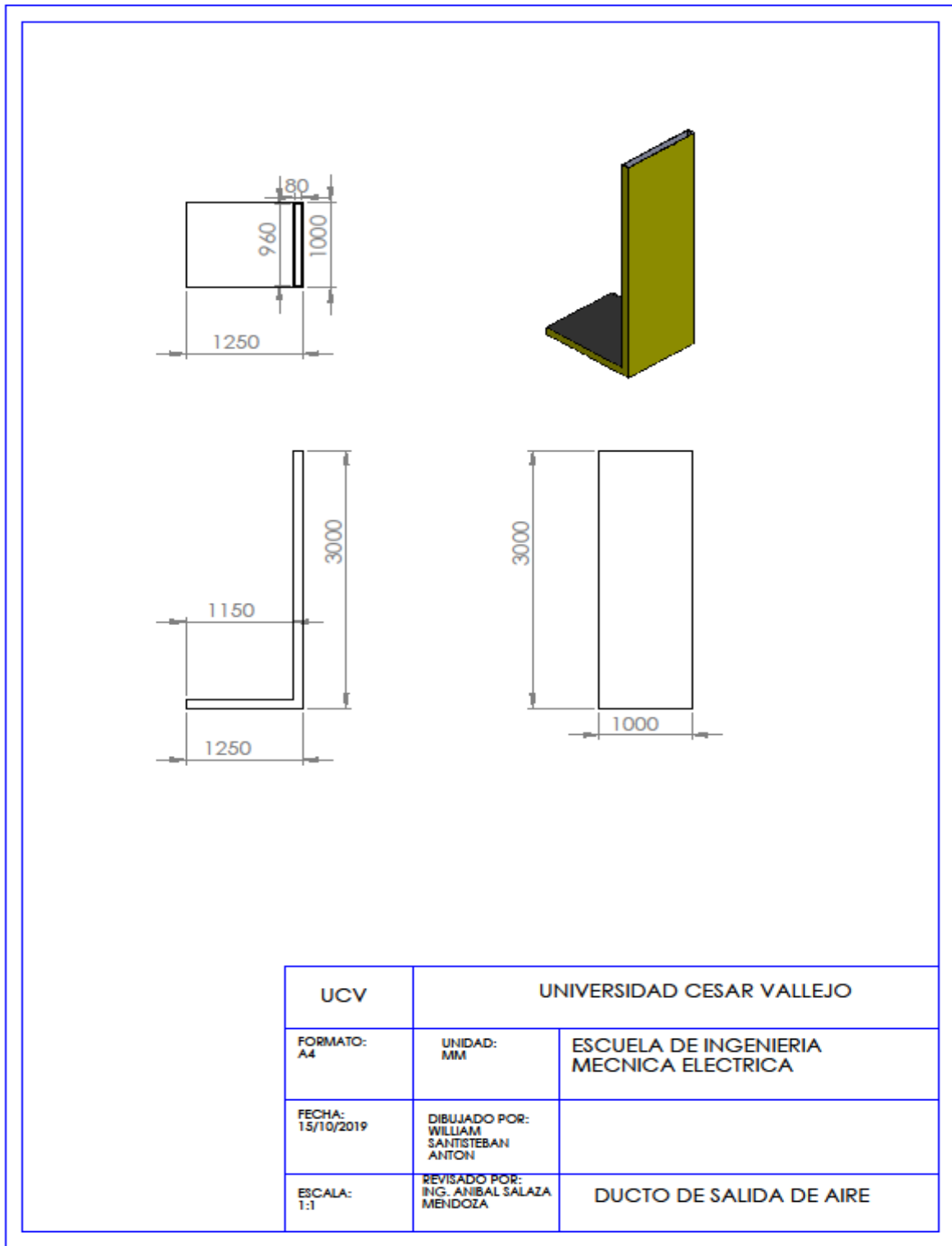


Figura 38. medidas del ducto de salida de aire.

## Dimensiones del calentador eléctrico

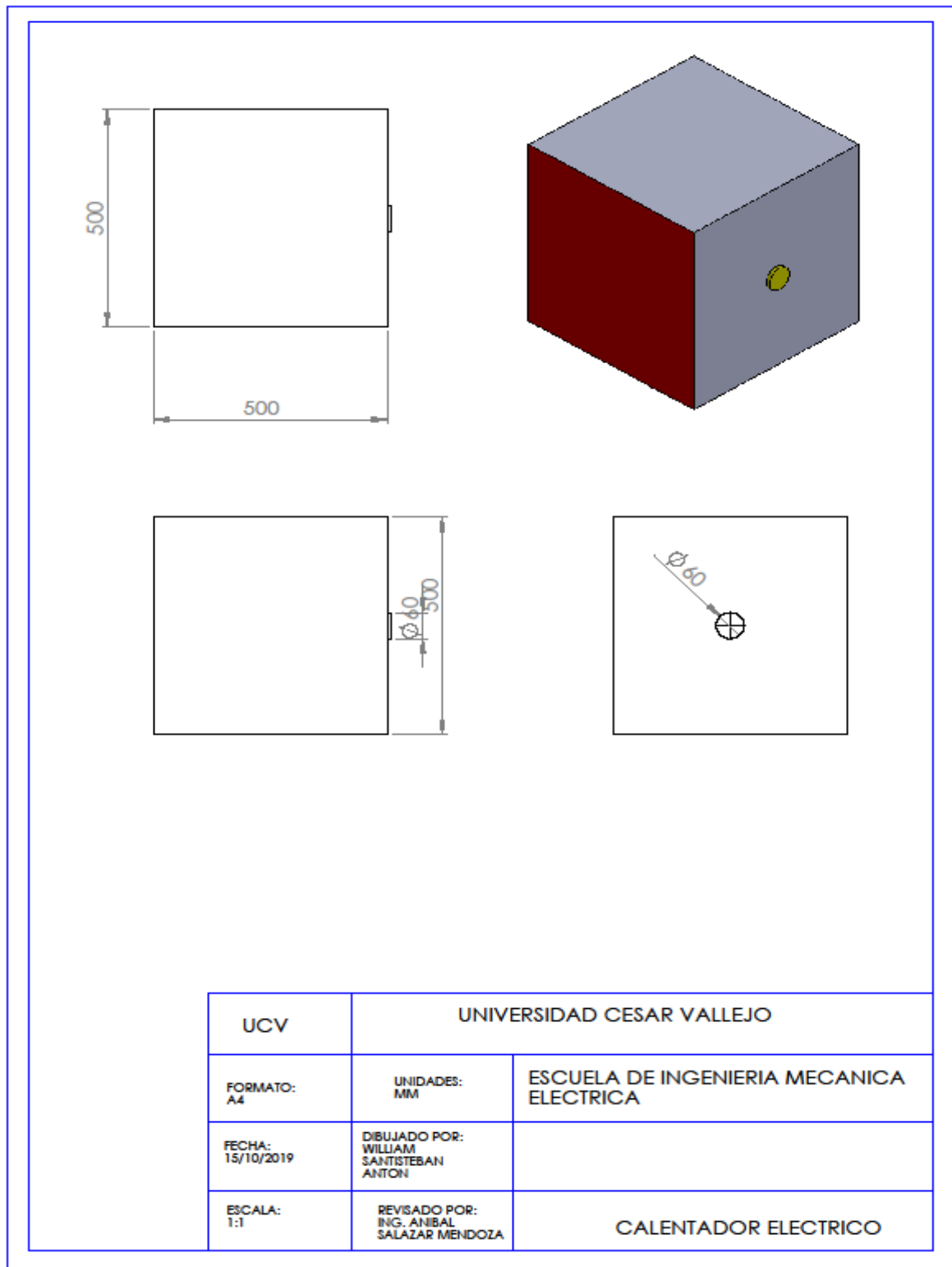


Figura 39. medidas del calentador eléctrico.



## Dimensiones del ventilador y motor y sus bases

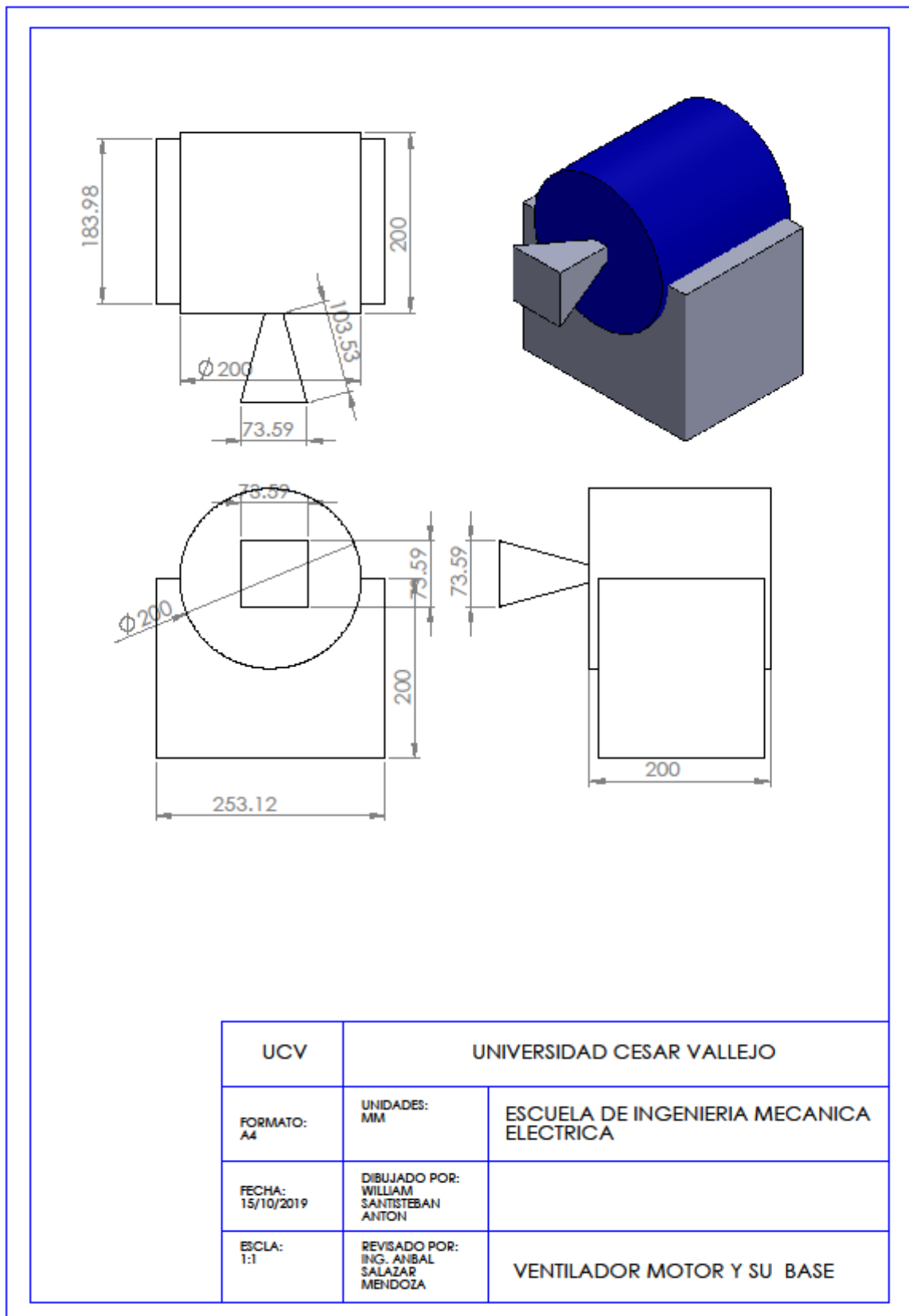


Figura 40. medidas del ventilador motor y su base.

## Dimensiones del ducto de entrada del aire caliente

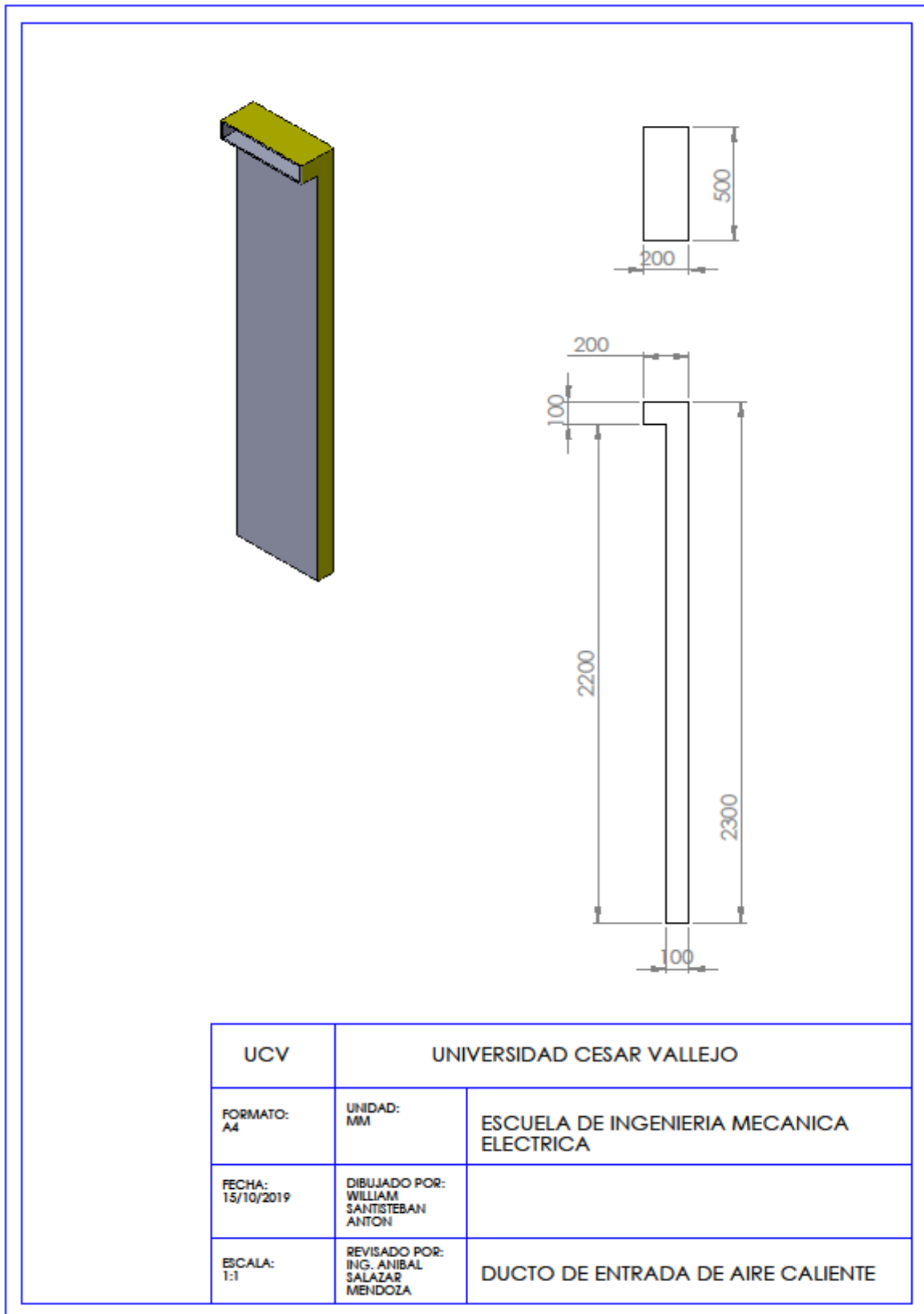


Figura 41. Medidas del ducto de entrada de aire caliente.

### Dimensiones de la puerta de entrada a la cámara

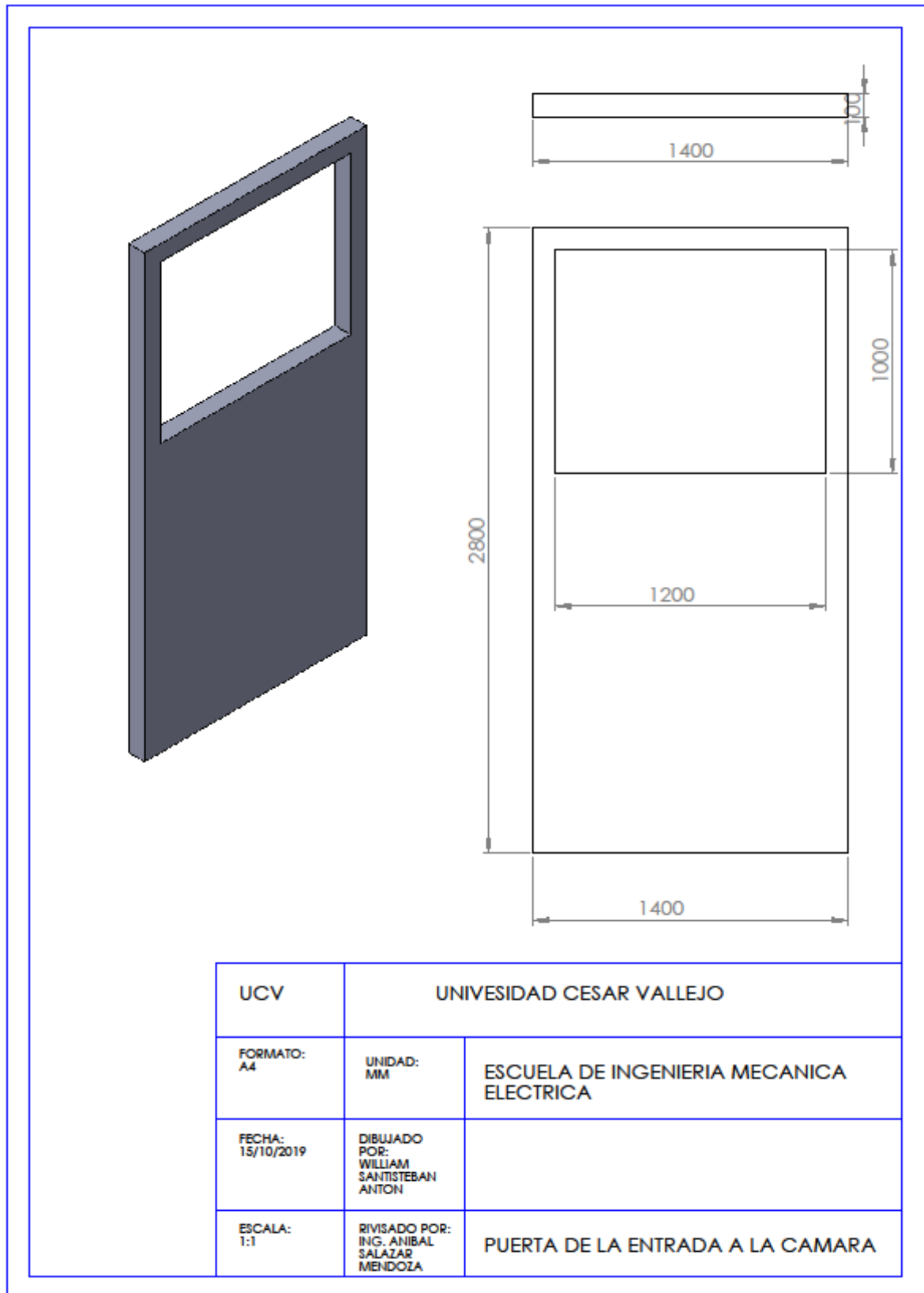


Figura 42. Medidas de la puerta de la entrada a la cámara.

### Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandt Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-6}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-6}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-6}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-6}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-6}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-6}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-6}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-6}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-6}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-6}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-6}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-6}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-6}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-6}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-6}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-6}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-6}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-6}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-6}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-6}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-6}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-6}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-6}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-6}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041

Figura 43. Transferencia de calor y masa.

## Eficiencia de un intercambiador de calor

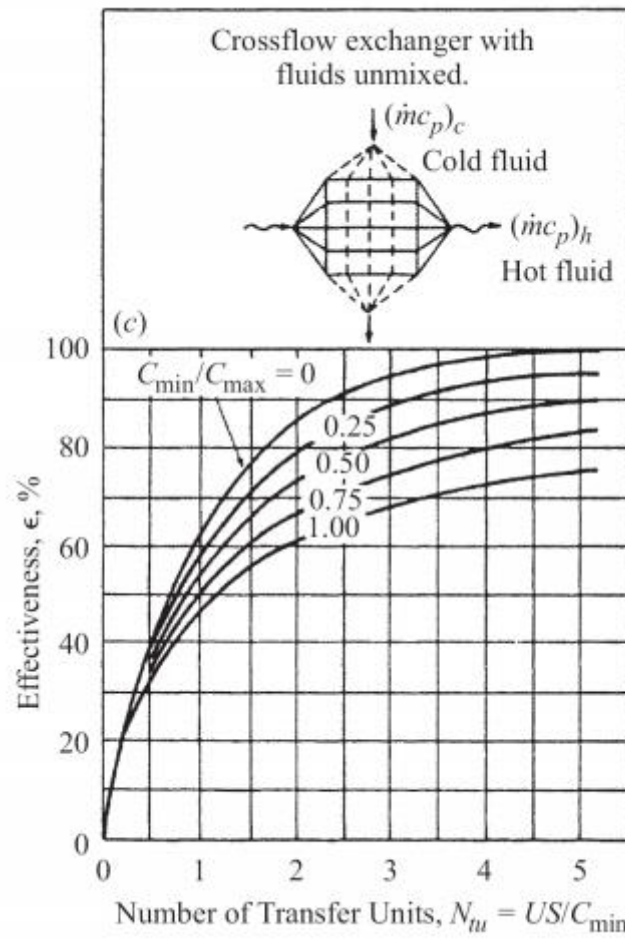


Figura 44. Efectividad del intercambiador de calor.

# Croquis del taller Nor Autos Chiclayo SAC

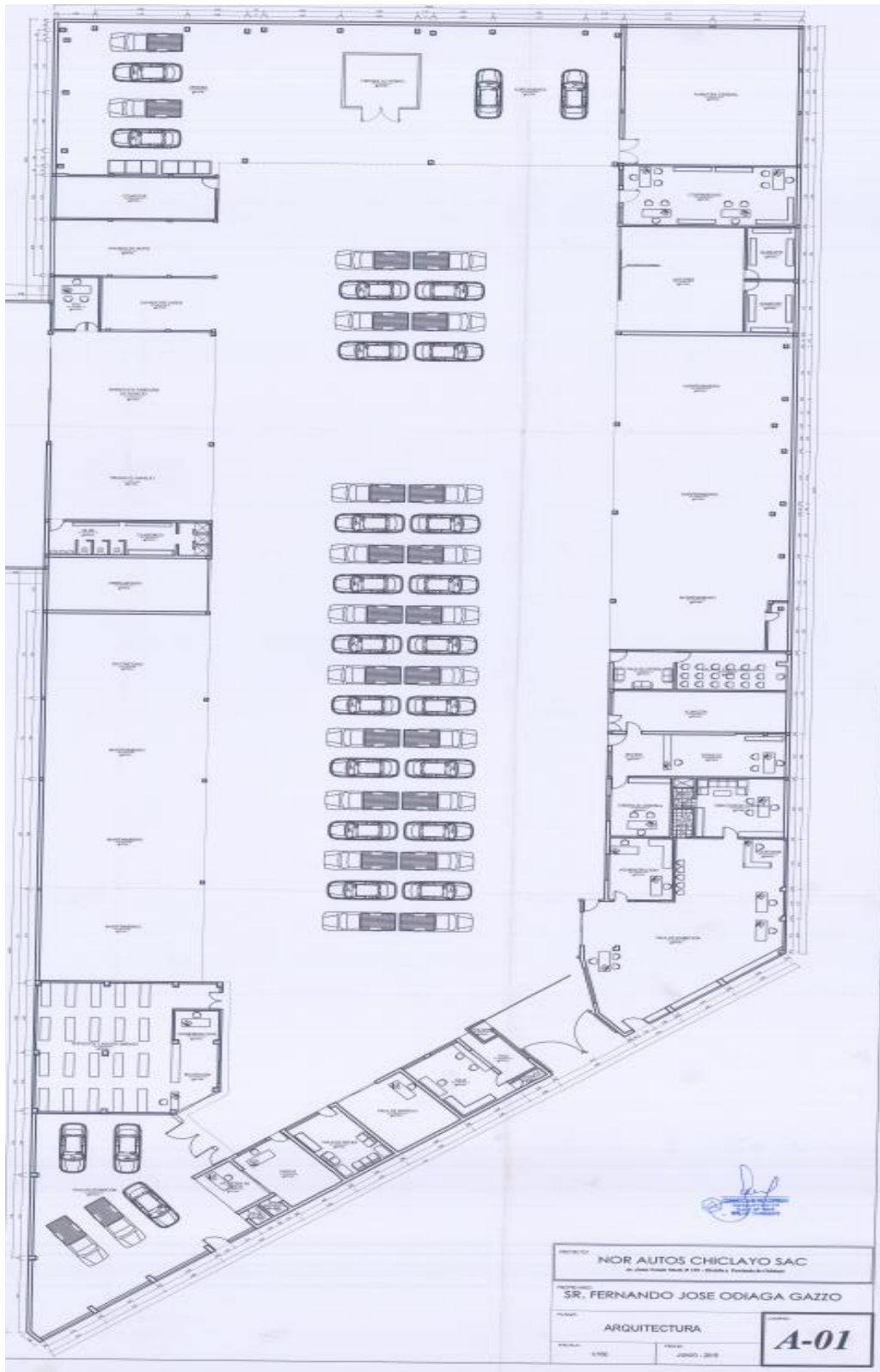


Figura 45. Fuente Nor Autos Chiclayo SAC.