

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO.**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA-HORNO PARA EL  
ACABADO Y SECADO DE LA PINTURA APLICADA EN LA  
CARROCERIA DE VEHÍCULOS PARA EL “CENTRO MECÁNICO DE  
SERVICIOS NAVAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE  
INGENIERO MECÁNICO.**

**ROBERTO XAVIER BOHÓRQUEZ ANDRADE  
ROBERT HENRY FIALLOS MANZANO**

**DIRECTOR: ING. ROBERTO GUTIERREZ.  
CODIRECTOR: ING LUIS ECHEVERRÍA**

**Sangolquí, 2005-Febrero**



## **CERTIFICACION.**

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA-HORNO PARA EL ACABADO Y SECADO DE LA PINTURA APLICADA EN LA CARROCERIA DE VEHÍCULOS PARA EL CENTRO MECÁNICO DE SERVICIOS NAVAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”, fue realizado en su totalidad por Roberto Bohórquez Andrade y Robert Fiallos Manzano, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Roberto Gutiérrez  
DIRECTOR

---

Ing. Luís Echeverría.  
CODIRECTOR

Sangolquí, 2005-02-21

## **LEGALIZACION DEL PROYECTO.**

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA-HORNO PARA EL  
ACABADO Y SECADO DE LA PINTURA APLICADA EN LA  
CARROCERIA DE VEHÍCULOS PARA EL “CENTRO MECÁNICO DE  
SERVICIOS NAVAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

### **ELABORADO POR:**

---

Roberto X. Bohórquez Andrade.

---

Robert H. Fiallos Manzano.

### **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

SR. MAY. C.B. HUGO RUIZ  
DECANOº

Sangolquí, 2005-02-21



## DEDICATORIA

La elaboración de éste proyecto lo dedico en primer lugar a mi padre y madre, ya que han sido mi soporte en todos los aspectos durante todos mis años de estudio e inculcaron en mí el deseo de superación, que se ve plasmado en la realización del presente trabajo.

**Roberto X. Bohórquez Andrade.**

A Dios, a mi Papi y mi Mami que siempre me han apoyado en todas las cosas de mi vida y quiero que sepan que los quiero mucho ya que son lo más importante de mi vida. A mis hermanas, familia y amigos por haberme ayudado y apoyado toda mi vida.

**Robert H. Fiallos Manzano.**



## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos, abuelitos y tías, en especial a Eugenia y mi hermana Natalia que siempre estuvo brindándome su apoyo y ayuda.

A mi novia Mayra, por sus ánimos y paciencia.

A un gran amigo, Javier Segovia y a su familia por su hospitalidad y ayuda desinteresada.

A mi profesor director por compartir parte de su tiempo en el desarrollo y ejecución de éste proyecto.

**Roberto X. Bohórquez Andrade.**

A DIOS, por ser una guía tanto en los momentos buenos y aún más en los malos momentos.

A mis Padres y hermanas por ser cálidos, amorosos y comprensivos, es decir incondicionales en todo momento conmigo.

A mi familia y amigos por haberme ayudado en todo lo que podían.

A mis profesores por haber compartido sus conocimientos.

A mi director y codirector de tesis por guiarnos a lo largo de todo el proyecto.

**Robert H. Fiallos Manzano**





## INDICE DE CONTENIDOS.

CARATURLA	i
CERTIFICACION DE LA ELABORACION DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACION DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADESIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDOS	vii

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN.**

1.1	Definición del Problema.	1
1.2	Objetivos.	2
1.2.1	Objetivo General.	2
1.2.2	Objetivos Específicos.	2
1.3	Marco teórico.	3
1.3.2	Transferencia de Calor	3
1.3.2.1	Conducción térmica	3
1.3.2.2	Convección térmica	5
1.3.2.3	Radiación térmica	5
1.3.3	Fuentes de energía calorífica.	6
1.3.4	Control de la atmósfera del horno	7
1.3.5	Aspectos medioambientales	7
1.3.6	Medidas de seguridad	7

### **CAPÍTULO II**

#### **CABINA-HORNO PARA EL SECADO DE LA PINTURA UTILIZADA EN LAS DIFERENTES CARROCERÍA DE LOS AUTOMÓVILES.**

2.1	Cabina-Horno.	9
2.1.1	Tipos	9
2.1.2	Dimensiones del largo, ancho, y alto.	11
2.1.3	Volumen.	12

2.1.4	Materiales.	12
2.2	Pintura	12
2.2.1	Características	14
2.2.2	Propiedades	14
2.2.3	Ventajas	15
2.3	Proceso de pintado	15
2.3.1	Preparación de la superficie	15
2.3.2	Masillas	16
2.3.3	Aplicaciones de bases (fondo)	16
2.3.4	Pastas pulidoras	17
2.3.5	Encerado	18

### **CAPITULO III**

#### **DISEÑO CABINA-HORNO.**

3.1	Introducción	19
3.2	Diseño térmico	20
3.2.1	Sistema de climatización	20
3.2.1.1	Coeficientes de transferencia de calor	20
3.2.1.2	Balance energético	23
3.2.1.3	Consumo total de calor	23
3.2.1.4	Aislante térmico.	23
3.3	Diseño del sistema de ventilación	24
3.3.1	Diseño de ductos - La ecuación de continuidad.	25
3.3.2	Pérdidas de presión por fricción en ductos.	26
3.3.3	Pérdidas de presión en conexiones de ductos.	27
3.3.4	Pérdidas de presión en la entrada y salida de ventiladores	28
3.3.5	Cálculos de diseño	28
3.3.6	Pérdidas por fricción en ductos	29
3.3.7	Selección de ventiladores	35
3.3.8	Aislamiento de ductos	36
3.3.9	Filtración de aire	36
3.4	Diseño estructural	37
3.4.1	Etapas en el proceso del diseño	38
3.4.2	Métodos del diseño estructural	39

3.4.3	Acciones y sus efectos sobre los sistemas estructurales	40
3.4.4	Sap 2000 Diseño estructural	41
3.44.1	Forma de la estructura.	41
3.5	Sistema eléctrico	42
3.6	Diseño electrónico del sistema de control	44
3.6.1	Instalación básica del microcontrolador (Pic 16F877)	44
3.6.2	Microprocesadores y microcontroladores	47
3.6.2.1	Microprocesadores	47
3.6.2.2	Partes de un microprocesador	47
3.6.2.3	Microcontrolador	48
3.6.2.4	Arquitectura interna	50
3.6.2.5	Diferencia entre un microcontrolador y un microprocesador	51
3.6.2.6	Alternativas y selección del sistema de control	53
3.6.2.7	Características principales del Pic 16F877	56
3.6.2.8	Descripción de pines	56
3.6.2.9	Ventajas de utilizar el Pic 16F877	56
3.6.2.10	Desventajas de utilizar el Pic 16F877	57
3.6.2.11	Pantalla de cristal líquido SC1602A(LCD)	57
3.6.2.12	Teclado matricial	58
3.6.2.13	Ventajas y desventajas de utilizar el teclado matricial	59
3.6.2.14	Instrumental de trabajo	59
3.6.2.15	Sensor de temperatura	60
3.6.3	Edición del software	61
3.6.4	Impresión de la tarjeta	61

## **CAPITULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.**

4.1	Diagrama de construcción y montaje	64
4.2	Procedimiento general de construcción y montaje.	64
4.3	Diagramas de montaje.	66
4.4	Hoja de procesos.	74
4.5	Secuencia de operaciones.	78

## **CAPITULO V**

### **PRUEBAS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.**

5.1	Pruebas de funcionamiento.	86
5.1.1	Pruebas sin carga.	86
5.1.2	Pruebas con carga.	86
5.1.3	Eficiencia térmica del sistema.	87
5.1.4	Análisis de resultados.	88

## **CAPITULO VI**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.**

6.1	Antecedentes	91
6.2	Factores Externos	91
6.2.1	Factores políticos	91
6.2.2	Factores económicos	92
6.2.3	Factor social	92
6.3	Factores Internos	93
6.3.1	Factor tecnológico	93
6.3.2	Factor económico	93
6.4	Costos de inversión, producción y ejecución	93
6.4.1	Materiales	93
6.4.2	Mano de obra	97
6.4.3	Costo total del proyecto	98
6.4.4	Costo de diseño y coordinación	98
6.5	Recuperación de la inversión	99
6.6	Ahorro por uso de la cabina-horno anualmente	101
6.7	Las funciones VAN y TIR	102
6.7.1	VAN	102
6.7.2	TIR	102

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

7.1	Conclusiones.	104
7.2	Recomendaciones.	105



## **ANEXOS.**

Anexo A: Cálculo de pérdidas.

Anexo B: Calor transferido a la carga

Anexo C: Pérdidas de presión en ductos

Anexo D: Tabla equivalente de ventilación

Anexo E: Pérdidas en ductos

Anexo F: Diseño estructural

Anexo G: Programa

Anexo H: Manual de operación y mantenimiento

Anexo I: Fotos

Anexo J: Planos

Anexo K: Definiciones técnicas

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

	Pag.
FIGURA 1.1 Conducción térmica	5
FIGURA 1.2 Convección térmica	6
FIGURA 1.3 Radiación térmica	7
FIGURA 2.1 Esquema de cabina de pintura	10
FIGURA 2.2 Esquema de cabinas de pintura de tiro vertical	12
FIGURA 2.3 Cabina para secado de pintura por infrarrojos.	12
FIGURA 2.4 Fotografías de Chevrolet Cheyene y Luv doble cabina	13
FIGURA 2.5 Diferente tipos de pintura.	15
FIGURA 3.1 Partes de una cabina para pintado de tiro vertical.	21
FIGURA 3.2 Instalación de aislante	27
FIGURA 3.3 Representación esquemática de un sistema de ventilación	27
FIGURA 3.4 Ecuación de continuidad para flujo estacionario de aire a través de un ducto: $VFR = A1xV1 = A2xV2 = \text{constante}$	28
FIGURA 3.5 Forma de la estructura	47
FIGURA 3.6 Diagrama de potencia.	49
FIGURA 3.7 Estructura del microprocesador	51
FIGURA 3.8 Arquitectura Von Neuman.	54
FIGURA 3.9 Arquitectura Harvard I	55
FIGURA 3.10 Sistema abierto	57
FIGURA 3.11 Sistema cerrado	58
FIGURA 3.12 Diagrama de pines del PIC 16F877	62
FIGURA 3.13 Pantalla LCD SC1602A	63
FIGURA 3.14 Diagrama de los pines del LCD SC1602A	64
FIGURA 3.15 Teclado Matricial	65
FIGURA 3.16 Grabador de Pics.	66
FIGURA 3.17 Diagramas de conexión del sensor LM35	67
FIGURA 3.18 Diagrama de vías para impresión de la placa	69
FIGURA 3.19 Diagrama de posición de cada componente.	69
FIGURA 3.20 Representación de una tarjeta lista para operar	70
FIGURA 3.21 Diseño electrónico del Hardware	71



## **CERTIFICACION.**

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA-HORNO PARA EL ACABADO Y SECADO DE LA PINTURA APLICADA EN LA CARROCERIA DE VEHÍCULOS PARA EL CENTRO MECÁNICO DE SERVICIOS NAVAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”, fue realizado en su totalidad por Roberto Bohórquez Andrade y Robert Fiallos Manzano, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Roberto Gutiérrez  
DIRECTOR

---

Ing. Luís Echeverría.  
CODIRECTOR

---

TERCER MIEMBRO

Sangolquí, 2005-02-16

# RESUMEN

## INTRODUCCIÓN.

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La cabina es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio ambiental, ya que se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's), y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas. Además, si se trata de una cabina-horno de pintura, reduce los tiempos de secado.

Una cabina de pintura es un recinto cerrado en el que se introduce el vehículo o pieza a pintar, y por el que circula aire desde el techo de la cabina hacia el suelo de la misma. Esta circulación forzada de aire, vertical y hacia abajo, es la encargada de arrastrar los restos de pulverización aerográfica.

El acabado de la pintura se lo realizará en el interior de la cabina-horno, estando a una temperatura ambiente, según las especificaciones técnicas de la pintura a emplearse. Al momento del secado la cabina-horno deberá tener una temperatura que oscila entre los 35 a 40 °C por un tiempo de 30 a 45 min., dependiendo de las especificaciones técnicas de la pintura aplicada y como se está secando la pintura dentro del horno no existirán impurezas que dañen el acabado de la pintura aplicada. La cabina-horno será diseñada garantizando una temperatura uniforme sin poner en peligro la seguridad de la persona que se encuentre trabajando en el interior, además las partículas y gases generados por la pintura serán sometidos a un tratamiento por medio de filtros de para que el impacto ambiental sea el mínimo posible. Las dimensiones de la cabina-horno serán: 6(m) de largo, 4 (m) de ancho y 3 (m) de alto, dimensiones que permitirán el pintado de automóviles en general. La cabina de infrarrojos es una alternativa interesante desde el punto de vista del aumento de la productividad, es el secado mediante el empleo de equipos de infrarrojos frente al

secado cabina-horno, con el que se consigue una reducción considerable en los tiempos de secado. Estos actúan en forma muy diferente al calentamiento por aire. Se sitúa la pantalla emisora de radiación a cierta distancia de la superficie a secar, y la radiación emitida atraviesa el aire sin elevar la temperatura ambiental. La película de pintura apenas absorbe energía de radiación la atraviesa y llega hasta la chapa del vehículo, que si absorbe la radiación y se calienta. Este calentamiento de la chapa se transmite a la película de pintura, de manera que el secado se realiza de adentro hacia fuera, al contrario de lo que sucede con el sistema cabina-horno. Estos tienen su mayor campo de aplicación en el secado de pinturas de fondo (macillas y aparejos), dejando la cabina-horno exclusivamente para el pintado y secado de las pinturas de acabado. Considerando el tipo de transferencia de calor que se originará en la cabina-horno, que son convección y radiación, el costo de combustible, la temperatura de operación (35°C) y la poca contaminación que produce se ha optado por utilizar como fuente de energía, resistencias eléctricas.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar y construir una cabina-horno para el acabado y secado de pintura aplicada en la carrocería de un automóvil, obteniendo resultados de alta calidad y además cuenta con un control automático adecuado, para el centro mecánico de servicios Navas ingeniería automotriz.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

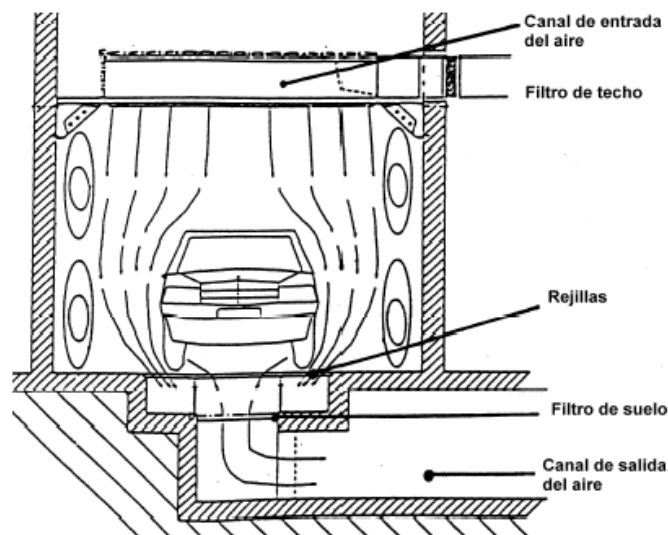
- Garantizar un acabado de calidad en la carrocería del vehículo.
- Reducir los tiempos de secado al trabajar a una temperatura que oscila entre 35 y 40 °C.
- Retener la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's) para no contaminar el medio ambiente.
- Mantener satisfechos a los clientes actuales y atraer nuevos clientes, teniendo como respaldo un servicio de calidad.
- Optimizar recursos y tiempo de la empresa.

# CABINA-HORNO PARA EL SECADO DE PINTURA UTILIZADA EN LAS DIFERENTES CARROCERÍA DE LOS AUTOMÓVILES.

## TIPOS DE CABINA CABINA-HORNO.

Actualmente toda aplicación de pinturas debe llevarse a cabo dentro de una cabina o recinto para pintar. La cabina debería cumplir varios criterios, por ejemplo:

- La cabina debe estar equipada con un extractor de aire que mantenga la cabina bajo presión negativa. Esto mantiene las emanaciones de pintura en el interior de la cabina.
- La cabina debe estar equipada con filtros o mecanismos similares que limiten la liberación de sólidos de pintura al medio ambiente.



**Esquema de cabina de pintura**

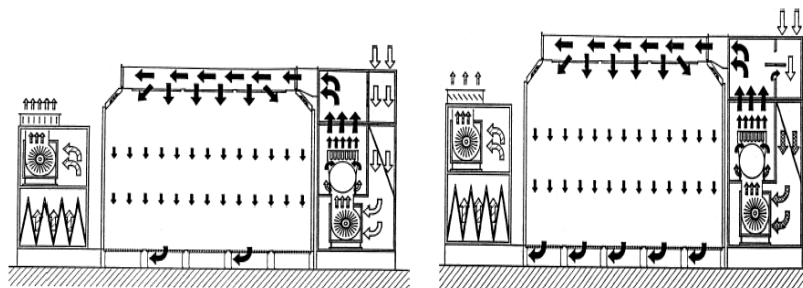
Existen dos métodos para la separación de los restos de pintura arrastrados por la corriente de aire, que puede ser por medio de filtros secos o por medio de una cortina de agua. Para el presente proyecto se ha seleccionado el sistema por medio de filtros secos.

Los sistemas de pintura suelen necesitar calor para provocar la evaporación de los disolventes – incluyendo el agua de la pintura – de la pintura y así asegurar un acabado rápido y de alta calidad.

Una vez aplicada la pintura, se seca la película en una cabina de secado. Las temperaturas de horneado oscilan entre los 30 y 40 °C, como máximo. El secado puede llevarse a cabo en la misma cabina de pintado o en una cabina de secado aparte, lo cual permite procesar más vehículos, por el contrario, requiere de mas espacio y una mayor inversión.

El calor puede aplicarse sin ningún problema en hornos que utilicen como combustible GLP (Gas licuado de petróleo) o diesel, donde el endurecimiento puede tardar hasta 45 min. Probablemente esta sea la mejor manera de endurecer grandes áreas de pintura y repintados completos, como cabinas para pintado de buses o camiones.

Otra alternativa de calentamiento radica en la utilización de resistencias eléctricas, teniendo presente que la temperatura de operación máxima será de 40 °C y la pureza del aire inyectado a la cabina será mayor.



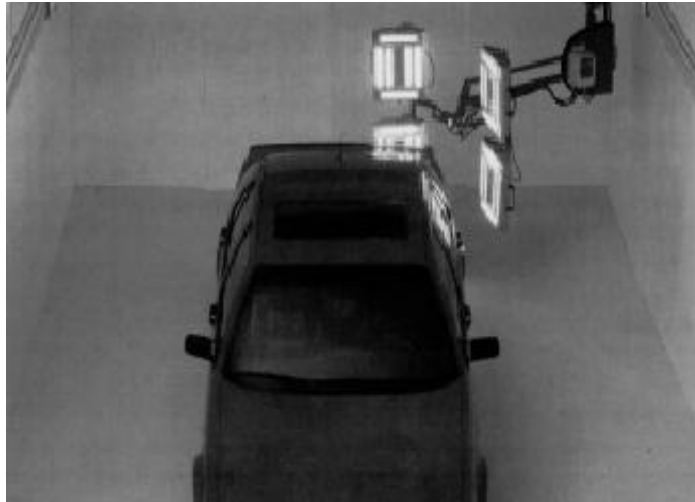
***Cabina en fase de pintado    Cabina en fase de secado***

### **Esquema de cabinas de pintura de tiro vertical**

Existen además túneles de infrarrojos para trabajos grandes, pero éstos pueden tener limitaciones debido a puntos ciegos y sombras.

Una alternativa para endurecer áreas más pequeñas de pintura es el uso de lámparas secadoras de infrarrojos. Los secadores de infrarrojos emiten calor que puede penetrar en las superficies pintadas, introduciéndose en la pintura y acelerando el

proceso de endurecimiento. Los secadores de infrarrojos son los más indicados para reparaciones de pequeños paneles planos, por ejemplo, aletas, puertas y capós.



**Cabina para secado de pintura por infrarrojos.**

#### **DIMENSIONES DEL LARGO, ANCHO, Y ALTO.**

Para lograr el dimensionamiento correcto de la cabina horno se ha tomado como referencia las medidas de los vehículos de mayores dimensiones que ingresarán, los cuales son: el largo de la camioneta Chevrolet Luv doble cabina (4,2 m.) el ancho y alto de la camioneta Chevrolet Cheyene ( 2,1 m. y 2,2 m. respectivamente).

Además se debe tomar en cuenta la distancia mínima desde el soplete hasta la carrocería que es de 17 cm., y un espacio para el libre trabajo del pintor. Tomando en cuenta estos parámetros se ha definido las medidas de la Cabina-horno de la siguiente manera:

Largo: 6 (m); ancho: 4 (m); alto: 3 (m).



## **Fotografías de Chevrolet Cheyene y Luv doble cabina**

Por lo cual el volumen de la cabina será de  $72 \text{ m}^3$ .

### **Resultados obtenidos.**

Luego de realizar los cálculos correspondientes para la cabina - horno, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La potencia requerida para alentar la cabina es de 8857,22 (W).
- Para la fase de pintura se seleccionaron dos ventiladores uno de los cuales funciona como extractor de aire, el ventilador de inyección de aire será de 7600 CFM con una caída de presión de  $0,424 \text{ H}_2\text{O}$ , mientras que el extracto de aire será de 6840 CFM con un caída de presión de  $0,252 \text{ H}_2\text{O}$ .
- El sistema de control del presente proyecto se lo realizó con un microcontrolador Pic 16F877 de la Microchip, el mismo que es el encargado de controlar la temperatura de la cabina – horno.
- El sistema de calentamiento empleado cuenta con un banco de ocho resistencias eléctricas de 1250 (W) cada una, lo cual nos entrega una potencia total de 10000 (W).
- El material aislante empleado en las paredes es la espuma flex.
- Para las paredes interiores de la cabina se instalaron planchas de aglomerado tropical.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

La cabina es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio

ambiental, ya que se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's), y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas. Además, si se trata de una cabina-horno de pintura, reduce los tiempos de secado.

Una cabina de pintura es un recinto cerrado en el que se introduce el vehículo o pieza a pintar, y por el que circula aire desde el techo de la cabina hacia el suelo de la misma. Esta circulación forzada de aire, vertical y hacia abajo, es la encargada de arrastrar los restos de pulverización aerográfica.

El acabado de la pintura se lo realizará en el interior de la cabina-horno, estando a una temperatura ambiente, según las especificaciones técnicas de la pintura a emplearse. Al momento del secado la cabina-horno deberá tener una temperatura que oscila entre los 35 a 40 °C por un tiempo de 30 a 45 min., dependiendo de las especificaciones técnicas de la pintura aplicada y como se está secando la pintura dentro del horno no existirán impurezas que dañen el acabado de la pintura aplicada. La cabina-horno será diseñada garantizando una temperatura uniforme sin poner en peligro la seguridad de la persona que se encuentre trabajando en el interior, además las partículas y gases generados por la pintura serán sometidos a un tratamiento por medio de filtros de para que el impacto ambiental sea el mínimo posible. Las dimensiones de la cabina-horno serán: 6(m) de largo, 4 (m) de ancho y 3 (m) de alto, dimensiones que permitirán el pintado de automóviles en general. La cabina de infrarrojos es una alternativa interesante desde el punto de vista del aumento de la productividad, es el secado mediante el empleo de equipos de infrarrojos frente al secado cabina-horno, con el que se consigue una reducción considerable en los tiempos de secado. Estos actúan en forma muy diferente al calentamiento por aire. Se sitúa la pantalla emisora de radiación a cierta distancia de la superficie a secar, y la radiación emitida atraviesa el aire sin elevar la temperatura ambiental. La película de pintura apenas absorbe energía de radiación la atraviesa y llega hasta la chapa del vehículo, que si absorbe la radiación y se calienta. Este calentamiento de la chapa se transmite a la película de pintura, de manera que el secado se realiza de adentro hacia fuera, al contrario de lo que sucede con el sistema cabina-horno. Estos tienen su mayor campo de aplicación en el secado de pinturas de fondo (macillas y aparejos), dejando la cabina-horno exclusivamente para el pintado y secado de las



pinturas de acabado. Considerando el tipo de transferencia de calor que se originará en la cabina-horno, que son convección y radiación, el costo de combustible, la temperatura de operación (35°C) y la poca contaminación que produce se ha optado por utilizar como fuente de energía, resistencias eléctricas.

## **1.5 OBJETIVOS.**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar y construir una cabina-horno para el acabado y secado de pintura aplicada en la carrocería de un automóvil, obteniendo resultados de alta calidad y además cuenta con un control automático adecuado, para el centro mecánico de servicios Navas ingeniería automotriz.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Garantizar un acabado de calidad en la carrocería del vehículo.
- Reducir los tiempos de secado al trabajar a una temperatura que oscila entre 35 y 40 °C.
- Retener la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's) para no contaminar el medio ambiente.
- Mantener satisfechos a los clientes actuales y atraer nuevos clientes, teniendo como respaldo un servicio de calidad.
- Optimizar recursos y tiempo de la empresa.

## **1.6 MARCO TEÓRICO.**

### **1.6.1 CABINA – HORNO.**

El término cabina – horno, tal como se aplica en el presente proyecto, describe al sistema que imparte calor a la carga para elevar la temperatura de éste, sin que se presente ninguna reacción química o cambio de estado, tal como fusión o

vaporización, tal cabina – horno puede también denominarse “horno de calentamiento”.

## **1.6.2 TRANSFERENCIA DE CALOR.**

La Transferencia de calor, en física, es conocida como el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se transmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del Sol casi exclusivamente por radiación.

### **1.6.2.1 Conducción Térmica.**

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura. Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor. En 1822, el matemático francés Joseph Fourier dio una expresión matemática precisa que hoy se conoce como ley de Fourier de la conducción del calor. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado).

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen

conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes.



**FIGURA 1.1 Conducción térmica.**

En ingeniería resulta necesario conocer la velocidad de conducción del calor a través de un sólido en el que existe una diferencia de temperatura conocida. Para averiguarlo se requieren técnicas matemáticas muy complejas, sobre todo si el proceso varía con el tiempo; en este caso, se habla de conducción térmica transitoria. Con la ayuda de ordenadores (computadoras) analógicos y digitales, estos problemas pueden resolverse en la actualidad incluso para cuerpos de geometría complicada.

Los gradientes de temperatura en las superficies de contacto son inversamente proporcionales a las conductividades de los materiales de contacto. La cantidad de calor transmitido en la unidad de tiempo depende no solamente de las temperaturas de los cuerpos, sino también de la difusibilidad térmica y de la forma de los cuerpos.

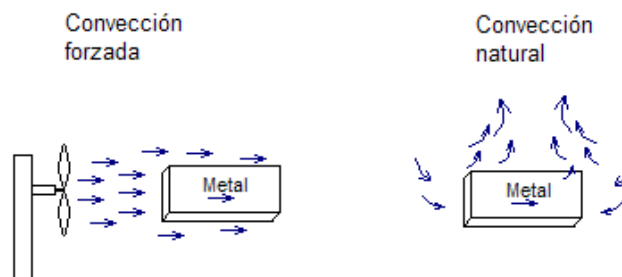
### **1.6.2.2 Convección Térmica.**

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o gas adyacente que está en movimiento, e implica los efectos combinados de la conducción y del movimiento de un fluido. Cuanto mayor es el movimiento de un fluido, tanto mayor es la transferencia de calor por convección. Ante la ausencia de cualquier movimiento del fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente se da mediante conducción pura. La presencia de movimiento en

el fluido incrementa la transferencia térmica entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las tasas de transferencia de calor.

Sabemos muy bien que una placa de metal caliente se enfría con mayor rapidez cuando se le coloca frente a un ventilador, que cuando se la expone a un aire en reposo. Decimos que el calor se disipó por convección y llamamos al proceso transferencia de calor por convección.

Si se expusiera una placa caliente al aire ambiente de una habitación sin una fuente externa, se experimentaría un movimiento del aire como resultado de los gradientes de densidad cerca de la placa.



**FIGURA 1.2 Convección térmica**

A esto le llamamos convección natural o libre, en oposición a la convección forzada, que ocurre en el caso en que el ventilador sopla aire sobre la placa.

### 1.6.2.3 Radiación Térmica.

La radiación es la energía emitida por la materia mediante ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas.

A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de energía por radiación no requiere la presencia de un medio entre el sistema y sus alrededores. En



efecto la transferencia de energía por radiación es mas rápida ( a la velocidad de la luz ) y no sufre atenuación en el vacío. Ésta es exactamente la manera en que la energía del sol llega a la tierra.

### **FIGURA 1.3 Radiación térmica**

Es un hecho corriente que los cuerpos sólidos calientes irradian calor. Incluso irradian algo de calor a temperaturas bajas. El calor transmitido por radiación de un cuerpo sólido caliente a un sólido mas frío es igual a la diferencia entre el calor radiado del cuerpo caliente al cuerpo mas frío y el calor radiado desde el cuerpo más frío al caliente.

#### **1.6.3 FUENTES DE ENERGÍA CALORÍFICA.**

Las definiciones de fuentes de energía usualmente suelen ser equivocadas, haciendo suponer que el “mejor” sistema o fuente de calentamiento es aquel que provee mayor cantidad de energía calorífica. Esto no es así, el sistema mas adecuado, es aquel que abastece de la cantidad de energía requerida para alcanzar la temperatura de operación al menor costo y de manera mas eficiente. En el caso particular de las cabinas para repintado de automóviles será de 35 °C.

#### **1.3.4 CONTROL DE LA ATMÓSFERA DEL HORNO.**

Por razones de diseño debe evitarse el ingreso no controlado de aire frío al interior del horno de calentamiento de metales. Para esto se mantiene un ligero exceso de presión en los hornos a través de los cuales circulan productos de la combustión y también en los hornos llenos de una atmósfera protectora.

A la temperatura del horno, el oxígeno ataca a los metales comunes y forma óxido o cascarilla. El monóxido de carbono y el hidrógeno reducen los óxidos del metal.

De acuerdo con esto los términos *atmósfera oxidante* y *atmósfera reductora*, (refiriéndose ambos los productos de la combustión) se crearon y se adoptaron hace años. Entre estas dos atmósferas existe una intermedia que se supone es una atmósfera neutral.

### **1.3.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.**

Los talleres de pintura generan en el desarrollo de su actividad una serie de residuos que por sus constituyentes y características pueden estar clasificados como “residuos peligrosos”, estos residuos pueden ser muy perjudiciales para la salud humana y del medio ambiente, por lo cual la cabina de pintura deberá contar con un sistema de filtros que logra recolectar todas las partículas producto de la pulverización de la pintura.

### **1.3.6 MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

Las lesiones que se producen los operarios de los hornos tienen diferentes causas. Entre estas las mas importantes son:

- a) explosiones y llamas.
- b) descargas eléctricas.
- c) envenenamiento.
- d) caída o deslizamiento de pesos.

Otras causas no tan importantes son el agarrar o caminar sobre objetos calientes, que parecen fríos, el mirar durante mucho tiempo el interior de los hornos calientes brillantes y el agotamiento por el calor.

Las explosiones se pueden producir en los hornos con calefacción directa y en los provistos de atmósferas protectoras y combustibles. Las explosiones son mas frecuentes en los hornos con calefacción gas que en los que tienen calefacción a base de fuel. También pueden producirse las explosiones durante el funcionamiento aparentemente estable si se regulan los quemadores con una falta considerable de aire y si éste penetra en el horno por la falta de hermeticidad o por otras causas.

## **CAPÍTULO II**

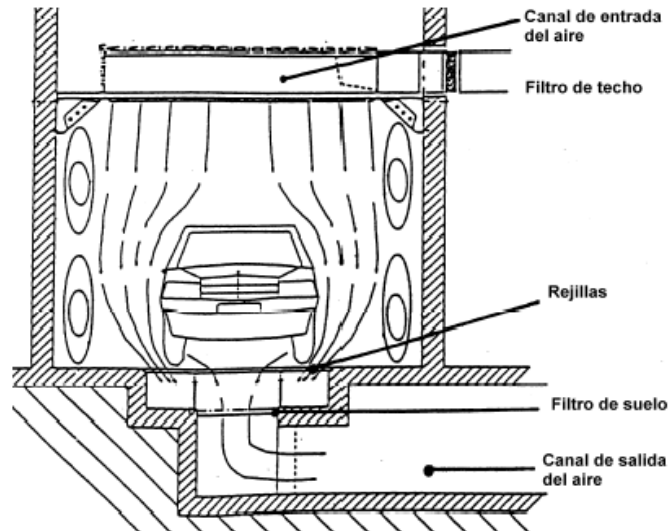
### **CABINA-HORNO PARA EL SECADO DE PINTURA UTILIZADA EN LAS DIFERENTES CARROCERÍA DE LOS AUTOMÓVILES.**

#### **2.4 CABINA-HORNO.**

##### **2.4.1 TIPOS.**

Actualmente toda aplicación de pinturas debe llevarse a cabo dentro de una cabina o recinto para pintar. La cabina debería cumplir varios criterios, por ejemplo:

- La cabina debe estar equipada con un extractor de aire que mantenga la cabina bajo presión negativa. Esto mantiene las emanaciones de pintura en el interior de la cabina.
- La cabina debe estar equipada con filtros o mecanismos similares que limiten la liberación de sólidos de pintura al medio ambiente.



**Figura 2.1 Esquema de cabina de pintura**

Existen dos métodos para la separación de los restos de pintura arrastrados por la corriente de aire, que puede ser por medio de filtros secos o por medio de una cortina de agua. Para el presente proyecto se ha seleccionado el sistema por medio de filtros secos.

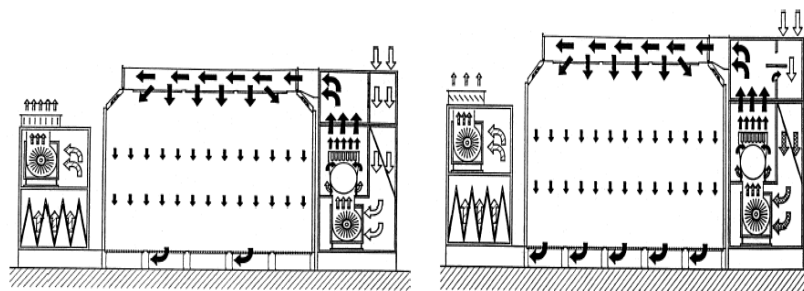
Los sistemas de pintura suelen necesitar calor para provocar la evaporación de los disolventes – incluyendo el agua de la pintura – de la pintura y así asegurar un acabado rápido y de alta calidad.

Una vez aplicada la pintura, se seca la película en una cabina de secado. Las temperaturas de horneado oscilan entre los 30 y 40 °C, como máximo. El secado puede llevarse a cabo en la misma cabina de pintado o en una cabina de secado aparte, lo cual permite procesar más vehículos, por el contrario, requiere de mas espacio y una mayor inversión.



El calor puede aplicarse sin ningún problema en hornos que utilicen como combustible GLP (Gas licuado de petróleo) o diesel, donde el endurecimiento puede tardar hasta 45 min. Probablemente esta sea la mejor manera de endurecer grandes áreas de pintura y repintados completos, como cabinas para pintado de buses o camiones.

Otra alternativa de calentamiento radica en la utilización de resistencias eléctricas, teniendo presente que la temperatura de operación máxima será de 40 °C y la pureza del aire inyectado a la cabina será mayor.

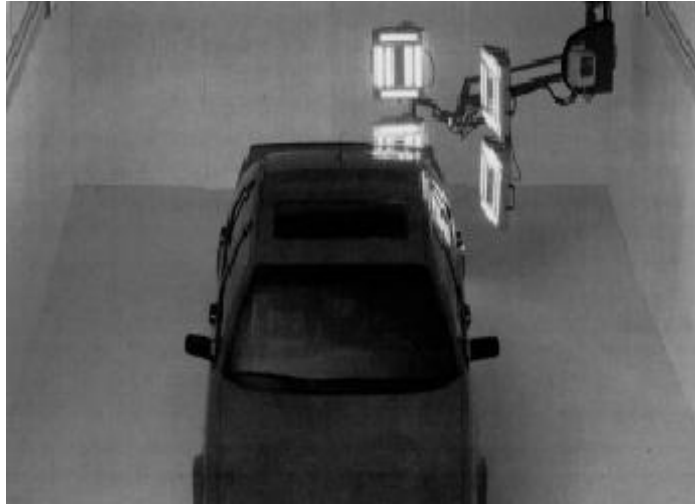


***Cabina en fase de pintado    Cabina en fase de secado***

**Figura 2.2 Esquema de cabinas de pintura de tiro vertical**

Existen además túneles de infrarrojos para trabajos grandes, pero éstos pueden tener limitaciones debido a puntos ciegos y sombras.

Una alternativa para endurecer áreas más pequeñas de pintura es el uso de lámparas secadoras de infrarrojos. Los secadores de infrarrojos emiten calor que puede penetrar en las superficies pintadas, introduciéndose en la pintura y acelerando el proceso de endurecimiento. Los secadores de infrarrojos son los más indicados para reparaciones de pequeños paneles planos, por ejemplo, aletas, puertas y capós.



**Figura 2.3** Cabina para secado de pintura por infrarrojos.

#### **2.4.2 DIMENSIONES DEL LARGO, ANCHO, Y ALTO.**

Para lograr el dimensionamiento correcto de la cabina horno se ha tomado como referencia las medidas de los vehículos de mayores dimensiones que ingresarán, los cuales son: el largo de la camioneta Chevrolet Luv doble cabina (4,2 m.) el ancho y alto de la camioneta Chevrolet Cheyene ( 2,1 m. y 2,2 m. respectivamente).

Además se debe tomar en cuenta la distancia mínima desde el soplete hasta la carrocería que es de 17 cm., y un espacio para el libre trabajo del pintor. Tomando en cuenta estos parámetros se ha definido las medidas de la Cabina-horno de la siguiente manera:

Largo: 6 (m); ancho: 4 (m); alto: 3 (m).



**Figura 2.4** Fotografías de Chevrolet Cheyene y Luv doble cabina

### **2.4.3 VOLÚMEN.**

El volumen del horno será de 72 m<sup>3</sup>.

### **2.4.4 MATERIALES.**

- Los materiales que se utilizarán en la construcción del horno será bloque de concreto con núcleos llenos de 20 (cm) de espesor, emplasto de cemento con arena.
- El aislamiento a utilizarse será espuma flex.
- En el interior de la cabina se empleará planchas de madera (aglomerado tropical).

## **2.5 PINTURA.**

Las peculiaridades del pintado en reparación limitan el número de materiales de pintado que se pueden emplear en los talleres de carrocería. Así, cuando las pinturas en polvo que en aplicaciones industriales presentan las ventajas de que no contienen disolventes y permiten eficacias de aplicación incluso superiores al 95%, no pueden ser empleadas en el pintado de reparaciones por que los vehículos ya montados poseen piezas (plásticos, tapicerías, grupos electrónicos) que no resisten la temperatura de polimerizado que exigen este tipo de pinturas. Adicionalmente, y aunque se están experimentando grandes avances en este campo las pinturas en polvo también tienen limitada su utilización en la reparación de carrocerías debido al limitado número de tonalidades disponible y a su baja versatilidad para realizar cambios de color.

Las pinturas que se emplean en los talleres de carrocerías son pinturas líquidas que se componen fundamentalmente de una resina polimérica como aglutinante y de una mezcla de disolventes. A ello hay que añadir pigmentos, plastificantes, agentes reticulantes, agentes conservantes y otros aditivos con funciones específicas. Durante la formación de la película reaccionan las partes activas de las cadenas de resinas de la pintura.

Atendiendo al tipo de endurecimiento que tiene lugar durante la polimerización o secado de cada pintura, que es lo que se denomina proceso de formación de la película, se puede diferenciar entre pinturas de un componente (1K) y de dos componentes (2K).

Las pinturas de tipo 1K contienen en un componente todos los ingredientes necesarios para la formación de la película.. Los ingredientes de la pintura se hallan disueltos en disolventes orgánicos. En las pinturas de 1K se forma la película por secado físico, es decir, por evaporación de los disolventes. Este tipo de pinturas tienen la desventaja de ofrecer una resistencia mecánica y química menor a la de las pinturas de 2K.



**Figura 2.5 Diferente tipos de pintura.**

Debido a las desventajas de las pinturas de 1K con disolventes y de secado físico, han acabado por imponerse en el pintado de reparación las pinturas 2K y especialmente las pinturas de acrippoliuretano y de poliéster de 2K. Este tipo de pinturas lo integran dos componentes, la resina y un endurecedor.

Estos dos ingredientes se mezclan directamente antes de su uso. La resina de los sistemas de 2K de poliuretano-acrilato contiene un poliácilato con grupos hidroxilos, así como disolventes orgánicos (como el éster). El endurecedor contiene un poliisocianato. Al mezclarse la resina con el endurecedor, reaccionan los grupos hidroxilos de la resina acrílica con el grupo de isocianatos del endurecedor formando poliuretano.

La capa de pintura tarda de 4 a 5 horas en endurecer a temperatura ambiente. Aumentando la temperatura o agregando agentes aceleradores puede disminuir el tiempo de secado.

### **2.5.1 CARACTERÍSTICAS.**

Para llevar a cabo el proceso de pintura, los talleres especializados cuentan con modernos sistemas de mezcla de pintura, los cuales permiten preparar e igualar colores con un grado de aproximación del 90 por ciento al original.

El técnico calcula el diez por ciento restante de acuerdo con la edad del vehículo y con la degradación que causan los rayos ultravioleta y otros agentes externos.

Así mismo realiza pruebas en probetas y tiene en cuenta la viscosidad de la pintura, la presión de aire, la temperatura ambiente y la humedad, para lograr la igualación del color.

### **2.5.2 PROPIEDADES.**

Densidad: 0.9 Kgr/l. a 20°C.

Punto de inflamación: < 21°C (DIN 51755)

### **2.5.3 VENTAJAS.**

- Una de las ventajas de la utilización de esta pintura es el buen acabado que tiene al ser aplicado en la carrocería.
- La rapidez de secado.
- La variedad de colores que se pueden obtener de este tipo de pintura, ya que en comparación con la pintura en polvo solo podemos obtener colores determinados en el mercado.

## **2.6 PROCESO DE PINTADO.**

### **2.6.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.**

Las deformaciones se deben eliminar lentamente, avanzando desde lo más deformado hacia las partes con pequeñas averías, así se evitan variaciones del calibre y del temple de la lámina. La cantidad de golpes que se debe dar para devolver la forma original a la superficie deformada depende del calibre metal y del grado y tamaño del defecto. Se debe controlar la fuerza de los impactos con movimientos del cuerpo, los dedos o la muñeca. La fuerza depende también del peso de las herramientas con las cuales se realiza la reparación y, por supuesto del tamaño de la superficie de contacto entre las planchas metálicas usadas como guías y la lámina que se está enderezando. Golpear bien el metal es un trabajo muy importante que exige conocimiento, habilidad y herramientas apropiadas. La superficie debe quedar uniforme, es decir, sin hundimientos ni protuberancias.

Si el trabajo realizado es defectuoso, será preciso utilizar más masilla de lo normal, lo cual influirá en los tiempos de secado causando retrasos en el trabajo y defectos posteriores como cuarteo y rechupe. Cuando sea necesario soldar, las partes deben quedar completamente unidas, Se debe eliminar todo exceso de soldadura y pulir bien la unión. Los cordones de soldadura abolladuras y partes muy difíciles de resanar con herramientas se recuperan empleando masilla poliéster. Estas masillas se aplican directamente sobre el metal sin base, limpio, seco y sin oxido, dejando secar los resanes los tiempos especificados para el producto utilizado.

### **2.6.2 MASILLAS.**

Son productos de buen poder de relleno, para corregir pequeños defectos, grietas e imperfecciones poco profundas, de superficies metálicas y fibra de vidrio, en el proceso de repintado de vehículos, las masillas se caracterizan por:

- Buen poder de relleno.
- Facilidad de aplicación.
- Rápido secamiento.
- Fácil de lijar.
- Resistente al cuarteamiento.
- Buena adherencia.
- Alta durabilidad

Para conseguir el repintado que exige el dueño del vehículo, es necesario que cada uno de los productos utilizados sea de excelente calidad y se aplique correctamente.

### **2.6.3 APLICACIÓN DE BASES (FONDOS).**

Las bases sirven para promover y mejorar la adherencia de las pinturas de acabado, proteger los metales contra la corrosión y obtener excelente acabado y su selección debe estar acorde con el sistema a utilizar.

Las bases se aplican sobre:

- Lámina de acero libre de óxido y contaminantes.
- Láminas de aluminio, hojalata, galvanizados en frío y antimonio previamente acondicionadas.
- Láminas metálicas resanadas con masilla poliéster (lijada)
- Láminas metálicas resanadas con masilla corriente (lijada)
- Fibras de vidrio o plástico con resanes o sin ellos.
- Pinturas antiguas en buen estado que sean compatibles con la base que se va aplicar, lijadas previamente.

No se debe aplicar directamente la base a superficies que se tienen que resanar con masilla poliéster.

Posteriormente, el técnico aplica el transparente o barniz que permite proteger y dar el brillo final, sin necesidad de pulir o relijar –igual que en la ensambladora. Y luego se pasa a la zona de armado y control de calidad, para lavarlo y entregarlo a plena satisfacción del cliente.

Por su parte, las cabinas cuentan con graduación de temperatura para secado, lo que permite un endurecimiento mucho más rápido de la película de pintura, y por supuesto, la entrega del carro a su propietario en menos tiempo del que normalmente se utilizaría.

Para llevar a cabo el proceso de pintura, los talleres especializados cuentan con modernos sistemas de mezcla de pintura, los cuales permiten preparar e igualar colores con un grado de aproximación del 90 por ciento al original.

### **2.6.4 PASTAS PULIDORAS.**

Se utilizan para pulir, desmanchar, brillar y eliminar pequeñas imperfecciones en los acabados, como grumos, rayas superficiales y fogueos en lacas y esmaltes horneables.

Las Pastas Pulidoras son:

- Uniformes y sin grumos.
- Fáciles para aplicar.
- Pulen y desmanchan sin rayar.
- No desgastan excesivamente la pintura.
- Los residuos se retiran con facilidad.

### **2.6.5 ENCERADO.**

Esta operación completa, realza y da protección al repinte. Con la cera el acabado queda restaurado, se destaca más el brillo y se forma una capa aislante que impide el rayado y el ataque directo de la luz, la humedad y los contaminantes del ambiente, prolongando la vida de la pintura. El encerramiento puede ser manual o con máquina y para hacerlo se requiere:

- Una cera sin grumos, de aplicación suave, que destaque el brillo de la pintura y que sea durable.
- El vehículo debe estar a la sombra, limpio, seco, desmanchado y pulido.
- La cera se extiende suavemente y en forma pareja, con una tela blanca y limpia, humedecida en agua. Así se evita que la cera se pegue a la tela.
- La aplicación se va haciendo por zonas pequeñas cada vez.
- Después de aplicada la cera, se frota con una tela blanca, limpia y seca para obtener el máximo brillo.

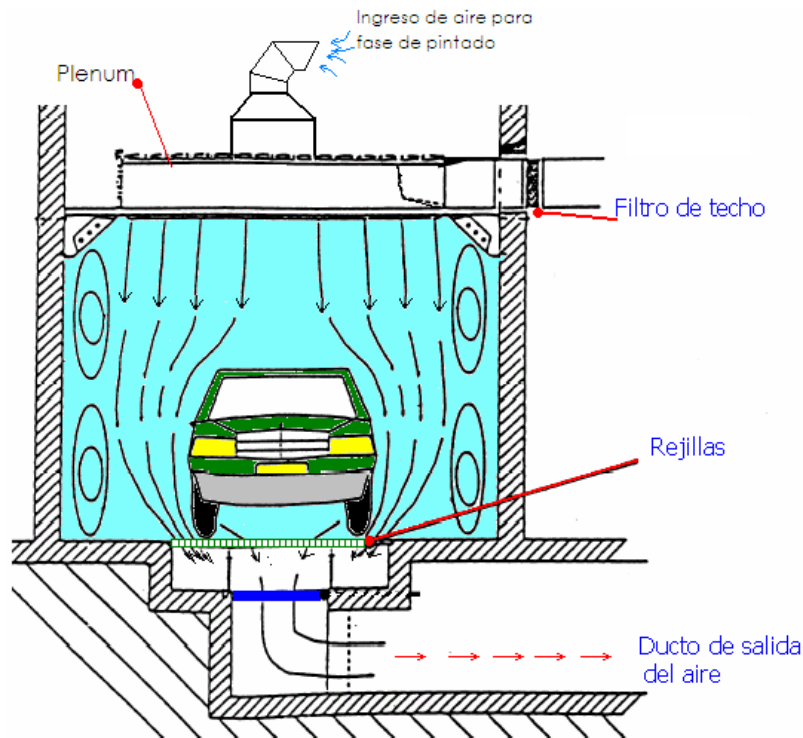
## **CAPITULO III**

### **DISEÑO CABINA-HORNO.**

### **3.3 INTRODUCCIÓN.**



La cabina-horno para el repintado de vehículos es una instalación en la cual se produce un ambiente idóneo para el pintado del automóvil de tal manera que en la actualidad no se conciben este tipo de operaciones en otros recintos.



**Figura 3.1 Partes de una cabina para pintado de tiro vertical.**

Varios factores son los que hacen indispensable su instalación en talleres: por un lado permiten la pulverización y ventilación necesarias para efectuar las operaciones de pintado, y por otro garantizan las condiciones más óptimas para la protección física del pintor, al evitar la producción de una atmósfera peligrosa.

Una cabina de pintado es un recinto cerrado por el cual circula aire debidamente filtrado de polvo y demás impurezas, este aire realiza un recorrido vertical descendente. Posteriormente para la fase de secado se eleva la temperatura de la cabina a una temperatura entre 35 y 40 °C.

El aire captado del exterior, se calienta para poder ingresar a la cabina, este aire circula alrededor del vehículo a pintar generando una ligera sobrepresión que arrastra hacia abajo la niebla de pulverización y evita la entrada de partículas de polvo del exterior.

Este proceso permite un mejor curado o adherencia de la pintura al metal, ya que el extractor de aire aspira los elementos contaminantes que flotan en el ambiente. Además se logra eliminar los globos que se forman en la superficie comúnmente conocidos como “ojos de pescado” debido a la humedad que puede generarse a la intemperie.

### **3.4 DISEÑO TÉRMICO.**

La carga se presentará por la cantidad de masa (según el tamaño del automóvil) que se requiere pintar en un ciclo de operación de la cabina-horno.

#### **3.4.1 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.**

##### **3.4.1.1 Coeficientes de transferencia de calor.**

###### **Coeficiente de convección interno ( $h_i$ ).**

Para el cálculo del coeficiente de convección interno consideraremos el análisis para un flujo de calor constante, en el cual las propiedades del fluido son constantes a través del flujo. Cuando hay una variación apreciable entre las condiciones de pared y de corriente libre, se recomienda que las propiedades del fluido se evalúen a la llamada temperatura de película ( $T_f$ ), definida como la media aritmética entre la temperatura de pared y la de corriente libre:

$$T_f = \frac{T_w + T_e}{2} \quad \text{Ec.3.1}$$

Donde:

$T_e$  = Temperatura exterior = 283,00 (K)

$T_w$  = Temperatura de pared inicial = 333,00 (K)

$T_f$  = Temperatura de película = 308,00 (K)

$$T_f = \frac{333 + 283}{2} = 308 \text{ K}$$

A ésta temperatura de película obtenemos las propiedades del aire de tablas:

**Tabla 3.1. Propiedades del aire evaluadas a Tf = 308 K**

T	$\rho$	Cp	m	v	k	$\alpha$	Pr
K	kg/m <sup>3</sup>	KJ/kg.K	kg/m.s	m <sup>2</sup> /s	W/m.K	m <sup>2</sup> /s x 10 <sup>-4</sup>	
308,00	1,14870	1,0062	1,998E-05	1,747E-05	0,02685	0,233872	0,706

Se calcula el número de Reynolds:

Debemos considerar que la velocidad máxima dentro de la cabina será de 0.20 (m/s), (recomendación técnica de fabricantes de cabinas) ya que a velocidades mayores la pintura se desprendería.

Número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{u * Dh}{v} \quad \text{Ec.3.2}$$

De donde:

u = Velocidad máxima de pintado = 0,20 (m/s)

Dh = Diámetro equivalente = 1,35 (m)

Re = 1,55E+04  $\Rightarrow$  Régimen Turbulento

$$Dh = 3 * \frac{4 * Ad}{p} \quad \text{Ec.3.3}$$

De donde:

Ad = Área ducto = 0,20 (m<sup>2</sup>)

P = Perímetro ducto = 1,80 (m)

$$Ad = Ldx * Ldy \quad \text{Ec.3.4}$$

$$p = 2 * (Ldx + Ldy) \quad \text{Ec. 3.5}$$

De donde:

Ldx = Longitud ducto x = 0,45 (m)

Ldy = Longitud ducto y = 0,45 (m)

Nud = Número de Nusselt = 42,33

$$Nud = \frac{\frac{f}{8} * Re * Pr}{1,07 + 12,7 * \left( \left( \frac{f}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \right) * \left( \left( Pr^{\frac{2}{3}} \right)^{-1} \right)} \quad \begin{array}{l} Si \ 0,5 \leq Pr \leq 200 \\ Si \ 1E4 \leq Re \leq 5E6 \end{array} \quad Ec. 3.6$$

De donde:

F = Factor de fricción = 0,028340

$$f = 0,316 * Re^{-\frac{1}{4}} \quad Si \ Re \leq 2E4 \quad Ec. 3.7$$

$$hi = \frac{Nud * k}{Dh} \quad Ec.3.8$$

Coefficiente de convección interno (hi) = 0,842 (W/m<sup>2</sup>.K)

### **Coefficiente de convección externo (he).**

Para determinar el coeficiente de convección externo se considerará el principio de convección natural, el cual es resultado del movimiento del fluido debido a cambios de densidad que provienen del proceso de calentamiento. El movimiento del fluido en convección libre, ya se trate de un gas o un líquido, es el resultado de las fuerzas de flotación impuestas sobre el fluido cuando su densidad cerca de la superficie de transferencia de calor disminuye debido al proceso de calentamiento.

Para el cálculo del coeficiente de convección externo (he) y para obtener el calor total que se pierde en la pared lateral, piso, techo, pared posterior y puerta, se procederá con el procedimiento descrito en el anexo A.

#### **3.2.1.2 Balance energético.**

$$Qp = Qg$$

$$Q = m.Cp.\Delta t$$

El cálculo de calores y el calor transferido a la carga se observa en el Anexo B.

### 3.2.1.3 Consumo total de calor.

A continuación podemos observar una tabla resumen del calor consumido.

**Tabla 3.2. Calor consumido.**

<b>Componente</b>	<b>Calor consumido (W)</b>
Aire	89,624
Auto	6779,777
Cabina	1987,822
Total =	8857,223

Los cálculos de los calores consumidos por el aire y el auto se adjuntan en el Anexo B. Los cálculos del calor total consumido por la cabina se adjuntan en el anexo A.

### 3.4.1.2 Aislante térmico.

El material se selecciona de los proveedores locales de acuerdo a la temperatura de operación, capacidad aislante y precio.

El aislamiento debe ser de baja densidad y buena consistencia, a fin de garantizar un aglutinamiento uniforme que evite el deslizamiento o deformación cuando éste se encuentre instalado. Otro factor importante a ser tomado en cuenta deberá ser su coeficiente de conductividad térmica, ésta deberá ser pequeña para reducir las pérdidas de calor y conservar la energía, reduciéndose de ésta manera los costos de operación.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y según lo investigado dentro del mercado local las principales opciones son: La lana de vidrio, poliuretano y la espuma-flex, cuyas características se detallan a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 3.3. Propiedades del material aislante seleccionado.**

Temperatura máxima de operación	45 °C
Presentación	Planchas
Espesor	1 plg
Conductividad térmica.	0,026 (W/m.K)

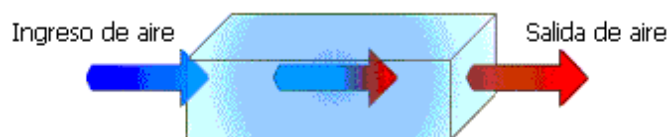


**Figura 3.2 Instalación de aislante**

### **3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.**

La ventilación puede definirse como la técnica de sustituir el aire ambiente interior que existe en un recinto, el cual se considera indeseable por falta de temperatura adecuada, pureza o humedad, o por cuestiones de diseño, por otro que aporta una mejora.

Esto es logrado mediante un sistema de ingestión de aire y otro de extracción, provocando a su paso un barrido o flujo de aire constante, el cual barrerá con todas las partículas contaminadas o no deseadas que encuentre.



**Figura 3.3 Representación esquemática de un sistema de ventilación**

No es lo mismo una oficina moderna espaciosa, con bajo índice de ocupación, que una cafetería, una sala de fiestas, un taller de confección o de pintura.

La razón de ventilar la cabina – horno es el de proporcionar un ambiente higiénico y controlado, para los fines deseados, principalmente el arrastre de pequeñas partículas que quedan en el ambiente durante y luego del proceso de pintura.

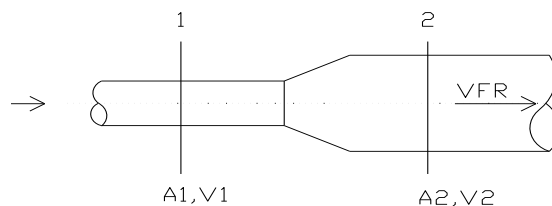
El tipo de ventilación a utilizarse en el presente proyecto es el de ventilación por sobre presión, el mismo que se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobre presión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello. A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro proveniente del exterior.

### 3.3.1 DISEÑO DE DUCTOS - LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.

El paso de aire a través de ductos en sistemas de calefacción y ventilación, en general se efectúan en condiciones llamadas flujo estacionario o flujo permanente. Flujo estacionario quiere decir que el flujo del fluido en cualquier punto de una sección de ducto es igual al que hay en cualquier otro punto en el mismo ducto, independientemente de la forma o sección transversal del mismo. Esto es, pasa la misma cantidad de fluido a través de cada sección del ducto en un momento dado.

No se deberá confundir la idea de cantidad de flujo estacionario, con la de velocidad a la cual fluye el fluido.

En flujo estacionario, el fluido fluye más rápidamente al pasar por secciones menores de ductos.



**Figura 3.4. Ecuación de continuidad para flujo estacionario de aire a través de un ducto:  $VFR = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = \text{constante}$**

El flujo estacionario es un caso especial de un principio general que se llama el principio de conservación de la masa, o también el principio de continuidad.

Este principio se puede expresar en forma de ecuación, a la cual se le llama ecuación de continuidad:

**$VFR = constante = A1 \times V1 = A2 \times V2$**  de donde:

VFR = flujo volumétrico del fluido

A1,A2=Área de la sección transversal del ducto en los puntos 1 y 2.

V1,V2 = Velocidad del fluido en 2 puntos cualquiera 1y2

Para el diseño del presente proyecto el ingreso de aire al plenum se lo realiza directamente desde el techo de la cabina, pasando primeramente por un prefiltro metálico.

Para el caso de la fase de secado (etapa de calentamiento), se utilizará un ducto para la reinyección de aire a la cabina-horno, por lo cual se determinará el flujo y la cantidad de pérdidas por fricción que se presentarían a medida que el aire fluya a través de 18 (ft) de ducto circular que tenga un diámetro de 14(in).

### **3.3.2 PÉRDIDAS DE PRESIÓN POR FRICCIÓN EN DUCTOS.**

Se debe calcular las pérdidas de presión en ductos para determinar la capacidad de los ventiladores, verificar el funcionamiento del sistema y balancear las cantidades de aire. Se define a la pérdida total de presión del sistema como la pérdida de presión total a través del trayecto del ducto que tiene las mayores pérdidas de presión.

La pérdida de presión debido a la fricción en ductos rectos y redondos aparece en gráficas, las mismas que son adecuadas para ductos limpios de acero galvanizado con unos 40 empalmes o uniones por cada 100 ft, y con aire en condiciones normales. Se puede usar para el rango general de temperaturas que se presentan en la calefacción y ventilación.

Para calcular la pérdida por fricción en los ductos se debe primero utilizar el nomograma correspondiente a perdidas por fricción en ductos (ANEXO C), esta gráfica muestra los diámetros de ducto redondo equivalente.

Un ducto rectangular con la misma pérdida por fricción tendrá una mayor área que un ducto redondo. Esto se debe a su forma rectangular, que tiene una mayor relación de superficie de ducto con área transversal, por lo que causa mayor fricción. Este problema empeora a medida que aumenta la relación de aspecto. Esta es la relación de las dimensiones de los dos lados adyacentes de un ducto rectangular.



### 3.3.3 PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN CONEXIONES DE DUCTOS.

Las pérdidas de presión en conexiones de ductos, que resultan de cambios de dirección, se pueden expresar según el método de coeficiente de pérdidas. La base de éste método para determinar los tamaños de los ductos, es el reducir velocidades en cada sección del ducto de modo que el aumento resultante de presión estática sea el suficiente para compensar las pérdidas por fricción en la siguiente sección. Por lo tanto, la presión estática es la misma en cada unión del cabezal principal.

Para nuestros fines de diseño emplearemos el método de *igual fricción*, a base de éste método de dimensionamiento de ductos es que selecciona un valor para la pérdida de presión por fricción, por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones, de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el ducto cabezal que sale del ventilador, para evitar demasiado ruido.

### 3.3.4 PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN LA ENTRADA Y SALIDA DE VENTILADORES.

Se tendrán pérdidas de presión en la entrada o succión, y en la salida o descarga, de un ventilador, y el valor de cada una de ellas depende de la forma de conexión entre el ventilador y el ducto. A esto se le llama *efecto del sistema*.

### 3.3.5 CÁLCULOS DE DISEÑO.

#### Datos de diseño.

Renovaciones de aire en la cabina

$N=180$  (cambios /hora)

*Recomendación Soler & Palau<sup>1</sup>*

Volumen interno de la cámara ( $V$ ) = 72 ( $m^3$ ).

Velocidad del aire dentro de la cabina ( $V_c$ )

$V_c = 0,25$  (m/s)

*Recomendación de fabricantes<sup>2</sup>*

Velocidad del aire en el ducto ( $V_d$ )

$V_d = 8,1$  (m/s)  $\approx$  1800(ft/min)

*Recomendación de fabricantes<sup>3</sup>*

#### Caudal del aire al ingreso de la cabina ( $Q_{ad}$ ).

$Q_{ad} = N \cdot V = 457678,081$  ( $m^3$ /hora)

Ecu. 3.9

**$Q_{ad} = 7.628$  (CFM)**

#### Caudal del aire a la salida de la cabina ( $Q_{sal}$ ).

Para el caudal de descarga se tomará el 90% del caudal de inyección o de ingreso, por recomendación de fabricantes.

**$Q_{sal} = 6865,17$  (CFM)**

#### Cálculo de diámetro de ducto.

$A_{dp} = \frac{Q}{V_d}$  de donde :

Ec. 3.10

$A_{dp}$  = Area del ducto principal.

$Q$  = Caudal de aire en el ducto

$V_d$  = Velocidad del aire en el ducto

---

<sup>1,2,3</sup> Número de renovaciones por hora, Velocidad del aire dentro de la cabina, Velocidad del aire en ductos., Solar & Palau sistemas de ventilación.

$$A_{dp} = \frac{Q}{V_d} = \frac{7628(\text{CFM})}{1800(\text{ft}/\text{min})} = 4,24 \text{ (ft}^2\text{)} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Diametro del ducto principal ( $D_d$ )

$$Dd = \sqrt{\frac{4Ad}{\pi}} \quad \text{Ec. 3.12}$$

de donde :

$Dd$  = Diametro del ducto principal

$Ad$  = Area del ducto principal

$Dd = 2,3 \text{ (ft)} \approx 27,5 \text{ (in)}$

Dimensiones de ducto rectangular:

$axb = 25 \times 26 \text{ (in)}$  Ver ANEXO C

Lado a = 25 (in)

Lado b = 26 (in)

Relación de aspecto = 0,96

Área del ducto rectangular ( $Ar$ ) = 650 (in<sup>2</sup>)

$$V_r = \frac{Q}{Ar} \quad \text{Ec.3.13}$$

de donde :

$V_r$  = Velocidad del aire en el ducto rectangular.

$Q_d$  = Caudal de aire en el ducto

$Ar$  = Area del ducto rectangular

$V_r = 1.691 \text{ (ft}/\text{min)}$

### 3.3.6 PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN DUCTOS

Para la fase de secado se cuenta con un ducto circular de 14 in de diámetro, para lo cual tenemos:

Diámetro = 14 in

Longitud del ducto:  $L_d = 18 \text{ ft}$

Del Anexo C, obtenemos la pérdida en in de agua por cada 100 Ft.

$H_f/100 = 1,6 \text{ (in de agua)}$

$$H_f = \frac{1,6 \text{ (in de agua)}}{100(\text{ft})} * 18(\text{ft}) \quad \text{Ec.3.14}$$

de donde :

$H_f$  = Caída de presión en ducto

$H_f = 0,29(\text{in de agua})$

**Tabla 3.4**      **Dimensión de ductos para fase de secado.**

Sección	CFM	V, ft/min	Caída de presión (in H <sub>2</sub> O)	Diámetro equivalente, in
Secado	4000	3600	0,29	14

Para obtener la caída de presión en accesorios primeramente hay que determinar el valor del coeficiente de interferencia para cada uno de los accesorios que forman parte de este sistema. El presente coeficiente obtenido se multiplicará por la presión dinámica ya que este valor depende de la velocidad con que el aire pasa por cada uno de estos accesorios.

Los cambios en el área de flujo o dirección de flujo deben hacerse tan parejos como sea posible para minimizar las pérdidas dinámicas.

La pérdida dinámica para un accesorio se calcula de:

$$H_L = H_v * C \quad \text{Ec.3.15}$$

Donde C es el coeficiente de pérdida y  $H_v$  es la *presión de velocidad o la cabeza de velocidad*.

En el sistema Británico de Unidades, los niveles de presión y las pérdidas se expresan típicamente en pulgadas de agua, las cuales son en realidad una medida de cabeza de presión. Por lo que tenemos que:

$$H_v = \left( \frac{v}{4005} \right)^2 \quad \text{Ec. 3.16}$$

Donde  $H_v$  es la Cabeza de presión, v es velocidad de flujo. Cuando la velocidad se expresa en pies por minuto y se utilizan las condiciones del aire estándar.

Para calcular las pérdidas tanto en ductos como en accesorios se ha dividido el presente cálculo en dos partes, la primera se realizará para la fase de pintura y la segunda para la fase de secado, los cálculos detallados se adjunta en el ANEXO E.

**Tabla 3.5 Pérdidas en accesorios, para fase de pintura.**

Item	Tipo de accesorio	Accesorio ASHRAE No	Parámetro	Coefficiente Co
1	Entrada de aire	1-4		0,17
2	Codo 90° de 3 piezas	3-2	$r/D = 1,5$	0,34
3	Difusor rectangular	4-2	$A_0/A_1 = 0,36$ $\theta = 20^\circ$	0,18
4	Difusor de cielo raso			0,5
5	Salida de aire	4-4	$A_0/A_1 = 2,8$ $\theta = 180$	3,03

**Tabla 3.6 Pérdidas en accesorios, para fase de secado.**

Item	Tipo de accesorio	Accesorio ASHRAE No	Parámetro	Coefficiente Co
1	Codo 90°	3-1	$r/D = 1,5$ $K = 1$ $Co' = 0,15$	0,15
2	Codo 90°	3-1	$r/D = 1,5$ $K = 1$ $Co' = 0,15$	0,15
3	Codo 90°	3-1	$r/D = 1,5$ $K = 1$ $Co' = 0,15$	0,15
4	Niquelinas	7-7	$n = 0,74$	0,44
5	Difusor rectangular		$A_1/A = 2$ $\theta = 28^\circ$	0,05

**Tabla 3.7 Pérdida de presión total, para la fase de pintura.**

Fase	Componente	Flujo, CFM	Dimensiones del ducto, in	Velocidad de flujo, ft/min	Presión dinámica (Hv)	Coefficiente de pérdidas, C <sub>o</sub>	Pérdida de presión, in de agua
Pintura	Entrada de aire	7600	25x26	1800	0,2020	0,17	0,034
	Codo 90° de 3 piezas	7600	25x26	1800	0,2020	0,34	0,068
	Difusor rectangular	7600	40x40	800	0,0399	0,18	0,007
	Difusor de cielo raso	7600	40x40				0,30
<b>Coefficiente de pérdidas de presión para inyección de aire</b>							<b>0,424</b>

Fase	Componente	Flujo, CFM	Dimensiones del ducto, in	Velocidad de flujo, ft/min	Presión dinámica (Hv)	Coefficiente de pérdidas, C <sub>o</sub>	Pérdida de presión, in de agua
Pintura	Difusor rectangular	6840	40x40	700	0,031	0,05	0,002
	Filtro de salida	6840	20x20				0,25
	Salida de aire			34	0,00007	3,03	0,0002
<b>Coefficiente de pérdidas de presión para descarga de aire</b>							<b>0,252</b>

**Tabla 3.8 Pérdida de presión total, para la fase de secado.**

Sección	Componente	Flujo, CFM	Dimensiones del ducto, in	V, ft/min	Presión dinámica (Hv)	Pérdidas por fricción, in de agua / 100ft	Long. Ft	Coefficiente de pérdidas, C <sub>o</sub>	Pérdida de presión, in de agua
Secado	Ducto	4000	14	3785		1,6	18		0,2900
	Niquelinas	4000		3785	0,8931			0,44	0,3929
	Codo 90°	4000		3785	0,8931			0,22	0,1965
	Codo 90°	4000		3785	0,8931			0,22	0,1965
	Codo 90°	4000		3785	0,8931			0,22	0,1965
<b>Pérdida total de presión para fase de secado</b>									<b>1,127</b>

### 3.3.7 SELECCIÓN DE VENTILADORES.

En la descripción general del flujo de fluidos notamos que hay una resistencia, originada por la fricción, al flujo de aire que pasa por los ductos. Para vencer esa resistencia, se debe suministrar energía al aire, en forma de presión. Esto se logra mediante el impulsor rotatorio del ventilador, que ejerce fuerza sobre el aire y origina tanto flujo del aire como aumento de presión.

Al flujo volumétrico del aire que sale, y la presión que crea el ventilador se les llama características de funcionamiento.

Los ventiladores se pueden dividir en dos grandes grupos: los ventiladores centrífugos y los ventiladores de flujo axial, que difieren entre sí en la dirección del flujo de aire que pasa por ellos. En un ventilador centrífugo, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y a continuación es desviado rápidamente en forma radial de dicho eje. El aire se reúne en una carcasa o caracol, y se concentra en una dirección, en un ventilador de flujo axial se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y después sale en la misma dirección.

Para seleccionar un ventilador, se calcula primero la resistencia del sistema de ductos, en forma de presión estática ( $H_s$  del ventilador). A continuación se usan los datos del fabricante para seleccionar la unidad que produzca el flujo (CFM) necesario contra la resistencia de la presión estática del sistema. Se puede seleccionar también el ventilador sobre la base de la presión total, en lugar de sobre la presión estática. Cualquiera de ellas es satisfactoria para los sistemas de baja velocidad.

- Para el sistema de inyección de aire tendremos que seleccionar un ventilador de las siguientes características:  
Caudal = 7600 CFM  
Caída de presión = 0,424 in  $H_2O$
- Para el sistema de descarga de aire tendremos que seleccionar un ventilador de las siguientes características:  
Caudal = 6840 CFM  
Caída de presión = 0,252 in  $H_2O$

Para el sistema de calentamiento de aire tendremos que seleccionar un ventilador de las siguientes características:

Caudal = 4000 CFM

Caída de presión = 1,127 in  $H_2O$

### 3.3.8 AISLAMIENTO DE DUCTOS.

Los ductos que llevan aire caliente o frío se cubren con aislamiento térmico para reducir las pérdidas de calor. El aislamiento se suministra ya sea como tablero rígido o como colchoneta.

### **3.3.9 FILTRACIÓN DEL AIRE.**

Es esencial que la filtración del aire se adapte a las necesidades específicas de nuestra cabina, ya que la cantidad de polvo contenido en el aire es muy variable; por lo general se sitúa entre 0,1 y 10 mg por m<sup>3</sup>. Este contenido de polvo varía según la región, el tiempo, el viento, la altura sobre el nivel del suelo, etc.

Por lo general, la forma de actuar de los filtros se debe a varios fenómenos que se complementan. En primer lugar, es el choque de las partículas sobre las fibras del filtro lo que provoca su retención, pero ésta puede favorecerse por medio de un fenómeno electrostático. La fijación de las partículas puede mejorarse notablemente, en ciertos filtros, impregnándolos de aceite.

Los filtros no actúan, como si se tratara de un tamiz, parando las películas de un diámetro superior a sus mallas, pues éste principio conduciría a una obstrucción muy rápida y a una pérdida de carga muy alta. De hecho, los filtros pueden retener partículas mucho más pequeñas que las dimensiones medidas de paso libre entre sus fibras, con frecuencia varios cientos de veces más pequeñas.

Dentro de la clasificación de los filtros la más importante la constituyen los filtros secos, por la diversidad de los materiales utilizados, de los rendimientos que se obtienen y de la cantidad de filtros instalados. En esta categoría se pueden distinguir los distintos materiales constitutivos siguientes:

- Colchón textil.
- Espuma de poliuretano.
- Fibra de vidrio
- Materias textiles
- Filtro metálico
- Material plástico
- Papel

Para el presente proyecto se ha optado por seleccionar filtros del tipo metálico para lo constituye el prefiltro para el ingreso de aire, y para el ingreso a la cabina se ha seleccionado filtros de materias textiles, conocidas en el mercado como “pelón”

## **3.4 DISEÑO ESTRUCTURAL.**



## **Introducción.**

Podemos señalar que el diseño estructural es un proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global; las limitaciones globales en cuanto al costo y tiempo de ejecución así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas. Entonces, la solución al problema de diseño no puede obtenerse mediante un proceso matemático rígido, donde se aplique rutinariamente un determinado conjunto de reglas y formulas.

### **3.4.1. ETAPAS EN EL PROCESO DEL DISEÑO**

#### **a) Etapa de estructuración.**

Es probablemente la etapa más importante del diseño estructural, pues la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructura esquelética más adecuada para una edificación específica.

En esta etapa de estructuración se seleccionan los materiales que van a constituir la estructura, se define el sistema estructural principal y el arreglo y dimensiones preliminares de los elementos estructurales más comunes. El objetivo debe ser el de adoptar la solución óptima dentro de un conjunto de posibles opciones de estructuración.

#### **b) Estimación de las solicitaciones o acciones.**

En esta segunda etapa del proyecto, se identifican las acciones que se consideran que van a incidir o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural

durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, por ejemplo, las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva, acciones accidentales como el viento y el sismo. Cuando se sabe de antemano que en el diseño se tienen que considerar las acciones accidentales es posible seleccionar basándose en la experiencia la estructuración más adecuada para absorber dichas acciones.

### **c) Análisis estructural**

Procedimiento que lleva la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada; está en función de sus propias características y puede expresarse en función de deformaciones, agrietamiento, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc.

### **d) Dimensionamiento.**

En esta etapa se define a detalle la estructura y se revisa si se cumple con los requisitos de seguridad adoptados.

La principal función de un sistema estructural es la de absorber las acciones o sollicitaciones que se derivan del funcionamiento de la construcción.

## **3.4.2 Métodos del diseño estructural.**

### **a) Diseño por medio de modelos.**

Se recomienda en el diseño de elementos estructurales de forma muy compleja que no son fáciles de analizar por medio de los modelos matemáticos usuales.

### **b) Método de los esfuerzos de trabajo, de esfuerzos permisibles o teoría elástica.**

Los elementos mecánicos producidos en los distintos elementos por las sollicitaciones de servicio o de trabajo se calculan por medio de un análisis elástico. Se determinan

después los esfuerzos en las distintas secciones debido a los elementos mecánicos, por métodos también basados en hipótesis elásticas. Los esfuerzos de trabajo así calculados, deben mantenerse por debajo de ciertos esfuerzos permisibles que se consideran aceptables, el método es razonable en estructuras de materiales con un comportamiento esencialmente elástico.

**c) Método de la resistencia, de factores de carga y de reducción de resistencia o teoría plástica.**

Los elementos mecánicos se determinan por medio de un análisis elástico-lineal. Las secciones se dimensionan de tal manera que su resistencia a las diversas acciones de trabajo a las que puedan estar sujetas sean igual a dichas acciones multiplicadas por factores de carga, de acuerdo con el grado de seguridad deseado o especificado. La resistencia de la sección se determina prácticamente en la falla o en su plastificación completa.

**d) Métodos basados en el análisis al límite.**

En este criterio se determinan los elementos mecánicos correspondientes a la resistencia de colapso de la estructura. (Formación de suficientes articulaciones plásticas para llegar a la falla total de la estructura).

Se hace un análisis estructural plástico.

**e) Métodos probabilísticos.**

Las solicitaciones que actúan sobre las estructuras, así como las resistencias de estas son cantidades en realidad de naturaleza aleatoria, que no pueden calcularse por métodos determinísticos como se supone en los criterios de diseño anteriores. Esto nos conduce a pensar en métodos basados en la teoría de las probabilidades.

Las principales limitaciones que se tienen en la actualidad son que no se tiene suficiente información sobre las variaciones tanto de las solicitaciones que deben de considerarse como la resistencia de los materiales y de las estructuras construidas con ellos.

### **3.4.3 ACCIONES Y SUS EFECTOS SOBRE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES.**

Atendiendo los conceptos de seguridad estructural y de los criterios de diseño, la clasificación más racional de las acciones se hace basándose en la variación de su intensidad con el tiempo. Se distinguen así los siguientes tipos de acciones:

#### **a.) Acciones permanentes.**

Son las que actúan en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad puede considerarse que no varía con el tiempo. Pertenecen a este grupo las siguientes.

- 1) Cargas muertas debidas al propio peso de la estructura y al de los elementos no estructurales de la construcción.
- 2) Empujes estáticos de líquidos y tierras.
- 3) Deformaciones y desplazamientos debido al esfuerzo de efecto del preesfuerzo y a movimientos diferenciales permanentes en los apoyos.
- 4) Contracción por fraguado del concreto, flujo plástico del concreto, etc.

#### **b.) Acciones variables.**

Son aquellas que inciden sobre la estructura con una intensidad variable con el tiempo, pero que alcanzan valores importantes durante lapsos grandes, se pueden considerar las siguientes:

- 1) Cargas vivas, o sea aquellas que se deben al funcionamiento propio de la construcción y que no tienen carácter permanente.
- 2) Cambios de temperaturas.
- 3) Cambios volumétricos

#### **c.) Acciones accidentales.**

Son aquellas que no se deben al funcionamiento normal de la construcción y que puede tomar valores significativos solo durante algunos minutos o segundos, a lo mas horas en toda la vida útil de la estructura.

Se consideran las siguientes: sismos, vientos, oleajes, explosiones

Para evaluar el efecto de las acciones sobre la estructura requerimos modelar dichas acciones como fuerzas concentradas, lineales o uniformemente distribuidas.

### 3.4.4 SAP 2000 DISEÑO ESTRUCTURAL.

En el diseño estructural se debe tomar en cuenta las cargas muertas y vivas que se van aplicar sobre la estructura de la Cabina-Horno, para lo cual se hace uso de un software de diseño estructural como herramienta de ayuda para diseñar adecuadamente y obtener los materiales necesarios.

#### 3.4.4.1 Forma de la estructura:

Dimensiones de la cabina

Las dimensiones de la cabina son:

Largo 600 cm, alto 300 cm y ancho 400 cm.

Las dimensiones del plenum son:

Largo 400 cm, alto 60 cm y ancho 200cm.

Cada portal se encuentra a 250 cm a lo largo, como se puede apreciar en la figura 3.5.

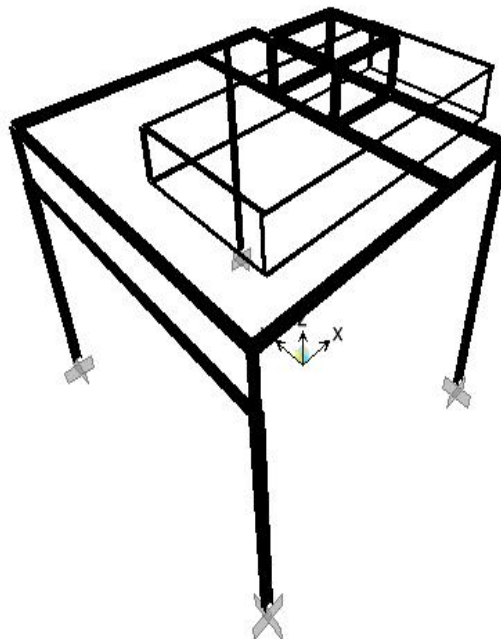


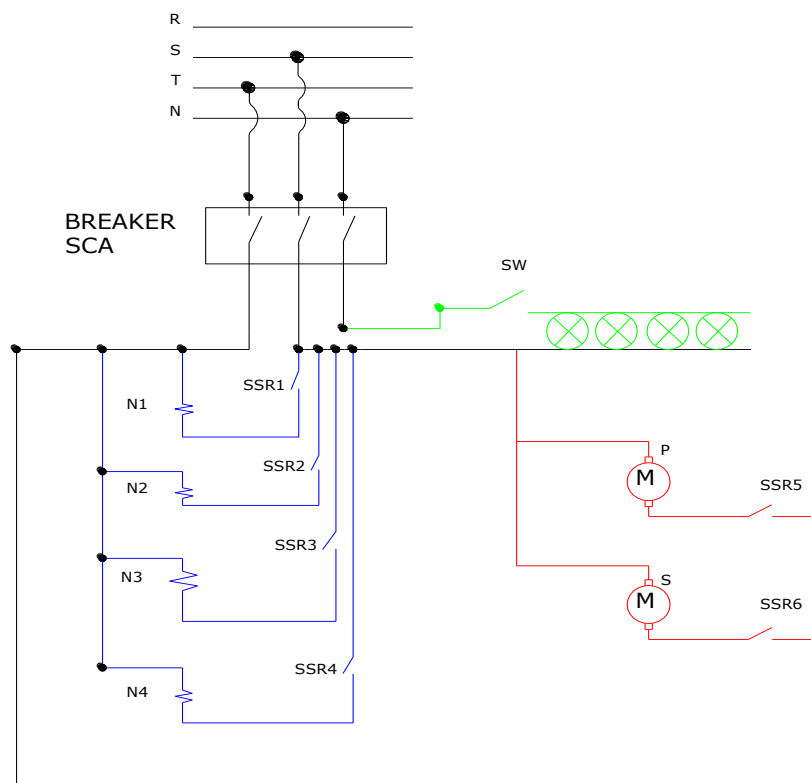
Figura 3.5 Forma de la estructura

### 3.5 SISTEMA ELÉCTRICO.

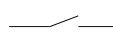
La electricidad, sistema “noble”, puede parecer cara si la comparamos, a producción calorífica igual, con el fuel oil, por ejemplo. Sin embargo el sistema de calefacción eléctrica, utilizado desde hace algunas décadas, ha adquirido, en estos últimos tiempos, un desarrollo que se anuncia considerable.

De acuerdo con las tarifas autorizadas, la “caloría eléctrica, es generalmente de 1,2 a 8 veces mas cara que la caloría “fuel oil”. Para usos industriales el coste de explotación de los aparatos de calefacción eléctrica, es con frecuencia, secundario frente a la pequeña inversión que representan a su factibilidad de traslado y sencillez de regulación, así como a su reducido tamaño.

Al ser energía mas cara, se hace, pues, indispensable reducir su consumo para satisfacer las mismas necesidades, por lo cual se debe tener muy en cuenta la renovación de aire, necesaria.



Niquelinas eléctricas: N1, N2, N3, N4:



Switch.



Relés de estado sólido: SSR1, SSR2, SSR3, SSR4, SSR5, SSR6



Iluminación interior: L1, L2, L3, L4



Ventilador pintura



Ventilador secado.

### **Figura. 3.6 Diagrama de potencia.**

También conviene pensar que la evolución de los costes relativos de la energía para los próximos años se producirá a favor de la electricidad. En efecto, por un lado, los recursos petrolíferos se ampliarán en medida más bien reducida, a largo plazo, podrán incluso disminuir, mientras que las necesidades para la industria y los transportes progresarán más rápidamente, lo que traerá como consecuencia inmediata un aumento creciente del coste, unido a la presión de la demanda. Por otro lado, la energía eléctrica, se produce, en la actualidad, con centrales hidráulicas y sobre todo, térmicas, pero evoluciona ya hacia las centrales nucleares. Con ello los recursos serán casi ilimitados y los costes cada vez mas competitivos.

Cabe mencionar los factores suplementarios de confort que aporta la calefacción eléctrica, como son: limpieza, homogeneidad de temperatura, flexibilidad de utilización, inexistencia de contaminación, etc. Este sistema consta de todos los accesorios y cables que proveen de energía eléctrica al horno. Esto incluye cables, botoneras, además de los respectivos elementos de protección tal como son breakers y relés de estado sólido.

## **3.6 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE CONTROL.**

Para realizar el diseño del sistema de control partimos de la necesidad de controlar la temperatura de la cabina – horno, con el fin de obtener una temperatura uniforme en toda la cabina necesitaremos realizar el control en base al promedio de la lectura de los sensores. Además para el calentamiento del cuarto se emplean un juego de 8 resistencias eléctricas que proporcionan la potencia requerida de operación, estas niquelinas serán controladas de dos en dos, es decir que el momento en que la cabina alcance la temperatura de operación, el sistema de control se encargará de apagar o encender las niquelinas con el fin de mantener estable la temperatura del cuarto.

### **3.6.1 INSTALACIÓN BÁSICA DEL MICROCONTROLADOR (PIC 16F877).**

Por lo expuesto en el punto 3.6 la realización del sistema de control para el funcionamiento de la cabina-horno está basado en la utilización de un microcontrolador PIC16F877, los parámetros de selección así como sus características serán expuestos mas adelante.

El pic posee entradas analógicas y digitales y salidas discretas así como de “timer” para procesos de temporización, consta de un cristal de 4MHZ que va conectado a las compuertas OSC1 y OSC2 del Pic, correspondientes a los pines 13 y 14 respectivamente y dos condensadores de 1  $\mu$ f conectados en paralelo, esta parte del circuito es la encargada de proporcionar la precisión en los tiempos de funcionamiento del Pic.

Por la compuerta Vdd correspondiente al pin 32, se da la alimentación del pic, el pin Vss (pin 31) se conecta a tierra.

Por último se escogen las entradas y salidas para cada uno de los sensores y actuadores para lo cual empleamos los sensores de temperatura LM35 el cual envía como respuesta una señal de 10 mV/°C, pero esta señal es muy pequeña para las necesidades del microcontrolador seleccionado, por lo cual se amplifica la señal por 5 es decir que por cada 50 mV que ingresan al PIC se incrementa un grado centígrado, esta amplificación de señal se la realiza con la ayuda de amplificadores operacionales de la serie LM741 y se conectan a los pines AN0, AN1 y AN2 (pines 2,3 y 5 respectivamente). Además se contará con seis salidas analógicas, los cuales se encuentran conectados a relés de estado sólido. Para los ventiladores de la fase de pintura se realiza la conexión en el pin 26 (RC7) y el ventilador para la fase de secado se conectará en el pin 25 (RC6). Para la fase de secado se cuenta con 8 niquelinas eléctricas, el sistema controlará automáticamente este banco de resistencias de dos en dos, es decir que por cada juego de dos resistencias tendremos un relé de estado sólido los cuales se encuentran conectados a los pines 7 8 9 10 (AN4, AN5, AN6 Y AN7 respectivamente).

El diagrama de pines se puede observar en la figura 3.13.

La visualización de los procesos y estados de funcionamiento se realizará con un LCD de 16x2 (16 columnas por 2 filas) y el ingreso de datos se lo realiza por medio de un teclado matricial 4x4 (cuatro filas por cuatro columnas). Por lo cual el microcontrolador debe manejar el LCD, el teclado y recibir datos de temperatura.



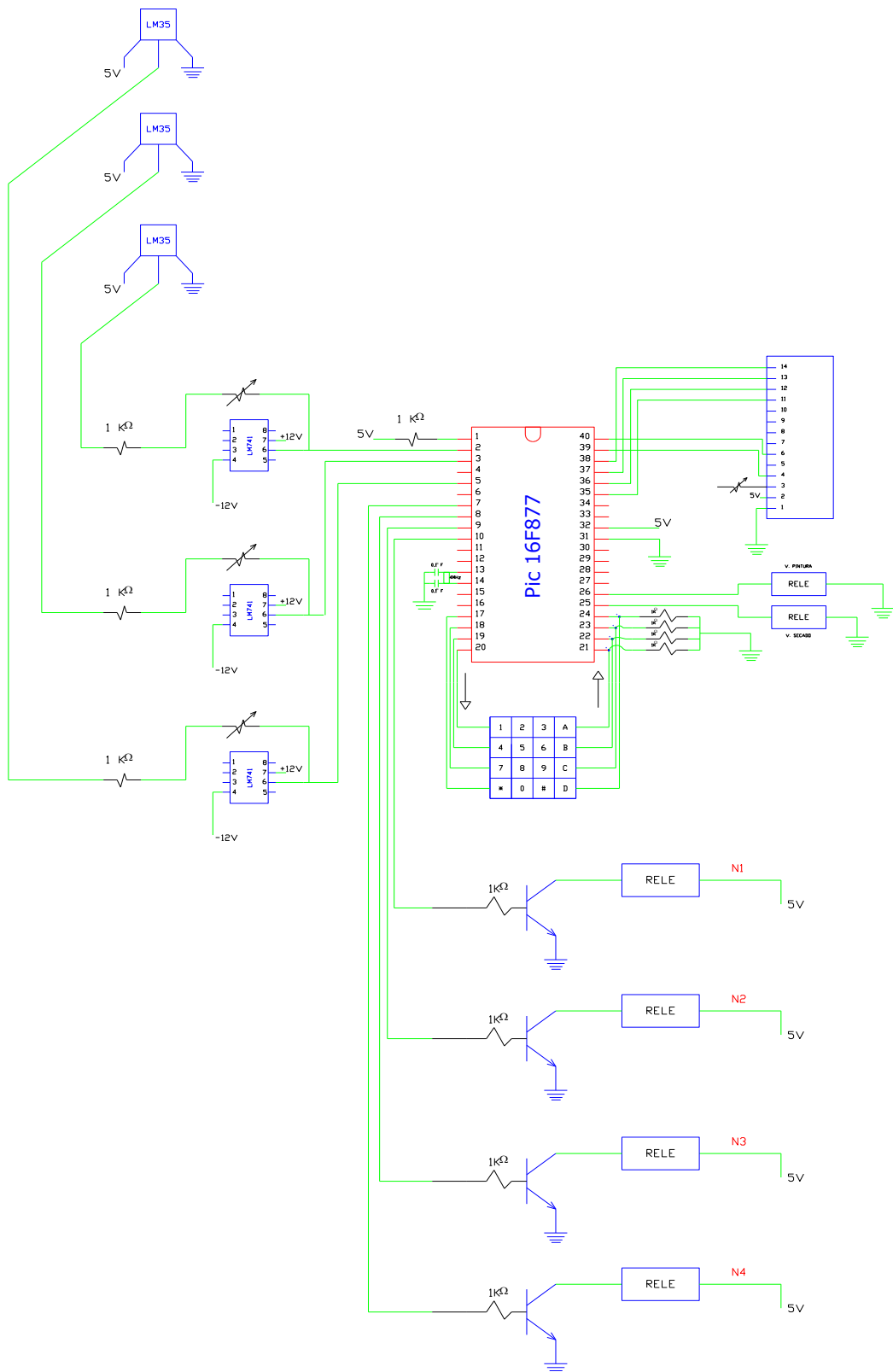


Figura 3.7 Diseño electrónico del sistema de control.

### 3.6.2 MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES.

### 3.6.2.1 Microprocesadores.

El microprocesador, o simplemente el micro, es el cerebro del ordenador. Es un chip, un tipo de componente electrónico en cuyo interior existen miles o millones de elementos llamados transistores, cuya combinación permite realizar el trabajo que tenga encomendado el chip.

Desde el punto de vista funcional, un microprocesador es un circuito integrado que contiene la unidad central de proceso (CPU) de un computador o máquina programable, aunque este término tiene cierta ambigüedad, pues también puede referirse a toda la caja que contiene la placa base, el micro, las tarjetas y el resto de la circuitería principal del ordenador.

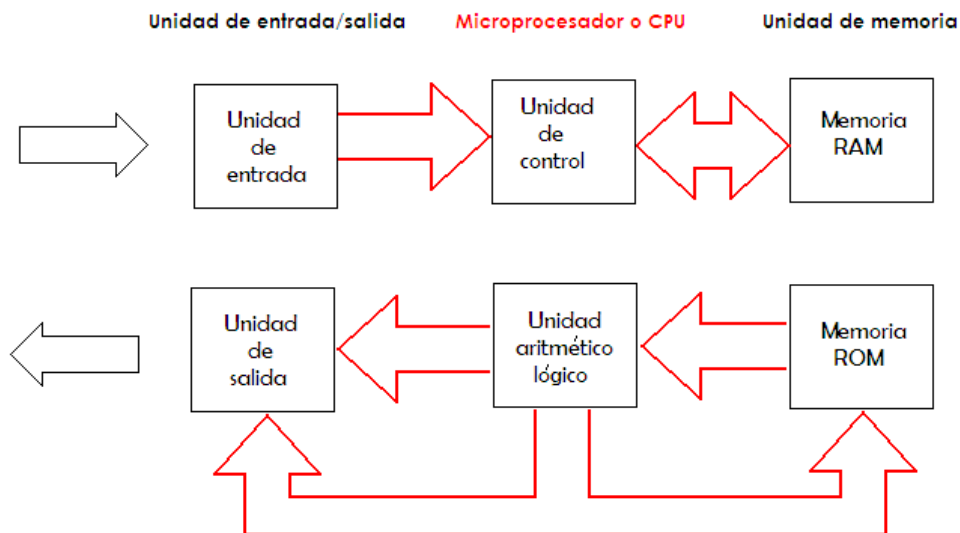
El microcontrolador es el encargado de suministrar las señales de control para los demás elementos del sistema, buscar y traer instrucciones y datos desde la memoria, transferir datos hacia y desde dispositivos de entrada/salida, decodificar instrucciones, realizar operaciones aritméticas.

### 3.6.2.2 Partes de un microprocesador.

En un microprocesador o unidad central de proceso (CPU) podemos diferenciar diversas partes:

- **Encapsulado.-** es lo que rodea a la oblea de silicio en si, para darle consistencia, impedir su deterioro (por ejemplo por oxidación con el aire) y permitir el enlace con los conectores externos que lo acoplarán a su zócalo o a la placa base.
- **Unidad de control.-** La unidad de control se encarga de la interpretación y ejecución de las instrucciones del programa. También controla todos los componentes de un computador por medio de las líneas de conexión llamadas buses.
- **Unidad aritmético – Lógica (ALU).-** Esta unidad está encargada de realizar las operaciones lógicas y aritméticas usando como base la operación de suma, resta.

En la figura 3.7 se indica la estructura general de un microprocesador junto con los buses que le sirven para interactuar con la unidad de entrada/salida y la unidad de memoria. Esta es la estructura básica de un computador.



**Figura 3.8 Estructura del microprocesador**

### 3.6.2.3 Microcontrolador.

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.

Un microcontrolador es un circuito integrado **programable** que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y al ser de reducidas dimensiones suele ir incorporado al dispositivo que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado (Embedded Controlle). Al igual que una

computadora el microcontrolador necesita un programa para en su caso controlar sus líneas de entrada / salida.

En la memoria de un microcontrolador solo reside un programa destinado a gobernar una acción determinada.

Sus líneas de entrada y salida soportan la conexión de el o los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo).
- CAD: Conversores Analógico/Digital.
- CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- 

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

**Aumento de prestaciones:** un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.

**Aumento de la fiabilidad:** al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.

**Reducción del tamaño en el producto acabado:** La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.

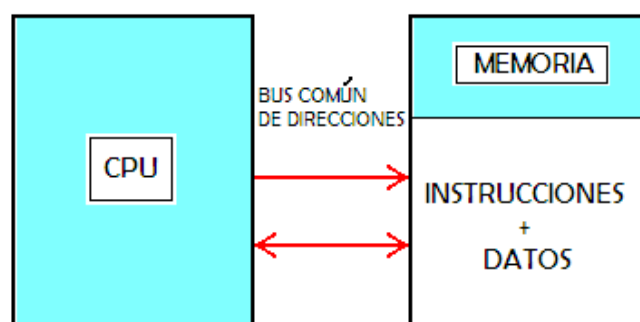
**Mayor flexibilidad:** las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

### 3.6.2.4 Arquitectura interna.

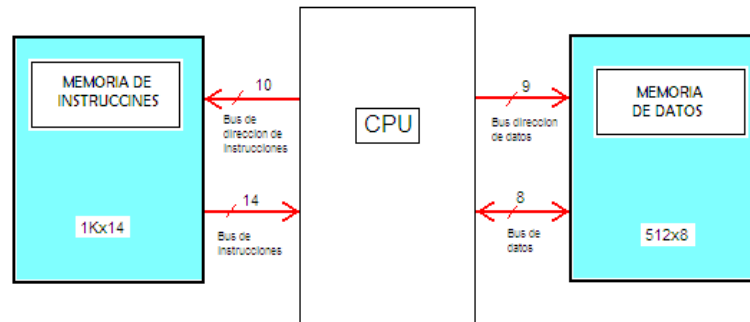
Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

**Procesador.-** La necesidad de conseguir elevados rendimientos en el procesamiento de instrucciones a desembocó en el empleo de la estructura Harvard (Figura 3.10), frente a las tradicionales que seguían la arquitectura Von Neuman (Figura 3.9), ésta última se caracterizaba por que la CPU se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses. Mientras que la arquitectura harvard son independientes, la memoria de instrucciones y la memoria de datos son independientes y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso.

Esta dualidad además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos. También la capacidad de cada memoria es diferente.



**Figura 3.9 Arquitectura Von Neuman**



**Figura 3.10 Arquitectura Harvard.**

El procesador de los nuevos microcontroladores responde a la arquitectura RISK (computadoras de juego reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción. El fomento del paralelismo implícito aumenta el rendimiento del computador consiste en la segmentación del procesador (pipe-line), descomponiéndole en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajando con varias a la vez.

### **3.6.2.5 Diferencia entre un microprocesador y un microcontrolador.**

El uso de microprocesadores se ha extendido de tal manera a lo largo y ancho del mundo, que ya es casi imposible encontrar un artefacto electrónico que no disponga en su interior de algún sistema basado en ellos.

En la versatilidad de los microprocesadores, y su facilidad para cambiar su aplicación a la cual están destinados, como mínimas modificaciones de su hardware son en gran parte, las principales responsables de tal popularidad.

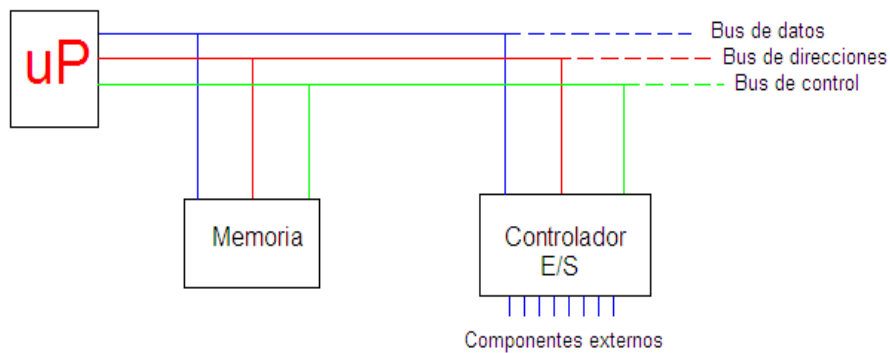
Pero aún con sus grandes ventajas, un sistema tradicional basado en microprocesadores puede resultar inadecuado en algunas aplicaciones, principalmente debido a la necesidad de utilizar circuitos integrados de apoyo adicionales, tales como memorias y puertos de entrada y salida.

Dichos circuitos de apoyo significan un aumento en la complejidad y costo de los sistemas, además del mayor espacio físico utilizado. Por ésta razón los fabricantes de microprocesadores han hecho un esfuerzo considerable para desarrollar dispositivos que eliminen estos inconvenientes y permitan disponer de las ventajas del microprocesador en una gran cantidad de aparatos domésticos e industriales.

El resultado ha sido el microcontrolador, un dispositivo que incluye en un mismo circuito integrado, la unidad central de proceso (CPU - microprocesador), memoria ROM y RAM y puertos de E/S, así como circuitos temporizadores, contadores, e incluso, convertidores analógico/digital.

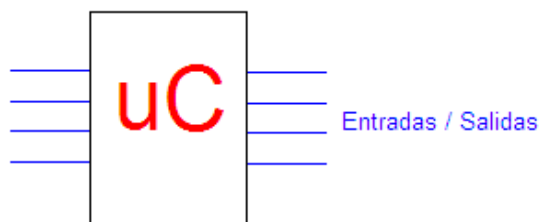
Tal integración permite utilizar el microcontrolador en una gran variedad de artefactos de uso cotidiano: alarmas, sintetizadores musicales, relojes, videograbadoras, etc.

Un microprocesador es un sistema abierto, esto es, se le pueden acoplar dispositivos para obtener las características deseadas, ver figura 3.11



**Figura 3.11 Sistema abierto**

Un microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y prestaciones limitadas que no se pueden modificar, ver figura 3.12.



### Figura 3.12 Sistema cerrado

#### 3.6.2.6 Alternativas y selección del sistema de control.

A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles y su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.):

- **Costo:** Como es lógico, los fabricantes de microcontroladores compiten duramente para vender sus productos. La diferencia de costo entre un microcontrolador y un microprocesador es mínima, cabe mencionar que el momento de adquirir los elementos periféricos necesarios para poder utilizar un microprocesador el costo se eleva, además de que se hace imprescindible la presencia de un computador para poder utilizar un microprocesador.
- **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar, si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante.
- **Entrada Salida:** Se debe identificar claramente las entradas y salidas a utilizar, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.
- **Consumo:** algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser



que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.

- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM).
- **Ancho de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costos importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).
- **Diseño de la placa:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Los microcontroladores más populares se encuentran sin duda entre las mejores elecciones:

**8048 (Intel):** Es el padre de los microcontroladores actuales, el primero de todos. Su precio, disponibilidad y herramientas de desarrollo hacen que todavía sea muy popular.

**8051 (Intel y otros):** Es sin duda el microcontrolador más popular. Fácil de programar, pero potente. Está bien documentado y posee cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.

**80186, 80188 y 80386 EX (Intel):** Versiones en microcontrolador de los populares microprocesadores 8086 y 8088. Su principal ventaja es que permiten aprovechar las herramientas de desarrollo para PC.

**68HC11 (Motorola y Toshiba):** Es un microcontrolador de 8 bits potente y popular con gran cantidad de variantes.

**683xx (Motorola):** Surgido a partir de la popular familia 68k, a la que se incorporan algunos periféricos. Son microcontroladores de altísimas prestaciones.

**PIC (MicroChip):** Familia de microcontroladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros microcontroladores RISC.

Es preciso resaltar en este punto que existen innumerables familias de microcontroladores, cada una de las cuales posee un gran número de variantes.

Para el sistema de control del presente proyecto, se ha determinado utilizar el PIC 16F877, que es un microcontrolador de 8 bits CMOS de la casa MICROCHIP, este utiliza un set reducido de instrucciones (tecnología RISC). A continuación se detalla las principales características de estos microcontroladores, que en la actualidad son de mucha utilidad y facilitan la labor de diseño de proyectos electrónicos, por sus capacidades y número de puertos. Para la selección del presente microcontrolador se ha considerado como características principales la cantidad de entradas/salidas, así como su tamaño reducido, ya que se ajusta a las necesidades del presente diseño.

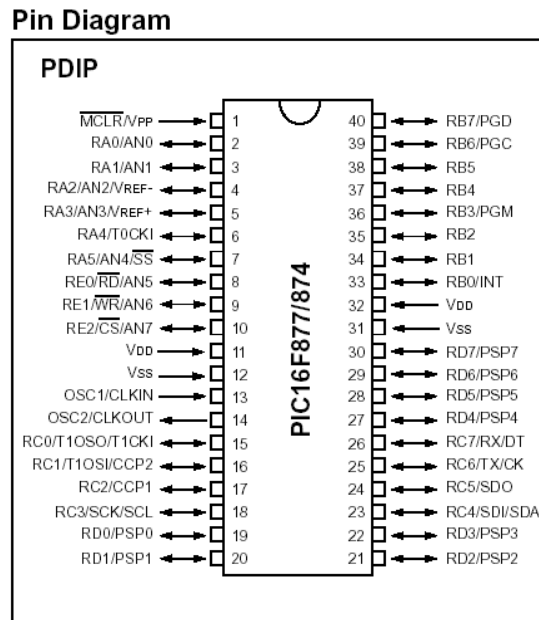
#### **3.6.2.7 Características principales del PIC 16F877.**

- Velocidad de operación de hasta 20 MHz.
- 8 Kbytes x 14 palabras de memoria ROM.
- 368 x 8 bytes de memoria RAM.
- 22 pines de I/O de propósito general y especial.
- 5 entradas analógicas.
- 14 Fuentes de interrupción.

- Bajo consumo de potencia.
- Operación entre 2.0 V y 5.5 V.

### 3.6.2.8 Descripción de pines.

El diagrama de pines podemos verlo en la figura 3.13, posee un encapsulado PDIP de 40 pines en versión CMOS.



**Figura. 3.13 Diagrama de pines del PIC 16F877**

### 3.6.2.9 Ventajas de utilizar el PIC 16F877.

Las principales ventajas que otorga el PIC 16F877 son las siguientes:

- Velocidad de operación de hasta 20 MHz.
- 3 puertos de entrada/salida con un total de 22 pines, que pueden ser usados para propósitos generales o específicos, de acuerdo a la configuración.
- Posee 7 entradas analógicas
- Alta capacidad de memoria para programa y memoria RAM.
- Facilidad de programación (bajo lenguaje C++).

### 3.6.2.10 Desventajas de utilizar el PIC 16F877.

Las principales desventajas que se pueden citar de un PIC 16F877 son:

- No se tiene acceso al bus de datos, de dirección y de control.
- Al utilizar un compilador, nos limita el controlar directamente el espacio de memoria, con lo que se produce localidades inutilizadas de memoria del programa.

### 3.6.2.11 Pantalla de cristal liquido SC1602A (LCD)

La pantalla de cristal líquido, permite visualizar la información que el operador de la cabina necesita saber.

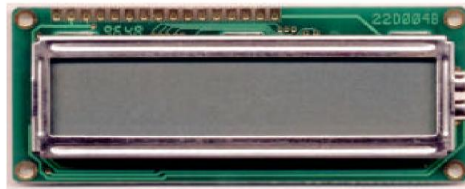


Figura. 3.14 Pantalla LCD SC1602A

Dentro de las características principales que podemos señalar, esta pantalla de cristal líquido posee dos líneas de escritura de 16 caracteres, cada una de una matriz de 5x7 puntos, con consumo bajo de energía. Posee un controlador interno, así como también, memoria RAM donde se almacena el mensaje a visualizar de 80 bytes, y memoria ROM con 192 caracteres.

Todas las funciones del LCD se controlan mediante instrucciones y tiene la posibilidad de regular su contraste mediante un potenciómetro.

El diagrama de pines se puede ver en la figura 3.15.

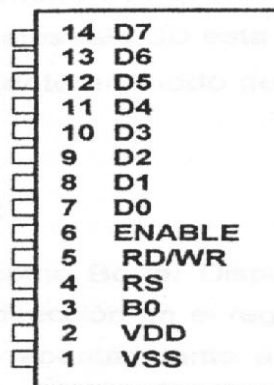
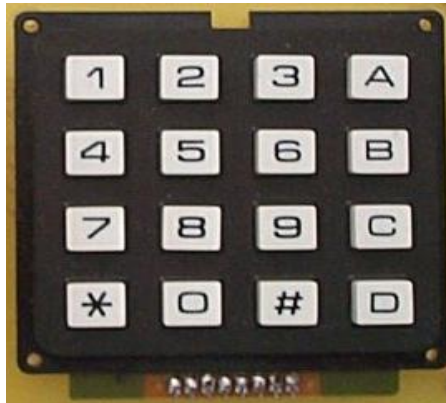


Figura.3.15 Diagrama de pines del LCD SC1602A

### 3.6.2.12 Teclado matricial.

El teclado usado se lee por una técnica de exploración, que consiste en la lectura consecutivamente de las filas o las columnas de este. Existen circuitos especializados en esta tarea, pero una característica del proyecto es el bajo costo, por lo que se utilizará el PIC para realizar esta tarea. La disposición en matriz de los teclados responde a la necesidad de leer gran cantidad de conmutadores, con pocas líneas de entrada, por ejemplo, si imaginamos que se necesita una línea por cada tecla del teclado de

un PC, serían necesarios más de 100 líneas. En este teclado, solamente se necesita 4 líneas de entrada y cuatro de salida, es decir, con cuatro líneas, se pueden obtener 16 datos.



**Figura 3.16 Teclado Matricial**

### **3.6.2.13 Ventajas y desventajas de utilizar el teclado matricial.**

Las principales ventajas que otorga el trabajar con un teclado matricial son las siguientes:

- El poco número de salidas en comparación con el número de dígitos, es decir, para 16 dígitos solamente se tiene 4 salidas.
- Tamaño pequeño.

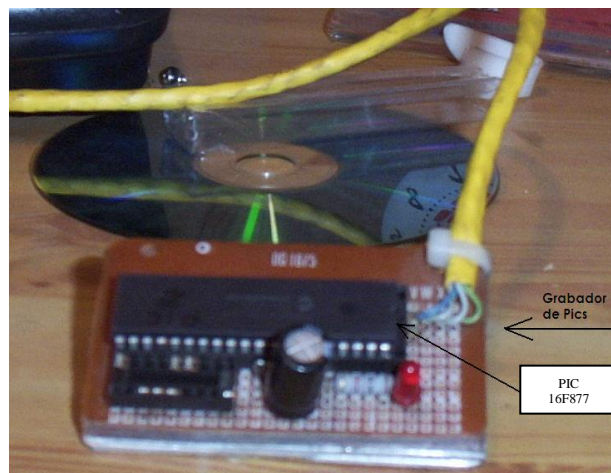
Dentro de las desventajas de utilizar el teclado matricial se puede señalar que:

- Se necesita un decodificador para el teclado, el mismo que es de elevado valor y poco común en el mercado nacional, problema que ha sido superado utilizando el mismo PIC 16F876 y programándolo para que actúe como decodificador, aprovechando que este PIC tiene 22 pines de entrada/salida.

### **3.6.2.14 Instrumental del trabajo.**

Siempre que se diseñe con circuitos integrado programables se precisan herramientas para la puesta a punto de hardware y software. Con referencia al software, además de los compiladores o intérpretes de los lenguajes usados, es muy interesante disponer de simuladores de software, que consiste en programas que simulan la ejecución de instrucciones representando el comportamiento interno del procesador, y el estado de las líneas de E/S. Como se simula por software el procesador, el comportamiento no es idéntico, aunque proporciona una aproximación aceptable especialmente cuando no es esencial el trabajo en tiempo real.

Respecto a las herramientas de hardware, una indispensable es el grabador de pics, Figura 3.17, encargado de escribir el programa en la memoria del microcontrolador. Existen grabadores muy complejos capaces de trabajar con muchos modelos de diferentes familias, pero su elevado precio los aleja de los usuarios personales. Para estos últimos existen bastantes versiones de sencillos grabadores, específicos para ciertos modelos de microcontroladores, que son gobernados desde un computador personal.



**Figura 3.17 Grabador de Pícs.**

### 3.6.2.15 Sensor de temperatura.

Para la selección del sensor de temperatura nos referiremos a la tabla 3.9 de selección.

Tabla 3.9 Selección del sensor de temperatura.

Sensor	LM35	Termocupla	RTD
Costo	4	3	3
Requerimiento de calibración	4	1	1
Complejidad del circuito	3	3	3
Facilidad de adquisición	3	3	3

Según la tabla 3.9 podemos apreciar que la mejor opción es el sensor de temperatura LM35, el mismo que se basa en un circuito integrado de National Semiconductors.

El circuito integrado LM35 es un sensor de temperatura cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrados). Posee una precisión aceptable

para la aplicación requerida, no necesita calibración externa, posee sólo tres terminales, permite el censado remoto y es de bajo costo, además cuenta con las siguientes características:

- Factor de escala :  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  ( garantizado entre  $9,8$  y  $10,2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ )
- Rango de utilización :  $-55^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$
- Precisión de :  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  (peor caso)

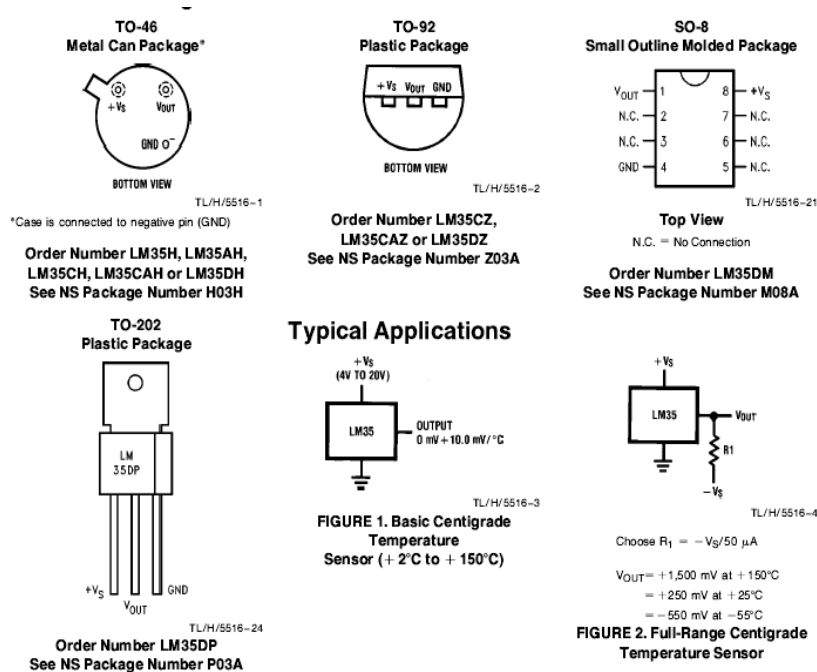


Figura 3.18 Diagramas de conexión del sensor LM35

### 3.6.3 EDICIÓN DEL SOFTWARE.

La edición del software fue hecha en el lenguaje de programación HTPIC, que es un compilador que facilita la realización del programa con instrucciones bajo lenguaje **C**.

En el ANEXO G se adjunta la edición del presente programa.

### 3.6.4 IMPRESIÓN DE LA TARJETA.

Una vez desarrollado el circuito y hecho las respectivas pruebas se procede a la impresión de la tarjeta. El programa PROTEL, en el cual se realizó los diagramas electrónicos indicados genera unos archivos donde se grafica solo los caminos que deben ser impresos en la placa, desde luego se tiene la opción de variar estos caminos para ser adecuados según las necesidades de espacio y tamaño de la placa a emplearse. El programa además genera un diagrama el cual indica la posición de cada uno

de los componentes electrónicos. En la figura 3.19 se indica el diagrama de posición de cada componente, y en la figura 3.20 encontraremos el diagrama de vías para la impresión de la placa.

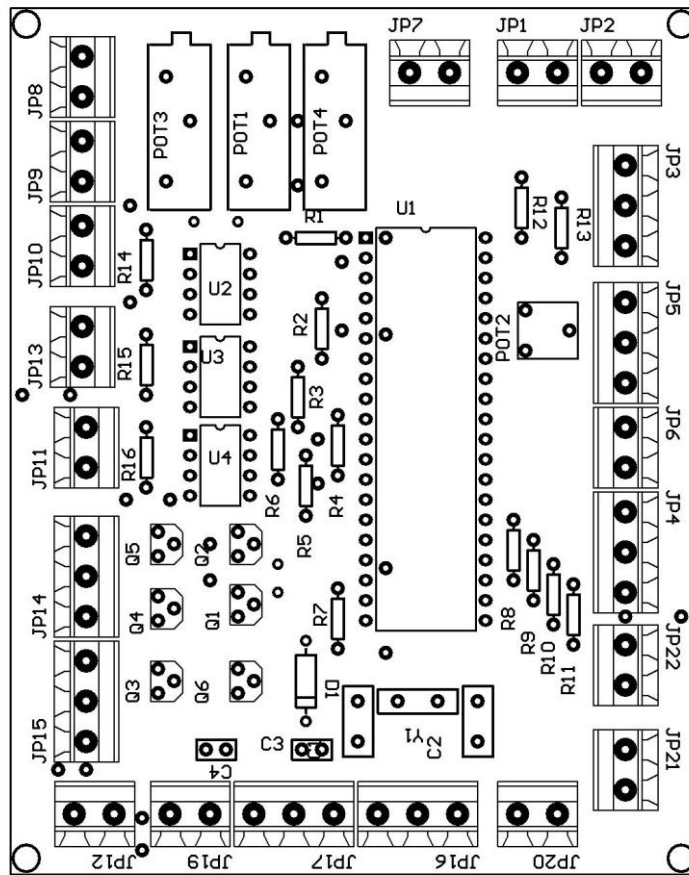
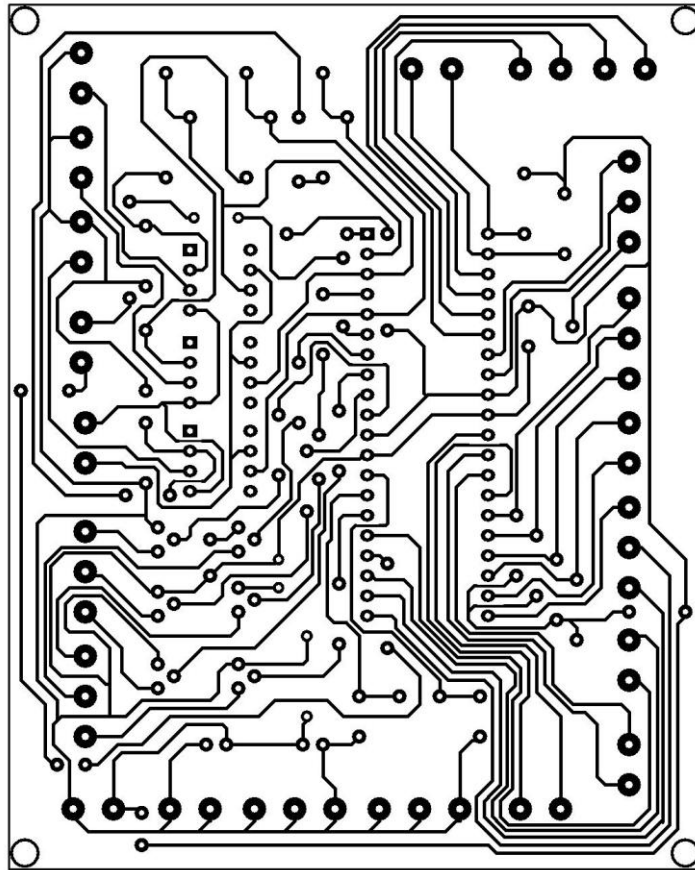


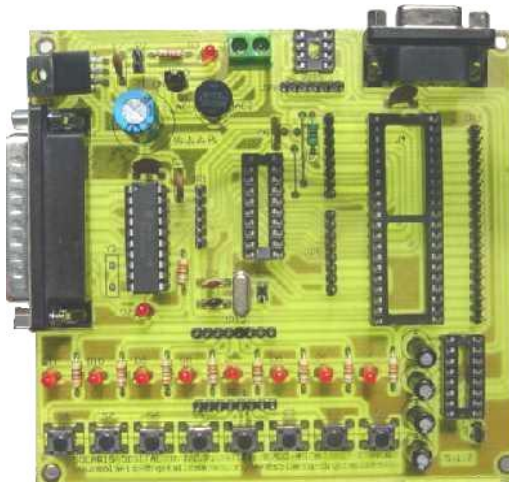
Figura 3.19 Diagrama de posición de cada componente.





**Figura 3.20 Diagrama de vías para impresión de la placa**

Una vez que se ha obtenido estos diagramas en el programa computacional, se perforan los agujeros correspondientes con la ayuda de un taladro, los caminos correspondientes se calcan en la placa con marcador indeleble y luego se procede a sumergir la placa en ácido para que en ésta queden solo marcados los caminos de cobre, figura 3.21.



**Figura 3.21 tarjeta lista para operar**

**Representación de una**

## **CAPITULO IV**

## **PROCESO DE CONSTRUCCION Y MONTAJE**

### **4.1 DIAGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.**

Para la construcción y montaje de la cabina-horno se debió utilizar tres paredes de bloque cruzado que ya se encontraban formando parte de la cabina, las mismas que fueron tomadas en cuenta dentro del diseño térmico y diseño estructural correspondiente, en los anexos A y C, respectivamente.

### **4.2 PROCEDIMIENTO GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.**

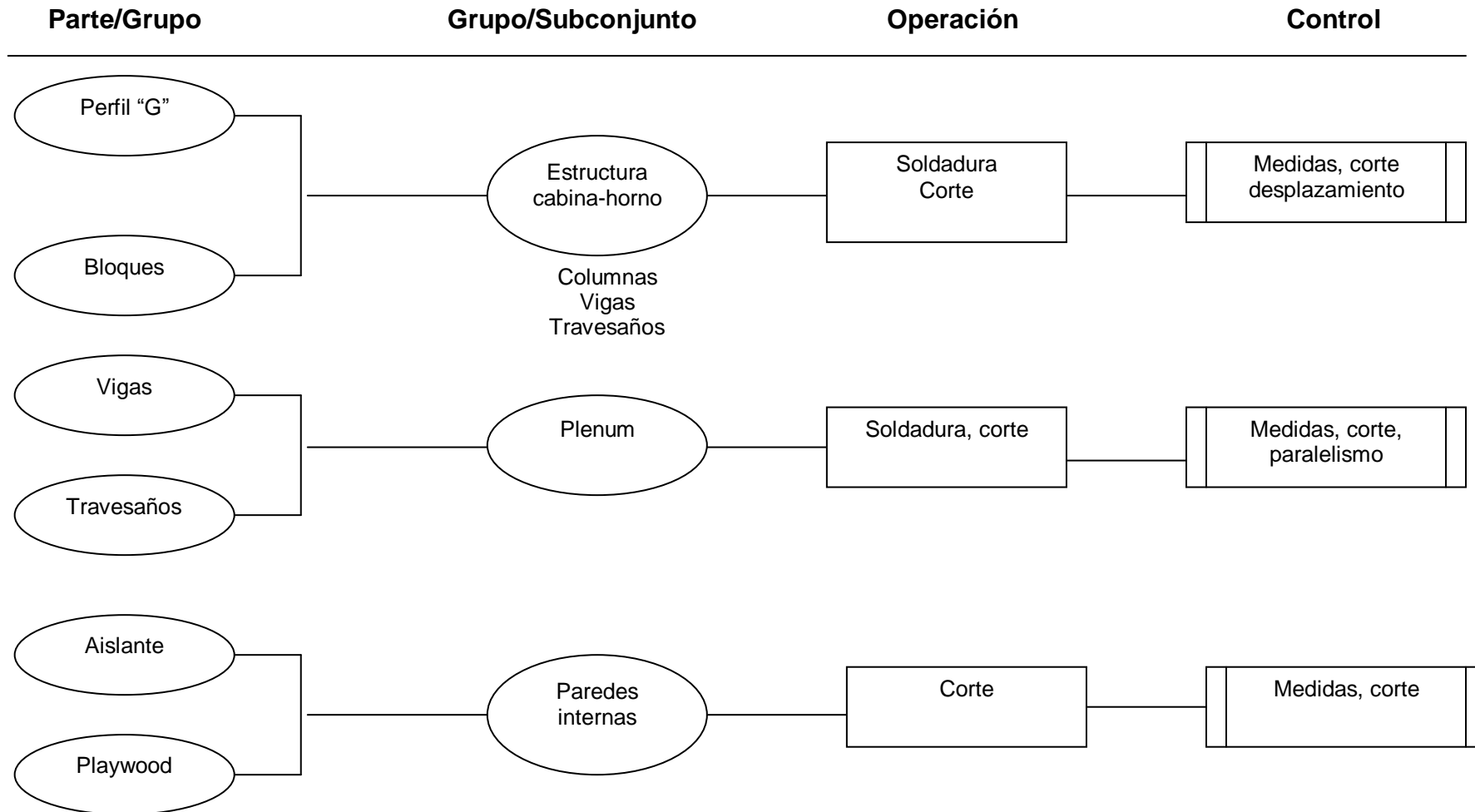
Luego de haber definido las dimensiones de la cabina-horno y seleccionado los materiales y equipos a utilizarse, la construcción sigue la secuencia que se señala a continuación.

1. Se debe tener en cuenta que las tres paredes laterales se encuentran construidas con bloque cruzado, teniendo como columnas perfiles de acero en “C”.
2. Se pica el piso de la cabina-horno que es de cemento, según las medidas para el escape del aire y gases.
3. Se corta perfiles en “C” para completar de armar la estructura soporte de la cabina. Se realiza la soldadura de los perfiles cortados con los perfiles existentes, para formar la estructura que soportará el plenum de la cabina-horno.
4. Se corta las planchas de acero galvanizado, según las medidas correspondientes, para a continuación ser dobladas y soldadas para dar lugar al plenum.
5. Para la construcción de los ductos deberemos basarnos en la “ASHRAE HANDBOOK – Equipment Volume” en donde se podrá encontrar el proceso de construcción detallado al máximo.
6. Cortar según las medidas adecuadas la “espuma flex” que será colocada como material aislante. Para su adhesión a las paredes se utiliza un material pegante como el cemento de contacto.
7. Para sujetar la “espuma flex” y protegerla del ambiente de trabajo se deberá recubrirla con planchas de “plywood” ya que además de ayudar a la sujeción del

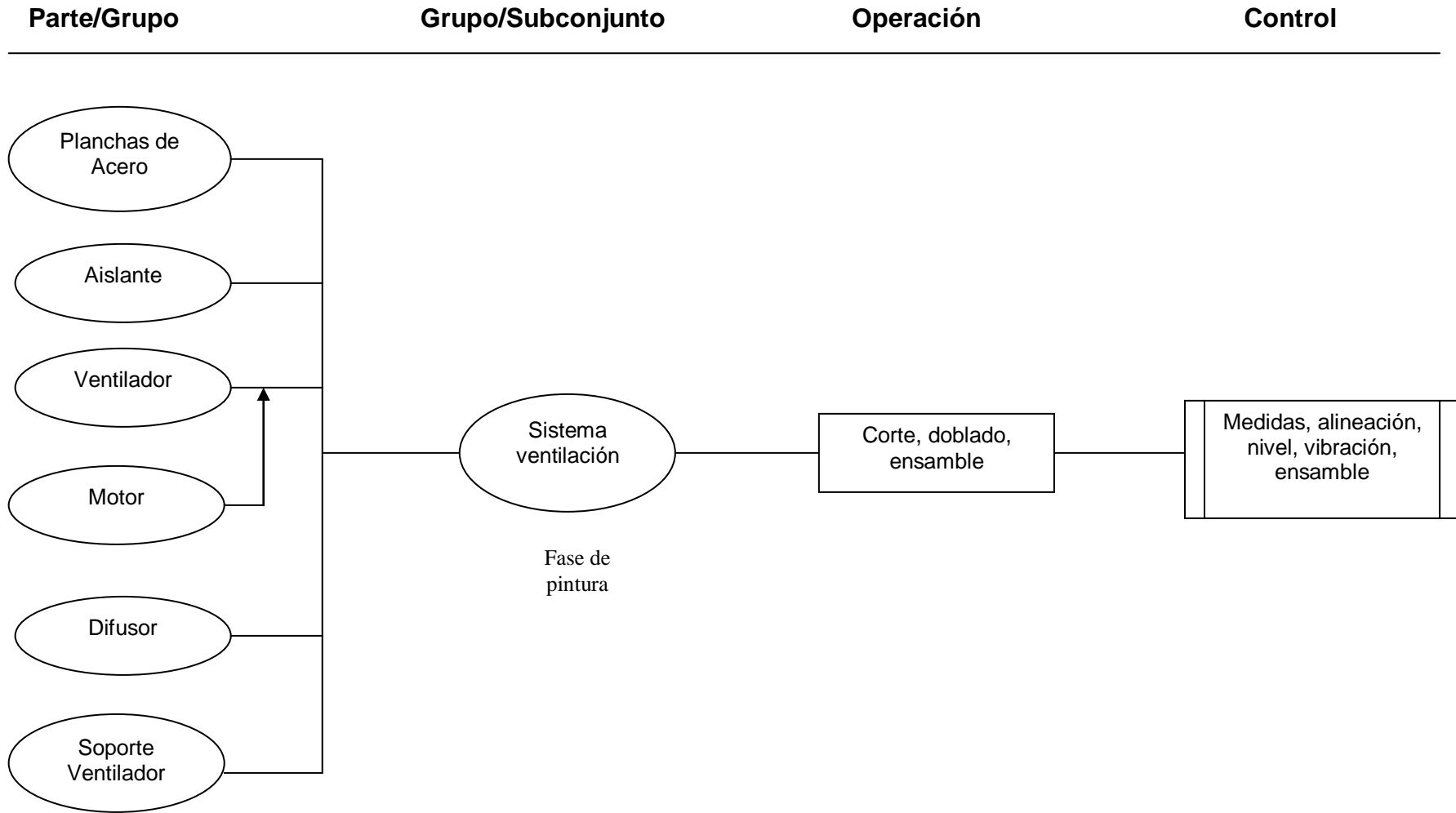
material aislante, colabora con la labor de transferencia de calor, las mismas que serán sujetadas con remaches pop y tornillos.

8. Se deberá tener cuidado de no provocar perdidas de calor en las uniones entre las planchas de playwood, estas deberán quedar unidas de forma hermética.
9. Para la construcción de la puerta de acceso, se utilizó tubo cuadrado de 1½” en su estructura principal. Para el recubrimiento se empleó acero galvanizado de 0,9 (mm) y en el interior lana de vidrio como material aislante. Además se debe dejar el espacio para dos ventanas, las mismas que serán fabricadas con vidrio templado.
10. Con bisagras de 1”x2” soldadas en las vigas del la estructura principal de la cabina se sostiene a la puerta.
11. El montaje de las resistencias eléctricas es muy sencillo, su ubicación es secuencial al ventilador de admisión y son sujetadas por medio de pernos al mismo ducto.
12. De igual manera el ventilador que nos proporciona la señal necesaria de la velocidad del viento en el ducto se instaló con pernos sujetos al ducto de ventilación.
13. Para la colocación de los filtros de aire a la salida del plenum, se colocó malla electrosoldada con varilla de ¼”, la cual estará sujeta por rieles, de tal manera que permita su fácil desmontaje con el fin de poder ser reemplazados periódicamente.
14. Se instalaron dos filas de lámparas fluorescentes, el cable para la alimentación eléctrica se llevó por medio de tubería “conduit” para su protección térmica y mecánica.
15. Se instalaron luego los sensores de temperatura. Se perforó con taladro manual y broca de 12 mm las paredes del horno en los lugares previstos para la ubicación de los mismos.

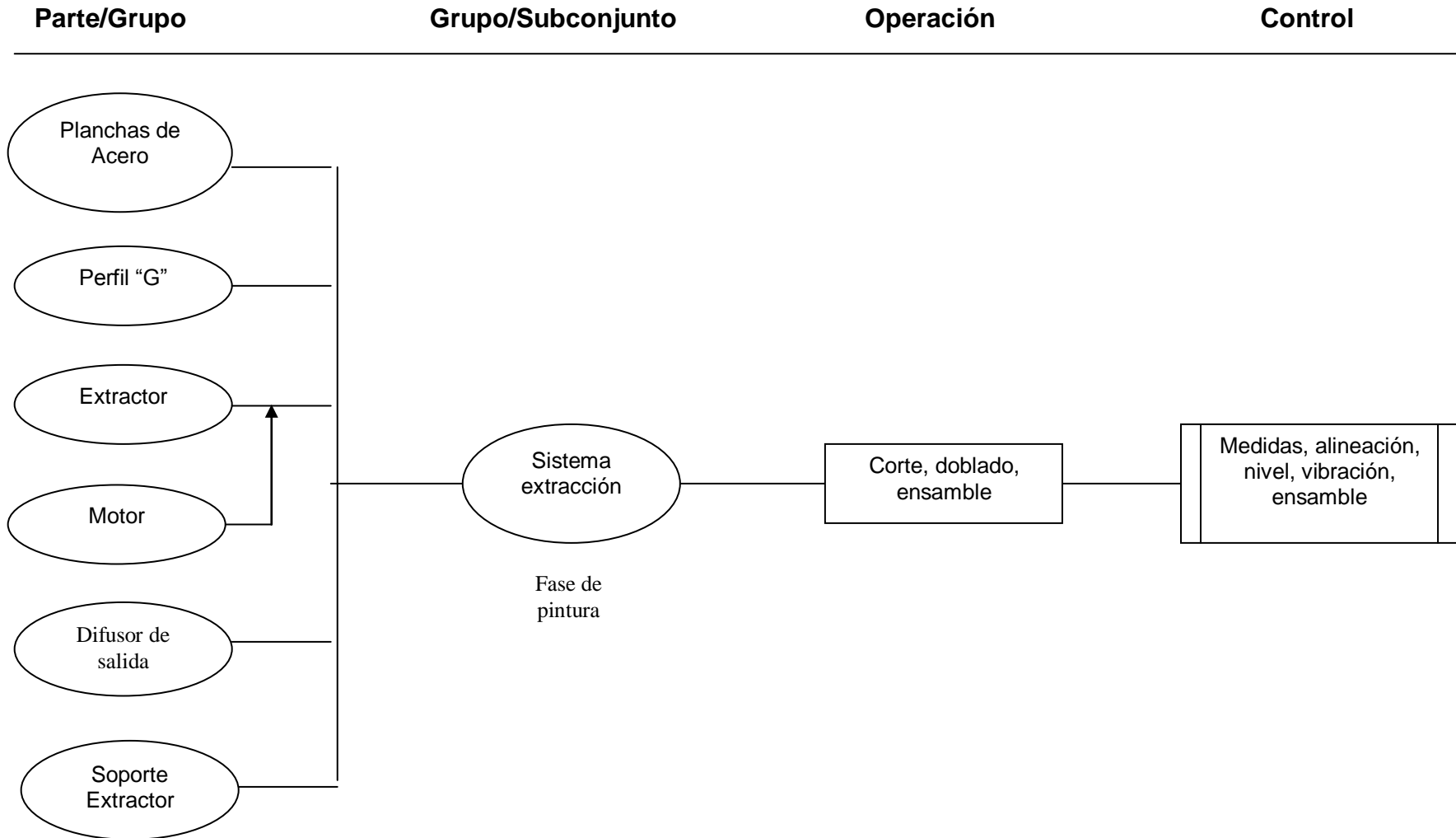
## 4.2 DIAGRAMAS DE MONTAJE.



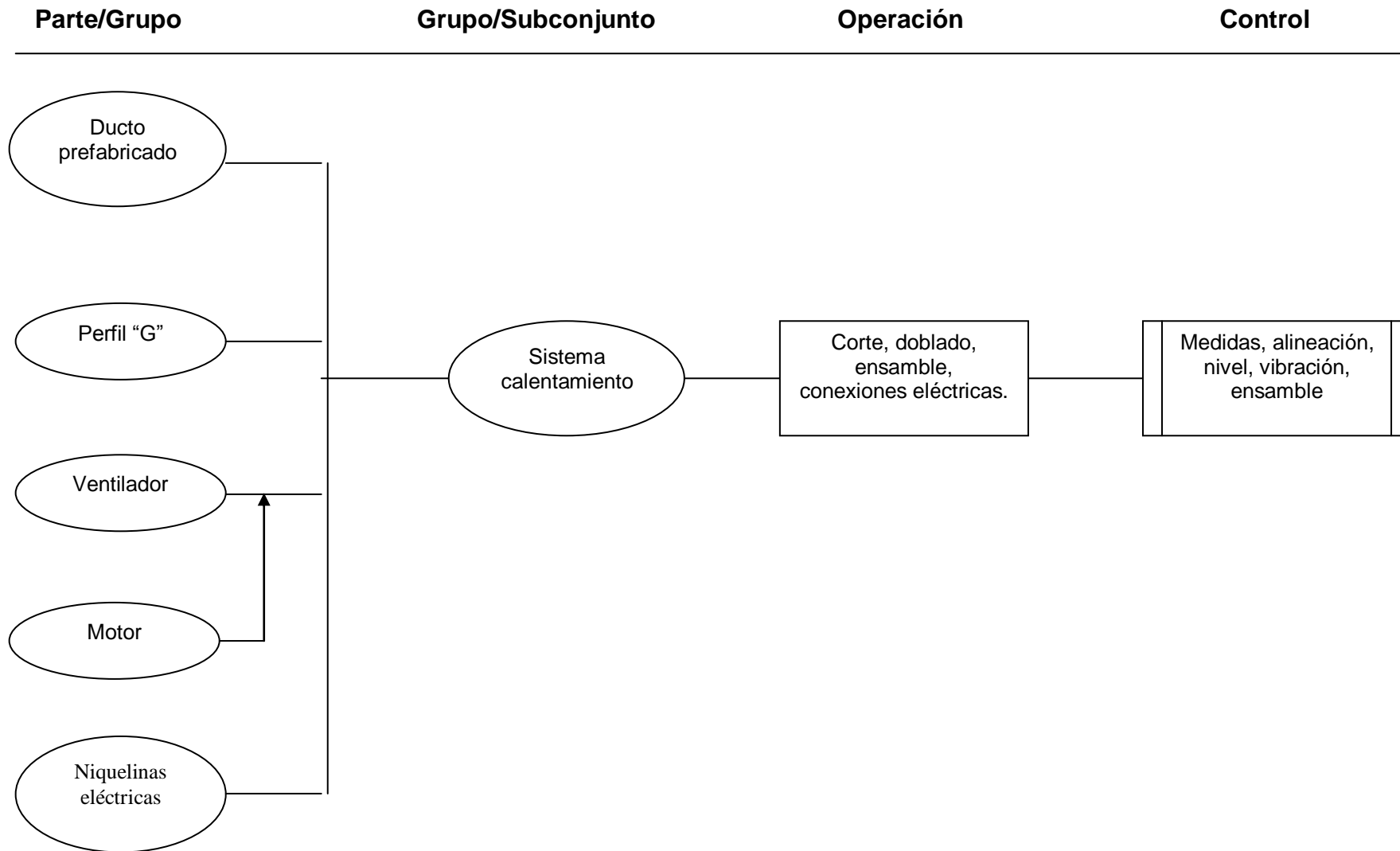
**Diagramas de montaje (continuación).**



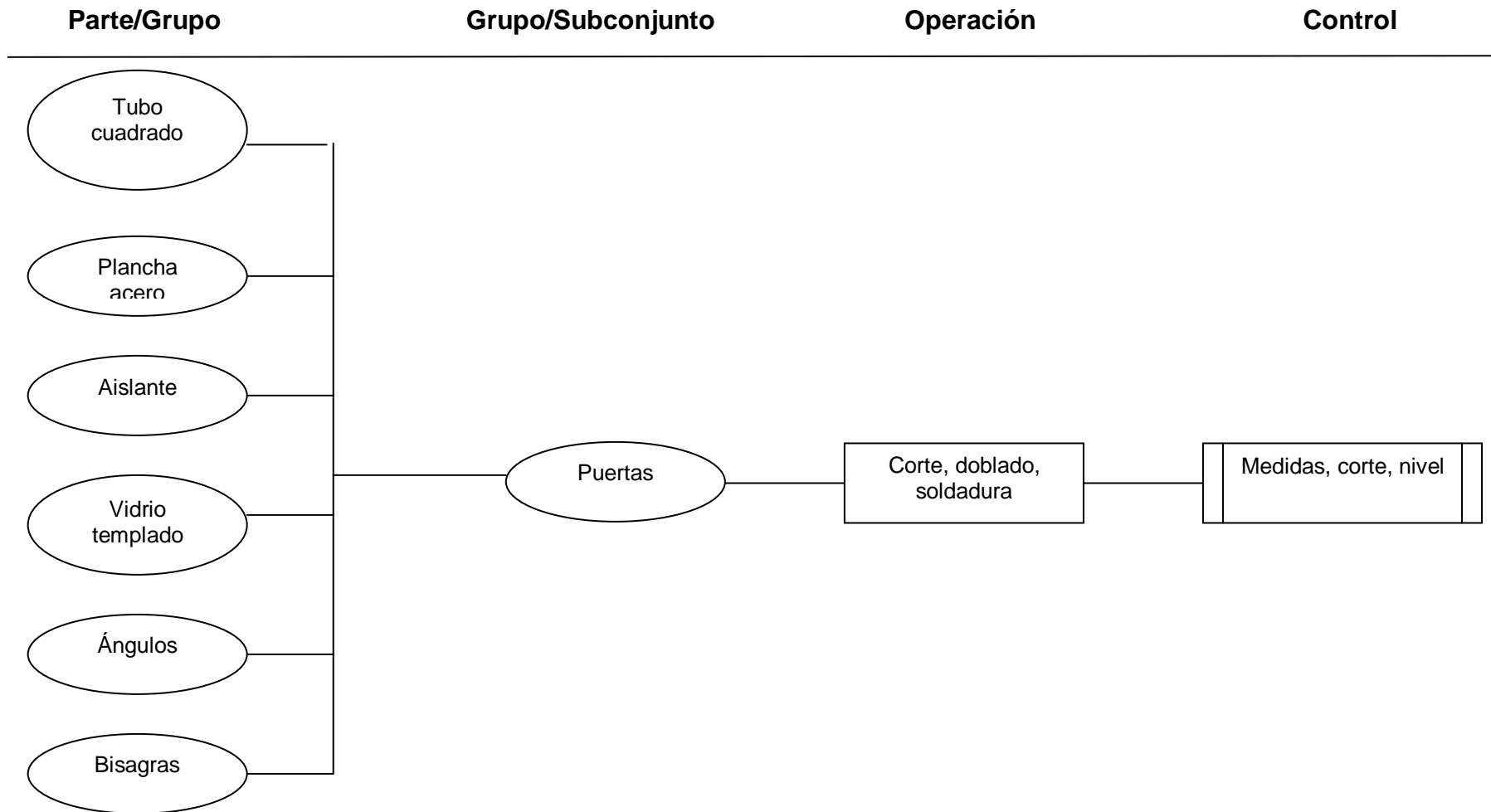
**Diagramas de montaje (continuación).**



**Diagramas de montaje (continuación).**

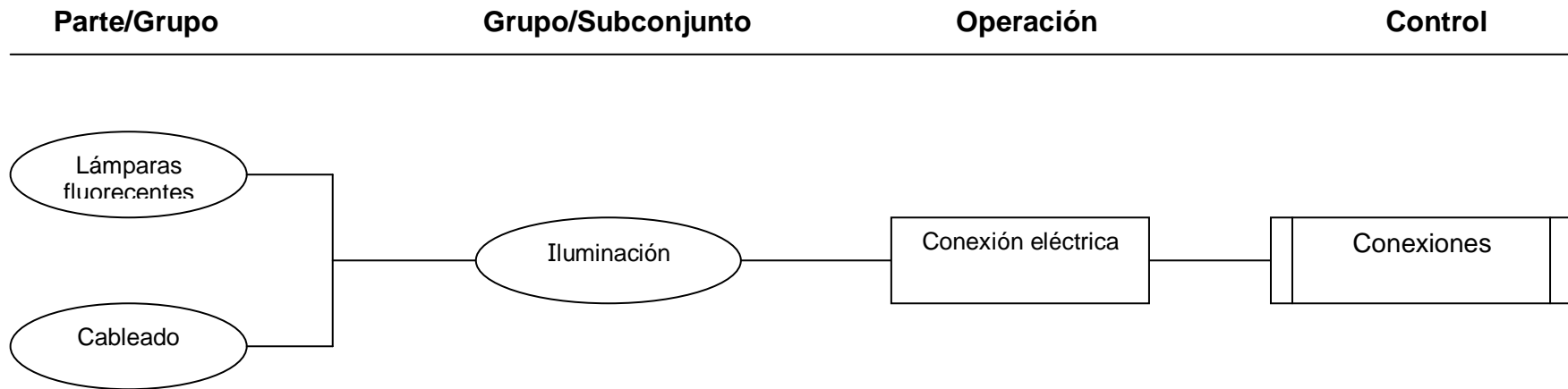


**Diagramas de montaje (continuación).**

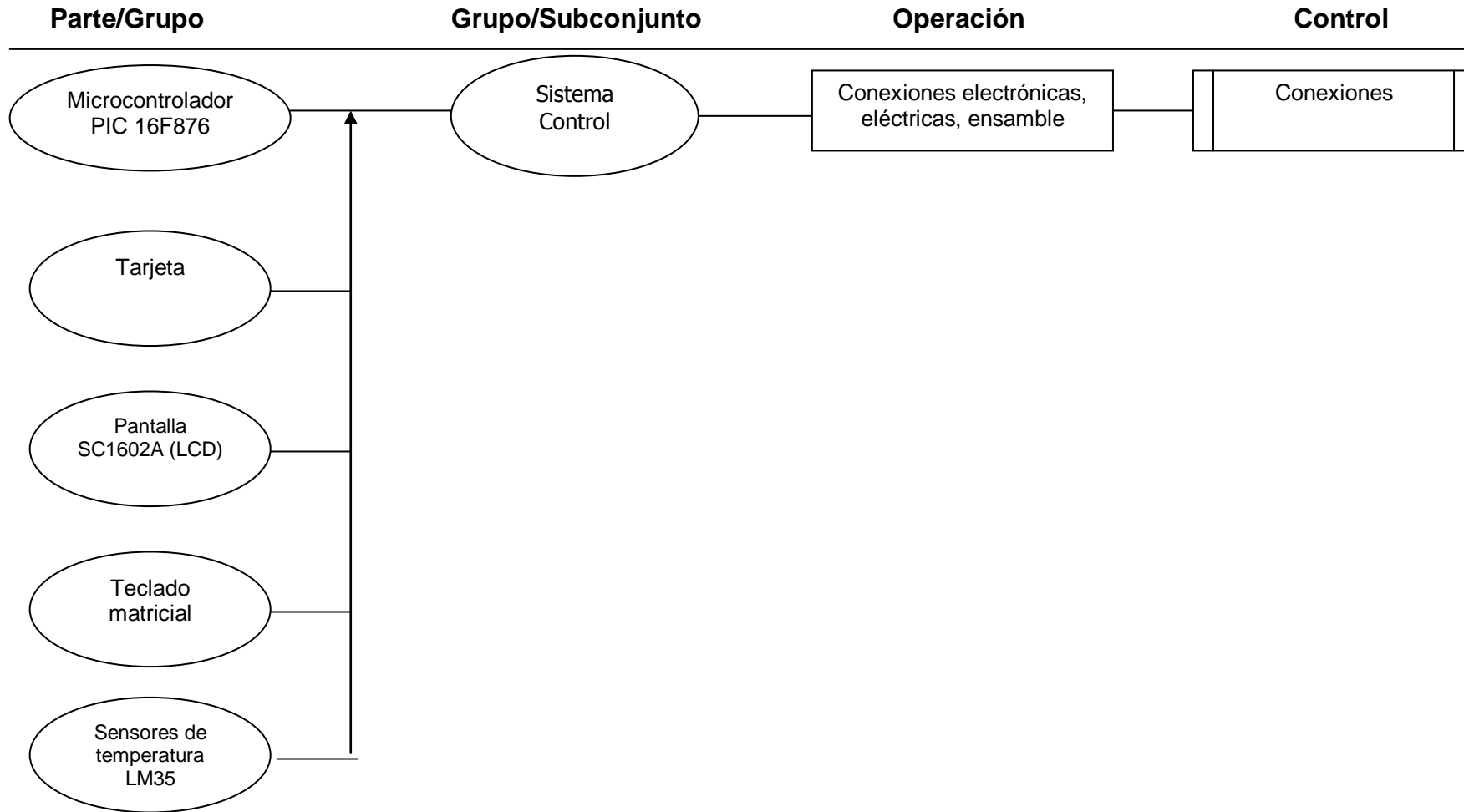




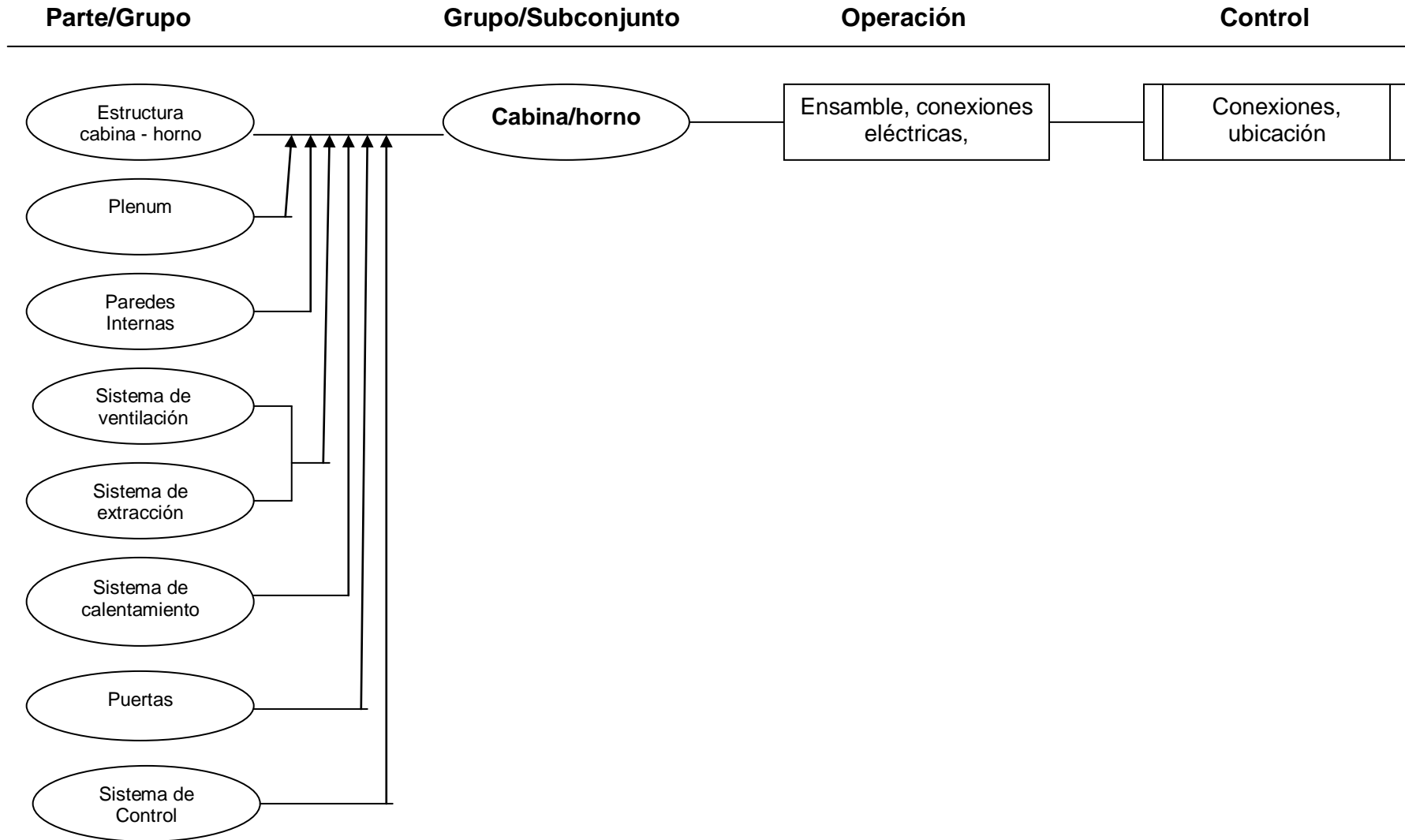
**Diagramas de montaje (continuación).**



**Diagramas de montaje (continuación).**



**Diagramas de montaje (continuación).**



### 4.3 HOJA DE PROCESOS.

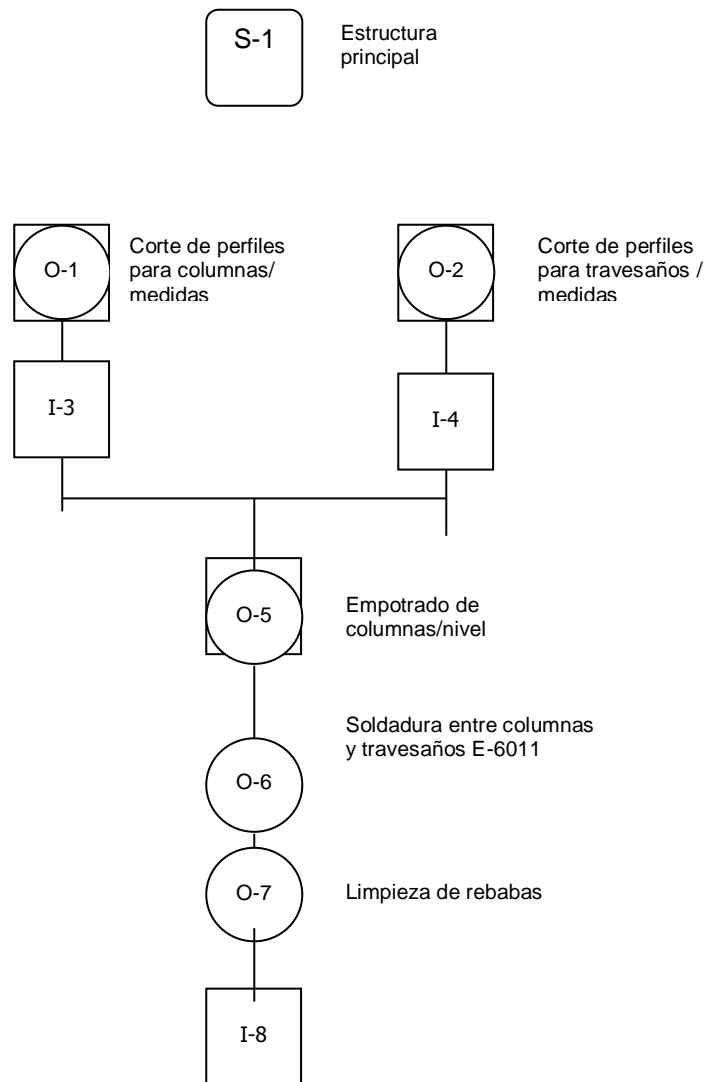
GRUPO SUBCONJUNTO	OPERACIÓN	MAQUINARIA HERRAMIENTA	MEDICIÓN CONTROL	TIEMPO (h)
Estructura	Corte de perfiles "G"	Sierra	Flexómetro Escuadra	4
	Empotrado de 6 perfiles "G"	Bailejo, pico, pala, carretilla	Nivel	8
	Soldadura de columnas con travesaños "G"	Soldadora amoladora	Escuadra Nivel	8
Plenum	Corte de ángulo, para formar estructura.	Sierra manual	Flexómetro	3
	Corte de planchas de acero	Cizalla, tijeras	Flexómetro	3
	Doblado de planchas de acero	Dobladora de acero	Flexómetro Escuadra	2
Paredes internas	Corte de material aislante (Espuma Flex)	Estilete	Flexómetro	2
	Corte de "Playwood" para sujeción de material	Serrucho	Flexómetro	4

	aislante.			
	Sujeción de “playwood” con tornillos	Taladro, destornillador	N/A	2
Sistema de ventilación	Ensamble ventilador	Llave inglesa	Escuadra	0,5
	Ensamble ducto para entrada de aire	Llave inglesa	Escuadra	1
Sistema de extracción	Ensamble extractor	Llave inglesa	Escuadra	0,5
	Ensamble ducto para salida de aire	Llave inglesa	Escuadra	1
Sistema de calentamiento	Empotrado de marco para ventilador	Bailejo	Escuadra	3
	Ensamble de ventilador	Llave inglesa		0,5
	Ensamble de niquelinas	Llave inglesa		0,5
	Colocación de cables hasta caja de control	Destornillador	Continuidad	4
	Colocación de ducto prefabricado para recirculación de aire		Nivel	5
Puertas	Corte de tubo cuadrado	Sierra	Flexómetro	2,5
	Soldadura de tubo cuadrado para estructura de puerta	Soldadora	Escuadra	3

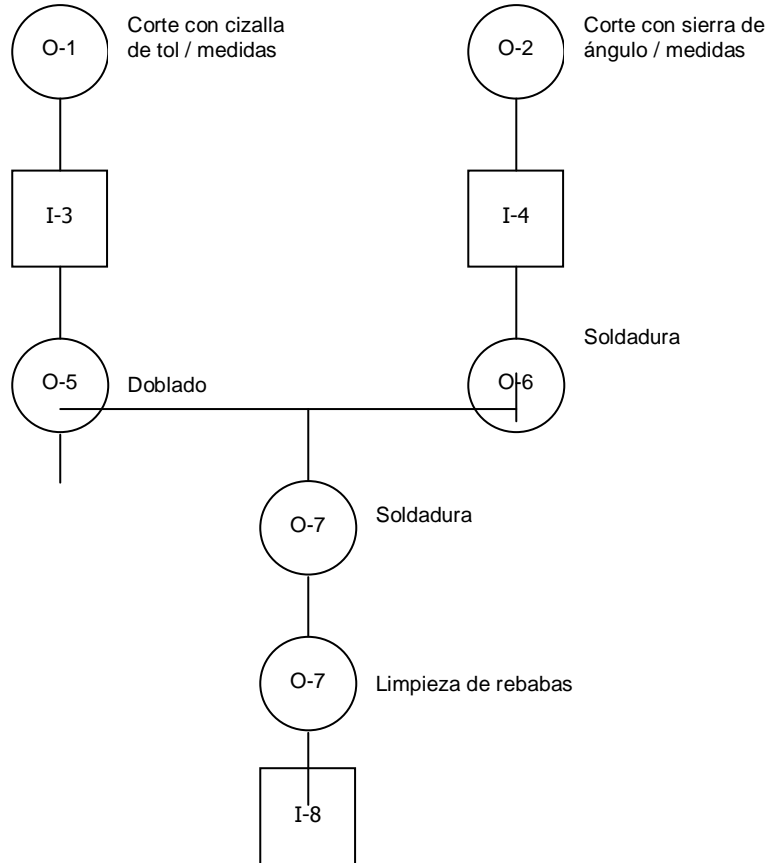
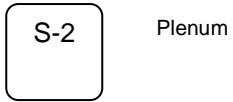
	Limpieza de rebabas	Amoladora	Flexómetro	0,5
	Pintura	Compresor, soplete		3
	Corte de planchas de acero galvanizado	Cizalla	Flexómetro	3
Puertas	Doblado de planchas de acero galvanizado	Dobladora de acero	Flexómetro	2
	Ensamble de ventanas	N/A		1
	Soldadura de tol a estructura de puerta	Soldadora	Flexómetro Insp. Visual	3
	Soldadura de bisagras	Soldadora	Flexómetro Insp. Visual	1
Iluminación	Colocación de cables para lámparas	Taladro Destornilladores		4
	Colocación de lámpara fluorescentes	Destornillador		3
	Conexiones eléctricas	Destornillador	Continuidad	3
Sistema de control	Perforado de paredes para paso de sensores	Taladro	Pruebas finales	1
	Colocación de sensores en interior de cabina	Pistola de silicona	Pruebas finales	0,5

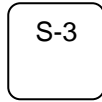
	Colocación de tablero con conexiones eléctricas	Taladro, destornillador	Pruebas finales	4
	Colocación de caja de control	Taladro, destornillador	Pruebas finales	3

#### 4.4 SECUENCIA DE OPERACIONES.





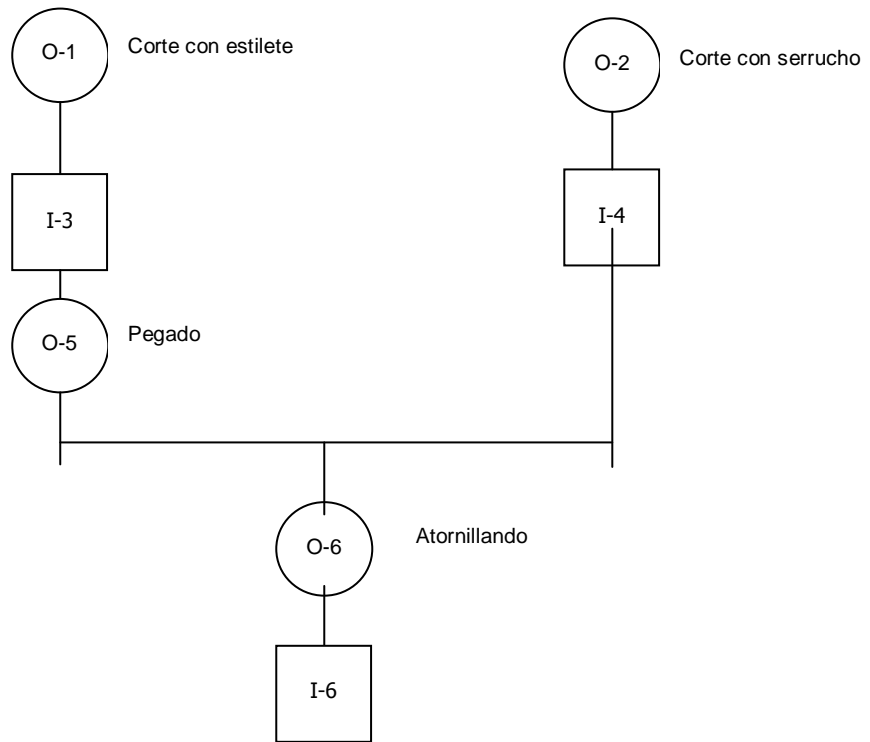




Paredes internas

Espuma flex

Madera (aglomerado tropical)

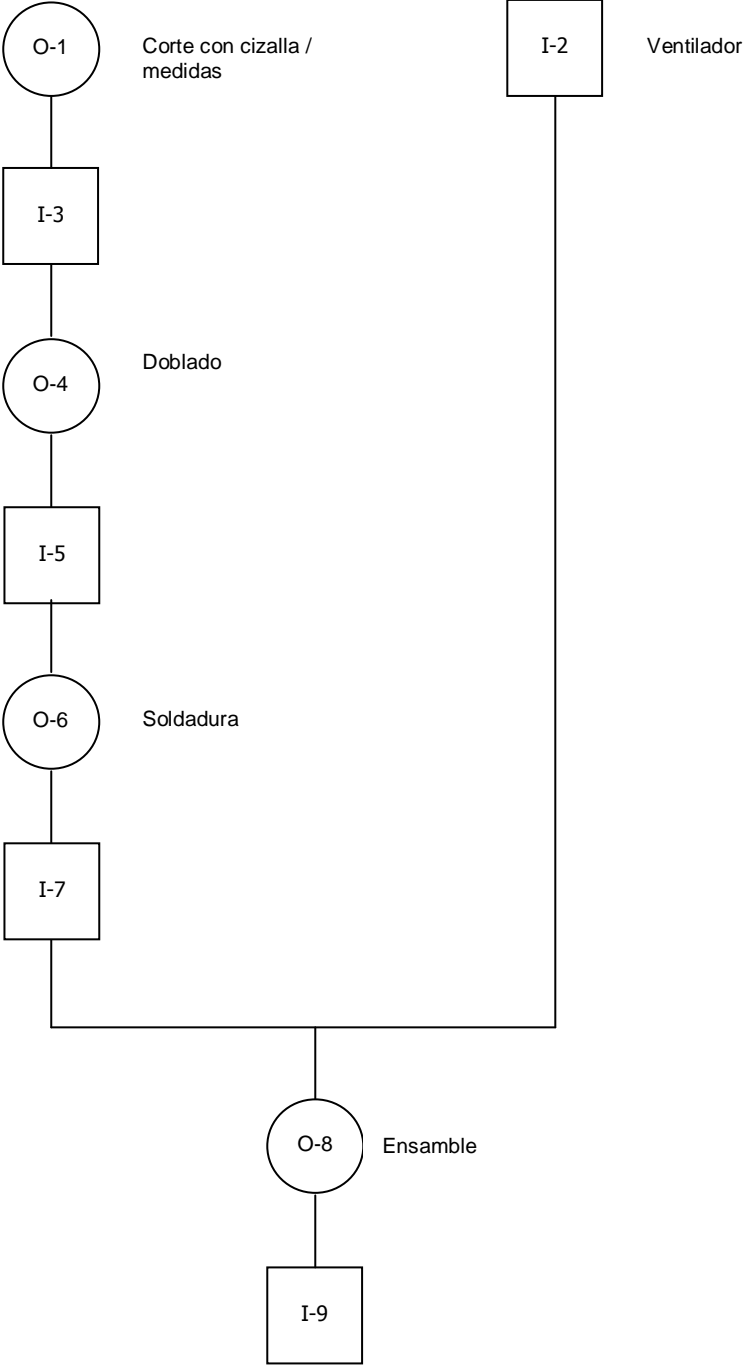




Sistema de ventilación

Acero galvanizado  
ANSI 3230

Ventilador

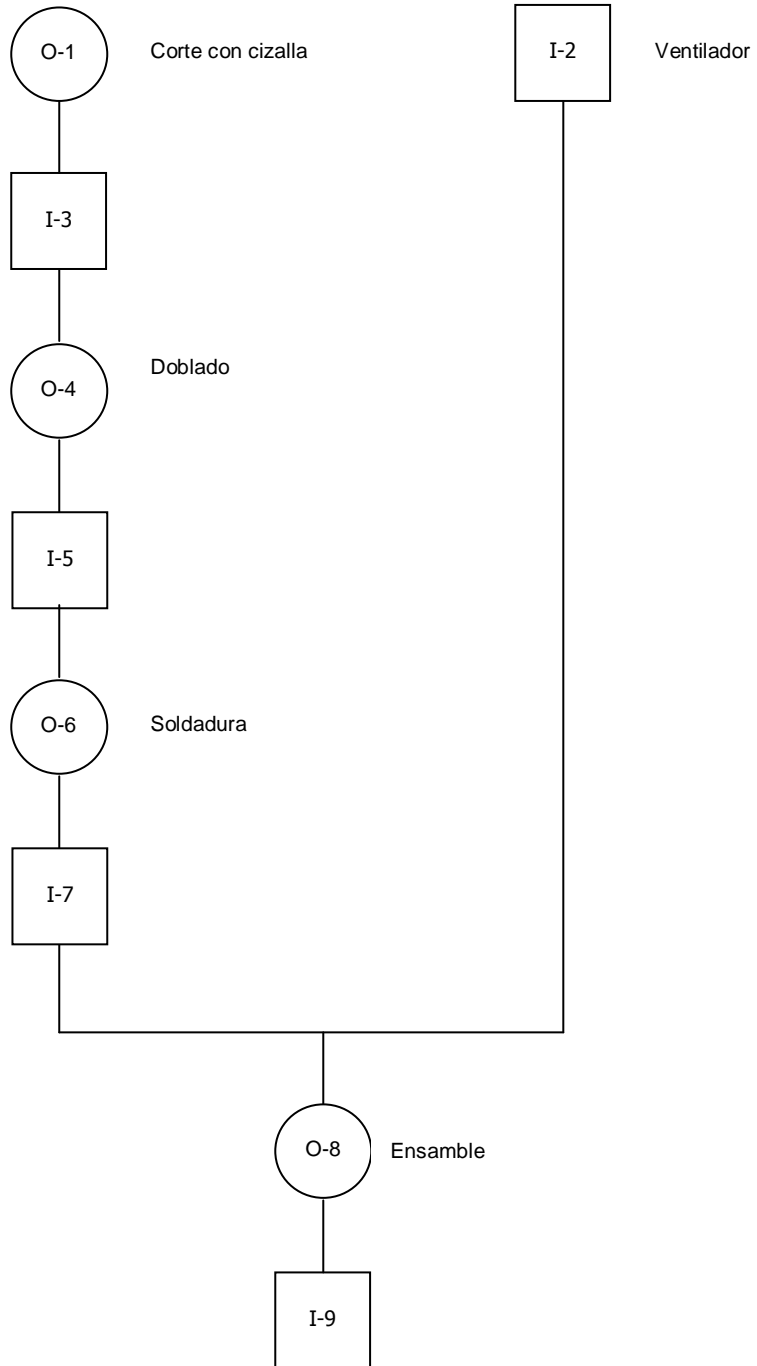


S-5

Sistema de extracción

Acero galvanizado  
ANSI 3230

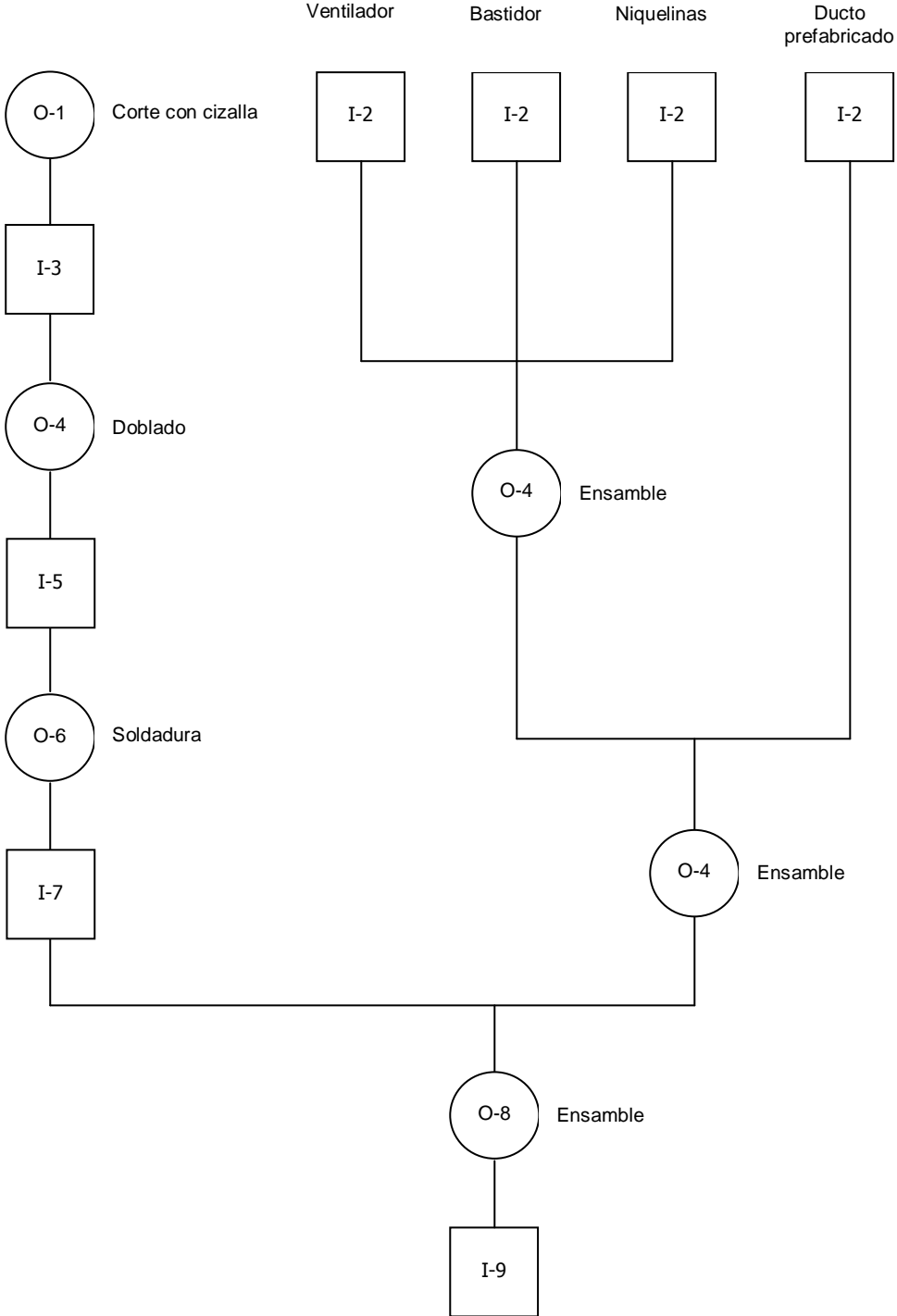
Extractor

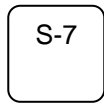




Sistema de calentamiento

Acero galvanizado  
ANSI 3230



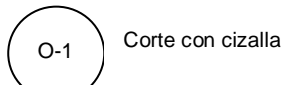


Puertas

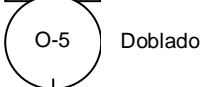
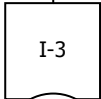
Acero galvanizado  
ANSI 3230

Tubo cuadrado  
40 x 1.2

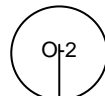
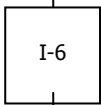
Vidrio templado



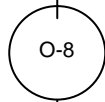
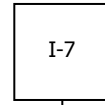
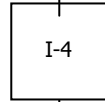
Corte con cizalla



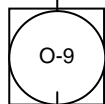
Doblado



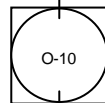
Corte con sierra



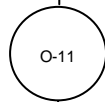
Soldadura  
E-6011



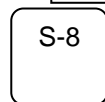
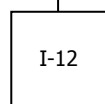
Limpieza de  
rebabas



Ensamble

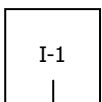


Pintura

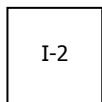


Sistema de  
control

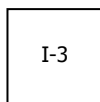
Tarjeta  
PSV



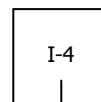
Pantalla de cristal  
líquido LCD



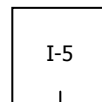
Teclado  
matricial

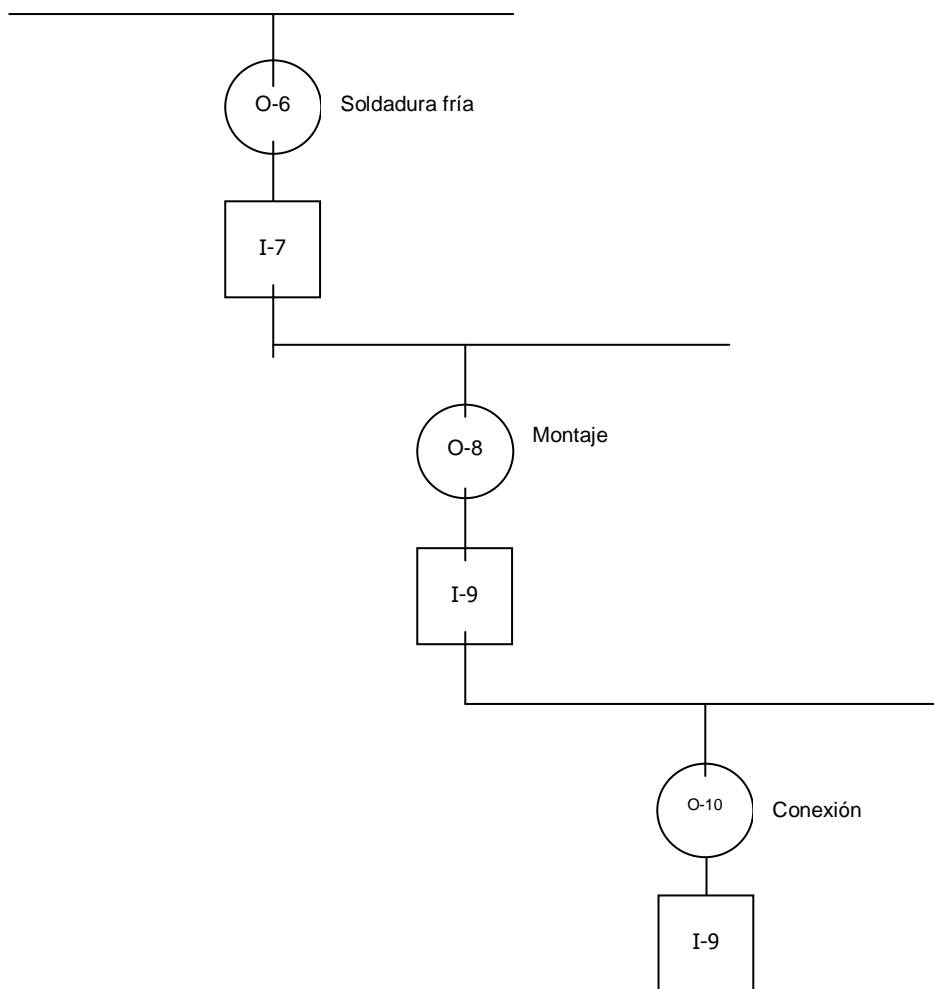


Caja de  
proyectos



Sensor de  
temperatura  
LM35





# CAPITULO V

## PRUEBAS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.

### 5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Por medio de las pruebas se podrá verificar el correcto funcionamiento de la cabina-horno, tanto en la etapa de pintado como en la etapa de secado. Para completar el período de pruebas y evaluación de resultados se verificó el funcionamiento de cada sistema, componente o parte por separado, estando cada uno de estos ya instalados.

- Sistema de ventilación, para el proceso de pintado
- Sistema de calentamiento, para el proceso de secado de pintura
- Sistema eléctrico y de control
- Aislamiento térmico
- Fugas de calor
- Flujo de aire en el interior de la cabina

#### 5.2.1 PRUEBAS SIN CARGA.

Estas pruebas tienen como objetivo principal el verificar el correcto funcionamiento de los sistemas, partes y componentes de la cabina-horno, estas pruebas fueron efectuadas una vez que las fases, tanto de pintado como el de secado, se encontraban listos para su operación normal.

#### 5.2.2 PRUEBAS CON CARGA.

Estas pruebas tuvieron como objetivo el verificar:

- Flujo interno
- Arrastre de partículas en el interior de la cabina
- Distribución de calor en el interior de la cabina
- Tiempo de secado de la pintura aplicada



Las pruebas se realizaron una vez que se concluyó la instalación de todo el sistema.

En la fase de pintura no se presentaron inconvenientes, ya que tanto el ventilador como el extractor de aire funcionaron sin inconvenientes y según los parámetros de diseño obtenidos se logró que las partículas de pintura no se adhieran (overspray) al vehículo o a las piezas a procesar, y sean arrastradas hacia el plenum posterior de filtrado.

Para la fase de secado las pruebas se realizaron con normalidad, una vez encendida la fase de secado, se encienden las niquelinas eléctricas y el ventilador de distribución al mismo tiempo, hasta que la temperatura del interior de la cabina sea igual a la temperatura seteada, para mantener la temperatura se instaló un relé de estado sólido por cada dos niquelinas, por lo cual cuando la temperatura empieza a sobrepasar la temperatura de seteo, el sistema de control desconecta un juego de resistencias según la necesidad, esto se puede verificar en la caja de control, donde se encuentran instalados los relés ya que cuentan con luces (leds) indicadores de encendido o apagado. Una vez concluido el tiempo de secado el ventilador de distribución permanece encendido por un lapso de tres minutos con el fin de enfriar las niquelinas que llegan a alcanzar temperaturas muy altas.

### 5.2.3 EFICIENCIA TÉRMICA DEL SISTEMA.

$$\eta = \frac{TT}{TR} * 100 \Rightarrow \eta = \frac{10}{11} * 100 = 90,90\%$$

**Donde:**

TR: Tiempo real de calentamiento

TT: Tiempo teórico de calentamiento

### 5.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

#### Tabla 5.1 Análisis de resultados.

<b>PARTE O SISTEMA</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LAS PRUEBAS SIN CARGA</b>
Cuerpo de la cabina-horno	<p>El problema que se pudo apreciar en esta parte del proyecto fue un acceso de agua en la parte superior de la cabina, causada el momento de cortar el techo para poder colocar el ducto de entrada de aire al plenum, lo cual fue solucionado colocando silicona en estos accesos.</p> <p>En cuanto a lo demás, no se presentaron problemas en esta parte del proyecto ya que el diseño estructural de la cabina fue realizado con un factor de seguridad adecuado, además que cuenta con el refuerzo de las paredes de bloque y cemento que forman parte de los límites del terreno.</p>
Puertas	<p>En esta parte del proyecto no se pudo tener un control exacto durante su construcción debido a que estas fueron construidas anteriormente. En las puertas se debió cambiar el vidrio, por un vidrio templado, además se sacó y colocó de nuevo las puertas a nivel ya que se encontraban muy desalineadas y por ende existían muchas fugas de aire. Además se colocó tiras de material aislante (caucho) con el fin de sellar la cabina.</p>
Sistema de ventilación y extracción	<p>Tanto los ventiladores de la fase de pintura como el ventilador para la fase de secado cuentan con una protección individual en caso de sobrevoltaje.</p> <p>Se verificó la correcta instalación de los ventiladores los cuales cuentan con soportes rígidos que brindan la respectiva protección mecánica a los mismos.</p>
Sistema eléctrico	<p>Para las instalaciones eléctricas se debió tener especial cuidado en la selección de los materiales tales como cable de aislamiento adecuado (para temperaturas elevadas). En cuanto al sistema de control no se encontró ninguna dificultad.</p>

Sistema de control	En el presente sistema se tuvo algunos problemas por la delicadez del microcontrolador, ya que en su primera compra llegó dañado, posteriormente se dañó durante su instalación, por lo cual se debe tener especial cuidado con los componentes de este sistema. Una vez instalado y funcionando no presentó falla alguna.
Resistencias eléctricas	El sistema de calentamiento y sus accesorios necesitan especial cuidado en los siguientes aspectos: 1. Fácil acceso hasta las resistencias para su mantenimiento y reemplazo en caso de ser necesario.

<b>PARTE O SISTEMA</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LAS PRUEBAS CON CARGA</b>
Cuerpo de la cabina-horno	La estructura de la cabina no presenta ningún tipo de complicaciones, el automóvil ingresa sin ningún inconveniente.
Puertas	Existen fugas de aire por la parte inferior de las puertas, por lo tanto se procede a colocar filos de caucho (barrederas) con el fin de sellar las fugas de aire.
Sistema de ventilación y extracción	Las partículas de pintura son arrastradas según lo esperado, por lo cual no tenemos inconvenientes en esta parte del sistema.
Sistema de calentamiento	Luego de haberse cumplido la fase de calentamiento o secado de pintura las niquelinas eléctricas quedan al rojo vivo, lo cual es un riesgo para su vida útil, por lo cual dentro de la programación en el sistema de control se proporcionará un lapso de 5 minutos para que el ventilador de secado se quede encendido, con el fin de enfriar las niquelinas. Durante las pruebas, para calentamiento se determinaron tiempos variables entre 10 y 15 minutos para llegar a la temperatura de operación, lo cual está dentro de los rangos de funcionamiento de la cabina.

Sistema de control	El sistema de control opera sin inconvenientes, luego de haberlos solucionado durante la etapa de diseño y construcción
--------------------	---

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO**

#### **6.1 ANTECEDENTES.**

Para el siguiente análisis financiero se ha tomado en cuenta los diferentes factores políticos, económicos y de mercado existentes en el país, dando así un enfoque tanto nacional como internacional.

#### **6.2 FACTORES EXTERNOS.**

Para definir los factores externos se ha tomado en cuenta que el proyecto tiene en su componente de fabricación partes importadas, partes de producción nacional y de adaptación propia de los fabricantes.

##### **6.2.1 FACTORES POLÍTICOS.**

Como es de conocimiento nacional el país está pasando por una inestabilidad política dada por la influencia del gobierno de turno en la toma de decisiones de políticas económicas que influyen en la generación de capital y de inversión extranjera. Al existir una relación directa con países que generan tecnología de punta es importante recalcar que a nivel sudamericano el Ecuador está pasando por una crisis generada por la pérdida de autonomía y señoreaje, que causa un excesivo incremento en los costos de fabricación tomando en cuenta que en los países vecinos por tener una economía propia no influenciada directamente por políticas económicas de países de primer mundo son capaces de devaluar su moneda y de renegociar la deuda externa que mantienen con otros países generando así costos de fabricación y de prestación de servicios más baratos.

##### **6.2.2 FACTORES ECONÓMICOS.**

Si es cierto el país ha iniciado una reactivación económica por la guerra que se está librando en el Medio Oriente y al ser un país que vive de la exportación de petróleo está recibiendo una

cantidad muy significativa sobre la que esperaban recibir en el presupuesto del estado por lo que se ha podido percibir obras internas en el país y un incremento en la compra por endeudamiento siendo así que el parque automotor se ha visto incrementado en un 70% dando al proyecto una oportunidad mas y un mercado mas grande para atacar.

En la actualidad la cultura de la utilización de seguros ha ido incrementando lo que ha generado una oportunidad para la facilitación del arreglo y mejoramiento vehicular, con lo que el proyecto se ve beneficiado ya que al existir una cantidad representativa de vehículos nuevos que necesitan de tecnología de punta para un perfecto acabado

### **6.2.3 FACTOR SOCIAL.**

El estado ecuatoriano en la actualidad ejecuta proyectos para la reactivación y la capacitación de micro empresas donde se beneficia a personas con escasos recursos y empresas que tienen bajas inversiones, el proyecto se encuentra estipulado entre las medianas empresas. En la actualidad el común general de personas causan un efecto de duplicación vehicular ya que al tener más facilidades de endeudamiento estas personas compran autos nuevos y dejan una gran cantidad de espacio para la venta de autos usados a menor valor dando oportunidad a personas de recursos medios y bajos para la compra de vehículos de segunda mano.

El proyecto se beneficia con esto ya que es un comportamiento natural el tratar de mejora al auto usado cambiando de pintura o retocando al auto para su mejor presentación.

## **6.3 FACTORES INTERNOS.**

### **6.3.1 FACTOR TECNOLÓGICO.**

Para el proyecto es muy importante este factor ya que el mismo nace de la evolución tecnológica en el campo de la mecánica automotriz y poniendo en evidencia la necesidad y la eficiencia de la electrónica en campos de control.

### **6.3.2 FACTOR ECONÓMICO.**

El proyecto cuenta con el financiamiento total por parte de la empresa auspiciante por lo tanto es una ventaja competitiva ya que no genera gastos financieros ni amortizaciones de deudas o activos pasivos dando así la oportunidad de manejar estrategias de venta y promoción.

## **6.4 COSTOS DE INVERSIÓN PRODUCCIÓN Y EJECUCIÓN.**

A continuación se presentan los rubros que formaron parte de la implementación del sistema en las instalaciones del taller. Estos costos se encuentran subdivididos en costos de materiales, mano de obra y otros costos como se detalla en el presente capítulo.

#### **6.4.1 MATERIALES**

En la siguiente tabla se presentan los costos de los materiales utilizados para la realización del presente proyecto.

**Tabla 6.1 Materiales y Equipos Utilizados.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario USD</b>	<b>Valor Total USD</b>
Varilla 8 mm	1,00	3,75	3,75
Disco Bellota	1,00	1,95	1,95
Laca	2,00	4,00	8,00
Cemento	1,00	5,40	5,40
Pintura	1,00	240,00	240,00
Distribuidores	1,00	100,00	100,00
Megafrío	1,00	100,00	100,00
Broca 1/4	1,00	0,67	0,67
Material pequeño	1,00	33,00	33,00
Material Eléctrico	1,00	250,00	250,00
Madera	1,00	400,00	400,00
Cemento gris lb	10,00	0,15	1,50
Masilla	3,00	0,50	1,50
tiras de Madera	58,00	1,00	58,00
Brea	1,00	6,00	6,00
pedazo de Tol	1,00	6,00	6,00
Pintura de piso Gl	2,00	15,00	30,00
Platina 4 x 1/4 m	2,00	5,50	11,00
Pistola	1,00	17,00	17,00
Nivel	1,00	6,80	6,80
Lámpara	1,00	4,50	4,50
Remaches 5/32x1/2	100,00	0,01	0,75
Disco Piedra	1,00	1,90	1,90
Electrodos 60-11	2,00	1,20	2,40
Discos Diamante	2,00	1,25	2,50
Discos Norton	1,00	4,00	4,00
Discos Diamante	2,00	1,25	2,50
Electrodos (lb)	4,00	1,40	5,60
Vidrio Soldar	1,00	0,35	0,35
Electrodos 3/32	2,00	1,30	2,60
Electrodos 1/8	2,00	1,10	2,20
Clavos 2"	2,00	0,55	1,10
Clavos 1"	2,00	0,70	1,40
Silicón	5,00	2,20	11,00

Varillas Ac inox	50,00	0,80	40,00
Electrodos funda	1,00	12,00	12,00
Sierras sandflex	2,00	1,35	2,70
Pernos 5/16 x 1	50,00	0,10	5,00
Lija	2,00	0,40	0,80
Electrodos lb	4,00	1,10	4,40
Electrodos lb	2,00	1,20	2,40
Malla	4,00	1,80	7,20
Pernos 1/2 x 5	8,00	0,25	2,00
Isarcol GI	1,00	8,20	8,20
Tornillos 5/8 x 4	10,00	0,03	0,30
Silicón	5,00	2,20	11,00
Grasa	2,00	1,00	2,00
Lija	10,00	0,35	3,50
Varilla	2,00	8,00	16,00
Bloques	40,00	0,50	20,00
Arena y Ripio	1,00	15,00	15,00
Materiales	1,00	45,00	45,00
Cemento	4,00	5,00	20,00
Ladrillos	20,00	0,33	6,50
Arena y Ripio	1,00	6,00	6,00
Ladrillos	30,00	0,30	9,00
Arena y Ripio	1,00	6,00	6,00
Ladrillos	20,00	0,30	6,00
Discos	2,00	2,00	4,00
Discos	1,00	2,00	2,00
cemento	1,00	3,00	3,00
Cemento	4,00	5,63	22,52
Vidrio templado	4,00	22,50	90,00
Alambre amarre	2,00	0,60	1,20
Acelerante GI	1,00	3,65	3,65
Varillas	4,00	8,40	33,60
Pingos	3,00	0,60	1,80
Tablas monte	5,00	1,00	5,00
Sikaflex	2,00	9,00	18,00
Tool 1.2 mm	2,00	34,50	69,00
Correa G100x50x15 3mm	1,00	28,19	28,19



Malla	12,00	2,00	24,00
Angulo 1 1/4x3/16	5,00	9,00	45,00
Correa G100x50x15 3mm	1,00	28,81	28,81
Varilla 12x12	2,00	8,28	16,56
Varilla 10x12	5,00	5,50	27,50
Angulo 1 1/4x1/8	5,00	6,80	34,00
Tool 0,7	1,00	24,10	23,10
Tool 1,10	6,00	30,00	180,00
Angulo 1 1/2x3/16	4,00	13,50	54,00
Angulo 2 1/2x1/4	2,00	34,00	68,00
Correa G100x50x15 3mm	3,00	28,00	84,00
Correa G125x50x15 3mm	2,00	67,19	134,38
Extractor	2,00	455,00	910,00
Ventilador	1,00	271,60	271,60
Pernos 5/16 x 1 1/4	50,00	0,05	2,50
Rodela PI 5/16	50,00	0,05	2,50
Rodela Pr 5/16	50,00	0,06	3,00
Cemento	1,00	5,63	5,63
Varilla	2,00	3,68	7,36
Felpa	8,00	3,00	24,00
Tool Galv	1,00	20,96	20,96
filtro (pelon)	12,00	1,00	12,00
Cauchos	1,00	6,35	6,35
espumaflex	35,00	4,50	157,50
Clavos	7,00	0,07	0,49
Angulo	2,00	13,43	26,86
Cauchos	1,00	37,20	37,20
Tool Galv	3,00	21,33	64,00
bloques y más para paredes	1,00	650,00	650,00
resistencias y equipo de control	1,00	700,00	700,00
		Total =	<b>5477,63</b>

#### 6.4.2 MANO DE OBRA.

**Tabla 6.2 Costo de Mano de Obra y materiales utilizados.**

Descripción	Total USD
Construcción de paredes	350,00
Obra civil	112,00
pique de paredes	31,00
construcción ductos internos	145,00
Construcción estructural 1	250,00
Construcción estructural 2: Montaje estructural, construcción de ductos, montaje ductos, pintura de paredes, piso, puerta y accesorios, arreglo puerta, techo	643,50
corte y montaje de aislamiento y madera	110,00
instalación de vidrios	2,00
instalaciones eléctricas	77,00
<b>Total =</b>	<b>1720,50</b>

#### 6.4.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

Tabla 6.3 Costo Total.

Descripción	USD
Materiales	5477,629
Mano de obra y otros	1720,50
<b>Total =</b>	<b>7198,13</b>

#### 6.4.4 COSTO DE DISEÑO Y COORDINACIÓN.

Para el proyecto se ha tomado como base la tasa activa del sistema financiero e información de ingenieros activos que ejercen en el campo del diseño y ejecución de este tipo de proyectos dando así que el valor justo para estudiantes de tesis sería un 30% del total de la inversión ya que se trata de dos egresados de ingeniería y que el costo aproximado de un trabajo de este tipo rebasaría los USD 15.000 dólares americanos en su totalidad.

Tabla 6.4 Costo de Diseño e Ingeniería

Rubro	USD
Diseño e Ingeniería	2159,4387
<b>Total =</b>	<b>2159,44</b>

**Tabla 6.5 Costo Total y Final**

Rubro	USD
Costo preliminar	7198,13
Diseño e Ingeniería	2159,44
<b>Total final =</b>	<b>9357,57</b>

## 6.5 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

### 6.5.1 DEPRECIACIÓN

Para estimar la depreciación del proyecto se utiliza el método de depreciación directa.

Para este método se toma en cuenta la depreciación de materiales y equipos en 10 años, por lo tanto:

$$Depreciacion = \frac{Total\ final}{10\ años} = 935,76\ USD/ANO$$

La recuperación del valor del proyecto se dará por la disminución del tiempo en la aplicación de pintura en la carrocería de los autos, debido a que este se realizaba en el medio ambiente libre, lo cual acarrea problemas de polvo, tierra, partículas que se adherían a la pintura y no permitían el buen acabado de la misma y secado de la pintura; lo cual generaba un desperdicio considerable en cuanto a mano de obra, tiempo y materiales utilizados.

Con un costo de mano de obra necesaria para el pintado de 70 [USD/sem], por una semana de trabajo del pintor. El costo por el uso de la Cabina-Horno es de 430 USD/pintada, más el costo de materiales tales como pintura, fondo, masilla, lija, etc., cuyo costo asciende a 200 USD.

Se realiza por lo menos 1 pintada a la semana con un costo promedio de 700

USD/semana y el ingreso total anual por el pintado de 52 autos sería de 36400 USD/año. El costo de utilización de la Cabina-Horno está relacionado directamente con el costo del Kwh utilizado, en la siguiente tabla se detalla los valores.

**Tabla 6.6 Costo de energía por utilización de la cabina**

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>
Valor de energía eléctrica trifásica por hora	0,07 USD/KW-h
Tiempo de uso de las resistencias	35 min
Potencia de las resistencias	9,00 KW
Costo de energía trifásica	16,20 USD
Valor energía eléctrica monofásica en una hora	0,08 USD/KW-h
Tiempo de uso del ventilador, extractor, compresor e iluminación	60 min
Tempo de uso del ventilador de las resistencias	35 min
Potencia total del ventilador, extractor, compresor e iluminación ventilador de las resistencias	2,48 KW
Costo de energía monofásica	1,88 USD
<b>TOTAL</b>	<b>18,08 USD</b>

Si se tiene como base cuatro clientes por mes, que deseen repintar por completo su vehículo, el costo es de 72,32 USD por mes.

Para determinar el tiempo de retorno se considera que el dinero destinado para el proyecto se coloca en un banco que genera intereses anuales durante el tiempo de recuperación y así, este valor se divide para la utilización del Cabina-Horno anual, para la pintada de vehículos.

En la tabla 6.7 se detallan los parámetros y valores para el cálculo del tiempo de retorno de la inversión.

**Tabla 6.7 Parámetros para cálculo del tiempo de retorno de la inversión.**

Descripción	USD
Inversión del proyecto	9357,57
Costo de energía por utilización de la Cabina-Horno (anual)	940,32
Interés Bancario Anual	20,00%
Interés anual del proyecto	1871,51 USD

Por lo tanto el costo total del proyecto más interés anual del proyecto es de **11229,08 USD.**

## 6.6 AHORRO POR USO DE LA CABINA - HORNO ANUALMENTE.

$$Ahorro = CPA - CE - CAMO - CAM$$

Donde:

Ahorro por uso de la Cabina-Horno

CPA = Costo por pintada anual

CE = Costo de energía por utilización de la Cabina-Horno (anual)

CAMO = Costo anual mano de obra

CAM = Costo anual de materiales.

Ahorro por uso de la Cabina-Horno = 21419,68 USD/año

Tiempo de retorno

$$\text{Tiempo de Retorno} = \frac{\text{Inversión del proyecto} + \text{Interés anual del proyecto}}{\text{Ahorro por uso de la Cabina - Horno}}$$

Tiempo de retorno = 0,52 años

**Tiempo de retorno = 6,29 meses**

## 6.7 LAS FUNCIONES VAN Y TIR.

### 6.7.1 VAN

Con los datos obtenidos, con un desembolso inicial de 9357,57 USD y según las estimaciones efectuadas, que nos ha proporcionado un rendimiento durante 1 año de 21419,68 USD.

La tasa anual de descuento del proyecto es del 10,00%

**VAN= - Inversión inicial + VNA(tasa;valor1;valor2;valor3)**

**VAN = 10114,87 USD**

Esto nos demuestra lo atractivo que es el presente proyecto, considerando que la tasa pasiva en el mercado financiero nacional bordea el 8% de interés anual.

### 6.7.2 TIR.

Devuelve la tasa interna de retorno de los flujos de caja, que deben ocurrir en intervalos regulares, como meses o años. La TIR es el tipo de interés que anula el VAN de una inversión. Si la TIR es superior a la tasa de descuento la inversión será rentable.

La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por un proyecto de inversión con pagos (valores negativos) e ingresos (valores positivos) que ocurren en períodos regulares.

TIR(valores) siendo valores el rango de celdas que contienen la inversión inicial y los rendimientos de los n períodos.

Para el presente proyecto, estimamos una inversión inicial de 9357,57 USD que proporciona un rendimiento durante 1 año de 21419,68 USD/año, con lo cual se obtiene una Tasa Interna de Retorno de la inversión después de un año 129%, esto demuestra la factibilidad financiera del proyecto realizado.

## 6.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

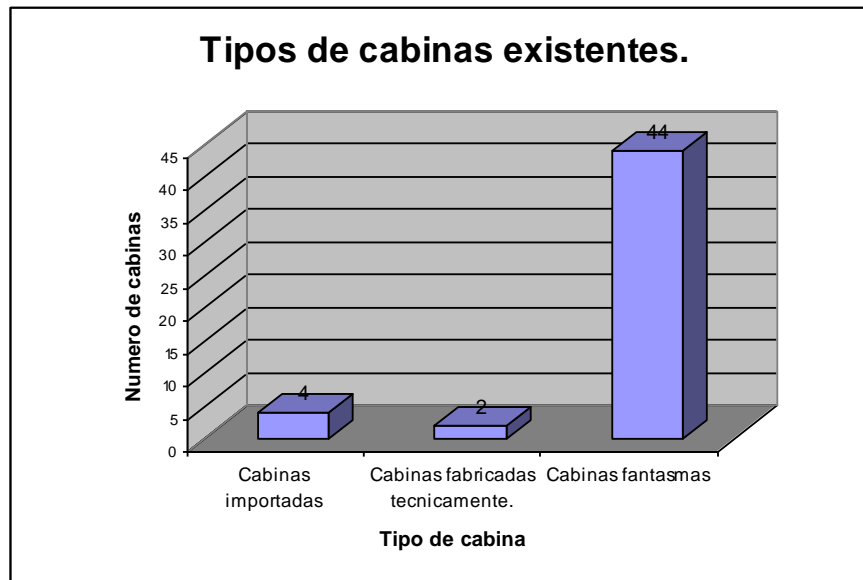
Como se aprecia en todos los numerales incluidos en el presente capítulo, se demuestra que tomando en cuenta los gastos totales y de cumplirse las estimaciones de ventas y costos, los resultados previstos serán altamente rendidores para sus accionistas y de igual manera sumamente atractivas para inversionistas.

# CAPÍTULO VII

## COLCUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES.

1. Se ha logrado cumplir con el objetivo principal de diseñar e implementar una cabina-horno para el repintado de vehículos, que opere de manera eficiente y además cuente con un control automático adecuado.
2. La cabina es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad.
3. La cabina aporta ventajas que garantizan un acabado perfecto, además representa una ventaja desde el punto de vista medio ambiental, se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's), y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas.
4. La circulación forzada de aire, vertical y hacia a bajo, es la encargada de arrastrar los restos de pulverización aerográfica.
5. Es fundamental, la recirculación de aire, para la fase de secado de pintura, ya que sin ella no se alcanza a obtener la temperatura de secado deseada.
6. No fue necesario la utilización de deflectores para la distribución uniforme del aire en el interior de la cabina.
7. El volumen de aire introducido es algo superior al de aire extraído, de manera que se crea una ligera sobrepresión en la cabina que tiene como consecuencia una corriente de salida de aire desde la cabina hacia el exterior a través de las juntas, cierres, incluso al abrir la puerta, ya que si fuese en sentido inverso entraría aire sin filtrar con partículas de polvo y pintura de las operaciones adyacentes a la cabina de pintura.
8. La temperatura de operación se alcanza de manera eficiente, lo cual nos indica el correcto funcionamiento del sistema.
9. El sello de las puertas debe ser preciso, a fin de evitar fugas de energía.
10. El sistema de control y automatización de temperatura está de acuerdo a los requerimientos del producto (automóviles).
11. El sistema eléctrico y de control cumplen su trabajo y no necesita modificación alguna.
12. En el estudio de mercado realizado se determinó que de los 48 talleres de pintura autorizados que existen actualmente en la ciudad de Ambato se tendrá:



Con lo cual podemos observar que la competencia en el mercado es pequeña, ya que la gran mayoría de los talleres de pintura, no cuentan con una cabina adecuada y si dicen tenerlo, son cabinas incluso con paredes de plástico, es decir que no ofrecen el ambiente idóneo para realizar el trabajo.

13. El mercado meta son personas de las clases media alta y alta, que posean automóviles de medio uso o nuevos con golpes, que deseen reparar la pintura y obtener un acabado de calidad.
14. Con la cabina-horno, además de garantizar un trabajo de calidad, se brinda un trabajo eficiente, ya que no importará las condiciones ambientales que existan, se podrá trabajar si hace mucho sol, si llueve, si es de día o si es de noche.
15. En el análisis económico y financiero se puede apreciar que la inversión realizada se recuperará en tan sólo seis meses y medio, lo cual ratifica la excelente inversión hecha.



## 7.2 RECOMENDACIONES.

1. El sistema ha sido diseñado para pintar un promedio de seis vehículos al mes, en caso de que la demanda aumente considerablemente, se deberá ampliar el espacio físico donde se prepara el automóvil para ingresar a la cabina a ser pintado.
2. No emplear la cabina como bodega para almacenar pinturas, herramientas, accesorios internos del automóvil a pintar, etc.
3. Durante el proceso de secado, cuando las niquelinas estén encendidas, se deberá procurar el no emplear equipos eléctricos que consuman mucha energía como electro soldadoras.
4. El ducto de recirculación puede ser separado un poco mas, del panel de control.
5. Asignar o delegar la operación de la cabina-horno a un solo pintor, ya que el mal uso de ésta, puede provocar desperfectos, principalmente en el sistema de control.
6. Proporcionar al pintor el equipo de protección personal tales como: un traje especial sintético para realizar el trabajo de pintura, además de mascarillas.
7. Asegurarse de que el equipo de primeros auxilios y contra incendios se encuentren ubicados en lugares estratégicos, además de verificar su perfecto estado.
8. Para acelerar el secado en trabajos de retoque y de panel, se puede utilizar lámparas de infrarrojos, para evitar el uso de la cabina.
9. En un principio se intentó poner en marcha la cabina-horno sin la recirculación de aire, razón por la cual no se alcanzaba la temperatura de operación, llegando a un máximo de 20 °C, por lo cual se recomienda climatizar este tipo de cabina realizando la recirculación debida.