

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAUTICO

ESCUELA DE MECANICA AERONAUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
DETERMINAR LA TRANSFERENCIA DE CALOR
UNIDIMENSIONAL POR CONDUCCION EN PAREDES
PLANAS Y CILINDRICAS**

POR

**CBOS TEC. AVC. AGUILAR OBANDO DIEGO PATRICIO
CBOS TEC. AVC. MEDINA HERNÁNDEZ JUAN JOSE**

**Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del Título
de:**

TECNÓLOGO EN MECANICA AERONAUTICA

2001

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. CBOS TEC. AVC. AGUILAR OBANDO DIEGO PATRICIO y CBOS TEC. AVC. MEDINA HERNÁNDEZ JUAN JOSE como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECANICA AERONAUTICA.

21 de diciembre del 2001

Ing. Guillermo Trujillo J.

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Quiero expresar un sentimiento de profunda gratitud a la plana mayor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que gracias a su esfuerzo lograron transformar a la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea en un Instituto Superior y es por este motivo que quiero dedicar este trabajo investigativo a todas aquellas personas que fueron partícipes de este cambio y que este trabajo sirva como material didáctico para las promociones venideras.

Cbos.Téc. Avc Aguilar Diego.

Quiero dejar testimonio de eterna gratitud al infinito creador, a mi madre Raquel Hernández, hermanos Telmo y Lina e institución que con amor sacrificio y confianza brindados supieron motivarme moral y material mente en la delicada responsabilidad de estar en esta nuestra institución.

A mis compañeros que día a día se esfuerzan para dar mayores avances tecnológicos para el país y la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Cbos.Téc. Avc Medina Juan.

AGRADECIMIENTO

Antes que nada quiero dar las gracias a Dios por haberme permitido culminar con éxito una de mis metas.

También quiero agradecer a mis padres María De Lourdes y Danilo que gracias a su ejemplo y apoyo incondicional han hecho de mi un hombre de bien, a mis hermanos Darwin, Silvia y Milton que con su presencia llenan mi vida de alegría y a todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo para culminar con éxito mis estudios.

A nuestro director de tesis Sr. Ing. Guillermo Trujillo por avernos brindado su apoyo en la elaboración de esta tesis.

Cbos.Téc. Avc Aguilar Diego.

Quiero agradecer a Dios, la Fuerza Aérea y en especial al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por haberme instruido de una manera acertada para servir a mi país.

A mi madre, hermanos, amigos y todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para culminar con éxito mis estudios.

A los señores profesores en especial al Sr. Ing Guillermo Trujillo que desinteresadamente supo guiarnos hacia un futuro de bien académico y personal.

Cbos.Téc. Avc Medina Juan.

INDICE DE CONTENIDOS

Pág.

RESUMEN	
INTRODUCCION	Definición del
Problema	Objetivos y Alcance
	Justificación
	

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. Concepto de Transferencia de Color Unidimensional.....

1.2. Tipos de Transferencia de Calor

.....	
1.2.1.	Conducción
.....	
1.2.2.	Convección
.....	
1.2.3. Radiación	

.....

1.3. Conducción Unidimensional en paredes planas y cilíndricas compuestas...

1.4. Unidades de medida de calor y sus equivalencias

.....

CAPITULO 2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 Identificación de las alternativas
2.2. Análisis de factibilidad
2..3. Selección de la mejor alternativa.....	
2.4. Evaluación de parámetros de construcción.....	

CAPITULO 3 CONSTRUCCION

3.1. Diagrama de procesos.....

3.2. Diagramas de montaje.....

3.3. Pruebas de funcionamiento.....

·

CAPITULO 4 ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD

4.1.Descripción general.....

4.2. Características.....

4.3. Determinación de datos.....

4.4. Clasificación y análisis de datos

4.5. Evaluación e interpretación de resultados

4.6. Implementación de manuales de procedimientos de ensayo.....

CAPITULO 5 ESTUDIO ECONOMICO

5.1. Presupuesto.....

5.2. Análisis económico y financiero.....

5.3. Comparación entre el mecanismo construido
y un mecanismo comprado en el mercado.....

CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.....

6.2. Recomendaciones.....

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

PLANOS.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Diagrama de temperatura en la transferencia de calor por conducción.

FIGURA 1.2: Diagrama de transferencia de calor por convección.

FIGURA 1.3: Diagrama de transferencia de calor por radiación.

FIGURA 1.4: Diagrama de temperatura en función del espesor.

FIGURA 1.5: Diagrama de temperatura en paredes planas.

FIGURA 1.6: Diagrama de temperatura en paredes cilíndricas.

FIGURA 2.1: Esquema de la primera alternativa.

FIGURA 2.2: Esquema de la segunda alternativa.

FIGURA 3.1: Diagramas electrónicos del dispositivo regulador de temperatura.

FIGURA 3.2: Banco de pruebas construido.

FIGURA 3.3: Dispositivo térmico en funcionamiento.

FIGURA 4.1: Análisis comparativo de temperatura en el banco de pruebas de paredes planas.

FIGURA 4.2: Análisis comparativo de temperatura en el banco de pruebas de paredes cilíndricas.

FIGURA 4.3: Menú principal del programa para cálculo de temperaturas interfaces.

FIGURA 4.4: Pantalla de diálogo para el sistema de paredes planas.

FIGURA 4.5: Pantalla de diálogo para el sistema de paredes cilíndricas.

FIGURA A: Banco para determinar conductividad en sólidos.

FIGURA B: Probetas de ensayo del equipo anterior
LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A: Certificado de Datos electrónicos por parte del Laboratorio de Sensores e Instrumentos ITSA

ANEXO B: Banco de pruebas para conductividades en sólidos, de la ESPE – QUITO.

ANEXO C: Programa de cálculo de Temperaturas Interfase en la máquina MAT – 01.

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.1: Tipos de termopares según la unión de materiales.

TABLA 1.2: Colores de los conductores en los termopares.

TABLA 2.1: Matriz de evaluación

TABLA 2.2: Matriz de decisión.

TABLA 3.1: Características técnicas de las maquinas y herramientas utilizadas en el proyecto.

TABLA 3.2: Tiempo de operación de los diferentes sistemas en las maquinas herramientas.

TABLA 3.3: Estado de los elementos del sistema de paredes planas.

TABLA 3.4: Estado de los elementos del sistema de paredes cilíndricas.

TABLA 4.1: Codificación de los procedimientos de ensayo del banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas.

TABLA 5.1: Listado del costo de materiales de la maquina.

TABLA 5.2: Costo de utilización de las máquinas herramientas

TABLA 5.3: Costo de fabricación de los sistemas mecánicos, electrónico y térmico del banco de pruebas.

TABLA 5.4: Costo de mano de obra.

TABLA 5.5: Costo de otros gastos.

TABLA 5.6: Costo total del banco de pruebas.

TABLA 5.7: Costo de un mecanismo similar.

RESUMEN

En vista de la carencia de material didáctico en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica del ITSA concretamente en la materia de Transferencia de Calor nos hemos visto con la necesidad de construir un Banco de Pruebas para determinar la transferencia de calor en paredes planas y cilíndricas para lo cual se ha tomado como alternativas un banco de pruebas con fuente eléctrica y un banco de pruebas con fuente solar, de estas alternativas se ha seleccionado la mejor que es el banco de pruebas eléctrico considerando costos de construcción y eficiencia de funcionamiento.

Para su construcción realizamos diagramas de proceso y diagramas de montaje una vez terminada su construcción se realiza las pruebas de funcionamiento para verificar su eficiencia en el funcionamiento.

El banco de pruebas consta de un sistema de paredes planas y un sistema de paredes cilíndricas, cada sistema consta de tres materiales que son: Cobre, Hierro y Fibra, estos sistemas están conectados a unas termocuplas que son las encargadas de sensar las temperaturas y enviar la señal al indicador digital, la temperatura de entrada estará dada por la resistencia que es conectada a la fuente, la temperatura de entrada será controlada por un circuito electrónico.

Para un mejor entendimiento del banco se levantó los planos de construcción.

Cabe indicar, que el banco de pruebas es diseño único y propio.

LOS GRADUANDOS

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La falta de un banco de pruebas para realizar prácticas de Transferencia de Calor en los laboratorios del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Construir el banco de pruebas para determinar el flujo de transferencia de calor unidimensional en paredes planas y cilíndricas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el flujo de transferencia de calor en el banco de pruebas y las temperaturas interfase entre paredes.
- Establecer los requerimientos técnicos para este ensayo.
- Analizar y seleccionar las alternativas más adecuadas basándose en estudios técnicos y económicos.

- Constituir las alternativas seleccionadas.
- Realizar pruebas de operabilidad, eficiencia y funcionamiento.
- Desarrollar manuales y estándares de calidad para los procedimientos de ensayo, verificación, mantenimiento y operación del banco de pruebas.

ALCANCE

Brindar ayuda técnica y práctica en la formación de los alumnos del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y por ende aumentar la capacidad de prestación de servicios del laboratorio de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

JUSTIFICACIÓN

El banco de pruebas a desarrollar servirá como aporte didáctico para las promociones venideras en el área de transferencia de calor en la tecnología de Mecánica Aeronáutica del Instituto.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. CONCEPTO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

A la transferencia de calor se la define como una ciencia que es parte de la física y nos permite conocer la transferencia de energía que ocurre entre dos cuerpos que resulta de una diferencia de temperatura.

La energía que transfieren los cuerpos se la conoce con el nombre de calor, esta ciencia además de permitirnos conocer la transferencia de calor nos permite conocer la rapidez con la que se realiza el intercambio de calor bajo determinadas condiciones.

Estas condiciones pueden ser la conductividad térmica que es propia de cada material, también depende del espesor que tenga el material además de las condiciones que hemos mencionado, también tiene mucho que ver la cantidad de calor que se le aplique.

El cuerpo que transmite el calor se llama fuente y el cuerpo que recibe el calor se llama receptor.

1.2. TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor se puede determinar por tres tipos que son los que a continuación se detallan:

1. Transferencia de calor por conducción
2. Transferencia de calor por convección
3. Transferencia de calor por radiación

1.2.1. CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por conducción se define como la forma de transmitir energía o calor de una fuente de temperatura alta a una de temperatura baja, esta transferencia se la puede realizar solamente en cuerpos sólidos o líquidos.

El calor que pasa sobre una determinada área es proporcional a la diferencia de temperatura con respecto al espesor de la placa de esta definición se obtiene la siguiente fórmula:

$$\frac{q}{A} = \frac{dT^0}{dx} \quad (1.1)$$

Donde:

q = calor

A = Área

dT⁰ = Diferencia de Temperatura

dx = Diferencia de espesor

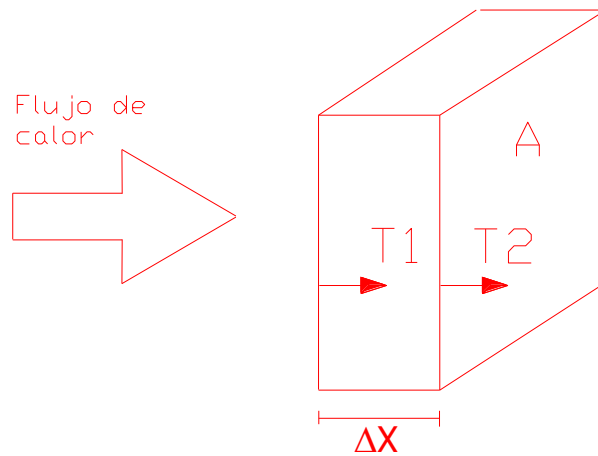


Figura 1.1: Diagrama de temperaturas en la transferencia de calor por conducción

En el gráfico anterior se puede apreciar una plancha conductora en la que se aplica un flujo de calor, lo que produce en la cara anterior una T_1 . Este calor se transmite a través de un diferencial de espesor (Δx) hasta llegar a la cara posterior con una T_2 que obviamente será menor que T_1 .

Para realizar el cálculo de la transferencia de calor por conducción se utiliza la ecuación de FOURIER, esta ecuación nos dice que el calor es igual a la conductividad térmica por el área normal o perpendicular al flujo de calor por la diferencia de temperatura. En forma matemática la ecuación de FOURIER se expresa de la siguiente forma:

$$Q = -K \cdot A \cdot \Delta T \quad (1.2)$$

Donde:

Q = calor

K = Conductividad térmica del material

A = Área perpendicular al flujo de calor

ΔT° = Diferencia de temperaturas

1.2.2. CONVECCION

La transferencia de calor por convección se realiza en líquidos y gases, esta transferencia se la realiza por medio de corrientes denominadas corrientes de convección.

El contacto de gas o del líquido con una superficie caliente hace que la parte inferior del gas o del líquido se caliente y como todos conocemos que un gas o líquido caliente tiende a elevarse esto hace que en la parte inferior quede nuevamente con líquido frío este proceso se repite hasta que todo el líquido o gas llegue a calentarse.

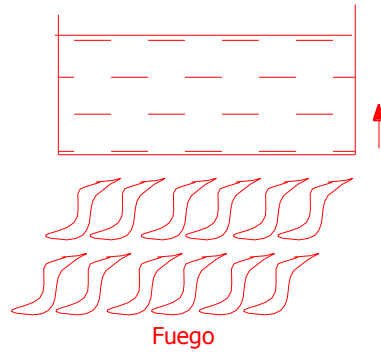


Figura 1.2: Diagrama de transferencia de calor por convección

Para realizar el cálculo de la transferencia de calor por convección se utilizará al igual que en la transferencia de calor por conducción la ecuación de FOURIER con la única diferencia que se reemplaza la conductividad térmica por el coeficiente de transferencia de calor por convección quedándonos la ecuación de FOURIER de la siguiente forma:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T^\circ \quad (1.3)$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección

Q = calor

A = Área perpendicular al flujo de calor

ΔT° = Diferencia de temperaturas

1.2.3. RADIACIÓN

La transferencia de calor por radiación se la puede definir como la transferencia de energía (calor) por una rápida oscilación de ondas electromagnéticas en el espacio cabe mencionar que un cuerpo oscuro absorbe mayor cantidad de ondas electromagnéticas que un cuerpo claro.

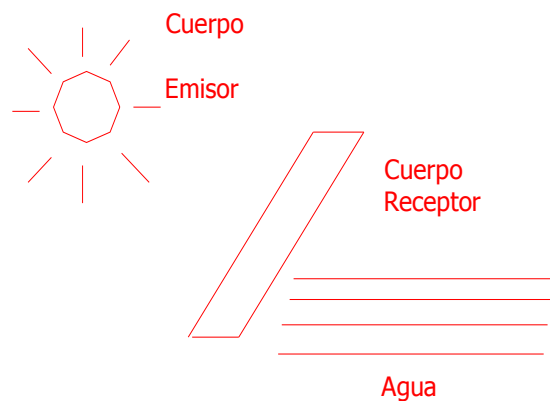


Figura 1.3: Diagrama de transferencia de calor por radiación

Para los tres casos de transferencia de calor se utiliza la ecuación de FOURIER para la transferencia de calor por radiación se reemplaza el coeficiente de transferencia de calor por convección por una constante que tendrá un valor de $5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}^4$ entonces tendremos que:

$$Q = \sigma A \cdot \Delta T^4 \quad (1.4)$$

Donde:

σ = constante $5,67 \times (10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4)$ llamada también de Stefan Boltzmann

A = Área perpendicular al flujo de calor

ΔT° = Diferencia de temperaturas

1.3. CONDUCCIÓN UNIDIMENSIONAL EN PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS COMPUESTAS

1.3.1. TRANSFERENCIA DE CALOR UNIDIMENCIONAL POR CONDUCCIÓN DE PAREDES PLANAS

La transferencia de calor por conducción unidimensional en un sistema de paredes planas se efectúa con mayor eficiencia en cuerpos sólidos debido a que son mejores conductores del calor y esto se produce gracias a que sus átomos son muy compactos y por ende el calor pasa por ellos con mayor rapidez este fenómeno se produce por la agitación de los átomos que transfiere sucesivamente de uno a otro átomo calor sin que estas partículas sufran ninguna alteración en el interior del cuerpo al cual pertenecen.

Depende de la constitución atómica de un cuerpo si la transferencia de uno a otro átomo se realice con mayor facilidad, esto determina si un cuerpo es un buen o mal conductor de calor.

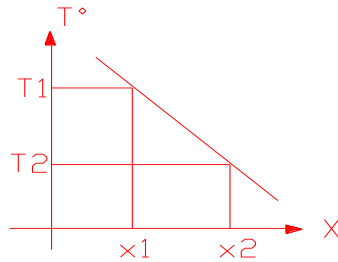


Figura 1.4: Diagrama de temperaturas en función del espesor

En la figura se indica que si el espesor de la placa es delgado, la temperatura que alcance esta placa será mucho mayor que la temperatura que alcanzará la placa si el espesor de la misma placa aumenta.

1.3.1.1. ECUACIÓN DE FOURIER PARA UN SISTEMA DE PAREDES PLANAS

$$q = \frac{T1 - T4}{\frac{\Delta x1}{KiA1} + \frac{\Delta x2}{K2A2} + \frac{\Delta x3}{k3A3}} \quad (1.5)$$

Tomando en cuenta la ecuación de FOURIER para un sistema de paredes planas, se puede definir a la diferencia de temperatura como una diferencia de potencial térmico, del mismo modo se puede definir como una resistencia térmica a la

diferencia de espesor que divide a la conductividad por el área del material entonces tendremos:

$$\text{Flujo de calor} = \frac{\text{Diferencia de Potencial Térmico}}{\text{Resistencia Térmica}}$$

Para resolver problemas más complejos podemos utilizar una analogía eléctrica que puede ser en paralelo o en serie dependiendo del tipo de ubicación de las paredes en el sistema con el gráfico que detallamos a continuación acabaremos de entender la ecuación de FOURIER para un sistema de paredes planas.

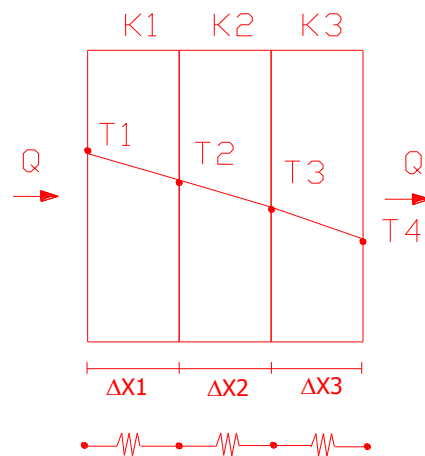


Figura 1.5: Diagrama de temperaturas en paredes planas

1.3.1.2. RESISTENCIA TÉRMICA

La resistencia térmica se presenta como una oposición que representan los materiales al paso del calor, también podemos darle otra definición que dice que es

una diferencia de espesor de cada material que divide a la conductividad térmica por el área de cada material.

1.3.2. TRANSFERENCIA DE CALOR UNIDIMENCIONAL POR CONDUCCIÓN PARA UN SISTEMA DE PAREDES CILÍNDRICAS

Para la transferencia de calor en un sistema de paredes cilíndricas debemos tomar en cuenta otros factores como son:

Radio interno

Radio externo

La longitud del cilindro.

Se puede decir que el calor viaja en dirección radial de manera que el radio es la única condición especial para determinar un sistema.

Para realizar los cálculos nuevamente utilizaremos la ecuación de FOURIER pero tomando en cuenta el área para el flujo de calor en el sistema cilíndrico.

El área para el flujo de calor se la calcula con la siguiente fórmula:

$$A_r = 2 \pi rL \quad (1.6)$$

Donde:

A_r = Área de flujo de calor para paredes cilíndricas

r = radio

L = Longitud del cilindro

Si tomamos en cuenta el área del flujo de calor y lo reemplazamos en la ecuación de FOURIER la ecuación para el cálculo en un sistema de paredes cilíndricas nos quedaría así:

$$q = \frac{2\pi.K.L.(T1 - T0)}{\ln(r0/r1)} \quad (1.7)$$

Donde:

q = Calor

K = Conductividad térmica

L = Longitud del cilindro

T1 = Temperatura inicial

To = Temperatura final

r1 = Radio interno

r0 = Radio externo

La resistencia térmica para un sistema de paredes cilíndricas es igual al logaritmo natural del radio final sobre el radio inicial.

Para realizar cálculos también podemos utilizar una analogía eléctrica esto se lo utiliza en ejercicios que son complejos para poder entender mucho mejor el problema.

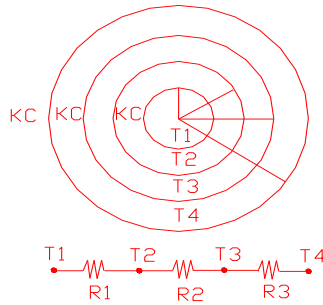


Figura 1.6: Diagrama de temperaturas en paredes cilíndricas

En el diagrama eléctrico de la parte superior tenemos 3 resistencias diferentes dependiendo esto del tipo de material, tendremos una resistencia total que es producto de la suma de la resistencia uno más la resistencia dos y de la tres en forma matemática se lo expresa de la siguiente manera:

$$R_t = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot k \cdot A \cdot L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot k \cdot b \cdot L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi \cdot k \cdot c \cdot L} \quad (1.8)$$

1.4 UNIDADES DE MEDIDAS DE CALOR Y SUS EQUIVALENCIAS

1.5 TERMOPARES

Principalmente los termopares se basan en el principio físico de que si se unen dos alambres de diferentes metales y el punto de unión se calienta o se enfría aparece entre estos dos una diferencia de voltaje entre los dos extremos no calentados o enfriados.

Este principio fue descubierto por T. J. SEEBECK en el año de 1821 razón por la cual a este principio se le conoce con el nombre del efecto SEEBECK .

Este efecto produce una variación de voltaje muy pequeña que se la mide en milivoltios, debido a esto se debe utilizar detectores de temperatura bastantes sensibles.

A continuación tenemos los tres tipos más comunes de las combinaciones que se utilizan para la fabricación de termopares.

- Hierro y constantan
- Cromel y alumel
- Platino y platino-radio

Es muy importante aclarar lo que es el alumel y el cromel.

El alumel no es mas que la combinación del aluminio y del níquel mientras que el cromel no es mas que la combinación del cromo con el aluminio.

TIPOS DE TERMOPARES

Tabla 1.1: Tipos de termopares según la unión de materiales

MATERIAL DE UNION	RANGO TIPICO DE TEMPERATURA DE APLICACIÓN °C	VARIACION DEL VOLTAJE EN EL RANGO (mV)	DESIGNACION ANSI
Platino - 6% radio /Platino -30% radio	38 a 1800	13,6	B

Tungsteno - 5% renio /Tungsteno - 26% renio	0 a 2300	37	C
Cromel /Constantan	0 a 982	75	E
Hierro /Constatan	(-184 a 760)	50	J
Cromel /Alumel	(-184 a 1260)	56	K
Platino /Platino - 13% rodio	0 a 1593	18,7	R
Platino / Platino - 10% rodio	0 a 1538	16	S
Cobre / Constantan	(-184 a 400)	26	T

Tabla 1.2: Colores de los conductores en los termopares

TIPO	COLOR DE CONDUCTOR		AISLAMIENTO GENERAL
	POSITIVO	NEGATIVO	
E	Púrpura	Rojo - Línea púrpura	Púrpura
J	Blanco	Rojo - Línea blanca	Negro
K	Amarillo	Rojo - Línea amarilla	Amarillo
K	Verde	Rojo - Línea verde	Blanco
R o S	Negro	Rojo - Línea negra	Verde
T	Azul	Rojo - Línea azul	Azul

CAPITULO 2

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1.- IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Dentro de las alternativas propuestas se han escogido los siguientes bancos de paredes planas y cilíndricas para determinar la transferencia de calor por conducción, tomando en cuenta dos factores preponderantes como lo son la característica de la fuente de calor y los materiales utilizados para las paredes:

- Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor térmica.
- Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor eléctrica.

2.2.- ESTUDIO TÉCNICO

Dentro del estudio técnico del banco de pruebas se ha escogido con anterioridad la terna de materiales que se va a utilizar, considerando conductividades térmicas extremas y medias así como el factor económico de los mismos. Los materiales que se van a utilizar son:

- **Cobre con una $k = 386$ (W/m°C)**
- **Hierro con una $k = 59 - 73$ (W/m°C)**
- **Fibra de vidrio con una $k = 0.048$ (W/m°C)**

2.2.1.- Primera Alternativa

La primera alternativa habla sobre Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor térmica. Este banco contiene los siguientes elementos:

Estructura del banco

Arreglo de paredes planas

Arreglo de paredes cilíndricas

Termocuplas

Indicadores térmicos digitales

Swiches

Compresor

Colector solar

Tuberías y acoples

En la figura siguiente se indica el Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor térmica.

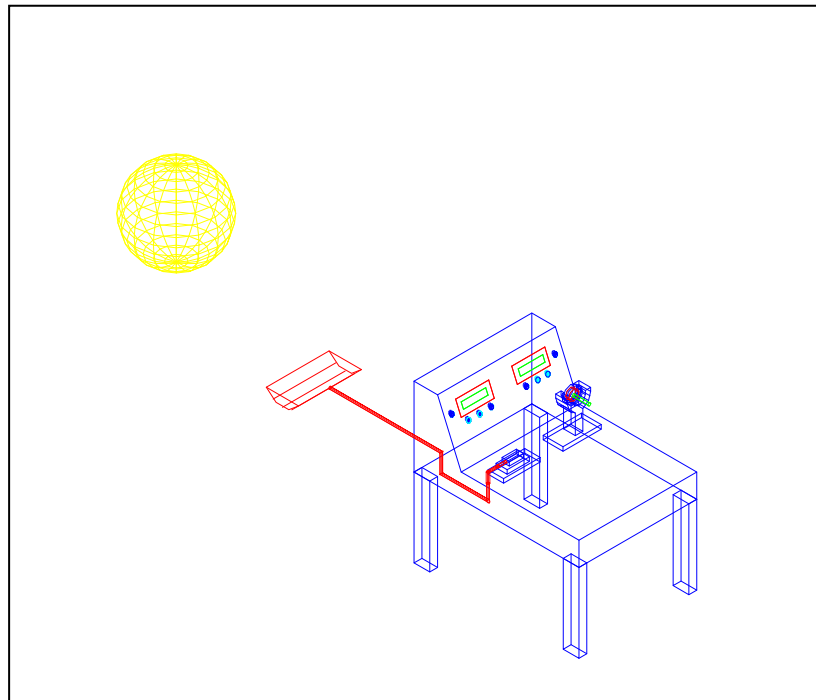


Figura 2.1.

Esquema

primera alternativa

3.2.2.- Segunda Alternativa

Esta alternativa habla del Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor eléctrica .

El banco consiste de las siguientes partes:

Estructura del banco

Arreglo de paredes planas

Arreglo de paredes cilíndricas

Termocuplas

Indicadores térmicos digitales

Swiches

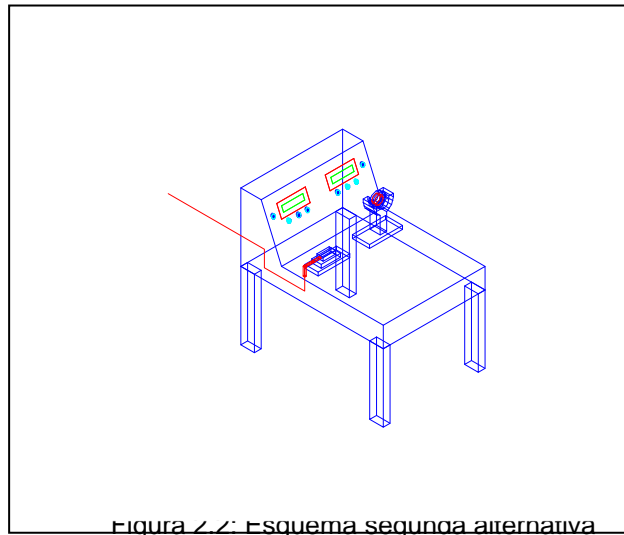
Fuente eléctrica

Termistor

Circuito electrónico regulador de calor

Cableado y acoples

En la siguiente figura se indica un esquema del banco mencionado.



2.3.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En este punto, se analiza las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para poder determinar la mejor y analizar requerimientos técnicos de la misma, con el fin de construir el banco escogido.

2.3.1.- Primera Alternativa

Máquina: Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor térmica.

Ventajas

- Aprovecha la radiación solar como fuente de energía o calor.
- Es un banco que contribuye al proceso académico de una forma didáctica.
- Conexiones de la tubería son sencillas y fáciles de realizar.

Desventajas

- La estructura no tiene la cimentación adecuada.
- El costo del banco es muy elevado.
- El espacio que ocupa es grande.
- El banco está restringido a las condiciones ambientales del lugar.

2.3.2.- Segunda Alternativa

Máquina: Banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas con fuente de calor eléctrica.

Ventajas

- Gracias al termistor podemos obtener un flujo de calor constante.
- El costo de fabricación es más barato que la alternativa anterior.

- El costo de operación y mantenimiento del banco es muy bajo.
- La práctica se la puede realizar en cualquier instante.

Desventajas

- Su instrumentación es delicada.

2.4.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Para la evaluación de cada una de las alternativas, se asigna un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado los más importantes que nos permitirán seleccionar la mejor alternativa.

La asignación de los valores X_i dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre:

$$0 < X_i \leq 1$$

En función de las ventajas y desventajas que presentan las alternativas, se evaluará cada parámetro y la alternativa que obtenga el valor más alto en la calificación de parámetros será el seleccionado para ser construido.

Las alternativas también tendrán una calificación entre cero y uno.

Los parámetros de selección que se han considerado, son los siguientes, los mismos que están divididos en tres aspectos (técnico, económico y complementario):

Aspecto Técnico:

Funcionabilidad

Rendimiento

Facilidad de Operación y Control

Mantenimiento

Materiales

Proceso de Construcción

Precisión

Fiabilidad

Aspecto Económico:

Costo de Fabricación

Costo de Operación

Aspecto Complementario:

Tamaño

Forma

A continuación se define cada uno de los parámetros:

Funcionabilidad: Habla acerca de las características del banco de pruebas y hace que la misma cumpla con los fines para la que fue construida. Por la importancia de este parámetro se da un valor de 0.8.

Rendimiento: Este parámetro se refiere a que se debe tener un alto grado de seguridad para que el banco de pruebas trabaje y cumpla con la finalidad con la que fue creado. Se le asigna un valor de 0.8.

Facilidad de Operación y Control: Los bancos presentados deben perseguir una finalidad primordial, la misma que constituye en la facilidad y sencillez de operar y controlarlos. A este parámetro se le asigna un valor de 0.7.

Mantenimiento: Es importante para que el banco se mantenga en un óptimo funcionamiento, además dependiendo de la complejidad del sistema necesitamos ver la disponibilidad de los posibles repuestos. Tomando en cuenta lo anterior se le da un valor de 0.6.

Materiales: Trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la construcción sea óptima. Este parámetro tiene un valor de 0.4.

Procesos de Construcción: Todas las alternativas, requieren de piezas, instrumentación, elementos con tolerancia de construcción y necesitan de maquinaria adecuada que permitan obtenerlas, por lo que se da a este parámetro un valor de 0.7.

Precisión: Trata de la cuantificación de las temperaturas tanto de entrada y salida como las de interfase. El valor asignado a este criterio es 0.7.

Fiabilidad: Este factor es muy importante y trata de evaluar el funcionamiento satisfactorio de cada una de las alternativas. Su valor es de 0.8.

Costo de Fabricación: Reviste de gran importancia en una adecuada decisión, para la selección del banco de pruebas, como la construcción no se la realiza en serie, se trata de buscar la alternativa más económica y su parámetro tiene un valor de 0,6.

Costo de Operación: Una vez construido el banco de pruebas, se busca economizar la energía utilizada en el proceso de operación. Su valor es de 0.6.

Tamaño: Se refiere al espacio ocupado por banco de paredes. El valor de este criterio es de 0.2.

Forma: Trata de la estética de cada uno de los dispositivos del banco de pruebas. También se le asigna un valor de 0.2.

Tabla 2.1: Matriz de Evaluación

PARAMETROS DE EVALUACION	F. Pond. Xi	A L T E R N A T I V A S	
		1	2
Funcionabilidad	0.8	0.5	0.7
Rendimiento	0.8	0.5	0.5
Factor de operación y control.	0.7	0.5	0.5
Mantenimiento			
Materiales	0.6	0.2	0.3
Proceso de fabricación	0.4	0.2	0.4
Precisión	0.7	0.2	0.5
Fiabilidad	0.7	0.6	0.5
	0.8	0.5	0.5
Costo de fabricación	0.6	0.6	0.4
Costo de operación	0.6	0.5	0.6
Tamaño	0.2	0.2	0.1
Forma	0.2	0.1	0.1

Tabla 2.2: Matriz de Decisión

PARAMETROS DE EVALUACION	ALTERNATIVAS	
	1*Xi	2*Xi
Funcionabilidad	0.4	0.56
Rendimiento	0.4	0.40
Factor de operación y control.	0.35	0.35
Mantenimiento	0.12	0.18
Materiales	0.08	0.16
Proceso de fabricación	0.14	0.35
Precisión	0.42	0.35
Fiabilidad	0.40	0.40
Costo de fabricación	0.36	0.24
Costo de operación	0.30	0.36
Tamaño	0.04	0.02
Forma	0.02	0.02
TOTAL	3.03	3.39

2.5.- SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Una vez realizado el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y la evaluación de parámetros, se determina que la segunda alternativa presenta mejores condiciones de diseño y operación.

2.6.- DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

El único requerimiento técnico para el banco de pruebas, es la de mantener una fuente de calor constante y que las termocuplas escogidas funcionen en el rango deseado.

CAPITULO 3

CONSTRUCCION

Este capítulo tiene como objetivo, resumir las principales consideraciones de procesos de manufactura y ensamble para llevar a cabo la construcción de los diferentes sistemas y piezas del banco de pruebas para determinar el flujo de calor unidimensional por conducción para paredes planas y cilíndricas.

La construcción del banco de pruebas se la realizó por etapas con el fin de optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera. A continuación se detalla el plan que se siguió para la construcción:

Orden de Construcción

- Estructura.
- Banco de paredes planas
 - Fuente de calor
 - Sistema térmico
- Banco de paredes cilíndricas
 - Fuente de calor
 - Sistema térmico
- Pintura y protección del banco

Para la obtención de los distintos elementos de este dispositivo térmico, se utilizaron varias máquinas herramientas existentes en los Talleres del Ala de Investigación y Desarrollo No. 12 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana en Latacunga.

Tabla 3.1: Características técnicas de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto

MAQUINA HERRAMIENTA	CARACTERISTICAS
Torno Schutte	Distancia entre puntos 0.60 m.
Sierra Eléctrica	220/440 V, 1145 rpm
Taladro de Banco Delta	115 W, 1725 rpm
Esmeril Electric bench Grinder	1/2 H.P, 1700 rpm
Soldadora Autógena	Gas - Oxígeno
Prensa	Manual, Capacidad : 40 Ton.

La fabricación de los diferentes sistemas ha consumido el siguiente número de horas de máquinas herramientas presentado en la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Tiempo de operación de los diferentes sistemas en las máquinas herramientas

ELEMENTO	OPERACIÓN [hr]								
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Estructura	-	2	1	-	3	1	1	2	10
Sist. Térmico	8	-	3	5	5	2	3	-	26
Total por operación	8	2	4	5	8	3	4	2	36

Simbología :

A : Torneado

B : Aserrado

C : Taladrado

D : Esmerilado

E : Soldadura y Ensamblado

F : Comprobación

G : Instalación de dispositivos

H : Pintura

Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de la materia prima en las máquinas, puntos de soldadura, mediciones, etc.

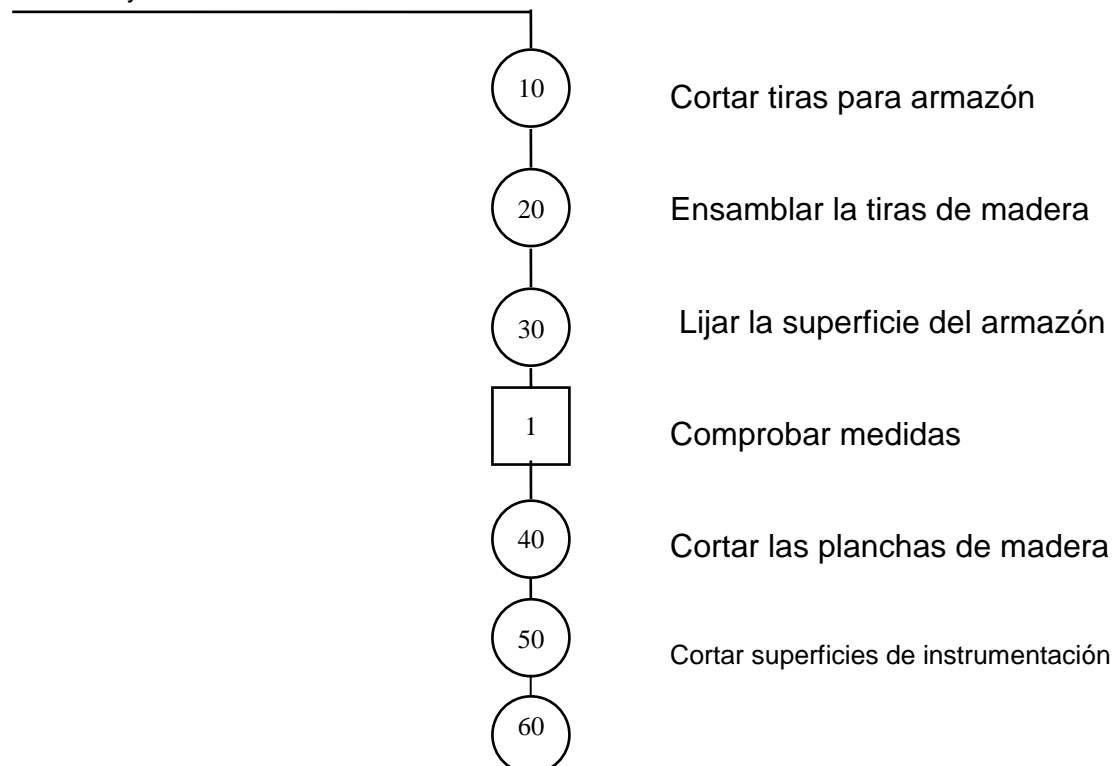
3.1.- DIAGRAMAS DE PROCESOS

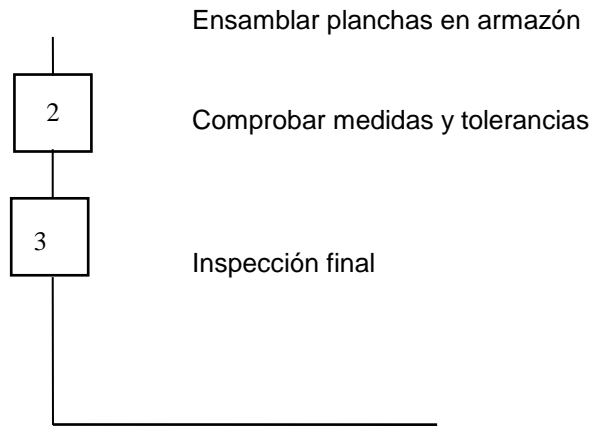
3.1.1.- SISTEMA MECANICO - TERMICO

A continuación se presentan los diagramas en los diferentes sistemas del banco de pruebas para determinar el flujo de calor unidimensional por conducción para paredes planas y cilíndricas.

3.1.1. Diagrama de proceso de fabricación de la estructura soporte según plano general

MATERIAL : Madera
Plancha y tiras 40 mm * 55 mm

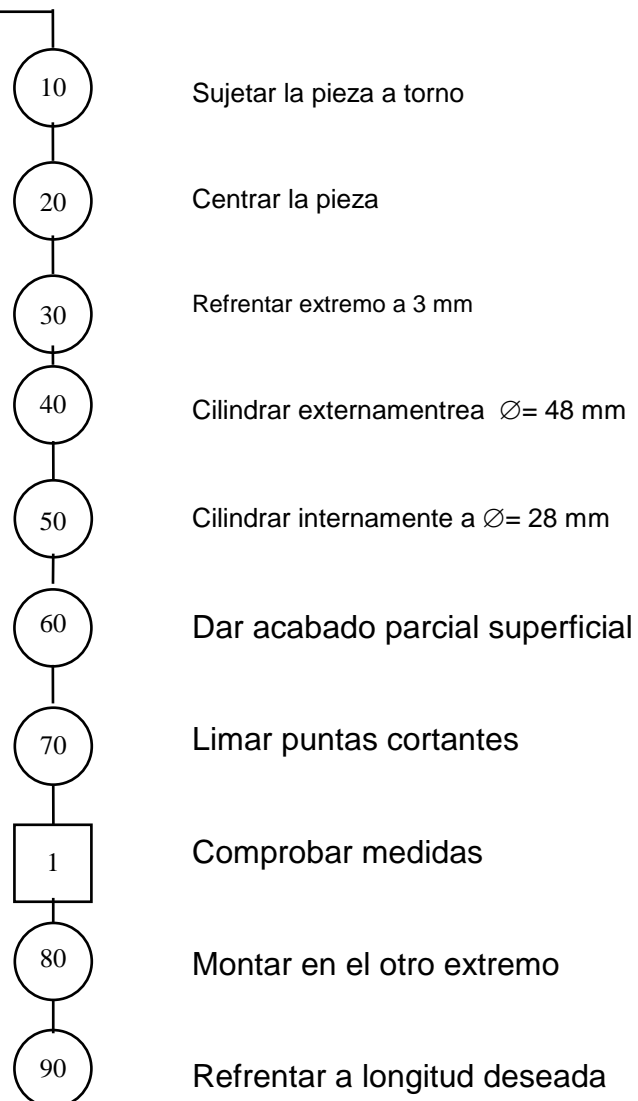


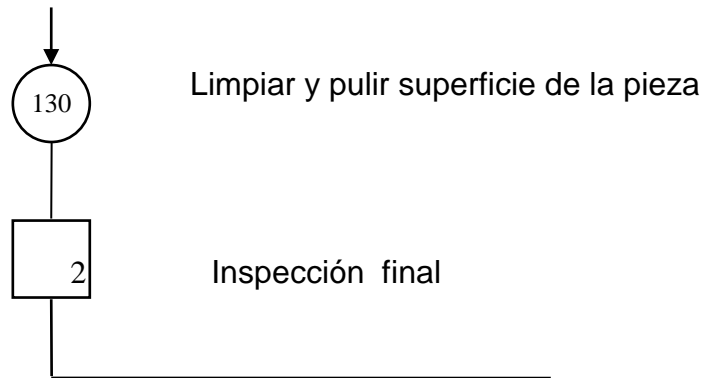
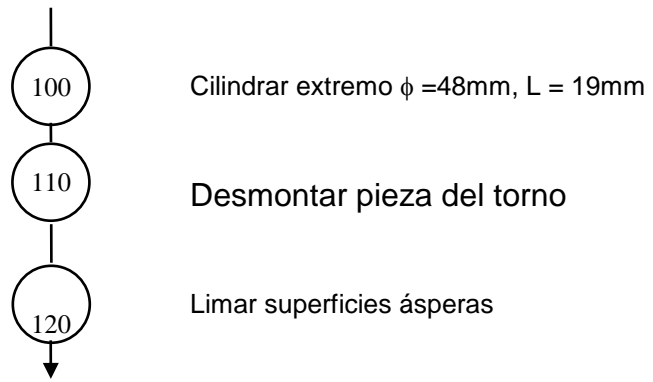


3.1.2. Diagrama de proceso de fabricación de la pared cilíndrica de Hierro según plano general.

MATERIAL : Hierro

$\phi_{\text{nominal}} = 54 \text{ mm}$ L= 25 mm

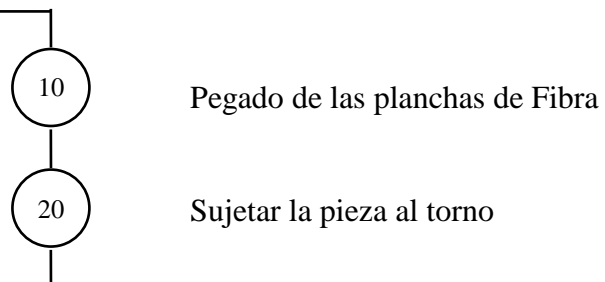


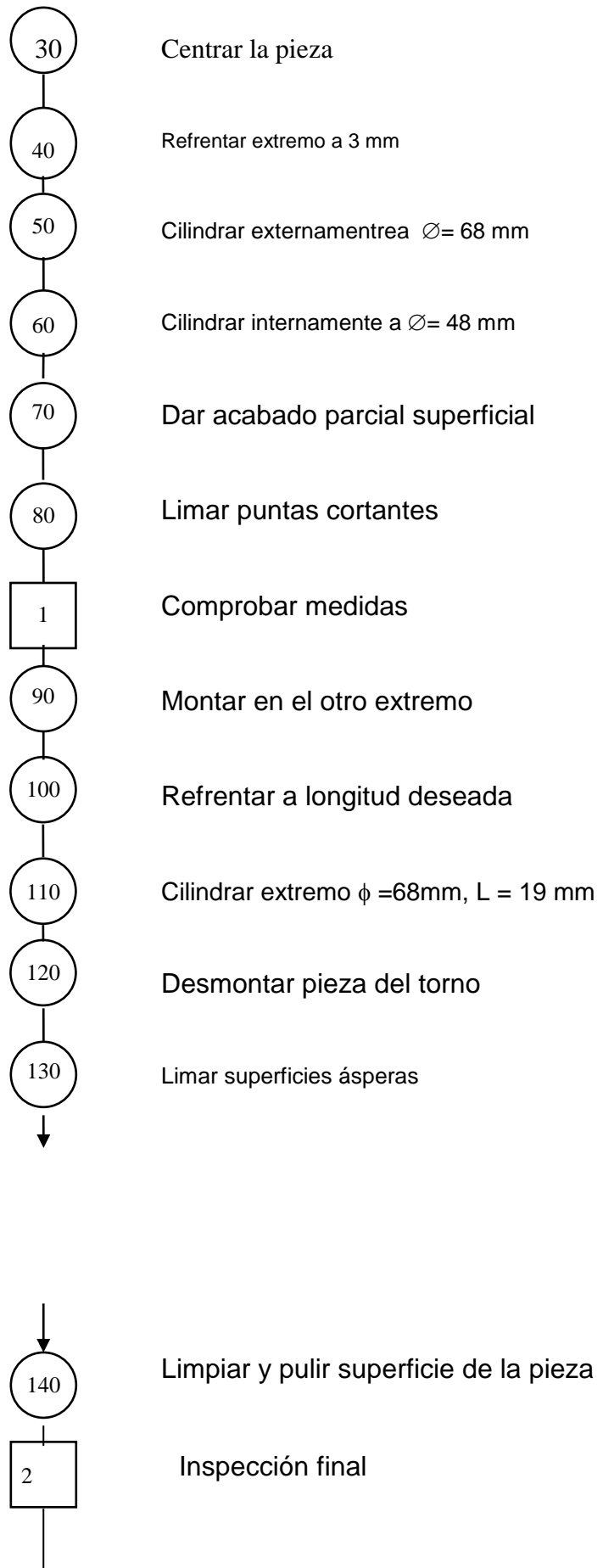


3.1.3. Diagrama de proceso de fabricación de la pared cilíndrica de Fibra de Vidrio según plano general.

MATERIAL : Fibra de Vidrio

$\phi_{\text{nominal}} = 74 \text{ mm}$ $L = 25 \text{ mm}$

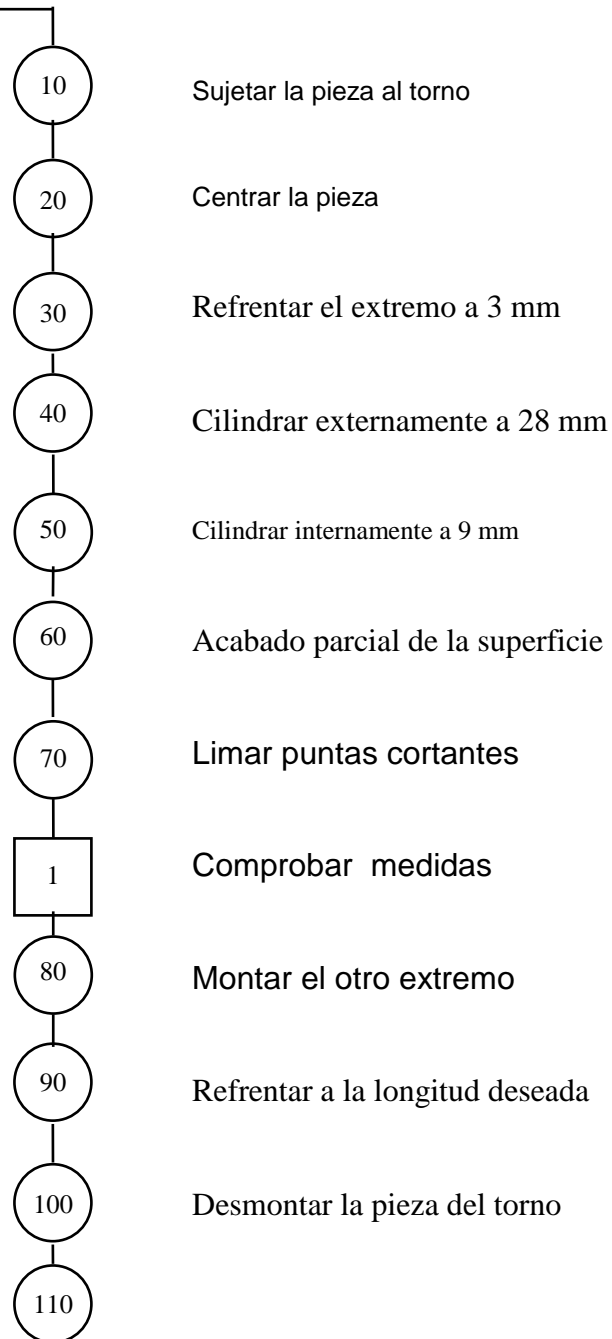




3.1.4. Diagrama de proceso de fabricación de la pared cilíndrica de cobre según plano general.

MATERIAL : Cobre

φ Nominal =35 mm Longitud =25 mm



Limar las superficies ásperas

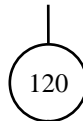
Limpiar y pulir las superficies de la pieza

Inspección final

3.1.5. Diagrama de proceso de fabricación de la pared plana de Hierro según plano general.

MATERIAL : Hierro

Alto= 45 mm Largo= 25 mm Ancho= 25 mm



Sujetar la pieza a la fresadora.

Centrar la pieza

Fresar el ancho a 3 mm

Montar en el otro extremo

Fresar el otro extremo del ancho a 3 mm

Montamos a lo largo la pieza

Fresar el largo a 3 mm

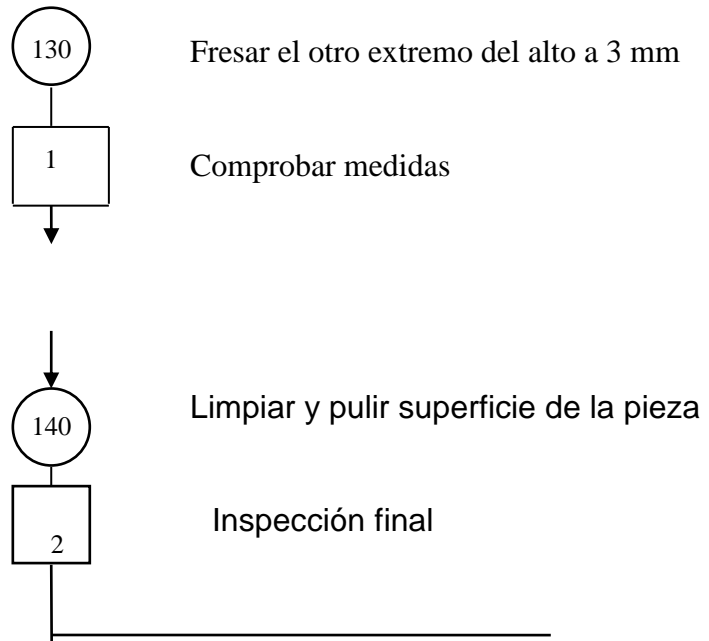
Montar al otro extremo

Fresar el otro extremo del largo a 3 mm

Montar a lo alta la pieza

Fresar el alto a 3 mm

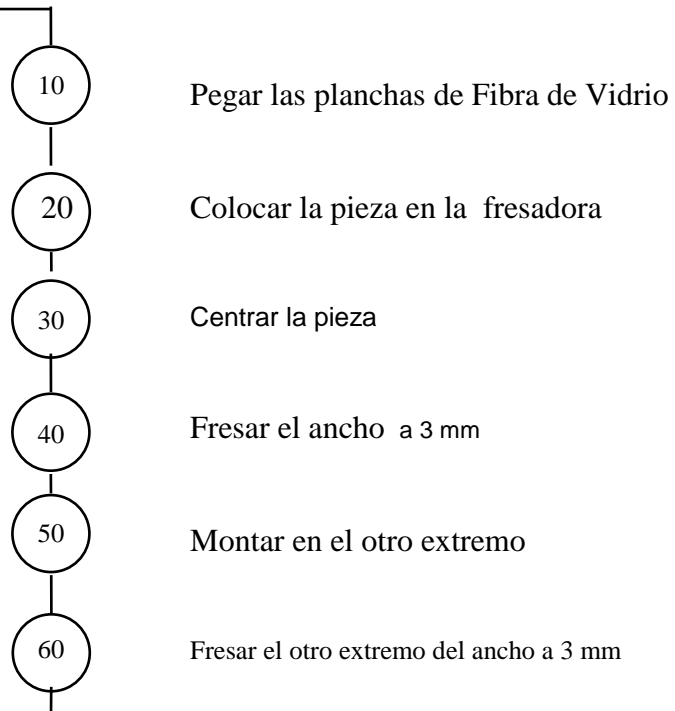
Montar al otro extremo

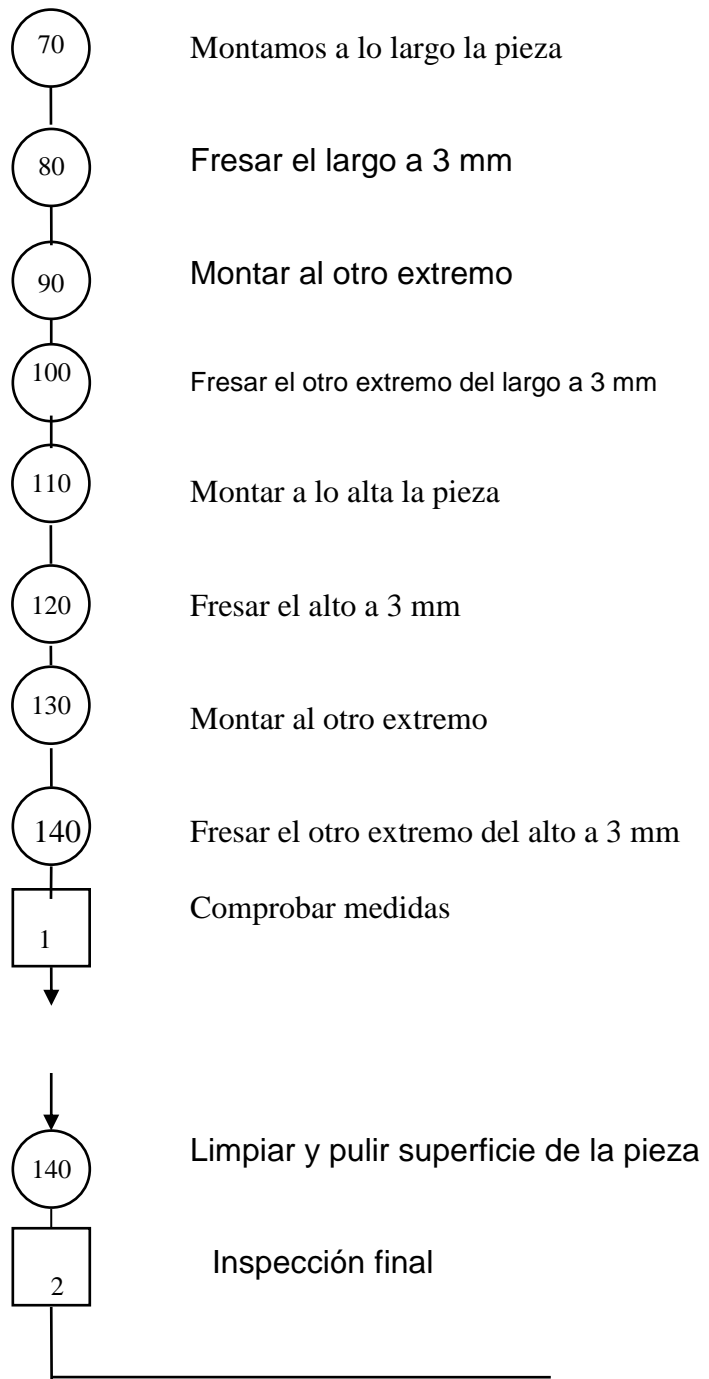


3.1.6. Diagrama de proceso de fabricación de la pared plana de Fibra de Vidrio según plano general.

MATERIAL :Fibra de Vidrio

Alto= 45 mm Largo= 25 mm Ancho= 25 mm

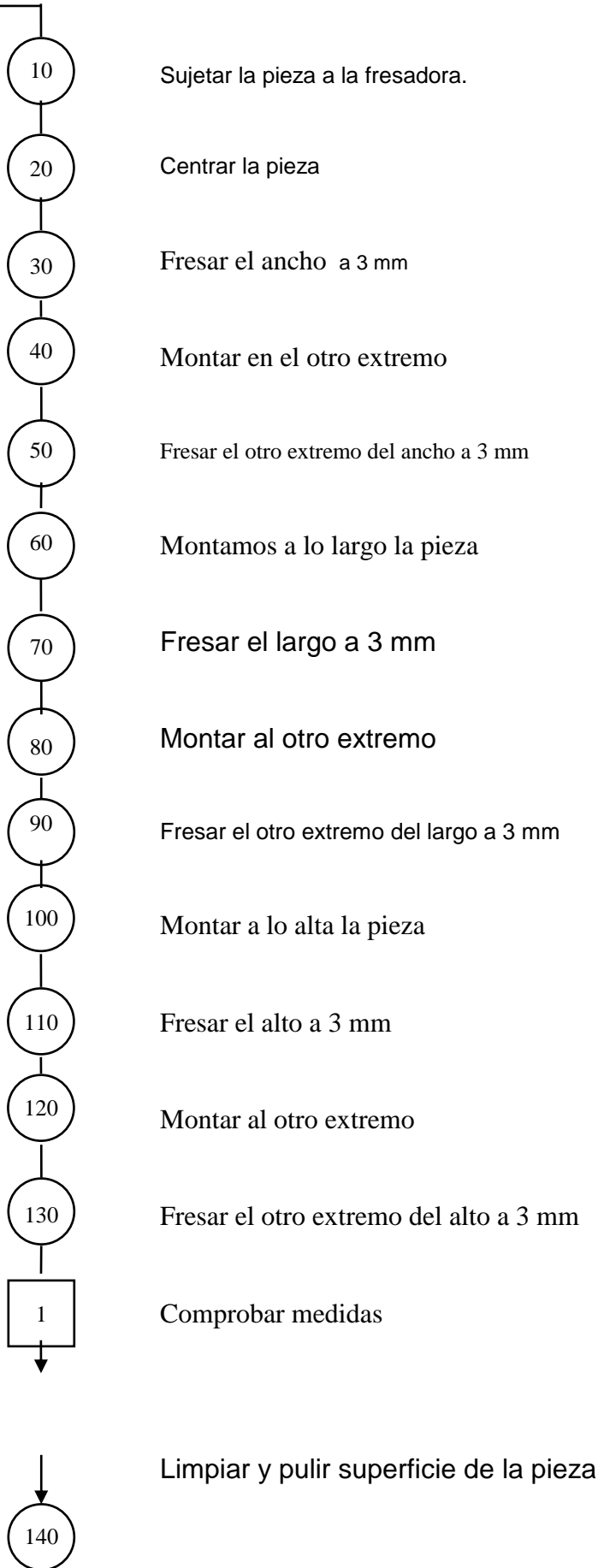


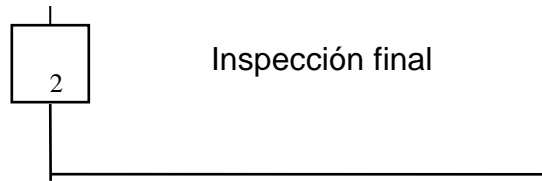


3.1.7. Diagrama de proceso de fabricación de la pared plana de cobre según plano general.

MATERIAL : Cobre

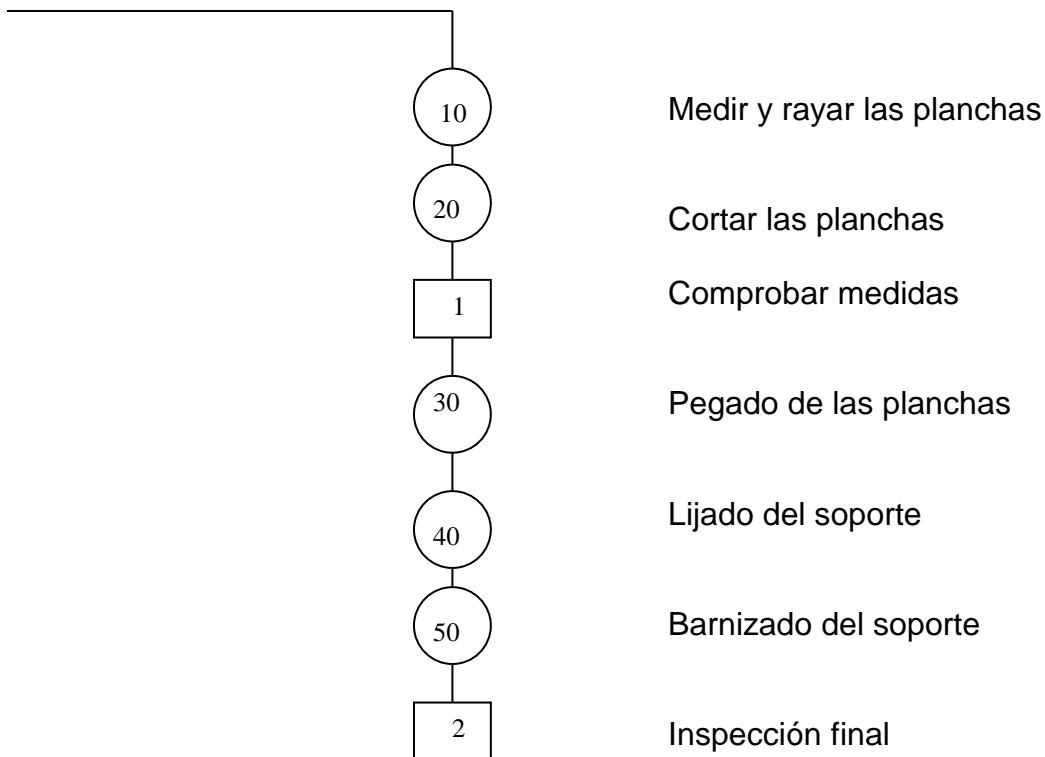
Alto= 45 mm Largo= 25 mm Ancho= 25 mm





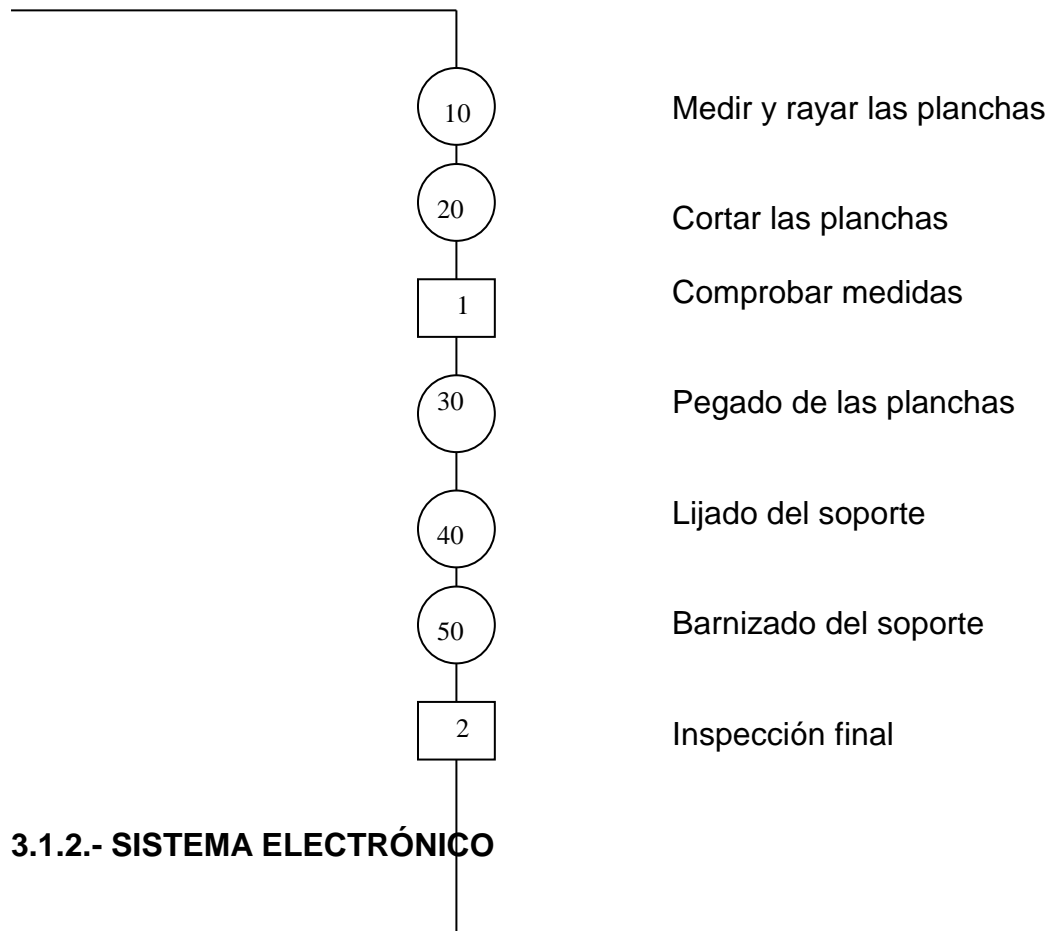
3.1.8. Diagrama de proceso de fabricación del soporte de madera para el sistema de paredes cilíndricas según plano general

Material = Madera



3.1.9 Diagrama de proceso de fabricación del soporte de madera para el sistema de paredes planas según plano general

Material = Madera



3.1.2.- SISTEMA ELECTRÓNICO

El objetivo de este sistema electrónico es la de mantener la temperatura de entrada constante en cada uno de los bancos de pruebas. Nuestro dispositivo, permite variar o regular esta temperatura pero por efecto de pruebas en el dispositivo térmico, se estableció regular esta temperatura en $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Este circuito electrónico está conformado por las siguientes partes:

- Un regulador 7812
- Un transformador de 110 V / 12V
- Tres diodos de 1Amperio
- Un capacitor de $1000\mu\text{F} / 25\text{V}$
- Un capacitor de $0.1\ \mu\text{F}$

- Dos resistencias de 10 K Ω
- Dos resistencias de 12 K Ω
- Dos potenciómetros de 5K
- Dos CI comparadores LM 311
- Dos relés de 12 V
- Dos termistores

El principio de funcionamiento del sistema electrónico es el siguiente:

Un sensor envía una señal a un comparador el mismo que tiene una temperatura de referencia, en ese instante compara con la señal llegada del sensor y si la temperatura del sensor es demasiado baja, el comparador enviará una señal al relé permitiendo el paso de corriente a través de las resistencias para alcanzar la temperatura requerida. Lo mismo sucede cuando la temperatura del sensor es demasiado alta.

Los esquemas electrónicos y eléctricos se presentan a continuación:

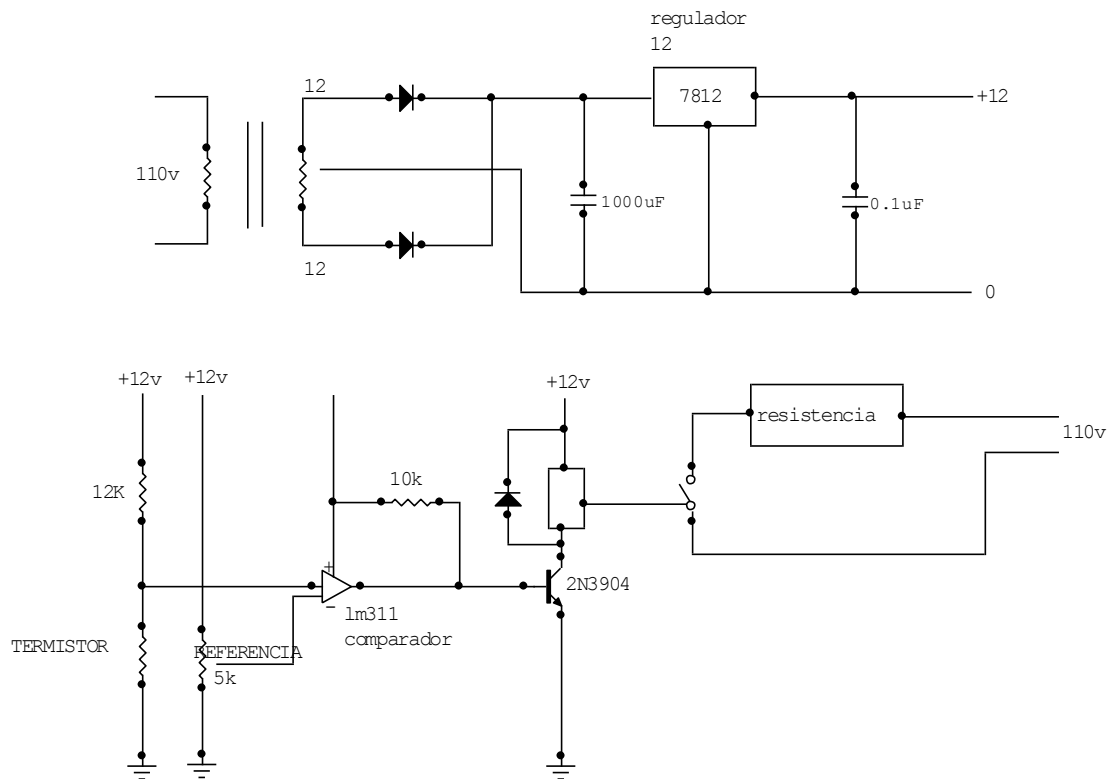


Figura 3.1: Diagramas electrónicos del dispositivo regulador de temperatura

3.2. DIAGRAMAS DE MONTAJE.

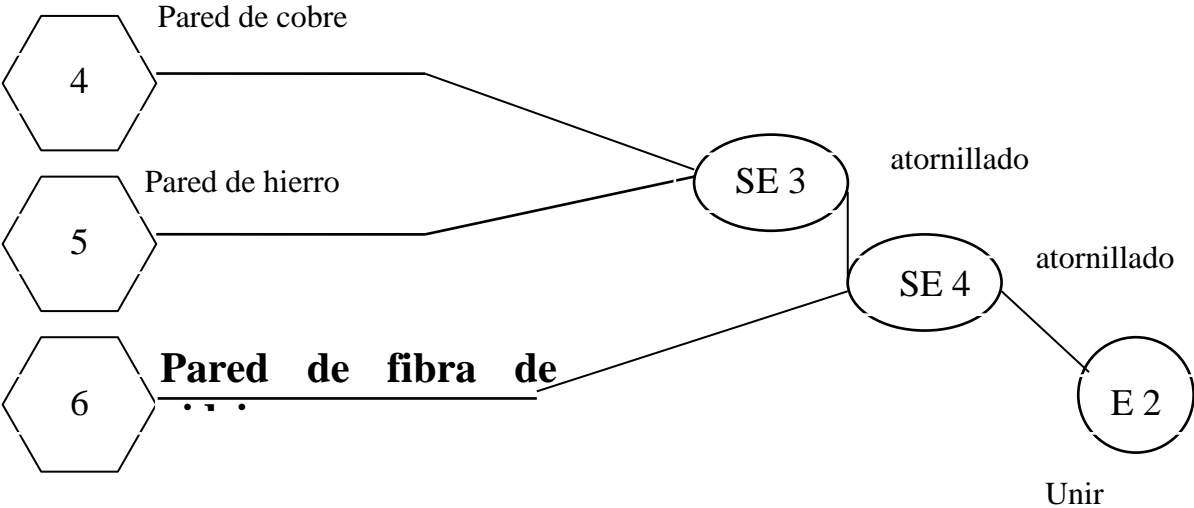
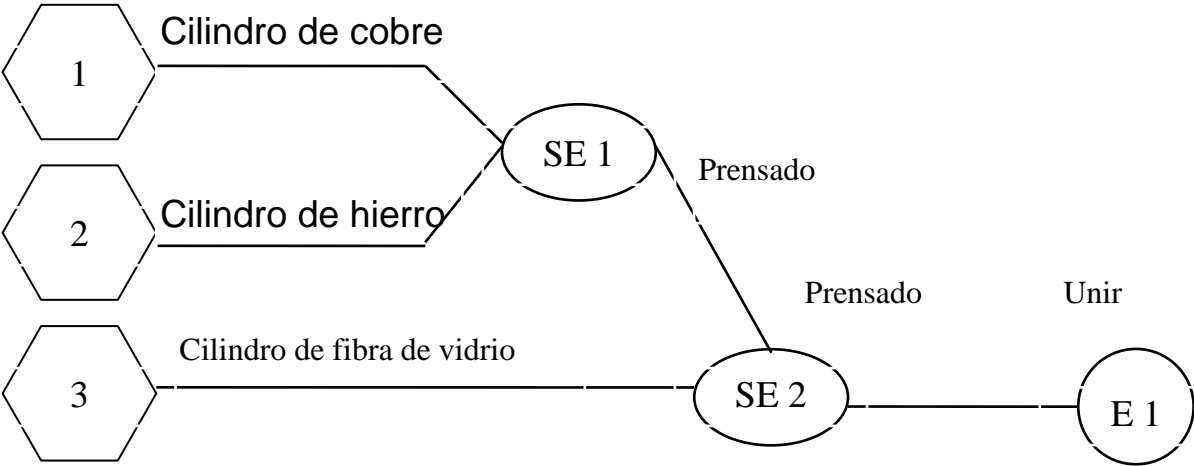
Para el ensamble de los diferentes sistemas térmicos y estructura, se lo debe realizar con mucho cuidado puesto que existen elementos que se ensamblan con un determinado ajuste y tolerancias, siendo además algunos dispositivos muy caros.

Con respecto al ensamble del banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción unidimensional en paredes planas y cilíndricas, es muy sencillo por lo que se requiere de herramientas básicas las cuales se detallan a continuación:

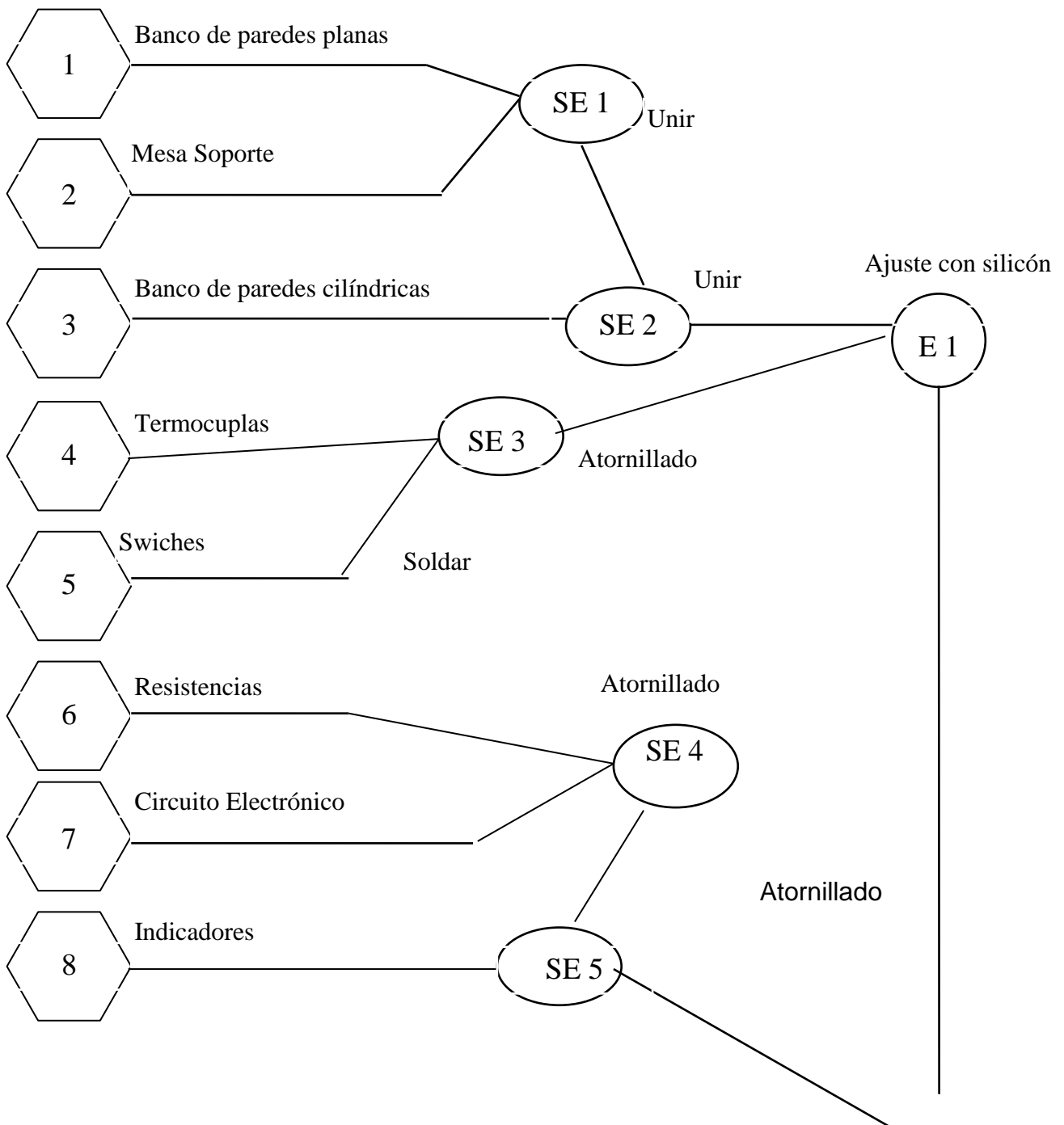
- Juego de desarmadores planos y de estrella
- Taladro y juego de brocas
- Alicata
- Nivel de superficie
- Martillo de goma
- Pelador de cables
- Sierra de mano
- Entorchador

En un siguiente paso, se presenta los diagramas de ensamble de los diferentes sistemas y elementos de este dispositivo térmico:

3.2.1. Diagrama de montaje de los bancos de pruebas.



3.2.2.- Diagrama de montaje del sistema térmico de los bancos de pruebas.



3.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS

Una vez realizada la construcción de los diferentes sistemas del banco de pruebas, se procede a verificar las características de cada uno de los mismos.

Sistema de Paredes Planas

El estado de los diferentes elementos de este sistema se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.3: Estado de los elementos del sistema de paredes planas

Elemento	Cumple tolerancias	Ensamble óptimo
Pared de cobre	✓	✓
Pared de hierro	✓	✓
Pared de fibra	✓	✓
Soporte base	✓	✓
Resistencia eléctrica	✓	✓
Termocuplas y Termistor	✓	✓

Sistema de Paredes Cilíndricas.

El estado de los diferentes elementos de este sistema se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.4: Estado de los elementos del sistema paredes cilíndricas

Elemento	Cumple tolerancias	Ensamble óptimo
Cilindro de cobre	✓	✓
Cilindro de Hierro	✓	✓
Cilindro de Fibra	✓	✓
Soporte base	✓	✓
Resistencia eléctrica	✓	✓
Termocupla y termistor	✓	✓

Con respecto al funcionamiento global de todos los sistemas térmicos se dice que el banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

A continuación se presenta al banco construido y en condiciones de funcionamiento.



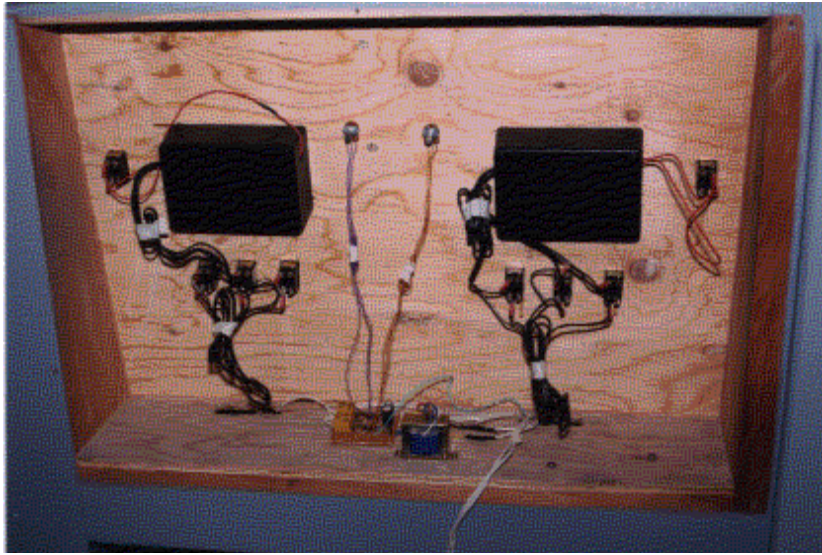


Figura 3.2: Banco de pruebas construido

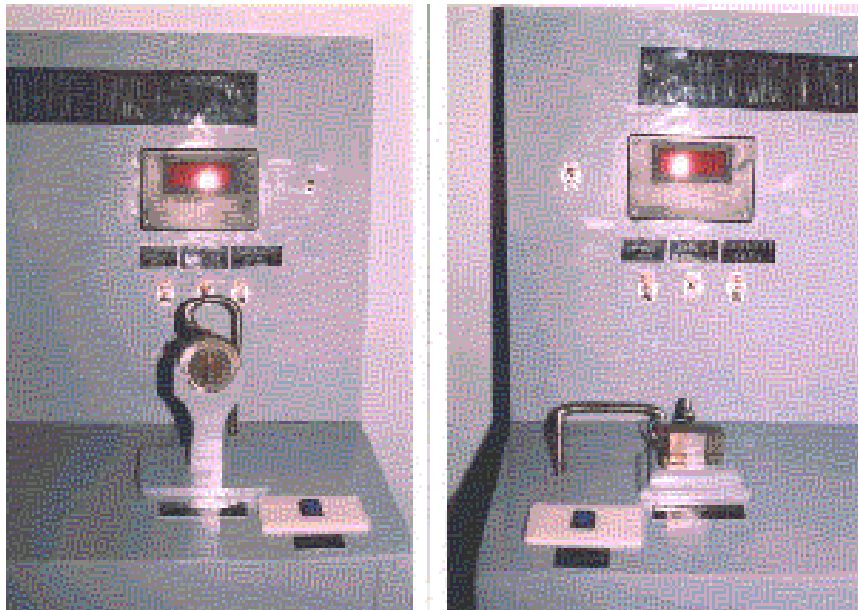


Figura 3.3: Dispositivo térmico en funcionamiento

CAPITULO 4

ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD

4.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de ensayo, calibración, verificación y mantenimiento, además de instructivos, formatos de registro con su respectiva implementación del banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas.

La codificación de la máquina y los procedimientos de ensayo, según el Manual de Calidad de los Laboratorios ITSA se indica en la siguiente tabla:


Tabla 4.1: Codificación de los procedimientos de ensayo del banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas

Procedimiento	Código
Banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas	T-01
Mantenimiento del banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas	LT-01P
Verificación del banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas	LT-02P
Ensayos de conducción en el sistema de paredes planas y cilíndricas	LT-03P
Operación del banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas	LT-01I
Transferencia de calor por conducción unidimensional	LT-01R
Informe técnico	LT-02R

4.2.- CARACTERÍSTICAS.

Los procedimientos y formatos que a continuación se detallarán, nos permitirán conseguir una verdadera estructuración de los mismos con el fin de obtener un ensayo de calidad y así poder determinar un comportamiento más versátil y real del dispositivo térmico construido.

Estos documentos son válidos y se anexarán a la Documentación del Sistema de Calidad para los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A.

ITSA	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT -01P
	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
EMAI	Aprobado por :Ing. Trujillo	Fecha :2001/11/27	Fecha : 2001/11/27
<p>1.0 OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para el mantenimiento del banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas.</p> <p>2.0 ALCANCE</p> <p>Contempla el banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas T-</p>			

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

3.1 Programa Global de Mantenimiento Subdirección EMAI.

4.0 DEFINICIONES

4.1 Limpieza general: Eliminar suciedades superficiales en el equipo.


5.0 PROCEDIMIENTO

El Técnico Laboratorista realiza los siguientes tipos de mantenimiento:

5.1 Mantenimiento Semanal

5.1.1 Lubricar y limpiar los sistemas de paredes planas y cilíndricas.

5.2 Mantenimiento Trimestral

ITSA	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 2 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT-01P
	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
EMAI	Aprobado por :Ing. Trujillo	Fecha :2001/11/27	Fecha : 2001/11/27


5.2.2 Cambio de pilas de los dispositivos indicadores de temperaturas

5.3. Mantenimiento Anual

5.3.1 Determinar el estado del cableado eléctrico y electrónico.

6.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____



 ITSA	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1 de 2
	VERIFICACION DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT -02P
	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
	Aprobado por :Ing. Trujillo	Fecha : 2001/11/27	Fecha : 2001/11/27

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para la verificación del banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas.

2.0 ALCANCE

Contempla el banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas T-01

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

N/A

4.0 DEFINICIONES

No Existe.

5.0 PROCEDIMIENTO


El Técnico Laboratorista realiza los siguientes tipos de verificación:

5.1. Las tolerancias geométricas de los sistemas de paredes

5.2. Los indicadores digitales de temperatura

5.2.1 Conectar una termocupla al indicador y exponer la misma al ambiente

5.2.2 Verificar con un termómetro patrón la temperatura marcada en el indicador

 <p>ITSA</p> <p>EMAI</p>	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. 2 de 2
	VERIFICACION DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT -02P
	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
	Aprobado por : Ing. Trujillo	Fecha : 2001/11/27	Fecha : 2001/11/27

5.3. Corriente

5.3.1. Utilizando un multímetro se verifica el paso de corriente con su respectiva resistencia eléctrica.


5.4. Temperatura de entrada a los sistemas

5.4.1. Se conecta una termocupla desde la resistencia hasta el indicador digital

5.4.2. Se regula el circuito electrónico mediante el potenciómetro para obtener una temperatura seleccionada constante con ± 3 °C.

6.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____



ITSA 	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1 de 2
	ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN EL SISTEMA DE PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT -03P
EMAI	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
	Aprobado por : Ing. Trujillo	Fecha : 2001/11/27	Fecha : 2001/11/27

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para ensayos de conducción en el sistema de paredes planas y cilíndricas.

2.0 ALCANCE

Contempla el banco de pruebas para ensayos de conducción en paredes planas y cilíndricas T-01 aplicable solo para materiales de cobre, hierro y fibra

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

N/A

4.0 DEFINICIONES

No Existe.


5.0 PROCEDIMIENTO

El Técnico Laboratorista realiza los siguientes pasos para realizar el ensayo:

5.1. Conecta el cable de suministro de energía a la fuente de poder

5.2. Enciende los swiches de las fuentes No 1 y No.2

5.3. Espera 20 minutos para estabilizar el flujo de calor sobre los sistemas de paredes planas y cilíndricas.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 2 de 2
	ENSAYOS DE CONDUCCIÓN EN EL SISTEMA DE PAREDES PLANAS Y CILÍNDRICAS		Código : LT -03P
	Elaborado por : D. Aguilar – J. Medina		Revisión No. : 1
	Aprobado por : Ing. Trujillo	Fecha : 2001/11/27	Fecha : 2001/11/27

5.4. Enciende los Indicadores de temperatura digitales.

5.5. Enciende los swiches de las temperaturas interfases (una a la Vez)

5.6. Anota los resultados obtenidos en el LT – 01R

5.7. Realizar el punto anterior cada 10 minutos para toma de temperaturas

5.8. Apagar los indicadores digitales de temperatura

5.9. Apagar los swiches de las temperaturas interfases

5.10. Apagar los swiches de las fuentes No.1. y No 2.

5.11. Desconectar el cable del banco de la fuente de energía

5.12 Realizar el Informe técnico de la práctica

6.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

4.5.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En el primer análisis se escoge como parámetro común el banco de paredes planas, utilizando los resultados teóricos y comparando con los prácticos obtenidos en la máquina. La siguiente figura muestra este análisis comparativo:

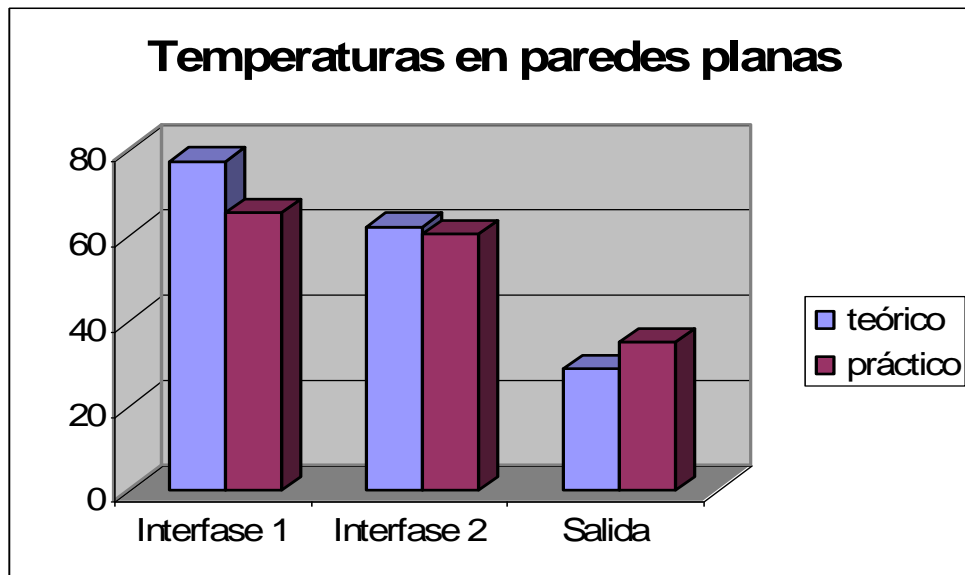


Figura 4.1: Análisis comparativo de temperaturas en el banco de paredes planas

- La conductividad térmica depende de la homogeneidad de los materiales.
- Los resultados prácticos de los teóricos difieren en un promedio de un 12% de error.
- La temperatura de entrada varía en un rango de ± 2 °C.

- Las conductividades se consideran para el caso del Cu y Hierro las tabuladas en los libros de Transferencia de calor.
- La conductividad de la Fibra se la considera como $34 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, debido a la disposición geométrica de las fibras y a la mezcla de compuestos utilizadas en el proceso de fabricación de esta capa térmica.

En un segundo análisis, se escoge como parámetro común el banco de paredes cilíndricas, utilizando los resultados teóricos y comparando con los prácticos obtenidos en la máquina.

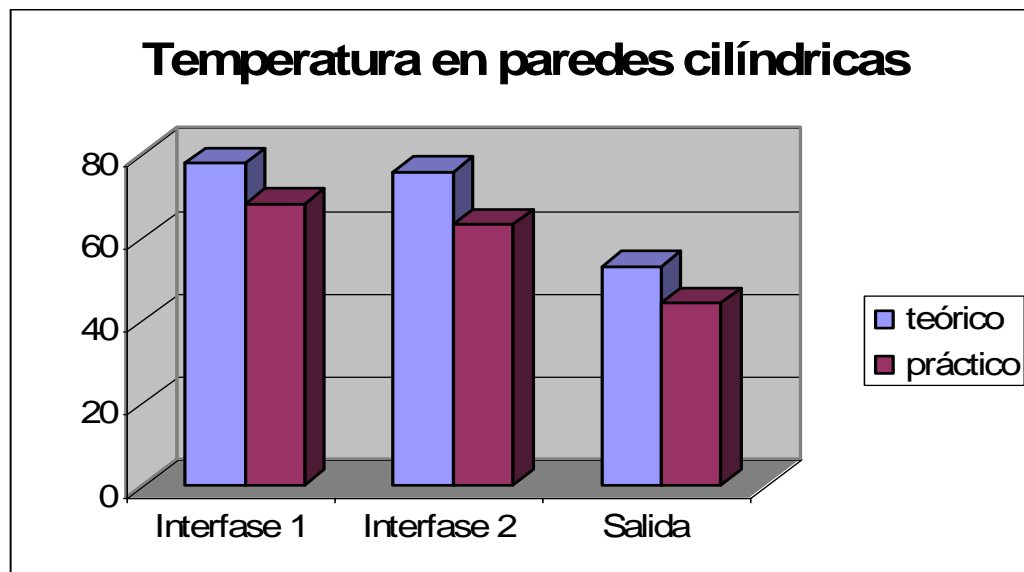


Figura 4.2: Análisis comparativo de temperaturas en el banco de paredes cilíndricas

- La conductividad térmica depende de la homogeneidad de los materiales.
- Los resultados prácticos de los teóricos difieren en un promedio de un 16% de error.
- La temperatura de entrada varía en un rango de $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Las conductividades se consideran para el caso del Cu y Fe las tabuladas en los libros de Transferencia de calor.
- La conductividad de la Fibra se la considera como $12 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, debido a la disposición geométrica de las fibras y a la mezcla de compuestos utilizadas en el proceso de fabricación de esta capa térmica.

Todos los valores teóricos en el cálculo de las temperaturas interfase y de salida en los bancos de paredes planas y cilíndricas, se lo hizo en un programa elaborado en Visual Basic que cumpla con este objetivo. La capacidad de información del programa abarca hasta 6 paredes en cada sistema térmico.

A continuación se ilustra las pantallas de menú del programa elaborado:



Figura 4.3: Menú principal del programa para el cálculo de temperaturas interfase

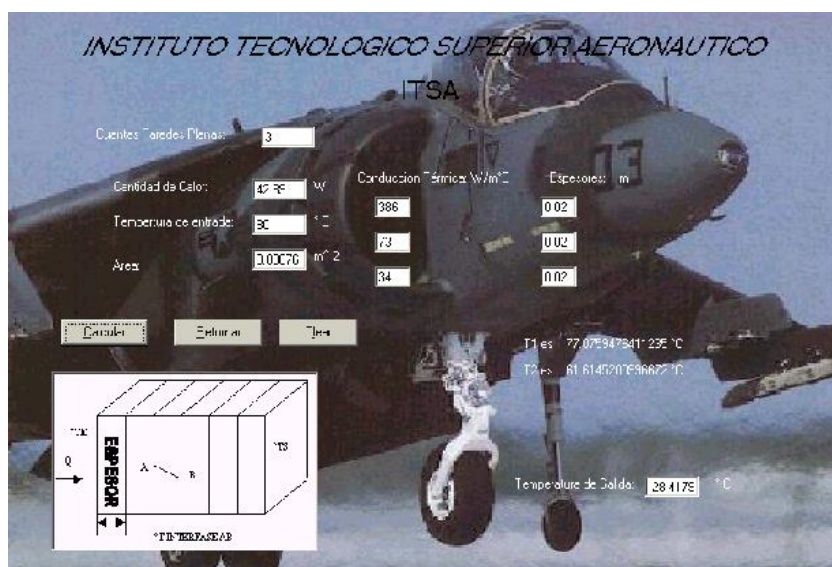


Figura 4.4: Pantalla de diálogo para el sistema de paredes planas

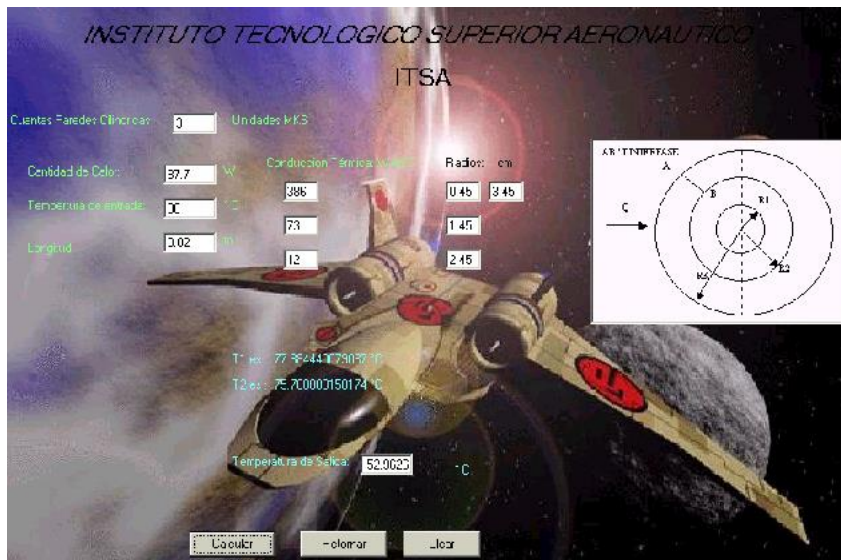


Figura 4.5: Pantalla de diálogo para el sistema de paredes cilíndricas

4.6.- IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

La Implementación de estos procedimientos de ensayo los realiza el EMAI del ITSA, con la ayuda de la documentación presentada en el punto 4.2.

4.3.- DETERMINACIÓN DE DATOS

Para una fácil comprensión de LT-01R, y del informe técnico, se detallan algunas pautas para una correcta determinación de los datos en el ensayo.

Solicitado por:

Indica la persona que pide la realización del ensayo en un determinado banco de paredes.

Fecha de inicio y finalización:

Señala la o las fechas de duración del ensayo.

Prueba:

Especifica el tipo de test que se va a realizar, estos pueden ser de paredes planas o cilíndricas

Intensidad, Resistencia y Voltaje:

Son datos que servirán para el cálculo de la cantidad de calor suministrada al sistema térmico.

Temperatura Ambiente:

Permitirá determinar si el sistema está afectado por convección.

4.4.- CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

En este punto se realiza los ensayos en los bancos de pruebas y se realiza el respectivo registro de datos de la siguiente manera:

CAPITULO 5

ESTUDIO ECONOMICO

En este capítulo se encontrará el costo de construir el banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas, para después hacer un análisis económico comparando el costo de una máquina con características similares.

Debido a que el objetivo de este proyecto, es poder aportar con algo al desarrollo intelectual y técnico en la realización de nuestra actividad académica dentro del ITSA, ésta no persigue ningún fin económico; se debe aclarar que el poder satisfacer una necesidad social no tiene precio.

5.1.- PRESUPUESTO

Realizado un estudio antes de concretar este proyecto, se llegó a la conclusión de que el banco costaba 350 USD.

5.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Existen principalmente cuatro rubros en la construcción del banco que son:

1. Materiales
2. Máquinas Herramientas
3. Mano de Obra
4. Otros

1. Materiales.- Este rubro comprende por todos los materiales utilizados para construir la parte mecánica del soporte.

Tabla 5.1: Lista del costo de materiales de la máquina

MATERIAL PARA LA MAQUINA	
DETALLE	VALOR S/.
Cobre	10.00
Hierro	10.00
Fibra de vidrio	15.00
Indicadores digitales	300.00
Estructura soporte	20.00
Swiches	10.00
Pintura.	16.00
Termocuplas	20.00
Accesorios para circuito electrónico	25.00
Silicón y Pega	11.00
Brocas	3.00
Resistencias	25.00
Otros	80.00
TOTAL DE MATERIALES	545.00

2. Máquinas herramientas.- Para la construcción del banco de pruebas, principalmente se utilizaron las máquinas herramientas existentes en los talleres de la FAE del Ala de Investigación y Desarrollo No. 12 en Latacunga y se realizaron tareas de torneado, fresado, aserrado, soldadura, rectificado.

A continuación se presenta un cuadro con el costo de utilización de máquinas herramientas. Los valores presentados son los que actualmente rigen en el sector de fabricación metal mecánico.

Tabla 5.2: Costo de utilización de las máquinas-herramientas

MAQUINA HERRAMIENTA	VALOR USD/HORA
Torno	3
Sierra	1.5
Pintura	2
Rectificado	5
Fresado	3.5
Suelda	2

Es importante recalcar, que en la fabricación de los diferentes sistemas del banco, se presentó un determinado número de horas expresado en la Tabla 3.2, las mismas representan nuestra habilidad para realizar dichas tareas.

La siguiente tabla de costos estima la fabricación de los mismos sistemas, pero realizados por personas de mayor experiencia y habilidad.

Tabla 5.3: Costos de fabricación de los sistemas mecánicos, electrónicos y térmicos del banco de pruebas.

DETALLE	VALOR USD.
Estructura	10
Bancos de paredes planas y cilíndricas	25
Sistema Eléctrico y electrónico	3
TOTAL DE MAQUINAS HERRAMIENTAS	38

3. Mano De Obra.- Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, manufactura, limpieza, pintura, lubricación, etc.

Tabla 5.4: Costos de mano de obra

DETALLE	VALOR USD.
Montaje	76
Pintura y sistema electrónico	35
TOTAL DE MANO DE OBRA	111

4. **Otros.-** Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas, costos de impresión de planos y placas, transporte, etc.

Tabla 5.5: Costos de otros gastos

DETALLE	VALOR USD.
TOTAL DE OTROS GASTOS	40

Por lo tanto, el costo total de nuestro dispositivo térmico es:

Tabla 5.6: Costo total del banco de pruebas.

DETALLE	VALOR USD.
Materiales	545.00
Máquinas Herramientas	38.00
Mano de Obra	111.00
Otros	40.00
TOTAL	734.00

5.3.- COMPARACIÓN ENTRE EL MECANISMO CONSTRUIDO Y UN MECANISMO COMPRADO EN EL MERCADO.

Se debe aclarar que este banco de pruebas es único y no existe en el mercado un aparato exactamente igual. A continuación se presenta el costo de un dispositivo térmico similar que determina conductividades térmicas en sólidos encontrado en la Escuela Politécnica del Ejército de la ciudad de Quito.

Tabla 5.7: Costo de un mecanismo similar

DETALLE	VALOR USD.
Costo de la máquina	1000.00
Costo de importación	120.00
TOTAL	1120.00

El objetivo de esta comparación es concluir si es o no conveniente desde el punto de vista económico, el construir la máquina con nuestros medios. Cabe recalcar que el poder satisfacer una necesidad social no podría ser evaluado o comparado, pero con fines didácticos se realizará esta comparación.

Costo del Dispositivo térmico Construido: USD. 734.00

Costo de la Máquina comprada: USD. 1120.00

Tenemos una diferencia de costos de USD. 386.00 a favor de la máquina construida.

Se podría expresar esta diferencia porcentualmente, entonces se tiene:

$$\frac{1120-734}{1120} * 100 = 34.46\%$$

1120

Una diferencia de 34.46 % es justificable para concluir en lo beneficioso que sería construir el banco de pruebas para determinar la transferencia de calor por conducción en paredes planas y cilíndricas en nuestros talleres y no comprarlo.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

- Se construyó un banco de pruebas para determinar la transferencia de calor unidimensional por conducción en paredes planas y cilíndricas.
- El flujo de calor que se transmiten en el banco de paredes planas y cilíndricas no es unidimensional
- Las resistencias de la fuente de calor dependerá del tamaño del mismo.
- Las corrientes de aire influirá en la toma de datos del banco de pruebas, puesto que se perderá calor por convección.
- La conductividad de los materiales depende de la constitución física de los mismos
- La termocupla pierde su precisión en el momento de sensar la temperatura de acuerdo al número de conexiones que tenga hasta llegar al indicador.

- La precisión del banco pruebas, comparando con datos reales, es muy confiable y tiene un margen de error del 12%

RECOMENDACIONES

Las prácticas se las realizará en un lugar donde no intervenga el medio ambiente

Tener mucho cuidado con los indicadores digitales en vista de que son sumamente delicados

Tener mucho cuidado con las resistencias cuando estas se encuentren encendidas.

Verificar periódicamente el estado de las pilas de los indicadores digitales

Chequear en forma periódica las conexiones de las termocuplas y el cableado eléctrico.

Manipular el circuito electrónico solo personas que tengan conocimiento de este.

Encender los swiches de interfaces uno por uno.

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS: DIEGO PATRICIO AGUILAR OBANDO

ESTADO CIVIL: SOLTERO

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

CEDULA DE IDENTIDAD: 1002418919

FECHA DE NACIMIENTO: 25 DE SEPTIEMBRE DE 1977

EDAD: 24 AÑOS

TIPO DE SANGRE: ORH+

DOMICILIO: CAYAMBE CALLE ROCAFUERTE Y ARGENTINA

ESTUDIOS PRIMARIOS:

JARDIN DE INFANTES CARLOS CUEVA TAMARIZ
ESCUELA SALESIANA DOMINGO SAVIO

ESTUDIOS SECUNDARIOS:

COLEGIO NACIONAL NELSON TORRES
INSTITUTO TECNICO SUPERIOR 17 DE JULIO

NOMBRAMIENTO ACTUAL: CBOS TEC AVC FUERZA AEREA ECUATORIANA

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS: JUAN JOSE MEDINA HERNANDEZ

ESTADO CIVIL: SOLTERO

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

CEDULA DE IDENTIDAD: 1400335285

FECHA DE NACIMIENTO: 13 DE DICIEMBRE DE 1980

EDAD: 21 AÑOS

TIPO DE SANGRE: ORH+

DOMICILIO: MACAS CALLE GABINO RIVADENEIRA Y 9 DE OCTUBRE

ESTUDIOS PRIMARIOS:

JARDIN DE INFANTES DOLORES VEINTIMILLA DE GALINDO
ESCUELA CRISTOBAL COLON

ESTUDIOS SECUNDARIOS:

COLEGIO FISCO-MISIONAL DON BOSCO

NOMBRAMIENTO ACTUAL: CBOS TEC AVC FUERZA AEREA ECUATORIANA

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Aguilar Obando Diego Patricio

CBOS TEC. AVC

Medina Hernández Juan José

CBOS TEC. AVC

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE MECANICA AERONAUTICA

Ing. Eduardo Castillo C.
Mayo. Tec. Avc.

Lugar y fecha: Latacunga, 21 de diciembre del 2001